



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**MECÁNICA ELÉCTRICA**

**“DISEÑO DE MÁQUINA MANDRINADORA PORTÁTIL, LIGERA Y DE FÁCIL MONTAJE, PARA MECANIZADO AGUJEROS DE DIÁMETROS 60MM HASTA 500MM”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
MECÁNICO ELECTRICISTA**

**AUTORES**

**JOSÉ MIGUEL NOVOA PÉREZ**

**OSCAR OMAR ZAPATA MENDOZA**

**ASESOR**

**LUIS ALBERTO JULCA VERASTEGUI**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos**

**TRUJILLO-PERÚ**

**2018**

## **PÁGINA DEL JURADO**

**“DISEÑO DE MAQUINA MANDRINADORA PORTÁTIL, LIGERA Y DE FÁCIL MONTAJE, PARA MECANIZADO AGUJEROS DE DIAMETROS 60MM HASTA 500MM**

Autores: José Miguel Novoa Pérez y Oscar Omar Zapata Mendoza

---

Ing. Jorge Antonio Inciso Vásquez

Presidente

---

Ing. Lujan López Jorge Lujan

Secretario

---

Ing. Luis Julca Verastegui

Vocal

## **DEDICATORIA**

A nuestro padre celestial, por permitirme continuar con vida y por estar allí en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y haberme permitido llegar hasta este punto y lograr mis objetivos.

A mis queridos padres, por alentarme todo el tiempo, por los consejos, sus valores inculcados, por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que me han inculcado siempre, por el valor mostrado para salir adelante, pero más que nada, por su cariño.

A mis hermanos, quienes con sus palabras de aliento me motivaron a seguir adelante y cumpla con mis ideales. A mi novia quien ha sido y es mi motivación, inspiración y felicidad.

**José Miguel Novoa Pérez**

A Dios, por darme la vida y la luz de su espíritu, para alcanzar este logro y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante.

A mi madre, que me dio la vida y es mi motor principal de vivir, por su gran amor y su apoyo incondicional, esfuerzo y sacrificio que me brinda ayudándome a salir en los momentos más difíciles.

A mis hermanos y sobrinos por motivarme a alcanzar esta meta, gracias por los consejos y por su invaluable amor y comprensión.

**Oscar Omar Zapata Mendoza**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por guiarme en mi camino, bendecirme y por permitirme concluir con mi objetivo trazado. Así mismo, a mi familia por brindarme su amor, comprensión y su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera y de mi vida.

A mis amigos y compañeros, que gracias a su apoyo moral, me permitieron permanecer con empeño y dedicación para culminar con mis metas trazadas.

A nuestro asesor de tesis, el ingeniero Mg. Luis Julca Verastegui, por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo, sino a lo largo de mi carrera universitaria con sus experiencias y profesionalismo.

De manera especial quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al Ing. Mg. Jorge Lujan López, quien con su experiencia, conocimientos y motivación me oriento en la investigación y permitió el desarrollo de este trabajo.

**José Miguel Novoa Pérez**

En primer lugar, agradecer al todo poderoso, nuestro padre Dios padre por darnos la vida, fuerza y salud para no dejarnos vencer por las adversidades de la vida, el agradecimiento a mi familia por todo el apoyo, amor y cariño.

Agradecer a mis amigos y compañeros que de una u otra forma nos enseñan la importancia de ser algo más, en esta carrera de largo aliento que es la vida.

A nuestro asesor el ingeniero Mg. Luis Julca Verastegui, por todo el apoyo en el discernimiento del desarrollo de nuestro proyecto de tesis.

Un especial agradecimiento también al Ing. Mg. Jorge Lujan López, por compartir su conocimiento, experiencia y amistad.

**Oscar Omar zapata Mendoza**

## ÍNDICE

RESUMEN.....	7
ABSTRACT .....	8
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>9</b>
<b>1.1. Realidad Problemática.....</b>	<b>9</b>
<b>1.2. Trabajos previos.....</b>	<b>10</b>
<b>1.3. Teorías Relacionadas al tema.....</b>	<b>11</b>
<b>1.3.1. Definición de diseño: .....</b>	<b>11</b>
<b>1.3.2. El diseño en la ingeniería mecánica. ....</b>	<b>12</b>
<b>1.3.3. Teoría del maquinado de metales. ....</b>	<b>12</b>
<b>1.3.4. Definición de Mandrinadora(sitenordeste, 2017) .....</b>	<b>13</b>
<b>1.3.5. Mandrinadoras portátiles (Climax, 2018) .....</b>	<b>16</b>
<b>1.3.6. Esfuerzos .....</b>	<b>19</b>
<b>1.3.5 Transmisión de potencia por sin fin y corona.....</b>	<b>22</b>
<b>1.4. Formulación al Problema .....</b>	<b>23</b>
<b>1.5. Justificación del estudio .....</b>	<b>23</b>
<b>1.5.1. Relevancia Tecnológica: .....</b>	<b>23</b>
<b>1.5.2. Relevancia social: .....</b>	<b>23</b>
<b>1.5.3. Relevancia económica: .....</b>	<b>24</b>
<b>1.6. Hipótesis .....</b>	<b>24</b>
<b>1.7. Objetivo.....</b>	<b>24</b>
<b>1.7.1. General.....</b>	<b>24</b>
<b>1.7.2. Especifico.....</b>	<b>24</b>
<b>II. MÉTODO.....</b>	<b>25</b>
<b>2.1. Diseño de investigación .....</b>	<b>25</b>
<b>2.2. Variables, Operacionalización .....</b>	<b>27</b>
<b>2.3. Población y muestra .....</b>	<b>28</b>
<b>2.3.1. Población:.....</b>	<b>28</b>
<b>2.3.2. Muestra. ....</b>	<b>28</b>
<b>2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....</b>	<b>28</b>
<b>III. RESULTADOS.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1. Elaboración de lista de exigencias: .....</b>	<b>28</b>
<b>3.2. Matriz Morfológica .....</b>	<b>29</b>

<b>3.3.</b>	<b>Análisis y selección de alternativas</b> .....	31
<b>3.3.1.</b>	<b>Alternativa de diseño N°1: Mandrinadora portátil de la marca “ York “</b> .....	32
<b>3.3.2.</b>	<b>Alternativa de diseño N°2: Mandrinadora portátil de la marca “Sir Meccanica”</b> .....	34
<b>3.4.</b>	<b>Selección de la mejor alternativa</b> .....	39
<b>3.4.1.</b>	<b>Criterios técnicos de comparación</b> .....	40
<b>3.5.</b>	<b>Análisis de esfuerzos</b> .....	41
<b>3.5.1.</b>	<b>Calculo de fuerza de corte y de avance</b> .....	42
<b>3.5.2.</b>	<b>Potencia real de corte:</b> .....	43
<b>3.5.3.</b>	<b>Diseño de la barra de transmisión</b> .....	43
<b>3.5.4.</b>	<b>Calculo de diametro de la barra de transmisión.</b> .....	58
<b>3.5.5.</b>	<b>Análisis de pandeo de la barra de transmisión</b> .....	60
<b>3.5.6.</b>	<b>Velocidad de rotación de la herramienta</b> .....	62
<b>3.5.7.</b>	<b>Selección de rodamiento</b> .....	63
<b>3.6.</b>	<b>Planos de Mandrinadora</b> .....	65
<b>3.7.</b>	<b>Bocina de arrastre.</b> .....	66
<b>3.8.</b>	<b>Bocina de transmisión.</b> .....	67
<b>3.9.</b>	<b>Carcaza de cabezal.</b> .....	68
<b>3.10.</b>	<b>Carcaza de avance.</b> .....	69
<b>3.11.</b>	<b>Piezas de cabezal de avance</b> .....	70
<b>3.12.</b>	<b>Corona de avance.</b> .....	70
<b>3.13.</b>	<b>Piezas de cabezal de avance</b> .....	71
<b>3.14.</b>	<b>Piezas de cabezal de avance</b> .....	72
<b>3.15.</b>	<b>Piezas de cabezal de avance</b> .....	73
<b>3.16.</b>	<b>Soporte de chumaceras</b> .....	74
<b>3.17.</b>	<b>Sin fin de avance.</b> .....	75
<b>3.18.</b>	<b>Montaje mandrinadora.</b> .....	76
<b>IV.</b>	<b>DISCUSIÓN</b> .....	77
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	78
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	79
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS.</b> .....	79
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	81
<b>8.1</b>	<b>Tablas</b> .....	81

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación titulado "Diseño de máquina mandrinadora portátil, ligera y de fácil montaje para mecanizado agujeros de diámetros 60mm hasta 500mm" fue realizado con el fin de recuperar alojamientos de maquinaria en el mismo sitio de trabajo, con medidas de diámetro 60 hasta 500 mm, en piezas de acero con una dureza hasta 300 HB. Para ello, se elaboró una lista de exigencias para encontrar las necesidades de cada trabajo que realizará la máquina mandrinadora portátil y se realizaron los cálculos de las piezas que conforman dicha máquina. Además, se cotizaron las piezas en el medio local para su fabricación, llegando a la conclusión que el precio de la máquina diseñada es muy accesible para cualquier empresa o taller que cuente con un área de maestranza.

**Palabras clave:** máquina mandrinadora, dimensionamiento.

## **ABSTRACT**

The present research was entitled “Design of portable boring machine, light and easy to assemble for machining holes with diameters from 60mm to 500mm” which was carried out in order to recover machine spaces in the same work place, the measure of such space was from 60 to 500 mm in diameter, in steel parts with a hardness up to 300 HB. In order to do this, a requirements list was made to find the needs of each job that the portable boring machine will perform and the calculations of the pieces that form said machine were carried out. In addition, the pieces was given an estimate quote to their manufacturing in the local market, reaching the conclusion that the price of the machine designed is very accessible for any company or workshop that has a armory’s area.

**Keywords:** portable boring machine, sizing.



## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad Problemática**

El mundo vive un aumento acelerado de las industrias en todos los sectores (Minería, agricultura, agroindustrias, manufactura, pesca, etc.) y con ello los problemas de mantenimiento que se puedan presentar en sus equipos, maquinarias, estructuras, etc.

Por ese motivo desarrollaron una tecnología de innovación en máquinas herramientas portátiles, eficientes, de fácil montaje y operación. Hay empresas especializadas para reparación y mecanizado de piezas en el mismo sitio de trabajo sin necesidad de llevarlos hasta los talleres para su reparación.

Otros países cuentan con una tecnología y maquinaria muy diversa para trabajos especializados, que realizan trabajos en condiciones extremas de operación, minimizando los tiempos de espera y costos de mantenimiento.

El Perú no es ajeno al aumento de la industria, sobre todo en el uso de la maquinaria pesada, ya sea para el sector minero, agrícola, y de construcción, como por ejemplo cargadores frontales, excavadores, retroexcavadoras, motoniveladoras, perforadoras, etc.

Esto es impulsado cada vez más con el crecimiento del sector minero, y el uso de máquinas cada vez más grandes y pesadas.

Por eso es necesario, empresas especializadas para la reparación y mantenimiento de dichas máquinas. Estos equipos sufren un desgaste moderado en las partes móviles y articulaciones, es decir donde trabajan los pines y bocinas. Los alojamientos son los que presentan deformación con el esfuerzo de trabajo, el desgaste de los alojamientos es cada vez mayor, con el continuo trabajo. Eso presenta un problema para los equipos, porque mientras mayor sea el desgaste empezaran a sufrir golpes en la estructura por un juego excesivo, y dañaran a otras partes del equipo.

Para la reparación de los alojamientos será necesario rellenarlos con soldadura y mandrinarlos (maquinado de los alojamientos), hasta dejarlos en la medida original con su ajuste adecuado de acuerdo a la holgura indicada por el fabricante.

Pero, llevar los equipos de grandes dimensiones a una mandrinadora o fresadora será algo imposible, encontrar un taller que cuente con una mandrinadora muy grande para ejecutar el trabajo, para estos equipos será difícil de encontrar y costoso.

Por eso es necesario diseñar y fabricar una mandrinadora portátil de fácil montaje, para el mandrinado de los alojamientos, el cual permita reparar alojamientos de diámetros desde 60 mm hasta 500mm.

Reducir el peso de componentes de una mandrinadora mediante un análisis de esfuerzos usando materiales adecuados para este tipo de trabajo para facilidad de transporte a cualquier zona que se le requiera usar.

## 1.2. Trabajos previos

- **Hernández (2015)**, realizo la tesis: “*Diseño de una mandrinadora portátil*”, en la universidad de La Laguna Tenerife España, Facultad de Ingeniería Mecánica.

Las máquinas perforadoras son dispositivos utilizados para aumentar el diámetro de un agujero previamente hecho. El problema con esta máquina aparece cuando quiere mecanizar una pieza grande porque las máquinas perforadoras son grandes y pesadas. Para hacer posible este proceso, una nueva máquina tiene que ser utilizado: una máquina portátil.

Este proyecto se trata de obtener el diseño viable de una máquina de Mandrinadora portátil. Este diseño debe tener un precio más bajo que las otras máquinas que realmente están siendo fabricado. Este diseño también debe ser muy simple para concebir una máquina que pueda ser repetida muy fácilmente.

El uso de la máquina debe ser fácil de operar, por lo que no se necesitará un operador especializado.

- **Morales y Champutiz (2008)**, realizaron la tesis: “*Diseño y construcción de un dispositivo para mandrinar en sitio los alojamientos del eje porta balancín de las llantas de las camas bajas y altas*”, en la universidad Escuela Politécnica Nacional de Quito Ecuador, facultad de ingeniería mecánica.

En las plataformas de cama alta y baja del transporte de carga pesada se presenta un desgaste en el alojamiento del eje porta balancín del sistema de suspensión, debido a la conjugación del eje con su alojamiento.

Los parámetros de diseño y funcionales que se consideran para el desarrollo de las diferentes alternativas de diseño para el dispositivo se determinan mediante un estudio de campo. Por tanto, y en base a dichos parámetros se presentan las diferentes alternativas de diseño del dispositivo para mandrinar los alojamientos del eje porta balancín, y se desarrolla un proceso de selección de la mejor alternativa para cumplir con la reparación de los alojamientos.

El diseño de todos los elementos que constituyen el dispositivo se realiza utilizando normas y catálogos que ayudan al diseño y la selección de los elementos, basando el diseño en materiales que se pueden conseguir en el mercado nacional.

### **Conclusiones**

El dispositivo construido permite desarrollar sus funciones en diferentes dispositivos por su versatilidad de funcionamiento.

El diseño y construcción de esta máquina sigue todos los puntos que abarca el diseño de elementos de máquinas y cuidando en todo momento parámetros como costos, producción de la máquina, facilidad de construcción entre otros aspectos.

## **1.3. Teorías Relacionadas al tema**

### **1.3.1. Definición de diseño:**

Budynas, Keith (2008, p. 4) definen al diseño como la formulación de un plan para satisfacer una necesidad específica o la resolución de un problema. Si el plan resulta en la creación de algo físicamente real, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que pueda fabricarse decisiones. Algunas veces éstas deben tomarse con muy poca información, en otras con apenas la cantidad adecuada y en ocasiones con un exceso de información parcialmente contradictoria. Algunas veces las decisiones se toman de manera tentativa, por lo cual es

conveniente reservarse el derecho de hacer ajustes a medida que se obtengan más datos. Lo importante es que el diseñador en ingeniería debe sentirse personalmente cómodo cuando ejerce la función de toma de decisiones y de resolución de problemas. Asimismo, los autores afirman que también es un proceso de toma de decisiones.

### **1.3.2. El diseño en la ingeniería mecánica.**

En cuanto al diseño en la ingeniería mecánica, Budynas, Keith (2008) señalan: “Los ingenieros mecánicos están relacionados con la producción y el procesamiento de energía y con el suministro de los medios de producción, las herramientas de transporte y las técnicas de automatización. Las bases de su capacidad y conocimiento son extensas. Entre las bases disciplinarias se encuentran la mecánica de sólidos, de fluidos, la transferencia de masa y momento, los procesos de manufactura y la teoría eléctrica y de la información. El diseño en a ingeniería mecánica involucra todas las áreas que componen esta disciplina” (p.5).

### **1.3.3. Teoría del maquinado de metales.**

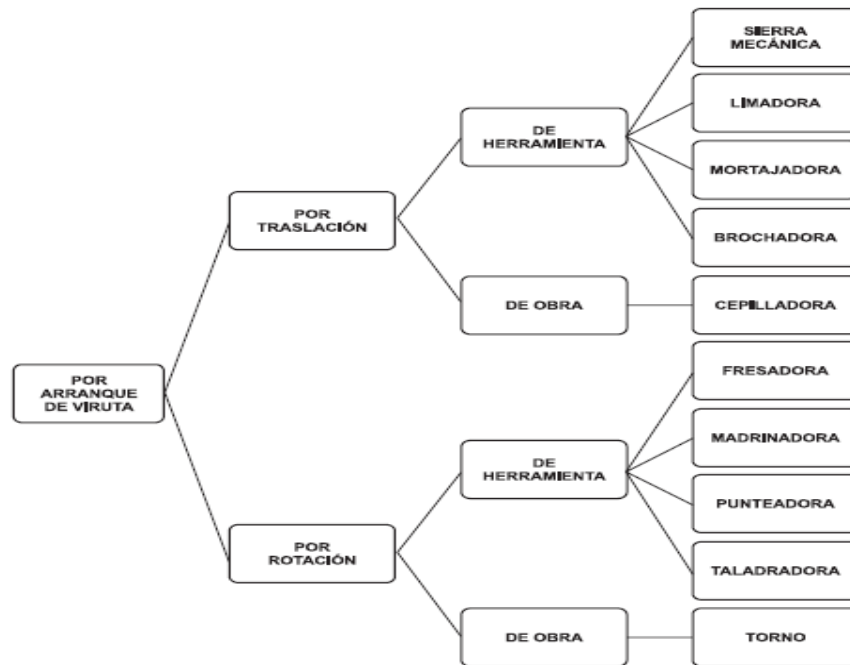
Vásquez (2012) sostiene que el ingeniero observa a los procesos de mecanizado como una forma de transformación de los materiales ya sea metálicos o no metálicos en productos útiles para la población.

#### **1.3.3.1. Fundamentación de corte de los metales**

Por la gran variedad de máquinas herramientas que existen en las fabricas industriales de mecanizado, para poder comprender mejor la teoría de corte existe una clasificación del tipo de mecanizado; como trabajan, que comportamiento y características poseen. Figura 1.1 muestran los tipos de máquinas herramientas usadas en la industria del mecanizado, empleando herramientas que pueden obtener virutas largas y otras cortan el material por cizallamiento.

#### **1.3.3.2. Clasificación de las maquinas herramientas (Silva Vásquez, 2012)**

Dependiendo del movimiento que realiza la máquina herramienta y el tipo de material de trabajo, las maquinas herramientas se clasifican de acuerdo al cuadro presentado en la figura 1.



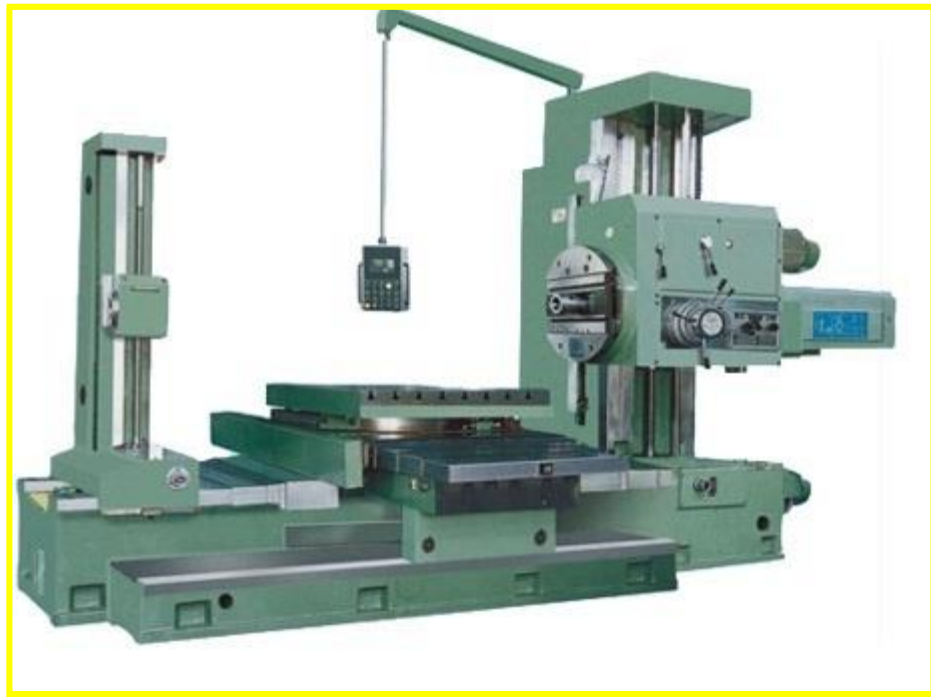
*Figura 1. Clasificación de las máquinas herramientas empleadas en los procesos de manufactura con arranque de viruta. Fuente internet.*

### 1.3.3.3. Proceso de manufactura

(Silva Vásquez, 2012) Para poder maquinar los metales es necesario identificar los movimientos que presenta el sistema, que servirán para eliminar el exceso de material de la superficie de trabajo, tomando en cuenta la adecuada maquinada herramienta con su respectiva herramienta de corte a utilizar en el proceso de maquinado. Estas máquinas herramientas son el torno mecánico, la fresadora, la cepilladora, el taladro, etc.

### 1.3.4. Definición de Mandrinadora

(sitenordeste, 2017) Se define como mandrinadora a una máquina estacionaria muy versátil, que se emplea para el maquinado de alojamientos en piezas cúbicas que deben tener poca tolerancia y buena calidad de acabado.



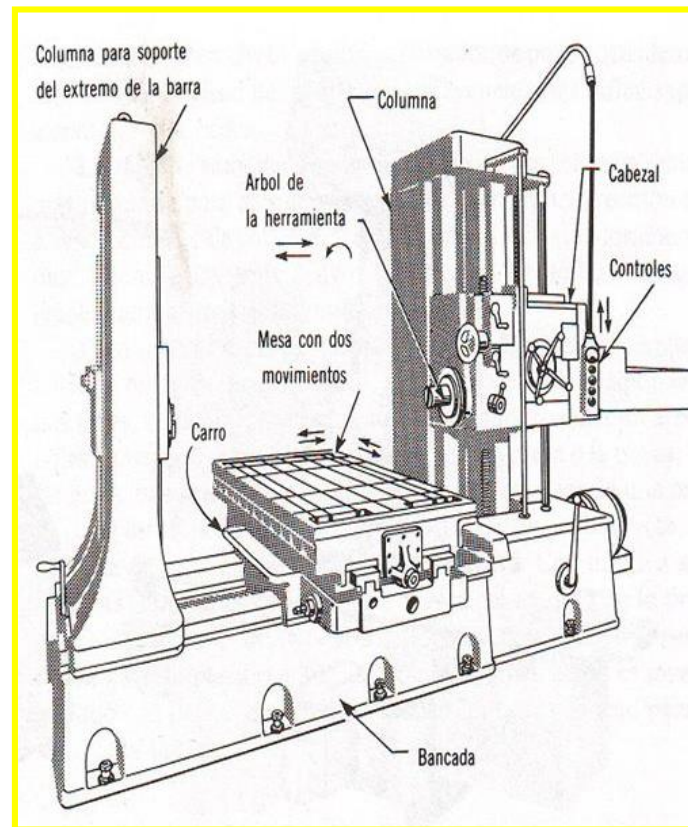
*Figura 2. Mandrinadora. Fuente internet (Logismarket, 2018)*

#### **1.3.4.1. Elementos de la mandrinadora** (Agrega.juntadeandalucia, 2015)

Hay varios tipos de mandrinadoras en la industria, los principales elementos componen cualquier tipo de mandrinadoras son:

- **Bancada:** Es el elemento soporte de toda la maquinaria y está apoyada sobre el suelo.
- **Bastidor:** Es un elemento acoplado a la bancada cuya función es sostener el cabezal donde se encuentra el husillo.
- **Mesa porta pieza:** Es una superficie horizontal que sirve de apoyo a las piezas a mecanizar.
- **Carro longitudinal:** Esta unido a la mesa porta piezas y sobre guías a la bancada, permite el desplazamiento de la pieza en la superficie horizontal.
- **Cabezal:** Es un elemento que aloja en su interior al sistema que produce movimiento al husillo, a través del motor, y los distintos elementos de transmisión.

