

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

DISEÑO DE SISTEMA PORTÁTIL DE FRESADO

Trabajo de Titulación para optar al Título de
Ingeniero en FABRICACIÓN Y DISEÑO
INDUSTRIAL con Licenciatura en Ingeniería
en Fabricación y Diseño Industrial.

Alumno:

Matías Benjamín Pümpin Guital

Profesor Guía:

Ing. Carlos Antillanca Espina

2023

RESUMEN

KEYWORDS:

FRESADO PORTATIL - MÁQUINA PORTABLE - TORPEDO DE FRESADO

El presente trabajo busca responder a la solicitud de necesidad de un equipo industrial portable, realizado por Maestranza Véliz, ubicada en la ciudad de Valparaíso.

Maestranza Véliz trabaja con distintos sectores de la industria chilena, ya sea petroquímicas, plantas de celulosa, área energética, portuario y minería. Por esta razón Maestranza Véliz se está enfocando en la fabricación de diferentes máquinas portables, con la intención de realizar trabajos directamente en el lugar.

Por esta razón se acoge la solicitud de la maestranza para diseñar una máquina de fresado portátil para llevar a terreno y utilizarla sin la necesidad de trasladar las piezas directamente a la maestranza. Este tipo de trabajos agilizan las operaciones, reduce costos y reduce el porcentaje de error en el momento de realizar un trabajo.

Se diseñará el equipo en base a los requerimientos de la Maestranza y se realizaran distintos estudios económicos para realmente analizar si es viable la fabricación de este equipo y es un buen negocio. Se espera que en base a este trabajo se puedan adaptar y transformar futuras máquinas a una versión portátil de sí mismas.

ABSTRACT

The following thesis seeks to respond the request of Maestranza Véliz, located in the city of Valparaiso, and design a portable industrial equipment.

Maestranza Véliz Works with different sectors of the Chilean industry, like petrochemicals, pulp mills, energy, ports, and mining. For this reason, Maestranza Véliz is focusing on the manufacture of different portable machines, with the intention of carrying out work directly on the site.

This thesis accepts the challenge proposed by Maestranza Véliz to design a portable milling machine to be able to take it to the workplace and use it without the need of carrying parts directly to the workshop. Using these type of machines streamlines operations, reduces costs and lowers the percentage of error at the time of carrying out a job.

In this way, it seeks to diversify the projects to which Maestranza Véliz could be applied. At the same time, it is expected that based on this work, future machines could be adapted and transformed into a portable version of themselves.

ÍNDICE

SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS.....	13
INTRODUCCIÓN.....	1
1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....	4
1.1 CONTEXTO Y VIABILIDAD DEL PROYECTO.....	4
1.2 ANTECEDENTES GENERALES.....	5
1.2.1 LA FRESADORA.....	6
1.2.2 PARTES DE UNA FRESADORA.....	6
1.2.3 FRESADO.....	7
1.2.4 PARÁMETROS DE CORTE.....	7
1.2.5 ALGUNAS OPERACIONES DE FRESADO.....	8
1.2.6 TIPOS DE FRESADORAS.....	10
1.3 ANTECEDENTES ESPECÍFICOS.....	18
1.4 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y OPORTUNIDAD DE DISEÑO.....	22
1.4.1 CONTEXTO DEL PROBLEMA.....	25
1.4.2 ANÁLISIS ESTRATÉGICO DEL PROBLEMA.....	26
1.4.3 COMPRENSIÓN DEL MERCADO.....	27
1.4.4 COMPORTAMIENTO DEL MERCADO.....	27
1.4.5 VARIABLES QUE PODRÍAN AFECTAR EN LA DEMANDA.....	29
1.4.6 DIMENSIÓN TECNOLÓGICA.....	30
1.5 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	30
1.5.1 OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO.....	31
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICO.....	31
2 DISEÑO DE INGENIERÍA.....	34

2.1	DEFINICIÓN DEL PRODUCTO	34
2.1.1	METAS CUALITATIVAS	36
2.1.2	DEFINICIONES EN TÉRMINOS DE RENDIMIENTO	37
2.1.3	ESPECIFICACIONES FINALES.....	37
2.1.4	DATOS CUANTITATIVOS	40
2.1.5	META POR LOGRAR CON EL PRODUCTO.....	42
2.1.6	DESARROLLO CONCEPTUAL	42
2.1.7	CANTIDAD DE MATERIAL A UTILIZAR.....	50
2.2	DESARROLLO DE PARTES, PIEZAS Y COMPONENTES	52
2.2.1	TOPES LATERALES	52
2.2.2	PLANCHA BASE	53
2.2.3	ADAPTADOR DEL CARRO.....	54
2.2.4	BRONCE	58
2.2.5	HILOS.....	59
2.2.6	ENGRANAJES	60
2.2.7	BRONCES PEQUEÑOS	63
2.2.8	HUSILLO.....	65
2.2.9	PERFIL HEXAGONAL	65
2.3	ANÁLISIS DETALLADO DE PROCESOS DE MANUFACTURA	66
2.3.1	ADAPTADOR	66
2.3.2	BRONCES INTERNOS	67
2.3.3	BRONCES PERFIL HEXAGONAL/HUSILLO	67
2.3.4	EJE DE ENGRANAJE	67
2.3.5	ENGRANAJES	68

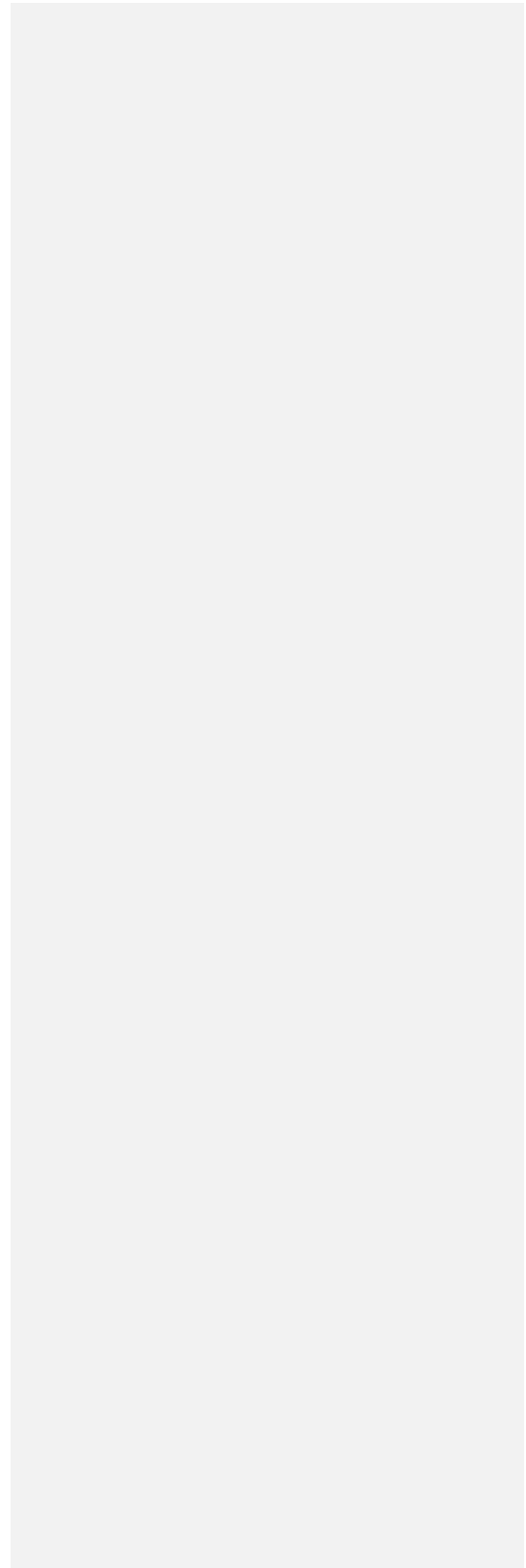
2.3.6	HILO DEL ADAPTADOR.....	68
2.3.7	TOPES LATERALE	68
2.4	ESTIMACIÓN DE TIEMPOS DE PRODUCCIÓN	68
2.4.1	ADAPTADOR	69
2.4.2	BRONCES INTERNOS	69
2.4.3	BRONCES PERFIL HEXAGONAL/HUSILLO	69
2.4.4	EJE DE ENGRANAJE	69
2.4.5	ENGRANAJES	70
2.4.6	HILO DEL ADAPTADOR.....	70
2.4.7	HUSILLO.....	70
2.4.8	PERFIL HEXAGONAL	70
2.4.9	TOPES LATERALES	71
2.5	ESTIMACIÓN DE COSTOS DE MANUFACTURA	71
2.6	PROPUESTA DE FABRICACIÓN O PROTOTIPO	73
3	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	76
3.1	OBJETIVO Y ALCANCE DEL PROYECTO	76
3.1.1	ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA.....	76
3.1.2	MERCADO RELEVANTE	77
3.1.3	CUOTA DE MERCADO.....	80
3.2	CRECIMIENTO FUTURO DEL MERCADO	80
3.3	EVALUACIÓN FINANCIERA.....	80
3.3.1	CONSIDERACIONES ECONÓMICAS.....	81
3.3.2	ESTUDIO DE COSTOS.....	82
3.4	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	86

3.4.1 FLUJO DE CAJA.....	86
3.4.2 FLUJO DE CAJA CON FINANCIAMIENTO.....	87
CONCLUSIONES	99
ANEXOS.....	104
PLANOS DE FABRICACIÓN	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Fresado plano.....	9
Figura 1-2 Fresado angular.....	9
Figura 1-3 Fresado helicoidal.....	10
Figura 1-4 Fresadora Vertical.....	11
Figura 1-5 Fresadora Horizontal.....	12
Figura 1-6 Fresadora universal.....	13
Figura 1-7 Fresadora CNC.....	14
Figura 1-8 Fresadora Portable PM4200.....	15
Figura 1-9 Fresadora portable LM5200.....	17
Figura 1-10 Fresadora portable LM6200.....	18
Figura 1-11 Imagen referencial de la máquina.....	19
Figura 1-12 Imagen del torpedeo de fresado.....	20
Figura 1-13 Imagen placa de motor.....	21
Figura 1-14 Imagen de información de la fresadora.....	21
Figura 1-15 Diagrama de Ishikawa.....	22
Figura 2-1 Engranaje hexagonal.....	45
Figura 2-2 Engranaje hexagonal atrapado.....	45
Figura 2-3 Tornillo sin fin e hilo.....	46
Figura 2-4 Riel trapecoidal.....	46
Figura 2-5 Apertura de contacto engranaje-cremallera.....	47
Figura 2-6 Guía lineal con carro de Hepcomotion.....	48
Figura 2-7 Sistema completo sin el torpedeo.....	49

Figura 3-1 Camión Caterpillar 793F.....	77
Figura 3-2 Fresado de camión en terreno con fresadora portátil.....	78



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Costos de involucrados en la fabricación de la máquina	72
Tabla 2 Costos fijos.	82
Tabla 3 Costos variables.	83
Tabla 4 Promedio de peajes	84
Tabla 5 Gastos de puesta en marcha.	85
Tabla 6 Flujo de caja.....	86
Tabla 7 Simulación de préstamo de crédito 25%.	90
Tabla 8 Cálculo de cuotas sistema frances 25%	91
Tabla 9 Flujo de caja 25%.....	92
Tabla 10 Simulación de préstamo de crédito 50%.	93
Tabla 11 Cálculo de cuotas sistema frances 50%.....	94
Tabla 12 Flujo de caja 50%	95
Tabla 13 Simulación de préstamo de crédito 75%.	96
Tabla 14 Cálculo de cuotas sistema frances 75%.	97
Tabla 15 Flujo de caja 50%	98

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A Plano General.....	105
Anexo B Plano Base.	106
Anexo C Plano Plancha Base.	107
Anexo D Plano Topes Laterales.	108
Anexo E Plano Acople Carro.	109
Anexo F Plano Tapa Acople.....	110
Anexo G Plano Guías Carro.	111
Anexo H Plano Caja Inferior.....	112
Anexo I Plano Caja Superior.....	113
Anexo J Plano Husillo y Perfil Hexagonal.....	114
Anexo K Plano Hilo Carro.	115
Anexo L Plano Bronce Husillo y Perfil Hexagonal.....	116
Anexo M Plano Engranajes.	117
Anexo N Plano Topes de Bronce.....	118

SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS

SIGLA

PRI:	Periodo de Retorno de la Inversión
VAN:	Valor Actual Neto
TIR:	Tasa Interna de Retorno
UF:	Unidad de Fomento

SIMBOLOGÍA

mm:	Milímetro
m ² :	Metro Cuadrado
N:	Newton
t:	Tonelada
kt:	Kilo tonelada

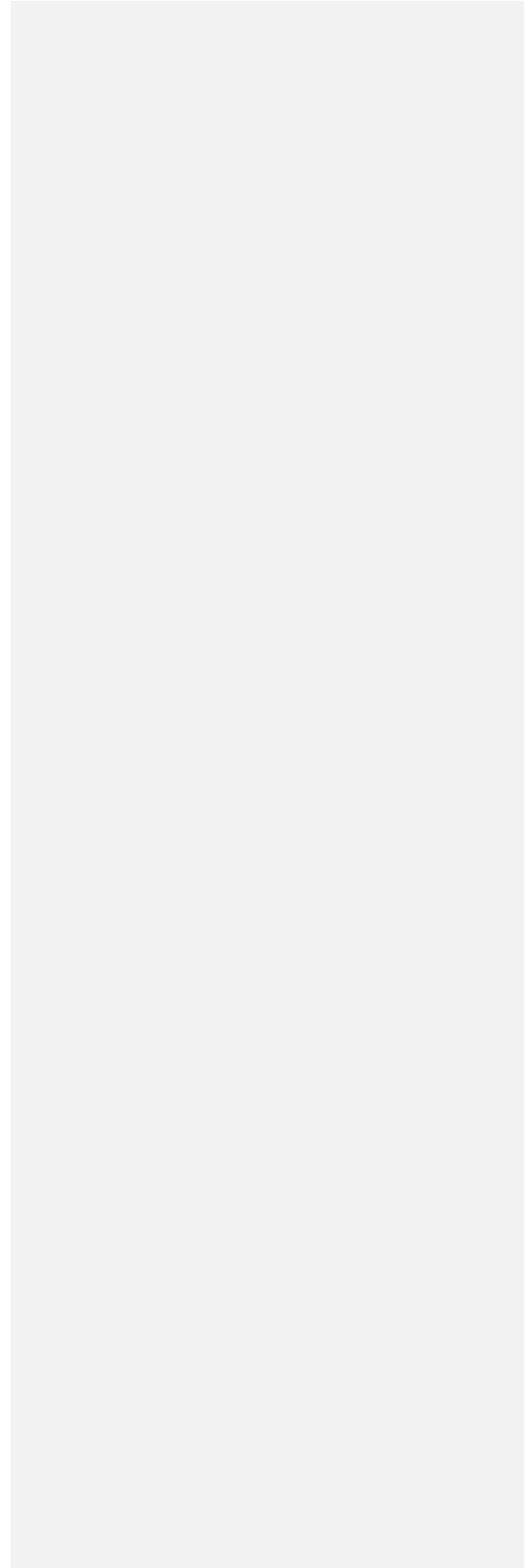
INTRODUCCIÓN

En los diferentes sectores en los cuales Maestranza Véliz trabaja; ya sea minero, petroquímico, marítimo o de la industria energética. Se requieren diversos tipos de trabajos de intervención, ya sea por reparación o mantenimiento. Debido a esto Maestranza Véliz comienza el uso de maquinarias portátiles.

La intención de las máquinas portátiles es cumplir la función de acelerar los procesos en los cuales se requieran dichos equipos. De esta manera se reducen los tiempos de trabajo, se abaratan los costos y no se requiere el traslado de máquinas, componentes o piezas desde la faena a la Maestranza.

El diseño surge de la necesidad de la maestranza en tener una herramienta de fresado portátil para llevar a terreno y desenvolver trabajos que no podría realizar actualmente, dando así cavidad a nuevos tipos de proyectos y solicitudes.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES DEL PROYECTO



1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

Los antecedentes del proyecto será aquella información de referencia con la cual se abordará el tema, tomando en cuenta variables y hechos que hayan influido en el mismo, dando así pie al entendimiento de cómo se abordará el desafío.

El presente proyecto fue solicitado por la empresa *Maestranza Véliz Spa.* ubicada en la ciudad de Valparaíso, Región de Valparaíso. *Maestranza Véliz* fundada en 1993 por el profesor Flavio Véliz Fuentealba, comienza como una pequeña maestranza, que con el paso del tiempo y gracias a la calidad en sus trabajos y terminaciones, creció hasta ser una gran empresa que presta servicios a varios clientes de gran importancia nacional.

La empresa cuenta con infraestructura, maquinaria y personal especializado en Mecánica Industrial. Dentro del grupo de máquinas que poseen, se encuentran Fresadoras, Tornos convencionales, Tornos CNC, Taladros de pedestal, Máquinas soldadoras tanto de corriente alterna como TIG, dos Generadoras de engranajes y un Centro de mecanizado de 5 ejes.

Algunos de los clientes con los cuales la *Maestranza* trabaja son Cambiaso, Chiletabaco, Coca-Cola Embonor, Carozzi, AtlasCopco, Protorq, entre otros.

1.1 CONTEXTO Y VIABILIDAD DEL PROYECTO

El sector minero es uno de los cuales *Maestranza Véliz* apunta en este caso en particular, ya que se dan las situaciones en las cuales hay que realizar el trabajo directamente en el sitio del suceso en casos particulares, como por ejemplo lo sería el rectificado de bases de motor, mecanizado de rieles empotrados o anclados al suelo, fresado de piezas de gran dimensión, rectificación de soldadura post recuperación de equipos, etc. Chile es un país que se caracteriza por la industria minera siendo esta una de las fuentes de ingreso principal a nivel nacional, con el cobre como principal producto comercial.

En la industria minera se ocupan los camiones 793F de CAT, con una capacidad útil nominal de 231 toneladas de peso. Existe una totalidad de 335 camiones de este tipo en Chile, los cuales están repartidos entre quince empresas mineras, información dada por Maestranza Véliz. Un problema típico que tienden a sufrir estos camiones es la acumulación de polvo y tierra entre la llanta y el vehículo en sí, lo que produce desgaste y termina con fractura en los pernos. Reparar este daño de una manera tradicional requiere de al menos cinco pasos, los cuales serían, desmantelamiento de la o las piezas que requieren ser mecanizadas, traslado y escolta, en el caso de que la pieza sea muy grande y se requiera de personal policial en la ruta, reparación en la maestranza, transporte y escolta nuevamente y para finalizar se realiza el montaje en terreno de la pieza reparada, en caso de algún desperfecto se debe repetir todo el proceso. Este tipo de trabajo tiene una duración estimada de tres a cuatro semanas de trabajo lo que implicaría grandes pérdidas monetarias para la empresa debido a que mantendrían fuera de circulación un camión que mueve 231 toneladas por cada viaje realizado.

En contraste a lo anterior, el mismo trabajo realizado en terreno con una máquina diseñada para eso, requeriría de solo dos pasos los cuales serían, simulación de la solución vía software 3D, reparación de la pieza o piezas en terreno y rectificar en el caso de que haya algún desperfecto. Este trabajo a diferencia del anterior tiene una duración estimada de tres días de trabajo. Lo que significa un enorme ahorro de tiempo y económico para la empresa.

1.2 ANTECEDENTES GENERALES

Una fresadora es una máquina utilizada para realizar procesos de mecanizado. Estos procesos son aquellos que, a través de una serie de operaciones, mediante arranque de viruta en este caso en particular, se consiguen piezas destinadas a una función específica. La fresadora en particular crea piezas con formas personalizadas utilizando una herramienta giratoria llamada fresa. Este proceso se llama fresar el cual está pensado para agujerear, alisar o labrar una pieza.

1.2.1 LA FRESADORA

Una fresadora es una máquina-herramienta con un eje horizontal o vertical, sobre el cual gira la herramienta llamada fresa, como se mencionó anteriormente, cuenta con una mesa horizontal en la cual se fija una pieza de trabajo a la que se le dará forma mecanizando con la fresa. Estas están diseñadas para mecanizar metales, madera y diversos materiales sólidos, aunque también las llaman máquina multiuso, ya que también son capaces de torneear materiales.

1.2.2 PARTES DE UNA FRESADORA

La fresa cuenta con varios componentes los cuales cumplen con funciones específicas dentro del sistema. Las cuales son al menos.

- Base
- Caja de sistema eléctrico
- Dos Interruptores de encendido y paro de la fresa
- Dos volantes para el movimiento en eje X
- Palanca de eje Y
- Palanca de eje Z
- Mesa de trabajo
- Lámpara
- Cabeza
- Motor
- Husillo
- Manivela para bajar el husillo con la fresa

- Columna o cuerpo
- Torpedo

1.2.3 FRESADO

El fresado es un proceso realizado por una herramienta llamada fresa que tiene forma de cuchillas. En este proceso las cuchillas giran para ir retirando material progresivamente de la pieza de trabajo fijada en la mesa horizontal cuando la fresa es acercada a la misma

Este proceso de fabricación es uno de los más comunes que se realizan en talleres e industrial de maquinaria para la fabricación de productos y piezas de alta precisión. Cubriendo una amplia variedad de operaciones diferentes, desde el fresado de piezas individuales pequeñas, hasta operaciones de fresado en serie a gran escala y de trabajo pesado.

Dependiendo de del tipo de material que se vaya a fresar, la máquina cuenta con reguladores de velocidad, para así adaptar su velocidad a la óptima. Los materiales blandos se suelen cortar a velocidades más altas mientras que los materiales duros se cortan a un ritmo más lento. La dureza del material también es un factor importante que considerar, ya que influye en el tiempo en el cual se desarrollará el mecanizado.

1.2.4 PARÁMETROS DE CORTE

En el fresado, la velocidad y el movimiento son los parámetros que se configuran para cada operación en función del material a trabajar, el material de la fresa y el tamaño de la fresa. Los parámetros de corte son:

- Alimentación de corte: Esta es la distancia que avanza la herramienta de corte a la pieza de trabajo durante la revolución del husillo.
- Velocidad de corte: Es la velocidad de la superficie de trabajo en relación con el borde de la herramienta de corte durante la operación.
- Velocidad del husillo: Es la velocidad de rotación del husillo y la herramienta.
- Velocidad de avance: Es la velocidad de movimiento de la herramienta de corte con relación a la pieza a trabajar a medida que la herramienta realiza el corte.
- Profundidad de corte axial: Es la profundidad de la herramienta a lo largo de su eje en la pieza de trabajo, un corte axial de gran profundidad requiere una baja velocidad de avance, en caso contrario se ejerce una gran presión sobre la herramienta reduciendo su vida útil.
- Profundidad de corte radial: Es la profundidad de la herramienta a lo largo del radio de la pieza de trabajo, un corte radial con una profundidad menor al radio de la herramienta generara un corte periférico. En caso de ser igual ambas medidas, la herramienta de corte estará completamente enganchada haciendo un corte de ranura. En el caso de que la profundidad de corte sea muy grande, al igual que en un corte axial, se realizan a baja velocidad por el cuidado de la herramienta.

