

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA  
SEDE DE CONCEPCIÓN - REY BALDUINO DE BÉLGICA**

**DISEÑO DE DISPOSITIVO AUTOMÁTICO PARA FABRICACION  
DE TORNILLO SIN FIN, EMPRESA ANDRITZ**

Trabajo de Titulación para optar al Título de  
Técnico Universitario en MECÁNICA  
INDUSTRIAL.

Alumnos:

Jaime Patricio Gaytán Quiroz

Paulo Cesar Cuevas Retamal

Profesor Guía:

Aldo Gabriel Fuentes Troncoso

**2019**

## **RESUMEN**

El presente trabajo de título fue desarrollado en la empresa Andritz Chile Ltda. ubicada en la comuna de Talcahuano.

El siguiente trabajo de título se inicia con la descripción de la configuración y utilidad de los tornillos sin fin utilizados en las empresas de celulosa de la región del Biobío.

En el siguiente capítulo se describe el proceso de fabricación del tornillo sin fin y planteamiento del problema presente en esta etapa.

A continuación, se diseñar a través del software AUTOCAD el soporte modificado y se calcula y seleccionan los componentes necesarios para el sistema de movimiento automatizado que facilitó la solución del problema. En el mismo capítulo se incluyó un plan de mantenimiento predictivo necesario para el sistema y alargar la vida útil de los componentes.

Para finalizar se realizaron las cotización y valorización de equipos e insumos necesarios para la elaboración del soporte automatizado que contempla el proyecto.

En conclusión, podemos confirmar que al realizar esta modificación al caballete tendremos una reducción en mano de obra y tiempo de fabricación que es favorecedora para la empresa ya que así su producción será más rápida y eficaz.

**ÍNDICE.**

|                                                   |           |
|---------------------------------------------------|-----------|
| <b>INTRODUCCIÓN.</b>                              | <b>1</b>  |
| <b>OBJETIVOS</b>                                  | <b>2</b>  |
| <b>CAPÍTULO 1.- MARCO TEÓRICO.</b>                | <b>3</b>  |
| <b>MARCO TEÓRICO</b>                              | <b>4</b>  |
| <b>1.1 ANDRITZ CHILE TALCAHUANO</b>               | <b>4</b>  |
| 1.1.2 Equipos.                                    | 4         |
| 1.1.3 Fabricación.                                | 5         |
| 1.1.4 Materiales.                                 | 5         |
| <b>1.2 TORNILLO SIN FIN</b>                       | <b>5</b>  |
| 1.2.1 Generalidades:                              | 5         |
| 1.2.3 Componentes del sistema.                    | 7         |
| 1.2.3.1 Hélice y eje.                             | 7         |
| 1.2.3.2 Carcasa.                                  | 9         |
| 1.2.4 Velocidad de giro del tornillo.             | 10        |
| 1.2.5 Paso y diámetro del tornillo.               | 11        |
| <b>1.3 TIPOS DE SOLDADURA.</b>                    | <b>12</b> |
| 1.3.1 Soldadura SMAW.                             | 12        |
| 1.3.2 Soldadura T.I.G.                            | 14        |
| 1.3.2.1 Proceso.                                  | 14        |
| 1.3.2.2 Aplicaciones.                             | 14        |
| 1.3.2.3 Equipo de soldadura.                      | 14        |
| 1.3.2.4 Antorcha TIG.                             | 15        |
| 1.3.3 Proceso Soldadura MIG.                      | 15        |
| 1.3.3.1 Aplicación soldadura MIG.                 | 16        |
| 1.3.3.2 Precauciones al soldar con MIG.           | 16        |
| 1.3.3.3 PARÁMETROS DE SOLDADURA M.I.G.            | 16        |
| <b>1.4 MOTORES ELÉCTRICOS.</b>                    | <b>17</b> |
| 1.4.1 Motores de corriente continua.              | 17        |
| 1.4.2 Motores de corriente alterna.               | 18        |
| 1.4.3 Motor universal.                            | 18        |
| 1.4.4 Cálculos de potencia.                       | 18        |
| 1.4.4.1 El Trabajo (W).                           | 18        |
| <b>1.5 VARIADOR DE FRECUENCIA.</b>                | <b>19</b> |
| 1.5.1 ¿Qué es frecuencia?                         | 19        |
| 1.5.1.1 Frecuencia eléctrica.                     | 19        |
| 1.5.1.2 ¿Qué es un variador de frecuencia?        | 19        |
| 1.5.1.3 ¿Cómo funciona un variador de frecuencia? | 19        |
| <b>1.6 POLEAS Y CORREAS.</b>                      | <b>20</b> |
| 1.6.1 ¿Qué es polea y correa?                     | 20        |
| 1.6.2 Ventajas e inconvenientes.                  | 21        |

|                                                                                              |                                                        |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------|
| 1.6.3                                                                                        | Partes.                                                | 22        |
| 1.6.4                                                                                        | Tipos de correas.                                      | 22        |
| 1.6.5                                                                                        | Cálculo de poleas y correas.                           | 24        |
| <b>1.7</b>                                                                                   | <b>RUEDAS BLICKLE.</b>                                 | <b>26</b> |
| <b>1.8</b>                                                                                   | <b>RODAMIENTO.</b>                                     | <b>27</b> |
| 1.8.1                                                                                        | ¿Qué es un rodamiento?                                 | 27        |
| 1.8.2                                                                                        | Componentes                                            | 28        |
| <b>CAPÍTULO 2.- FABRICACIÓN DEL TORNILLO SIN FIN EN ANDRITZ Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> |                                                        | <b>30</b> |
| <b>2.1</b>                                                                                   | <b>FABRICACIÓN DEL TORNILLO SIN FIN.</b>               | <b>31</b> |
| 2.1.1                                                                                        | Plano tornillo sin fin para su fabricación.            | 32        |
| 2.1.2                                                                                        | Fabricación de ejes.                                   | 33        |
| 2.1.3                                                                                        | Fabricación de álabes.                                 | 33        |
| 2.1.4                                                                                        | Montaje de ejes.                                       | 34        |
| 2.1.5                                                                                        | Soldadura de tapón.                                    | 35        |
| 2.1.6                                                                                        | Montaje de álabes.                                     | 37        |
| <b>2.2</b>                                                                                   | <b>SOPORTES DEL TORNILLO SIN FIN.</b>                  | <b>37</b> |
| <b>2.3</b>                                                                                   | <b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.</b>                     | <b>38</b> |
| <b>CAPÍTULO 3.- SOLUCIÓN DEL PROBLEMA</b>                                                    |                                                        | <b>41</b> |
| <b>3.</b>                                                                                    | <b>SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.</b>                          | <b>42</b> |
| <b>3.1</b>                                                                                   | <b>PUNTOS A TRATAR:</b>                                | <b>42</b> |
| 3.1.1                                                                                        | Parámetros de soldadura M.I.G.                         | 43        |
| 3.1.2                                                                                        | Motor eléctrico.                                       | 44        |
| 3.1.2.1                                                                                      | Descripción del motor:                                 | 46        |
| 3.1.3                                                                                        | Variador de Frecuencia.                                | 47        |
| 3.1.3.1                                                                                      | Descripción del variador:                              | 48        |
| 3.1.4                                                                                        | Polea y Correas.                                       | 49        |
| 3.1.5                                                                                        | Cambio de rueda.                                       | 51        |
| 3.1.5.1                                                                                      | Elección de rueda.                                     | 51        |
| 3.1.6                                                                                        | Eje de la rueda                                        | 52        |
| <b>CAPITULO 4.- DISEÑO Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>                                        |                                                        | <b>54</b> |
| <b>4.</b>                                                                                    | <b>DISEÑO Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>               | <b>55</b> |
| <b>4.1</b>                                                                                   | <b>ELECCIÓN DEL RODAMIENTO PARA EL EJE DE LA RUEDA</b> | <b>55</b> |
| 4.1.2                                                                                        | ELECCIÓN DE RODAMIENTO PARA EJE INTERMEDIO             | 57        |
| <b>4.2</b>                                                                                   | <b>EJE DE POLEA INTERMEDIA.</b>                        | <b>59</b> |
| 4.2.1                                                                                        | EJE DE LA RUEDA.                                       | 60        |
| <b>4.3</b>                                                                                   | <b>CIRCUITO ELÉCTRICO</b>                              | <b>61</b> |
| <b>4.4</b>                                                                                   | <b>Tabla de tolerancia</b>                             | <b>62</b> |

|                     |                                     |    |
|---------------------|-------------------------------------|----|
| 4.5                 | SEGURO SEEGER                       | 63 |
| 4.6                 | CORREA                              | 64 |
| 4.7                 | DISEÑO DEL SOPORTE.                 | 66 |
| 4.8                 | MANTENIMIENTO PREDICTIVO.           | 68 |
| CAPITULO 5.- COSTOS |                                     | 67 |
| 5.1                 | COSTOS                              | 68 |
| 5.2                 | ESTIMACION E INSUMOS DE FABRICACION | 68 |
| CONCLUSIÓN          |                                     | 69 |

**ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.**

|                   |                                                  |    |
|-------------------|--------------------------------------------------|----|
| ILUSTRACIÓN 1-1:  | TORNILLO SIN FIN. ....                           | 6  |
| ILUSTRACIÓN 1-2:  | COMPONENTES DEL SISTEMA. ....                    | 8  |
| ILUSTRACIÓN 1-3:  | CARCASA. ....                                    | 9  |
| ILUSTRACIÓN 1-4:  | PASO Y LONGITUD. ....                            | 11 |
| ILUSTRACIÓN 1-5:  | PARTES SOLDADURA SMAW. ....                      | 13 |
| ILUSTRACIÓN 1-6:  | PARTES DEL ELECTRODO. ....                       | 13 |
| ILUSTRACIÓN 1-7:  | PARTES BOQUILLA MIG. ....                        | 15 |
| ILUSTRACIÓN 1-8:  | PARÁMETROS DE SOLDADURA MIG. ....                | 16 |
| ILUSTRACIÓN 1-9:  | MODULACIÓN DE PULSO. ....                        | 20 |
| ILUSTRACIÓN 1-10: | GIRO DE POLEAS EN MISMO SENTIDO. ....            | 21 |
| ILUSTRACIÓN 1-11: | GIRO DE POLEAS INVERTIDAS. ....                  | 21 |
| ILUSTRACIÓN 1-12: | CORREA TRAPEZOIDAL. ....                         | 22 |
| ILUSTRACIÓN 1-13: | CORREA REDONDA ....                              | 23 |
| ILUSTRACIÓN 1-14: | CORREA PLANA. ....                               | 23 |
| ILUSTRACIÓN 1-15: | CORREA ESTRIADA. ....                            | 24 |
| ILUSTRACIÓN 1-16: | RUEDA BLICKLE. ....                              | 27 |
| ILUSTRACIÓN 1-17: | ANILLO INTERIOR. ....                            | 29 |
| ILUSTRACIÓN 1-18: | ELEMENTO DE RODADURA. ....                       | 29 |
| ILUSTRACIÓN 1-19: | JAULA. ....                                      | 29 |
| ILUSTRACIÓN 1-20: | ANILLO EXTERIOR. ....                            | 29 |
| ILUSTRACIÓN 2-1:  | PLANO DE TORNILLO SIN FIN. ....                  | 32 |
| ILUSTRACIÓN 2-2:  | FABRICACIÓN EN TORNO. ....                       | 33 |
| ILUSTRACIÓN 2-3:  | UNIÓN DE ALABES. ....                            | 34 |
| ILUSTRACIÓN 2-4:  | MESA CORTADORA DE PLASMA. ....                   | 34 |
| ILUSTRACIÓN 2-5:  | ALINEAMIENTO CON RELOJ COMPARADOR. ....          | 35 |
| ILUSTRACIÓN 2-6:  | SOLDADURA DE TAPÓN PARA EL EJE. ....             | 36 |
| ILUSTRACIÓN 2-7:  | CAMBIOS DE SECCIÓN PARA SOLDADURA DE TAPÓN. .... | 36 |
| ILUSTRACIÓN 2-8:  | MONTAJE DE ALABES. ....                          | 37 |
| ILUSTRACIÓN 2-9:  | CABALLETE ACTUAL. ....                           | 38 |
| ILUSTRACIÓN 2-10: | TORNILLO SIN FIN FABRICADO. ....                 | 39 |
| ILUSTRACIÓN 2-11: | TORNILLO SIN FIN FABRICADO. ....                 | 39 |
| ILUSTRACIÓN 2-12: | TORNILLO SIN FIN. ....                           | 40 |
| ILUSTRACIÓN 3-1:  | MOTOR ELÉCTRICO W22 IE3. ....                    | 45 |
| ILUSTRACIÓN 3-2:  | PLANO DEL MOTOR. ....                            | 46 |
| ILUSTRACIÓN 3-3:  | VARIADOR DE FRECUENCIA: ATV32H018M2 ....         | 47 |
| ILUSTRACIÓN 3-4:  | POLEA DEL MOTOR ELÉCTRICO O CONDUCTORA. ....     | 50 |
| ILUSTRACIÓN 3-5:  | POLEA INTERMEDIA. ....                           | 50 |
| ILUSTRACIÓN 3-6:  | POLEA CONDUCTIDA. ....                           | 51 |
| ILUSTRACIÓN 3-7:  | PLANO DE LA RUEDA. ....                          | 52 |
| ILUSTRACIÓN 3-8:  | DISEÑO DEL EJE. ....                             | 53 |
| ILUSTRACIÓN 4-1:  | DIMENSIONES DEL DESCANSO. ....                   | 55 |
| ILUSTRACIÓN 4-2:  | DATOS DE CÁLCULO. ....                           | 56 |
| ILUSTRACIÓN 4-3:  | CARACTERÍSTICAS. ....                            | 57 |
| ILUSTRACIÓN 4-4:  | CARACTERÍSTICAS. ....                            | 58 |
| ILUSTRACIÓN 4-5:  | EJE DE POLEA INTERMEDIA. ....                    | 59 |
| ILUSTRACIÓN 4-6:  | EJE PRINCIPAL. ....                              | 60 |
| ILUSTRACIÓN 4-7:  | CIRCUITO ELÉCTRICO. ....                         | 61 |
| ILUSTRACIÓN 4-8:  | TABLA DE TOLERANCIAS DE LA CHAVETA. ....         | 62 |
| ILUSTRACIÓN 4-9:  | ESQUEMA CHAVETERO. ....                          | 63 |
| ILUSTRACIÓN 4-10: | SEGURO SEEGER. ....                              | 63 |

ILUSTRACIÓN 4-11: CORREA SPZ9 925 ..... 64

ILUSTRACIÓN 4-12: CORREA SPZ 1462 ..... 66

ILUSTRACIÓN 4-13: PLANO DEL NUEVO SOPORTE. .... 67

**ÍNDICE DE TABLAS.**

TABLA 1-1: TIPO DE TORNILLOS SIN FIN. .... 9

TABLA 1-2: VELOCIDAD DE GIRO PARA TORNILLOS SIN FIN..... 11

TABLA 3-1: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS. .... 47

TABLA 3-2: DESCRIPCIÓN DEL VARIADOR..... 48

TABLA 3-3: DESCRIPCIÓN DE LA RUEDA..... 52

TABLA5-1: COMPONENTES..... 68

TABLA5-2: ESTIMACIÓN HH ..... 68

## **SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS:**

### **SIGLAS.**

|                  |                                                                                                                                               |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AUTOCAD:         | Software de diseño asistido por computador utilizado para dibujo 2D y modelado 3D.                                                            |
| CNC:             | Control numérico computarizado.                                                                                                               |
| TIG:             | Gas inerte de tungsteno.                                                                                                                      |
| MIG:             | Metal arc Welding, soldadura a gas y arco metálico.                                                                                           |
| SMAW:            | Soldadura manual por arco eléctrico                                                                                                           |
| Diámetro:        | Se denomina segmento de recta que pasa por el centro y une dos puntos opuestos de una circunferencia.                                         |
| RPM:             | Revoluciones por minuto.                                                                                                                      |
| Velocidad:       | Magnitud física que relaciona el cambio de posición con el tiempo, se mide en M/s                                                             |
| Hélice:          | Dispositivo mecánico formado por palas o álabes montadas en forma concéntrica en un eje y al girar trazan un movimiento rotativo en un plano. |
| CC:              | Corriente continua.                                                                                                                           |
| AC:              | Corriente alterna.                                                                                                                            |
| Motor Asíncrono: | Su velocidad de rotación no corresponde a la velocidad con la frecuencia de la corriente alterna que lo hace funcionar.                       |
| Motor Síncrono:  | La rotación del eje está sincronizada con la frecuencia de la corriente de alimentación.                                                      |
| Potencia:        | Cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo.                                                                                           |
| Frecuencia:      | Magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo                                                                              |

**SIMBOLOGÍA.**

- A:        Ampere
- °C:       Grados Celsius (centígrados)
- Cm:       Centímetros
- G:        Gramos
- HZ:       Hertz
- M:        Metros
- Mm:       Milímetros
- Π:        Pi
- V:        Voltaje
- Nm:       Newton/metro
- P:        Número de polos.
- Kg:       Kilogramos.