- **Guías del Cabezal:** A través de las guías existentes en el bastidor y mediante un tornillo podemos desplazar verticalmente el cabezal.
- **Husillo principal y husillo para la transmisión** de avances de la mesa porta piezas.



*Figura 3. Elementos de la Mandrinadora. Fuente internet.*

#### 1.3.4.2. Operaciones de la mandrinadora

Las mandrinadoras se usan generalmente para mecanizar alojamientos de gran dificultad en piezas irregulares como soporte de molinos, cojinetes industriales, y en general, las piezas deben permanecer fijas y se maquina girando la herramienta de corte.

**Mandrinado:** Esta operación consiste en el mecanizado de alojamientos con una herramienta en voladizo, también se usa una barra de mandrinar.

**Taladrado:** No es un trabajo de la mandrinadora pero se realiza con frecuencia colocando brocas con manguito cónico.

**Fresado:** Es una operación frecuente en la mandrinadora y se realiza con fresas montadas sobre el eje cuando son de pequeños diámetros o sobre el plato cuando se trata de fresas grandes.

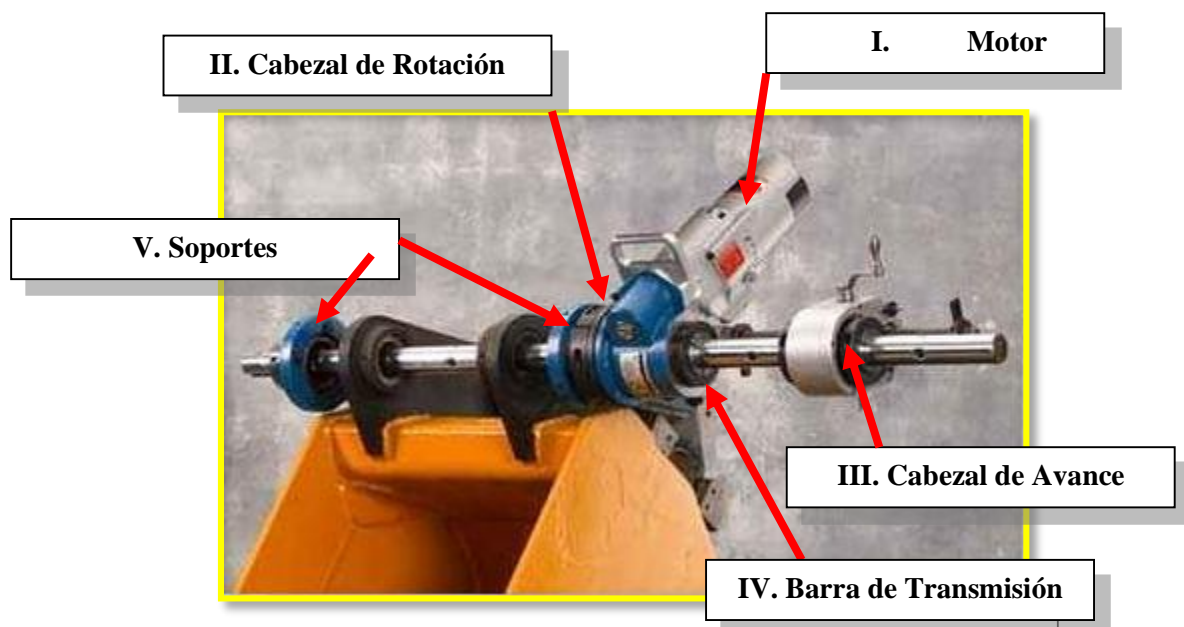
### 1.3.5. Mandrinadoras portátiles

(Climax, 2018) Son Maquinas herramientas muy versátiles, que se usan para los trabajos en campo. La característica de estas mandrinadoras es la de poder montarla sobre la pieza o estructuras a mecanizar. Se usan para el mecanizado de alojamientos de una gran variedad de tamaños y longitudes.

Las mandrinadoras portátiles de acuerdo al motor que usan pueden ser de tres tipos: Eléctrica, neumática e hidráulica.

#### 1.3.5.1. Mandrinadora Eléctrica.

Es de todas las mandrinadoras la más ligera, por ello se le puede llegar a cualquier parte que se desee, se puede usar en grandes trabajos



*Figura 4. Mandrinadora Eléctrica. Fuente internet*



### **Elementos de la mandrinadora eléctrica.**

**I. Motor eléctrico:** Motor de 220v monofásico, transmite el torque hacia el cabezal de rotación, consta de un selector de velocidad a uno de sus lados, consta con un mando de 6 velocidades.

**II. Cabezal de rotación:** Prácticamente es un reductor, de Sin fin y corona, es el que transmite el movimiento hacia la barra de transmisión para efectuar el mecanizado.

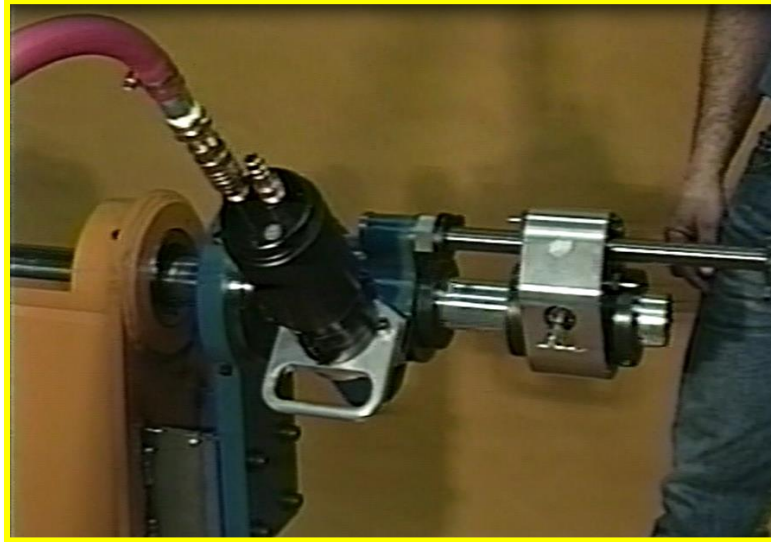
**III. Cabezal de avance:** Es el que da el avance de corte hacia la herramienta y puede ser manual o automático.

**IV. Barra de transmisión:** Es una de las partes esenciales de la mandrinadora, ya transmite el movimiento del cabezal de giro a la herramienta de corte. Y ayuda en el centrado de los soporte de la mandrinadora.

**V. Soportes:** Son los soporte principales de la mandrinadora y las que ayudan al momento de centrar la mandrinadora en los alojamientos a mecanizar. Sostienen la barra de transmisión y a toda la barrenadora al momento de realizar el mecanizado.

#### **1.3.5.2. Mandrinadora Neumática.**

Se caracteriza por tener un motor neumático que se intercambia en la mandrinadora, las desventajas son: es ruidosa y necesita de un punto de conexión para aire comprimido.



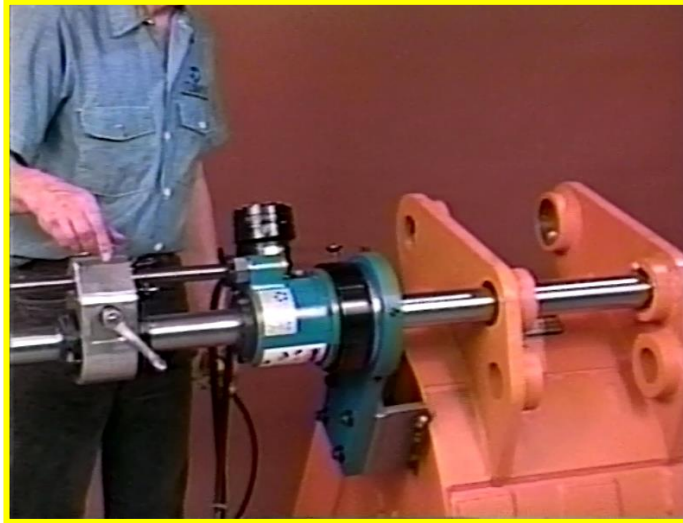
*Figura 5. Mandrinadora Neumática. Fuente internet.*

### **1.3.5.3. Mandrinadora Hidráulica.**

De las tres mandrinadoras es la mayor potencia y torque, especialmente para realizar refrentado de caras, el único inconveniente, es que usa un equipo hidráulico que dificulta su traslado. Las mandrinadoras hidráulicas pueden ser usadas con tres tipos de motores y son:

- Motor de alta velocidad 144 rpm
- Motor de mediana velocidad 75 rpm
- motor de baja velocidad 44 rpm

Las velocidades de los motores son referenciales ya que se pueden subir o bajar de acuerdo al caudal que se le manda de la bomba.



*Figura 6. Mandrinadora Hidráulica. Fuente internet.*

### **1.3.6. Esfuerzos**

Es la fuerza

que ofrece un área unitaria (A) del material del que está hecho un miembro para una carga aplicada externa (fuerza, F):

$$\text{Esfuerzo} = \text{fuerza} / \text{área} = F / A$$

En algunos casos, como en el esfuerzo normal directo, la fuerza aplicada se reparte uniformemente en la totalidad de la sección transversal del miembro; en estos casos el esfuerzo puede calcularse con la simple división de la fuerza total por el área de la parte que resiste la fuerza, y el nivel del esfuerzo será el mismo en un punto cualquiera de una sección transversal cualquiera. En otros casos, como en el esfuerzo debido a flexión, el esfuerzo variará en los distintos lugares de la misma sección transversal, entonces el nivel de esfuerzo se considera en un punto.

#### **1.3.6.1. Fuerzas en la barra de transmisión:**

Las fuerzas que participan en un proceso de corte en el mecanizado de ejes y agujeros, consta de tres elementos fundamentales; son estas las sirven para realizar el diseño de los ejes de transmisión, las cuales se estudian en la figura.

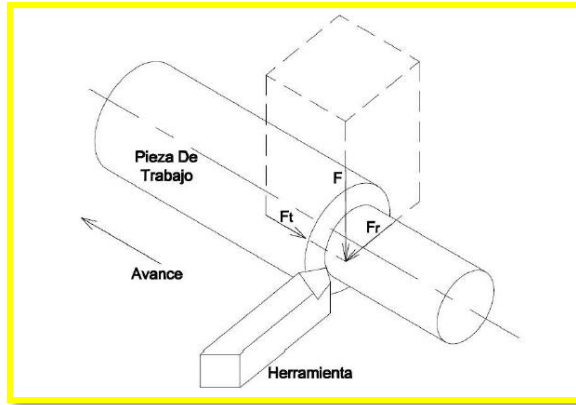


Figura 7. Fuerzas que intervienen en el mecanizado. Fuente internet.

Donde:

F: Fuerza de corte

Ft: Fuerza de avance. Esta acostumbra ser el 50% de F.

Fr: Fuerza radial esta fuerza es perpendicular a la superficie mecanizado y es el 50% de Ft

Para las fuerzas de corte que se aplican en la barra de transmisión, pueden se calculadas con la ayuda de la formula (1). En dicha fórmula nos dice que la fuerza de corte es igual al producto de la profundidad de viruta en milímetros por el avance en milímetros por vuelta y por la fuerza especifica de corte en  $N/mm^2$ . Esta fuerza especifica (ks) la podemos encontrar en la tabla n° 1, sabiendo el tipo de material a maquinar y el avance de corte que se usara.

$$F = a \cdot s \cdot ks. \text{ en } N/mm^2 \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

a: Profundidad de viruta mm

s: Avance en mm/rev.

v: velocidad de corte en m/min

ks: Fuerza específica de corte en  $N/mm^2$

P: Potencia en W

$\eta$ : Rendimiento

### 1.3.6.2. Esfuerzos de flexión y torsión:

Los esfuerzos para ejes solidos con sección circular, se pueden calcular con las formulas (2) y (3).

$$\sigma = \frac{K_f \cdot 32 \cdot M a}{\pi d^3} \dots\dots\dots (2)$$

$$\tau = \frac{K_{fs} \cdot 16 \cdot T a}{\pi d^3} \dots\dots\dots (3)$$

Donde:

$\sigma$ : Esfuerzo de flexión.

$\tau$ : Esfuerzo de torsión.

T: Par de torsión.

M: Momento de flexión.

Kf y Kfs: Momento de concentración de esfuerzos por fatiga de flexión y torsión respectivamente.

### 1.3.6.3. Potencia del motor necesaria:

Para medir la potencia necesaria en el motor necesitamos tener los siguientes datos profundidad de viruta, avance de corte, empleamos la formula (4)

### 1.3.6.4. Materiales para la fabricación de árbol de transmisión.

La fuerza necesaria para soportar esfuerzos de carga influye en la elección de los materiales y los tratamientos a realizar. Muchos árboles suelen ser hechos de diversos tipos de aceros como: acero de bajo carbono, estirado en frío o laminado en caliente, como lo son los aceros ANSI 1020-1050.

Si los resultados de esfuerzos resultan ser mayores que los de deflexión, entonces debe probarse un material con mejores propiedades, lo que permite que los tamaños de eje se reduzcan hasta que el exceso de deflexión adquiera importancia. El costo del material y su procesamiento debe ponderarse en

relación con la necesidad de contar con diámetros de eje más pequeños. Cuando están garantizadas, las aleaciones de acero típicas para tratamiento térmico incluyen ANSI 1340-50, 3140-50, 4140, 4340, 5140 y 8650.

Frecuentemente, el acero estirado en frío es empleado en diámetros menores de 75 milímetros. El diámetro nominal de la barra puede dejarse sin mecanizar en áreas que no necesiten ajuste de las piezas. El acero laminado en caliente debe mecanizarse en su totalidad. En el caso de árboles grandes que requieren el mecanizado de mucho material, los esfuerzos pueden causar pandeo en el árbol. Si la concentricidad es importante, puede ser necesario maquinar las rugosidades, después tratar térmicamente para remover los esfuerzos residuales e incrementar la resistencia, luego maquinar para el terminado y llegar a las dimensiones finales.

### **1.3.5 Transmisión de potencia por sin fin y corona**

Miravele, Larrodé (2007, p. 94) definen al engranaje de tornillo sinfín y su correspondiente corona como un par de engranajes helicoidales en donde uno de ellos llamado sinfín o gusano (worm), posee un ángulo de hélice tal que al menos uno de sus dientes da una vuelta completa alrededor del cilindro de paso o primitivo, formado de esta manera un “filete de tornillo”. El ángulo que forman los ejes de tornillo y corona puede ser cualquiera, pero generalmente es de  $90^\circ$ .

En cuanto a su composición y funcionamiento, Miravele, Larrodé (2007, p. 95) afirman que el paso axial o lineal es el paso del tornillo sinfín y es la distancia medida paralelamente al eje entre puntos correspondientes en filetes adyacente. Además, el paso circular es el paso de la corona dentada y en el caso de que los ejes estén a  $90^\circ$  es idéntico al paso lineal.

Miravele, Larrodé (2007) explican que el avance es la distancia axial atravesada por un filete en una vuelta, siendo el ángulo de avance (ángulo de hélice sinfín), el ángulo entre la tangente a la hélice de paso y un plano normal de hélice de la corona si los ejes están a  $90^\circ$ .

Además, ambos autores determinan que la corona puede tener dos tipos de dientes:

- Dientes de cara recta, siendo cilíndrico el exterior de la corona, y
- Dientes de cara cóncava, siguiendo el exterior de la rueda la curva del sinfín

La primera forma de dientes es un engranaje helicoidal simple que da un punto de contacto, mientras que la segunda forma da una línea de contacto, siendo esta más robusta y la aceptada por la norma.

La relación de velocidades angulares entre el sinfín y la corona varía de 100: 1 a 10: 1, aunque se han utilizado relaciones de hasta 500: 1.

#### **1.4. Formulación al Problema**

¿Cuál serán las especificaciones técnicas de una maquina mandrinadora portátil?

#### **1.5. Justificación del estudio**

##### **1.5.1. Relevancia Tecnológica:**

Actualmente es necesario conocer sobre las necesidades que tienen las empresas, para solucionar los problemas que suelen presentarse en los equipos y máquinas; y sus elementos móviles (articulaciones) presentan desgastes y/o deformación por fricción. El proyecto contribuirá con el diseño de una mandrinadora portátil de fácil montaje y ligera de peso, que podría ser operada fácilmente por un técnico sin necesidad de invertir muchas horas de capacitación.

##### **1.5.2. Relevancia social:**

El desarrollo de nuestro proyecto nos permitir realizar trabajos en distintos puntos del país, sin importar donde este el equipo y/o maquina a reparar, llevando la mandrinadora hasta el mismo punto donde el equipo desea la reparación.

### **1.5.3. Relevancia económica:**

Disminución de los tiempos de reparación de componentes y partes de maquinarias, y así disminuyendo los tiempos que las máquinas están paradas por mantenimiento, evitando pérdidas económicas por equipos parados.

Con este proyecto se evitara el desmontaje de piezas industriales para su reparación, pudiéndolo hacer en el mismo punto donde se encuentra, y así evitando costo de mano de obra y traslado hacia un taller especializado para su reparación.

## **1.6. Hipótesis**

Es factible diseñar una maquina portátil con las especificaciones técnicas de una maquina mandrinadora portátil, como dimensión, potencia de accionamiento, peso, facilidad de operación; aplicando la metodología de diseño de la mecánica aplicada.

## **1.7. Objetivo**

### **1.7.1. General**

Diseñar una maquina mandrinadora portátil, ligera y de fácil montaje, para recuperar alojamientos de maquinaria en el mismo sitio de trabajo, de diámetro 60 hasta 500 mm.

### **1.7.2. Especifico**

- Elaborar lista de exigencias de acuerdo a las necesidades que requieren los trabajos.
- Elaborar la matriz morfológica, en función a la lista de exigencias para identificar los elementos de la maquina mandrinadora.
- Seleccionar la mejor alternativas de diseño
- Realizar análisis de esfuerzos en los diversos componentes de la máquina portátil (barra de transmisión, soportes, cabezal de giro, etc.)



- Realizar los planos de la mandrinadora usando el software Inventor.

## II. MÉTODO

### 2.1. Diseño de investigación

Diseño no experimental

Esquema:

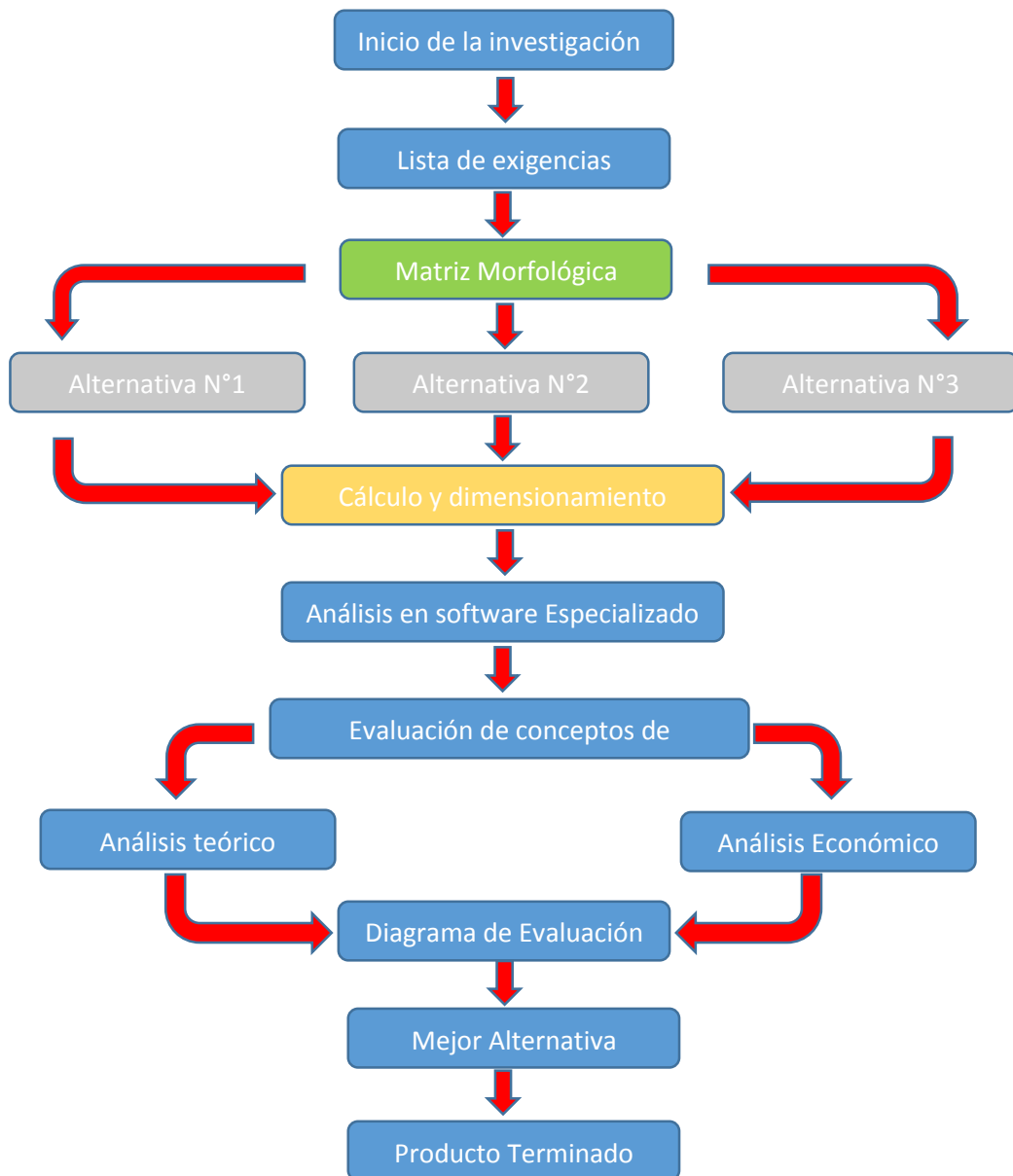
$$\mathbf{M} \leftarrow \mathbf{O}$$

Donde:

M: Maquina mandrinadora.

O: Especificaciones técnicas del diseño, diametro de trabajo, diseño de material a trabajar, etc.