1.2.5 ALGUNAS OPERACIONES DE FRESADO

Fresado frontal:

Operación en la cual se realizan superficies planas en una de las caras de la pieza de trabajo. Este tipo de fresado se realiza en la superficie perpendicular a la cuchilla y la fresa frontal montada en el eje de la máquina.

- a. Fresado plano:

En este proceso de fresado se mantiene el eje del cortador, paralelo a la superficie de la pieza que se fresa, también se le llama fresado de superficie, ver figura 1-1.

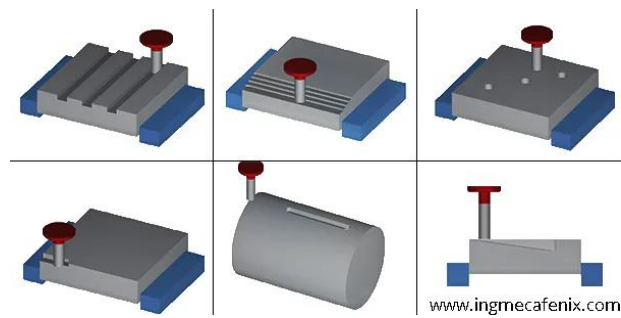


Figura 1-1 Fresado plano.

Fuente: <https://www.ingmecafenix.com/otros/maquinas-herramientas/operaciones-de-fresadora/>

b. Fresado angular:

Proceso de superficies planas no paralelas ni perpendiculares al eje de la fresa, también llamado fresado en ángulo, utiliza una fresa de ángulo único para la operación, ver Figura 1-2.

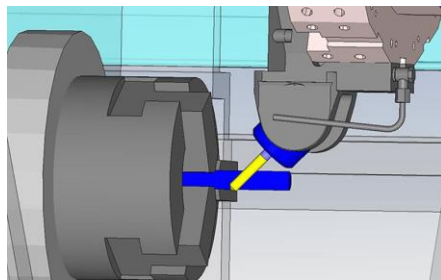


Figura 1-2 Fresado angular.

Fuente: <https://www.cmz.com/es/aplicaciones-tornos-cnc-fresado-angular/>

c. Fresado helicoidal:

Operación utilizada para producir piezas helicoidales, se realiza en el extremo de una pieza cilíndrica, ver Figura 1-3.

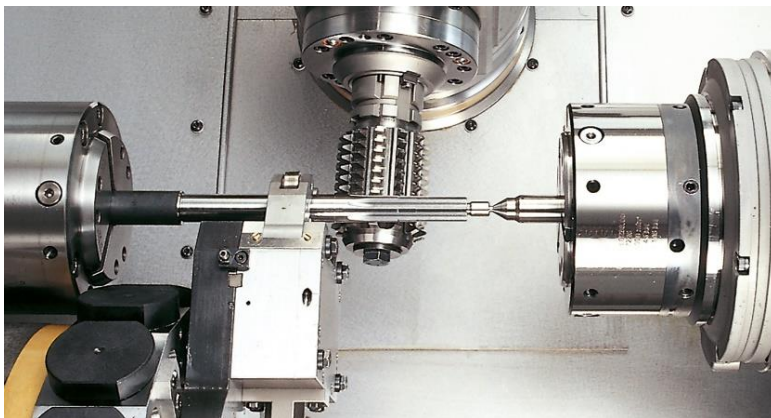


Figura 1-3 Fresado helicoidal.

Fuente: <https://www.index-traub.es/es/tecnologia-y-soluciones/tecnologia/tecnologia-de-dentado/fresado-con-fresa-helicoidal>

1.2.6 TIPOS DE FRESADORAS

Las fresadoras se clasifican según la orientación del eje de corte en función de la pieza de trabajo y el grado de movimiento que tenga. Según su orientación, están las fresadoras verticales, las fresadoras horizontales y fresadoras universales.

1.2.6.1 Fresadoras verticales

Es la fresadora en la cual el eje del husillo se encuentra de manera perpendicular a la mesa de trabajo, ver Figura 1-5.



Figura 1-4 Fresadora Vertical.

Fuente: <https://www.hellermaquinaria.com/catalogo/fresadora-vertical-heller-fv1400/>

1.2.6.2 Fresadoras horizontales:

En este tipo de fresadoras, a diferencia de las fresadoras verticales, el eje de rotación esta horizontal a la mesa de trabajo, ver Figura 1-6.



Figura 1-5 Fresadora Horizontal.

Fuente: <https://www.fabricantes-maquinaria-industrial.es/tag/fresadora-horizontal/>

1.2.6.3 Fresadora horizontal universal:

Las mesas horizontales universales, distan de las horizontales tradicionales ya que poseen una mesa de trabajo giratoria, la cual permite realizar trabajos a 45° desde la posición estándar, ver Figura 1-6.



Figura 1-6 Fresadora universal.

Fuente: <https://mpw.cl/producto/fresa-universal-n5/>

1.2.6.4 Fresadoras CNC:

El control numérico es un proceso automatizado, en el cual, mediante números, letras y símbolos, se realizan los mecanizados y trabajos. El beneficio asociado a este tipo de máquina es, que una vez se tiene un programa específico para una pieza, este se puede replicar generando piezas prácticamente idénticas acelerando así la fabricación de piezas, ver Figura 1-7.



Figura 1-7 Fresadora CNC.

Fuente: <https://www.directindustry.es/prod/heller-maquina-herramienta-sl/product-50287-1364045.html>

1.2.6.5 Fresadoras Portables:

Las fresadoras portables son máquinas creadas por la empresa CLIMAX las cuales se acopla en la pieza que será mecanizada o sobre una estructura de soporte, en estas fresadoras es la fresa la que se desplaza por los ejes mediante vigas.

Existen 3 tipos de fresas portables:

- a. Fresadora portable PM4200:

Esta fresa se controla de manera manual montada directamente en la pieza o en una estructura de soporte. Es una máquina de precisión debido a su movimiento suave y lubricación, puede ser alimentada de manera hidráulica, neumática o eléctrica. Cuenta con 2 opciones de cabezal 120V y 230V, a su vez el cabezal es invertible para ser utilizado en diferentes tipos de fresado, la estructura es rígida y duradera. Se pueden acoplar más rieles de desplazamiento para extender su área de trabajo y es fácil de ensamblar. Esta fresa se desplaza solo por el eje x, ver figura 1-8.

Especificaciones:

- Recorrido de eje X - 20" / 49" / 78"
- Recorrido de eje Y - 8"
- Recorrido eje vertical - 3"
- Husillo 0.75"

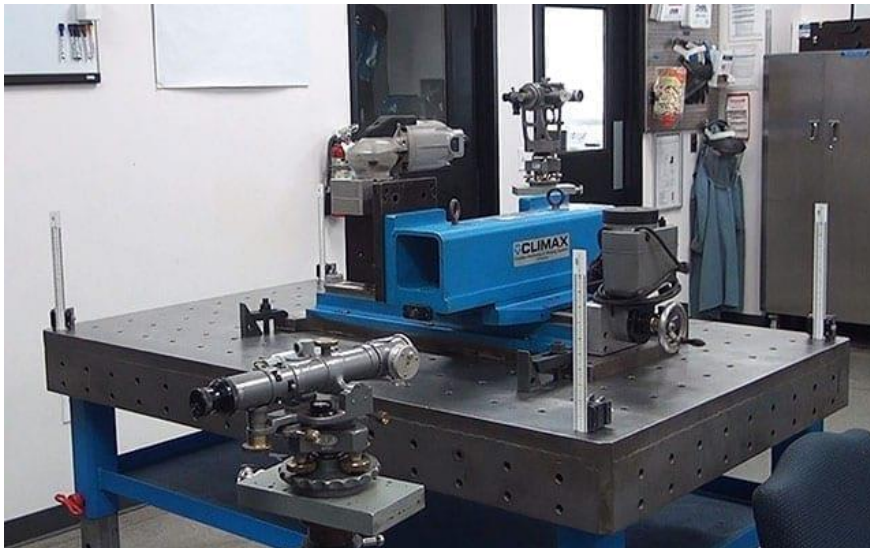


Figura 1-8 Fresadora Portable PM4200.

Fuente: Pagina oficial de ClimaxPortable

b. Fresadoras portables LM5200 y LM6200:

Ambas fresas son similares en cuanto a funciones y características, exceptuando por el tamaño de los rieles de desplazamiento y la potencia del motor. Al igual que la PM4200, estas fresadoras se montan en la pieza que será mecanizada o en una estructura de soporte. Son máquinas de precisión con un movimiento suave y deslizante, que cuentan con tres rieles de movimiento, dos en el eje X y uno en el eje Y, las vigas del eje X son separables, con la intención de poder fresar estilo pórtico, ver figura 1-9 y 1-10 respectivamente.

Especificaciones:

LM5200

- Recorrido de eje X - 36" / 84"
- Recorrido de eje Y - 34"
- Recorrido eje vertical - 4"
- Husillo 4" / 6"
- Alimentación hidráulica HPU de 10Hp (7.5kW)



Figura 1-9 Fresadora portable LM5200.

Fuente: Página oficial de ClimaxPortable

LM6200

- Recorrido de eje X - 176"
- Recorrido de eje Y - 106"
- Recorrido eje vertical - 8"
- Husillo 4" / 10"
- Alimentación hidráulica HPU de 25Hp (18.6kW)



Figura 1-10 Fresadora portable LM6200.

Fuente: Página oficial de ClimaxPortable

1.3 ANTECEDENTES ESPECÍFICOS

Para aclarar ciertos conceptos a modo de iniciar el siguiente trabajo de una manera correcta, se procederá a definir el siguiente concepto.

- **Portátil:** Cuando se habla de portátil, se hace referencia a la portabilidad o capacidad que tiene el equipo de ser portado. Para que un elemento tenga esta característica, este debe ser cómodo de trasladar o tener la capacidad de poder ser trasladado con la menor cantidad de dificultades posible. Para cumplir con este requerimiento, suelen utilizarse materiales ligeros, estructuras poco complejas, volúmenes reducidos, etc.

El proyecto se desenvuelve en el área industrial y se enfoca en la reutilización del “Torpedo”, Cabezal y sistema motriz de un equipo fresador, mostrado en la figura 1-11, modelo SAJO – VRF – 52M, ver Figura 1-12, la cual tiene un motor, modelo MT100LB28-4 S43, que fue dado de baja en el año 2021. La intención es utilizar estos componentes para

Comentado [SG1]: Imagen referencial...!!

su adaptación y posterior uso en trabajo de terreno, mediante el diseño de un sistema de fresado transportable, con el fin de diversificar los trabajos y proyectos que alcanza *Maestranza Véliz*.



Figura 1-11 Imagen referencial de la máquina.

Fuente: Captura personal.

DIMENSIONES DEL TORPEDO:

- Largo: 1160[mm]
- Ancho: 600[mm]
- Profundidad: 230[mm]



Figura 1-12 Imagen del torpedo de fresado.

Fuente: Captura personal.

ESPECIFICACIONES DEL MOTOR:

- Hz: 3~ 50
- Clase: B
- kW: 2.2
- hp: 3.0
- 1440 r/min
- VY: 380
- A: 5.2
- Delta V: 220
- A: 9.0
- Fabricante: Thrige-Titan / Dinamarca



Figura 1-13 Imagen placa de motor.

Fuente: Captura personal.



Figura 1-14 Imagen de información de la fresadora.

Fuente: Captura personal.

1.4 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y OPORTUNIDAD DE DISEÑO

Para identificar la problemática de una manera correcta se realizó un diagrama de Ishikawa o cola de pez, específicamente el “6M” que aborda los temas de; gestión y dinero, máquina, poder humano, método, medición y mantenimiento. De esta forma se verán problemas enfocados en cada uno de estos puntos y así concluir en una problemática general, ver Figura 1-15.

Ishikawa (6M)



Figura 1-15 Diagrama de Ishikawa.

Fuente: Elaboración propia.

Gestión y dinero:

Se implican altos costos de medio de transporte, refiriéndose al traslado de piezas, componentes o máquinas que se llevan a la maestranza para ser trabajadas. Esto implica un viaje de ida a la maestranza y uno de vuelta, lo que podría aumentar en caso de que la pieza quedara con algún desperfecto y se tuviera que regresar a la maestranza. Esto se ha visto en proyectos previos que ha desarrollado la maestranza.

Este tipo de procesos requieren varios días, en el caso de algún elemento procedente de una minera que requiera ser mecanizado implicaría mantener detenida la operación de ese elemento por todo el tiempo de traslado, el tiempo de trabajo y el tiempo de regreso.

Método:

Método lento, como se explica en el punto anterior, el método de reparación tradicional implica varios días de operación.

Método con muchas variables, esto se debe a que dentro del proceso de trasladar el elemento que será mecanizado, implica variables de costos, gestión humana, tiempos relacionados, etc. En el caso de ser una pieza de gran tamaño se requiere además escolta policial y permisos municipales para el traslado por carretera.

Método costoso, dentro de todo lo antes dicho se destaca que es un método que requiere intervención económica en muchos ámbitos, esto se podría ahorrar trabajando directo en terreno, eliminando el traslado y todo lo que esto podría conllevar y reduciendo el tiempo de detención del equipo.

Máquina:

No existe una máquina de fresado portátil en el mercado nacional. Si bien existen alternativas de compra en un mercado extranjero y a su vez alternativas de arriendo en Chile, estas de igual forma hay que solicitarlas al extranjero. Esto incrementa el costo de cualquier proyecto que requiera una fresadora portable.

Perdida de material al desechar máquinas obsoletas. La idea principal de este equipo fue diseñar a partir de un equipo que se había dado de baja, esto presenta una oportunidad de reutilizar no solo fresadoras, además permite ampliar este concepto a otras máquinas.

Poder humano:

Operaciones que requieren de muchas personas, el método actual implica el uso de operarios para los traslados de equipos y gestión de procesos en general. El uso de máquinas portables reduce la cantidad de operarios por parte de la empresa interesada, ya que los operarios de la maestranza irían al lugar.

Mayor probabilidad de error, mientras más personas se vean involucrada en los procesos, mayor es el porcentaje de error, eso en términos de proyecto. En términos de la pieza que se trabajará, al solucionar los trabajos por software y aplicarlos de manera inmediata, limita la posibilidad de error en el mecanizado.

Mantenimiento:

Los tiempos de espera para la mantención de equipos es prolongada, esto debido a lo que se ha mencionado antes sobre la cantidad de procesos que lleva trasladar un equipo a la maestranza.

Problemas específicos llegan a ser irrealizables en una maestranza, como por ejemplo el perfilado de rieles anclados a la tierra en una minera, el mecanizado de componentes fijos en terreno o la restauración de algún componente de gran tamaño que no sea trasladable.

Medición:

Pérdida de horas de trabajo, si se tomando en cuenta las horas de operarios invertidas en el proyecto y el tiempo de detención de máquinas, se evidencian el tiempo horas/hombre y horas/máquina que se pierden.

Pérdida económica sustancial, debido a todo lo visto con anterioridad, las pérdidas de horas de trabajo, el uso de operarios, los tiempos detenidos de equipos, traslados y tiempo total invertido, implica un gran costo que puede ser reducido.

Problemática:

Como problemática general, en base a los puntos del diagrama de Ishikawa, es que los métodos actuales de reparación o mantención de indumentaria, maquinaria o equipos industriales requieren de largos tiempos de trabajo, altos costos involucrados y posibilidades de error.

1.4.1 CONTEXTO DEL PROBLEMA

El contexto radica en las empresas las cuales trabajan con Maestranza Véliz y pudieran necesitar trabajos imposibles de realizar debido a diferentes variables, como:

- La complejidad de traslado de la pieza específica que necesita ser trabajada en la maestranza.
- Los costos asociados al pare de trabajo, debido al tiempo.
- Permisos de traslado para casos específicos.
- Pérdidas económicas por cese de trabajos.

El entorno físico que se asocia al contexto de este proyecto es cualquier espacio donde se necesite un trabajo de fresado que solo pueda ser llevado a cabo en el lugar.

1.4.2 ANÁLISIS ESTRATÉGICO DEL PROBLEMA

Para realizar un análisis estratégico a profundidad se realizará un análisis FODA. Este tipo de análisis permite evidenciar la situación de una empresa, proyecto o institución. Revisando sus fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. De ahí el nombre FODA.

Fortalezas:

- Reducción de tiempos de trabajos en general.
- Servicio que no se encuentra actualmente en el mercado.
- Fortalecimiento de relaciones con empresas y clientes de Maestranza Véliz

Oportunidades:

- Diversificación de trabajos a los cuales puede optar Maestranza Véliz.
- Aparición de nuevos clientes en el mercado.
- Nuevas alianzas estratégicas con otras empresas.

Debilidades:

- Carencia del capital para fabricar el equipo.
- Tiempos de fabricación incrementado por piezas solicitadas en el extranjero.
- Clientes limitados.

Amenazas:

- Posibilidad de aparición de nuevos competidores.
- Cambios en los hábitos del consumidor.
- Incertidumbre de mercado.

Se creará un equipo industrial mediante la reutilización de componentes, tanto estructurales como motrices, con el fin de que la máquina sea un aporte en el desarrollo de proyectos y tareas para *Maestranza Véliz*.

En el área de diseño de la máquina se deberá iniciar con las piezas que ya se tienen y así se trabajara en la creación de un carro para el sistema motriz de la fresadora. Mediante software se realizarán diseños preliminares y se adaptarán los rieles de movimiento. En lo que a fabricación respecta, una vez se tengan los modelos finales se procederá a fabricarlo.

1.4.3 COMPRENSIÓN DEL MERCADO

En el sector de mecánica industrial existen en el mercado máquinas de esta índole, e incluso se arriendan, pero que *Maestranza Véliz* tenga su propia máquina aumenta directamente en la cantidad de proyectos a los que puede optar sin depender de una empresa externa.

1.4.4 COMPORTAMIENTO DEL MERCADO

Para entender la rentabilidad del proyecto y el impacto que podría tener en la maestranza se realizara un análisis Porter, inventado por Michael Porter en 1979, el cual, a través de un diagrama estratégico, define las fuerzas de competencia de una empresa, proyecto o institución para así aprovechar las oportunidades que el mercado presenta y con esto disminuir las amenazas que se presenten.

El diagrama cuenta con cinco puntos de análisis.

- Nuevos Competidores:

Debido a que no se vende este tipo de equipos en el mercado y su acceso es solo mediante la renta del dispositivo, podría existir un gran interés de abordar este tipo de soluciones a nivel nacional.

- Compradores:

Existe una estrecha relación de empresas que requieren máquinas de este tipo y la maestranza, lo que sugiere una existencia real de compradores en el mercado.

- Sustitutos:

La fresadora lineal LM6200 es la competencia directa de la máquina que se está desarrollando, aunque no existen propietarios de esta en el mercado.

- Proveedores:

Maestranza Véliz tiene sus proveedores con los cuales existe un poder de negociación y tiene buen acceso a materias primas.

- Rivalidad Competitiva.

La verdadera rivalidad que existe es con empresas competidoras del rubro que arrienden el equipo extranjero, lo cual puede darse en base a la cantidad de empresas

existentes.

1.4.5 VARIABLES QUE PODRÍAN AFECTAR EN LA DEMANDA

VARIABLES AMBIENTALES: El cambio climático, el sector geográfico en el que se realizara el trabajo, los traslados, los materiales y los recursos invertidos, son algunos de los factores importantes que se deben considerar en los aspectos ambientales. Ya que afectan directamente en los trabajos que se puedan requerir para el producto a fabricar.

VARIABLES ECONÓMICAS: Las tasas de desempleo, estabilidad o crecimiento económico, tasas de intereses, tasas de cambio, inflación, importación y exportación, etc. Son factores de gran importancia al momento de analizar el comportamiento de la oferta y demanda en el mercado. Al momento de calcular una inversión, se deben tomar todos estos indicadores de la economía actual ya que son fundamentales al momento de formar el proyecto.

VARIABLES POLÍTICAS: Estas variables muestran el impacto que tiene el gobierno en determinadas áreas de la industria. Dentro de estas, resaltan la política, monetaria y fiscal, ajustes de impuestos y las restricciones en el comercio nacional e internacional. En las anteriores, los gobiernos pueden realizar cambios de acuerdo con la posición que este tenga respecto a determinados productos. A lo anterior se le adhieren también factores legales que existen en el país, como, leyes laborales, subvenciones, leyes de seguridad, etc.

VARIABLES SOCIALES: Estas son elementos esenciales al momento de implementar estrategias que segmenten el mercado ya que genera un estudio de los intereses de los consumidores. Minimizando el riesgo del proyecto y comprendiendo de una forma más completa lo que se puede llegar a ofrecer en base a la solicitud principal.

VARIABLES TECNOLÓGICAS: Son variables que afectan de manera directa la viabilidad del proyecto, ya que aluden a los avances tecnológicos con posible impacto en el producto a desarrollar. Algunos que se toman en cuenta son, software, procesos de manufactura, acceso a nuevas tecnologías, materiales de fabricación, piezas que ofrece el mercado, entre otros.

1.4.6 DIMENSIÓN TECNOLÓGICA

Se busca fabricar una máquina de carácter industrial que cumpla con los requerimientos de la norma ISO12100 de fabricación de máquinas seguras y que cumpla con los requerimientos de la solicitud, los cuales son principalmente la capacidad del producto de ser desarmable y su portabilidad. La intención de esta máquina es entregar una solución de fresado para trabajos en terreno y trabajos complejos.

La máquina constara de un Torpedo de Fresadora y su motor, además de rieles de desplazamiento de eje X e Y.

Para desarrollar este proyecto se realizará primeramente un modelado 3D del Torpedo que se encuentra en *Maestranza Véliz*. Una vez teniendo esta base, se pueden ver diferentes maneras de abordar el desafío de diseñar la máquina, basándose en los recursos que se encuentran en la maestranza y el mercado. Una vez se termine de evaluar el diseño y se apruebe la fabricación, entra en desarrollo la cubicación del proyecto para así realizar el presupuesto.

Se aprovechará la capacidad de giro del cabezal de la fresadora para añadir la posibilidad de graduar el fresado en la máquina nueva, a su vez se aprovechará el riel que ya viene incluido en el torpedo como base en el nuevo diseño.

1.5 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS DEL PROYECTO

La tecnología de máquinas portables crece cada a pasos agigantados, esto debido a la gran ventaja que implica el poder trabajar directamente en el lugar donde se encuentra la máquina, pieza o herramienta que debe ser mecanizada, reparada o restaurada versus el


trabajo directo en un maestranza. Por esta razón Maestranza Véliz a estado incursionando en esto y presentaron esta propuesta.