## **INTRODUCCIÓN.**

En el mundo actual es cada vez más importante el desarrollo de avances tecnológicos que permitan mejorar los procesos industriales. Este proyecto contempla el estudio para Automatizar un caballete o soporte el cual se utiliza en la empresa Andritz y que sirve de apoyo en el proceso de soldadura para la fabricación en serie de tornillos sin fin utilizados en empresas de celulosa regionales, con la automatización del soporte se espera poder facilitar el trabajo realizado por el operador de soldadura, disminuyendo los tiempos de ejecución del proceso de unión soldada entre el núcleo y los alabes del tornillo sin fin, así como mejorando la calidad de los cordones obtenidos, producto de contar con una velocidad de giro constante durante el proceso. El minimizar de esta manera las fallas en los cordones de soldadura del tornillo sin fin permitirá una mayor duración efectiva del Tornillo sin fin reduciendo de esta forma su costo de mantenibilidad, logrando de esta forma una diferenciación positiva de la empresa Andritz frente a su competencia en la producción de este tipo de elementos mecánicos.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL.**

- Diseñar soporte con dispositivo de rotación automática para la fabricación de tornillo sin fin usado en empresa de celulosa.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Describir características y solicitudes del soporte manual y tornillo sin fin.
- Modificar soporte utilizando software AUTOCAD, para implementar sistema automatizado
- Seleccionar de componentes de sistema automatizado, definido de acuerdo a requerimientos.
- Generar plan de mantenimiento de soporte automatizado
- Valorizar de proyecto

## **CAPÍTULO 1.- MARCO TEÓRICO.**

## **MARCO TEÓRICO**

El proyecto será realizado en la empresa ANDRITZ CHILE TALCAHUANO, la cual nos dio la oportunidad para buscar una solución al problema que se generaba en el proceso de fabricación de los “tornillos sin fin” utilizados en la industria de celulosa.

### **1.1 ANDRITZ CHILE TALCAHUANO**

Con décadas de negocios en Chile, ANDRITZ se incorporó localmente en el año 2004 y ha mejorado continuamente sus ventas de equipos, capacidades de gestión de proyectos locales y soporte de servicio para clientes en Chile y en países cercanos.

En Concepción contamos con la presencia de nuestras áreas de negocios de P&P y un área de servicio especial donde hemos desarrollado un taller con especialistas de tiempo completo. Servicio de mantenimiento para plantas de celulosa, piezas de desgaste diseñadas, soporte local para la optimización de procesos, trabajos de reparación, mejoras y fabricación de equipos.

#### **1.1.2 EQUIPOS.**

En ANDRITZ Talcahuano, tienen un Workshop donde cuentan con equipos para la fabricación de los proyectos contratados, estos son:

1. Torno 2 metros
2. Torno 3 metros
3. Torno 5 metros
4. Torno 10 metros
5. Fresadora vertical
6. Fresadora horizontal
7. Torno C.N.C Doosan dnm 750ii
8. Máquina de soldar T.I.G.
9. Máquina de soldar M.I.G.
10. Maquina plasma CNC.
11. Rectificadora

### 1.1.3 FABRICACIÓN.

Andritz fabrica equipos o componente de equipo que trabajen en el proceso de producción de la celulosa o el papel, desde el proceso de la madera hasta el producto terminado de la celulosa, entre ellos uno de los más demandados a la empresa es:

1. Tornillo sin fin
2. Reparación de alimentadores
3. Ejes de soporte

### 1.1.4 MATERIALES.

Andritz ocupa una gran cantidad y variedad de materiales que se abastece de empresas regionales como Kupffer u Otero Domínguez dentro de los materiales más utilizados podemos nombrar:

1. Acero 1020
2. Acero 1045
3. Acero A36
4. Planchas Acero inoxidable 316L
5. Planchas Hardock
6. Acero cromo níquel 4340

## 1.2 TORNILLO SIN FIN

### 1.2.1 Generalidades:

Básicamente, este equipo es un transportador normalizado de materiales granulados o pulpas, que está constituido por una hélice montada sobre un eje que se encuentra suspendido en un contenedor en forma de canal, generalmente con forma de "U", como se muestra en la figura adjunta.



Ilustración 1-1: Tornillo sin fin.

Fuente: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html>

Un grupo motorreductor situado en uno de los extremos del eje del tornillo hace girar la hélice que arrastra el producto a transportar.

Es un sistema de manipulación y transporte de material extremadamente versátil, que puede ser empleado como equipo de trasiego de material, como dispositivo dosificador, o también como elemento que funciona como mezclador o agitador.

Entre las ventajas del uso de transportadores de tornillo sin fin están, entre otras:

- Sencillez de fabricación, con diseño compacto de fácil instalación
- Es un sistema de bajo costo
- Posibilidad también de colocar bocas de carga y descarga en diferentes puntos.

Por el contrario, entre las desventajas que presenta este sistema, podemos nombrar:

- Mayores requerimientos de potencia para su accionamiento
- Para usos en configuraciones con diferencia de altura entre la carga y la descarga, este sistema presenta cierta dificultad de sobrepasar ciertas pendientes de elevación, disminuyendo su capacidad de transporte con la pendiente
- Tampoco se recomienda emplear transportadores de tornillo excesivamente largos (se suelen emplear para longitudes de trasiego de material menores de 50 metros)
- Es un sistema que genera un fuerte desgaste en los componentes, por lo que se limita su uso a manipular materiales NO abrasivos
- También puede producir contaminación del material, por lo que empleando este sistema puede existir peligro de deterioro de ciertos productos

- Además, el uso de transportadores de tornillo sin fin está limitado a materiales que no sean frágiles o delicados.

### 1.2.2- Clasificación.

La característica fundamental de un transportador por tornillo sin fin es la presencia en su diseño de un tornillo giratorio o árbol que hace desplazar al material en la dirección de su eje longitudinal, gracias a la acción de empuje que ejercen unas hélices o paletas soldadas al eje del tornillo.

Dependiendo de la forma del diseño del eje del tornillo, los transportadores de tornillo se pueden clasificar en diversos tipos:

- Tornillo sin fin de hélice helicoidal
- Tornillo sin fin de hélice seccional
- Tornillo sin fin de paletas cortadas
- Tornillo sin fin de paletas tipo cinta
- Tornillo sin fin con palas
- Tornillo sin fin de paletas plegadas y cortadas
- Tornillo sin fin de paso corto de paletas cortadas con palas
- Tornillo sin fin de palas
- Tornillo sin fin de paletas distribuidas formando un cono
- Tornillo sin fin de diámetro escalonado
- Tornillo sin fin de paso escalonado
- Tornillo sin fin de paso largo
- Tornillo sin fin de doble paleta

### 1.2.3 Componentes del sistema.

#### 1.2.3.1- Hélice y eje.

Para el manejo de materiales y productos normales, la hélice de un transportador de tornillo está normalmente fabricada en chapa de acero al carbono de 3 a 4 mm de espesor. Su diámetro suele ser inferior en unos 2 cm al de la carcasa, ya que no deberá

rozar las paredes de la misma cuando el eje del tornillo gire. El tipo de hélice varía en relación al producto a transportar y de su función.

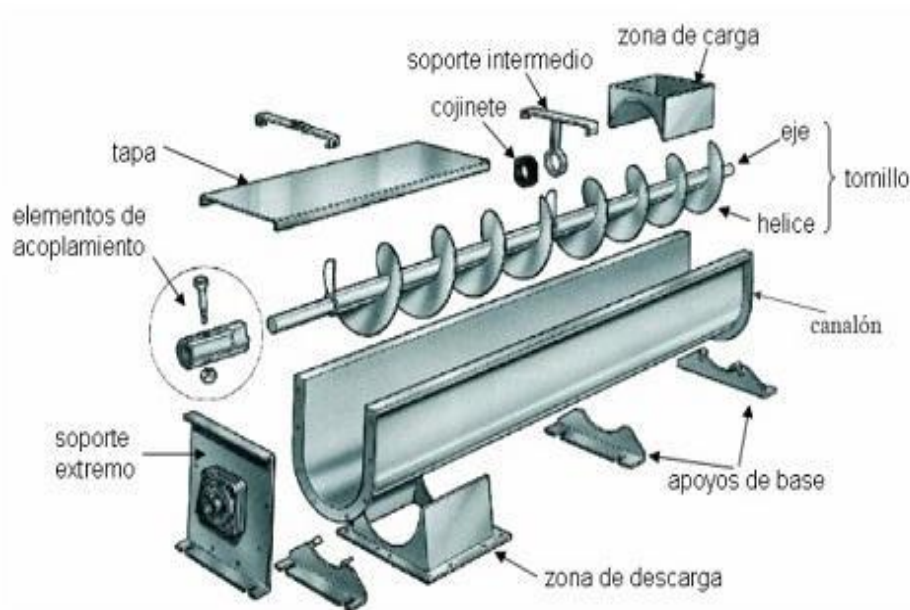


Ilustración 1-2: Componentes del sistema.

Fuente: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html>

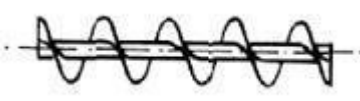
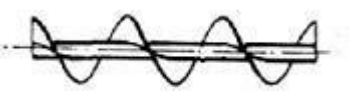
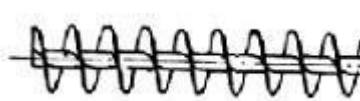
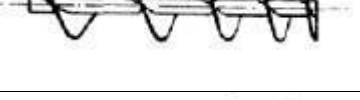
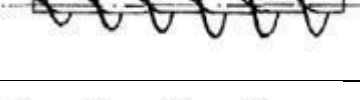
En la figura esquemática adjunta se puede visualizar, además de la hélice y eje, los principales componentes que constituyen un transportador de tornillo sin fin de manera genérica.

Como se aprecia en la figura, la hélice va montada sobre el eje portante del tornillo, que a su vez es el generador del movimiento giratorio al estar engranado a un grupo motriz en uno de sus extremos.

Para evitar que se produzcan excesivas flexiones del eje, se hace necesario disponer de una serie de soportes intermedios (generalmente situados cada 3 - 4 metros) para apoyar el eje. En cada apoyo se hará uso de cojinetes para aminorar el rozamiento del eje en los soportes.

La instalación de estos soportes intermedios produce zonas de interrupción en la hélice, que suelen generar zonas de atasco del producto, por lo que se recomienda extremar el cuidado en el diseño de estos puntos de apoyo.

En la siguiente tabla se muestran los distintos tipos de hélices, según el tipo de material a transportar y de la función a realizar:

| TIPOS DE TORNILLOS SIN FIN.                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                 |                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| TIPO DE HÉLICE                                                                                                                                                                       | TIPO DE MATERIAL PARA TRANSPORTAR / APLICACIÓN                                                                                                                                                  | FIGURA                                                                               |
| Hélice continua, de paso igual al diámetro                                                                                                                                           | Tipo de hélice normal para transporte de sólidos                                                                                                                                                |    |
| Hélice de gran paso, de 1,5 a 2 veces el diámetro                                                                                                                                    | Se utiliza para productos que fluyen muy bien                                                                                                                                                   |    |
| Hélice de pequeño paso, normalmente la mitad del diámetro                                                                                                                            | Se utiliza en tornillos sin fin inclinados hasta unos 20-25°, o cuando se quiere un prolongado tiempo de permanencia del producto en el transportador con el objeto de enfriarlo, secarlo, etc. |    |
| Hélice de paso variable                                                                                                                                                              | Utilizado para compresión de productos, como es el caso de las prensas de tornillo.                                                                                                             |    |
| Hélice de diámetro variable                                                                                                                                                          | Se utiliza como extractor dosificador de sólidos de tolvas.                                                                                                                                     |  |
| Hélice de cinta                                                                                                                                                                      | Tipo de hélice adecuada para productos que producen atascamiento.                                                                                                                               |  |
| Tabla 1-1: Tipo de Tornillos Sin Fin.<br>Fuente: <a href="https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html">https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html</a> |                                                                                                                                                                                                 |                                                                                      |

1.2.3.2 Carcasa.

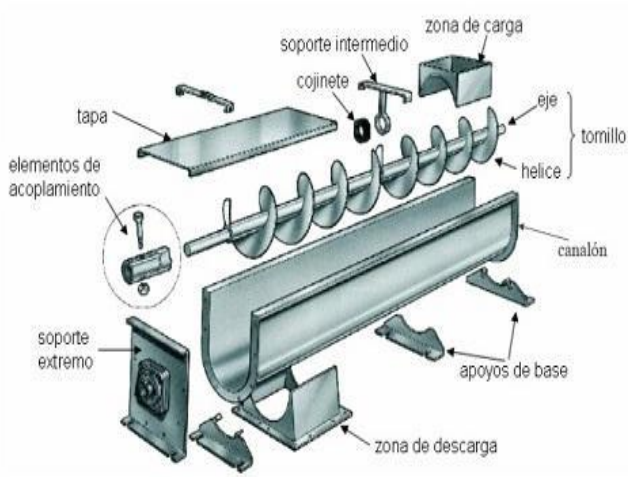


Ilustración 1-3: Carcasa.  
Fuente: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html>

Las paredes metálicas que cierran y envuelven al transportador forman la carcasa del tornillo, y sirve para contener el material y separarlo del ambiente exterior. Como se aprecia en la figura anterior donde se indican los componentes principales de un transportador de tornillo, elementos como el canalón o la tapa superior forman parte de la carcasa del transportador. Normalmente, los elementos que componen la carcasa de los transportadores de tornillo están fabricadas en chapa de acero al carbono de 3 a 6 mm de espesor.

Cuando se trata de la manipulación de productos altamente abrasivos o corrosivos, o bien por razones sanitarias (como en el caso de productos alimenticios), las paredes de la carcasa de los transportadores se construyen en acero inoxidable.

En la carcasa se colocan tanto las bocas de carga (normalmente situada en la tapa superior) como la de descarga (situada en el canalón), dispuestas de acuerdo con las necesidades del proceso tecnológico.

En algunos casos, por necesidades higiénicas, sanitarias o de otra índole, las paredes de la carcasa del transportador son totalmente cerradas y herméticas, configurando una especie de tubo dentro del cual gira el sin fin.

#### 1.2.4 Velocidad de giro del tornillo.

La velocidad de giro ( $n$ ) de los transportadores de tornillo depende, entre otros factores, de la naturaleza del material a transportar.

En este sentido y según el tipo de material a desplazar, la velocidad de giro del tornillo suele estar comprendida, con buena aproximación, entre los siguientes rangos:

- Para materiales pesados  $\rightarrow n \approx 50$  r.p.m.
- Para materiales ligeros  $\rightarrow n < 150$  r.p.m.

En general, se cumple que la velocidad de giro de un transportador de tornillo es inversamente proporcional a:

- Peso a granel del material a transportar
- Grado de abrasividad del material a transportar
- Diámetro del tornillo.

Por otro lado, la máxima velocidad de giro a la que puede trabajar un tornillo sin fin depende de, además de la naturaleza del material a transportar, del diámetro total del tornillo (eje + hélice).

En la siguiente tabla se indica la velocidad de giro recomendada para un transportador de tornillo en función de la clase de material y del diámetro del tornillo:

Tabla 1-2: Velocidad de giro para tornillos sin fin.

| VELOCIDAD DE GIRO PARA TORNILLOS SIN FIN.                                                                                                   |                                                          |          |           |          |         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------|-----------|----------|---------|
| Diámetro del tornillo (mm.)                                                                                                                 | Velocidad máxima (r.p.m.) según la clase de material (*) |          |           |          |         |
|                                                                                                                                             | Clase I                                                  | Clase II | Clase III | Clase IV | Clase V |
| 100                                                                                                                                         | 180                                                      | 120      | 90        | 70       | 30      |
| 200                                                                                                                                         | 160                                                      | 110      | 80        | 65       | 30      |
| 300                                                                                                                                         | 140                                                      | 100      | 70        | 60       | 25      |
| 400                                                                                                                                         | 120                                                      | 90       | 60        | 55       | 25      |
| 500                                                                                                                                         | 100                                                      | 80       | 50        | 50       | 25      |
| 600                                                                                                                                         | 90                                                       | 75       | 45        | 45       | 25      |
| Fuente: <a href="https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html">https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html</a> |                                                          |          |           |          |         |

1.2.5. Paso y diámetro del tornillo.

En todo transportador el paso de tornillo, también conocido como paso de hélice, se define como la distancia entre dos hélices consecutivas en la dirección del eje del tornillo, según se puede ver en la figura siguiente que se adjunta.