- **Flujograma del diseño:**



*Figura 8. Diagrama de diseño. Fuente propia.*

## 2.2. Variables, Operacionalización

### Operacionalización de variables

Variable Independiente	Definición conceptual	Definición Operacional	Indicador	Escala de medición
Características de los componentes a reparar.	Los sistemas mecánicos están constituidos fundamentalmente por los componentes o elementos, que se encargan de transformar o transmitir el movimiento, al transformar la energía. Las características de dichos componentes pueden variar de acuerdo al trabajo requerido o solicitado.	Las características de los componentes están ligados al tipo de trabajo que realizan y varían de acuerdo a las exigencias solicitadas.	- Altura (mm) - Ancho (mm) - Peso (kg.)	Razón
			Forma de los componentes	

**Tabla 1.** Operacionalización de la Variable independiente. Fuente propia.

Variable dependiente	Definición conceptual	Definición Operacional	Indicador	Escala de medición
Especificaciones técnicas	Las especificaciones técnicas son documentos en los cuales se definen las normas, exigencias y procedimiento a ser empleados y aplicados en todas las fabricaciones de equipos.	Las especificaciones técnicas son las características que definen la fabricación de una máquina o equipo.	Dimensiones (mm)	Razón
			Potencia (W)	
			Fuerza (Nm)	

**Tabla 2.** Operacionalización de la Variable dependiente. Fuente propia.

## 2.3. Población y muestra

### 2.3.1. Población:

Personal técnico operadores en mandrinadoras.

### 2.3.2. Muestra.

8 Técnicos operadores de mandrinadoras

## 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

TÉCNICA	INSTRUMENTO	PRODUCTO RESULTADO
Entrevista	Guía de entrevista	Información del proceso de operación de la maquina mandrinadora.

Tabla 3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. Fuente propia.

## III. RESULTADOS

### 3.1. Elaboración de lista de exigencias:

Se realiza una lista con los requerimientos que el proyecto requiere y se dividen en exigencias y deseos según su naturaleza.

LISTA DE EXIGENCIAS			Pág.1 de 1
			Edición: 001
PROYECTO:		“DISEÑO DE UNA MAQUINA MANDRINADORA PORTÁTIL, LIGERA Y DE FÁCIL MONTAJE PARA MECANIZADO AGUJEROS DE DIAMETROS 60MM HASTA 500MM”	Fecha: 21/11/18
CLIENTE:		UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	Revisado:
PRIORIDAD	D/E	Descripción	Elaborado:
1	E	Mandrinado de alojamientos de diámetros variables a partir de 60 mm de diametro hasta 500 mm de diametro como máximo.	Responsable
2	D	Mandrinado de materiales metálicos hasta una dureza de 300 Hb.	

3	D	La mandrinadora podrá ser fabricada en talleres locales y se usaran materiales de fácil adquisición.	
4	E	La mandrinadora debe ser de fácil montaje y centrado, fácil alineamiento en la estructura a mandrinar.	
5	D	De fácil operación para un técnico especializado.	
6	D	Que cuente con avances automáticos variables para desbaste y acabado.	
7	E	Longitud de mecanizado máxima de 500 mm.	
8	E	Fácil instalación de cuchillas de corte.	
9	E	Velocidad de avance variada y fácil anclaje del avance	

**Tabla 4.** Lista de exigencias. Fuente propia.

### 3.2. Matriz Morfológica

A partir de ciertas funciones podremos analizar determinados elementos, mecanismos, materiales, diseños, etc. que permitan desarrollarse de una manera satisfactoria y un desempeño adecuado, de la maquina a diseñar.

La matriz morfología simboliza una forma razonable para llegar a las soluciones con la ayuda de un sistema ordenado. En la figura 8 se presenta la matriz morfológica creada para determinar las posibles combinaciones de elementos o propiedades que permiten dar solución al problema planteado. Para ello se han seleccionado las siguientes funciones parciales, Potencia, mecanismo de transmisión, mecanismos de avance, tipos de soporte y tipo de mandrinadora. En dicha matriz, se han presentado 3 posibles soluciones; sin embargo no en todas las funciones se cuenta con este número de alternativas.



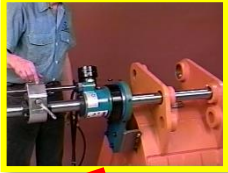


Los tipos de mandrinadoras que podemos encontrar en el mercado son numerosas, para nuestro estudio de diseño analizaremos tres tipos, que se diferencian entre sí, por su estructura, diseño y montaje.

Los tipos de soporte que usa la mandrinadora son importantes para lograr una alineación adecuada entre alojamiento a reparar.

La potencia que se emplea en la mandrinadora nos permitirá realizar trabajos con mayor envergadura, como por ejemplo diámetros de alojamiento de gran dimensión.

Los mecanismos de transmisión son indispensables para el buen funcionamiento de la mandrinadora, una buena elección del mecanismo de transmisión permitirá un desempeño mayor de la máquina.

Con una buena elección del mecanismo de avance obtendremos buenos resultados en los acabado de mecanizado de los alojamientos, también podremos optimizar en los tiempos de entrega de los trabajos.

FUNCIONES	ALTERNATIVAS		
Tipo de Mandrinadora	 <p>Barrenadora York</p>	 <p>Barrenadora Sir</p>	 <p>Barrenadora Climax</p>
Tipos soporte	 <p>Chumacera rígida</p>	 <p>Chumacera con rotula</p>	




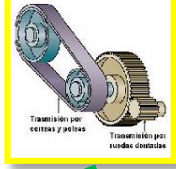
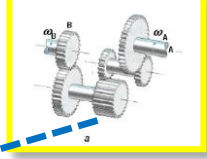


Sistema accionamiento Potencia	 Eléctrico	 Hidráulico	
Mecanismo de transmisión	 Sinfín y corona	 Poleas y faja	 Engranés
Mecanismos de avance	 Cremallera	 Tornillo y tuerca	

Tabla 5. Matriz morfológica. Fuente propia.

En donde:

Solución 1: 

Solución 2: 

Solución 3: 

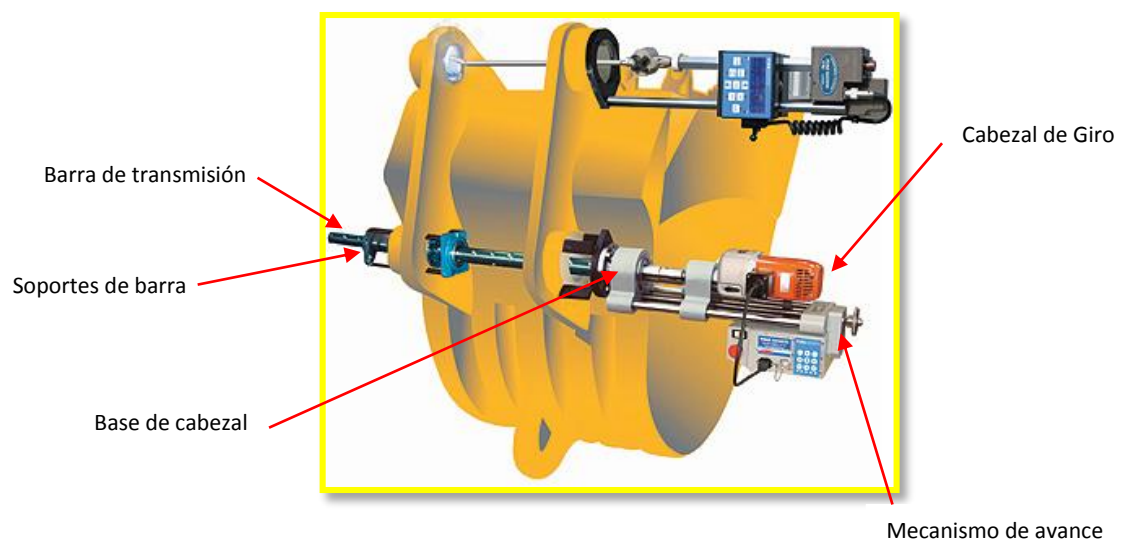
### 3.3. Análisis y selección de alternativas

Las mandrinadoras portátiles que existen en el mercado para la recuperación de alojamientos en componentes de maquinaria pesado, industrial, naval, etc. Son costosas.

Analizaremos las mejores posibilidades, que sirven como base fundamental para la posterior selección de la alternativa adecuada, las cuales deben satisfacer las necesidades en el trabajo propuesto.

### 3.3.1. Alternativa de diseño N°1: Mandrinadora portátil de la marca “ York “

Los principales elementos que conforman la mandrinadora York, se presentan en la siguiente figura.



*Figura 9. Mandrinadora portátil de la marca York.*

#### Elementos de la mandrinadora York:

- **Cabezal de giro:**

Es el elemento principal, se encarga de dar movimiento a la barra de transmisión, para que se efectúe el mandrinado, cuenta con husillo para fijar la barra de transmisión. Cuenta con selector de velocidades y su fuente de energía es eléctrica.



*Figura 10. Cabezal de giro. Fuente internet*



- **Base de cabezal:**

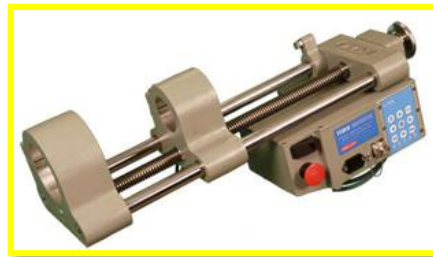
Sirve como soporte para el cabezal de giro y también para el mecanismo de avance, esta hecho de aluminio con barras de acero.



*Figura 11. Soporte de cabezal de giro y avance*

- **Mecanismo de avance:**

Proporciona el avance de corte a la mandrinadora y puede ser manual o automático.



*Figura 12. Mecanismo de avance.*

- **Soportes de la barra:**

Los soportes son los encargados de sostener a la mandrinadora, y pueden ser de dos tipos, el que soporta a la base del cabezal de giro y al mismo tiempo la barra de transmisión(figura 13), y también el otro tipo que es más parecido a una chumacera de pared, que solo soporta la barra de transmisión.(figura 14)



*Figura 13. Soporte de cabezal y Soportes*

- **Barra de transmisión:**

En este elemento es donde se coloca la herramienta de corte, y la encardada de realizar el mandrinado de los alojamientos.



*Figura 14. Barra de transmisión*

**Ventajas:**

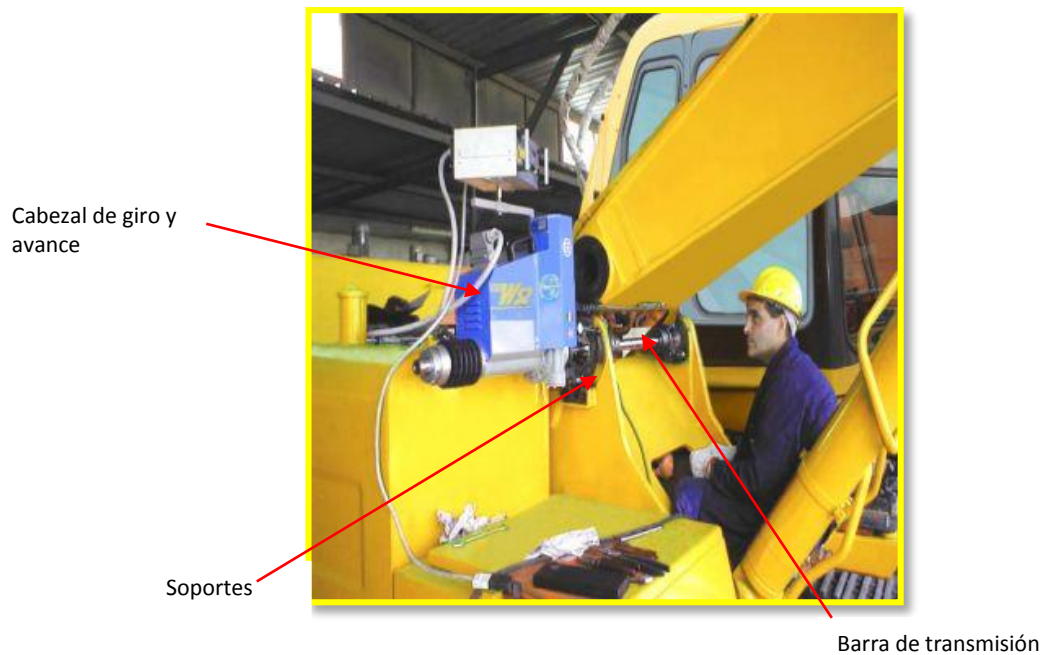
- Muy ligera de peso
- Fácil montaje y desmontaje.
- Fácil operación de maquinado por un técnico.

**Desventajas:**

- Pocas posibilidades de corregir un desalineamiento de la mandrinadora con el agujero a mecanizar.
- Torque limitado para alojamientos de grandes dimensiones.
- Los conos centradores están limitados en alojamientos con demasiado desgaste axial.
- Chumaceras rígidas con poca o nada de juego para el alineamiento.

**3.3.2. Alternativa de diseño N°2: Mandrinadora portátil de la marca “Sir Meccanica”.**

Los principales elementos que conforman la mandrinadora Sir Meccanica , se presentan en la siguiente figura.



*Figura 15. Mandrinadora SIR MECCANICA*

- **Cabezal de giro y avance:**

En este dispositivo se encuentra todos dispositivos de mandrinadora que transmiten el movimiento de rotacion de la barra y el avance de corte de la misma.



**Figura 17.** Cabezal de giro y avance

- **Soportes:**

Son los encargados de sostener al cabezal de giro y a la vez a soportar la barra de transmisión. Cuentan con rodamientos giridos de bolas.



**Figura 18.** Soportes

- **Barra de transmisión:**

En este elemento es donde se coloca la herramienta de corte, y la encargada de realizar el mandrinado de los alojamientos.



**Figura 19.** Barra de transmisión.

**Ventajas:**

- Fácil montaje y desmontaje entre dos personas
- Fácil operación de maquinado por un técnico capacitado.
- Reduce las vibraciones al trabajar con el eje al aire.

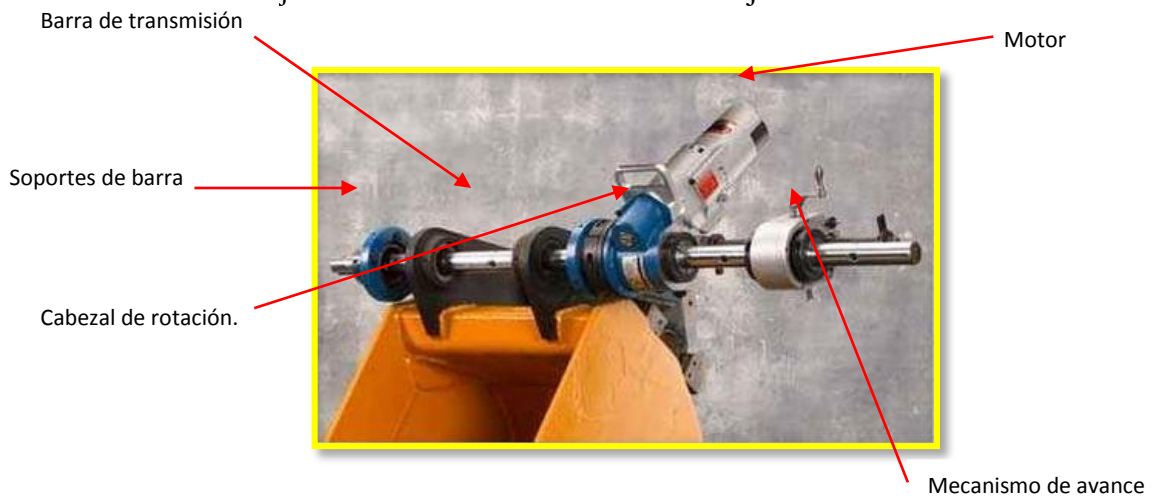
**Desventajas:**

- Los soportes no corrigen los desalineamientos mínimos.
- Poca variedad de diámetros de trabajo para cada modelo mandrinadora.

- Los conos centradores están limitados en alojamientos con demasiado desgaste axial.
- Solo puede ser usado con un motor eléctrico.
- Necesita un técnico especialista para su montaje y operación.

### 3.3.3. Alternativa de diseño N°3: Mandrinadora portátil de la marca “Clímax”

De las tres alternativas estas es la maquina más robusta y con mayor variedad de trabajo en cuanto a los diámetros de trabajo. Sus elementos son:



**Figura 20.** Mandrinadora portátil. Fuente internet

- **Motor:**

Es el encargado de transmitir la potencia y el movimiento de giro al cabezal de giro. Pueden ser electricos, hidraulicos o neumaticos.



**Figura 21.** Motores hidráulicos. Fuente internet

- **Cabezal de giro:**

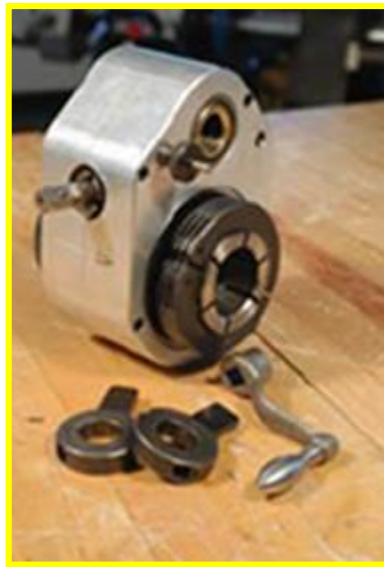
Es aquel que se encarga de recibir el movimiento y la potencia del motor y trasladarlo hacia la barra de transmisión, por intermedio de una corona y sin fin.



**Figura 22.** Cabezal de giro. Fuente internet

- **Cabezal de avance:**

Esta conectado al cabezal de giro por medio de un tornillo con rosca trapecoidal y se encarga de dar los avance de corte a la barra de transmisión.



**Figura 23.** Cabezal de avance. Fuente internet

- **Barra de transmisión:**

En la barra se coloca la cuchilla de corte para el madrinado, resive movimiento de giro y la potencia del cabezal de giro.

- **Soportes de la barra:**

Estos sostienen a la barra de transmisión y a toda la mandrinadora, también se utiliza para centrar la barra de transmisión en los alojamientos a mecanizar.



**Figura 24.** Cabezal de giro. Fuente internet.

**Ventajas:**

- Fácil montaje y desmontaje entre dos personas
- Fácil operación de maquinado por un técnico capacitado.
- Puede realizar trabajos en diferentes tamaños de diámetros.
- Auto alineamiento de las barras, por usar chumaceras rotuladas.
- Fácil centrado de alojamientos, incluso tengan demasiado desgaste axial.

**Desventajas:**

- Soportes ligeramente pesado.
- Se necesita de dos personas para el montaje de la mandrinadora.
- Tiene ciertas limitaciones para espacios de trabajo pequeños.
- Necesita un técnico especialista para su montaje y operación.

**3.4. Selección de la mejor alternativa**

Para la selección de la alternativa que se adecue al tipo de trabajo, que se realice y cumpla con los requisitos solicitados del cliente, se establece una base de criterios técnicos de comparación fijados en la tabla 6.

Criterios técnicos de comparación	Código de equivalencia	
	Calf. - 5	Calf. - 1
Facilidad de operación	Fácil	Difícil

Montaje rápido	Rápido	Lento
Diametro máximo de mandrinado	Mayor	Menor
Vida útil de la transmisión	Rápido	Lento
Precisión en el avance	Fino	Rugoso
Volumen	Pequeña	Grande
Peso	Ligera	Pesada

**Tabla 6.** Criterios técnicos de comparación. Fuente propia.

### 3.4.1. Criterios técnicos de comparación

a) **Facilidad de operación:** La facilidad de operación se puede medir por el número de pasos que procede a realizar el operador, cuando realice el mecanizado en los componentes.

b) **Montaje rápido:** La velocidad de montaje se puede medir de acuerdo con el número de pasos que un técnico realiza para la instalación de maquina mandrinadora en el componente a reparar y centrar la maquina mandrinadora con los agujeros a mecanizar.

**La alternativa 1 y 2:** Se monta en 6 pasos.

**La alternativa 3:** Se monta en 4 pasos.

c) **Diametro máximo de mandrinado:** El diametro de trabajo va a estar definida por la potencia que tengo el motor de la mandrinadora y su sistema de transmisión.

d) **Vida útil de la transmisión:** La vida de la transmisión dependerá del tipo de transmisión que usa la máquina y el material que están hecho.

**Alternativa 1:** Tiene un transmisión de faja dentada y un piñón la cual la hace menos resistente a grandes torque.

**Alternativa 2:** Cuenta con unos pequeños piñones susceptibles a desgastes si se emplea gran torque.

**Alternativa 3:** Esta cuenta con una transmisión de sin fin corona la cual permite gran reducción de velocidad con aumento del torque.

e) **Precisión en el avance:** El acaba superficial define a la presión del avance mientras más preciso el avance mejor sería el acabado superficial.



- f) **Volumen:** El volumen de la maquina estará definida por la cantidad de componentes que tengan y sus dimensiones.
- g) **Peso:** El peso de la mandrinadora será definida por el tamaño de sus componentes y el material con los que se fabricaron.

ITEM	Criterios técnicos de comparación	Peso ponderado	Alternativas		
			N° 1	N° 2	N° 3
1	Facilidad de operación	50	4	4	4
2	Montaje rápido	90	3	3	5
3	Diametro máximo de mandrinado	70	2	2	5
4	Vida útil de la transmisión	40	3	3	3
5	Precisión en el avance	30	3	3	4
6	Volumen	80	5	3	4
7	Peso	100	5	3	3
Total			12	21	22
Orden de preferencia			3°	2°	1°

**Tabla 7.** Resultado de los criterios de comparación. Fuente propia.

### 3.5. Análisis de esfuerzos

Para diseñar un modelo de mandrinadora adecuado para el trabajo que se le requiere se tendrá que tomar en cuenta algunos factores que nos ayudaran a dimensionar los componentes de la máquina y así evaluar su correcto funcionamiento como: Fuerza de corte, potencia de corte para realizar el mandrinado, tipo de herramienta, etc.

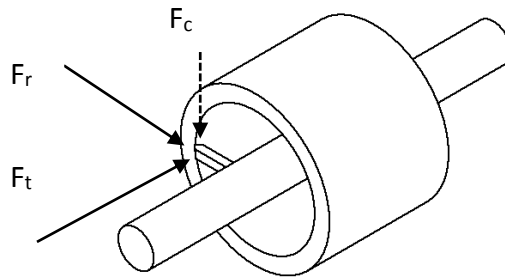
La herramienta de corte a usar influye para los cálculos. La herramienta que usaremos será de material de tungteno, acero rápido, etc. La resistencia a la tracción es de 90 a 110 kg/mm<sup>2</sup> con un avance de 0.2 a 3.2 mm por giro y una temperatura de trabajo máxima a 650°C.