1.5.1 OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

Diseñar, siguiendo los requerimientos de *Maestranza Véliz*, un sistema portátil de fresado, para utilizar en trabajos de terreno, en respuesta a la solicitud realizada por la misma maestranza.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las piezas en la maestranza que serán utilizadas en el proyecto, para tener un correcto desarrollo del equipo.
- Realizar el diseño y modelado en 3D de la máquina de fresado portátil y todos sus componentes, para visualizar el funcionamiento que tendrá el equipo.
- Diseñar las partes y piezas que serán compatibles en relación con los componentes del mercado para poder generar la fabricación de una manera adecuada.
- Seleccionar adecuadamente las partes y componentes del mercado que se utilizaran en la máquina para asegurar su calidad.
- Desarrollar una evaluación económica basada en posibles proyectos de la máquina para determinar si el proyecto es económicamente viable.



MAESTRANZA
VELIZ

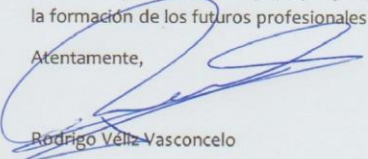
Estimados Universidad Técnica Federico Santa María:

Para continuar con el desarrollo de nuestra empresa, hemos identificado la oportunidad de adaptar un equipo fresador, dado de baja el año 2021, para realizar trabajos de mecanizado en terreno y es por esto que pedimos el apoyo de un memorista de la carrera de Ingeniería en Fabricación y Diseño Industrial, para que trabaje junto a nosotros en este desafío llamado **“Diseño de sistema portátil de fresado”**, lo que nos permitirá realizar las reparaciones en terreno tales como:

- Rectificado de base de motores.
- Fresado de compuertas en hidroeléctricas.
- Recuperación de asiento de rodamientos en palas.
- Requerimientos de fresado en general donde sea muy difícil o imposible considerar el traslado del componente a Maestranza.

Desde ya agradecemos el apoyo y esperamos ser un aporte en la formación de los futuros profesionales de la UTFSM.

Atentamente,



Rodrigo Véliz Vasconcelo
Gerente General

Pocuro 988, Valparaíso 322250128 contacto@maestranzaveliz.cl

CAPÍTULO 2: DISEÑO DE INGENIERÍA

2 DISEÑO DE INGENIERÍA

En el presente capítulo, se establecen parámetros para la creación de artefactos, cuya forma y función permiten lograr los objetivos planteados y satisfacer las restricciones que demanden la problemática. Siendo el diseño de ingeniería un proceso creativo y flexible sustentado en las matemáticas, las ciencias naturales y las ciencias de la ingeniería.

2.1 DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

Se busca diseñar una máquina de fresado portátil para llevar a trabajos de terreno, con la intención de diversificar los trabajos que realiza *Maestranza Véliz* y con esto aumentar las oportunidades de negocio de esta. La intención es lograr desarrollar este equipo industrial de manera modular, con un sistema estructural conectable para así aumentar su área de trabajo. Esto se realizará mediante la reutilización de componentes de una máquina fresadora fija que estaba en desuso.

Algunos de los factores más relevantes a considerar antes de empezar a realizar un diseño en concreto son:

- Capacidad del producto en ser modular. Esto quiere decir que tenga la capacidad de acoplarse a extensiones similares a la base principal, para así extender su zona de trabajo.
- Capacidad de movimiento lineal en el eje X e Y. Refiriéndose a requerimientos mínimos que debe cumplir.

- Capacidad de acoplarse a la zona de trabajo, se busca suplir esta problemática mediante el uso de imanes de alta potencia. Estos deberán soportar el peso de la máquina.
- Capacidad de posicionarse de manera vertical, para trabajos de fresado en el eje Z, verticales con el suelo.
- Capacidad de tener un arme y desarme sencillo para una instalación rápida y eficaz.
- Utilización de un material estructural ligero, para mejorar su manipulación.

Para dar pie al diseño del equipo se analizarán sus sistemas de elementos mecánicos de manera individual y ver como se irán abordado los mismos.

Sistema motriz: Este sistema, en conjunto con el sistema transmisor y el sistema receptor, se reutilizarán de la fresadora fija, precisamente para aprovechar sus componentes funcionales.

Sistema transmisor: Como se mencionó anteriormente este sistema se reutilizará de la fresadora fija. Este sistema en particular viene incluido en el torpedo de la fresadora que se desarmo previamente. La intención con la cual se está reutilizando esta sección de la fresadora fija, es para aprovechar el sistema de transmisión incorporado en el torpedo.

Sistema receptor: Este sistema será el cabezal de la fresadora fija.

Sistema de transmisión del movimiento: Debido a la necesidad de movimiento de la máquina se pretenden utilizar elementos de transmisión de movimiento como engranajes para entregar estas cualidades al dispositivo.

Sistema de transformación del movimiento: El sistema de transformación de movimiento se utilizará en conjunto al sistema de transmisión para entregar movimiento a los componentes que deberán tener esta cualidad.

Sistema estructural: Es el sistema que compone el esqueleto del artefacto, dándole el cuerpo y rigidez estructural necesaria. Esta máquina deberá contar con un sistema estructural desarmable y con la capacidad de ser modular.

2.1.1 METAS CUALITATIVAS

Las metas cualitativas son aquellos objetivos físicos y de calidad que se deberán tomar en cuenta al momento de crear el equipo y diseñar sus partes y componentes.

Para desarrollar esta propuesta de diseño, el equipo necesita contar con:

- Sistema motriz para realizar el trabajo.
- Sistema de transmisión de energía.
- Sistema estructural firme.
- Un sistema que entregue movimiento al eje x.
- Un sistema para movilizar la máquina en el eje y.

Para el sistema motriz y el sistema de transmisión de energía se utilizarán el cabezal y el torpedo de una fresadora que se encuentra en las dependencias de Maestranza Véliz en Valparaíso, esto con el fin de reutilizar piezas y componentes de una máquina que se había dado de baja.

Para el sistema estructural se pretende generar una base rígida que contara con una placa y dos topes que centraran las vigas, asemejándose a un cuadrado, con una plataforma móvil que desplace los sistemas mencionados en el punto anterior.

Para la plataforma de movimiento en el eje x, se busca crear un sistema de vigas que soporten el torpedo de la fresadora y mediante el uso de algún mecanismo de transmisión, se le entregue un movimiento suave al equipo.

En el caso del sistema de movimiento en el eje y, se diseñará un mecanismo de movimiento en base al riel de acople que viene incorporado en el mismo torpedo, intentando alterar lo menos posible la pieza.

2.1.2 DEFINICIONES EN TÉRMINOS DE RENDIMIENTO

Como se ha mencionado antes, para la creación de esta máquina de fresado, se utilizará un torpedo de una máquina que fue dada de baja el año pasado, 2021. Este dato, no menor, se vuelve un dato cuantitativo necesario para concluir cual será la duración o vida útil de la máquina en la que se está trabajando. Esto debido a que, la fresadora de la cual se retiró el torpedo que se utilizará, cuenta con una cantidad de años de trabajo, los cuales deberán ser descontados del total de años de vida útil que tendrá la fresadora portátil.

El rendimiento de la fresadora fija es de 15 años en promedio, según la tabla de vida útil de los bienes físicos inmovilizados. La fresadora que se encuentra en Maestranza Véliz contaba con 7 años de uso al momento de ser desarmada. Esto sugiere que la fresadora portátil contara con aproximadamente 8 años de vida útil.

En términos de rendimiento de trabajo, al ser una máquina construida con piezas reutilizadas, lo anterior significa que el aparato debiera tener el mismo rendimiento de trabajo y debiera ser igual de eficiente en términos de trabajo de material.

Al equipo se le debe realizar una limpieza al menos una vez a la semana, al igual que se hace con su contraparte fija.

2.1.3 ESPECIFICACIONES FINALES

Las especificaciones finales serán aquellos parámetros que delimitarán o guiarán el diseño del equipo, como lo sería el tamaño general del artefacto y sus componentes, la forma que tendrá la máquina y los pesos involucrados.

2.1.3.1 Torpedo

El torpedo que se utilizará tiene un peso aproximado de 500 [kg], lo que significa que el riel por el cual se desplazará el torpedo debe aguantar dicho peso sin pandearse o sufrir algún daño por esfuerzo. Como se mencionó en el capítulo uno de antecedentes, el torpedo de la fresadora fija tiene unas dimensiones aproximadas de, 1160 [mm] de largo, 600 [mm] de ancho y 230 [mm] de alto. Además, cuenta con un riel de forma trapezoidal que está diseñado para darle movimiento al torpedo en el eje Y en la fresadora original. El riel mencionado anteriormente se utilizará en este diseño para otorgar el mismo movimiento en el eje Y.

2.1.3.2 Estructura:

La estructura de la máquina se realizará a partir de un riel conformado por dos vigas separadas. Esta estructura se acoplará a la superficie en donde trabajará la fresadora, la intención es que a través de este riel se desplace el torpedo y de esta manera se logre el recorrido en el eje X. Similar a los rieles de movimiento de una CNC. Lo ideal es que este riel le dé al torpedo un recorrido de trabajo de al menos 1250 [mm] ya que ese era el recorrido de la fresadora original, esto supone que el riel debe ser más largo.

2.1.3.3 Acople:

Para lograr el acople de la máquina a las superficies de fresado verticales se realizará mediante la fijación del equipo a través de una placa que será soldada a la superficie a trabajar y un sistema de acople a través de pernos que se colocará en el riel de la fresadora portátil.

2.1.3.4 Movimiento:

Para entregar movimiento a los ejes X e Y se verán diferentes métodos mecánicos. Existen tres métodos mecánicos para otorgar esta cualidad a la fresadora, para seleccionar el indicado, al igual que con los imanes, se deben ver las cualidades que ofrecen los distintos métodos.

Métodos mecánicos posibles:

a. Tornillo sin fin:

El tornillo sin fin otorga la ventaja de hacer un desplazamiento lento, lo cual podría ser mucho más controlado y cuidadoso. Se dispondría del tornillo sin fin a un costado del torpedo y mediante unos dientes se transmitiría el movimiento. Este sistema tiene la desventaja de que hay que realizar una estructuración adicional para que el tornillo sin fin pueda cumplir su función de una manera óptima. (Tornillo sin fin y rueda, Mecanismos-y-máquinas)

b. Tornillo sin fin y tuerca:

Cumpliría con las mismas ventajas que el método anterior, en este caso se utilizaría una tuerca fija en lugar de dientes para transmitir el movimiento. (Tornillo sin fin y tuerca, Mecanismos-y-máquinas)

c. Piñón y cremallera:

Este sistema otorgaría una ventaja para dar tanto un movimiento lento a la máquina como uno rápido, alcanzando un movimiento más veloz que el tornillo sin fin. Se acoplaría una cremallera al torpedeo de la máquina y mediante un piñón o engrane se le daría movimiento. La desventaja que tiene este método es que requiere una intervención al torpedeo. (Piñón y cremallera, Mecanismos-y-máquinas)

El movimiento en el eje X, se logrará mediante un carro que se desplazará por la estructura de la máquina. Para esto se utilizará el método del tornillo sin fin o husillo y tuerca, esto le entregará un movimiento lento y controlado al carro.

En el caso del eje Y, es un poco más complejo, esto debido a que este movimiento implica el desplazamiento del torpedeo de la fresa a lo largo de este mismo. El mejor sistema para utilizar en este caso es el Piñón y la cremallera ya que es el método menos invasivo y que requiere procesos menos complejos para su instalación.

2.1.4 DATOS CUANTITATIVOS

Los datos cuantitativos serán todos los datos numéricos contables y evidenciables necesarios para llevar a cabo el proyecto.

Datos cuantitativos considerados en este proyecto serán:

a. Años de uso previo de los componentes a reutilizar:

Los componentes previos, los cuales serían: cabezal de fresadora y torpedeo de fresadora tienen un total de 7 años de uso normal sin grandes exigencias y haciendo la mantención de manera adecuada.

b. Peso del torpedeo:

El peso del torpedo como se mencionó con anterioridad es de aproximadamente 500 [kgf].

c. Área de trabajo:

El área de trabajo de la máquina de fresado portátil estaría dada por el largo del torpedo y el recorrido de trabajo largo que se le desea dar a la viga. Esto nos quedaría como una multiplicación entre los 1250 [mm] que se le desea dar como recorrido de la viga y los 1160 [mm] del torpedo, lo que nos dejaría un área de trabajo de 1.450.000 [mm²] lo que sería equivalente a 1,45 [m²] como mínimo.

d. Fuerzas y resistencias involucradas:

Las fuerzas involucradas en el uso de la máquina son principalmente:

- La fuerza magnética, que será la que soporte todo el equipo.
- La fuerza que aplicara el torpedo sobre la estructura.
- La fuerza que requerirá el piñón para desplazar el torpedo.
- La fuerza que deberá aplicar el husillo para mover el carro.
- Resistencia a la torsión que deberá tener la estructura para soportar el peso del torpedo en movimiento.
- Resistencia de la guía lineal a la flexión por el peso del torpedo.

e. Medidas generales:

Las primeras medidas que se utilizaran para llegar a un diseño concreto son las siguientes:

- Alto del torpedo, 230 [mm]
- Largo del torpedo, 1160 [mm]
- Ancho del torpedo, 600 [mm]

- Peso del torpedo, 500 [kgf]
- Largo mínimo del área de trabajo, 1250 [mm]
- Área de trabajo, 1.450.000[mm²] o 1.45 [m²]

2.1.5 META POR LOGRAR CON EL PRODUCTO

La meta principal del producto es alcanzar negocios para los cuales *Maestranza Véliz* no tiene acceso en la actualidad. Apuntando principalmente al sector de la minería, existiendo diferentes empresas para generar estas instancias de negocio.

2.1.6 DESARROLLO CONCEPTUAL

La primera relación se encuentra entre el torpedo-cremallera-piñón-motor, como se mencionó con anterioridad el torpedo tiene un peso aproximado de 500[Kg]. En esta relación se calcularán las fuerzas involucradas en la cremallera, el piñón y que motor se deberá utilizar.

Como primer concepto de diseño, se decidió utilizar un sistema para entregar movimiento en el eje Y. Este sistema se compondrá de un carro en donde ira el torpedo de la fresadora y un motor que dará el movimiento. Para esto se realizaron cálculos que se verán a continuación.

Para poder seleccionar el motor adecuado, hay que ver la potencia necesaria, para esto se debe considerar la masa de la máquina y de la cremallera que se la añadirá. Se estima un peso de 50 [kgf] para la cremallera lo que daría una suma de masas de 550 [kgf]. Para pasar este dato a potencia se utilizará la fórmula:

$$F_{\text{res}} = m_{\text{total}} * g = 550 \text{ [Kg]} * 9.8 \text{ [m/s}^2\text{]} = 5390 \text{ [N]}$$

La velocidad máxima a la que se pretende optar es de 0.1[m/s], con esta velocidad se calcula la potencia con la fórmula:

$$P = F_{\text{res}} * v_{\text{max}} = 5390 \text{ [N]} * 0.1 = 539 \text{ [W]}$$

Motor

Utilizando la fórmula de rendimiento global $\eta_T = \eta_p \cdot \eta_g \cdot \eta_r = 0,95 * 0,90 * 0,95$, la potencia se calcula como:

$$P_{\text{necesaria}} = P / \eta_T = 539 \text{ [W]} / 0,95 * 0,90 * 0,95 = 663.59 \text{ [W]} \approx 664 \text{ [W]} = 0.66 \text{ [kW]}$$

Se buscó en el catálogo de WEG motor, un motor que tenga una potencia superior a la necesaria y que además tengo un valor de RPM superior a 3000, que es lo que comúnmente tienen las fresadoras para desplazarse. Se seleccionó el primer motor que cumplía con los requisitos. (Todos los cálculos se realizaron utilizando de guía

El motor seleccionado tiene un peso de 9 [kgf], con este dato se calculará la resistencia a las cargas que deberán tener las vigas que conformarán el riel. Para esto se suman las masas hasta el momento, 550 [kgf] del torpedo y cremallera, 9 [kgf] del motor y 3 [kgf] extra en otros; esto suma un total de 562 [kgf].

La fuerza que efectuara el conjunto de partes anterior en las vigas de la estructura principal corresponde a:

$$562 \text{ [kgf]} * 9.8 \text{ [m/s}^2\text{]} = 5507.6 \text{ [N]} \approx 5508 \text{ [N]}$$

Se decidió finalmente que se dejará de lado la opción del motor para mover los ejes 'X' e 'Y' y se optará por un movimiento de acción mecánica a través de dos manivelas. Considerando lo anterior, los cálculos previos no serán tomados en cuenta para diseño final.

Como segundo concepto de diseño, se utilizará un canal existente en la parte inferior del torpedo donde se le colocará una cremallera para dar movimiento en el eje Y a la fresadora. Al igual que antes la primera relación se encuentra en el torpedo-cremallera-piñón, pero esta vez eliminando el motor. Además de esto por problemas de estructura se decidió eliminar también la adhesión magnética a la superficie de trabajo, en su lugar se utilizará una placa soldada a la superficie de trabajo y se apenará el equipo a dicha superficie.

El torpedo pesara aproximadamente 500 [kgf] ya que la cremallera ya se encuentra fabricada. La manera en la cual se utilizará esta cremallera es mediante un engranaje especial, Figura 2-1, que estará atrapado dentro del carro, Figura 2-2. Este deslizará por un perfil hexagonal y al momento de que el perfil hexagonal gire, transmitirá el movimiento a la cremallera a través del engranaje.



Figura 2-1 Engranaje hexagonal.

Fuente: Elaboración propia.

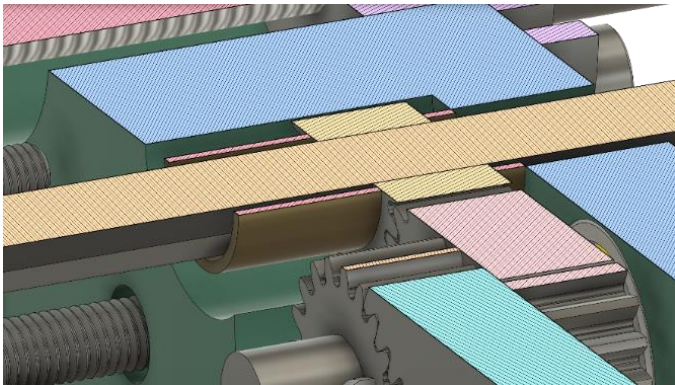


Figura 2-2 Engranaje hexagonal atrapado.

Fuente: Elaboración propia.

Para dar movimiento al eje X se utilizará un tornillo sin fin y un hilo que se ubicará en el carro, Figura 2-3. El carro además deberá tener un riel trapezoidal, por el cual circulará el torpedero, Figura 2-4; con una apertura para el contacto engranaje-cremallera, Figura 2-5. Aprovechando que este sistema no tendrá un motor acoplado el carro se podrá diseñar de una manera reducida en comparación al diseño anterior lo que no restará área de trabajo como si

lo hacia el diseño previo. Se espera que el carro tenga un peso aproximado de no más de 100 [kgf], esto incluyendo los hilos para el husillo y el engranaje para el perfil hexagonal.

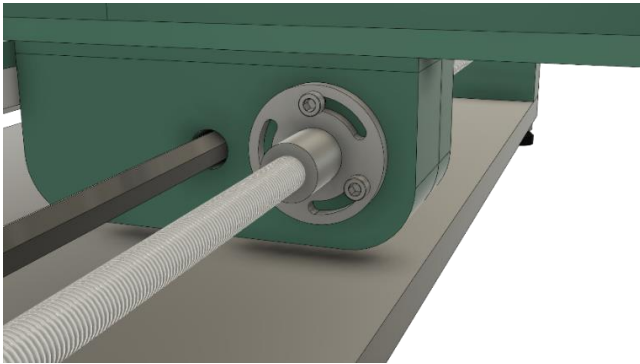


Figura 2-3 Tornillo sin fin e hilo.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 2-4 Riel trapezoidal.

Fuente: Elaboración propia.

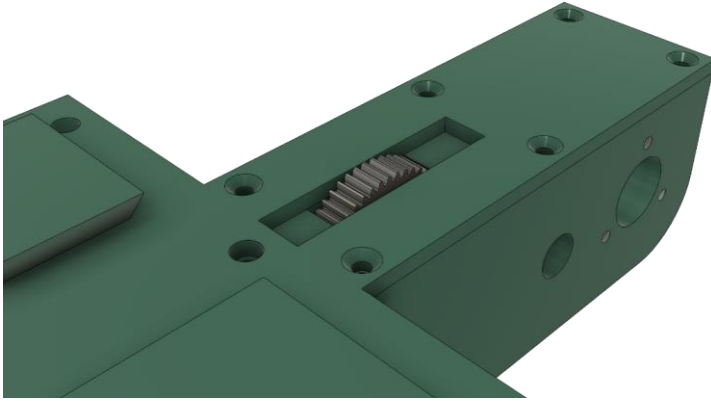


Figura 2-5 Apertura de contacto engranaje-cremallera.

Fuente: Elaboración propia.

Las vigas que se utilizarán para la estructura serán guías lineales y un carro compatible, de la empresa Hepcomotion en España, figura 2-6, esto supone una gran ventaja en la producción del equipo ya que el carro como tal no deberá ser fabricado. Se fabricará una pieza que funcionará como base para el torpedo, la cual contendrá el paso del eje hexagonal y el hilo del husillo. Esta pieza se acoplará al carro incluido con la guía lineal, ya que este cuenta con perforaciones adecuadas para esto. Las guías lineales que se utilizaran están diseñadas para soportar una fuerza de hasta 10000 [N] y tienen un peso de 13.5 [kgf] y el carro por su parte tiene un peso de 14.7 [kgf]. La guía lineal y el carro fueron seleccionadas por catálogo de la empresa Hepcomotion en base a su compatibilidad y resistencias.

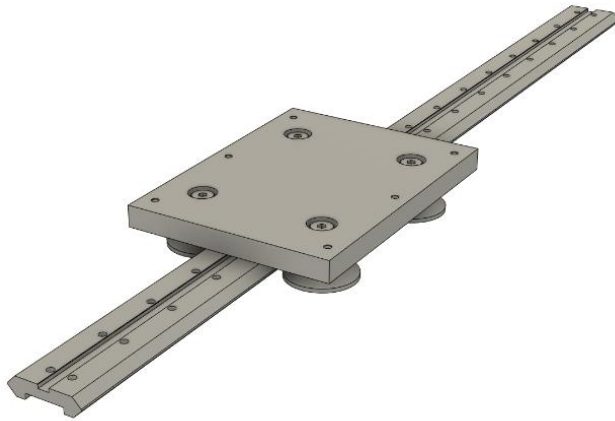


Figura 2-6 Guía lineal con carro de Hepcomotion.

Fuente: Elaboración propia.

Tanto las vigas, como el husillo y el perfil hexagonal tendrán una estructura al comienzo y final, las cuales mantendrán estos componentes unidos y alineados, la intención es que estas estructuras tengan un peso máximo de 40 [kgf] cada una. A su vez estas estructuras estarán fijadas a una lámina base de 8,4 [kgf]. Finalmente, la estructura sin el torpedo se observa en la Figura 2-7.