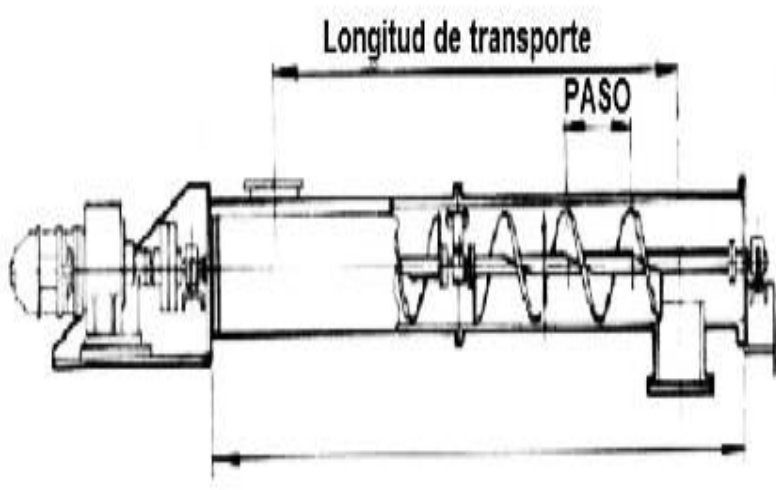


Ilustración 1-4: Paso y longitud.

Fuente: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html>

En general, la dimensión para el paso de los transportadores de tornillo suele estar comprendida entre 0,5 y 1 veces la medida del diámetro del mismo, siendo mayor cuanto más ligera sea la carga que se vaya a transportar con el tornillo.

En cuanto al diámetro de la hélice del tornillo, su dimensión es inversamente proporcional a la velocidad de giro del eje, es decir, para velocidades de giro más elevadas supondrá un tornillo de hélices más estrechas.

En general, la dimensión del diámetro que hay que emplear en los transportadores de tornillo depende también del tipo de material a transportar, cumpliéndose de manera muy aproximada la siguiente relación:

- Para materiales homogéneos, el diámetro del tornillo será, al menos, 12 veces mayor que el diámetro de los pedazos a transportar;
- Para materiales heterogéneos, el diámetro del tornillo será 4 veces mayor que el mayor diámetro de los pedazos a transportar.

### **1.3 TIPOS DE SOLDADURA.**

ANDRITZ para realizar la confección de las distintas piezas que construye consta de diversos tipos de soldadura, ya sean GTAW ( TIG), GMAW ( M.I.G) o S.M.A.W (soldadura al arco manual) .

#### **1.3.1 Soldadura SMAW.**

El proceso de electrodo revestido (Manual), identificado por la AWS como SMAW (Shield Metal Arc Welding), es un proceso de soldadura por arco eléctrico entre un electrodo revestido y un metal base.

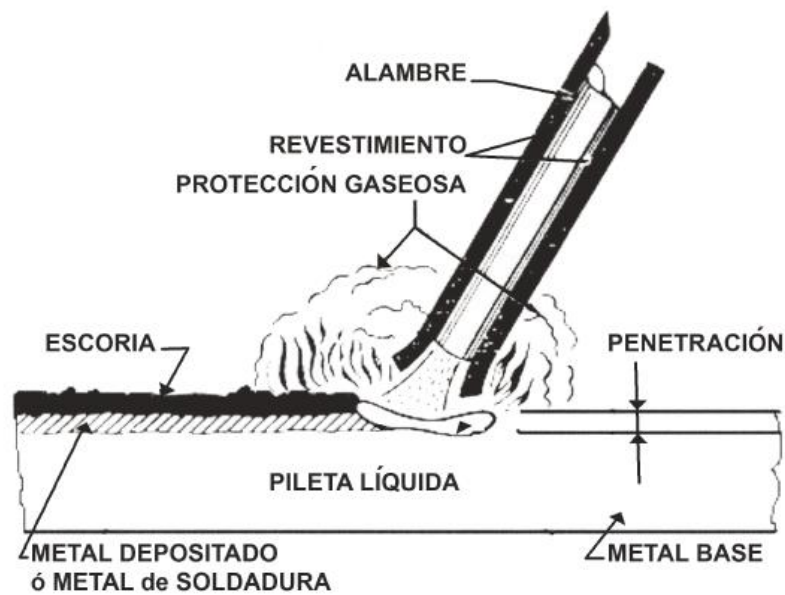


Ilustración 1-5: Partes soldadura SMAW.  
fuente: <https://www.esab.com.ar/ar/sp/education/blog/proceso-soldadura-smaw.cfm>

El arco produce una temperatura aproximadamente de 3500°C en la punta del electrodo, superior a la necesaria para fundir la mayoría de los metales. El calor funde el metal base y el electrodo revestido, de esta manera se genera una piletta líquida o baño de fusión, que va solidificando a medida que el electrodo se mueve a lo largo de la junta.

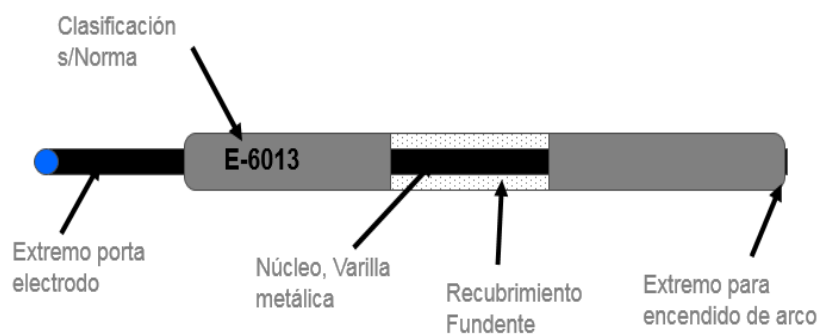


Ilustración 1-6: Partes del electrodo.  
Fuente: <https://www.esab.com.ar/ar/sp/education/blog/proceso-soldadura-smaw.cfm>

En la soldadura de electrodos revestidos el amperaje queda fijado por el diámetro del electrodo y tipo de revestimiento, el voltaje por la longitud del arco.

Las funciones que cumple el revestimiento son las siguientes:

Protección del metal fundido a través de la generación de gas, de la escoria, provee desoxidantes, provee elementos de aleación, facilita el inicio del arco y su estabilidad, determina la forma del cordón y su penetración, establece la posición de soldadura, transmite mayor o menor calor y determina la viscosidad y fusión de la escoria

### 1.3.2 Soldadura T.I.G.

#### 1.3.2.1 Proceso.

El proceso de soldadura por arco bajo la protección de gas con electrodo (no consumible), también llamado TIG (Tungsteno Inerte Gas), usa un arco eléctrico como fuente de energía que se establece entre el electrodo no consumible y la pieza a soldar con la envoltura protectora del gas inerte. Cuando se usa material de relleno, éste se proporciona mediante el uso de varillas, de la misma forma que en la soldadura oxiacetilénica.

Durante el proceso, la antorcha TIG debe estar conectada al polo negativo (-) y la pinza de masa al polo positivo (+).

#### 1.3.2.2 Aplicaciones.

El proceso TIG se puede utilizar para la soldadura de todos los materiales, incluidos el aluminio el magnesio y los materiales sensibles a la oxidación como el titanio.

Se trata de un proceso mayoritariamente manual con tasa de deposición menor comparado con otros procesos por lo que es utilizado para aplicaciones donde se precisa un acabado visualmente perfecto.

La posibilidad de soldar un material u otro, dependerá de las características del equipo de que dispongamos. El proceso TIG puede utilizarse tanto con corriente continua (DC) como con corriente alterna (AC). La elección de la clase de corriente y polaridad se hará en función del material a soldar.

#### 1.3.2.3 Equipo de soldadura.

El equipo básico para el soldeo TIG consiste en una fuente de energía o de alimentación, una antorcha TIG equipada con un electrodo de Tungsteno no consumible, una pinza de masa y una botella de gas inerte (mayoritariamente ARGON 100%).

#### 1.3.2.4 Antorcha TIG.

Tiene la misión de conducir la corriente y el gas de protección hasta la zona de soldeo. El electrodo de tungsteno que transporta i mantiene la corriente hasta la zona de soldeo se sujeta rígidamente mediante una pinza alojada en el cuerpo porta-electrodos.

El gas de aportación llega hasta la zona de soldeo a través de una tobera de material cerámico, sujeta en la cabeza del porta-electrodos. La tobera tiene la misión de dirigir y distribuir el gas protector sobre la zona de soldeo.

#### 1.3.3 Proceso Soldadura MIG.

Cuando hablamos sobre el proceso básico de este tipo de soldaduras, estamos hablando esencialmente de 3 tipos de técnicas muy distintas entre sí. Tenemos la transferencia por “Cortocircuito”, la transferencia “Globular” y, por último, la transferencia de “Arco Rociado (Spray Arc)”.

- **Transferencia por Corto Circuito:** También es conocido como “Arco Corto”, “Transferencia espesa” y “Micro Wire”. El cambio del metal sucede cuando un corto circuito eléctrico es determinado, ósea, esto ocurre cuando en la punta del hilo del alambre hace una unión con la soldadura fundida.
- **Transferencia por Rociado (Spray Arc):** Ocurre cuando pequeñas gotas del metal fundido son extirpadas de la punta del alambre y proyectadas hacia la soldadura licuada o fundida.
- **Transferencia Globular:** Es un proceso por el cual las gotas del metal licuado, llámese fundido, son demasiado grandes para hundirse por la fuerza de gravedad.

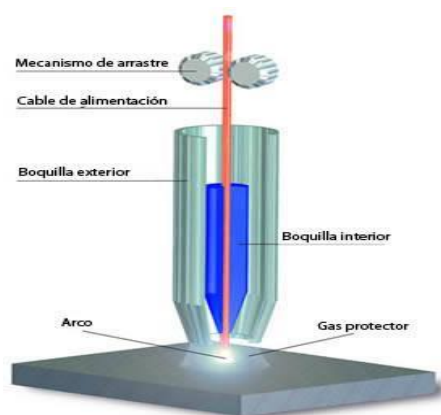


Ilustración 1-7: Partes boquilla MIG.

Fuente: <https://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/soldadura-MIG>

1.3.3.1 Aplicación soldadura MIG.

El proceso de soldado MIG, se puede emplear para soldar diversos materiales. Aceros al carbono, metales inoxidables, aluminio, etc.

La productividad por este tipo de soldadura, es eficiente. Dado la capacidad de rendimiento por un electrodo continuo, que no necesita ser cambiado y con una tasa de deposición mayor a las demás.

Se pueden realizar soldaduras de manera continua, larga, sin necesidad de que se hagan empalmes entre cordón y cordón.

1.3.3.2 Precauciones al soldar con MIG.

- Siga un ritmo constante a la hora del soldar.
- El tipo de alambre que servirá como electrodo en la soldadura, como a la vez del gas de protección, son elementos principales y por ello demandará mayor calidad en la soldadura.
- Las soldaduras MIG, necesitan de una fuente de corriente directa y constante, así también, un alambre en continuo movimiento con el electrodo.

1.3.3.3 PARÁMETROS DE SOLDADURA M.I.G.

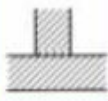
| MIG/MAG Soldadura de los aceros inoxidables                                         |                           |                            |                      |                            |                                   |              |                                 |             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------|---------------------------------|-------------|
|                                                                                     | Espesor del material (mm) | Separación o abertura (mm) | Diametro del alambre | Material depositado (kg/m) | Velocidad de alimentación (m/min) | Amperaje (A) | Velocidad de soldadura (cm/min) | Voltaje (V) |
|  | 2                         | 0                          | 0,8                  | 0,08                       | 6,8                               | 90/115       | 80/100                          | 14/18       |
|                                                                                     | 3                         | 1,0                        | 1,0                  | 0,05                       | 7,9                               | 100/130      | 80/100                          | 16/18       |
|                                                                                     | 4                         | 1,5                        | 1,2                  | 0,07                       | 6,8                               | 120/150      | 90/130                          | 20/24       |
|                                                                                     | 5                         | 2,0                        | 1,2                  | 0,08                       | 7,9                               | 120/200      | 90/140                          | 22/24       |
|  | 5                         | 0                          | 1,2                  | 0,125                      | 6,8                               | 120/190      | 60/90                           | 20/24       |
|                                                                                     | 6                         | 0                          | 1,2                  | 0,160                      | 6,8                               | 120/190      | 60/80                           | 20/24       |
|                                                                                     | 8                         | 1,5                        | 1,2                  | 0,200                      | 7/10                              | 160/230      | 50/90                           | 20/26       |
|                                                                                     | 10                        | 2,0                        | 1,2                  | 1,250                      | 7/10                              | 160/230      | 60/90                           | 20/26       |
|  | 2                         | 0                          | 0,8                  | 0,04                       | 8/10                              | 90/120       | 70/100                          | 16/18       |
|                                                                                     | 3                         | 0                          | 1,0                  | 0,06                       | 6/9                               | 100/160      | 60/90                           | 16/20       |
|                                                                                     | 4                         | 0                          | 1,0                  | 0,80                       | 8/10                              | 110/190      | 60/90                           | 20/26       |
|                                                                                     | 5                         | 0                          | 1,2                  | 0,210                      | 6/10                              | 130/240      | 30/70                           | 20/26       |
|                                                                                     | 6                         | 0                          | 1,2                  | 0,260                      | 6/12                              | 130/300      | 30/70                           | 20/26       |
|                                                                                     | 8                         | 0                          | 1,2                  | 0,820                      | 6/12                              | 180/300      | 30/60                           | 20/26       |

Ilustración 1-8: Parámetros de soldadura MIG.  
Fuente: <https://es.slideshare.net/consuerte/tema-n-1-MIGmag-2014>

## 1.4 MOTORES ELÉCTRICOS.

Los motores eléctricos son máquinas rotatorias que se encargan de convertir la energía eléctrica en energía mecánica a través de la acción de los campos magnéticos producidos por sus bobinas.

Se pueden dividir en tres grandes grupos: los motores de CC, los motores de CA y los motores universales

### 1.4.1 Motores de corriente continua.

Los motores eléctricos de corriente continua, como su propio nombre indica trabajan con corriente continua y transforman la energía eléctrica en mecánica, generando un movimiento rotatorio mediante la acción que se genera del campo magnético.

En función de la forma en la que estén conectados, podemos distinguir distintos tipos de motores eléctricos entre los más utilizados son:

- **Motor en serie** – En este tipo de motor eléctrico el inducido y el inductor están conectados en serie. Su voltaje es constante y el campo de excitación se incrementa con la carga ya que la corriente es la misma que de excitación. Se caracteriza por mantener una potencia constante a cualquier velocidad.
- **Motor eléctrico sin escobillas** – El popular motor brushless no utiliza escobillas para efectuar la modificación de polaridad en el rotor. Son unos de los más comunes actualmente porque son rentables, ligeros y no precisan de mucho mantenimiento.

Entre los motores eléctricos de corriente continua, también podemos identificar otros tipos que se emplean habitualmente en el ámbito de la electrónica:

- **Motor paso a paso** – Este motor es capaz de transformar una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, es decir, progresa una serie de grados dependiendo de sus entradas de control. Destaca por su precisión.

#### 1.4.2 Motores de corriente alterna.

Los motores eléctricos de corriente eléctrica, operan con corriente eléctrica gracias a las fuerzas de giro por medio de la acción mutua de los campos magnéticos.

Se clasifican en dos clases:

- **Motor asíncrono** – En este dispositivo la velocidad del campo magnético producida por el estator supera a la velocidad de giro del rotor.
- **Motor síncrono** – Los motores síncronos se caracterizan porque su velocidad del campo magnético del estator es igual a la velocidad de giro del rotor

#### 1.4.3 Motor universal.

Estos motores eléctricos son capaces de operar tanto en CA como en CC. Disponen de un menor número de espiras en el inductor para no llenar magnéticamente su núcleo y reducir las pérdidas por corrientes de Foucault y por histéresis, así como un mayor número de espiras en el inducido para equilibrar la merma del flujo por el menor número de espiras del inductor.

#### 1.4.4 Cálculos de potencia.

POTENCIA (P) es la cantidad de trabajo que se realiza en un determinado tiempo.

Potencia mecánica es el trabajo realizado por una persona o máquina en un determinado espacio temporal, y es transmitida mediante la puesta en marcha de un mecanismo o la fuerza física.

$$P = \frac{W}{T}$$

##### 1.4.4.1 El Trabajo (W).

Como idea general, hablamos de trabajo cuando una fuerza (expresada en Newton) mueve un cuerpo y libera la energía potencial de este; es decir, un hombre o una máquina realiza un trabajo cuando vence una resistencia a lo largo de un camino.

$$W = f \times d$$

## 1.5 **VARIADOR DE FRECUENCIA.**

### 1.5.1 ¿Qué es frecuencia?

La frecuencia es una magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico.