Para realizar los siguientes cálculos tendremos en consideración los siguientes datos:

- Para el mecanizado de un metal de acero aleado.
- Se requiere un avance (mm/rev)  $\rightarrow s = 0.2 \text{ mm/rev}$ . Si consideramos un herramienta de corte de acero rápido y de tungsteno, la velocidad de corte  $V_c = 24 \text{ m/min}$  y una fuerza especifica de corte  $K_s = 3600 \text{ N/mm}^2$ .
- Hallamos la sección de viruta posible para una potencia de accionamiento  $P_{\text{ref.}} = 1 \text{ Kw}$ . Revisamos en tablas de valor de mecanizado con el  $K_s$  y  $V_c$  tenemos:

$$A_{\text{ref.}} = 0.53 \text{ mm}^2$$

### 3.5.1. Calculo de fuerza de corte y de avance.



**Figura 25.** Fuerzas en la mandrinadora. Fuente propia.

- La fuerza de corte ( $F_c$ ) está definida por la siguiente ecuación:

$$F_c = a * s * K_s$$

$$F_c = 4 \text{ mm} * 2 \frac{\text{mm}}{\text{rev}} * 3600 \text{ N/mm}^2$$

$$F_c = 2880 \text{ N}$$

$$F_c = 293.8 \text{ Kgf}$$

$$F_c \approx 3000 \text{ Kgf}$$

- Fuerza de Avance ( $F_t$ ) es:

$$F_t = 50 \% F_c$$

$$F_t = 0.5 * 2880 \text{ N}$$

$$F_t = 1440 \text{ N}$$

➤ Fuerza Radial ( $F_r$ ) es:

$$F_r = 50 \% F_t$$

$$F_r = 0.5 * 1440 N$$

$$F_r = 720 N$$

➤ Área real de corte:

$$A_{real} = s * a$$

$$A_{real} = 0.2 mm * 4 mm = 0.8 mm^2$$

### 3.5.2. Potencia real de corte:

$$P_{real} = \frac{P_{ref} * A_{real}}{A_{ref}}$$

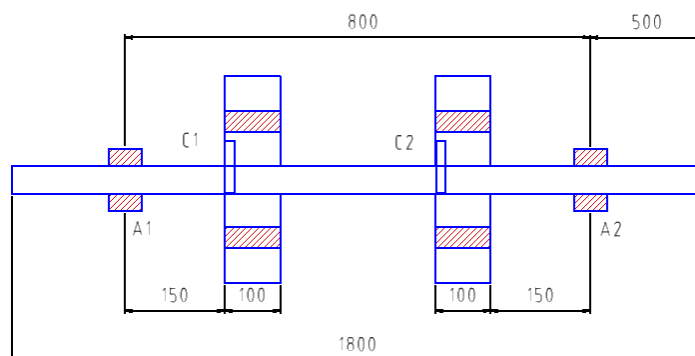
$$P_{real} = \frac{1 Kw * 0.8 mm^2}{0.53 mm^2}$$

$$P_{real} = 1.5 Kw = 2.02 Hp$$

$$P_{real} \approx 2.5 Hp$$

### 3.5.3. Diseño de la barra de transmisión

Para el diseño de la barra se considera dos apoyos, una cuchilla en dos posiciones distintas de corte para realizar el trabajo de mandrinado, primero el trabajo realizado por la cuchilla en posición C<sub>1</sub> y posteriormente realizado por la cuchilla en la posición C<sub>2</sub>. El trabajo realizado por la cuchilla no es simultáneo.



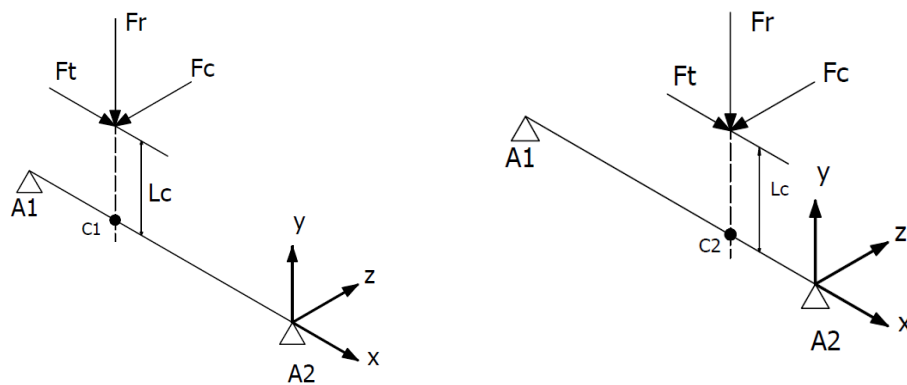
**Figura 26.** Diagrama de posiciones de las cuchillas. Fuente propia

Donde:

$A_1$  y  $A_2$ : Apoyos de la barra de transmisión.

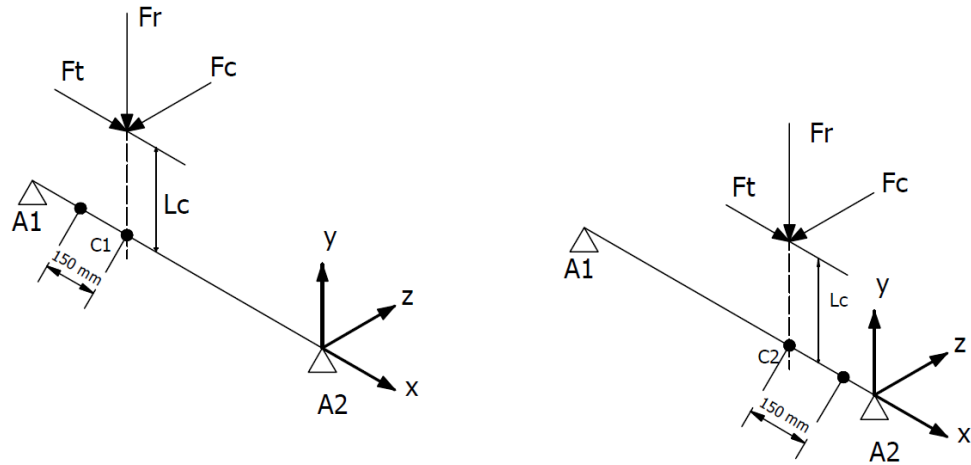
$C_1$  y  $C_2$ : Posiciones de la cuchilla

Diagrama del cuerpo libre de la posición 1 de las cuchillas  $C_1$  y  $C_2$  en la barra de transmisión.



**Figura 27.** Diagramas de cuerpo libre de los alojamientos. Fuente propia

Hacemos el diagrama de cuerpo libre de la posición 2 de las cuchillas  $C_1$  y  $C_2$ . Posición final del mandrinado.

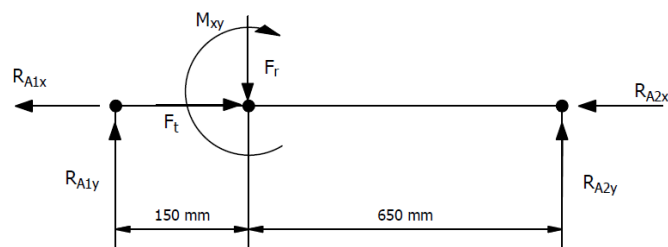


**Figura 28.** Diagrama de primer y segundo alojamiento. Fuente propia

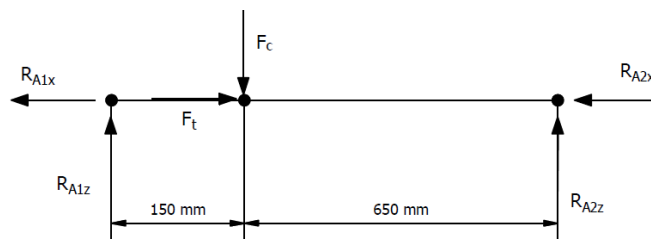
La longitud máximo de la cuchilla (considerando también el porta cuchilla para diámetros mayores) es de 250 mm que es la mitad del diámetro máximo a mecanizar.

Posición 1, del primer alojamiento y cargas aplicadas en la cuchilla 1.

Plano x-y:



Plano x-z:



**Figura 29.** Diagramas de cuerpo libre de la posición 1-C1. Fuente propia

Se realiza el cálculo del momento Flector  $M_{xy}$  y de las reacciones de los apoyos

Momento  $M_{xy}$ :

$$M_{xy} = F_t * L_C$$

$$M_{xy} = 1440 \text{ N} * 250 \text{ mm} = 360\,000 \text{ N.m}$$

$$M_{xy} = 360 \text{ KN.m}$$

Plano x-y:

$$\sum F_x = 0$$

$$R_{A2x} + R_{A1x} - F_t = 0$$

$$R_{A2x} = R_{A1x} = \frac{F_t}{2}$$

$$R_{A2x} = R_{A1x} = \frac{1440 \text{ N}}{2} = 720 \text{ N} = 0.72 \text{ KN}$$

$$R_{A2x} = R_{A1x} = 0.72 \text{ KN}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{A1y} + R_{A2y} - F_r = 0$$

$$R_{A1y} + R_{A2y} = F_r$$

$$R_{A1y} + R_{A2y} = 0.72 \text{ KN}$$

$$\sum M_{A2} = 0$$

$$R_{A1y} * (800\text{mm}) + M_{xy} - F_r * (650\text{mm}) = 0$$

$$R_{A1y} * (800\text{mm}) + 360 \text{ KN.mm} - 0.72 \text{ KN} * (650\text{mm}) = 0$$

$$R_{A1y} = \frac{0.72 \text{ KN} * 650\text{mm} - 360 \text{ KN.mm}}{800 \text{ mm}}$$

$$R_{A1y} = 0.135 \text{ KN}$$

➤ Reemplazando:

$$R_{A1y} + R_{A2y} = 0.72 \text{ KN}$$

$$R_{A2y} = 0.72 \text{ KN} - R_{A1y}$$

$$R_{A2y} = 0.72 \text{ KN} - 0.135 \text{ KN} = 0.585 \text{ KN}$$

Plano x-z:

$$\sum F_x = 0$$

$$R_{A1z} + R_{A2z} - F_c = 0$$

$$R_{A1z} + R_{A2z} = F_c$$

$$R_{A1z} + R_{A2z} = 2880 \text{ N}$$

$$R_{A1z} + R_{A2z} = 2.88 \text{ KN}$$

$$\sum M_{A2} = 0$$

$$R_{A1z} * (800\text{mm}) - F_c * (650\text{mm}) = 0$$

$$R_{A1z} = \frac{2.88 \text{ KN} * (650\text{mm})}{800 \text{ mm}}$$

$$R_{A1z} = 2.34 \text{ KN}$$

Encontramos:  $R_{A2z}$

$$R_{A1z} + R_{A2z} = 2.88 \text{ KN}$$

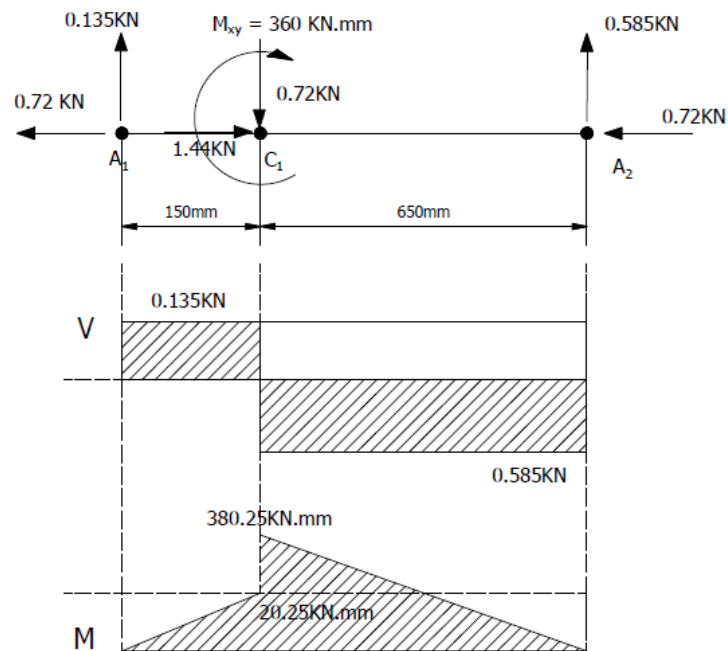
$$R_{A2z} = 2.88 \text{ KN} - R_{A1z}$$

$$R_{A2z} = 2.88 \text{ KN} - 2.34 \text{ KN}$$

$$R_{A2z} = 0.54 \text{ KN}$$

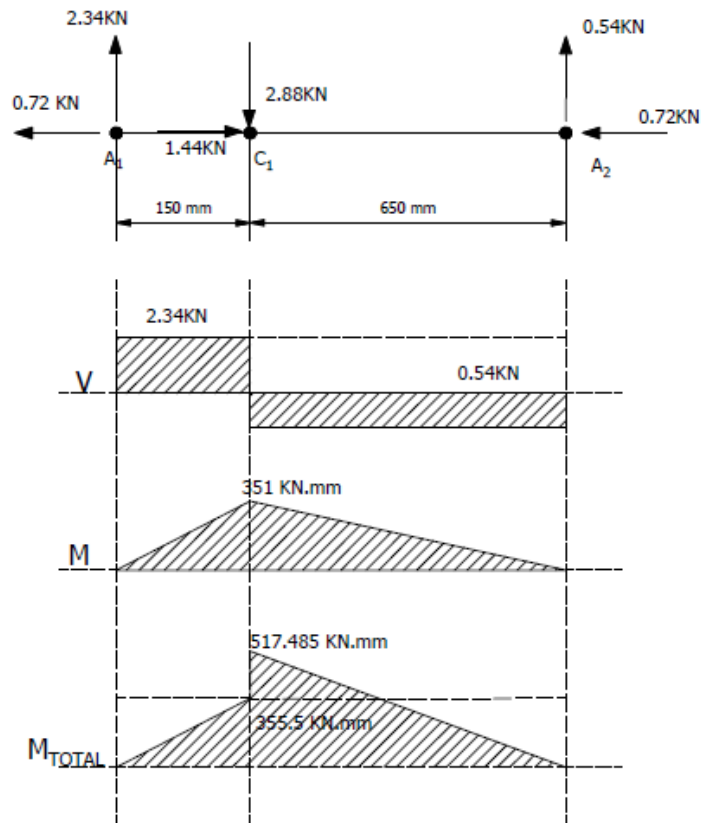
Desarrollamos el diagrama de corte y momento en la barra de transmisión, para la posición 1 – C1 del primer alojamiento.

Plano x-y:



**Figura 30.** Diagramas de corte y momentos en la barra en x-y. Fuente propia

Plano x-z:



**Figura 31.** Diagramas de corte y momentos totales en la barra en x-z. Fuente propia

Calculamos valores en el diagrama de momentos totales:

$$M_1 = \sqrt{(0.135)^2 + (2.34)^2} * (150 \text{ mm})$$

$$M_1 = 2.37 * 150 = 355.5 \text{ KN.mm}$$

El momento total máximo es:

$$M_{Tot} = \sqrt{(380.25)^2 + (351)^2}$$

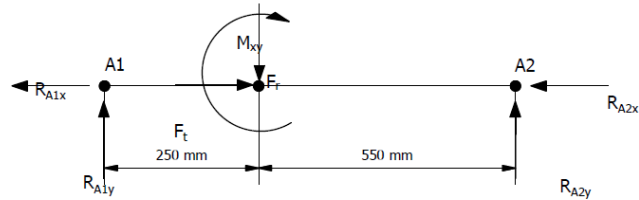
$$M_{Tot} = 517.485 \text{ KN.mm}$$

$$M_{1-C1} = 517.485 \text{ KN.mm}$$

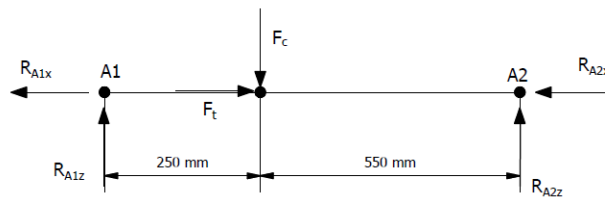


Posición 2, del primer alojamiento y cargas aplicadas en la cuchilla 1.

Plano x – y:



Plano x – z



**Figura 32.** Diagramas de cuerpo libre de la posición 2-C1. Fuente propia

Se realiza el cálculo del momento flector  $M_{xy}$  y de las reacciones de los apoyos.

Momento  $M_{xy}$ :

$$M_{xy} = F_t * L_C$$

$$M_{xy} = 1440 \text{ N} * 250 \text{ mm} = 360\,000 \text{ N.m}$$

$$M_{xy} = 360 \text{ KN.m}$$

Plano x-y:

$$\sum F_x = 0$$

$$R_{A2x} + R_{A1x} - F_t = 0$$

$$R_{A2x} = R_{A1x} = \frac{F_t}{2}$$

$$R_{A2x} = R_{A1x} = \frac{1440 \text{ N}}{2} = 720 \text{ N} = 0.72 \text{ KN}$$

$$R_{A2x} = R_{A1x} = 0.72 \text{ KN}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{A1y} + R_{A2y} - F_r = 0$$

$$R_{A1y} + R_{A2y} = F_r$$

$$R_{A1y} + R_{A2y} = 0.72 \text{ KN}$$

$$\sum M_{A2} = 0$$

$$R_{A1y} * (800\text{mm}) + M_{xy} - F_r * (550\text{mm}) = 0$$

$$R_{A1y} * (800\text{mm}) + 360 \text{ KN} \cdot \text{mm} - 0.72 \text{ KN} * (550\text{mm}) = 0$$

$$R_{A1y} = \frac{0.72 \text{ KN} * 550 \text{ mm} - 360 \text{ KN}}{800 \text{ mm}}$$

$$R_{A1y} = 0.045 \text{ KN}$$

Encontramos  $R_{A2y}$ :

$$R_{A1y} + R_{A2y} = 0.72 \text{ KN}$$

$$R_{A1y} = 0.72 \text{ KN} - R_{A2y}$$

$$R_{A1y} = 0.72 \text{ KN} - 0.045 \text{ KN}$$

$$R_{A1y} = 0.675 \text{ KN}$$

Plano x-z:

$$\sum F_x = 0$$

$$R_{A1z} + R_{A2z} - F_c = 0$$

$$R_{A1z} + R_{A2z} = F_c$$

$$R_{A1z} + R_{A2z} = 2880 \text{ N}$$

$$R_{A1z} + R_{A2z} = 2.88 \text{ KN}$$

$$\sum M_{A2} = 0$$

$$R_{A1z} * (800\text{mm}) - F_c * (550\text{mm}) = 0$$

$$R_{A1z} = \frac{F_c * 550 \text{ mm}}{800 \text{ mm}}$$

$$R_{A1z} = 1.98 \text{ KN}$$

Encontramos  $R_{A2z}$ :

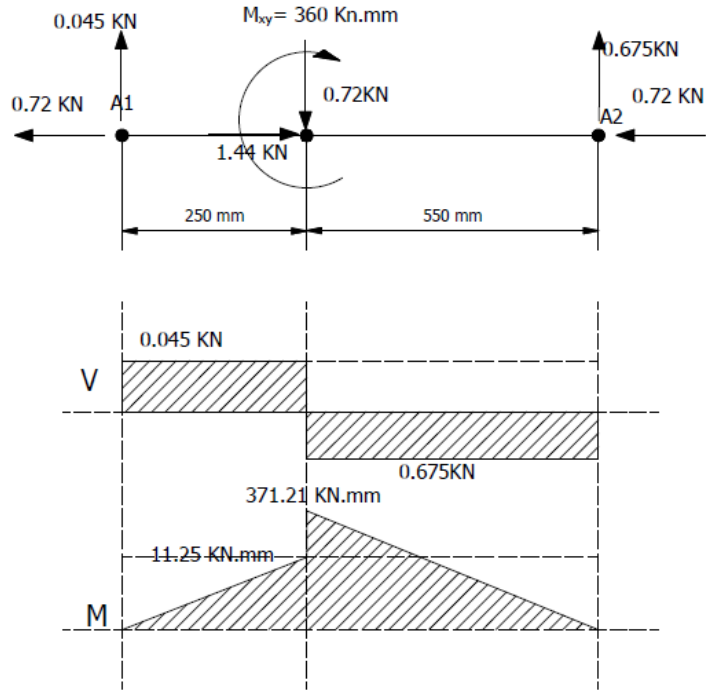
$$R_{A1z} + R_{A2z} = 2.88 \text{ KN}$$

$$R_{A2z} = 2.88 \text{ KN} - R_{A1z}$$

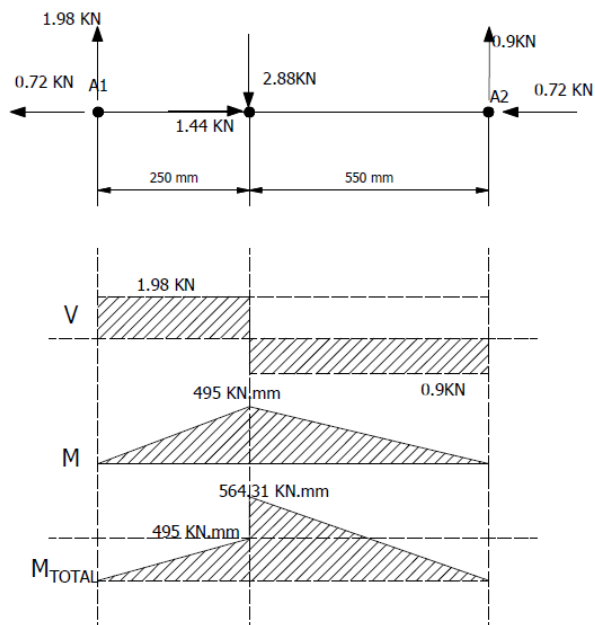
$$R_{A2z} = 0.9 \text{ KN}$$

Desarrollamos el diagrama de corte y momentos en la barra de transmisión, para la posición 2 – C<sub>1</sub> del primer alojamiento.

Plano x-y:



Plano x-z:



**Figura 33.** Diagrama de corte y momentos en la barra en 2-C1. Fuente propia

Calculamos valores en el diagrama de momentos totales.

$$M_1 = \sqrt{(0.045)^2 + (1.98)^2} * (250 \text{ mm})$$

$$M_1 = 495 \text{ KN.mm}$$

El momento total máximo es:

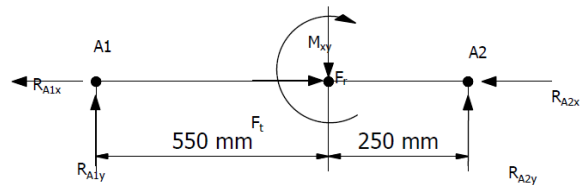
$$M_{Tot} = \sqrt{(571.25)^2 + (495)^2}$$

$$M_{Tot} = 564.31 \text{ KN.mm}$$

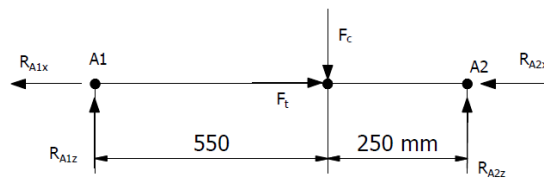
$$M_{2-C1} = 564.31 \text{ KN.mm}$$

Posición 1 de segundo alojamiento y cargas aplicadas en la cuchillas 2.

Plano x-y:



Plano x-z:



**Figura 34.** Cargas aplicadas en la cuchilla 2 posición 1. Fuente propia

Se realiza el cálculo del momento flector  $M_{xy}$  y reacciones de los apoyos  $A_1$  y  $A_2$ .