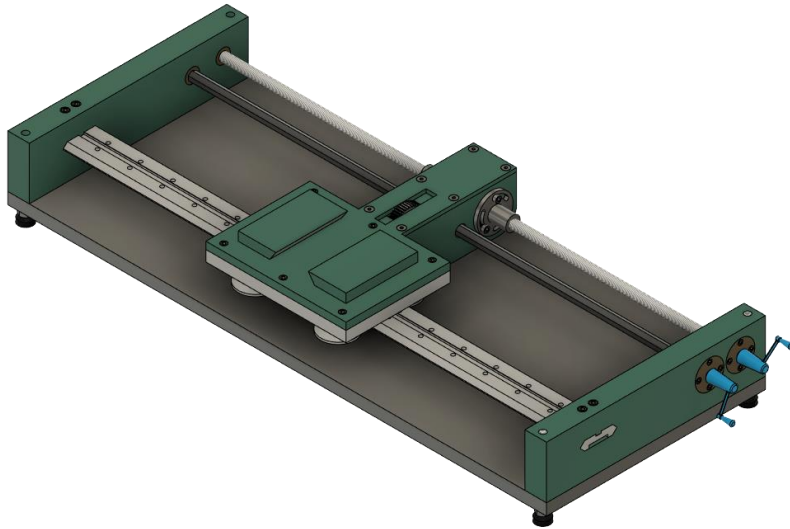


Figura 2-7 Sistema completo sin el torpedo.

Fuente: Elaboración propia.

Tomando en cuenta ahora los pesos que se han estimado; torpedo de fresado 500 [kgf], adaptador 100 [kgf], carro 14.7 [kgf], guía lineal 13.5 [kgf], husillo 24 [kgf], perfil hexagonal 6 [kgf], y base 88.5 [kgf], se concluye que el equipo pesará en total un aproximado de 746.7 [kgf] lo que significa que ejercerá una fuerza de aproximadamente 7500 [N] aproximadamente, esto significa que esta por bajo el límite de fuerza de las guías lineales seleccionadas.

2.1.7 CANTIDAD DE MATERIAL A UTILIZAR

Para analizar la cantidad de material a utilizar, se verán tanto los componentes que se compran como caja negra, como aquella materia prima que se comprara para la fabricación de piezas.

Riel: Se utilizará solo una guía lineal que se comprará en Hepcomotion.

Carro: Se utilizará solo un carro que se comprará en Hepcomotion.

Acero SAE 1045: Se comprará acero para las piezas que serán fabricadas en la maestranza las cuales serían; el adaptador del carro, los topes laterales, los hilos del carro, el engranaje. Las piezas que se fabricaran de acero son en total 13. Las cuales son:

Topes laterales: Los topes laterales son dos piezas mecanizadas de 610 [mm] de largo, 146 [mm] de alto y 60 [mm] de profundidad. Esto supone un total de 42.75 [kgf]

Placa base: La placa base es una plancha de 30 [mm] de espesor, 1500 [mm] de largo y 610 [mm] de ancho. Lo que da un peso total de 76.86 [kgf]

Adaptador del carro: El adaptador del carro es una componente que se divide en 3 partes, con un total de 5 piezas.

- La primera parte es la caja, que se divide en 2 piezas, la caja tiene unas medidas de 320 [mm] de largo, 130 [mm] de alto y 120 [mm] de profundidad. Esto nos da un total de 40 [kgf], esto sin descontar el peso post mecanizado.
- La segunda parte es la tapa del adaptador, requiere de una plancha para ser fabricada, sus medidas mayores son 610 [m] de largo, 390 [mm] de ancho y 20 [mm] de alto lo que da un peso de 38 [kgf].
- La tercera parte es la guía del torpedo. Esta se compone de dos piezas las cuales se fijan a la tapa. Estas tienen unas medidas de 200 [mm] de largo, 25 [mm] de alto y aproximadamente 100 [mm] de ancho, lo que da un peso de 4 [kgf].

La suma de todas las partes da como resultado un peso de 82 [kgf], esto es 18[kgf] menos de lo que se había supuesto.

Hilo del adaptador: El hilo del adaptador se fabrica a partir de un cilindro de acero, las dimensiones necesarias son de 100 [mm] de diámetro y 160 [mm] de largo para ambos hilos. Esto da un total de 5 [kgf].

Engranajes: Para el equipo se utilizarán 3 engranajes los cuales tienen un ancho de 30[mm] cada uno, pero diferentes cantidades de dientes. Los cuales son:

- 50 dientes: Se necesita solo un engranaje de este tipo el cual tiene un diámetro de 104 [mm] lo que significa que su peso es de 2 [kgf].
- 30 dientes: Al igual que el de 50 solo se necesita un engranaje de este tipo. Este tiene un diámetro de 64 [mm] y supone un peso de 770 [g].
- 20 dientes: De este tipo de engranaje se utilizarán dos, uno para la transmisión entre engranajes y otro para recibir el movimiento del perfil hexagonal. Tienen un diámetro de 44 [mm] y juntos pesan 730 [g].

Bronce: Se comprará un trozo de bronce para fabricar cuatro piezas, las cuales son; dos soportes para el husillo y dos soportes para el perfil hexagonal, estas piezas se ubicarán en los topes inicial y final. El trozo debe medir 100 [mm] de diámetro y 240 [mm] de largo como mínimo. Esto da un peso de 17 [kgf].

Bronces internos: Los bronce internos son dos pequeños tubos que se utilizaran para mantener el engranaje del perfil hexagonal en su lugar. Estos tienen un diámetro exterior de 30 [mm], un diámetro interior de 26 [mm] y ambos suman un largo de 30 [mm] lo que da un peso de 50 [g].

Perfil hexagonal: Se comprará un perfil hexagonal de 1 [inch] de diámetro y 3000 [mm] de largo de la empresa Maquimetal.

Husillo: Se fabricará a partir de una barra de acero de 1 [inch] de diámetro y 3000 [mm] de largo de la misma empresa del perfil hexagonal.

Patas: Se fabricarán cuatro patas que se utilizarán para nivelar la máquina.

Todas estas cantidades de material están vistas previas al mecanizado por lo que el peso que se les atribuye diferirá del peso final de la máquina.

2.2 DESARROLLO DE PARTES, PIEZAS Y COMPONENTES

Para este proyecto se requerirá usarán 30 piezas en total que serán trabajadas en la maestranza; dos topes laterales, la placa base, cinco piezas que conforman el adaptador del carro, cuatro bronce, dos hilos para el tornillo sin fin, cuatro engranajes, dos chavetas, dos ejes, dos tubos de bronce para aprisionar el engranaje hexagonal, un husillo, un perfil hexagonal y cuatro patas.

2.2.1 TOPES LATERALES

Los topes laterales son la manera que tiene el equipo de mantener su estructura alineada. En este componente se fijan la guía, el husillo y el perfil hexagonal, para así dar movimiento en eje X e Y, ver Figura 2-9 y 2-10 respectivamente.

Estas piezas se fabricarán en el centro de mecanizado a partir de trozos de acero.



Figura 2-9 Vista isométrica tope lateral.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 2-10 Tope lateral frontal.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.2 PLANCHA BASE

Esta pieza es una plancha cuya función es reducir las vibraciones de la máquina para obtener un acabado más prolijo, ver Figura 2-11. A su vez contribuye en la alineación de los topes laterales, las guía lineal, el husillo y el tornillo sin.

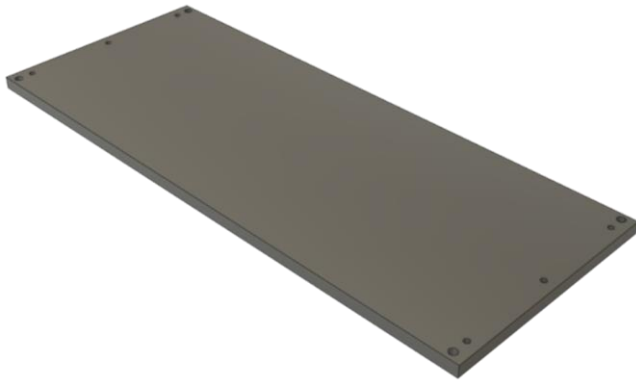


Figura 2-11 Plancha Base.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.3 ADAPTADOR DEL CARRO

El adaptador del carro, ver Figura 2-12, como se mencionó anteriormente, se compone de 5 piezas. La razón de esto es el aprovechamiento de material y de no aumentar el costo de materiales. La intención inicial era fabricar este adaptador a partir de una pieza única de acero finalmente se cambió por las razones antes mencionadas.

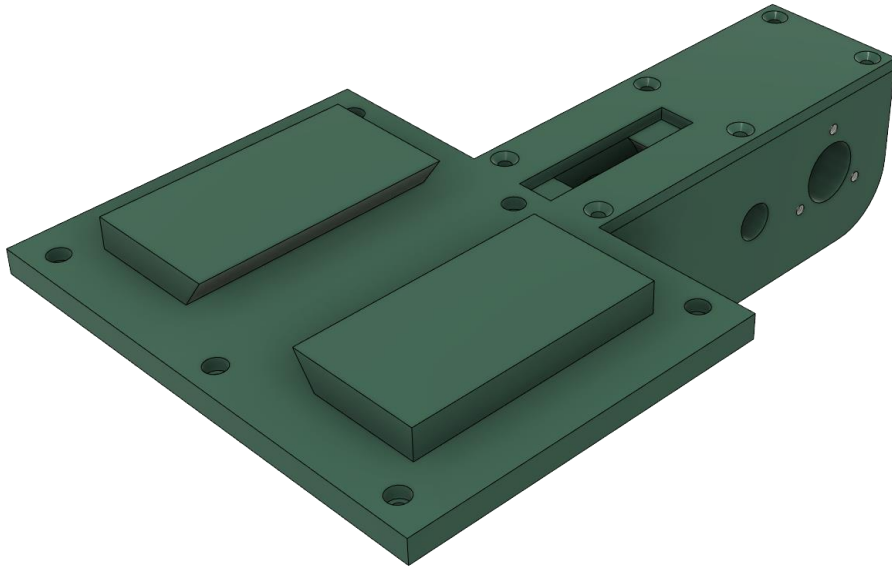


Figura 2-12 Vista isométrica adaptador del carro.

Fuente: Elaboración propia.

Se puede dividir el adaptador en 3 secciones, la primera es la caja; que cuenta con dos partes y es la primera parte en ser ensamblada, la segunda es la tapa de la caja; que es la pieza que centra la caja con el carro y finalmente la sección del riel trapezoidal; que se forma a partir de dos piezas.

La caja, Figura 2-13, se conforma de dos mitades, Figura 2-14, las cuales se realizarán en el centro de mecanizado.

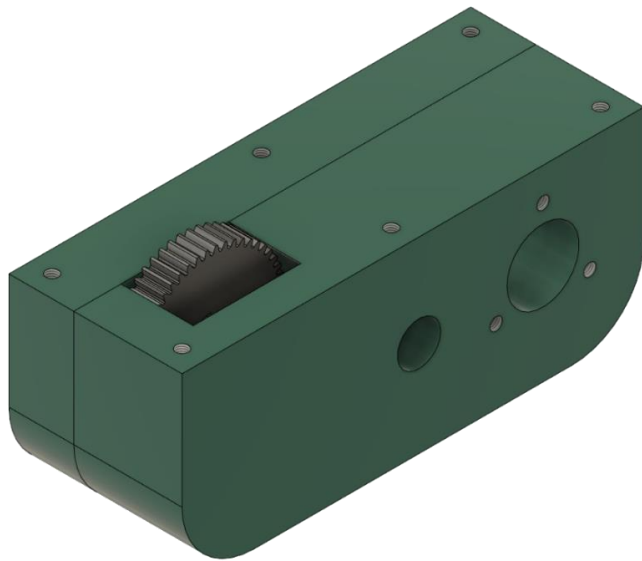


Figura 2-13 Vista isométrica Caja.

Fuente: Elaboración propia.

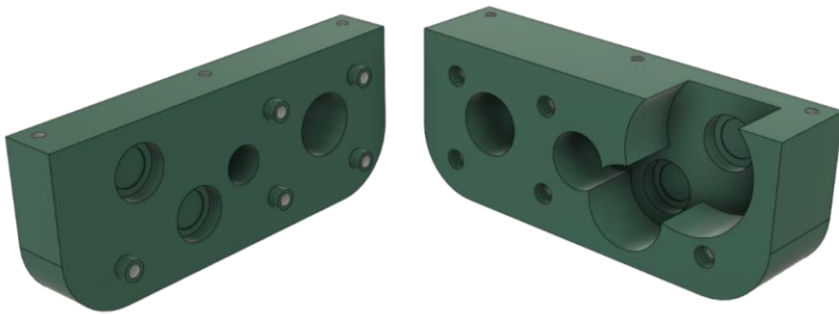


Figura 2-14 Caja abierta.

Fuente: Elaboración propia.

La tapa de la caja, Figura 2-15, se fabricará de igual manera en el centro de mecanizado. Esta se realiza a partir de una plancha de acero.

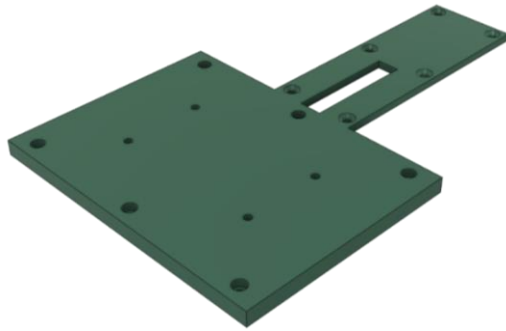


Figura 2-15 Tapa del adaptador.

Fuente: Elaboración propia.

El riel trapezoidal, Figura 2-16, se logra utilizando dos piezas iguales que se fijan en la tapa de la caja, estas se fabrican en el centro de mecanizado.

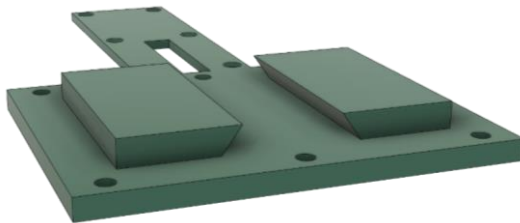


Figura 2-16 Riel trapezoidal.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la Figura 2-17, se observa una vista explosiva del adaptador del carro, donde se muestran las piezas que contiene.

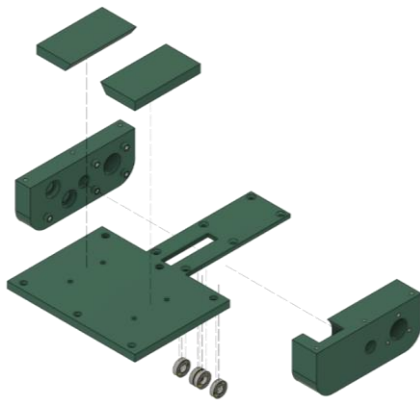


Figura 2-17 Vista explosiva adaptador.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.4 BRONCE

Los bronce, Figura 2-18, son piezas simples, se fabrican con la fresadora universal a partir de trozos cilíndricos de bronce. Estos se utilizan para atrapar el husillo y el perfil hexagonal. Además de dar el roce en el movimiento.

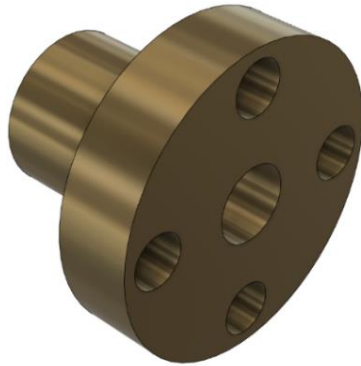


Figura 2-18 Vista isométrica bronce.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.5 HILOS

Los hilos que se utilizarán en este equipo, Figura 2-19, ya han sido usados previamente en proyectos desarrollados con Maestranza Véliz. Consiste en un adaptador que se acoplara al adaptador del carro, por estos hilos pasa el husillo sin tener contacto directo con el adaptador o el carro. Este sistema será el cual le entregará movimiento al eje X. Estos se fabricarán en el centro de mecanizado a partir de un trozo cilíndrico de acero.

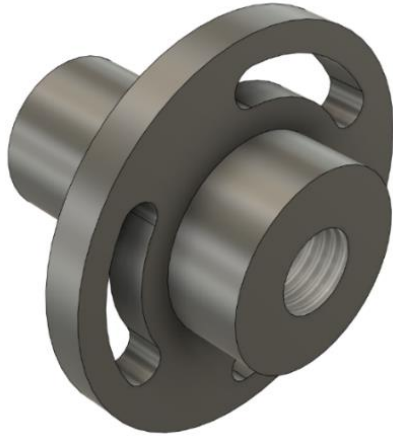


Figura 2-19 Vista isométrica hilo.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.6 ENGRANAJES

Primeramente, se utilizaría un solo engranaje para dar el avance en el eje Y al torpedo, posteriormente se definió una configuración de engranajes para dar un avance de 5 [mm] por vuelta de manivela al eje Y, ya que ese es el avance normal de una fresadora de pedestal. Los engranajes, Figura 2-20; 2-21; 2-22; 2-23, se ensamblarán al interior de la caja del adaptador del carro, Figura 2-24, ya que será por ahí por donde pase el perfil hexagonal.



Figura 2-20 Engranaje de 20 dientes / hexagonal.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 2-21 Engranaje de 20 dientes.

Fuente: Elaboración propia.

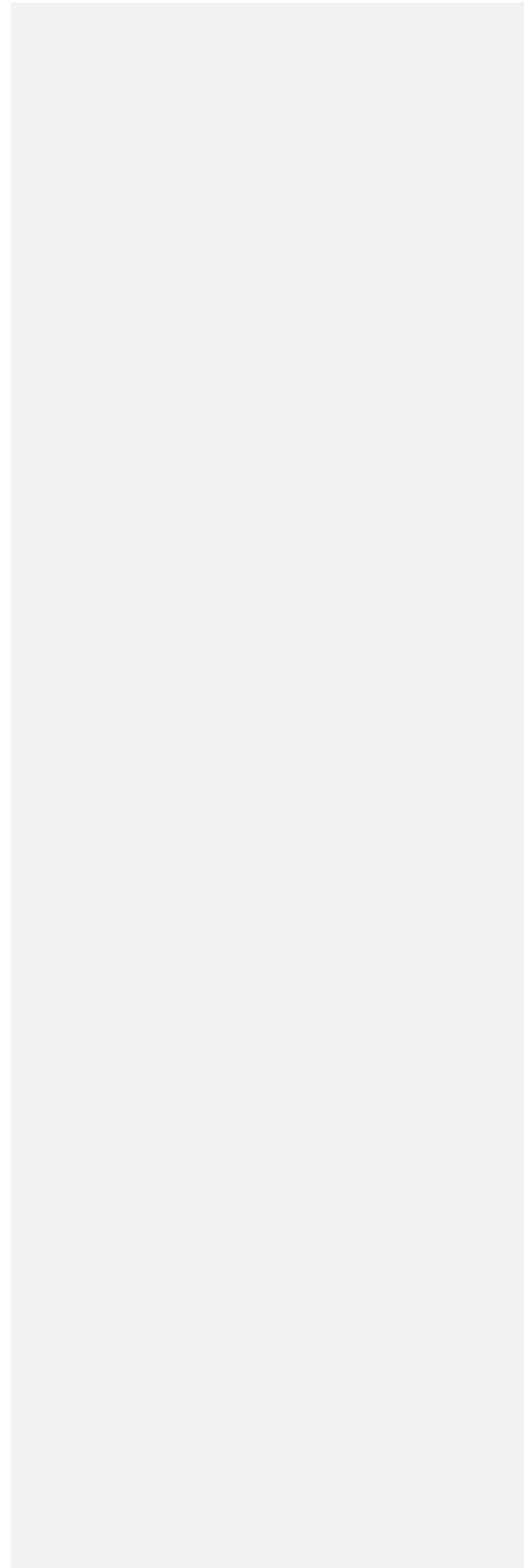




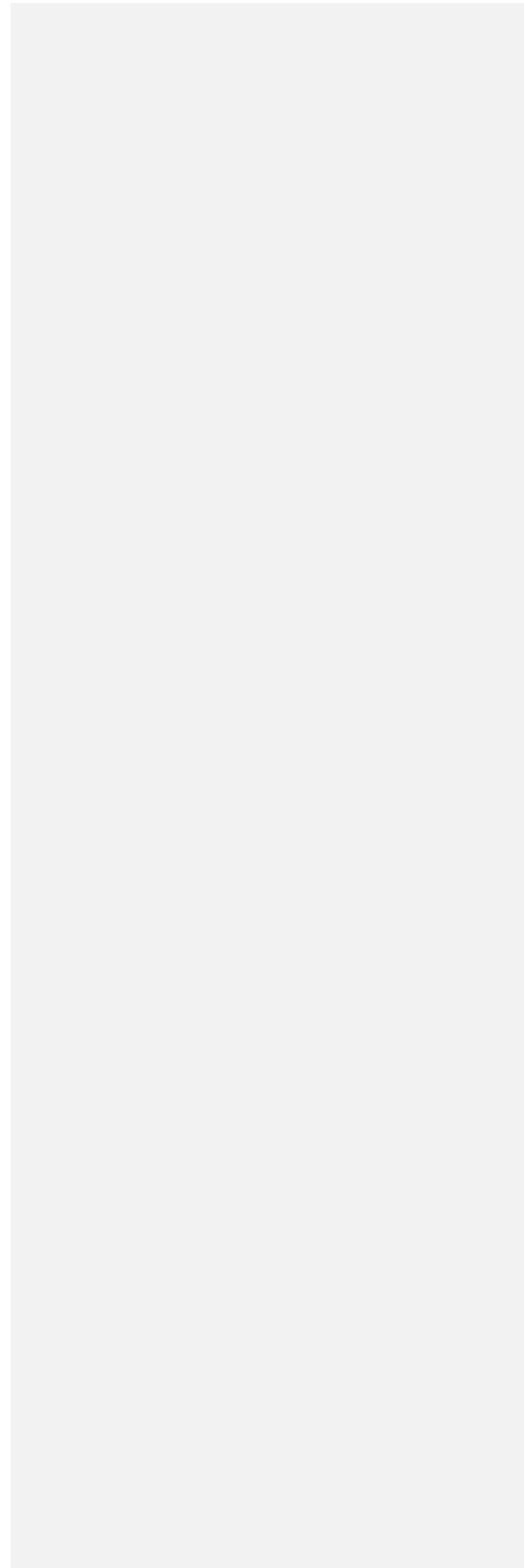
Figura 2-22 Engranaje de 30 dientes.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 2-23 Engranaje de 50 dientes.

Fuente: Elaboración propia.