#### 1.5.1.1 Frecuencia eléctrica.

La Frecuencia de la corriente alterna constituye un fenómeno físico que se repite cíclicamente un número determinado de veces durante un segundo de tiempo y puede abarcar desde uno hasta millones de ciclos por segundo o Hertz (Hz).

#### 1.5.1.2 ¿Qué es un variador de frecuencia?

Los variadores de frecuencia son sistema utilizados para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna. Un variador de frecuencia son vertientes de un variador de velocidad, ya que llevan un control de frecuencia de alimentación, la cual se suministra por un motor.

#### 1.5.1.3 ¿Cómo funciona un variador de frecuencia?

Se alimenta al equipo con un voltaje de corriente alterna (CA), el equipo primero convierte la CA en corriente directa (CD), por medio de un puente rectificador (diodos o SCR's), este voltaje es filtrado por un banco de capacitores interno, con el fin de suavizar el voltaje rectificado y reducir la emisión de variaciones en la señal; posteriormente en la etapa de inversión, la cual está compuesta por transistores (IGBT), que encienden y apagan en determinada secuencia (enviando pulsos) para generar una forma de onda cuadrada de voltaje de CD a un frecuencia constante y su valor promedio tiene la forma de onda senoidal de la frecuencia que se aplica al motor.

El proceso de conmutación de los transistores es llamado PWM "Pulse Width Modulation" Modulación por ancho de pulso.

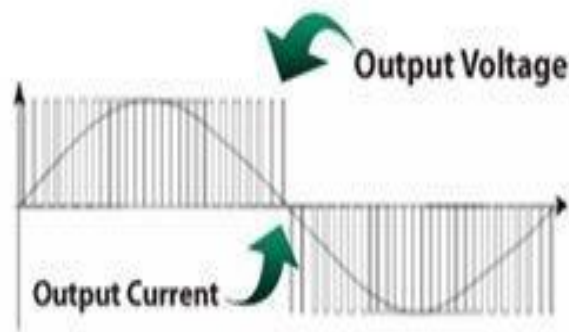


Ilustración 1-9: Modulación de pulso.

Fuente: <https://www.coursehero.com/file/p5hhifg/vamos-a-describir-los-dos-inversores-mas-usados-inversor-de-seis-pasos-para/>

Al tener control en la frecuencia de la onda de corriente podemos también controlar la velocidad del motor de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$Nm = \frac{120 \times f}{P}$$

Nm = velocidad mecánica (rpm)

f = frecuencia de alimentación (Hz)

P = número de polos.

## 1.6 POLEAS Y CORREAS.

### 1.6.1 ¿Qué es polea y correa?

Un sistema de transmisión por correa es un conjunto de dos poleas acopladas por medio de una correa con el fin de transmitir fuerzas y velocidades angulares entre árboles paralelos que se encuentran a una cierta distancia. El movimiento que se transmite a la rueda conducida tiene el mismo sentido que el movimiento de la rueda conductora, mientras que su módulo, como veremos más adelante, depende de los diámetros de las poleas.

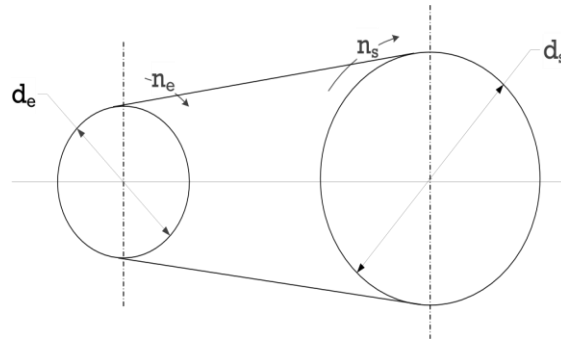


Ilustración 1-10: Giro de poleas en mismo sentido.

Fuente: [https://www.edu.xunta.es/espazoabalar/sites/espazoabalar/files/datos/1464947673/contido/42\\_sistemas\\_de\\_polea\\_y\\_correa.html](https://www.edu.xunta.es/espazoabalar/sites/espazoabalar/files/datos/1464947673/contido/42_sistemas_de_polea_y_correa.html)

Si nos interesa que el sentido de giro transmitido se invierta, deberemos cruzar la correa.

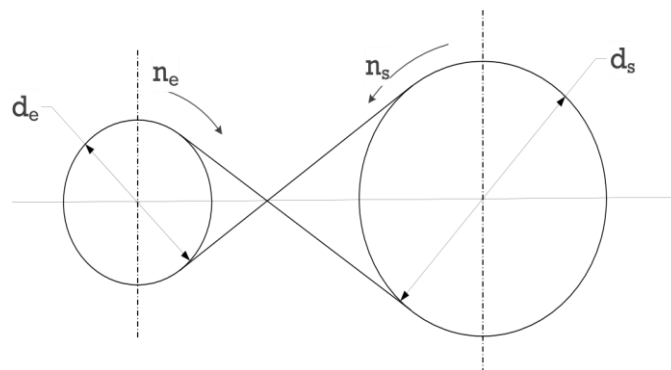


Ilustración 1-11: Giro de poleas invertidas.

Fuente: [https://www.edu.xunta.es/espazoabalar/sites/espazoabalar/files/datos/1464947673/contido/42\\_sistemas\\_de\\_polea\\_y\\_correa.html](https://www.edu.xunta.es/espazoabalar/sites/espazoabalar/files/datos/1464947673/contido/42_sistemas_de_polea_y_correa.html)

### 1.6.2 Ventajas e inconvenientes.

El proceso de transmisión del movimiento con correa es un proceso de elevado rendimiento (95-98%) y Estos mecanismos son muy empleados en distintos aparatos: electrodomésticos, electrónicos y en algunos mecanismos de los motores térmicos.

Su principal inconveniente es la limitación para transmitir grandes potencias, debido al deslizamiento de la correa sobre la polea.

### 1.6.3 Partes.

Las poleas no son más que una rueda (llanta) con una hendidura en su centro para acoplarla a un eje en torno al cual giran. Para asegurar el contacto entre polea y correa se talla en la polea un canal o garganta que "soporta" a la correa.

En un sistema de transmisión de poleas son necesarias dos de ellas:

Una **conductora**, de entrada, o motora, que va solidaria a un eje movido por un motor.

Otra **conducida**, de salida o arrastrada, también acoplada a un eje y que es donde encontraremos la resistencia que hay que vencer.

Como hemos visto, la fuerza que transmiten las poleas es debida al rozamiento que ejerce la correa sobre la polea, por lo que la correa es un elemento decisivo en este sistema de transmisión de movimiento.

La correa en su funcionamiento está sometida a esfuerzos. Pero sus dos tramos no soportan los mismos esfuerzos; el tramo que va de la rueda motriz la conducida se encuentra flojo, mientras que el otro está totalmente tenso.

Suelen estar fabricadas de caucho resistente al desgaste y reforzadas con cuerdas para mejorar el comportamiento a tracción.

### 1.6.4 Tipos de correas.

Las correas pueden ser de distintos tipos:

- **Trapezoidales:** Son las más utilizadas, pues se adaptan firmemente al canal de la polea evitando el posible deslizamiento entre polea y correa.



Ilustración 1-12: Correa trapezoidal.

Fuente: [https://www.edu.xunta.es/espazoabalar/sites/espazoabalar/files/datos/1464947673/contido/42\\_sistemas\\_de\\_polea\\_y\\_correa.html](https://www.edu.xunta.es/espazoabalar/sites/espazoabalar/files/datos/1464947673/contido/42_sistemas_de_polea_y_correa.html)

- **Redondas:** Se utilizan correas redondas cuando ésta se tiene que adaptar a curvas cerradas cuando se necesitan fuerzas pequeñas.

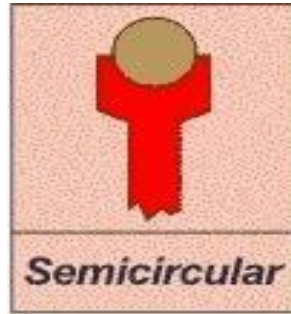


Ilustración 1-13: Correa redonda

Fuente: [https://www.edu.xunta.es/espazoabalar/sites/espazoabalar/files/datos/1464947673/contido/42\\_sistemas\\_de\\_polea\\_y\\_correa.html](https://www.edu.xunta.es/espazoabalar/sites/espazoabalar/files/datos/1464947673/contido/42_sistemas_de_polea_y_correa.html)

- **Planas:** Cada vez de menor utilización, se emplean para transmitir el esfuerzo de giro y el movimiento de los motores a las máquinas



Ilustración 1-14: Correa plana.

Fuente: [https://www.edu.xunta.es/espazoabalar/sites/espazoabalar/files/datos/1464947673/contido/42\\_sistemas\\_de\\_polea\\_y\\_correa.html](https://www.edu.xunta.es/espazoabalar/sites/espazoabalar/files/datos/1464947673/contido/42_sistemas_de_polea_y_correa.html)

- **Dentadas:** Las correas dentadas, que además son trapezoidales, se utilizan cuando es necesario asegurar el agarre. En ellas el acoplamiento se efectúa sobre poleas con dientes tallados que reproducen el perfil de la correa. Este tipo es el más empleado en las transmisiones de los motores de los automóviles.



Ilustración 1-15: Correa estriada.

Fuente: [https://www.edu.xunta.es/espazoabalar/sites/espazoabalar/files/datos/1464947673/contido/42\\_sistemas\\_de\\_polea\\_y\\_correa.html](https://www.edu.xunta.es/espazoabalar/sites/espazoabalar/files/datos/1464947673/contido/42_sistemas_de_polea_y_correa.html)

#### 1.6.5 Cálculo de poleas y correas.

- **Longitud de la correa:** Conociendo diámetros y distancia entre ellos.

D = Diámetro mayor.

d = Diámetro menor.

A = Distancia entre centros.

L = Longitud de la correa.

$$L = 1.57(D + d) + 2a + \frac{(D + d)^2}{4A} = mm. (correas cruzadas)$$

$$L = 1.57(D + d) + 2a + \frac{(D - d)^2}{4A} = mm.$$

- **Velocidad tangencial:** Conociendo diámetro y número de rpm.

V = Velocidad en metros.

D = Diámetro.

N = Número de r.p.m.

$$V = \frac{D * \pi * n}{60000} = \frac{D * n}{19100} = \text{metros/segundo.}$$

- **Número de R.P.M:** Conociendo velocidad y diámetro.

V = Velocidad.

D = Diámetro.

N = Número de r.p.m.

$$n = \frac{19100 * V}{D} \text{ Numero R.P.M.}$$

- **Diámetro:** Conociendo velocidad y número de r.p.m.

V = Velocidad en mts/seg.

N = Diámetro

D = Número de r.p.m.

$$D = \frac{19100 * V}{n} \text{ Diametro en mm.}$$

- **Relación Diámetros/Revoluciones**

D = Diámetro polea mayor.

d = Diámetro polea menor.

N1 = Número de r.p.m. polea mayor.

N2 = Número de r.p.m. polea menor.}

$$D * n_1 = d * n_2$$

Distancia entre centros

L = Longitud

D = Diámetro polea mayor.

d = Diámetro polea menor.

A = Distancia entre centros.

$$H = \frac{L}{4} - 0.3925(D + d)$$

- **Arco de contacto:** Conociendo diámetro y distancia entre centros.

D = Diámetro polea mayor.

d = Diámetro polea menor.

A = Distancia entre centros.

$$\alpha = 180^\circ - \frac{60(D - d)}{A} = \text{grados}$$

- **Fórmula de velocidad en la rueda**

N1 = Velocidad de la polea conductora

N2 = Velocidad de la polea conducida

D1 = Diámetro de la polea conductora

D2 = Diámetro de la polea conducida

$$n1 \times d1 = n2 \times d2$$

## 1.7 **RUEDAS BLICKLE.**

La rueda Blickle es una rueda industrial de alta calidad que es utilizada en logística interna, construcción de instalaciones, construcción de maquinaria, aplicaciones higiénicas y dispositivos y aparatos móviles.

Esta rueda motriz es para cargas pesadas con chavetero, con banda de rodadura de poliuretano y son capaces de soportar hasta 3000 kg dependiendo de sus dimensiones.



Ilustración 1-16: Rueda Blikle.

Fuente: <https://www.traceparts.com/es/product/blickle-ruedas-motrices-para-carga-pesada-con-chavetero-con-banda-de-rodadura-de-poliuretano-blickle-extrathaneer-con-nucleo-de-fundicion-gris-gthn-o-rueda-75-200-mm?product=32-27012014-072563>

## 1.8 RODAMIENTO.

### 1.8.1 ¿Qué es un rodamiento?

El rodamiento, en su forma actual, se desarrolló a finales del siglo XIX. Inicialmente se fabricaban a mano. Hoy en día, los rodamientos son una de las piezas de maquinaria más utilizadas, ya que su movimiento giratorio facilita todos los movimientos y además ayuda a reducir la fricción entre los distintos elementos móviles.

Los rodamientos tienen dos funciones principales:

- Transfieren el movimiento, es decir, apoyan y guían componentes que giran entre sí
- Transmiten fuerzas

#### **Rodamientos de rodillos y rodamientos sin elementos de rodadura**

En un manguito o rodamiento sin elementos de rodadura, el eje y el rodamiento se mueven en direcciones opuestas a través de una superficie de deslizamiento. Por el contrario, los dos componentes de un rodamiento de rodillos que se mueven uno hacia el otro - los anillos interior y exterior - están separados por elementos rodantes. Este diseño genera significativamente menos fricción que el de un rodamiento sin elementos de rodadura.

### **Rodamientos radiales y rodamientos axiales**

Los rodamientos pueden transmitir cargas en una dirección radial o en una dirección axial (empuje) y, en muchos casos, hay una combinación tanto de cargas radiales como axiales en la transmisión del movimiento.

Ambos diseños están disponibles como rodamientos de bolas o como rodamientos de rodillos. La elección del diseño de los rodamientos depende de cada aplicación.

#### 1.8.2 Componentes

Los rodamientos en general están formados por los siguientes componentes:

- Dos anillos o discos con caminos de rodadura
- Elementos de rodadura en forma de rodillos o bolas
- Una jaula, que es la estructura que mantiene separados los elementos de rodadura y las guías

Anillo interior / Anillo exterior

El anillo interior y el anillo exterior se fabrican generalmente a partir de una aleación especial de acero al cromo de gran pureza. Este material tiene la dureza y la pureza necesarias. Ambos factores son importantes para conseguir un elevado índice de carga y a prolongada vida útil.

**Los** caminos de rodadura están endurecidos, rectificados y pulidos.

También suelen utilizarse materiales especiales tales como cerámica y plásticos. Aunque los plásticos no tienen capacidad para soportar temperaturas extremadamente altas, son considerablemente más ligeros que el acero. Esta característica los hace muy valiosos en sectores como la automoción.



Ilustración 1-17: Anillo interior.

fuelle:

<https://www.nskeurope.es/es/products/what-s-a-bearing.html>



Ilustración 1-18: Elemento de rodadura.

fuelle:

<https://www.nskeurope.es/es/products/what-s-a-bearing.html>



Ilustración 1-19: Jaula.

fuelle:

<https://www.nskeurope.es/es/products/what-s-a-bearing.html>



Ilustración 1-20: Anillo exterior.

fuelle:

<https://www.nskeurope.es/es/products/what-s-a-bearing.html>

**CAPÍTULO 2.- FABRICACIÓN DEL TORNILLO SIN FIN EN ANDRITZ Y  
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## 2.1 **FABRICACIÓN DEL TORNILLO SIN FIN.**

La fabricación total del tornillo sin fin lleva una serie de procesos, tanto de fabricación de diferentes piezas, como sus respectivos montajes en Workshop (taller de máquinas y herramientas Andritz).

Consta con una serie de procesos a los cuales haremos mención en el presente capítulo para poder comprender y dar inicio a la problemática la cual buscamos solucionar.

Los procesos contemplados en la fabricación del tornillo son:

- Diseño en AUTOCAD del tornillo sin fin según especificaciones que requiere el cliente.
- Fabricación de ejes en Torno paralelo convencional.
- Fabricación de alabes mediante el uso de cortadora de plasma CNC.
- Montaje de ejes.
- Montaje de alabes.
- No menos importante mencionar la fabricación del caballete usado para facilitar el montaje de todo el conjunto.



### 2.1.2 FABRICACIÓN DE EJES.

La fabricación del eje es una de los más simples ya que se efectúa en un trabajo de torno paralelo convencional, realizado por un maestro tornero que deja el eje a medida según el plano.



Ilustración 2-2: Fabricación en torno.  
Fuente: propia.

### 2.1.3 FABRICACIÓN DE ÁLABES.

Se calculan y se diseñan los álabes del tornillo sin fin en AUTOCAD, luego el plano se abre en MASTERCAM para generar los códigos G1 y luego ejecutarlos con la cortadora de plasma C.N.C.