Momento  $M_{xy}$ :

$$M_{xy} = F_t * L_c$$

$$M_{xy} = 1440 * 250 \text{ mm} = 360000 \text{ N.mm}$$

$$M_{xy} = 360 \text{ KN.mm}$$

Plano x-y:

$$\sum F_x = 0$$

$$R_{A2x} + R_{A1x} - F_t = 0$$

$$R_{A2x} = R_{A1x} = \frac{F_t}{2}$$

$$R_{A2x} = R_{A1x} = \frac{1440 \text{ N}}{2} = 720 \text{ N} = 0.72 \text{ KN}$$

$$R_{A2x} = R_{A1x} = 0.72 \text{ KN}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{A1y} + R_{A2y} - F_r = 0$$

$$R_{A1y} + R_{A2y} = F_r$$

$$R_{A1y} + R_{A2y} = 0.72 \text{ KN}$$

$$\sum M_{A2} = 0$$

$$R_{A1y} * (800 \text{ mm}) + M_{xy} - F_r * (250 \text{ mm}) = 0$$

$$R_{A1y} * (800 \text{ mm}) + 360 \text{ KN} \cdot \text{mm} - 0.72 \text{ KN} * (250 \text{ mm}) = 0$$

$$R_{A1y} = \frac{0.72 \text{ KN} * 250 \text{ mm} - 360 \text{ KN}}{800 \text{ mm}}$$

$$R_{A1y} = -0.225 \text{ KN}$$

Calculamos  $R_{A2y}$ :

$$R_{A1y} + R_{A2y} = 0.72 \text{ KN}$$

$$-0.225 \text{ KN} + R_{A2y} = 0.72 \text{ KN}$$

$$R_{A2y} = 0.945 \text{ KN}$$

Plano x-z:

$$\sum F_x = 0$$

$$R_{A1z} + R_{A2z} - F_c = 0$$

$$R_{A1z} + R_{A2z} = F_c$$

$$R_{A1z} + R_{A2z} = 2880 \text{ N}$$

$$R_{A1z} + R_{A2z} = 2.88 \text{ KN}$$

$$\sum M_{A2} = 0$$

$$R_{A1z} * (800 \text{ mm}) - F_c * (250 \text{ mm}) = 0$$

$$R_{A1z} = \frac{F_c * 250 \text{ mm}}{800 \text{ mm}}$$

$$R_{A1z} = \frac{2.85 \text{ KN} * 250 \text{ mm}}{800 \text{ mm}}$$

$$R_{A1z} = 0.9 \text{ KN}$$

Calculamos  $R_{A2z}$ :

$$R_{A1z} + R_{A2z} = 2.88 \text{ KN}$$

$$R_{A2z} = 2.88 \text{ KN} - R_{A1z}$$

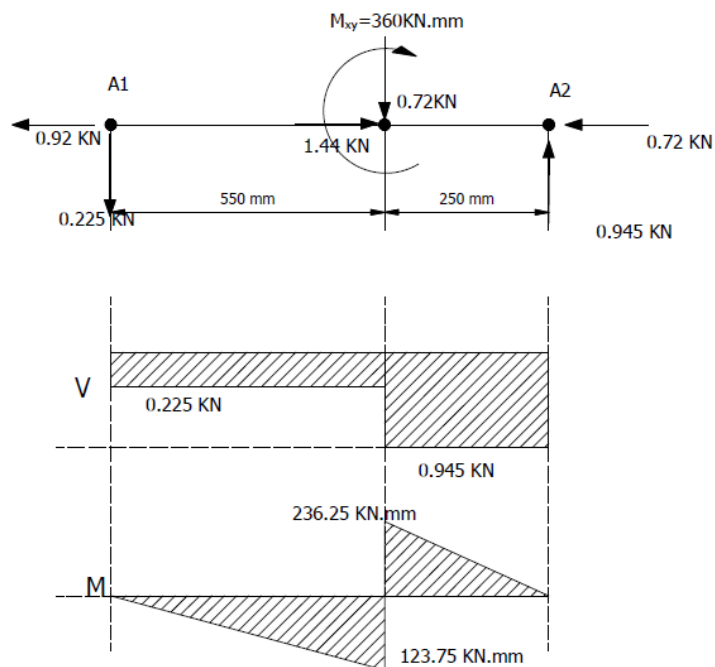
$$R_{A2z} = 2.88 \text{ KN} - 0.9 \text{ KN}$$

$$R_{A2z} = 1.98 \text{ KN}$$

Desarrollamos el diagrama de corte y momentos en la barra de transmisión.

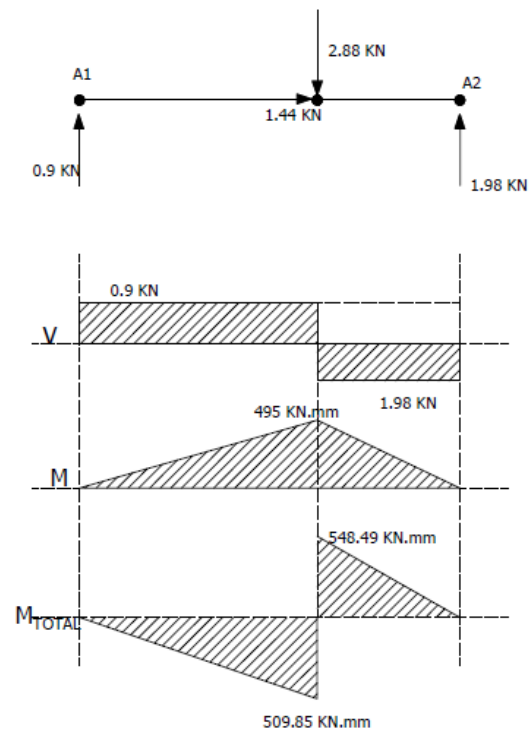
Para la posición 1-C<sub>2</sub> del segundo alojamiento.

Plano x-y:



**Figura 35.** Diagrama de corte y momentos en la barra en 1-C2. Fuente propia

Plano x-z:



**Figura 36.** Diagrama de corte y momentos en la barra en 1-C2. Fuente propia

Calculamos valores en el diagrama de momentos totales:

$$M_1 = \sqrt{(0.225)^2 + (0.9)^2} * (550 \text{ mm})$$

$$M_1 = 0.927 * 550 = 509.85 \text{ KN. mm (Negativo)}$$

$$M_1 = \sqrt{(495)^2 + (236.25)^2}$$

$$M_1 = 548.49 \text{ KN. mm (Positivo)}$$

Posición 2, segundo alojamiento y cargas aplicadas en la cuchilla 2.

Momento  $M_{xy}$ :

$$M_{xy} = F_t * L_c$$

$$M_{xy} = 1440 * 250 \text{ mm} = 360000 \text{ N. mm}$$

$$M_{xy} = 360 \text{ KN. mm}$$

Plano x-y:

$$\sum F_x = 0$$

$$R_{A2x} + R_{A1x} - F_t = 0$$

$$R_{A2x} = R_{A1x} = \frac{F_t}{2}$$

$$R_{A2x} = R_{A1x} = \frac{1440 \text{ N}}{2} = 720 \text{ N} = 0.72 \text{ KN}$$

$$R_{A2x} = R_{A1x} = 0.72 \text{ KN}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{A1y} + R_{A2y} - F_r = 0$$

$$R_{A1y} + R_{A2y} = F_r$$

$$R_{A1y} + R_{A2y} = 0.72 \text{ KN}$$

$$\sum M_{A2} = 0$$

$$R_{A1y} * (800 \text{ mm}) + M_{xy} - F_r * (150 \text{ mm}) = 0$$

$$R_{A1y} * (800 \text{ mm}) + 360 \text{ KN} \cdot \text{mm} - 0.72 \text{ KN} * (150 \text{ mm}) = 0$$

$$R_{A1y} = \frac{0.72 \text{ KN} * 150 \text{ mm} - 360 \text{ KN}}{800 \text{ mm}}$$

$$R_{A1y} = -0.315 \text{ KN}$$

Calculamos  $R_{A2z}$ :

$$R_{A1y} + R_{A2y} = 0.72 \text{ KN}$$

$$R_{A2z} = 0.72 \text{ KN} - R_{A1z}$$

$$R_{A2z} = 0.72 \text{ KN} - (-0.315 \text{ KN})$$

$$R_{A2z} = 0.72 \text{ KN} + 0.315 \text{ KN}$$

$$R_{A2z} = 1.035 \text{ KN}$$

Plano x-z:

$$\sum F_x = 0$$

$$R_{A1z} + R_{A2z} - F_c = 0$$

$$R_{A1z} + R_{A2z} = F_c$$

$$R_{A1z} + R_{A2z} = 2880 \text{ N}$$

$$R_{A1z} + R_{A2z} = 2.88 \text{ KN}$$

$$\sum M_{A2} = 0$$

$$R_{A1z} * (800 \text{ mm}) - F_c * (150 \text{ mm}) = 0$$

$$R_{A1z} = \frac{F_c * 150 \text{ mm}}{800 \text{ mm}}$$



$$R_{A1z} = \frac{2.88 \text{ KN} * 150 \text{ mm}}{800 \text{ mm}}$$

$$R_{A1z} = 0.54 \text{ KN}$$

Calculamos  $R_{A2z}$ :

$$R_{A1z} + R_{A2z} = 2.88 \text{ KN}$$

$$R_{A2z} = 2.88 \text{ KN} - R_{A1z}$$

$$R_{A2z} = 2.88 \text{ KN} - 0.54 \text{ KN}$$

$$R_{A2z} = 2.34 \text{ KN}$$

Desarrollamos el diagrama de corte y momentos en la barra de transmisión para la posición 2 – C<sub>2</sub> del segundo alojamiento.

Plano x-y:

Cálculos valores en el diagrama de momentos totales:

$$M_1 = \sqrt{(0.54)^2 + (0.315)^2} * (650 \text{ mm})$$

$$M_1 = 0.625 * 650 = 406.25 \text{ KN. mm (Negativo) Momento máximo}$$

$$M_2 = \sqrt{(155.25)^2 + (351)^2}$$

$$M_2 = 383.801 \text{ KN. mm (Positivo)}$$

Cuadro de valores de momentos máximos de acuerdo a las posiciones 1 y 2 de las cuchillas C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub>:

Posición	Momentos (KN. mm)	
	Cuchilla C <sub>1</sub>	Cuchilla C <sub>2</sub>
Posición 1	517.48	548.49
Posición 2	564.31	406.25

**Tabla 8.** Momentos máximos. Fuente propia.

Por lo tanto el máximo momento en la barra de transmisión es:

$$M_{eje}=564.31\text{KN.mm}$$

### 3.5.4. Calculo de diametro de la barra de transmisión.

Para el cálculo se está utilizando el diseño por esfuerzos en ejes para la posición crítica se tiene la siguiente ecuación:

$$d = \left\{ \frac{16n}{\pi} \left[ 4 \left( \frac{Kf Ma}{Se} \right)^2 + 3 \left( \frac{Kfs Ta}{Se} \right)^2 + 4 \left( \frac{Kf Mn}{Sy} \right)^2 + 3 \left( \frac{Kfs Tm}{Sy} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

Formula sacada del libro de Shigley. Diseño de ingeniería mecánica novena edición pág. 353.

Para el caso de un eje giratorio con flexión y torsión constantes, el esfuerzo flexionante es completamente reversible (se alterna, tracción y compresión) y la torsión es constante, por lo tanto el momento medio (Mn) y el torsor alternante (Ta) se puede igualar a cero, entonces la ecuación queda así:

$$d = \left\{ \frac{16n}{\pi} \left[ 4 \left( \frac{Kf Ma}{Se} \right)^2 + 3 \left( \frac{Kfs Tm}{Sy} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

Con esta ecuación hallamos el diametro minimo de la barra de transmisión, donde:

Ma= Momento flexionante alternante.

Tm= Torsión media

Kf = Factor de concentración de esfuerzos por fatiga de la flexión

Kfs= Factor de concentración de esfuerzos por fatiga de la torsión

n = Factor de seguridad.

Se = Limite de resistencia a la fatiga.

Sy= límite de resistencia a la Fluencia.

Para el calculo se considera un acero SAE 1045 que tiene como límite de fluencia  $S_y = 283.33 \text{ N/mm}^2 = 283.33 \text{ MPa}$  una resistencia a la tracción  $S_{ut} = 650 \text{ N/mm}^2 = 650 \text{ Mpa}$

Se considera que no hay irregularidades o discontinuidad por lo que sensibilidad a la mesca “q” es igual a cero, y se obtiene lo siguiente:

$$K_f = 1 + q (K_f - 1) \rightarrow K_f = 1$$

$$K_{fs} = 1 + q (K_{fs} - 1) \rightarrow K_{fs} = 1$$

Calculamos el límite de resistencia a la fatiga en la posición crítica de la barra de transmisión.

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * S_e'$$

- a. Determinar  $S_e'$ :

$$S_e' = 0.5 * S_{ut}$$

$$S_e' = 0.5 * 650$$

$$S_e' = 325 \frac{N}{mm^2} = 325 \text{ Mpa}$$

- b. Factor de modificación por la condición superficial  $K_a$ ;

$$a = 4.51 \quad b = -0.265$$

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

$$K_a = 4.51(650) = 0.81$$

- c. Factor de modificación por el tamaño  $K_b$  (para cargas de torsión y flexión) para cargas axiales no hay efecto de tamaño. Este factor depende del diametro del eje el cual queremos determinar, considerando un valor de:  $K_b = 0.9$
- d. Factor de modificación por la carga:

$$K_c = 0.59 \text{ (torsor)}$$

- e. Factor de temperatura  $K_d$  temperatura 20 °C:  $K_d = 1$
- f. Factor de confiabilidad  $K_e$  Confiabilidad del 99.99% , tenemos  $K_e = 0.702$

Calculamos  $S_e$ :

$$S_e = 0.81 * 0.9 * 0.59 * 1 * 0.702 * 325 \text{Mpa}$$

$$S_e = 98.13 \text{ Mpa} = 98.13 \text{ N/mm}^2$$

Se considera factor de seguridad  $n=2$  es un factor que considera la incertidumbre de la resistencia y la seguridad de las personas.

Calculamos el par de torsión medio ( $T_m$ )

$$T_m = F_c * L_c$$

$$T_m = 2.88 \text{ KN} * 250 \text{ mm}$$

$$T_m = 720 \text{ KN} \cdot \text{mm} = 720 \text{ N} \cdot \text{m}$$

El momento flexionante alternante ( $M_a$ ). El momento más alto: 564.31 KN.mm (2-C1)

Calculamos el diametro minimo:

$$d = \left\{ \frac{16 * 2}{\pi} \left[ 4 \left( \frac{1 * 564.31}{98.13 * 10^6} \right)^2 + 3 \left( \frac{1 * 720}{283.33 * 10^6} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

$$d = 0.050066 \text{ m}$$

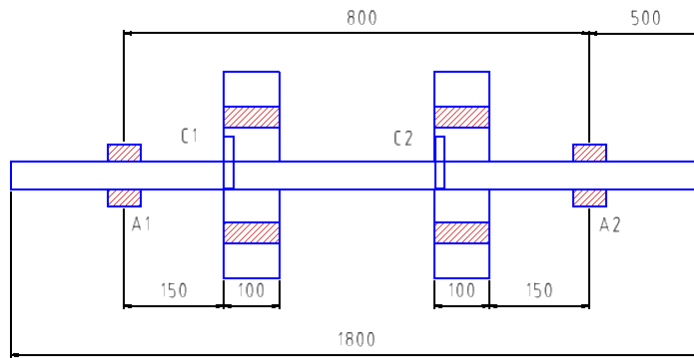
$$d = 50.066 \text{ mm}$$

$$\text{Entonces el diametro } d_{eje} \geq 50.66 \text{ mm}$$

El diametro que se aproxima a la medida estándar de una barra redonda de acero es de 2 pulgadas o 50.8mm

### 3.5.5. Análisis de pandeo de la barra de transmisión

Evaluamos si el eje sufre el fenómeno de pandeo:



**Figura 37.** Distancias de los soportes. Fuente propia

Longitud = 1800 mm = 1.8 m

Diametro = 50.8 mm

Para el acero el módulo elástico 200Gpa =  $200 * 10^9$  N/m<sup>2</sup>

El área de la sección circular:

$$A = \pi r^2 = 3.14 * (0.0254)^2$$

$$A = 20.27 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

El radio de giro:

$$K = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$K = \sqrt{\frac{\frac{\pi r^4}{4}}{\pi r^2}}$$

$$K = \sqrt{\frac{r^2}{4}}$$

$$K = \sqrt{\frac{0.0254}{4}}$$

$$K = 79.6 * 10^{-3}$$

Hallamos la longitud de la barra consideramos un lado empotrado y un lado libre. Se considera la longitud  $L_c = 2L$

Hallamos la carga crítica de pandeo, con la ecuación de Euler.

$$P_{crit} = \frac{\pi^2 E \Delta}{\left(\frac{L_c}{k}\right)^2} = \frac{\pi^2 E \Delta}{\left(\frac{2L}{k}\right)^2}$$

$$P_{crit} = \frac{3.14^2 * 200 * 10^9 * 20.27 * 10^9}{\left(\frac{2.03}{0.0127}\right)^2}$$

$$P_{crit} = 1790.8 \text{ KN}$$

Consideramos un factor de seguridad de  $n=4$

$$P_{crit_{adm}} = \frac{P_{crit}}{n}$$

$$P_{crit_{adm}} = \frac{1790.8 \text{ KN}}{4} = 447.7 \text{ KN}$$

La fuerza axial es la fuerza tangencial o fuerza de avance que somete a pandeo la barra.

$$F_t = 1.44 \text{ KN}$$

$$P_{crit_{adm}} = 447.7 \text{ KN}$$

$1.44 \text{ KN} < 447.7 \text{ KN}$  por lo tanto la barra no se pandea.

### 3.5.6. Velocidad de rotación de la herramienta

Para un diametro máximo:  $D_{max} = 500 \text{ mm}$  y  $V_c = 24 \text{ m/min}$

$$N = \frac{1000 * V_c}{\pi * D_{máx}}$$

$$N = \frac{1000 * 24}{3.14 * 500}$$

$$N = 15.28 \text{ Rpm}$$

Para un diametro minino:  $D_{min} = 60 \text{ mm}$

$$N = \frac{1000 * V_c}{\pi * D_{min}}$$

$$N = \frac{1000 * 24}{3.14 * 60}$$

$$N = 127.38 \text{ Rpm}$$

Por lo tanto necesitamos un motoreductor de 2.5 hp y, con variador de velocidad de 15 a 150 rpm.

### 3.5.7. Selección de rodamiento

Para la selección de los rodamientos se calculan las cargas axiales y radiales que soportan cada uno de ellos, estas cargas ya se determinan en los apoyos. Se resumen en la siguiente tabla.

CARGAS EN LOS APOYOS A1 Y A2 PARA SUS POSICIONES								
CARGAS	Posición 1-C1		Posición 2-C1		Posición 1-C2		Posición 2-C2	
	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2
Rx	0.72KN	0.72KN	0.72KN	0.72KN	0.72KN	0.72KN	0.72KN	0.72KN
Ry	0.135KN	0.585KN	0.045KN	0.675KN	0.225KN	0.94KN	0.315KN	1.035KN
Rz	2.34KN	0.54KN	1.98KN	0.9KN	0.9KN	1.98KN	0.54KN	2.34KN

**Tabla 9.** Resultado de los criterios de comparación. Fuente propia.

Las cargas que resisten lo rodamientos. Estos serán las cargas máximas para lo cual la carga radial y axial será:

$$F_r = 2.34 \text{ KN}$$

$$F_a = 0.72 \text{ KN}$$

Calculo de la carga dinámica equivalente que tendrá el mismo efecto sobre la vida del cojinete que las cargas aplicadas.

$$P = x F_r + y F_a$$

$$F_r = \text{carga radial} = 2.34$$

$$F_a = \text{carga axial} = 0.72 \text{ KN}$$

X= factor de carga radial

Y= factor de carga axial

$$\frac{Fa}{Fr} = \frac{0.72}{2.34} = 0.3077$$

Según tabla de libro Shigley: para rodamientos rígido de bola:

Factor  $x=0.56$   $y=1.45$

$$P = 0.56 * 2.34 + 1.45 * 0.72$$

$$P = 1.3104 + 0.9332$$

$$P = 2.2436 \text{ KN}$$

$$P = 2243.6 \text{ N}$$

Hallamos la vida nominal.

De la guía de valores orientativos de SKF se considera  $L_{10h} = 1000$  horas

Calculamos la carga dinámica.

$$L_{10h} = \frac{10^6}{N} \left( \frac{C}{P} \right)^\rho$$

$$C = P * \sqrt[\rho]{\frac{L_{10h} * N}{10^6}}$$

Donde:

$$N = 150 \text{ Rpm}$$

$$\rho = 3$$

$$P = 2243.6 \text{ N} = 2.2436 \text{ KN}$$

$$C = 2.2436 * \sqrt[3]{\frac{1000 * 150}{10^6}}$$

$$C = 1.19 \text{ KN}$$

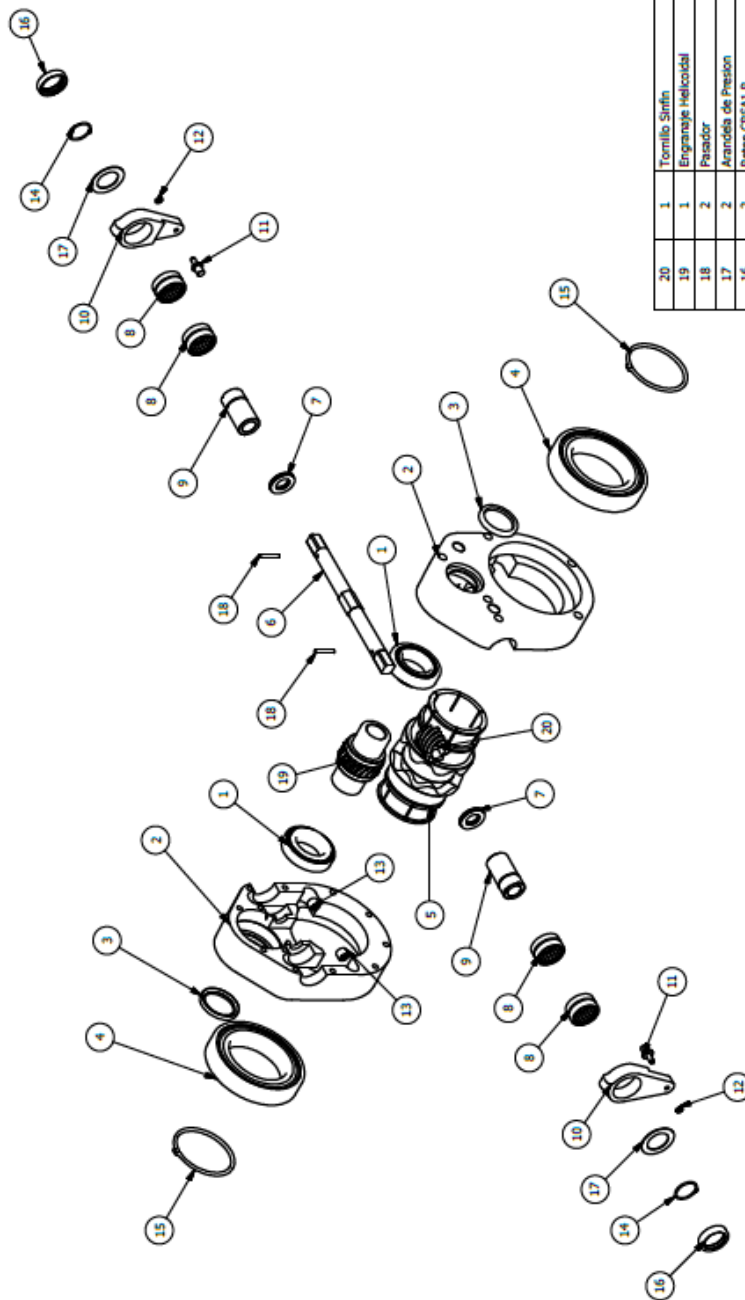
Usando las tablas de SKF para rodamientos rígido de bolas para  $d = 50$  mm

$$C = 1.19 \text{ KN}$$

Usamos el rodamiento para los dos apoyos 61810.