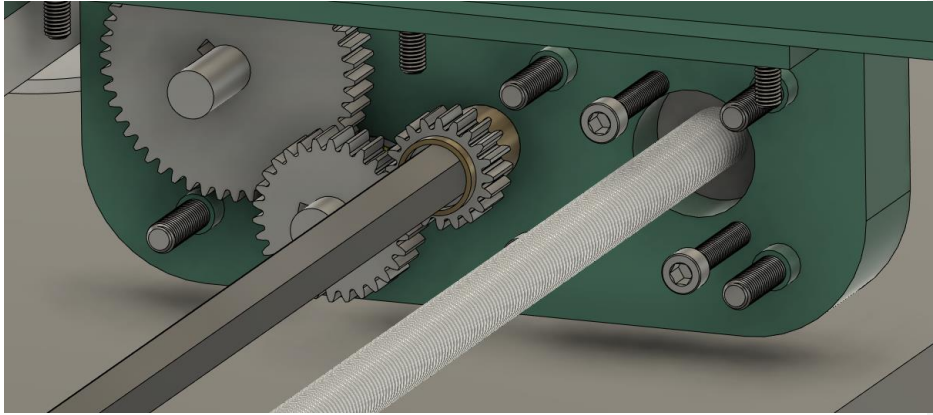


Figura 2-24 Configuración de engranajes en el interior de la caja.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.7 BRONCES PEQUEÑOS

Los bronce pequeños se conforman a partir de un aro de bronce que se muestra en la Figura 2-25 y un tubo de bronce que se observa en la Figura 2-26 que se utilizarán para mantener el engranaje del perfil hexagonal centrado dentro de la caja.

64



Figura 2-25 Aro de bronce 5[mm].

Fuente: Elaboración propia.

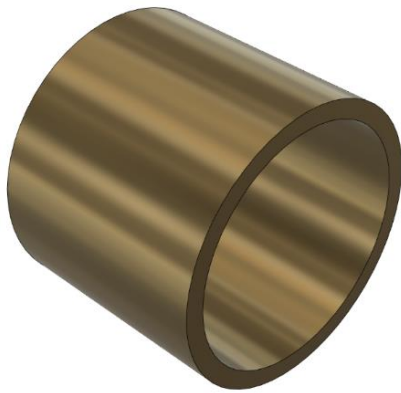
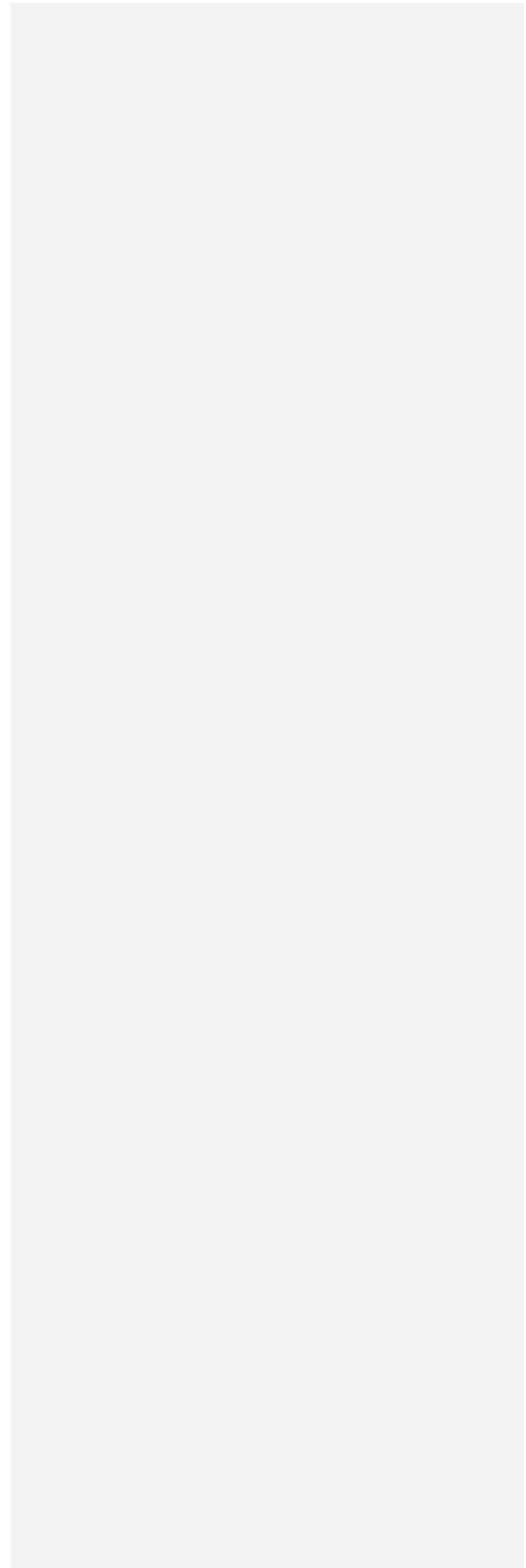


Figura 2-26 Tubo de bronce pequeño 25[mm].

Fuente: Elaboración propia.



2.2.8 HUSILLO

El husillo que se muestra en la Figura 2-27, fue la primera opción para dar movimiento en el eje Y al torpedo, esto debido a la fiabilidad de este tipo de sistema que entrega un movimiento suave y constante. El husillo pasa a través de la caja, sostenido por los hilos y termina en los topes a ambos extremos. Este se fabricará a partir de un perfil circular de acero.



Figura 2-27 Extremo mecanizado del husillo.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.9 PERFIL HEXAGONAL

La idea de usar un perfil hexagonal surgió de la necesidad de dar un movimiento lineal libre y a su vez que al girar diera avance. Se optó finalmente por el perfil hexagonal, Figura 2-28, ya que son fáciles de conseguir en el mercado y rápidos de mecanizar para lo que se requiere.



Figura 2-28 Extremo mecanizado del perfil hexagonal.

Fuente: Elaboración propia.

2.3 ANÁLISIS DETALLADO DE PROCESOS DE MANUFACTURA

En este punto se definirán con detalle los procesos de manufactura en los cuales se verán involucradas las piezas de la fresadora.

2.3.1 ADAPTADOR

El adaptador del carro se fabrica a partir de diferentes piezas de acero, como se comenta anterior mente este componente se forma con 5 piezas y cada una tiene diferentes procesos de manufactura.

- La tapa del adaptador se genera al dimensionar el trozo de acero con la cortadora por agua. Luego se mecaniza en la fresadora de pedestal para rebajar la superficie y finalmente se realizan las perforaciones respectivas.

- Para la caja se trabaja todo el dimensionado del acero se produce en el centro de mecanizado, luego se realizan las perforaciones y vaciado en la fresa.
- La guía del torpedo que se compone de dos partes, se fabrica mediante un rebaje en diagonal, el cual se realizara en la fresa.

2.3.2 BRONCES INTERNOS

Los bronceos internos se generan cortando un tubo de bronce.

2.3.3 BRONCES PERFIL HEXAGONAL/HUSILLO

En total son cuatro bronceos que se utilizarán para el perfil hexagonal y para el husillo. Para manufacturar estos componentes, se corta el cilindro de bronce en el torno con las medidas requeridas. Posteriormente se trabaja en el centro de mecanizado.

2.3.4 EJE DE ENGRANAJE

Los ejes de los engranajes son cortados de una varilla y luego mediante la fresadora se les genera el canal chavetero.

2.3.5 ENGRANAJES

Los engranajes son de las piezas que más requieren trabajo. Estos pasan primero por el escoplo, la cual es una máquina que le genera la dentadura al engranaje. Luego se trabaja en el torno y para final se pasa por la fresadora para generar el canal chavetero.

2.3.6 HILO DEL ADAPTADOR

Ambos hilos del adaptador se trabajarán en el centro de mecanizado a partir de los trozos de acero.

2.3.7 TOPES LATERALE

Los topes laterales se fabrican a partir de trozos de acero dimensionados cortados por agua, posterior a esto se mecaniza en el centro de mecanizado y se finalizan los detalles con la fresadora.

2.4 ESTIMACIÓN DE TIEMPOS DE PRODUCCIÓN

Los tiempos estimados se conversaron directamente en la maestranza y están calculados en base a trabajos y experiencias previas.

2.4.1 ADAPTADOR

El adaptador al estar conformado por cinco piezas las cuales cuatro son diferentes tiene un tiempo estimado de manufactura de 16 horas.

2.4.2 BRONCES INTERNOS

Los bronce internos cuentan con un tiempo de manufactura insignificante, por lo que no se tomaran en cuenta.

2.4.3 BRONCES PERFIL HEXAGONAL/HUSILLO

Los bronce tienen un tiempo estimado de manufactura de 1,5 horas de fabricación cada uno, mas 1,5 horas por cada perforación. Esto significa que el tiempo de manufactura de los cuatro bronce es de 12 horas.

2.4.4 EJE DE ENGRANAJE

Los ejes de los engranajes no requieren mucho tiempo de fabricación, estos se tardan alrededor de 30 min.

2.4.5 ENGRANAJES

Los engranajes tienen un proceso de manufactura largo ya que requiere de diferentes procesos, Estos demoran alrededor de 1 hora por corte, mas 1,5 horas por dentadura y 30 min por canal chavetero. Esto suma un total de 12 horas para los cuatro engranajes.

2.4.6 HILO DEL ADAPTADOR

El hilo del adaptador se demora un aproximando de 1,5 horas por cada uno lo que da un total de 6 horas de trabajo.

2.4.7 HUSILLO

El husillo es la pieza que más demora en trabajarse de manera unitaria. Esta requiere alrededor de 1 día o 1 día y medio de trabajo, eso da un total de 15 horas aproximadamente.

2.4.8 PERFIL HEXAGONAL

El perfil hexagonal requiere poco trabajo y tarda aproximadamente 1 hora en estar listo.

2.4.9 TOPES LATERALES

Los topes laterales tienen un tiempo aproximado de 8 horas de trabajo cada uno, por lo tanto, suman en total 16 horas de trabajo.

2.5 ESTIMACIÓN DE COSTOS DE MANUFACTURA

La estimación de costos de manufactura está dada por el costo del material a utilizar y los tiempos empleados en la fabricación de piezas. En la Tabla 1-1 se pueden ver los costos asociados por unidad o precio por kilo, el valor H/H y el costo total. Para estimar los precios por kilo, se utilizó como referencia un precio de \$ 2500 por kilo de acero y \$ 1500 por kilogramo de bronce, estos datos no son correctos con el mercado ya que están sobredimensionados en al menos un 50% y se tomó de referencia el valor H/H de la maestranza que es de \$ 46.000.

Tabla 1 Costos de involucrados en la fabricación de la máquina.

Costos Materiales para Fabricacion			
Item	Cantidad	Precio Unitario o Precio x Kilo (\$)	Total (\$)
Adaptador	1	205.000	205.000
Bronces externos	4	6.500	26.000
Bronces internos	2	750	1.500
Carro	1	643.583	643.583
Engranajes	4	2.200	8.800
Guia lineal	1	592.272	592.272
Hilo adaptador	2	6.250	12.500
Husillo	1	262.415	262.415
Pernos Parker C8,8 M10-1,5 x 30	10	173	1.730
Pernos Parker C8,8 M8-1,25 x 40	16	88	1.408
Pernos Parker C8,8 M8-1,50 x 50	6	143	858
Pernos Parker C8,8 M12-1,75 x 80	5	412	2.060
Pernos Parker C8,8 M10-1,50 x 100	4	455	1.820
Pernos Parker Plano GR.10 M10-1,50 x 30	6	520	3.120
Pernos Parker Plano GR.10 M12-1,75 x 50	6	740	4.440
Perfil Hexagonal	1	262.415	262.415
Plancha base 1500*610*32 'Diferro'	1	422.000	422.000
Rodamiento SKF 6400	4	5.550	22.200
Topes laterales	2	106.900	213.800
Torpedo (Desarme de Fresa de fresadora)	1	10.000.000	10.000.000
Total Piezas			12.687.921

Costos H/H x pieza			
	Tiempo/Hora	Costo x Hora (\$)	Precio H/H x pieza (\$)
Hombre	-	46.000	-
Adaptador	16		736.000
Bronces externos	12		552.000
Engranajes	12		552.000
Hilo adaptador	6		276.000
Husillo	15		690.000
Perfil Hexagonal	1		46.000
Topes laterales	16		736.000
Total Manufactura			3.588.000

Valor Total	16.275.921
-------------	------------

Fuente: Elaboración Propia.

2.6 PROPUESTA DE FABRICACIÓN O PROTOTIPO

A continuación, se muestra la vista isométrica de la fresadora, Figura 2-29, con todas las piezas en su lugar. Siguiendo a esta, Figura 2-30, se observa una vista explosiva de la misma.

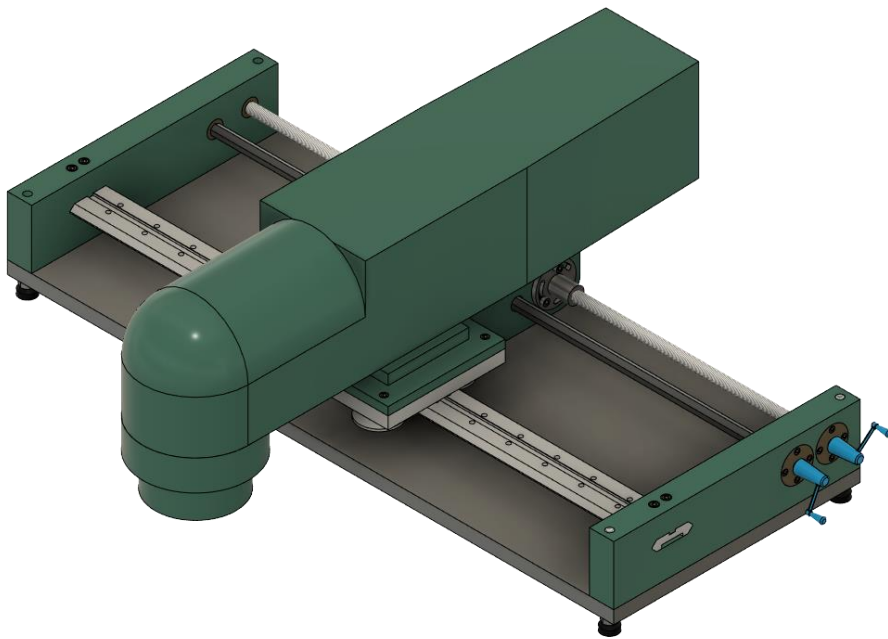


Figura 2-29 Fresadora portátil diseño completo.

Fuente: Elaboración propia.

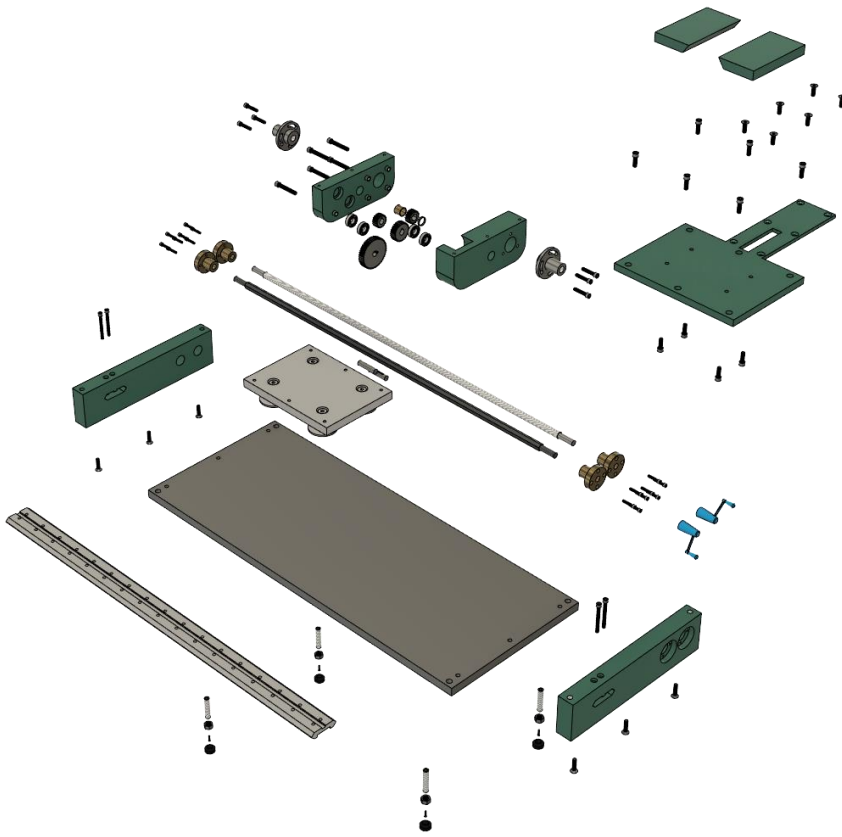


Figura 2-30 Vista Explosiva Fresadora Portátil.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN ECONÓMICA

3 EVALUACIÓN ECONÓMICA

A continuación, se verán las variables económicas y si es un buen negocio o no la fabricación de este equipo industrial, para su uso en diversos servicios en terreno.

3.1 OBJETIVO Y ALCANCE DEL PROYECTO

Se analizarán los siguientes puntos para evaluar correctamente el mercado y visualizar el real alcance del proyecto.

3.1.1 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA

Para realizar la estimación de la demanda se verán casos en los cuales se requeriría este tipo de equipos en la realidad actual, entendiendo de esta forma que el producto apunta a un servicio que prestara la maestría a las empresas que así lo requieran. Es necesario identificar la relación que tiene el producto solicitado con el mercado en el cual se desenvolverá.

3.1.2 MERCADO RELEVANTE

La demanda de este proyecto se ha basado constantemente como un producto enfocado en la industria minera, pero se busca llegar a todos los sectores con los cuales Maestranza Véliz tiene relaciones, como la industria petroquímica, plantas de celulosa, hidroeléctricas o el sector eólica.

Existe una necesidad recurrente en los camiones Caterpillar 793F, ver Figura 3-1, utilizados en la minería para el transporte de material y residuos, de limpiar la base de suspensión, ver Figura 3-2. Esto por a la acumulación de tierra y polvo que se crea entre la llanta y el camión.



Figura 3-1 Camión Caterpillar 793F.



Figura 3-2 Fresado de camión en terreno con fresadora portátil.

Fuente: Imagen extraída de Video

Este tipo de trabajos requieren de múltiples procesos para poder llevarse a cabo. Desmontar la pieza a reparar, transportar y escoltar a una maestranza con las condiciones adecuadas, reparación en la maestranza, transportar y escoltar nuevamente a faena, montar la pieza reparada y finalmente repetir el proceso en caso de algún fallo, son todos los pasos que se requieren, lo que provoca que el camión quede fuera de trabajo por varios días, esto supone una gran pérdida para las empresas, ya que solo un camión mueve alrededor 231[t] por carga. La utilización de la fresadora portátil permite realizar el trabajo de manera eficaz

reduciendo la cantidad de procesos a tan solo la simulación de solución por software y reparación del componente en terreno.

Las empresas que cuentan con este tipo de camiones en Chile son,

- Anglo American Sur / Los Bronces - 12 camiones.
- Antofagasta-Centinelita / Esperanza - 34 camiones.
- Barrick-Antofagasta / Zaldívar - 2 camiones.
- BHP / Cerro Colorado - 30 camiones.
- BHP / Escondida - 21 camiones.
- BHP / Spence - 40 camiones.
- Civil Vicente / Various - 4 camiones.
- CMP / El Romeral - 20 camiones.
- CMP / Los Colorados - 17 camiones.
- CODELCO / Norte - 34 camiones.
- Collahuasi / Rosario - 4 camiones.
- ESPA Chile / Various - 6 camiones.
- Free port / El Abra - 13 camiones.
- Glencore / Lomas Bayas - 12 camiones.
- Lundin / Candelaria - 86 camiones.

Esta lista suma un total de 335 camiones en Chile a los cuales se les debe hacer una mantención. Esta información fue recogida y entregada por Maestranza Véliz.

3.1.3 CUOTA DE MERCADO

Para este tipo de servicio se trabajará en porcentaje del total, siendo un 1% la cuota de mercado para el primer año, siendo un total de 3 camiones, del servicio que se menciona el ítem anterior. La intención es que para el segundo año esta cifra aumente al 3%, lo que corresponde a 10 camiones, para el tercer año subir la cifra a 7% lo que contempla 23 camiones, luego al cuarto año un 18%, que son 60 camiones y para el quinto año abordar al menos un 40%, 134 camiones en total.

3.2 CRECIMIENTO FUTURO DEL MERCADO

Existe una demanda creciente de litio en Chile que se busca explotar en los próximos años. Se proyecta que la demanda del litio incrementara desde 327 [kt] de Carbonato de Litio de 2020 hasta 2114 [kt] en 2030, crecimiento anual compuesto del 21%. Esto supone una expansión productiva y la existencia de nuevos proyectos, se espera que el crecimiento de la producción en mina sea de 383 [kt] en 2020 a 1639 [kt] en 2030. Según expone Andrés González Eyzaguirre, analista de estrategia y políticas públicas.

Tomando en cuenta lo anterior y el uso de los camiones Caterpillar 793F que mueven un total de 231 [t] aproximadamente, se puede estimar un aumento de al menos 50 camiones en el país y eso solo tomando el crecimiento del litio.

3.3 EVALUACIÓN FINANCIERA

La evaluación financiera es de los puntos más importantes a desarrollar, debido que se verifica la factibilidad económica del proyecto y el impacto para la maestranza.

3.3.1 CONSIDERACIONES ECONÓMICAS

Tasas de descuento, moneda, impuestos y horizonte del proyecto serán los factores que se tomarán a consideración para realizar la evaluación económica.

3.3.1.1 Tasa de descuento:

La tasa de descuento normal utilizada en proyectos mineros tiende a ser de 7 u 8 por ciento. Para este proyecto se utilizará una tasa de descuento de 15%.

3.3.1.2 Moneda:

La moneda que se empleará para evaluar el proyecto será el peso chileno (clp) y la Unidad de Fomento (UF)

3.3.1.3 Impuesto:

Sera considerado el Impuesto al Valor Agregado (IVA) que corresponde a un 27% del total del costo, estipulado por el artículo 14 de la Ley sobre Impuestos de Ventas y Servicios.

3.3.1.4 Horizonte del Proyecto:

Se establecerá el horizonte del proyecto a un futuro de 5 años.

3.3.2 ESTUDIO DE COSTOS

3.3.2.1 Costos Fijos:

Son aquellos costos involucrados que no tienen variación según trabajo realizado. Los costos fijos asociados son el Marketing y la administración o jefe de línea que son costos mensuales que escapan de cada proyecto los cuales se observan en la Tabla 2-1. Estos costos fueron conversados en Maestranza Veliz en una reunión donde se establecieron los posibles costos fijos y costos variables de este servicio.

Tabla 2 Costos Fijos.

Costos Fijos		
	Costo Peso (\$)	Costo UF
Marketing	2.000.000	56,52
Jefe de línea	1.500.000	42,39
Gasto total Mensual	3.500.000	98,9
Gasto total Anual	42.000.000	1.186,84

Fuente: Elaboración Propia.

3.3.2.2 Costos Variables:

Los costos variables son aquellos que cambian según proyecto a desarrollar. Estos son peajes, combustible, arriendo de vehículo, cantidad de días de trabajo por proyecto, etc. Puede diferir tanto el costo entre un proyecto y otro que se realizó un caso ideal de proyecto con Maestranza Véliz donde se definieron ciertos valores y el cual contará con siete días, cinco de operaciones más dos de traslado y se utilizará a tres personas. Se toman en cuenta el arriendo de vehículo y el sueldo de los trabajadores como costos variables, ya que algunos servicios pueden tardar una mayor cantidad de días que otros. ver Tabla 2-2. Se toman en cuenta el arriendo del vehículo

Tabla 3 Costos Variables.