Luego que se fabrican las piezas únicas de álabe que constituyen el hilo del tornillo sin fin, se sueldan todas piezas con 316L inoxidable.



Ilustración 2-3: Unión de alabes.  
Fuente: propia.

#### 2.1.4 MONTAJE DE EJES.

Para montar y alinear uniformemente los centros rotatorios de cada pieza (eje + tubo), se usa el método de los relojes comparadores.



Ilustración 2-4: Mesa cortadora de plasma.  
fuente: propia.

Cuando el tubo en su parte interior resulta estar fuera o sobre la dimensión, se procede a realizar perforaciones en distintos planos de su diámetro exterior las cuales nos servirán para centrar y alinear el eje dentro del tubo y así compartan el mismo centro rotativo.

Luego de alinear y centrar el eje se sueldan las caras de ambas partes con soldadura T.I.G.



Ilustración 2-5: Alineamiento con reloj comparador.  
Fuente: propia.

#### 2.1.5 SOLDADURA DE TAPÓN:

Se recurre a este tipo de soldadura para dar más puntos fijos de esfuerzo entre el tubo y el eje y así evitar una posible torsión o desalineamiento ya que sin este tipo de soldadura solo habría esfuerzo en la unión del proceso de soldadura mencionado anteriormente.

Para realizar este proceso se hacen perforaciones en distintos grados de la circunferencia del tubo, lógicamente se realizan las perforaciones a medida en la cual calce con los cambios de sección del eje. Este proceso se efectúa mediante el uso de soldadura SMAW.



Ilustración 2-6: Soldadura de tapón para el eje.  
Fuente: propia.



Ilustración 2-7: Cambios de sección para soldadura de tapón.  
fuente: propia.

### 2.1.6 Montaje de álabes.

Para dar inicio a la fijación de los alabes al tubo, se recurre al uso de un puente grúa, con el cual se eleva el tubo, se retira los soportes o caballetes, se introducen los alabes al tubo y luego los caballetes vuelven a sus posiciones iniciales.

Quando ambos caballetes vuelven a su posición y el tubo se monta en los soportes, comienza el proceso de unificar los alabes al tubo, para este proceso se marcan las medidas que estipula el plano en el tubo para dar el paso del hilo y el largo requerido.

Teniendo las medidas listas se da inicio al proceso de soldadura M.I.G. con aporte 316L INOXIDABLE, con el cual unifican los alabes al tubo con soldadura continua.

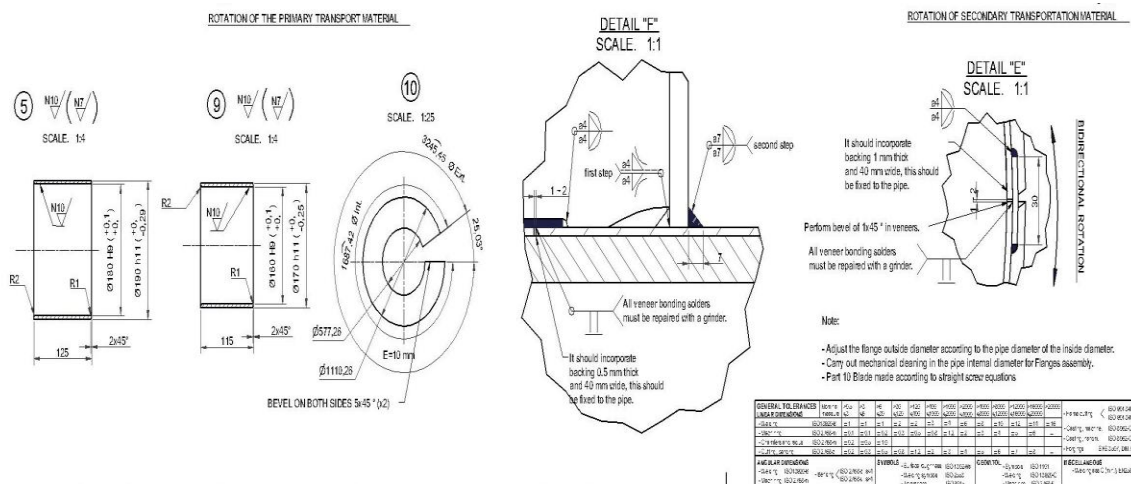


Ilustración 2-8: Montaje de alabes.  
Fuente: Andritz.

## 2.2 SOPORTES DEL TORNILLO SIN FIN.

Los soportes del tornillo son diseñados y fabricados en Andritz, el cual lo hacen según tamaño, altura y peso del tornillo. El soporte o caballete es una parte fundamental en la elaboración de los tornillos sin fin ya que en este se monta el tubo, facilitándonos el proceso de soldadura y alineamiento mecánico, otorgándonos un giro no forzado de la pieza y además soportarla.

El soporte está fabricado con un acero estructural A56, dicho material es recopilado de restos sobrantes de otros conjuntos mecánicos.



Ilustración 2-9: Caballete actual.  
fuente: propia.

### 2.3 **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

En Andritz Talcahuano la elaboración de los tornillos sin fin conlleva varias semanas de trabajo para su fabricación.

Dada la necesidad de reducir las horas de trabajo en la fabricación del tornillo sin fin, se detectó una falencia al momento de soldar los álabes en el tornillo sin fin, ya que este proceso requiere de dos personas, un soldador y un ayudante que realice a fuerza bruta el giro del tubo para que el soldador tenga la facilidad para soldar los alabes a una velocidad proporcional al giro, ya que este es el problema principal, en nuestro trabajo de título, se dará énfasis en la solución de ese problema, no solo buscando reducir el personal para la fabricación del tornillo sin fin, también reduciendo las horas de trabajo implementadas en esto.

En el momento que se rota el tornillo sin fin, tiende a generar movimientos axiales ya que los soporte o caballetes de este no tienen una contrapunta que mantenga el eje en su posición

inicial, provocando que el tornillo avance en un sentido el cual podría producir una caída y fractura de eje o un posible accidente con los mecánicos trabajando en su fabricación, debido a esto, se detiene el proceso para volverlo a la posición central.



Ilustración 2-10 Tornillo sin fin fabricado  
Fuente: Andritz



Ilustración 2-11 Tornillo sin fin fabricado  
Fuente: Andritz



Ilustración 2-12: tornillo sin fin  
Fuente: Andritz

### **CAPÍTULO 3.- SOLUCIÓN DEL PROBLEMA**

### **3. SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.**

Debido a las problemáticas ya mencionadas, se da comienzo a la solución de este caso mediante una serie de implementaciones incorporadas al caballete que soporta el conjunto mecánico.

La primera falencia ya mencionada son las horas hombre que conllevan la fabricación del tornillo sin fin, pero la fabricación del conjunto mecánico tiene varias partes que lo conforman, Mecanizado en torno paralelo de ejes interiores, corte en plasma y fabricación de álabes y la respectiva unión de estas piezas al tubo.

El principal problema es el tiempo de unificación de los alabes al tubo, esto se genera por la rotación no continua del conjunto sobre el caballete, para esto tomamos la decisión de modificar el caballete, agregándole un sistema que nos permitirá la rotación automática del tornillo, dicha rotación será efectuada por un motor eléctrico el cual tendrá un sistema de poleas y correas para transmitir la potencia desde el motor a uno de los polines modificados del sistema.

Para elegir un motor correspondiente es necesario saber y controlar una serie de parámetros, los cuales nos permitirán una correcta fabricación del conjunto mecánico, por ejemplo, la velocidad de avance de la soldadura(m/min) y el torque producido por el tornillo sin fin.

#### **3.1 PUNTOS A TRATAR:**

- Elección de componentes para el rediseño del caballete mediante cálculos de diseño.
- Modificación de diseño del caballete con software de diseño mecánico AUTOCAD.

### 3.1.1 PARÁMETROS DE SOLDADURA M.I.G.

Con los datos ya obtenidos es posible dar inicio a la recopilación de parámetros para obtener el diseño propuesto, para esto necesitamos el espesor de la soldadura que obtuvimos por los planos de fabricación el cual nos dará la velocidad de soldadura.

Una velocidad de 60 a 90 cm/min el cual nos servirá para encontrar el rpm que debe girar el tubo para que los maestros soldadores pueden soldar los álabes.

para obtener la velocidad angular del tubo en rpm dada en la siguiente expresión

$$W = \frac{v}{r}$$

el tenemos los siguientes datos

$$V = 90 \text{ cm/min}$$

$$D = 512 \text{ mm}$$

luego necesitamos una conversión de unidades

los 90cm/min a m/s

el cual será bajo la siguiente expresión

$$90 \frac{\text{cm}}{\text{min}} \times \left( \frac{1\text{m}}{100\text{cm}} \right) \times \left( \frac{1\text{min}}{60\text{s}} \right) = 0.015 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

ahora la transformación de milímetros a metros.

$$512\text{mm} \left( \frac{1\text{m}}{1000} \right) = 0.512\text{m}$$

obtendremos un diámetro de 0.512m el cual necesitamos el radio

$$0.512 \div 2 = 0.256\text{m}$$

ahora obtendremos la velocidad angular con la expresión dada

$$W = \frac{v}{r}$$

$$w = \frac{0.015 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0.256\text{m}} = 0.058 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

con la velocidad angular lo transformaremos a revoluciones por minuto con la siguiente ecuación

$$w = 0.058 \frac{rad}{s} \times \left( \frac{1rev}{2\pi rad} \right) \times \left( \frac{60s}{1min} \right) = 0.5. RPM$$

Con este resultado obtuvimos la revolución necesaria de giro del tubo para poder soldar los álabes en cuestión.

### 3.1.2 MOTOR ELÉCTRICO.

Para elegir un motor eléctrico necesitamos que tenga la potencia suficiente para poder hacer girar el tubo. Para esto necesitamos calcular el trabajo dada la siguiente expresión

$$w = f * d$$

$w$  =trabajo

$f$  =fuerza

fuerza=masa\*gravedad

$d$  =distancia

procederemos a calcular la fuerza

$$f = 3000kg * 9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$f = 29400 kg * \frac{m}{s^2}$$

$$f = 29400 n$$

la distancia es 0.256metros el cual es obtenida del radio del tubo, Entonces procederemos a calcular el trabajo.

$$w = 29400 n * 0.256m$$

$$w = 7526.4n * m$$

este trabajo obtenido lo transformaremos a joule el cual nos da

$$w = 7526.4 \text{ joule}$$

ahora procederemos a calcular la potencia mínima del motor eléctrico con la siguiente fórmula

$$P = \frac{W}{T}$$

$P$  =potencia mecánica

$w$  =trabajo

$T$  =tiempo

sabemos que el trabajo corresponde a 7526.4 joule el cual hará este trabajo en 60 segundos, Entonces procedemos aplicar la fórmula

$$P = \frac{W}{T}$$

$$P = \frac{7526.4J}{60s}$$

$$P = 125.4\text{watt}$$

ya con la potencia expresada la transformaremos a kw para mayor facilidad en la búsqueda de un motor eléctrico quedando el siguiente resultado

$$125.4W = \left(\frac{1kw}{1000w}\right) = 0.125kw$$

Entonces ahora buscaremos un motor de sobre 0.125kw para poder hacer girar este tornillo



Ilustración 3-1: Motor eléctrico W22 IE3.

Fuente: <https://www.weg.net/catalog/weg/fi/es/motores-el%3%a9ctricos/motores-iec-de-baja-tensi%3%b3n/uso-general-odp-tefc/uso-general-tefc-%28hierro-gris%29/w22---uso-general-tefc-%28hierro-gris%29/w22-ie3/w22-ie3-0-18-kw-8p-80-3f-220-240-380-415-460-v-50-hz-ic411---tefc---b34t/p/13002399>



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Potencia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.18kw                |
| Polos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 8 polos               |
| Frecuencia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 50hz                  |
| Tensión                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 220-240/380-415//460v |
| Rotación sincrónica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 750 rpm               |
| Tabla 3-1: Características Técnicas.<br>fuente: <a href="https://www.weg.net/catalog/weg/fi/es/motores-el%c3%a9ctricos/motores-iec-de-baja-tensi%c3%b3n-uso-general-odp-tefc-uso-general-tefc-%28hierro-gris%29/w22---uso-general-tefc-%28hierro-gris%29/w22-ie3/w22-ie3-0-18-kw-8p-80-3f-220-240-380-415-460-v-50-hz-ic411---tefc---b34t/p/13002399">https://www.weg.net/catalog/weg/fi/es/motores-el%c3%a9ctricos/motores-iec-de-baja-tensi%c3%b3n-uso-general-odp-tefc-uso-general-tefc-%28hierro-gris%29/w22---uso-general-tefc-%28hierro-gris%29/w22-ie3/w22-ie3-0-18-kw-8p-80-3f-220-240-380-415-460-v-50-hz-ic411---tefc---b34t/p/13002399</a> |                       |

3.1.3      Variador de Frecuencia.

Para elegir un variador de frecuencia necesitaremos la potencia del motor eléctrico el cual vamos a variar la frecuencia de este para poder obtener una baja velocidad y poder hacer girar el tornillo sin fin. con los datos del motor elegido que es de una potencia de 0.18kw vamos a elegir un variador de frecuencia que esté bajo este rango.



Ilustración 3-3: Variador de frecuencia: ATV32H018M2  
Fuente: <https://www.se.com/es/es/product/atv32h018m2/variador-velocidad-atv32---0,18-kw---200-v--monof%c3%a1sico---con-disipador-t%c3%a9rmico>

3.1.3.1 Descripción del variador:

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Destino del producto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Motores asincrónicos y sincrónicos |
| Número de red de fases                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1 fase                             |
| tensión de alimentación nominal                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 200... 240v – 15...10%             |
| Frecuencia de suministro                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 50...60hz                          |
| Potencia del motor en kw                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 0.18kw 200...240v                  |
| Frecuencia de salida                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0.0005...0.599 khz                 |
| Tabla 3-2: Descripción del variador.<br>Fuente: <a href="https://www.se.com/es/es/product/atv32h018m2/variador-velocidad-atv32---0,18-kw---200-v---monof%C3%A1sico---con-disipador-t%C3%A9rmico">https://www.se.com/es/es/product/atv32h018m2/variador-velocidad-atv32---0,18-kw---200-v---monof%C3%A1sico---con-disipador-t%C3%A9rmico</a> |                                    |

Al tener control en la frecuencia de la onda de corriente podemos también controlar la velocidad del motor de acuerdo a la siguiente expresión:

$$nm = \frac{120 \times f}{p}$$

nm= velocidad mecánica (rpm)

f=frecuencia de alimentación (Hz)

p=polos

entonces con los datos obtenidos del motor que trabajaremos es de 8 polos y a una frecuencia de 50hz el que vamos a variar con este equipo el cual llega a una frecuencia mínima de 0.5hz para realizar el trabajo. Entonces con los datos obtenidos vamos a calcular la frecuencia necesaria para hacer girar el tornillo dando la siguiente expresión

$$nm = \frac{120 \times f}{p}$$

$$nm = \frac{120 \times 0.5}{8} = 7.5 \text{ RPM}$$

### 3.1.4 Polea y Correas.

Para la elección de las poleas y correas tendremos en cuenta la velocidad del motor y la relación de transmisión que debe cumplir es de 0.5 rpm, si ya tenemos una velocidad de 7.5 rpm con el ajuste de variador de frecuencia necesitaremos una relación de polea de 15 es a 1 para obtener esta velocidad, entonces si el diámetro de la polea conductora es de 50mm la polea conducida será de 750 mm para hacer girar el tornillo a 0.5 rpm, pero esta relación sería demasiado grande para el soporte del tornillo, entonces lo que procederemos hacer es agregar una polea más haciendo un reductor de velocidad y llegar a la revoluciones calculadas, por lo cual quedaría polea conductora(eje del motor), polea intermedia, polea conducida(eje del soporte). Por lo tanto utilizaremos una polea menor de 50mm y una polea mayor de 200mm en las tres poleas, para esto vamos utilizar las siguientes fórmulas para calcular las revoluciones de cada una

$$n1 \times d1 = n2 \times d2$$

Entonces nos daría la siguiente expresión en la polea 1-2(polea conductora a intermedia)

$$7.5rpm \times 50 mm = n2 \times 200$$

$$\frac{375}{200} = n2$$

$$1.87 = n2$$

La velocidad de la polea intermedia es de 1.87 revoluciones por minuto.

Cálculo de la polea 2-3 (polea intermedia a polea conducida)

$$1.87rpm \times 50 = n2 \times 200$$

$$\frac{93.5}{200} = n2$$

$$0.46 = n2$$

La velocidad de la polea conducida será de 0.46 revoluciones por minuto el cual con este resultado podremos trabajar en el soporte.