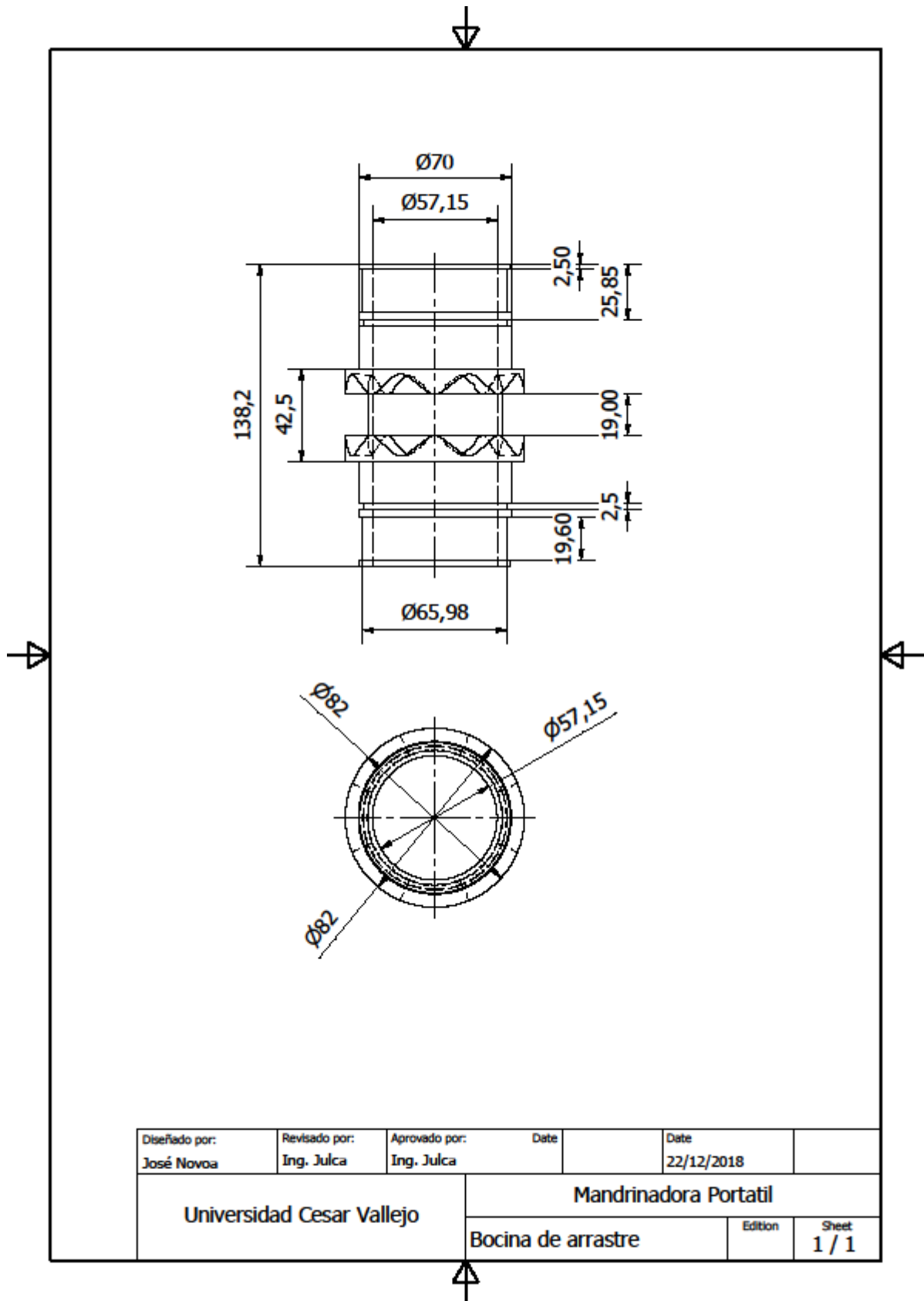


### 3.6. Planos de Mandrinadora

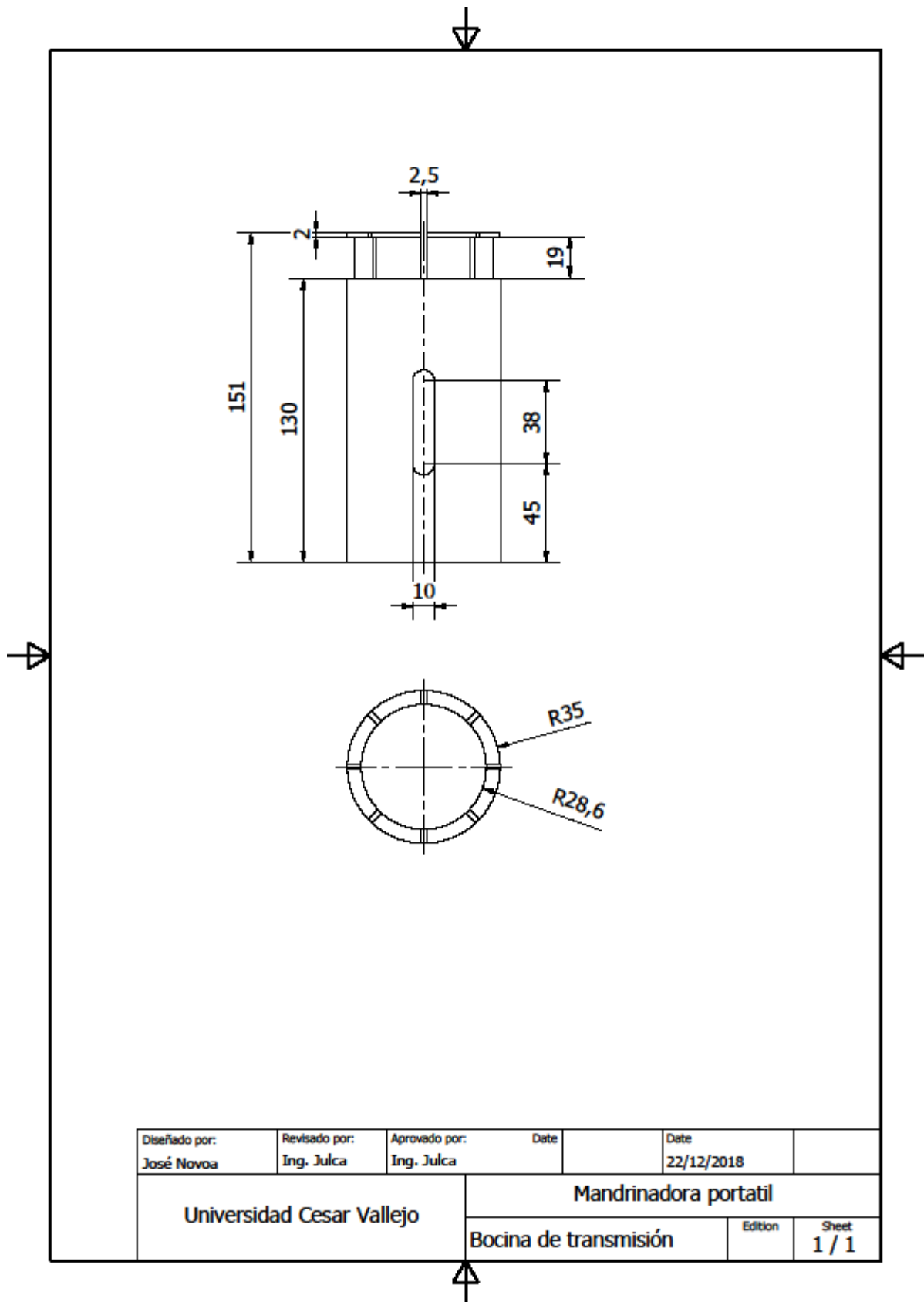


20	1	Tornillo Sinfin	VCN	Ø1.1/4" X 30	0.60 kg	5/ 80.00
19	1	Engranaje Helicoidal	Bronce, Fundido	Ø2" X 85	0.569 kg	5/ 80.00
18	2	Palanador	Acero, Forjado	Ø1/8" X 1"	0.002 kg	5/ 1.00
17	2	Arandela de Presion	Acero, Aleación	Ø39 X 1 mm	0.006 kg	5/ 30.00
16	2	Reten CRSA1 R	Resina	Ø25 X 32 X 7 mm	0.001 kg	5/ 30.00
15	2	Seguro	Acero, Forjado	Ø70 mm	0.014 kg	5/ 10.00
14	2	Seguro	Acero, Forjado	Ø25 mm	0.001 kg	5/ 7.00
13	2	Rodamiento de Agujas HK Ø808	Acero, Aleación	Ø6 X 8 mm	0.05 kg	5/ 9.00
12	2	Tuerca Hexagonal	Acero, Forjado	M4 X 0.4	0.001libra	5/ 1.00
11	2	Cojinete Seguidor	Acero, Aleación	Ø12 X 23 mm	0.008 kg	5/ 9.00
10	2	Brazo Soporte	ST 37	45 X 95 X 5/8"	0.178 kg	5/ 80.00
9	2	Buje Guía	ST 37	Ø1" X 50	0.106 kg	5/ 80.00
8	4	Rodamiento de Agujas NK 25_16	Acero, Aleación	Ø33 X 16 mm	0.04 kg	5/ 70.00
7	1	Rodamiento Axial NTA 1018	Acero, Aleación	Ø28.575 x 4 mm	0.008 kg	5/ 25.00
6	1	Rodamiento Axial NTA 1018	Acero, Aleación	Ø28.575 x 4 mm	0.008 kg	5/ 25.00
5	1	Barra de Avance	VCN	Ø3/4" X 105 mm	0.304 kg	5/ 80.00
4	2	Cojinete de Bolas 6014-2RS1	VCL	Ø3.17" X 1.40 mm	1.092 kg	5/ 80.00
3	2	Reten 13509	Acero, Aleación	Ø110 X 20 mm	0.076 kg	5/ 250.00
2	2	Reten 13509	Resina	Ø44.5 X 5 mm	0.001 kg	5/ 80.00
1	2	Caja de Engranajes	Aluminio, Fundido	203 X 140 X 40 mm	1.091 kg	5/ 185.00
00	01	Cojinete Cónico L 68149_110	Acero, Aleación	Ø60 X 17 mm	0.132 kg	5/ 50.00
Explosion de Avance Axial						

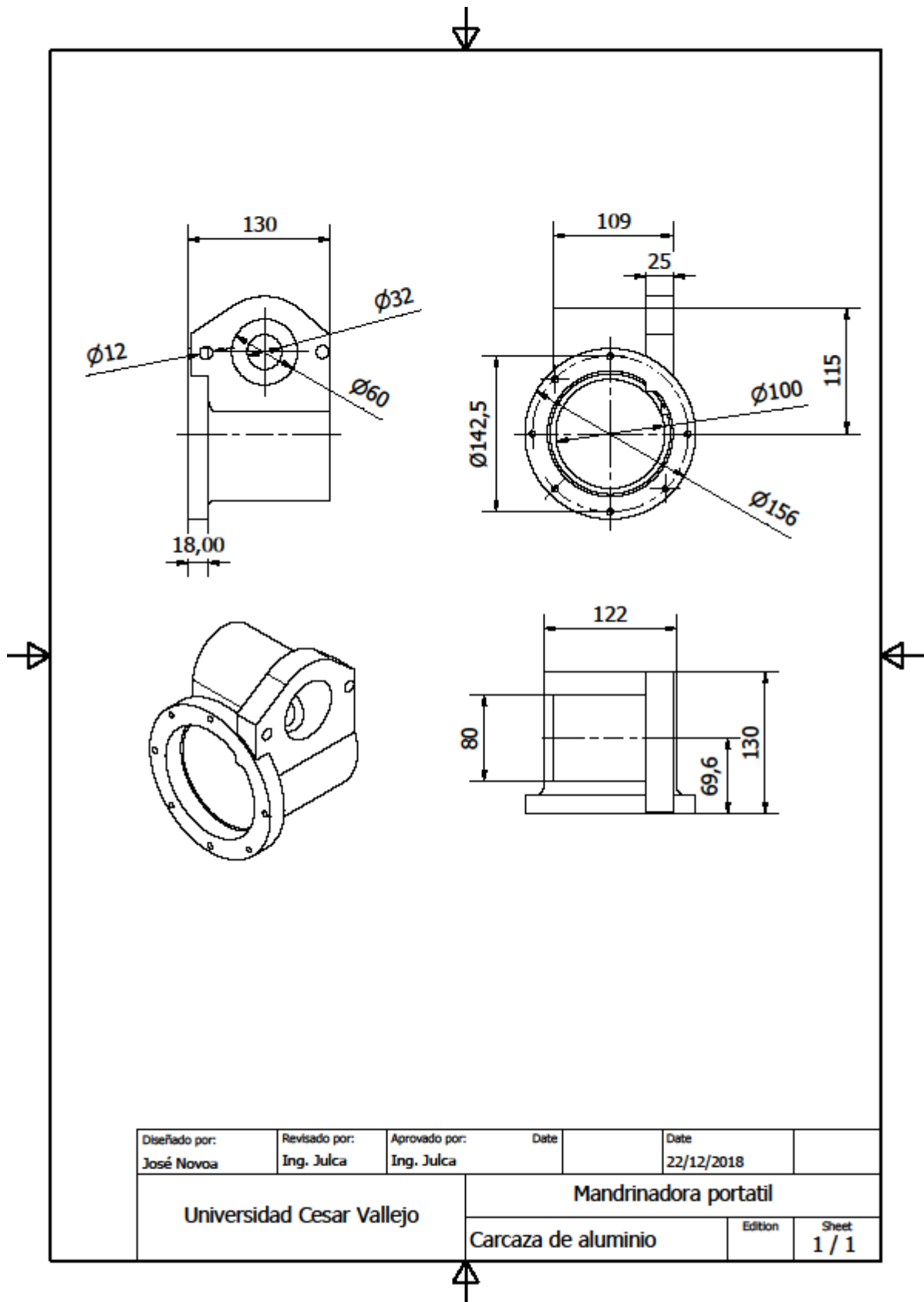
### 3.7. Bocina de arrastre.



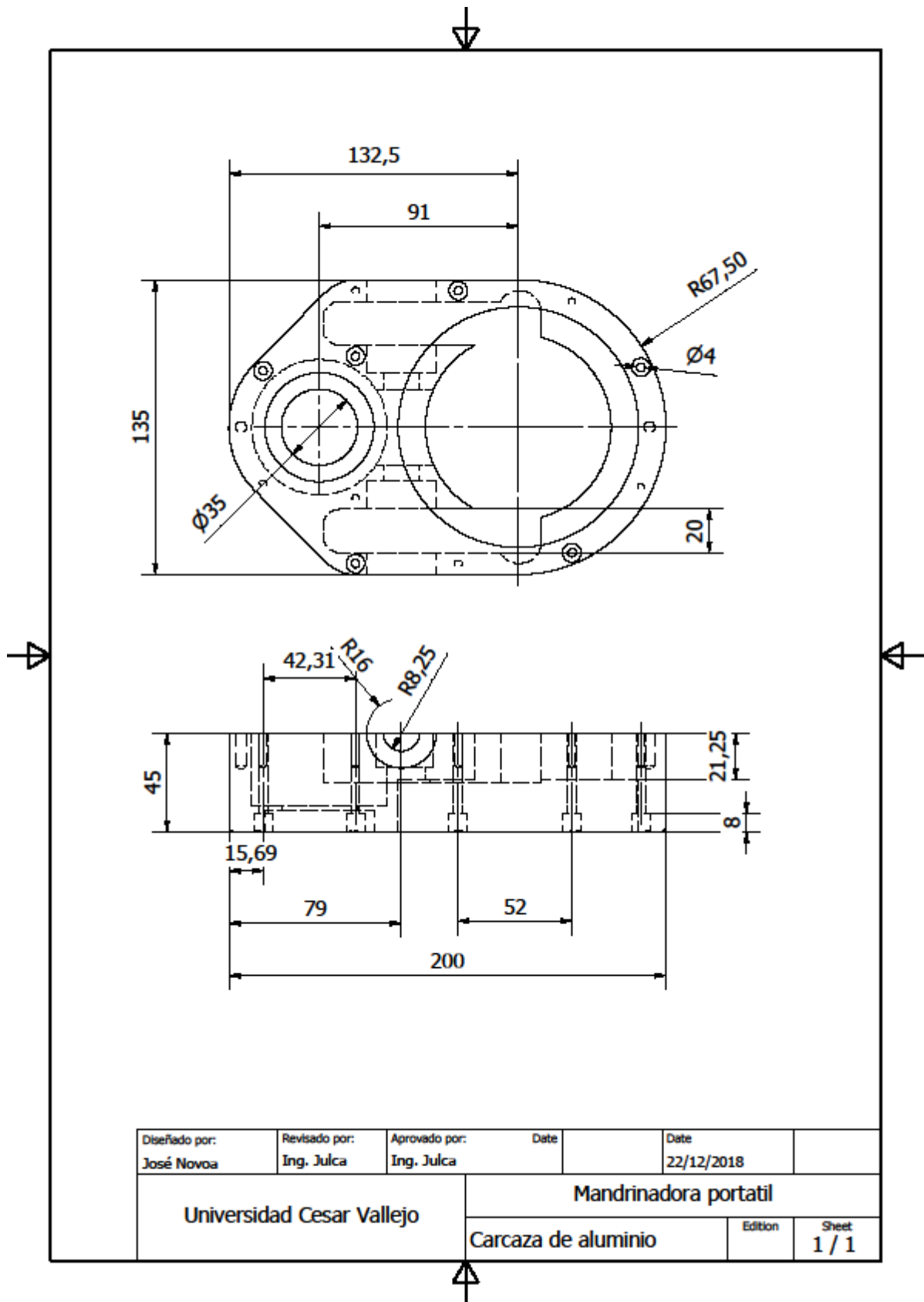
### 3.8. Bocina de transmisión.



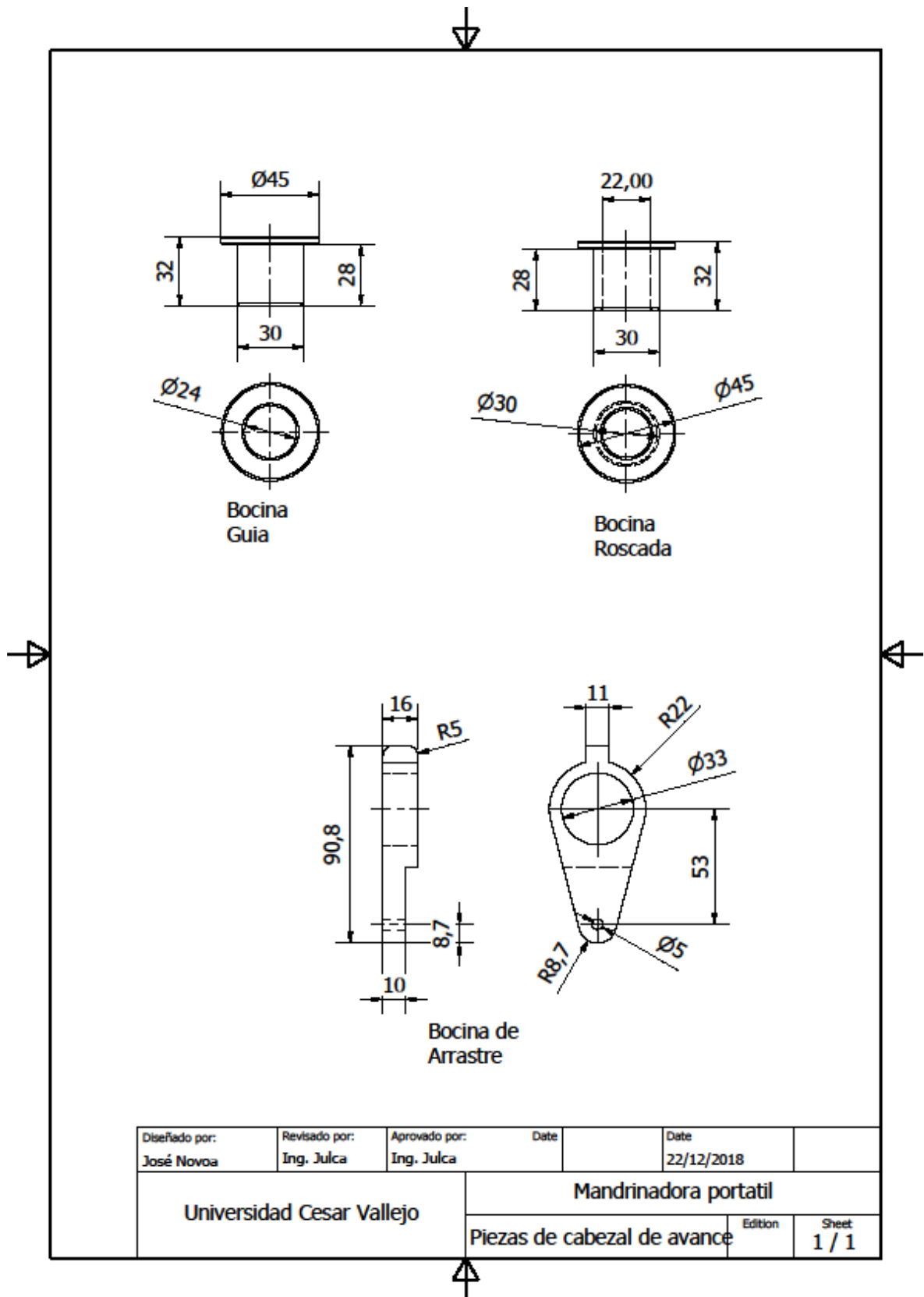
### 3.9. Carcaza de cabezal.



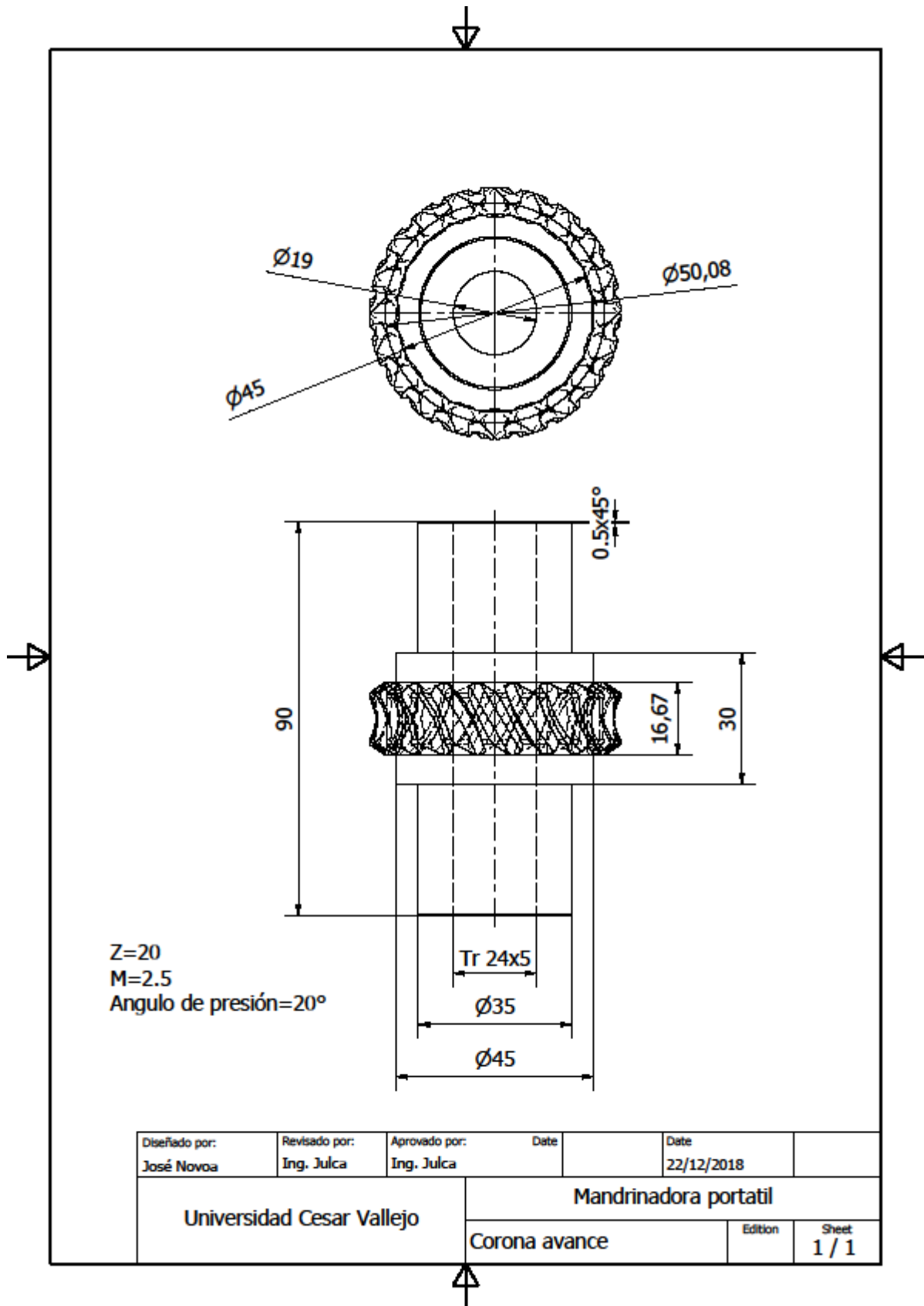
3.10. Carcaza de avance.