Costos Variables			
	Cantidad	Costo Peso (\$)	Costo Peso (\$) por Proyecto
Arriendo de Vehículo	7 días	70.000 al día	490.000
Combustible	2 estanques (160 Litros)	1.315 por litro	420.800
Promedio Peajes	-	19.125	38.250
Sueldos	3 trabajadores	46.000 H/H	6.210.000
Gasto total por proyecto			7.159.050

Fuente: Elaboración Propia.

Además, se realizó un cálculo de los costos de peaje a través de páginas web de planeamiento de ruta. Donde se promedió las distancias entre cada minera a la maestranza y eso según la cantidad de camiones existente por minera, ver Tabla 2-3.

Tabla 4 Promedio de peajes.

Promedio de Peajes				
Minera	Cant. de Camiones	Región	Peaje en Pesos (\$)	Peaje x Camiones en Pesos (\$)
Anglo American Sur / Los Bronces	12	Santiago	9.200	110.400
Antofagasta-Centínela / Esperanza	34	Antofagasta	26.500	901.000
Barrick-Antofagasta / Zaldivar	2	Antofagasta	26.500	53.000
BHP / Cerro Colorado	30	Antofagasta	26.500	795.000
BHP / Escondida	21	Antofagasta	26.500	556.500
BHP / Spence	40	Antofagasta	26.500	1.060.000
Civil Vicente / Various	4	Santiago	9.200	36.800
CMP / El Romeral	20	Coquimbo	18.250	365.000
CMP / Los Colorados	17	Atacama	23.400	397.800
CODELCO / Norte	34	Antofagasta	26.500	901.000
Collahuasi / Rosario	4	Tarapaca	28.950	115.800
ESPA Chile / Various	6	Santiago	9.200	55.200
Free port / El Abra	13	Antofagasta	26.500	344.500
Glencore / Lomas Bayas	12	Antofagasta	26.500	318.000
Lundin / Candelaria	86	Atacama	23.400	397.800
Total:	335			6.407.800

Promedio de peaje para 1 proyecto Ida y vuelta	38.250
---	--------

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2.3 Gastos de imprevistos:

Como gastos de imprevistos se considerará un 15% de los gastos variables, ya que la mayoría de los gastos radica en estos. Lo que corresponde a 1.073.858 de pesos como valor agregado por cada proyecto a realizar.

3.3.2.4 Gastos de puesta en marcha:

Los gastos de puesta en marcha del proyecto son aquellos que están involucrados en la fabricación de la fresadora portátil, los cuales son la suma total de costos de materiales, componentes y horas/hombre. Ver Tabla 2-4.

Tabla 5 Gastos de puesta en marcha.

Gastos de Puesta en marcha			
Costos Materiales para Fabricacion			
Item	Cantidad	Precio Unitario o Precio x Kilo (\$)	Total (\$)
Adaptador	1	205.000	205.000
Bronces externos	4	6.500	26.000
Bronces internos	2	750	1.500
Carro	1	643.583	643.583
Engranajes	4	2.200	8.800
Guia lineal	1	592.272	592.272
Hilo adaptador	2	6.250	12.500
Husillo	1	262.415	262.415
Pernos Parker C8,8 M10-1,5 x 30	10	173	1.730
Pernos Parker C8,8 M8-1,25 x 40	16	88	1.408
Pernos Parker C8,8 M8-1,50 x 50	6	143	858
Pernos Parker C8,8 M12-1,75 x 80	5	412	2.060
Pernos Parker C8,8 M10-1,50 x 100	4	455	1.820
Pernos Parker Plano GR.10 M10-1,50 x 30	6	520	3.120
Pernos Parker Plano GR.10 M12-1,75 x 50	6	740	4.440
Perfil Hexagonal	1	262.415	262.415
Plancha base 1500*610*32 'Diferro'	1	422.000	422.000
Rodamiento SKF 6400	4	5.550	22.200
Topes laterales	2	106.900	213.800
Torpedo (Desarme de Fresa de fresadora)	1	10.000.000	10.000.000
Total Piezas			12.687.921
Costos H/H x pieza			
	Tiempo/Hora	Costo x Hora (\$)	Precio H/H x pieza (\$)
Hombre	-	46.000	-
Adaptador	16		736.000
Bronces externos	12		552.000
Engranajes	12		552.000
Hilo adaptador	6		276.000
Husillo	15		690.000
Perfil Hexagonal	1		46.000
Topes laterales	16		736.000
Total Manufactura			3.588.000
Valor Total			16.275.921

Fuente: Elaboración propia.

El precio de fijación de este servicio se calculará en base a la suma de todos los costos de manufactura y los costos de hombre/hora que se utilizaron para fabricar la máquina, lo que corresponde a gastos de puesta en marcha, descontando el valor del torpedo principal, multiplicado por tres. Finalmente, el valor que se decidió es de \$18.000.000 por cada servicio realizado.

3.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA

Se llevará a cabo una evaluación económica a través de cuatro flujos de caja, sin financiamiento y con un 25%, 50% y 70% de financiamiento.

3.4.1 FLUJO DE CAJA

El siguiente flujo de caja es con un financiamiento completo por Maestranza Véliz.

Tabla 6 Flujo de Caja.

	Año					
	0	1	2	3	4	5
+ Ingresos por servicio	-	54.000	180.000	360.000	1.080.000	2.412.000
- Costos variables	-	21.477	71.590	143.180	429.540	959.306
- Costos fijos	-	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500
= Utilidad bruta	-	29.023	104.910	213.320	646.960	1.449.194
+ Valor residual	-	-	-	-	-	1.865
- Interes a largo plazo	-	-	-	-	-	-
= Utilidades previas a impuesto	-	29.023	104.910	213.320	646.960	1.451.059
- Impuesto 19%	-	7.836	28.326	57.596	174.679	391.786
= Utilidades post impuesto	-	21.187	76.584	155.724	472.281	1.059.273
- Amortización de la deuda	-	-	-	-	-	-
- Gastos de puesta en marcha	16.276	-	-	-	-	-
- Gastos de imprevisto	-	3.222	10.739	21.477	64.431	143.896
= Total del periodo	-16.276	17.965	65.846	134.247	407.850	915.377
+ Prestamo a largo plazo	-	-	-	-	-	-
= Flujo de caja neto	-16.276	17.965	65.846	134.247	407.850	915.377
Flujo de caja actualizado	-16.276	15.622	49.789	88.269	233.189	455.104
= Flujo de caja acumulado	-16.276	-654	49.135	137.404	370.594	825.698

Tasa de descuento	15%
VAN	825.698
TIR	265,56%
PRI	1,04

Fuente: Elaboración Propia.

El flujo de caja nos da como resultado que la Tasa Interna de Retorno (TIR) equivale a un 265,54% mientras que el Valor Actual Neto (VAN) da un valor de \$825.021.000 para un periodo de 5 años y el Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) es de 1,04 años, que en términos de trabajos son un total de cuatro trabajos para recuperar la inversión.

3.4.2 FLUJO DE CAJA CON FINANCIAMIENTO

Se evaluará la alternativa de financiar el proyecto mediante un préstamo bancario y se realizarán tres flujos de caja con un 25%, 50% y 75% de financiamiento. Para esto se realizaron simulaciones de préstamos bancarios en las páginas web de diferentes bancos de Chile, estas simulaciones se realizaron a 24 cuotas y con un préstamo del 100% para así seleccionar la mejor opción, los cuales se verán a continuación.

Banco Estado:

- Valor cuota mensual: \$915.098
- Tasa de Interés Mensual: 2,09%
- Tasa de Interés Anual: 25,08%
- Impuesto \$131.264
- Monto Total del Crédito: \$16.407.964
- Costo Total del Crédito: \$21.962.368
- Carga Anual Equivalente: 24,26%

Scotiabank:

- Valor cuota mensual: \$847.057
- Tasa de Interés Mensual: 1,77%
- Tasa de Interés Anual: 28,70%
- Monto Total del Crédito: \$ 16.275.921
- Costo Total del Crédito: \$20.329.368
- Carga Anual Equivalente: 22,33%

Banco Santander

- Valor cuota mensual: \$920.995
- Tasa de Interés Mensual: 1,39%
- Tasa de Interés Anual: 16,68%
- Impuesto \$131.282
- Monto Total del Crédito: \$16.410.282
- Costo Total del Crédito: \$22.103.880
- Carga Anual Equivalente: 19,5%

Banco BICE:

- Valor cuota mensual: \$807.577
- Tasa de Interés Mensual: 1,29%
- Tasa de Interés Anual: 17,37%
- Impuesto \$131.282
- Monto Total del Crédito: \$16.400.000
- Costo Total del Crédito: \$19.381.848
- Carga Anual Equivalente: 16,58%

Banco Falabella:

- Valor cuota mensual: \$964.342
- Tasa de Interés Mensual: 2,64%
- Monto Total del Crédito: \$16.276.000
- Costo Total del Crédito: \$23.144.205
- Carga Anual Equivalente: 36,38%

Banco de Chile:

- Valor cuota mensual: \$816.798
- Tasa de Interés Mensual: 1,32%
- Tasa de Interés Anual: 15,84%
- Monto Total del Crédito: \$16.276.000
- Costo Total del Crédito: \$19.603.142
- Carga Anual Equivalente: 15,83%

En base a la información anterior se decidirá pedir el préstamo al banco BICE ya que es el que presenta menor diferencia entre el monto solicitado y el costo total del crédito.

3.4.2.1 Flujo de Caja 25%:

A continuación, en la Tabla 3, se observa la simulación de financiamiento en la página web del banco BICE, luego se muestra en la Tabla 4, las cuotas que se deberán pagar calculadas a través del método francés utilizando el sitio web de Estudio Berenguer, centro de ciencias económicas de Argentina.

Tabla 7 Simulación de Préstamo de Crédito 25%.



Simulación de Préstamo Personal

Gracias por simular tu préstamo personal con nosotros, acá te enviamos los resultados:

Tipo de Préstamo:	
Monto líquido del Préstamo:	\$4.200.000
Número de Cuotas:	24
Valor Cuota:	\$208.300
Fecha Primera Cuota:	26/03/2023
Tasa de Interés Mensual:	1,35%
Gastos Operacionales:	IMPUESTO
CAE:	
Costo Total del Crédito:	\$4.999.200

Tabla 8 Calculo de Cuotas Sistema Frances 25%.



Cálculo de Sistema Francés

Valor del préstamo: \$4.200.000

Tasa Pactada (TNA): 1,35

Cantidad de cuotas: 24

N° Cuota	Capital del periodo	Amortización	Intereses	Cuota
1	\$4.200.000,00	\$172.746,54	\$4.725,00	\$177.471,54
2	\$4.027.253,46	\$172.940,88	\$4.530,66	\$177.471,54
3	\$3.854.312,57	\$173.135,44	\$4.336,10	\$177.471,54
4	\$3.681.177,13	\$173.330,22	\$4.141,32	\$177.471,54
5	\$3.507.846,91	\$173.525,22	\$3.946,33	\$177.471,54
6	\$3.334.321,69	\$173.720,43	\$3.751,11	\$177.471,54
7	\$3.160.801,26	\$173.915,87	\$3.555,68	\$177.471,54
8	\$2.986.685,39	\$174.111,52	\$3.360,02	\$177.471,54
9	\$2.812.573,87	\$174.307,40	\$3.164,15	\$177.471,54
10	\$2.638.266,47	\$174.503,49	\$2.968,05	\$177.471,54
11	\$2.463.762,98	\$174.699,81	\$2.771,73	\$177.471,54
12	\$2.289.063,17	\$174.896,35	\$2.575,20	\$177.471,54
13	\$2.114.166,82	\$175.093,11	\$2.378,44	\$177.471,54
14	\$1.939.073,71	\$175.290,09	\$2.181,46	\$177.471,54
15	\$1.763.783,62	\$175.487,29	\$1.984,26	\$177.471,54
16	\$1.588.296,34	\$175.684,71	\$1.786,83	\$177.471,54
17	\$1.412.611,63	\$175.882,36	\$1.589,19	\$177.471,54
18	\$1.236.729,27	\$176.080,22	\$1.391,32	\$177.471,54
19	\$1.060.649,05	\$176.278,31	\$1.193,23	\$177.471,54
20	\$884.370,73	\$176.476,63	\$994,92	\$177.471,54
21	\$707.894,11	\$176.675,16	\$796,38	\$177.471,54
22	\$531.218,94	\$176.873,92	\$597,62	\$177.471,54
23	\$354.345,02	\$177.072,91	\$398,64	\$177.471,54
24	\$177.272,11	\$177.272,11	\$199,43	\$177.471,54

Fuente: <http://mberenguer.com.ar/calculadora-de-cuota-sistema-frances/>

De los datos anteriores se utilizan las amortizaciones y los intereses para realizar el flujo de caja con el 25% de financiamiento, ver Tabla 5

Tabla 9 Flujo de Caja 25%.

	Año					
	0	1	2	3	4	5
+ Ingresos por servicio	-	54.000	180.000	360.000	1.080.000	2.412.000
- Costos variables	-	21.477	71.590	143.180	429.540	959.306
- Costos fijos	-	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500
= Utilidad bruta	-	29.023	104.910	213.320	646.960	1.449.194
+ Valor residual	-	-	-	-	-	1.865
- Interes a largo plazo	-	44	16	-	-	-
= Utilidades previas a impuesto	-	28.979	104.894	213.320	646.960	1.451.059
- Impuesto 19%	-	7.824	28.321	57.596	174.679	391.786
= Utilidades post impuesto	-	21.155	76.573	155.724	472.281	1.059.273
- Amortización de la deuda	-	2.086	2.114	-	-	-
- Gastos de puesta en marcha	16.276	-	-	-	-	-
- Gastos de imprevisto	-	3.222	10.739	21.477	64.431	143.896
= Total del periodo	-16.276	15.847	63.720	134.247	407.850	915.377
+ Préstamo a largo plazo	4.200	-	-	-	-	-
= Flujo de caja neto	-12.076	15.847	63.720	134.247	407.850	915.377
Flujo de caja actualizado	-12.076	13.780	48.182	88.269	233.189	455.104
= Flujo de caja acumulado	-12.076	1.704	49.886	138.155	371.344	826.449

Valores en miles de CLP

Tasa de descuento	15%
VAN	826.449
TIR	306,43%
PRI	0,88

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos ver en el flujo de caja, el VAN es positivo, esto quiere decir que el negocio es rentable. Con el financiamiento del 25% el periodo de recuperación se reduce a 0,88, esto significa que con tres proyectos que se realicen se recupera la inversión.

3.4.2.2 Flujo de Caja 50%:

Luego, en la Tabla 6 se observa la simulación de financiamiento del 50% y en la Tabla 7 las cuotas que se deberán pagar.

Tabla 10 Simulación de Préstamo de Crédito 50%.



Simulación de Préstamo Personal

Gracias por simular tu préstamo personal con nosotros, acá te enviamos los resultados:

Tipo de Préstamo:	
Monto líquido del Préstamo:	\$8.200.000
Número de Cuotas:	24
Valor Cuota:	\$403.804
Fecha Primera Cuota:	26/03/2023
Tasa de interés Mensual:	1,29%
Gastos Operacionales:	IMPUESTO
CAE:	
Costo Total del Crédito:	\$9.691.296

Tabla 11 Calculo de Cuotas Sistema Frances 50%.



Cálculo de Sistema Francés

Valor del préstamo: \$8.200.000

Tasa Pactada (TNA): 1,29

Cantidad de cuotas: 24

N° Cuota	Capital del periodo	Amortización	Intereses	Cuota
1	\$8.200.000,00	\$337.461,72	\$8.815,00	\$346.276,72
2	\$7.862.538,28	\$337.824,49	\$8.452,23	\$346.276,72
3	\$7.524.713,79	\$338.187,65	\$8.089,07	\$346.276,72
4	\$7.186.526,13	\$338.551,21	\$7.725,52	\$346.276,72
5	\$6.847.974,93	\$338.915,15	\$7.361,57	\$346.276,72
6	\$6.509.059,78	\$339.279,48	\$6.997,24	\$346.276,72
7	\$6.169.780,30	\$339.644,21	\$6.632,51	\$346.276,72
8	\$5.830.136,09	\$340.009,33	\$6.267,40	\$346.276,72
9	\$5.490.126,76	\$340.374,84	\$5.901,89	\$346.276,72
10	\$5.149.751,93	\$340.740,74	\$5.535,98	\$346.276,72
11	\$4.809.011,19	\$341.107,03	\$5.169,69	\$346.276,72
12	\$4.467.904,15	\$341.473,72	\$4.803,00	\$346.276,72
13	\$4.126.430,43	\$341.840,81	\$4.435,91	\$346.276,72
14	\$3.784.589,62	\$342.208,29	\$4.068,43	\$346.276,72
15	\$3.442.381,33	\$342.576,16	\$3.700,56	\$346.276,72
16	\$3.099.805,17	\$342.944,43	\$3.332,29	\$346.276,72
17	\$2.756.860,74	\$343.313,10	\$2.963,63	\$346.276,72
18	\$2.413.547,64	\$343.682,16	\$2.594,56	\$346.276,72
19	\$2.069.865,49	\$344.051,62	\$2.225,11	\$346.276,72
20	\$1.725.813,87	\$344.421,47	\$1.855,25	\$346.276,72
21	\$1.381.392,40	\$344.791,72	\$1.485,00	\$346.276,72
22	\$1.036.600,67	\$345.162,38	\$1.114,35	\$346.276,72
23	\$691.438,30	\$345.533,43	\$743,30	\$346.276,72
24	\$345.904,87	\$345.904,87	\$371,85	\$346.276,72

Fuente: <http://mberenguer.com.ar/calculadora-de-cuota-sistema-frances/>

Al igual que con el 25% se utilizaron los datos para realizar el flujo de caja del 50% de financiamiento, ver Tabla 8.

Tabla 12 Flujo de Caja 50%.

	Año					
	0	1	2	3	4	5
+ Ingresos por servicio	-	54.000	180.000	360.000	1.080.000	2.412.000
- Costos variables	-	21.477	71.590	143.180	429.540	959.306
- Costos fijos	-	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500
= Utilidad bruta	-	29.023	104.910	213.320	646.960	1.449.194
+ Valor residual	-	-	-	-	-	1.865
- Interes a largo plazo	-	82	29	-	-	-
= Utilidades previas a impuesto	-	28.941	104.881	213.320	646.960	1.451.059
- Impuesto 19%	-	7.814	28.318	57.596	174.679	391.786
= Utilidades post impuesto	-	21.127	76.563	155.724	472.281	1.059.273
- Amortización de la deuda	-	4.074	4.126	-	-	-
- Gastos de puesta en marcha	16.276	-	-	-	-	-
- Gastos de imprevisto	-	3.222	10.739	21.477	64.431	143.896
= Total del periodo	-16.276	13.831	61.699	134.247	407.850	915.377
+ Préstamo a largo plazo	8.200	-	-	-	-	-
= Flujo de caja neto	-8.076	13.831	61.699	134.247	407.850	915.377
Flujo de caja actualizado	-8.076	12.027	46.653	88.269	233.189	455.104
= Flujo de caja acumulado	-8.076	3.951	50.604	138.874	372.063	827.167

Valores en miles de CLP

Tasa de descuento	15%
VAN	827.167
TIR	375,08%
PRI	0,67


Fuente: Elaboración propia.

En el flujo de caja anterior el VAN es nuevamente positivo, lo que era de esperar con un mayor financiamiento. En el caso del 50% el periodo de recuperación se reduce a 0,67, al igual con el 25% significa que tres proyectos deberán realizarse para recuperar la inversión.

3.4.2.3 Flujo de Caja 75%:

Finalmente, en la Tabla 9 se observa la simulación de financiamiento del 75% y en la Tabla 10 las cuotas que se deberán pagar.

Tabla 13 Simulación de Préstamo de Crédito 75%.



Simulación de Préstamo Personal

Gracias por simular tu préstamo personal con nosotros, acá te enviamos los resultados:

Tipo de Préstamo:	
Monto líquido del Préstamo:	\$12.300.000
Número de Cuotas:	24
Valor Cuota:	\$605.691
Fecha Primera Cuota:	26/03/2023
Tasa de interés Mensual:	1,29%
Gastos Operacionales:	IMPUESTO
CAE:	
Costo Total del Crédito:	\$14.536.584


BANCO  BICE

Tabla 14 Calculo de Cuotas Sistema Frances 75%.



Cálculo de Sistema Francés

Valor del préstamo: \$12.300.000

Tasa Pactada (TNA): 1,29

Cantidad de cuotas: 24

N° Cuota	Capital del período	Amortización	Intereses	Cuota
1	\$12.300.000,00	\$506.192,58	\$13.222,50	\$519.415,08
2	\$11.793.807,42	\$506.736,74	\$12.678,34	\$519.415,08
3	\$11.287.070,68	\$507.281,48	\$12.133,60	\$519.415,08
4	\$10.779.789,20	\$507.826,81	\$11.588,27	\$519.415,08
5	\$10.271.982,39	\$508.372,72	\$11.042,36	\$519.415,08
6	\$9.763.589,67	\$508.919,22	\$10.495,86	\$519.415,08
7	\$9.254.670,44	\$509.466,31	\$9.948,77	\$519.415,08
8	\$8.745.204,13	\$510.013,99	\$9.401,09	\$519.415,08
9	\$8.235.190,14	\$510.562,25	\$8.852,83	\$519.415,08
10	\$7.724.627,89	\$511.111,11	\$8.303,97	\$519.415,08
11	\$7.213.516,78	\$511.660,55	\$7.754,53	\$519.415,08
12	\$6.701.856,23	\$512.210,59	\$7.204,50	\$519.415,08
13	\$6.189.645,64	\$512.761,21	\$6.653,87	\$519.415,08
14	\$5.676.884,43	\$513.312,43	\$6.102,65	\$519.415,08
15	\$5.163.572,00	\$513.864,24	\$5.550,84	\$519.415,08
16	\$4.649.707,76	\$514.416,65	\$4.998,44	\$519.415,08
17	\$4.135.291,11	\$514.969,64	\$4.445,44	\$519.415,08
18	\$3.620.321,47	\$515.523,24	\$3.891,85	\$519.415,08
19	\$3.104.798,23	\$516.077,42	\$3.337,66	\$519.415,08
20	\$2.588.720,81	\$516.632,21	\$2.782,87	\$519.415,08
21	\$2.072.088,60	\$517.187,59	\$2.227,50	\$519.415,08
22	\$1.554.901,01	\$517.743,56	\$1.671,52	\$519.415,08
23	\$1.037.157,45	\$518.300,14	\$1.114,94	\$519.415,08
24	\$518.857,31	\$518.857,31	\$557,77	\$519.415,08

Fuente: <http://mberenguer.com.ar/calculadora-de-cuota-sistema-frances/>

De la misma manera que en los flujos anteriores se utilizan los datos para realizar el flujo de caja del 75% de financiamiento, ver Tabla 11

Tabla 15 Flujo de Caja 50%.