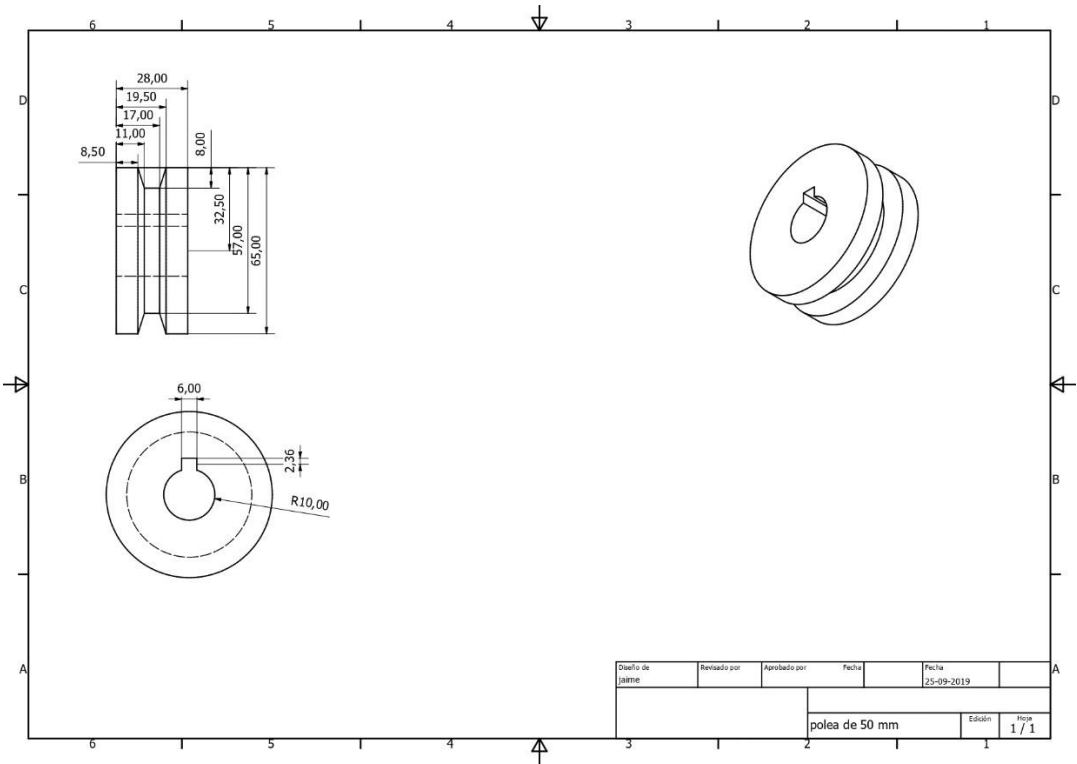


Ilustración 3-4: Polea del motor eléctrico o conductora.  
Fuente: propia.

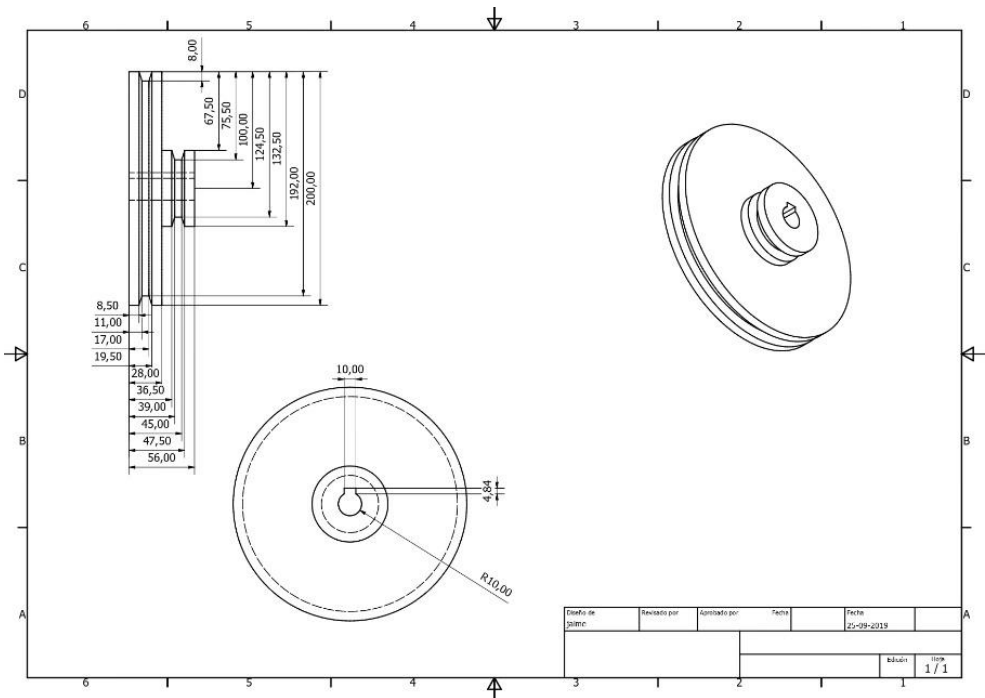
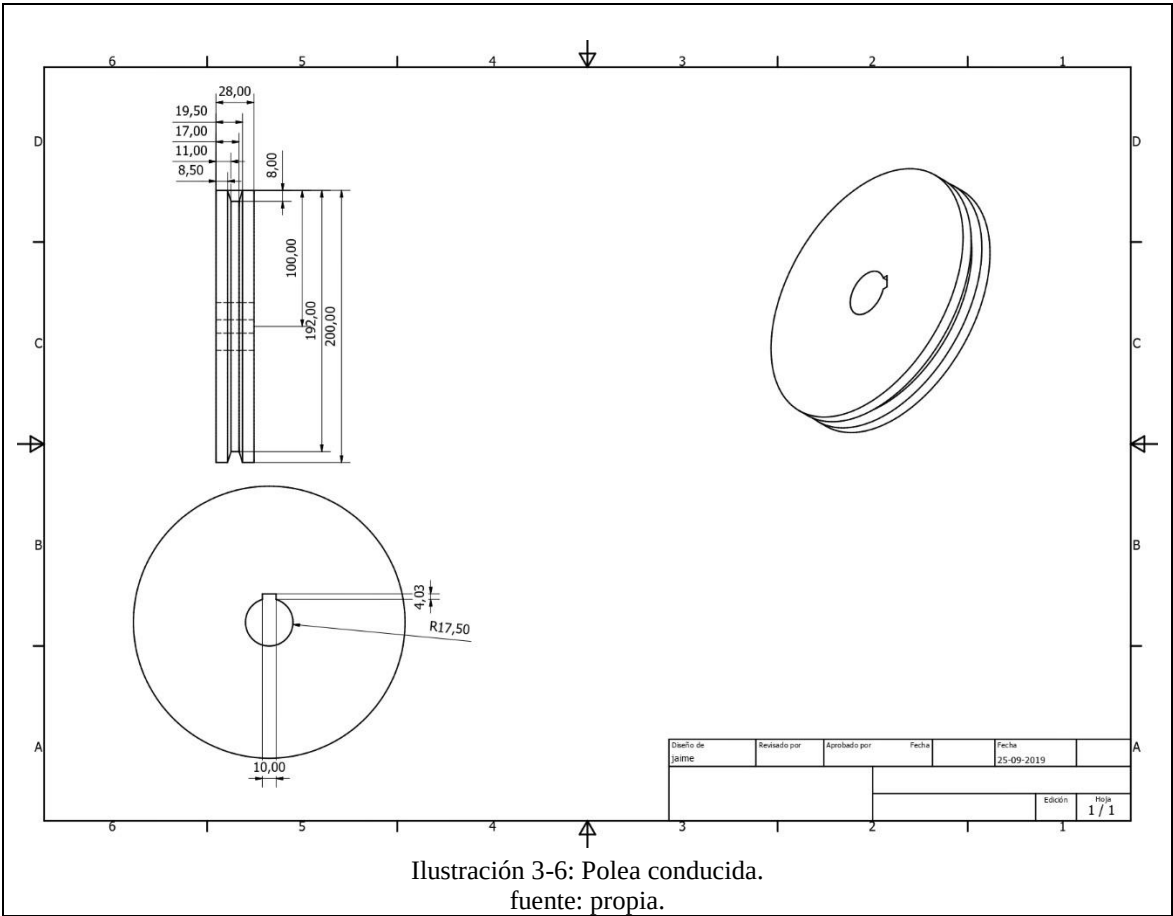


Ilustración 3-5: Polea intermedia.  
fuente: propia.



3.1.5 Cambio de rueda.

Unos de las dos ruedas ya existentes en nuestro sistema se cambiarán por una rueda con el eje fijo, el cual hará que el eje gire junto con la rueda permitiéndonos hacer la transmisión de velocidades desde el motor hasta el tornillo sin fin. Para la elección de esta rueda tenemos en cuenta el diámetro de la rueda (igual a 300mm) el largo de la rueda (100mm) y la carga que soporta este (mínimo de 2200kg)

3.1.5.1 Elección de rueda.

Esta rueda se seleccionó según las características técnicas que necesitábamos para incorporarla al soporte. Esta rueda motriz es para carga pesada con chavetero, con banda de rodadura de poliuretano Blickle Extrathane

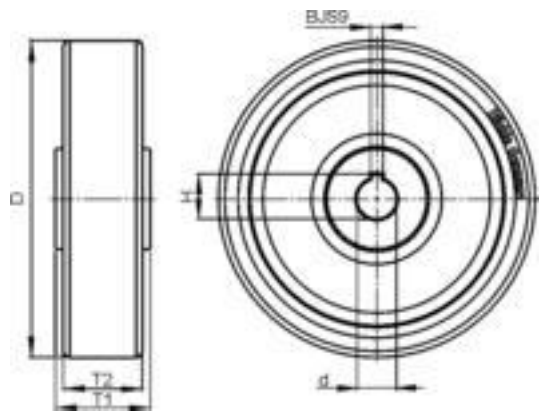


Ilustración 3-7: Plano de la rueda.  
Fuente: <file:///c:/users/alumno/downloads/gthn-304-40h7-459933.pdf>

|                                                                                                                                                                                               |               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Ø Rueda                                                                                                                                                                                       | 300 mm (D)    |
| Ancho rueda                                                                                                                                                                                   | 100 mm (T2)   |
| Capacidad de carga                                                                                                                                                                            | 2700 kg       |
| Ø Eje                                                                                                                                                                                         | 40 H7 mm (d)  |
| Altura ranura cubo                                                                                                                                                                            | 43,3 mm (H)   |
| Largo de cubo                                                                                                                                                                                 | 100 mm (T1)   |
| Anchura ranura cubo                                                                                                                                                                           | 12 JS9 mm (B) |
| Tipo de rodamiento                                                                                                                                                                            | Chavetero     |
| <p>Tabla 3-3: Descripción de la rueda.</p> <p>Fuente: <a href="file:///c:/users/alumno/downloads/gthn-304-40h7-459933.pdf">file:///c:/users/alumno/downloads/gthn-304-40h7-459933.pdf</a></p> |               |

3.1.6 Eje de la rueda

El caballete consta con polines los cuales serán cambiados por ruedas que tendrán un eje con doble chaveta. Una ira conectada a la polea conducida y la otra ira en la rueda para poder transmitir la velocidad y potencia del motor.

Para la fabricación de este eje se utilizó el software AUTODESK-INVENTOR

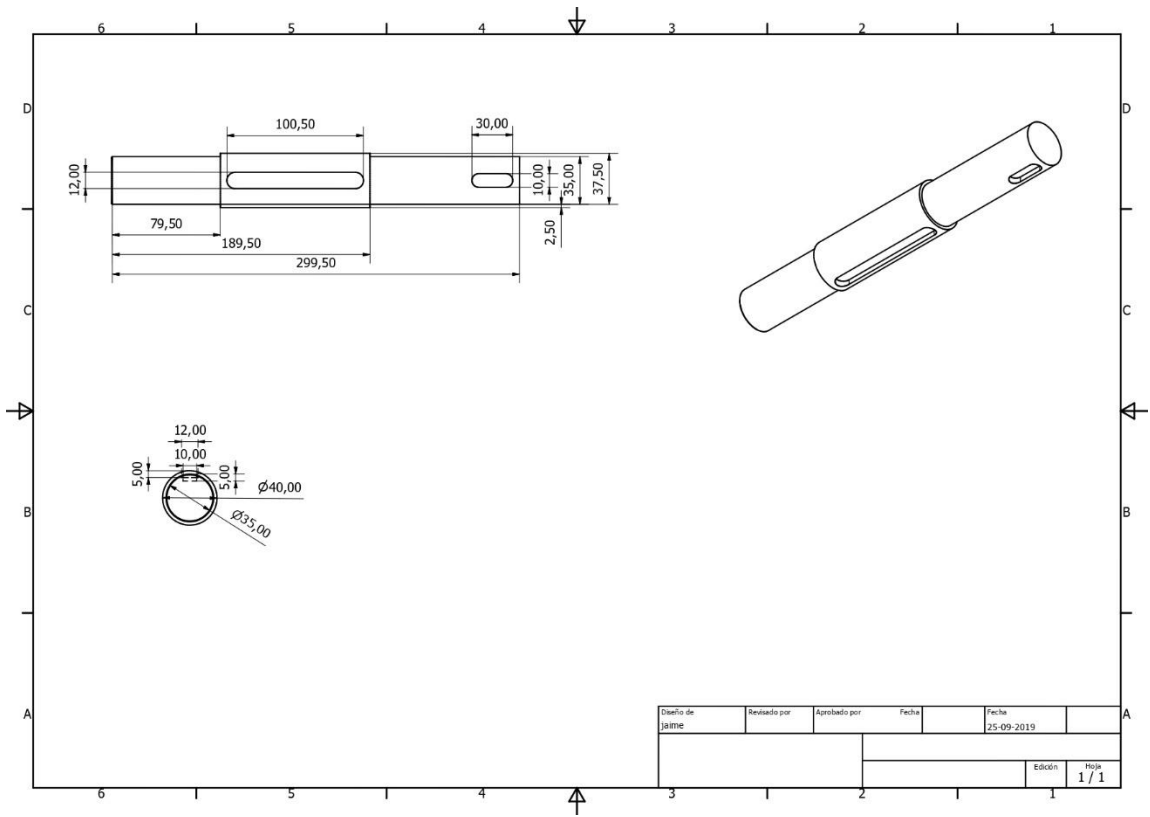


Ilustración 3-8: Diseño del eje.  
Fuente propia.

**CAPITULO 4.- DISEÑO Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

4. DISEÑO Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Debido a que el eje gira junto con la rueda esté mantendrá un roce con la base del soporte causando desgaste continuo al ir rotando el conjunto, por lo cual se le añadirá un rodamiento con pestaña ovalada que se anclara en la pared, esto producirá que el eje pase por el rodamiento y no haga contacto con las superficies del soporte.

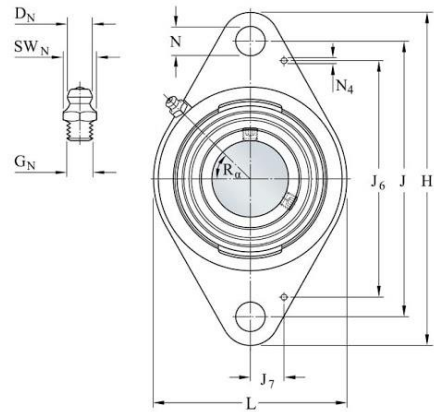
4.1 ELECCIÓN DEL RODAMIENTO PARA EL EJE DE LA RUEDA

Para la elección del rodamiento tendremos en cuenta los principales factores para seleccionar el rodamiento:

- El diámetro del eje.
- La velocidad del eje.
- La carga que mantendrá.
- Tamaño del soporte.

Conforme los principales factores, el rodamiento que cumple con todas las cualidades necesaria es un **SKF FYTB 35 TR**.