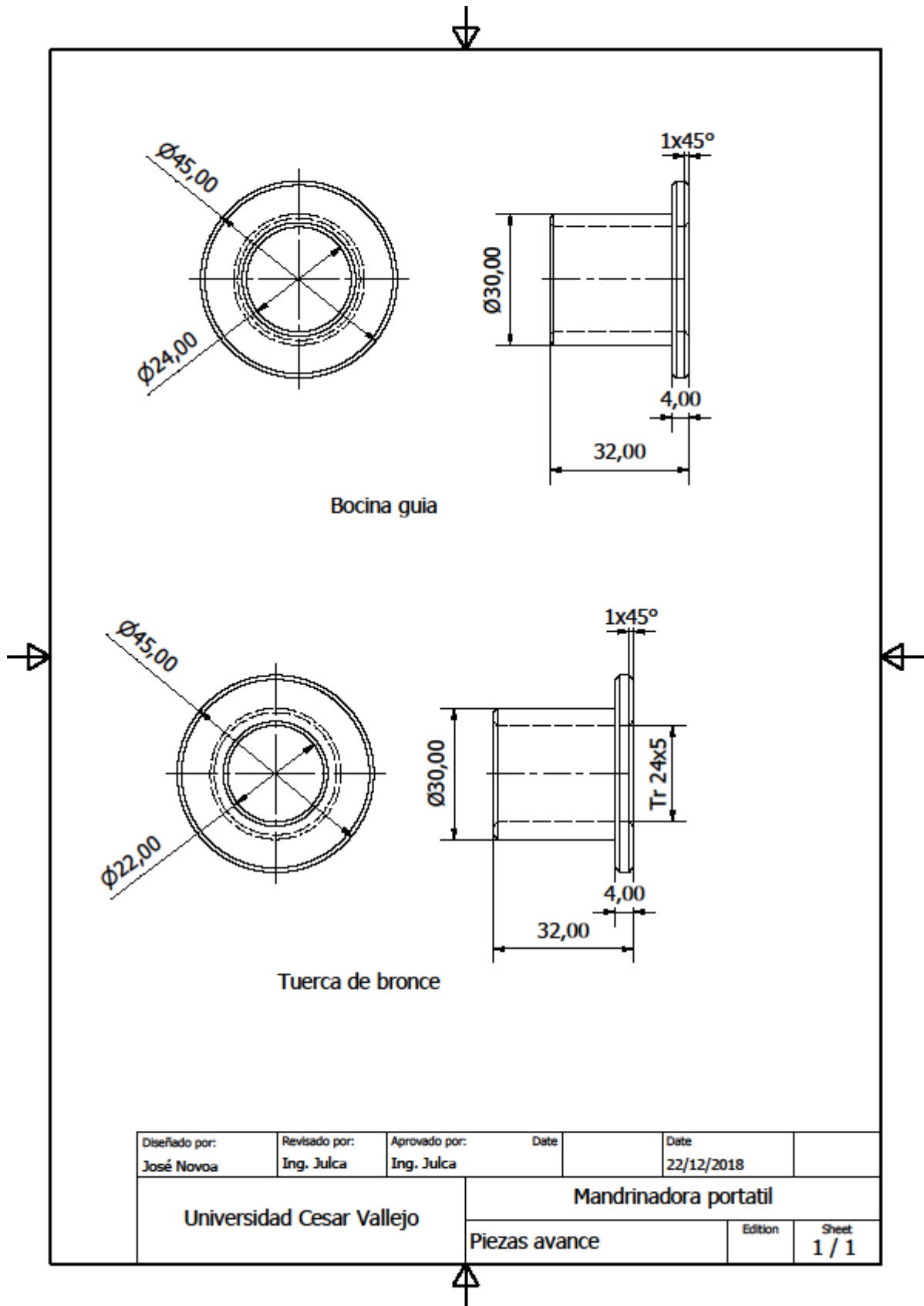
### 3.11. Piezas de cabezal de avance



### 3.12. Corona de avance.

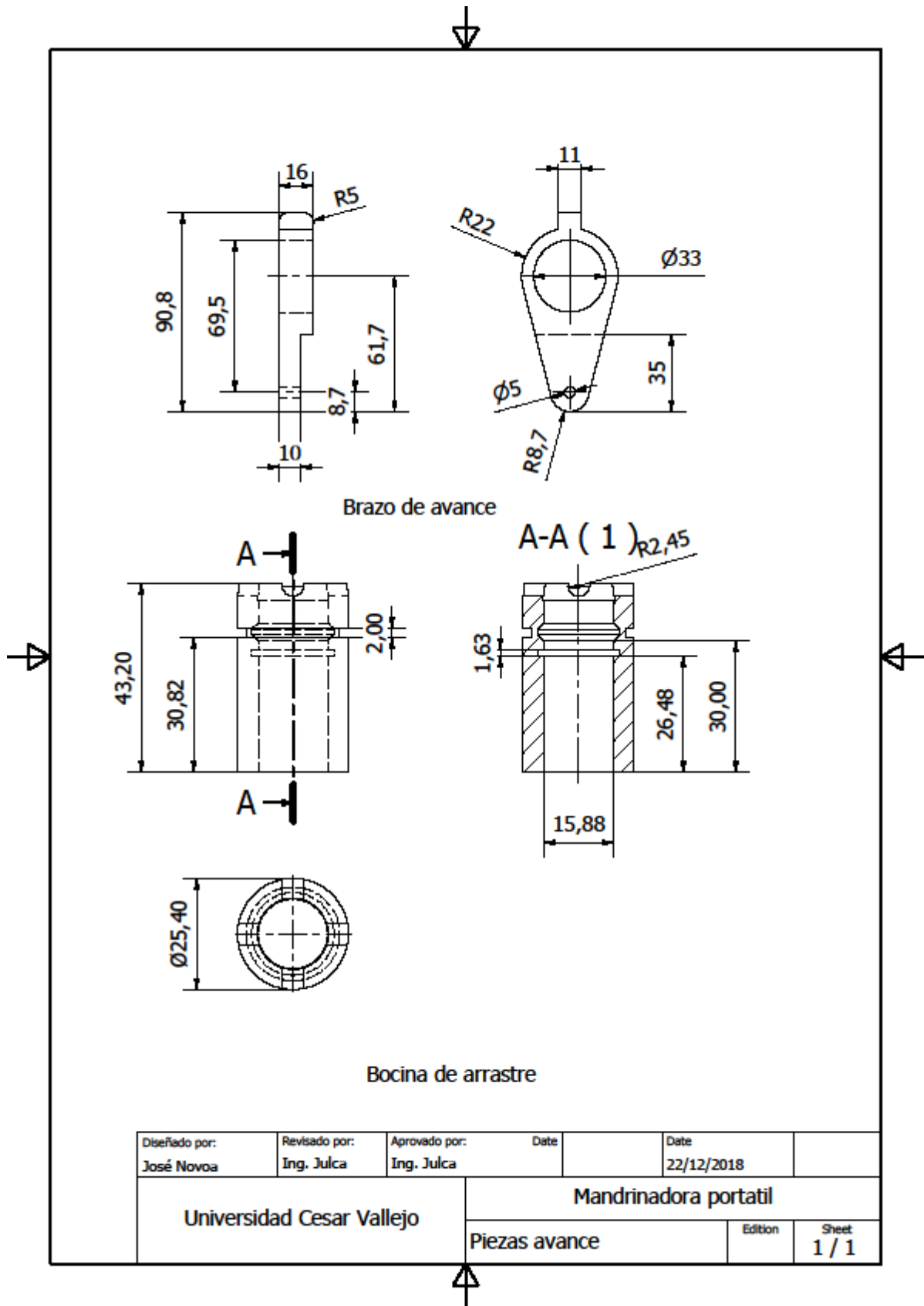


3.13. Piezas de cabezal de avance

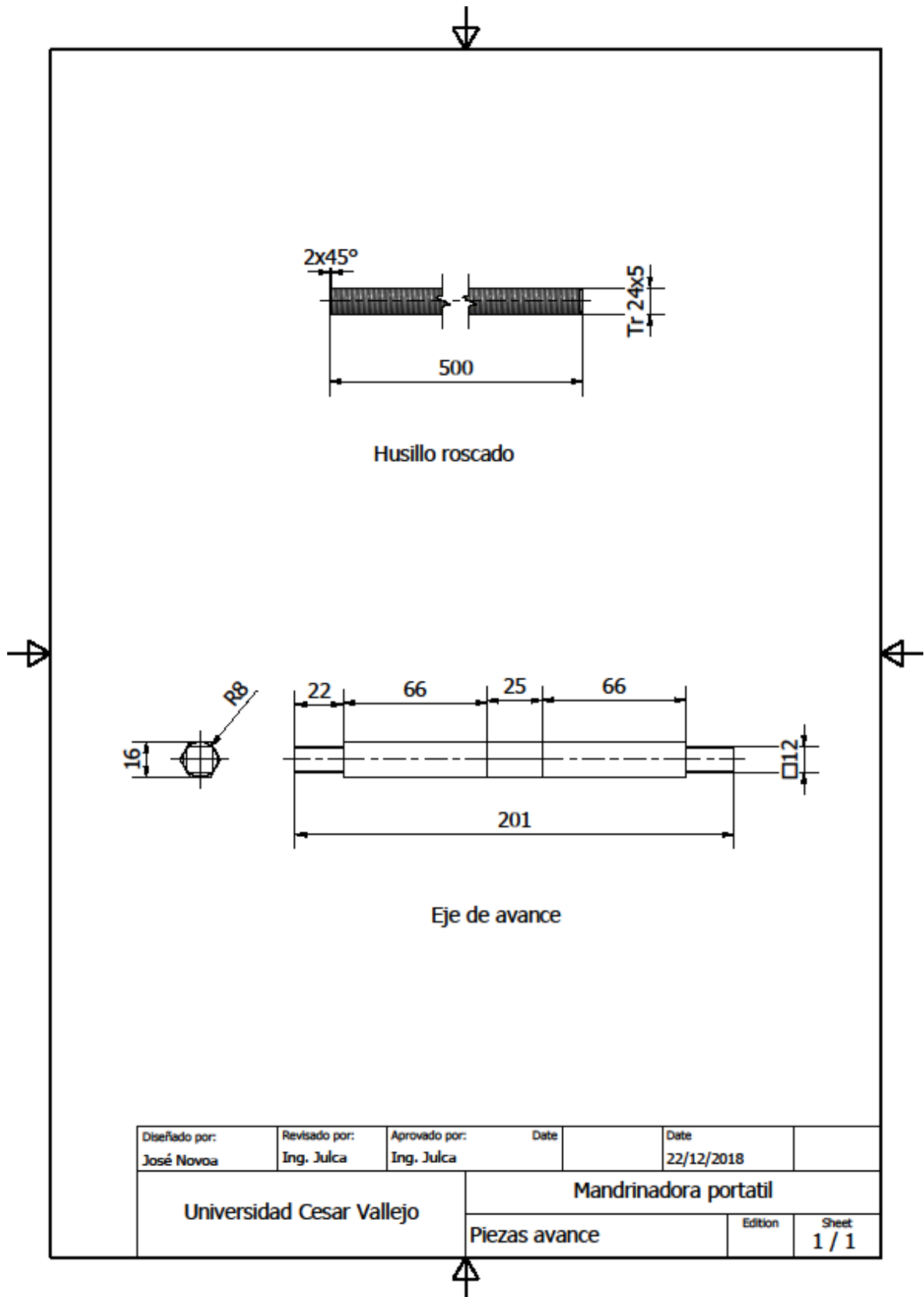


**3.14. Piezas de cabezal de avance**

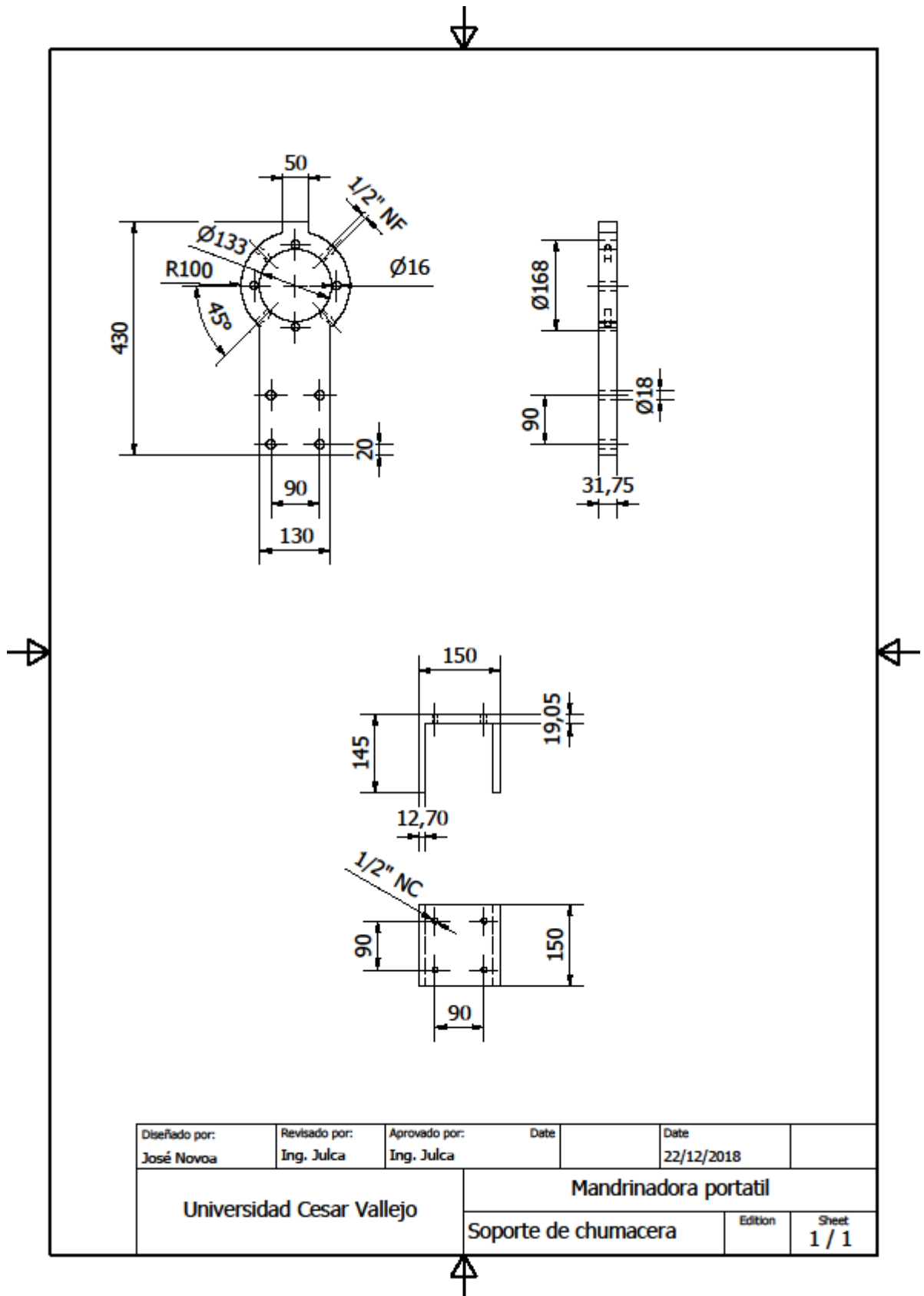




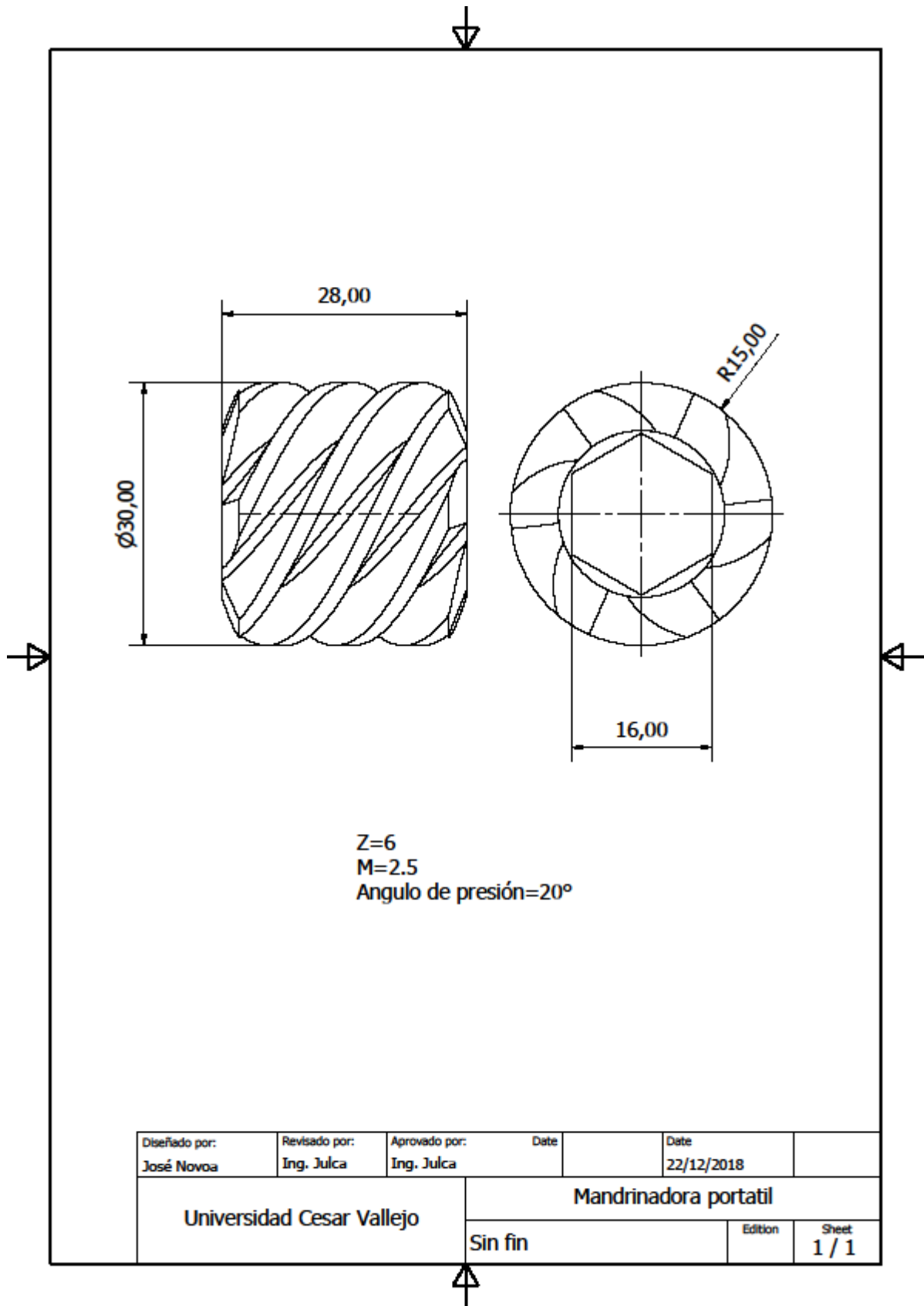
3.15. Piezas de cabezal de avance



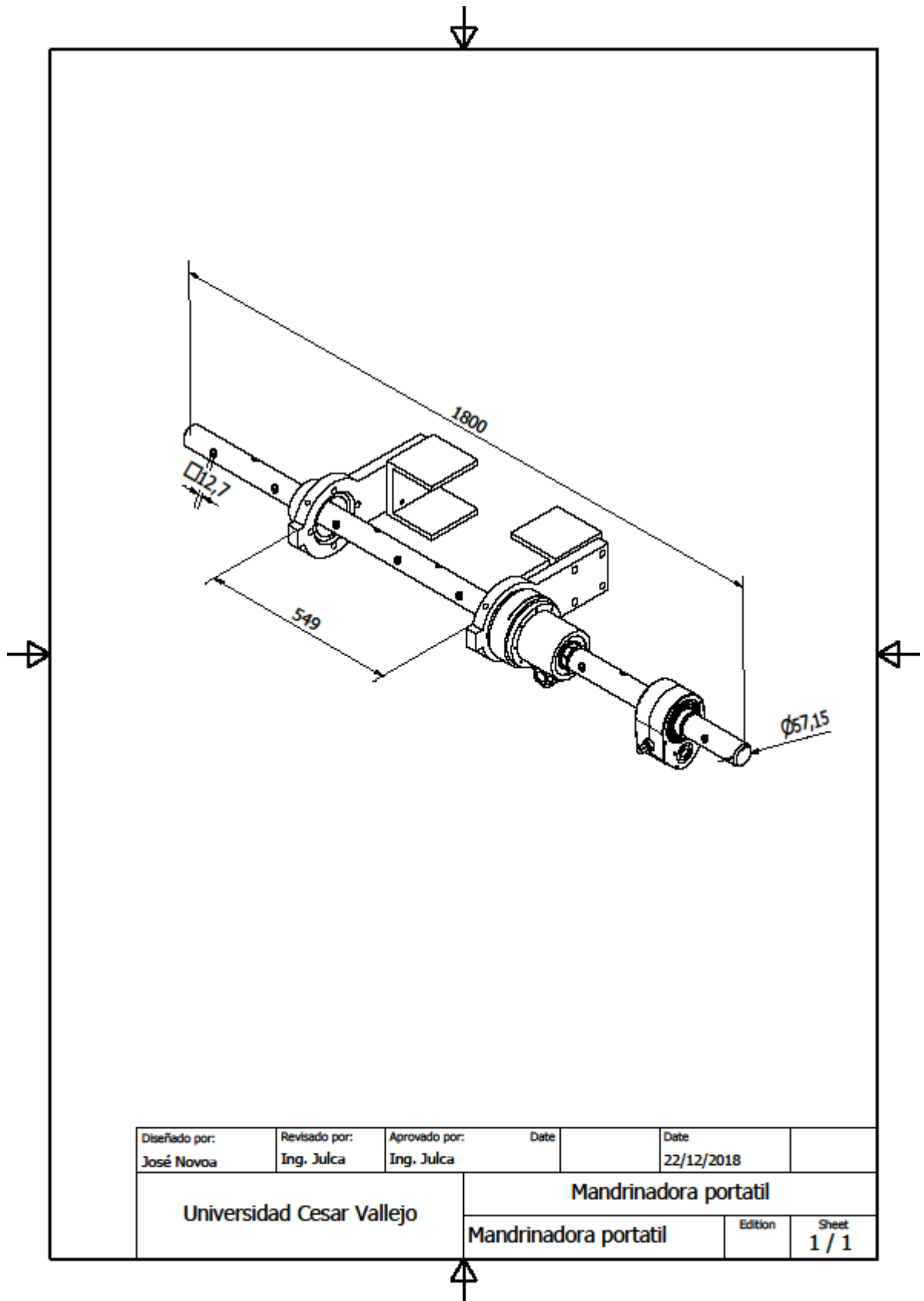
**3.16. Soporte de chumaceras**



3.17. Sin fin de avance.



3.18. Montaje mandrinadora.



#### IV. DISCUSIÓN

- Al realizar la lista de exigencias se puede saber el tipo de trabajo q realiza la maquina mandrinadora portátil y realizar los cálculos de acuerdo a las exigencias de cada trabajo.
- Al elaborar la matriz morfológica pudimos apreciar el sistema de funcionamiento de cada máquina y si poder escoger la más adecuada.
- Al realizar la lista de alternativas junto con la elaboración de la tabla de criterios técnicos de comparación, se pudo encontrar la mejor alternativa de diseño.
- Al realizar los cálculos de barra de transmisión nos dio como resultado un diametro de 50.8mm, pero comparando con la maquina mandrinadora clímax tomada como base, tiene un diametro de 57.15, se realiza el diseño con el diametro mayor para que también se realiza operaciones de refrendado de caras.