	Año					
	0	1	2	3	4	5
+ Ingresos por servicio	-	54.000	180.000	360.000	1.080.000	2.412.000
- Costos variables	-	21.477	71.590	143.180	429.540	959.306
- Costos fijos	-	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500
= Utilidad bruta	-	29.023	104.910	213.320	646.960	1.449.194
+ Valor residual	-	-	-	-	-	1.865
- Interes a largo plazo	-	123	43	-	-	-
= Utilidades previas a impuesto	-	28.900	104.867	213.320	646.960	1.451.059
- Impuesto 19%	-	7.803	28.314	57.596	174.679	391.786
= Utilidades post impuesto	-	21.097	76.553	155.724	472.281	1.059.273
- Amortización de la deuda	-	6.610	6.190	-	-	-
- Gastos de puesta en marcha	16.276	-	-	-	-	-
- Gastos de imprevisto	-	3.222	10.739	21.477	64.431	143.896
= Total del periodo	-16.276	11.265	59.624	134.247	407.850	915.377
+ Prestamo a largo plazo	12.300	-	-	-	-	-
= Flujo de caja neto	-3.976	11.265	59.624	134.247	407.850	915.377
Flujo de caja actualizado	-3.976	9.796	45.085	88.269	233.189	455.104
= Flujo de caja acumulado	-3.976	5.820	50.905	139.174	372.363	827.468

Valores en miles de CLP

Tasa de descuento	15%
VAN	827.468
TIR	546,88%
PRI	0,41

Fuente: Elaboración propia.

En el último flujo de caja se observa que el periodo de retorno de inversión es igual a 0.41, al ser menor a la mitad de un periodo, significa que con tan solo la realización de dos proyectos se recupera la inversión, dado que el primer periodo contempla tres proyectos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Tras finalizado este proyecto y observando la información recopilada y obtenida, se evidencia que el diseño de un sistema portátil de fresado es una excelente inversión y una buena oportunidad de negocio. Esto debido a que mejora una falencia en la industria, que es la velocidad y seguridad con la que se realizan ciertos trabajos. La comodidad y eficiencia de llevar un equipo industrial a terreno no es comparable con la manera tradicional en una maestranza.

Se cumple el objetivo principal del proyecto fundamentado en la capacidad de traslado, con la intención de utilizar una cantidad reducida de piezas y la capacidad de desarmarse, esto para que el trabajo en faena sea lo más cómodo y lo menos complicado posible. Primeramente, se apuntaba a un negocio específico en la industria minera, pero a futuro se busca abordar otros sectores industriales con intención también de utilizar esta idea para generar nuevas máquinas y otras específicas para abordar de mejor manera el mercado al que se apunta.

Lo fundamental de este desafío es entregar una respuesta a la solicitud de Maestranza Véliz, lo cual se llevó a cabo durante todo el proceso de creación del equipo. Se generó el diseño base utilizando las medidas originales de los componentes en la maestranza y a partir de ahí se fueron diseñando las piezas de la máquina. Además de lo anterior se realizaron reuniones e instancias de conversación en donde se hicieron las consultas sobre el proceso de avance del proyecto para llegar al resultado final de la máquina.

En lo que respecta al análisis financiero se evidencia en los diferentes flujos de caja realizados, con o sin financiamiento, que la realización del proyecto es una buena oportunidad de negocio. Debido a que el VAN siempre es positivo y se recupera la inversión siempre antes del segundo año. Esto solo se sustenta en base al proyecto comentado, si se consideran los posibles trabajos en otros campos las ganancias aumentarían.

Lamentablemente la maestría no podrá realizar la fabricación de la máquina como se esperaba, debido a que se encuentra en un proceso de crecimiento con muchos proyectos y no cuenta con los fondos para realizarla en este momento. Eventualmente se fabricará, pero no por lo pronto.

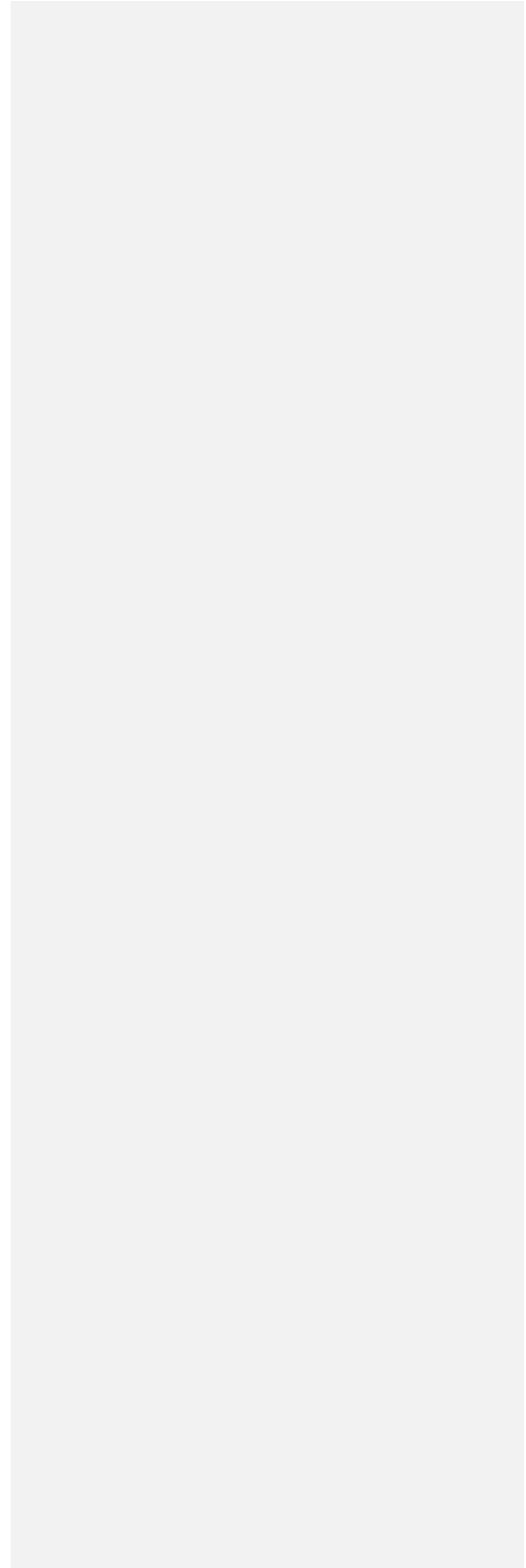
BIBLIOGRAFÍA

- Arearecnologia. Fresadora.
<https://www.areatecnologia.com/herramientas/fresadora.html>
- Cortes industriales. Historia de la fresadora.
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewjNgvOJpo35AhXpCbKGHemID3IQFnoECAQQAQ&url=https%3A%2F%2Fsites.google.com%2Fsite%2Fdeod2107f9%2Fhistoria-de-la-fresadora&usg=AOvVaw33jYebMK0COVXE8Tvm54TJ>
- Climaxportable. Fresadoras portátil PM4200
<https://www.climaxportable.com/productos/maquinas-fresadoras/maquina-fresadora-pm4200/?lang=es>
- Climaxportable. Fresadoras portátil LM5200
<https://www.climaxportable.com/productos/maquinas-fresadoras/fresadora-de-portico-o-lineal-lm5200/?lang=es>
- Climaxportable. Fresadoras portátil LM6200
<https://www.climaxportable.com/productos/maquinas-fresadoras/fresadora-de-portico-o-lineal-lm6200/?lang=es>
- Maestranza Véliz.
<https://www.maestranzaveliz.cl>
- Noria México. Mecanismos básicos de desgaste:
<https://noria.mx/lublearn/mecanismos-basicos-de-desgaste/>
- Feandalucia. Propiedad de los metales:
<https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd8631.pdf>

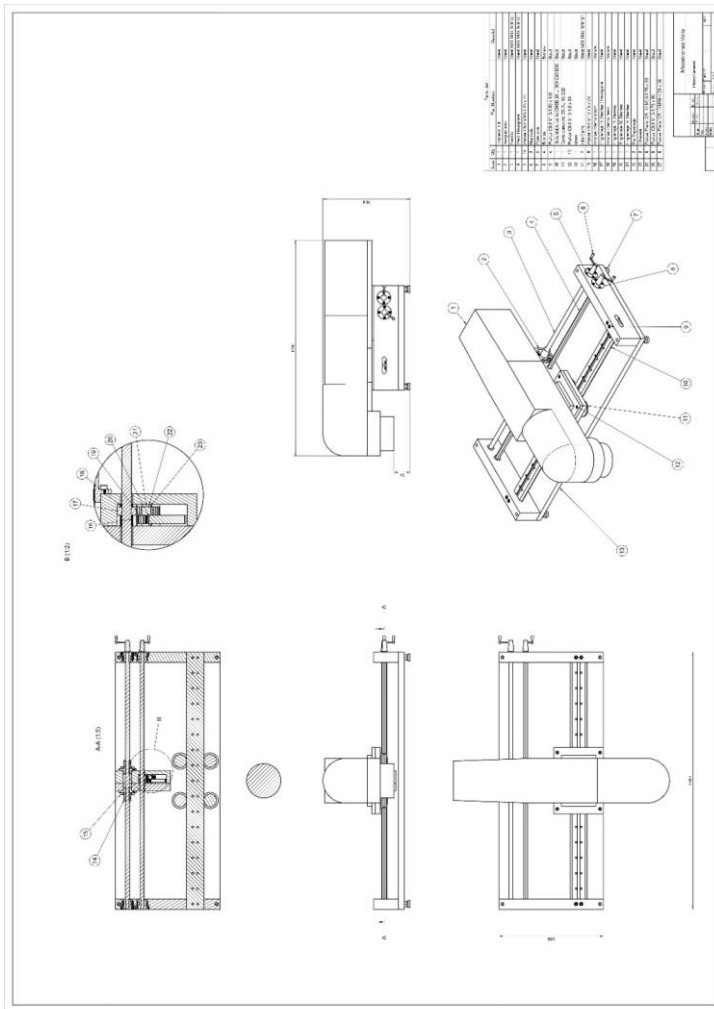
- Gobierno de canarias medusa ecoblog. Mecanismos y máquinas:
<https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/mmormarf/files/2014/10/Tema-3-Mecanismos-y-maquinas.pdf>
- Postgrado industrial. Elementos mecánicos que son y como se identifican.
<https://postgradoindustrial.com/elementos-mecanicos-que-son-y-como-se-clasifican/#:~:text=Sistema%20motriz%20o%20sistema%20de,por%20el%20sistema%20de%20entrada.>
- Weg Selección de motores eléctricos, catálogo de motores:
https://ecatalog.weg.net/tec_cat/tech_motor_sel_web.asp#
- Universidad técnica de Cataluña. Upcommons. Anexo de cálculos mecánicos.
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/4398/3-Anexo%20B%20Cálculos%20II.pdf>
- CNICE Ministerio de educación y ciencia de España. Cremallera y piñón.
http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/mecanismos/mec_cremallera-pinion.htm#:~:text=Según%20esto%2C%20si%20tenemos%20un,8%2F4%3D%20%20cm
- Chilexpo distribuidora de metales. Tipos de acero.
<https://www.chilexpo.com/calidad/304-1-h/>
- Hepcomotion advanced linear solutions, perfil lineal Hepcomotion.
<https://www.hepcomotion.com/es/producto/guias-lineales/gv3-guias-lineales/?tab=technical>
- Otero industrial. Serviper y otero. Husillo.
<https://oteroindustrial.cl/barra-de-acero-carbono-aisi-sae-1045-c-12.html>

- Maquimetal LTDA. Catálogo de metales.
http://www.maquimetal.cl/productos_acero/barra_hexagonal.php
- SKF. Rodamientos.
<https://www.skf.com/cl/products/rolling-bearings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/productid-6004>
- Pernoval. Catálogo de pernos.
<https://pernoval.cl>
- Lumetalplastic. Calculadora de pesos de metal por dimensiones.
<https://www.lumetalplastic.com/calculadora-de-pesos/>
- Cochilco. El mercado del litio. Desarrollo reciente y proyecciones al 2030
<https://www.cochilco.cl/Paginas/Sala-de-Prensa/Noticias.aspx?ID=522>
- Estudio Berenguer, ciencias económicas. Calculadora de cuotas sistema
<http://mberenguer.com.ar/calculadora-de-cuota-sistema-frances/>

ANEXOS

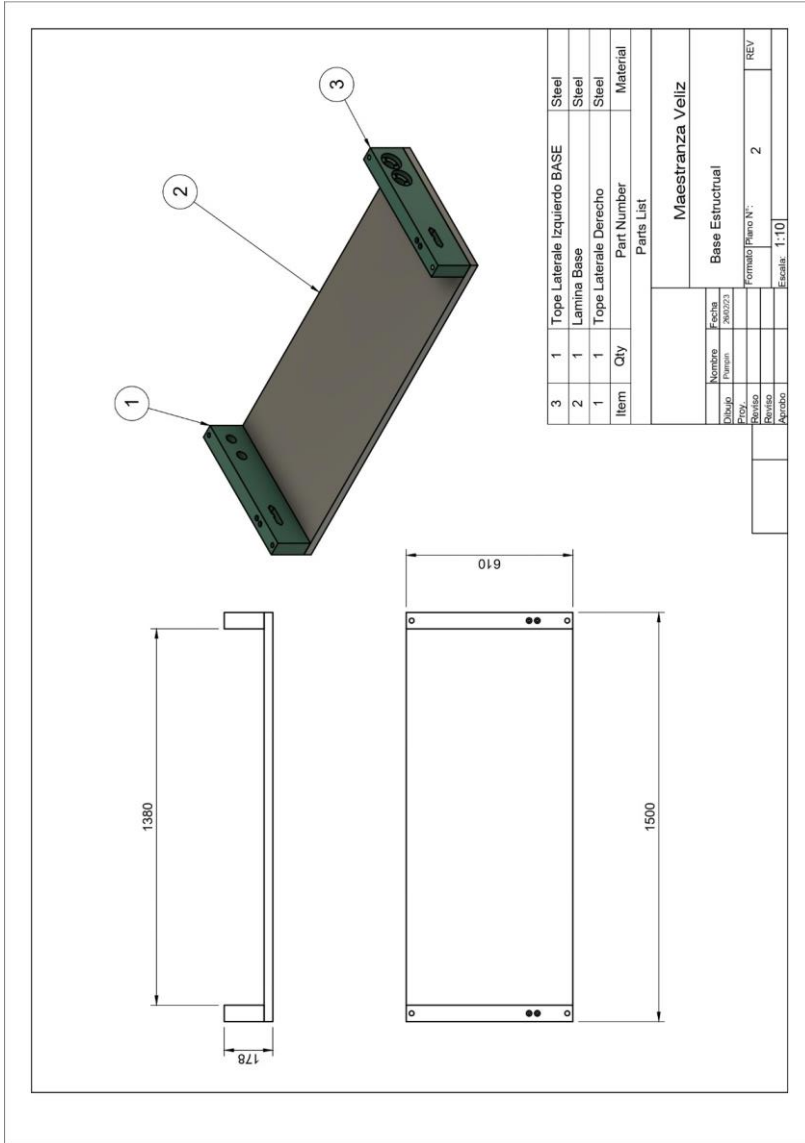


PLANOS DE FABRICACIÓN



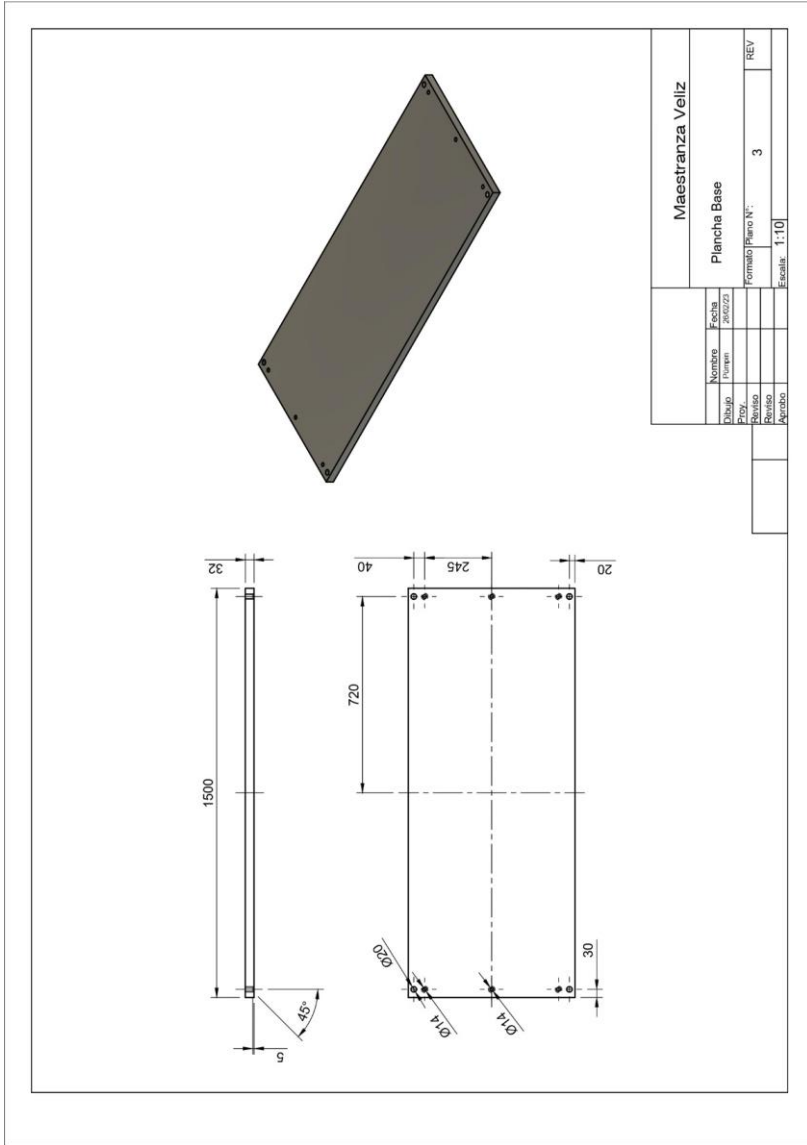
Anexo A Plano General.

Fuente: Elaboración propia.



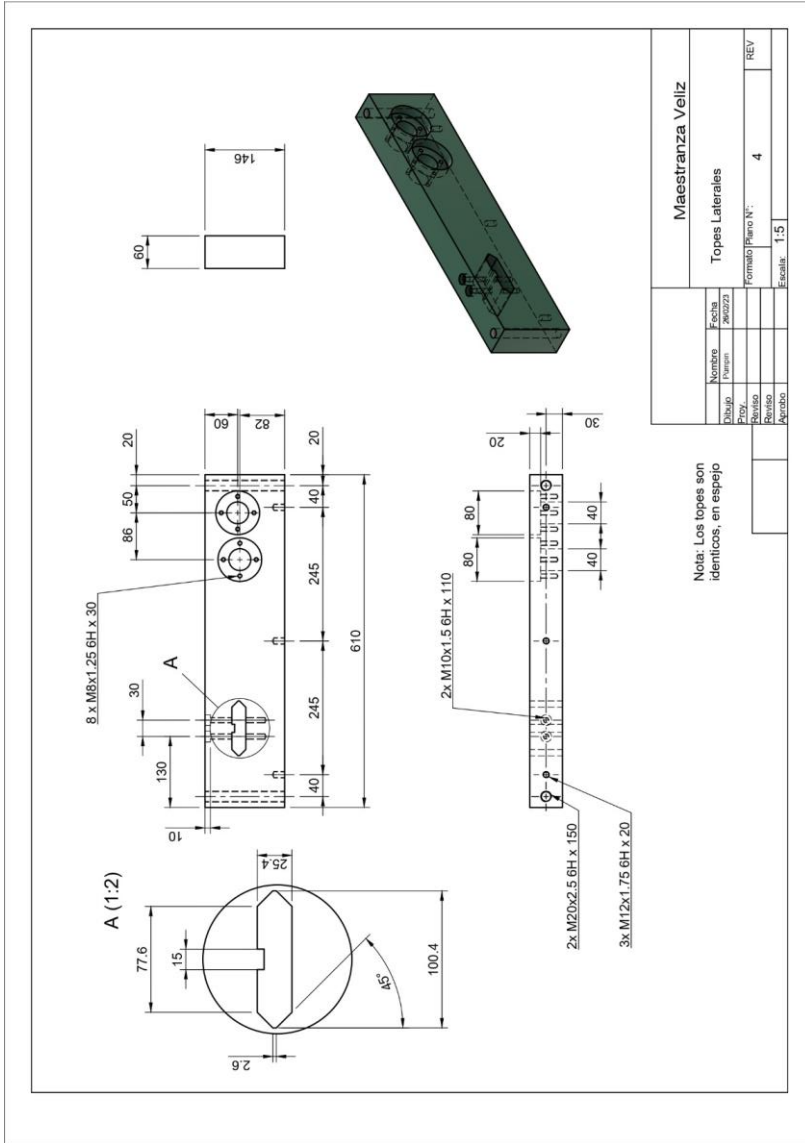
Anexo B Plano Base.

Fuente: Elaboración propia.



Anexo C Plano Plancha Base.

Fuente: Elaboración propia.