Dimensiones



|                             |               |    |
|-----------------------------|---------------|----|
| R <sub>1</sub>              | 22            | mm |
| R <sub>α</sub>              | 45            | °  |
| <b>Boquilla engrasadora</b> |               |    |
| D <sub>N</sub>              | 6.5           | mm |
| SW <sub>N</sub>             | 7             | mm |
| G <sub>N</sub>              | 1/4-28 SAE-LT |    |
| <b>Fijas de situación</b>   |               |    |
| J <sub>6</sub>              | 106           | mm |
| J <sub>7</sub>              | 15            | mm |
| N <sub>4</sub>              | 2             | mm |

**Datos del cálculo**

|                                                |                |       |       |
|------------------------------------------------|----------------|-------|-------|
| Capacidad de carga dinámica básica             | C              | 25.5  | kN    |
| Capacidad de carga estática básica             | C <sub>0</sub> | 15.3  | kN    |
| Carga límite de fatiga                         | P <sub>u</sub> | 0.655 | kN    |
| Velocidad límite<br>(con tolerancia de eje h6) |                | 3200  | r/min |

**Masa**

|                               |      |    |
|-------------------------------|------|----|
| Unidad de rodamientos de masa | 1.15 | kg |
|-------------------------------|------|----|

**Información de montaje**

|                                                               |                |         |     |
|---------------------------------------------------------------|----------------|---------|-----|
| Rosca del prisionero                                          | G <sub>2</sub> | M6x0.75 |     |
| Tamaño de llave hexagonal para prisionero                     | N              | 3       | mm  |
| Par de apriete recomendado para el prisionero                 |                | 4       | N·m |
| Diámetro recomendado para los tornillos de fijación, mm       | G              | 12      | mm  |
| Diámetro recomendado para los tornillos de fijación, pulgadas | G              | 0.5     | in  |

**Productos correspondientes**

|            |             |
|------------|-------------|
| Soporte    | FYTB 507 M  |
| Rodamiento | YAR 207-2RF |

**Productos adecuados**

|              |         |
|--------------|---------|
| Tapa lateral | ECY 207 |
|--------------|---------|

<https://www.skf.com/cl/products/bearings-units-housings/bearing-units/ball-bearing-units/y-bearing-flanged-units/y-brg-oval-flanged-units/index.html?d...> 2/2

Ilustración 4-2: Datos de cálculo.

fuelle:<https://www.skf.com/mx/products/bearings-units-housings/bearing-units/ball-bearing-units/y-bearing-flanged-units/y-brg-oval-flanged-units/index.html?designation=FYTB%2035%20TR>

4.1.2      ELECCIÓN DE RODAMIENTO PARA EJE INTERMEDIO

Debido a que el eje intermedio gira junto con las poleas este debe tener un rodamiento para fijarlo en el soporte el cual se seleccionara un rodamiento fijo para ello necesitamos un rodamiento con dos fijaciones para ser añadido al soporte y que soporte aproximadamente 10 rpm  
elección de rodamiento según catálogos SKF y los parámetros obtenidos

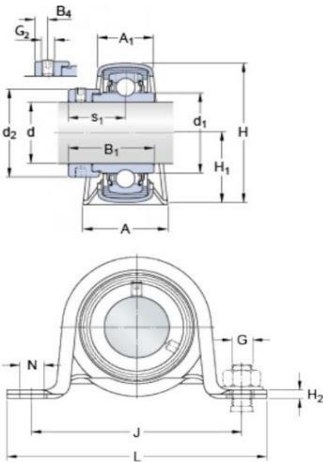


### P 52 R-20 WF

Sin designación de pedido; pedir productos correspondientes individuales

|                          |                                         |
|--------------------------|-----------------------------------------|
| Compliance with standard | ISO*                                    |
| Material                 | Acero prensado                          |
| Sealing solution         | Standard seals with additional flingers |

**Dimensiones**



|                |      |    |
|----------------|------|----|
| d              | 20   | mm |
| A              | 32   | mm |
| A <sub>1</sub> | 23   | mm |
| B <sub>1</sub> | 43.7 | mm |
| H              | 56   | mm |
| H <sub>1</sub> | 28.4 | mm |
| H <sub>2</sub> | 3.2  | mm |
| J              | 86   | mm |
| L              | 108  | mm |
| N              | 11.2 | mm |
| s <sub>1</sub> | 26.6 | mm |

**Dimensions**

|                |   |      |    |
|----------------|---|------|----|
| d <sub>1</sub> | ≈ | 28.2 | mm |
| d <sub>2</sub> |   | 32.4 | mm |
| B <sub>4</sub> |   | 4.75 | mm |

**Datos del cálculo**

|                                    |                |          |       |
|------------------------------------|----------------|----------|-------|
| Capacidad de carga dinámica básica | C              | 12.7     | kN    |
| Capacidad de carga estática básica | C <sub>0</sub> | 6.55     | kN    |
| Carga límite de fatiga             | P <sub>u</sub> | 0.28     | kN    |
| Carga radial admisible del soporte |                | max. 1.8 | kN    |
| Velocidad límite                   |                | 8500     | r/min |
| (con tolerancia de eje h6)         |                |          |       |

**Masa**

Ilustración 4-3:Características.  
fuente:<https://www.skf.com/mx/products/bearings-units-housings/bearing-units/ball-bearing-units/y-bearing-flanged-units/y-brg-oval-flanged-units/index.html?designation=FYTB%2035%20TR>

Características

|                |      |    |
|----------------|------|----|
| Unidad de masa | 0.32 | kg |
|----------------|------|----|

Mounting information

|                      |     |         |
|----------------------|-----|---------|
| Rosca del prisionero | G 2 | M6x0.75 |
|----------------------|-----|---------|

Información de montaje

|                                                               |   |       |     |
|---------------------------------------------------------------|---|-------|-----|
| Tamaño de llave hexagonal para prisionero                     | N | 3     | mm  |
| Par de apriete recomendado para el prisionero                 |   | 4     | N·m |
| Diámetro recomendado para los tornillos de fijación, mm       | G | 10    | mm  |
| Diámetro recomendado para los tornillos de fijación, pulgadas | G | 0.375 | in  |

Productos correspondientes

|                                          |            |
|------------------------------------------|------------|
| Soporte                                  | P 52       |
| Rodamiento                               | YEL 204-2F |
| Designación del aro de asiento de caucho | RIS 204    |

Ilustración 4-4: Características.  
fuente:<https://www.skf.com/mx/products/bearings-units-housings/bearing-units/ball-bearing-units/y-bearing-flanged-units/y-brg-oval-flanged-units/index.html?designation=FYTB%2035%20TR>

4.2 EJE DE POLEA INTERMEDIA.

Este eje intermedio está diseñado con un chaveta y dos seguros seeger que nos permitirán que no se mueva axialmente mientras el eje gira junto a la polea intermedia

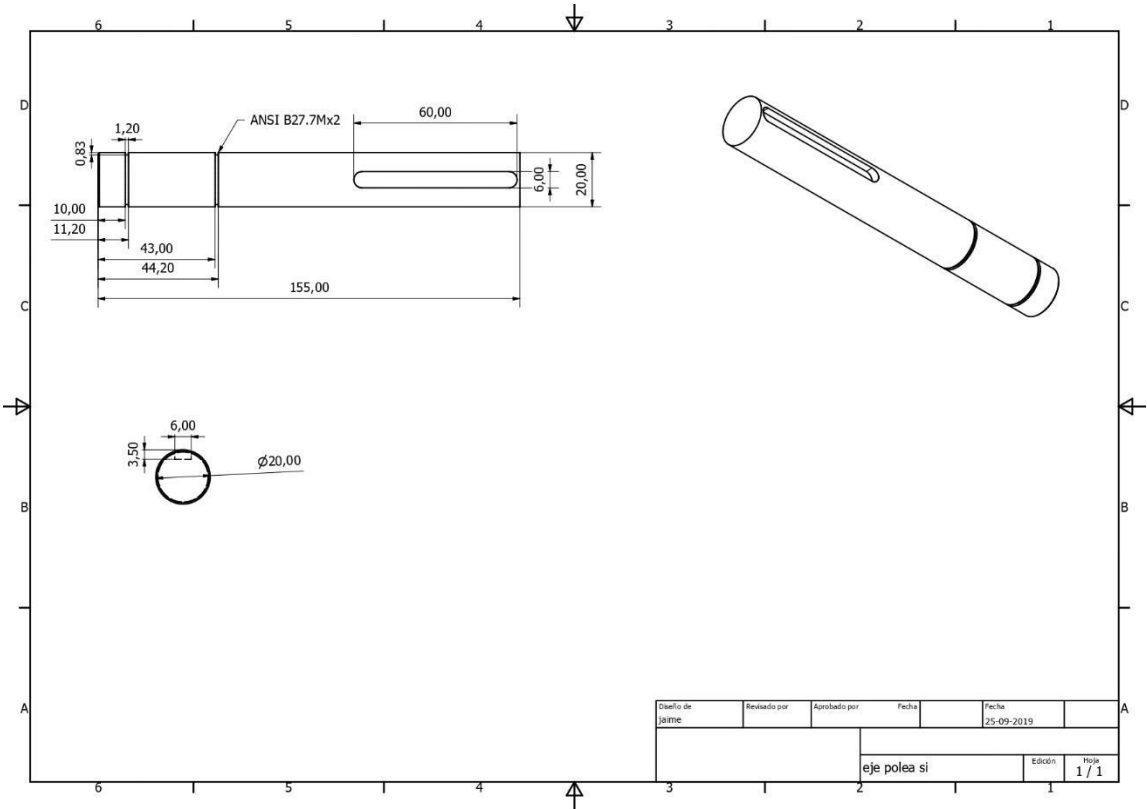


Ilustración 4-5:Eje de polea intermedia.

fuelle:<https://www.skf.com/mx/products/bearings-units-housings/bearing-units/ball-bearing-units/y-bearing-flanged-units/y-brg-oval-flanged-units/index.html?designation=FYTB%2035%20TR>

4.2.1 EJE DE LA RUEDA.

El caballete consta con polines los cuales serán cambiados por ruedas que tendrán un eje con doble chaveta. Una ira conectada a la polea conducida y la otra irá en la rueda para poder transmitir la velocidad y potencia del motor.

Para la fabricación de este eje se utilizó el software inventor

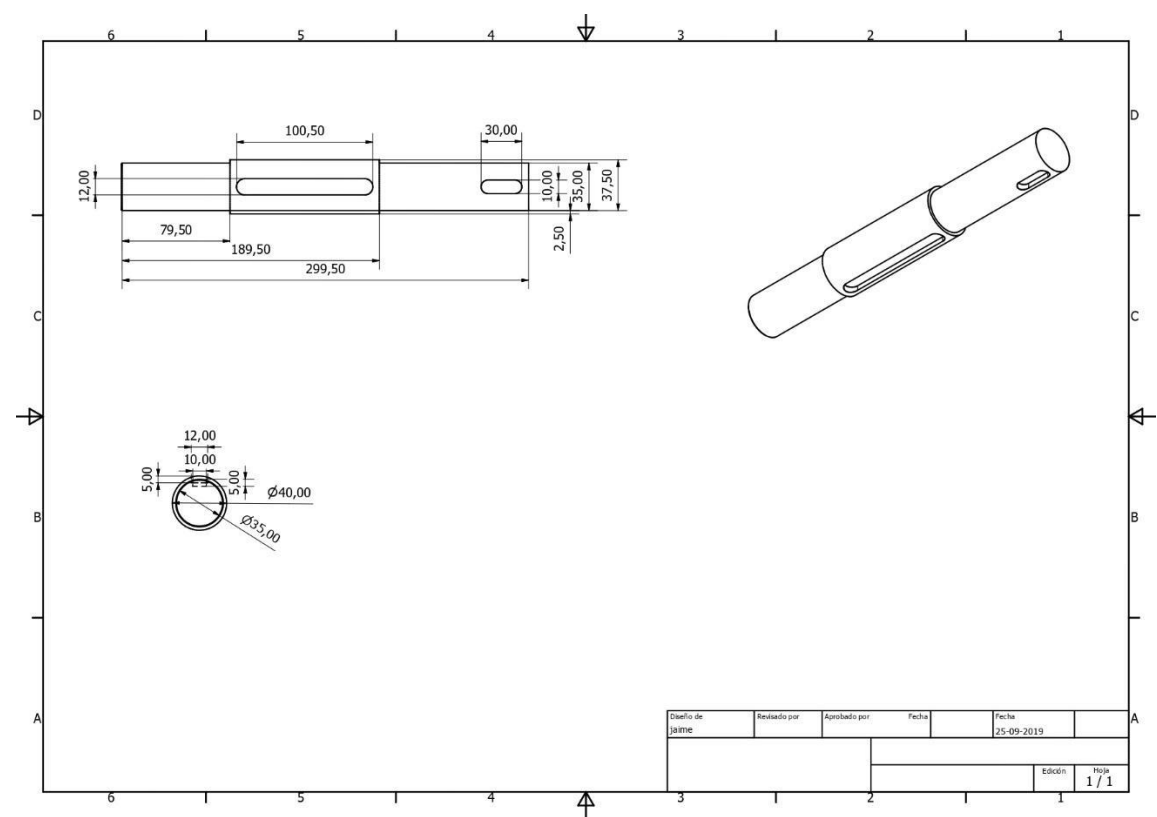


Ilustración 4-6: Eje principal.  
Fuente: propia.

4.3 CIRCUITO ELÉCTRICO

Para dar inicio a este conjunto mecánico necesitaremos un circuito eléctrico con un botón de partida, un botón de detención y un botón de emergencia.

Para realizar este circuito necesitaremos dos botones pulsadores con un relevador de control, que nos permitirá controlar la alimentación eléctrica y a los componentes de control y un botón de emergencia a través de enclavamiento mecánico

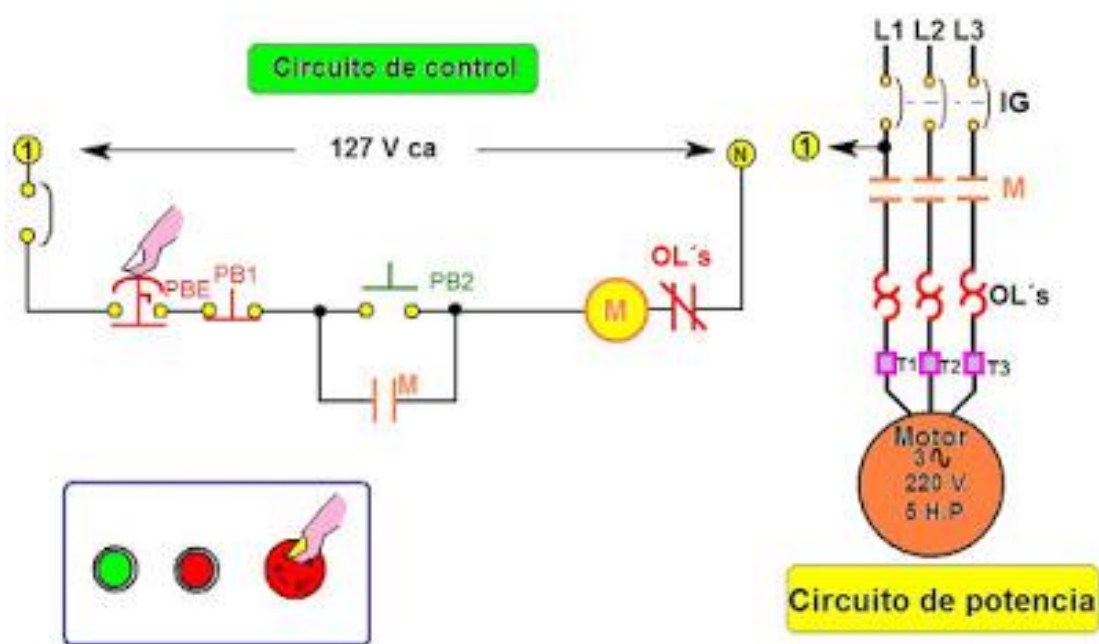


Ilustración 4-7: Circuito eléctrico.  
fuente:<https://coparoman.blogspot.com/2015/09/diagramas-de-circuitos-electricos-de.html>

4.4 Tabla de tolerancia

Con la siguiente tabla podremos realizar las chavetas a los ejes y hacer el cubo a la polea según el diámetro del eje