## V. CONCLUSIONES

- Se elaboró la lista de exigencias para encontrando las necesidades de cada trabajo que realizaría la maquina mandrinadora portátil.
- Se hizo la matriz morfológica para la selección de los elementos adecuado a diseñar para las distintas tareas que realizara la maquina mandrinadora portátil.
- Se realizó una lista de las posibles alternativas y se realizó una tabla de criterios para así encontrar la alternativa más eficiente para el diseño de la mandrinadora portátil.
- Se hizo los cálculos de las piezas que conforman la mandrinadora en función a los agujeros y materiales, en donde va a realizar el mecanizado tomando como punto de partida los mayores diámetros y los metales de mayor aleación.
- Se diseñó la mandrinadora con el software Inventor lo cual permite un modelado y ensamble de toda la máquina. También nos permitió realizar el diseño integral de la máquina para evitar cualquier problema de ajuste o desalineamiento de la misma.

- Se cotizaron las piezas en el medio local para la fabricación de la mandrinadora portátil, siendo muy accesible para cualquier empresa o taller que cuente con un área de maestranza.

## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda diseñar accesorios adicionales para la maquina mandrinadora para que realicen agujeros de menor diametro.
- También podríamos realizar el diseño de una mandrinadora con una barra de mayor diametro y hacer los cálculos para realizarlo de una barra perforada para evitar el sobre peso.

## VII. REFERENCIAS.

Agrega.juntadeandalucia. (2015). *Elementos de mandrinadora*. Obtenido de [http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/25062015/5e/es-an\\_2015062513\\_9132307/114la\\_mandrinadora.html#](http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/25062015/5e/es-an_2015062513_9132307/114la_mandrinadora.html#)

Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2008). *Diseño en ingeniería de Shigley Octava Edición*. Mexico D.F.: McGraw-Hill/Interamericana.

Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (Octava edición). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico, D.F.: McGraw-Hill/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Champutiz Erazo, H. M., & Morales Alarcón, E. B. (Julio de 2008). " *Diseño y construcción de un dispositivo para mandrinar en sitio los alojamientos del eje porta balancines de las llantas de las camas bajas y altas*". Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/738/1/CD-1676%282008-09-17-11-18-21%29.pdf>

Climax. (2018). *Barrenadoras portatiles*. Obtenido de <https://www.climaxportable.com/products/line-boring-machines/bb5500-coupling-boring-machine>

Hernández China, E. (2015). " *Diseño de una mandrinadora portátil*". Obtenido de <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/1195/Proyecto%20de%20una%20herramienta%20para%20mandrinado.pdf?sequence=1>

Jütz, H., Scharkus, E., & Lobert, R. (1984). *Tablas para la industria metalúrgica 3° edición*. Barcelona: Reverte.

Logismarket. (2018). *Mandrinadora*. Obtenido de <https://www.logismarket.pe/ofa-machines-tools/mandrinadora-horizontal/5449023035-5260959206-p.html>

Miesa. (2018). *Mandrinadora Portatil*. Obtenido de <https://www.miesa.com/mandrinadora-portatil---mecanizados>

Silva Vásquez, W. J. (2012). *Teoria del maquinado de metales*.

sitenordeste. (2017). *Mandrinadora*. Obtenido de [http://www.sitenordeste.com/mecanica/maquinas\\_herramientas\\_2a.htm](http://www.sitenordeste.com/mecanica/maquinas_herramientas_2a.htm)



# VIII. ANEXOS

## 8.1 Tablas

Tabla 10. Potencia de accionamiento

CAPACIDAD DE MECANIZADO		POTENCIA DE ACCIONAMIENTO																
Sección viruta $f = a \cdot s$ en mm <sup>2</sup>		$a =$ profundidad viruta en mm																
Volumen viruta $V = a \cdot s \cdot v$ en cm <sup>3</sup> /min		$s =$ avance en mm/rev.																
Fuerza de corte $F = a \cdot s \cdot ks$ en N/mm <sup>2</sup>		$v =$ velocidad de corte en m/min																
Potencia motor $P = \frac{a \cdot s \cdot ks \cdot v}{60 \cdot 102 \cdot \eta}$ en W		$ks =$ fuerza específica de corte en N/mm <sup>2</sup>																
		$\eta =$ rendimiento																
Ej.: Material St 37. $a = 4$ mm. $s = 0,4$ mm/rev., $ks = 1900$ N/mm <sup>2</sup> , $v = 45$ m/min. $\eta = 0,75$ .																		
Se busca la potencia necesaria $P$ [kW] $P = \frac{4 \cdot 0,4 \cdot 1900 \cdot 45}{60 \cdot 0,75} = 3030$ W $\approx 3$ kW																		
SECCION DE VIRUTA POSIBLE PARA POTENCIA ACCIONAMIENTO $P = 1$ kW																		
Velocidad corte m/min	Fuerza específica de corte en N/mm <sup>2</sup>																	
	8000	5700	5000	4800	4100	3600	3000	2600	2150	2000	1900	1800	1400	1250	1000	700	500	350
	Sección viruta $S$ en mm <sup>2</sup> para $P = 1$ kW ( $\eta = 0,75$ )																	
5	1,39	1,61	1,83	1,91	2,23	2,55	3,06	3,53	4,27	4,59	4,83	5,73	6,55	7,34	9,18	13,11	18,36	26,22
6	1,15	1,34	1,53	1,59	1,86	2,12	2,53	2,94	3,55	3,82	4,02	4,78	5,46	6,12	7,65	10,92	15,30	21,85
8	0,87	1,00	1,14	1,19	1,39	1,59	1,91	2,20	2,66	2,86	3,02	3,56	4,09	4,59	5,73	8,19	11,47	16,39
10	0,69	0,80	0,91	0,95	1,11	1,27	1,53	1,76	2,13	2,29	2,41	2,86	3,27	3,67	4,59	6,55	9,18	13,11
13	0,53	0,61	0,70	0,73	0,83	0,98	1,17	1,53	1,64	1,76	1,85	2,20	2,52	2,82	3,53	5,04	7,06	10,08
14	0,49	0,57	0,65	0,68	0,79	0,91	1,09	1,26	1,52	1,64	1,72	2,04	2,36	2,62	3,27	4,68	6,55	9,36
15	0,46	0,53	0,61	0,63	0,74	0,85	1,02	1,17	1,42	1,53	1,61	1,91	2,18	2,44	3,06	4,37	6,12	8,74
18	0,38	0,44	0,51	0,53	0,62	0,70	0,85	0,98	1,18	1,26	1,34	1,59	1,82	2,04	2,55	3,64	5,10	7,28
20	0,34	0,40	0,45	0,47	0,55	0,63	0,76	0,88	1,06	1,14	1,20	1,43	1,63	1,83	2,29	3,27	4,59	6,55
24	0,29	0,33	0,38	0,39	0,46	0,53	0,63	0,73	0,88	0,95	1,00	1,19	1,36	1,53	1,91	2,18	3,02	4,26
25	0,27	0,32	0,36	0,38	0,44	0,51	0,61	0,70	0,85	0,91	0,98	1,14	1,31	1,46	1,83	2,62	3,67	5,24
27	0,25	0,29	0,34	0,35	0,41	0,47	0,57	0,65	0,79	0,85	0,89	1,06	1,21	1,36	1,70	2,42	3,40	4,85
32	0,21	0,25	0,28	0,29	0,35	0,39	0,47	0,55	0,66	0,71	0,75	0,89	1,02	1,14	1,43	2,04	2,86	4,09
34	0,20	0,23	0,26	0,28	0,33	0,37	0,45	0,52	0,62	0,67	0,71	0,84	0,96	1,08	1,35	1,92	2,70	3,85
40	0,17	0,20	0,22	0,23	0,27	0,31	0,38	0,44	0,53	0,57	0,60	0,71	0,81	0,91	1,14	1,63	2,29	3,27
45	0,15	0,18	0,20	0,21	0,25	0,28	0,34	0,38	0,47	0,51	0,53	0,63	0,72	0,81	1,02	1,48	2,04	2,91
50	0,13	0,16	0,18	0,19	0,22	0,25	0,30	0,35	0,42	0,46	0,49	0,57	0,65	0,73	0,91	1,31	1,83	2,62
53	0,15	0,17	0,18	0,21	0,24	0,28	0,33	0,40	0,43	0,46	0,54	0,61	0,69	0,86	1,23	1,73	2,47	
60		0,13	0,15	0,16	0,18	0,21	0,25	0,29	0,35	0,38	0,40	0,47	0,54	0,61	0,76	1,09	1,53	2,18
63		0,12	0,14	0,15	0,17	0,20	0,24	0,28	0,33	0,36	0,38	0,45	0,52	0,58	0,73	1,04	1,45	2,08
67		0,11	0,13	0,14	0,16	0,19	0,22	0,26	0,31	0,34	0,36	0,42	0,49	0,54	0,68	0,97	1,37	1,95
75		0,10	0,12	0,12	0,14	0,17	0,20	0,23	0,28	0,30	0,32	0,38	0,42	0,48	0,60	0,87	1,22	1,74
85		0,10	0,11	0,13	0,15	0,18	0,20	0,25	0,27	0,28	0,33	0,38	0,43	0,54	0,77	1,08	1,54	
95	Ej.:	0,09	0,10	0,11	0,13	0,16	0,18	0,22	0,24	0,25	0,30	0,34	0,38	0,48	0,69	0,96	1,37	
100	$P = ?$ kW	0,09	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,21	0,23	0,24	0,28	0,32	0,36	0,45	0,65	0,91	1,31	
106	$s = 60$	0,08	0,09	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,21	0,22	0,27	0,30	0,34	0,43	0,61	0,86	1,23	
118	$s = 0,4$ mm/rev.	0,07	0,08	0,09	0,10	0,13	0,15	0,18	0,19	0,20	0,24	0,28	0,31	0,38	0,55	0,78	1,11	
150	$f = 4$ mm	0,06	0,07	0,08	0,10	0,11	0,14	0,15	0,16	0,19	0,21	0,24	0,30	0,43	0,61	0,87		
170	$v = 32$ m/min	0,05	0,06	0,07	0,09	0,10	0,12	0,13	0,14	0,16	0,19	0,21	0,27	0,38	0,54	0,77		
200	para	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,11	0,12	0,14	0,16	0,18	0,22	0,32	0,45	0,65		
224	$P = 1$ kW se tiene	0,05	0,05	0,06	0,08	0,09	0,10	0,11	0,13	0,14	0,16	0,20	0,29	0,40	0,58			
236	$S = 0,66$ mm <sup>2</sup> (tabla)	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15	0,19	0,27	0,38	0,55			
250	para $S = 0,4 \cdot 4 = 1,6$ mm <sup>2</sup>	0,04	0,04	0,05	0,07	0,08	0,08	0,09	0,11	0,13	0,14	0,18	0,26	0,36	0,52			
280	se tiene	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08	0,10	0,11	0,13	0,16	0,23	0,32	0,46			
300	$P = \frac{1,6}{0,66} = 2,4$ kW	0,03	0,05	0,05	0,07	0,07	0,08	0,09	0,10	0,12	0,15	0,21	0,30	0,43				
400		0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,11	0,16	0,22	0,32				
500	Sección viruta $S = ?$ mm <sup>2</sup>		0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,09	0,13	0,18	0,26				
600	$GS, v = 25$ m/min		0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,10	0,15	0,21				
800	$ks = 1900$ N/mm <sup>2</sup> , $P = 2$ kW				0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,08	0,11	0,16				
1000	Para $P = 1$ kW se tiene $S = 0,98$ mm <sup>2</sup> (tabla)											0,06	0,09	0,13				
1500	Para $P = 2$ kW se tiene $S = 0,98 \cdot 2 = 1,96$ mm <sup>2</sup> ; para $s = 0,4$ mm/rev. puede tenerse $f = 1,04 \cdot 0,4 = 4,9$ mm											0,04	0,06	0,09				



**Tabla 12.** Valores de orientación para velocidad de corte – ángulo de corte – fuerza específica de corte.

Extracto AWF 158

Los valores se refieren a corte en seco con:  
 útiles de ac. rápido para vel. de corte  $v_{60}$  (durac. herra. 60 min.)  
 útiles de metal duro para vel. de corte  $v_{240}$  (durac. herra. 240 min.)  
 áng. de posición  $\chi = 45^\circ$ , áng. punta  $\epsilon = 90^\circ$ , áng. inclinac.  $\lambda = 0 \dots 8^\circ$   
 con metales ligeros y materiales sintéticos y prensados  $\lambda = 5 \dots 10^\circ$

Los valores de orientación sirven para profund. de corte hasta 5 mm, para  $> 5$  mm la velocidad de corte es un 10 ... 20% menor.

Los vál. de la fza. espec. de corte son para una profund. de corte de 2...10 veces el avance

Material	Util	Ángulos corte		Avance s en (mm rev)						Avance s en mm rev			
		$\alpha_1$ cc°	$\alpha_2$ °	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	0,1	0,2	0,4	0,8
Acero sin alea St 34, St 37, St 42	SS	8	14		60	45	34	25	19				
	S	5	10	280	236	200	170	* 67	* 56	3600	2600	1900	1380
St 50, St 60	SS	8	14		44	32	24	18	14				
	S	5	10	240	205	175	145	* 50	* 42	4100	2950	2150	1540
St 70	SS	8	14		32	24	18	13	10				
	S	5	10	200	170	132	106	* 34	* 27	4400	3150	2300	1640
Acero moldeado	SS	8	10		34	25	19	14	11				
	S	5	6	118	100	85	71	* 24	* 20	3600	2600	1900	1360
Aceros aleados	SS	8	10		24	17	12	8,5	(6)				
	S	5	6	150	118	95	75	* 24	* 20	5000	3600	2600	1850
Ac. Mn, ac. Cr-Ni Ac. Cr-Mo	SS	8	6		16	11	8	(5,6)					
	S	5	6	95	75	60	50	* 16	* 13	5300	3800	2780	2000
y otros aceros aleados	SS	8	6		9,5	6							
	S	5	6	60	48	38	32	* 10	* 8	5700	4100	3000	2150
Ac. de herramientas	SS	8	6										
	S	5	6	50	40	32	27	* 8,5	* 6,7	5700	4100	3000	2150
Ac. duro al Mn	SS												
	S	5	6	40	32	25	20	* 6,7	* 5,3	6600	4800	3500	2520
Hierro fundido GG-10, GG-15	SS	8	0		48	27	18	14	9,5				
	G	5	0	140	118	95	80	67		1900	1360	1000	720
GG-20, GG-25	SS	8	0		32	18	13	9,5	6,3				
	G	5	0	106	90	75	63	53		2900	2080	1500	1080
Fund. maleable	SS	8	10		43	28	20	13	9				
	S	5	10	106	90	75	63	53		2400	1750	1250	920
Aleaciones de Cu latón	SS	8	0		125	85	56	36					
	G	5	6	600	530	450	400	355		1600	1150	850	600
Latón rojo	SS	8	0		85	63	48	34	24				
	G	5	6	500	450	375	335	300		1400	1000	700	520
Fund. de bronce	SS	8	0		63	53	43	36	28				
	G	5	6	355	280	236	200	180		3400	2450	1800	1280
Metales ligeros Aluminio técnico	SS	12	30		400	300	200	118	75				
	G	12	30	1320	1120	950	850	710		1050	760	550	400
Aleaciones de Al (11...13% Si)	SS	12	18		100	67	45	30					
	G	12	18	224	190	160	140	118		1400	1000	700	520
Aleac. para émbolos GAl-Si (11...13% Si)	SS	12	14										
	G	12	14	25	22	20	18	17		1250	900	650	480
Aleaciones de magnesio	SS	8	6		1000	900	800	750	710				
	G	5	6	1800	1500	1250	1060	900		580	420	300	220
Mat. sintét. y prens. Goma dura	SS	12	10										
	G	12	10	300	280	250	224	200		480	350	250	180
Masa prens., baquelita Novotext, Pertinax	SS	12	14										
	G	12	14	280	212	170	132	100		480	350	250	180

1) SS = acero rápido (Schnelstahl); S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, H<sub>1</sub>, G<sub>1</sub> = metal duro según DIN  
 con S<sub>3</sub>

**Tabla 13.** Propiedades de aceros AISI 1045

H	AISI : 1045 DIN : CK 45 W N° : 1.1191
---	---

Tipo de aleación promedio : C 0,45 Si 0,3 Mn 0,7 %  
 Color de identificación : Rojo - Blanco - Rojo  
 Estado de suministro : Dureza natural 193 HB máx.

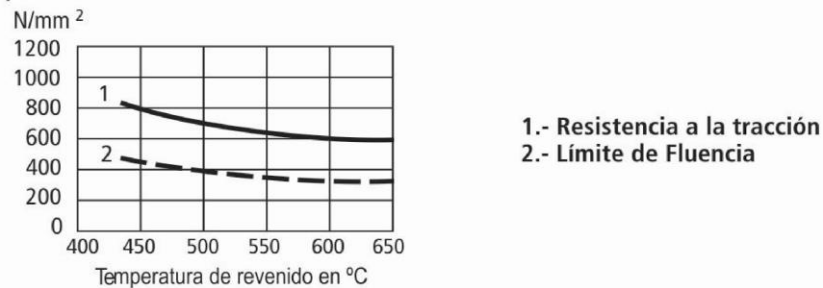
**ACERO FINO AL CARBONO DE ALTA CALIDAD**  
**Gran pureza de fabricación y estricto control de calidad.**

**APLICACIONES:** Partes de maquinaria y repuestos sometidos a esfuerzos normales. Árboles de transmisión, ejes, pernos, tuercas, ganchos, pines de sujeción, pasadores, cuñas, chavetas, etc. También para herramientas de mano, portamatrices, etc.

**INDICACIONES PARA EL TRATAMIENTO TÉRMICO**

**Forjar:** 1100 - 850 °C  
**Normalizar:** 840 - 870 °C  
**Recocer:** 650 - 700 °C  
 Enfriamiento lento en el horno  
**Temple: al agua (\*)** 820 - 850 °C  
**Dimensiones menores: al aceite** 830 - 860 °C  
**Revenido:** Según el uso 100 - 300 °C  
**Nitrurado:** en baño de sal 580 °C

**SOLDADURA:** Con soldadura especial de alta resistencia. Según tamaño y complejidad del trabajo, se recomienda un pre-calentamiento. Electrodo BÖHLER UTP 6020 ó 6824LC.



Estado	CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS				
	Diámetro mm.	Límite de fluencia N/mm <sup>2</sup>	Resistencia a la tracción N/mm <sup>2</sup>	Alargamiento (Lo = 5d) mín. %	Contracción mín. %
Natural	-	370	650	15	35
Recocido	16 - 100	340	650 - 750	17	35
	100 - 250	330	580 - 700	18	-

(\*) Consultar con el Departamento Técnico.

02

**Tabla 14.** Propiedades de aceros AISI 4140

VCL	AISI : 4140 DIN : 42 Cr Mo 4 W N° : 1.7223/25
-----	---

Tipo de aleación promedio : C 0,41 Cr 1,1 Mo 0,2 Si 0,2 Mn 0,7 %  
 Color de identificación : Verde - Blanco  
 Estado de suministro : Bonificado, 250-310 HB Típico. Ver tabla inf.  
 Largo Standard : 3,5 - 5 metros

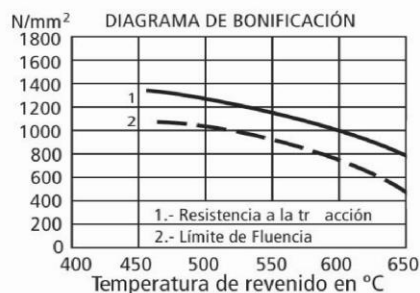
**Acero especial de bonificación con aleación de cromo molibdeno.**

**Muy resistente a la tracción y a la torsión, como también a cambios de flexión. Se suministra en estado bonificado, lo que permite, en la mayoría de los casos, su aplicación sin necesidad de tratamiento térmico adicional.**

**APLICACIONES:** Partes de maquinaria y repuestos de dimensiones medianas, con grandes exigencias en las propiedades arriba mencionadas y también ciertos elementos para la construcción de motores, engranajes, pernos, tuercas, pines, émbolos, árboles de transmisión, ejes de bombas, cañones de armas para la cacería.

**INDICACIONES PARA EL TRATAMIENTO TÉRMICO**

**Forjado:** 1050 - 850 °C  
**Normalizado:** 840 - 880 °C  
**Recocido:** 690 - 720 °C  
 Enfriamiento lento en el horno  
**Temple:** al aceite 830 - 860 °C  
 al agua 820 - 850 °C  
**Dureza Obtenible:** 52 - 56 HRC  
**Revenido:** 540 - 680 °C  
**Nitrurar:** 580 °C



Resistencia en estado Recocido		CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS EN ESTADO BONIFICADO						
máx. N/mm²	Dureza Brinell máx.	Diámetro mm.		Límite de fluencia N/mm²	Resistencia a la tracción N/mm²	Elongación (Lo = 5d) % mín.	Estricción % mín.	Resiliencia según DVM Joule
		desde	hasta					
770	241	16	16	835	1030 - 1250	10	40	34
		40	40	715	930 - 1130	11	45	41
		100	100	595	830 - 1030	12	50	41
		160	160	530	730 - 900	13	55	41
		160	250	490	690 - 840	14	55	41

Soldadura: Consultar con nuestro Departamento Técnico