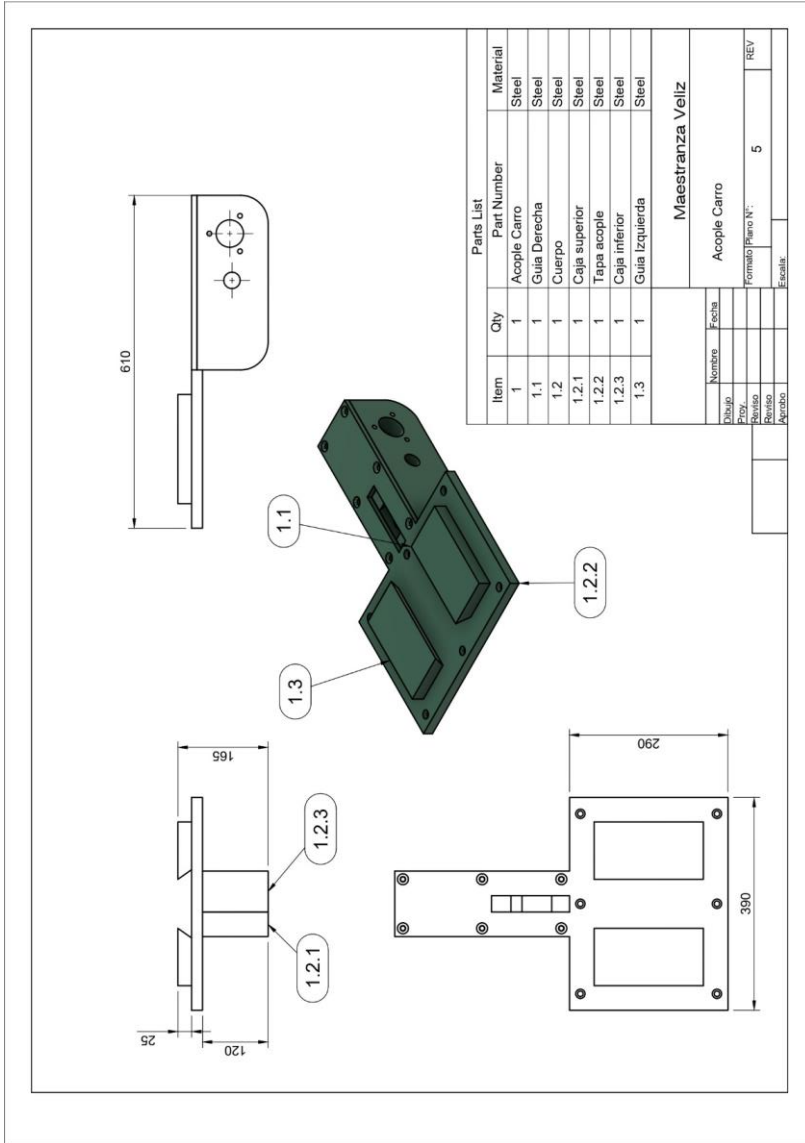
Nombre		Fecha	
Diseño		26/02/21	
Elaborado			
Revisado			
Aprobado			
Formato Plano N.º:		4	
Escala:		1:5	

Nota: Los topes son idénticos, en espejo

Maestranza Veliz
Topes Laterales

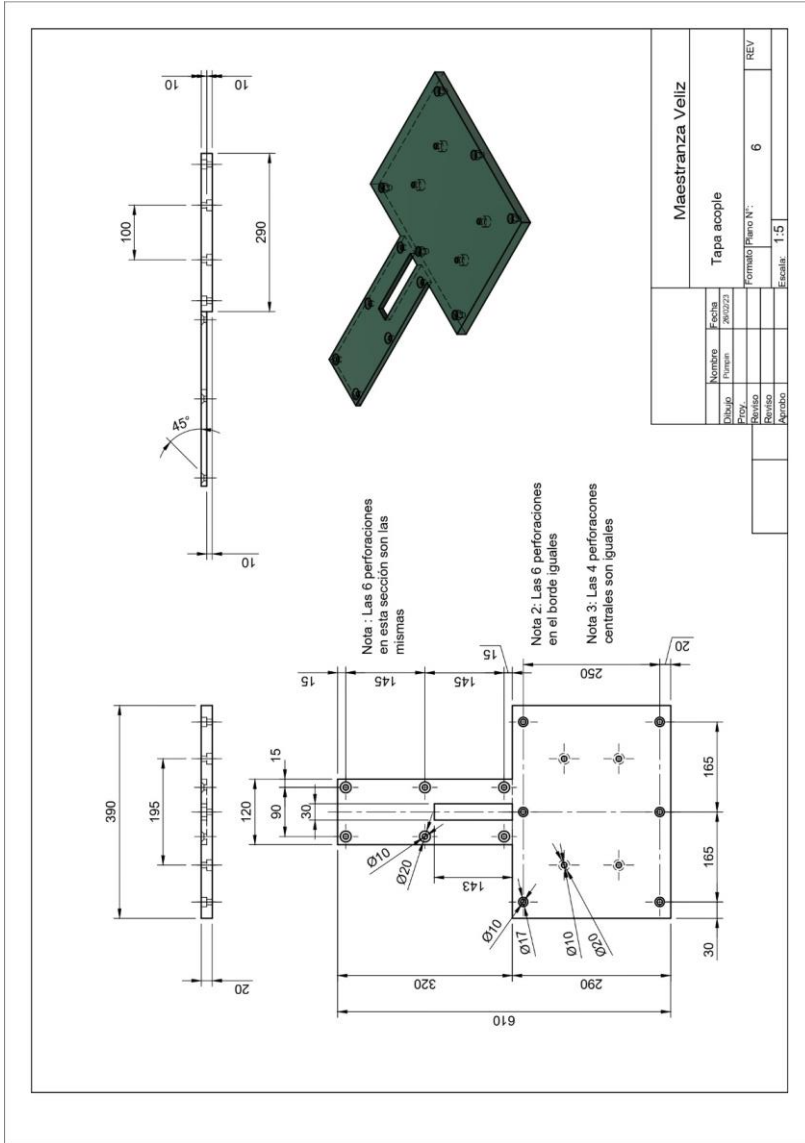
Anexo D Plano Topes Laterales.

Fuente: Elaboración propia.



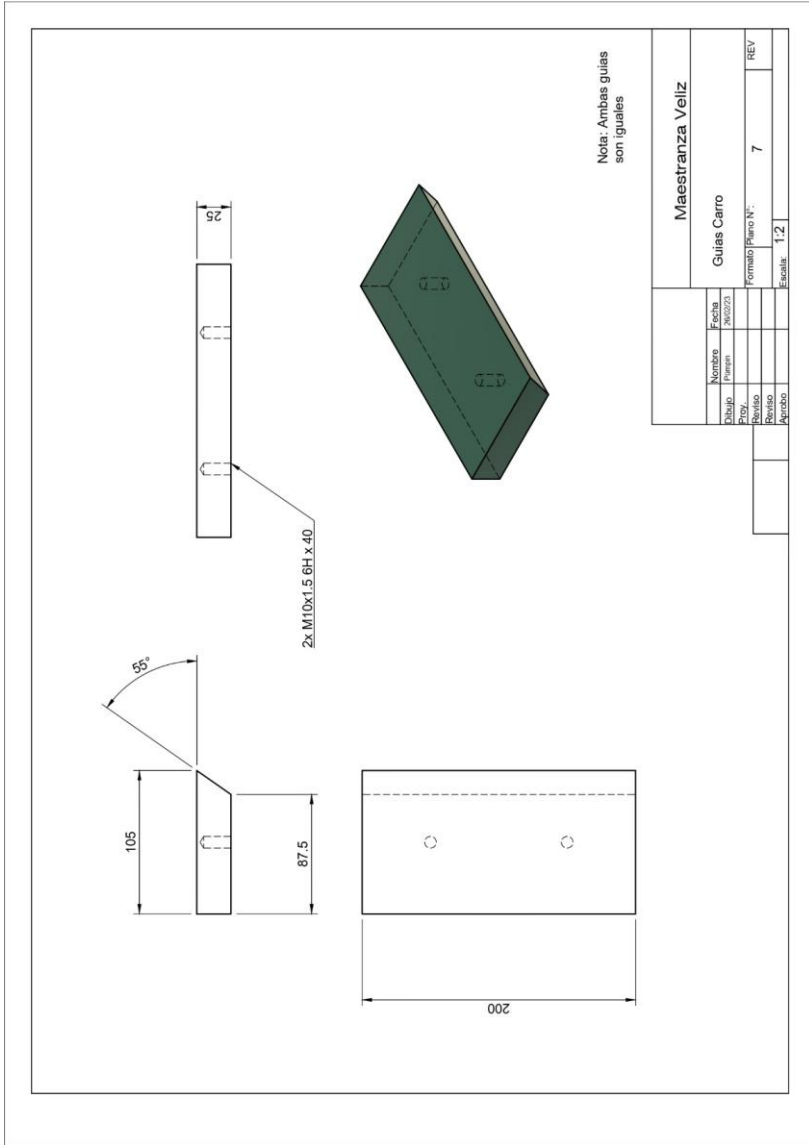
Anexo E Plano Acople Carro.

Fuente: Elaboración propia.



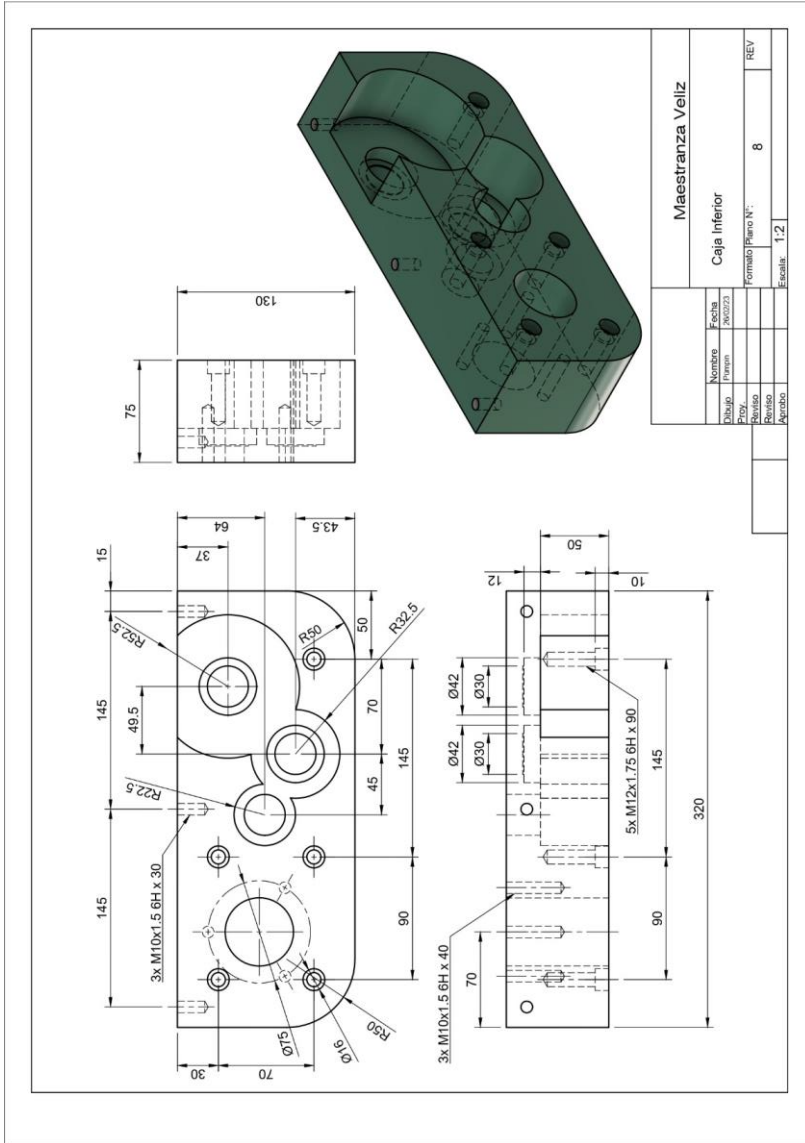
Anexo F Plano Tapa Acople.

Fuente: Elaboración propia.



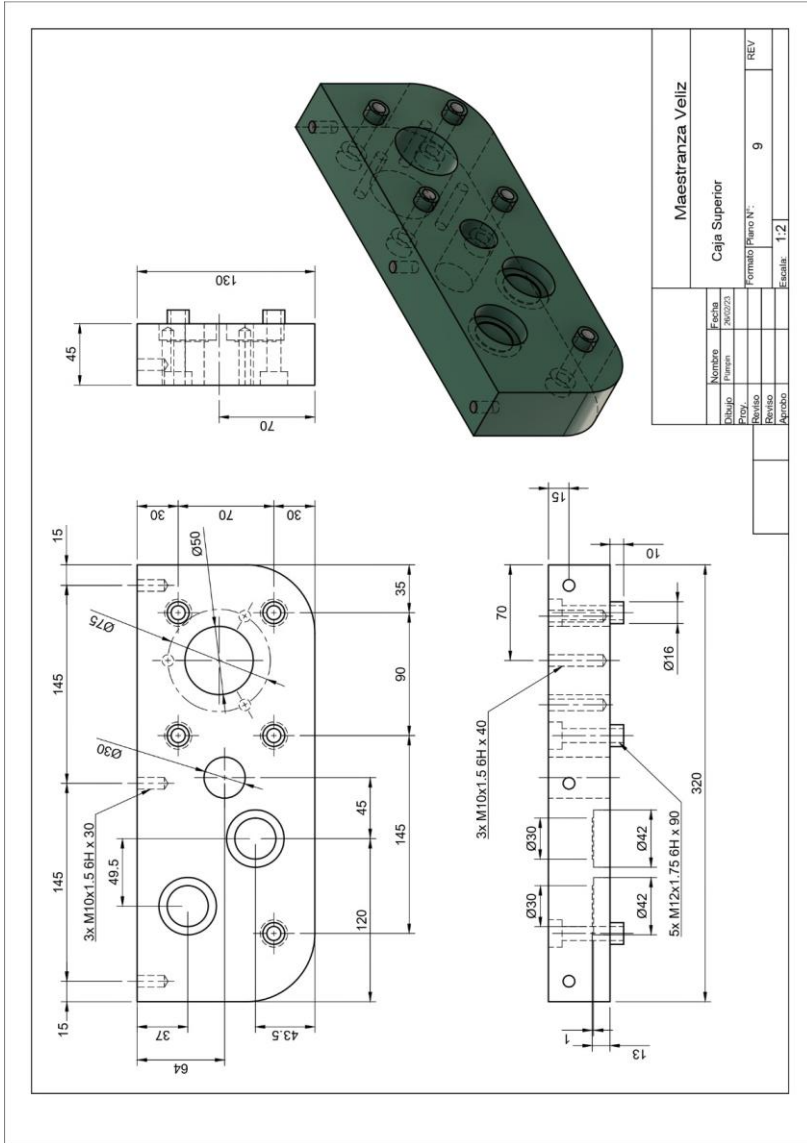
Anexo G Plano Guías Carro.

Fuente: Elaboración propia.



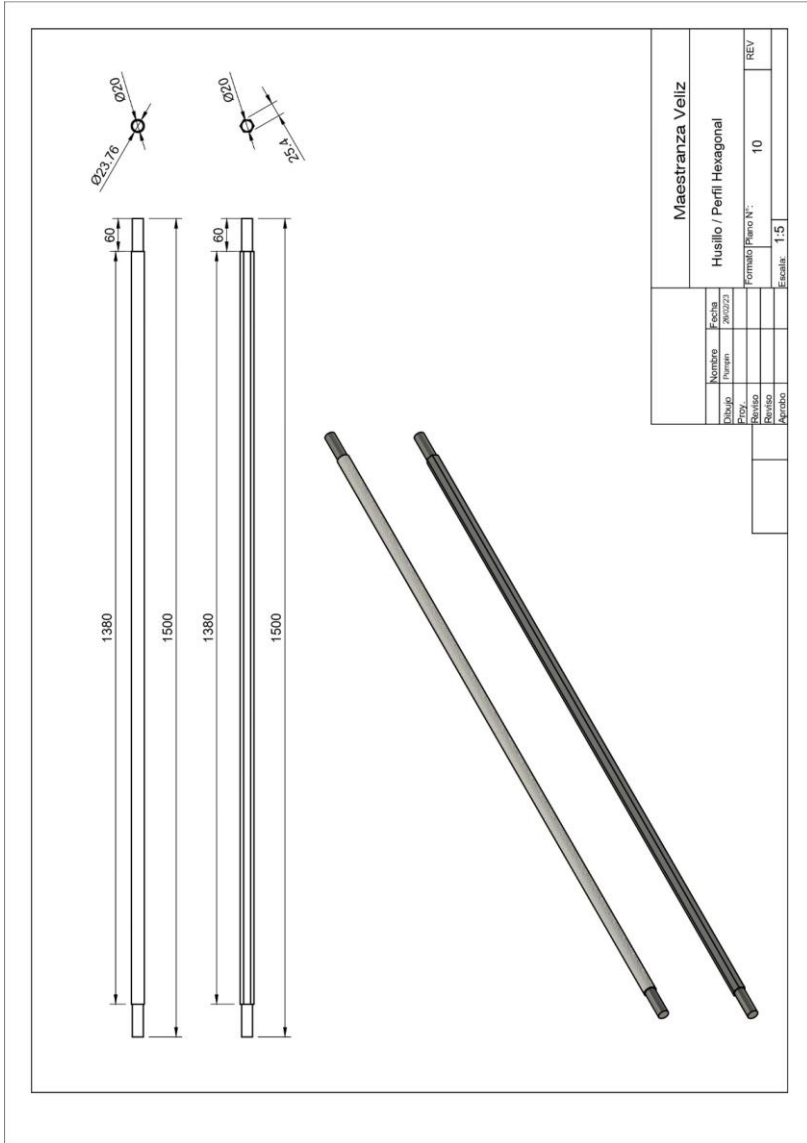
Anexo H Plano Caja Inferior.

Fuente: Elaboración propia.



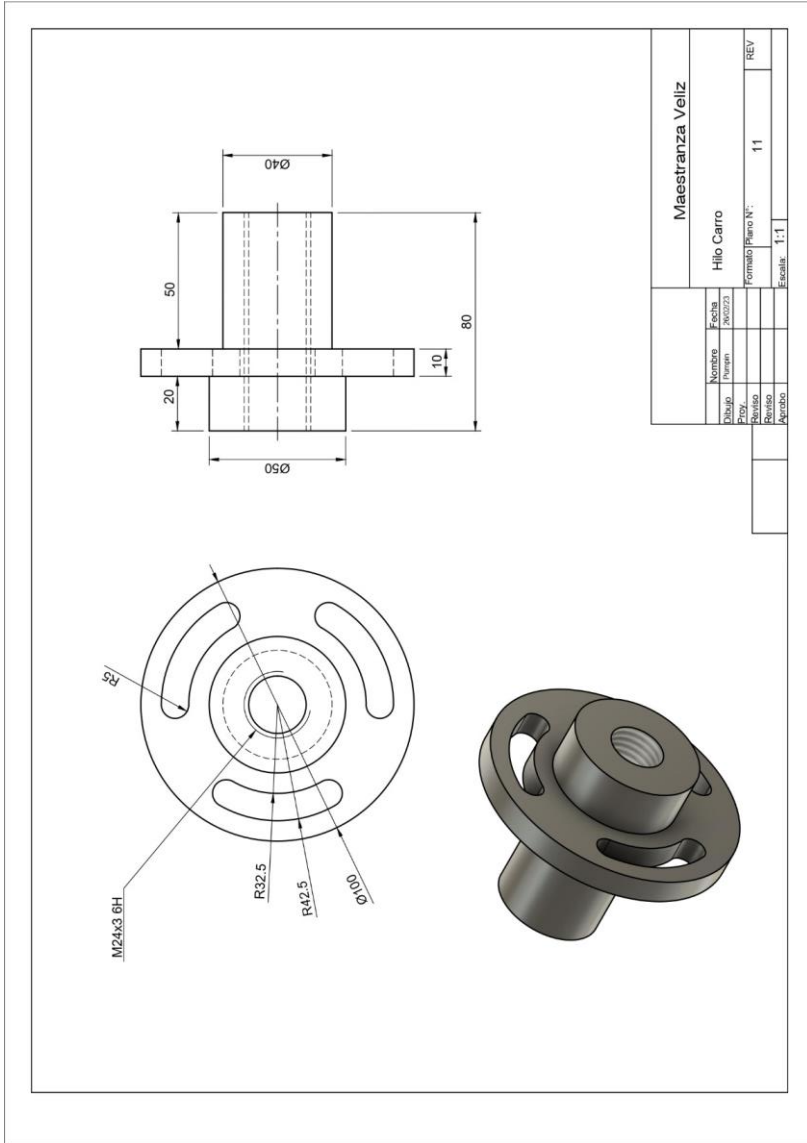
Anexo I Plano Caja Superior.

Fuente: Elaboración propia.



Anexo J Plano Husillo y Perfil Hexagonal.

Fuente: Elaboración propia.



Anexo K Plano Hilo Carro.

Fuente: Elaboración propia.

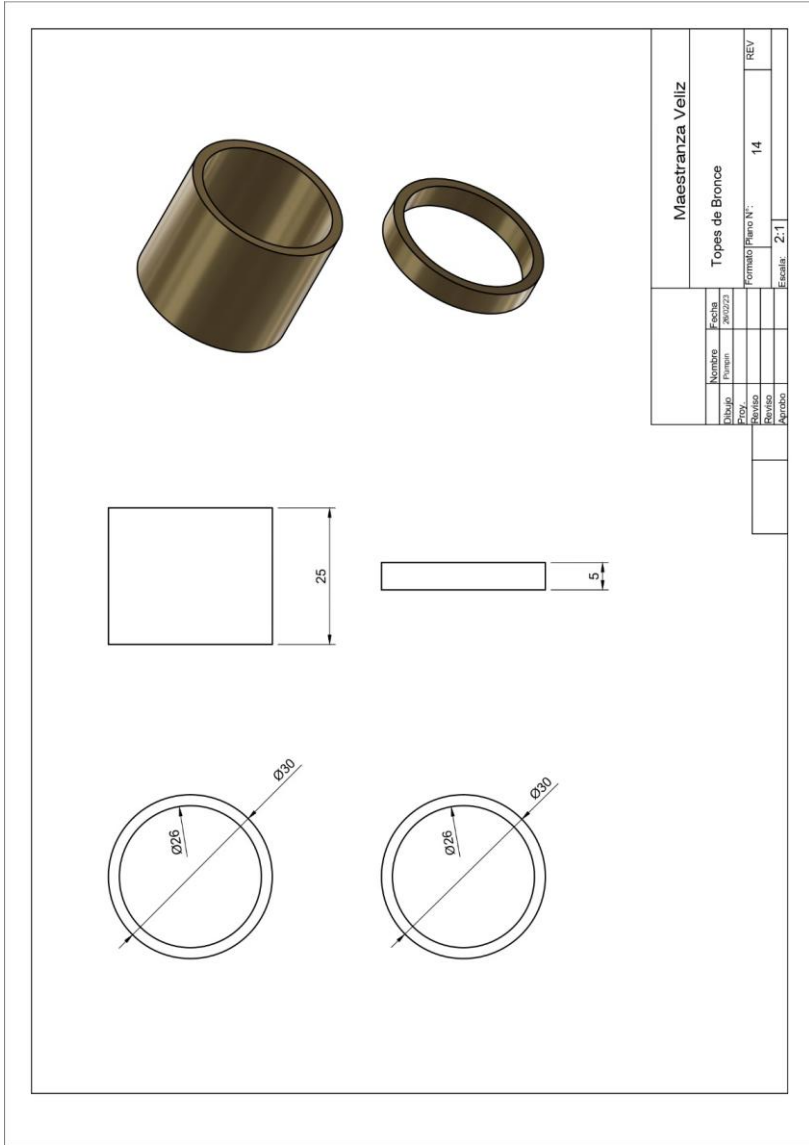
Technical drawing showing gear specifications and a parts list. The drawing includes four gear profiles with dimensions: R9.48, R22, 25.4, and 6. Below these are four gear segments labeled 1, 2, 3, and 4, each with a width of 20. To the right, there are four 3D perspective views of the gears. A note states: "Nota: Todos los engranajes tienen modulo 2".

Item	Qty	Part Number
4	1	Engranaje 20 Dientes
3	1	Engranaje 20 Dientes / Hexagonal
2	1	Engranaje 30 Dientes
1	1	Engranaje 50 Dientes

Parts List	
Maestranza Veliz	
Engranajes	
Nombre	Fecha
Diagrama	26/02/23
Diseño	
Revisión	
Aprobado	
Formato Plano N.º:	13
REV	
Escala:	1:2

Anexo M Plano Engranajes.

Fuente: Elaboración propia.



Anexo N Plano Topes de Bronce.

Fuente: Elaboración propia.