Tabla de tolerancia de chavetas y chaveteros de alojamiento (mm)

| Campo de aplicación |     | Chaveta         |                |             | Chavetero     |        |                    |         |        |        |             |        |           |           |           |           |           |
|---------------------|-----|-----------------|----------------|-------------|---------------|--------|--------------------|---------|--------|--------|-------------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                     |     | Sección         |                | Dim. normal | Largo         |        |                    |         |        |        | Profundidad |        |           |           |           |           |           |
|                     |     |                 |                |             | Toleran sobre |        | Tolerancia sobre b |         |        |        |             |        | Eje       |           | Cubo      |           |           |
|                     |     | b <sup>h9</sup> | h <sup>*</sup> |             |               |        | b                  | Por eje |        |        | Por cubo    |        |           | t1        | t2        |           |           |
| H9                  | N9  |                 |                | P9          | D10           | Js9    |                    | P9      | Nom    | Tol.   | Nom         | Tol.   |           |           |           |           |           |
| De                  | 6   | 2x2             | 0              | 0           | 2             | +0,025 | -0,004             | -0,006  | +0,060 | ±0,012 | -0,006      | 1,2    | +0,1<br>0 | 1         | +0,1<br>0 |           |           |
| Hasta               | 8   |                 | -0,025         | -0,025      | 3             | 0      | 0                  | -0,031  | +0,020 | -0,031 | 1,8         | 1,4    |           |           |           |           |           |
| Más de hasta        | 10  | 4x4             | 0              | -0,030      | 4             | +0,030 | 0                  | -0,012  | +0,078 | ±0,015 | -0,012      | 2,5    |           | 1,8       |           |           |           |
| Más de hasta        | 12  |                 |                |             | 5             |        |                    |         |        |        |             | -0,042 |           | -0,042    |           | 3         | 2,3       |
| Más de hasta        | 17  |                 |                |             | 6             |        |                    |         |        |        |             | 3,5    |           | 3,5       |           |           |           |
| Más de hasta        | 22  | 6x6             | 0              | -0,036      | 8             | +0,036 | 0                  | -0,015  | +0,098 | ±0,018 | -0,015      | 5      | 3,3       |           |           |           |           |
| Más de hasta        | 30  | 8x7             |                |             | 10            |        |                    |         |        |        |             | -0,036 | -0,051    | +0,040    | -0,051    | 5         | 3,3       |
| Más de hasta        | 38  | 10x8            |                |             | 12            |        |                    |         |        |        |             | +0,043 | 0         | -0,018    | +0,120    | ±0,021    | -0,018    |
| Más de hasta        | 44  | 12x8            | 14             | 6           | 4,3           |        |                    |         |        |        |             |        |           |           |           |           |           |
| Más de hasta        | 50  | 14x9            | 16             | 7           | 4,4           |        |                    |         |        |        |             |        |           |           |           |           |           |
| Más de hasta        | 58  | 16x10           | 0              | -0,043      | 18            | +0,052 | 0                  | -0,022  | +0,149 | ±0,026 | -0,022      | 9      | +0,2<br>0 | 4,9       | +0,2<br>0 |           |           |
| Más de hasta        | 60  | 18x11           |                |             | 20            |        |                    |         |        |        |             | 9      |           | 5,4       |           |           |           |
| Más de hasta        | 65  | 20x12           |                |             | 22            |        |                    |         |        |        |             | 9      |           | 5,4       |           |           |           |
| Más de hasta        | 75  | 22x14           | 25             | 10          | 6,4           |        |                    |         |        |        |             |        |           |           |           |           |           |
| Más de hasta        | 85  | 25x14           | 0              | -0,052      | 28            | +0,062 | 0                  | -0,026  | +0,180 | ±0,031 | -0,026      | 11     |           | +0,3<br>0 |           | 8,4       | +0,3<br>0 |
| Más de hasta        | 95  | 28x16           |                |             | 32            |        |                    |         |        |        |             | 13     | 9,4       |           |           |           |           |
| Más de hasta        | 110 | 32x18           |                |             | 36            |        |                    |         |        |        |             | 15     | 10,4      |           |           |           |           |
| Más de hasta        | 130 | 36x20           | 40             | 17          | 11,4          |        |                    |         |        |        |             |        |           |           |           |           |           |
| Más de hasta        | 150 | 40x22           | 0              | -0,062      | 45            | +0,074 | 0                  | -0,032  | +0,220 | ±0,037 | -0,032      | 20     | +0,3<br>0 |           | 12,4      | +0,3<br>0 |           |
| Más de hasta        | 170 | 45x25           |                |             | 48            |        |                    |         |        |        |             | 22     |           | 14,4      |           |           |           |
| Más de hasta        | 200 | 50x28           |                |             | 50            |        |                    |         |        |        |             | 25     |           | 15,4      |           |           |           |
| Más de hasta        | 230 | 56x32           | 0              | -0,074      | 56            | +0,087 | 0                  | -0,037  | +0,260 | ±0,043 | -0,037      | 28     |           | +0,3<br>0 | 17,4      |           | +0,3<br>0 |
| Más de hasta        | 260 | 63x32           |                |             | 63            |        |                    |         |        |        |             | 31     |           |           | 19,5      |           |           |
| Más de hasta        | 290 | 70x36           |                |             | 70            |        |                    |         |        |        |             | 33     | 19,5      |           |           |           |           |
| Más de hasta        | 330 | 80x40           | 80             | 35          | 19,5          |        |                    |         |        |        |             |        |           |           |           |           |           |
| Más de hasta        | 380 | 90x45           | 0              | -0,087      | 90            | +0,087 | 0                  | -0,037  | +0,260 | ±0,043 | -0,037      | 31     | +0,3<br>0 |           | 19,5      | +0,3<br>0 |           |
| Más de hasta        | 440 | 100x50          |                |             | 100           |        |                    |         |        |        |             | 33     |           | 19,5      |           |           |           |
| Más de hasta        | 500 |                 |                |             |               |        |                    |         |        |        |             |        |           |           |           |           |           |

\* La tolerancia es h9 para la sección cuadrada y h11 para la rectangular.

\* La tolerancia es **b9** para la sección cuadrada y **h11** para la rectangular.

Ilustración 4-8: Tabla de tolerancias de la chaveta.  
fuente:<http://normalizo.blogspot.com/2014/02/chaveteros.html>

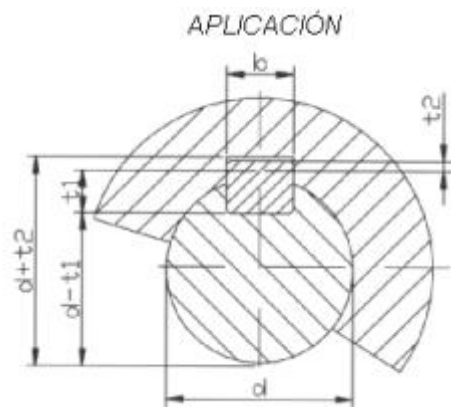


Ilustración 4-9: Esquema chavetero.  
fuente:<http://normalizo.blogspot.com/2014/02/chaveteros.html>

4.5 Seguro Seeger

Este seguro será utilizado en el eje de la polea intermedia ya que irá montando en los extremos del rodamiento fijo, este producirá que el eje no se mueva axialmente.

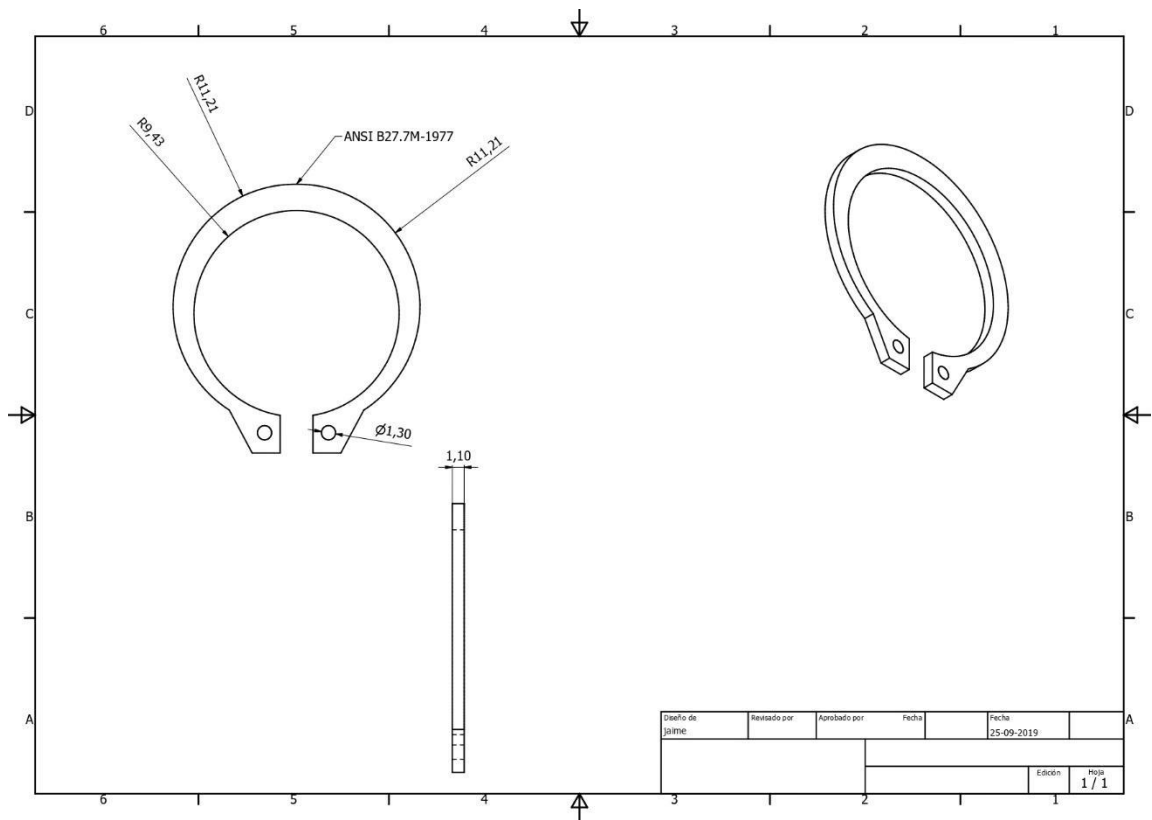
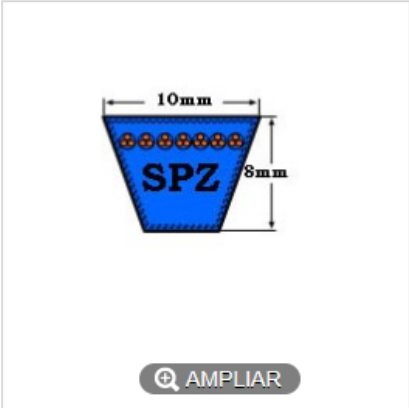


Ilustración 4-10: Seguro Seeger  
fuente:<https://www.traceparts.com/es/product/ansiasmeastm-metric-basic-retaining-ring-external-3am1-for-shaft-diameter-20-mm?CatalogPath=TRACEPARTS%3ATP01001011001001&Product=10-10052007-078614&PartNumber=3AM1-20>

4.6 CORREA

La elección de la correa será mediante la revolución que darán las poleas, el largo que hay entre poleas y ancho de las poleas, con estos datos obtenemos una correa de 925mm y una segunda correa de 1462mm.

SPZ925 / Correa Metrica - 925 mm de longitud



Referencia: SPZ925  
Descripción: Correa Métrica tipo SPZ  
Ancho superior: 10 mm  
Altura: 8 mm  
Longitud efectiva: 925 mm  
Peso: 0.14 lb

Referencia: SPZ925

Cantidad

Disponibilidad: **DISPONIBLE**

**\$2.94**

Añadir al carrito

» Recibir un precio especial «

Enviar a un amigo

Imprimir

Más

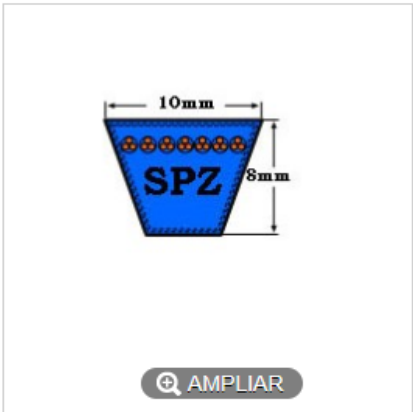
Referencia: SPZ925  
Descripción: SPZ925 Correa Métrica Tipo SPZ  
Longitud: 925 mm  
Ancho superior: 10 mm  
Altura: 8 mm  
Peso 0.14 lb  
Material: Compuesto de caucho y refuerzo en cable de poliéster, cubierto con una capa de tela de algodón-poliéster resistente a la abrasión.  
Resistencia a la temperatura: -35C a +70C  
Uso recomendado:  
- Requerimiento de transmisión de potencia elevado  
- Espacio de instalación y funcionamiento reducido  
  
Otras características:  
- Transmisión de potencia 1.5 o 2 veces más que las correas en V clásicas del mismo ancho.  
- Resistencia limitada a la grasa, antiestáticas.

Ilustración 4-11: Correa spz9 925

Fuente: <https://www.gprindustrial.com/es/correas-en-v-tipo-b/236-B67-classic-vbelt.html>



SPZ1462 / Correa Metrica - 1462 mm de longitud



Referencia: SPZ1462  
Descripción: Correa Métrica tipo SPZ  
Ancho superior: 10 mm  
Altura: 8 mm  
Longitud efectiva: 1462 mm  
Peso: 0.22 lb

Referencia: SPZ1462

Cantidad

Disponibilidad: **DISPONIBLE**

**\$4.65**

Añadir al carrito

» Recibir un precio especial «



Enviar a un amigo  
 Imprimir

Más

Referencia: SPZ1462  
Descripción: SPZ1462 Correa Métrica Tipo SPZ  
Longitud: 1462 mm  
Ancho superior: 10 mm  
Altura: 8 mm  
Peso 0.22 lb  
Material: Compuesto de caucho y refuerzo en cable de poliéster, cubierto con una capa de tela de algodón-poliéster resistente a la abrasión.  
Resistencia a la temperatura: -35C a +70C  
Uso recomendado:  
- Requerimiento de transmisión de potencia elevado  
- Espacio de instalación y funcionamiento reducido  
  
Otras características:  
- Transmisión de potencia 1.5 o 2 veces más que las correas en V clásicas del mismo ancho.  
- Resistencia limitada a la grasa, antiestáticas.



#### 4.8 **MANTENIMIENTO PREDICTIVO.**

El mantenimiento predictivo que se realizará en el conjunto mecánico trata según las posibles fallas o defectos que tenga este, que se pueden producir en las etapas incipientes para evitar que estos fallos ocurran en su funcionamiento, así es como se evitará paros de emergencia y tiempos muertos que conlleva un impacto financiero negativo.

a continuación, una lista de mantenimientos predictivos que se le harán al conjunto mecánico

- **Lubricación en los rodamientos**
  - Debido al trabajo que llevarán estos rodamientos deberán engrasar para alargar su periodo de vida
- **Cambio de correa**
  - Con el desgaste según el uso que tenga este tendrá que ser cambiada y lubricada ya que en el taller estará expuesta a polvo, humedad, etc
- **Alineamiento de poleas**
  - cada vez que se cambie la correa o se haga mantenimiento esta deberá ser alineadas y ajustadas, también cuando estas tengan grandes vibraciones o sonidos anormales
- **Limpieza general**
  - se tendrá que hacer una limpieza general y lubricación a sus componentes cuando por un periodo largo no tenga uso o luego de un mantenimiento.
- **Circuito eléctrico**
  - Un electricista deberá hacer mantenimiento a través de una cámara termográfica al motor junto con el variador de frecuencia y sus conexiones para prevenir un corte o que algún equipo se descomponga

## **CAPITULO 5.- COSTOS**

5.1 COSTOS

| COMPONENTES                | valor    | cantidad | total     |
|----------------------------|----------|----------|-----------|
| Motor eléctrico            | \$99.990 | 1        | \$99.990  |
| Variador de frecuencia     | \$54.329 | 1        | \$54.329  |
| Polea intermedia           | \$42.940 | 1        | \$42.940  |
| Polea conducida            | \$31.790 | 1        | \$31.790  |
| Polea conductora           | \$21.390 | 1        | \$21.390  |
| Rueda                      | \$89.990 | 1        | \$89.990  |
| seguro seeger              | \$2.000  | 2        | \$4.000   |
| Botonera                   | \$9.990  | 1        | \$9.990   |
| Rodamiento SKF FYTB 35 TR. | \$57.990 | 1        | \$57.990  |
| Rodamiento P 52 R20-WF     | \$48.990 | 1        | \$48.990  |
| Correa spz 1461            | \$3.391  | 1        | \$3.391   |
| Correa spz 925             | \$2.144  | 1        | \$2.144   |
| Total                      |          |          | \$466.034 |
| Tabla5-1: componentes      |          |          |           |
| Fuente: propia             |          |          |           |

5.2 ESTIMACION E INSUMOS DE FABRICACION

La estimación del sistema automático en montar en el caballete es de 40 horas contando desde su fabricación hasta su puesta en marcha. Para ello se necesitará un eléctrico para la conexión, un mecánico para la instalación y un soldador para la fabricación del soporte

|                         |          |
|-------------------------|----------|
| Eléctrico               | 16 horas |
| Mecánico                | 16 horas |
| Soldador                | 8 horas  |
| Total                   | 40 horas |
| Tabla5-2: estimación HH |          |
| Fuente: propia          |          |

## **CONCLUSIÓN**

Sin duda que al realizar este trabajo queda en claro la importancia del tornillo sin fin, lo complejo que es su proceso de fabricación y las empresas y maquinarias que lo utilizan para la producción en masa.

Es por este motivo que según nuestro criterio es necesario que Andritz opte por considerar una mejora en su línea de proceso la cual será una inversión a mediano y largo plazo que evitará gastos innecesarios en mano de obra y tiempo.

Debido a la investigación que se realizó acerca del tornillo sin fin, su fabricación, sus partes, el tiempo de fabricación la mano de obra y el costo, hacer un cambio en la línea de proceso es necesario. Planteamos el problema inicial que con ayuda de profesores logramos entenderlo y buscarle una solución con el fin de llevar a cabo un proyecto viable y seguro el cual satisfaga la necesidad de cambio