

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE POSTIZOS PARA TRABAJO
PERNOS DE 21 MM X 2 UNIDADES DE LLANTAS DE 16”**

Trabajo de Titulación para optar al
Título de Técnico Universitario en
DISEÑO Y PRODUCCIÓN
INDUSTRIAL EN MOLDES Y
MATRICES

Alumnos:

Ian Pablo Samuel Ibaceta Fábrega

Bruno Eduardo Vera Papagallo

Profesor Guía:

Ing. Vicente A. Crino Tassara

Profesor Correferente:

Ing. Claudio A. Bahamondes Riquelme

2018

RESUMEN

Keywords: POSTIZOS - TRABA PERNOS - PUR (Poliuretano)

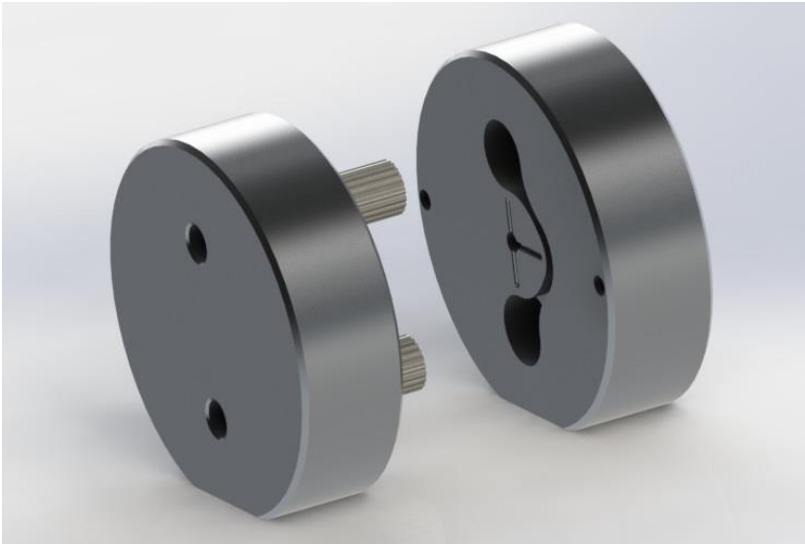
En el presente trabajo de título, se darán a conocer todos los aspectos necesarios para realizar la fabricación de un traba tuercas, sobrellevando aspectos importantes como: el diseño de la pieza, el material, cálculos de fabricación, la elaboración de la pieza y la puesta punto. Todo lo mencionado anteriormente es a grandes rasgos, será lo fundamental para cumplir los objetivos establecidos.

Capítulo 1: “El Producto”. Este apartado estará centrado en la idea del producto que se llevará a cabo. También se escogerá el material con que el producto será inyectado, por consecuencia se deberá indagar sobre las propiedades de los polímeros, para así determinar cuál es el más factible de usar. Además de dar a conocer las dimensiones generales del traba pernos.

Capítulo 2: “Diseño”. Esta parte del escrito, se centrará en el diseño de todos los componentes que conlleva un postizo, además se implementará el cálculo de las piezas diseñadas acorde a lo necesario, para un funcionamiento óptimo de un molde, como lo es la fuerza de cierre, tiempo de refrigeración, etc.

Capítulo 3: “Fabricación y Costos”. Luego de haber realizado Capítulo 1 y 2, se ha de realizar la fabricación de los postizos, en máquinas convencionales y máquinas con CNC, para su posterior cálculo de costos para la obtención del producto.

Finalmente, este estudio culminará con las conclusiones y recomendaciones, apoyada de la bibliografía y antecedentes que se aportaron en esta memoria.



Postizos



Traba pernos



TPU (Poliuretano)

ÍNDICE

RESUMEN	Pág.
SIGLA Y SIMBOLOGÍA	
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
 CAPÍTULO 1: EL PRODUCTO	
1. EL PRODUCTO	5
1.1. LA IDEA	5
1.2. SU USO	6
1.3. EL DISEÑO	7
1.4. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS	10
1.4.1. Propiedades físicas del producto	11
1.5. ELECCIÓN DEL MATERIAL	11
1.5.1. Poliuretano (TPU)	11
1.5.1.1. Propiedades del TPU	12
1.5.2. Policloruro de Vinilo Flexible (PVC)	13
1.5.2.1. Propiedades del PVC flexible	14
1.5.3. Poliamida (PA)	15
1.5.3.1. Propiedades de la PA	16
1.5.4. Material elegido	17
1.6. PROCESO DE INYECCIÓN	18
1.6.1. Máquina inyectora	19
 CAPÍTULO 2: EL DISEÑO	
2.1. DISEÑO DE LOS POSTIZOS	26
2.2. DISEÑO DE LAS PLACAS	27
2.2.1. Dimensiones interiores, placa hembra	27

2.2.2.	Dimensiones interiores, placa macho	28
2.2.3.	Dimensiones exteriores de las placas	29
2.3.	CONTRACCIÓN	30
2.4.	SISTEMA DE EXTRACCIÓN	31
2.4.1.	Placa botadora inferior	31
2.4.2.	Placa botadora superior	32
2.4.3.	Espigas botadoras	33
2.4.4.	Almas	35
2.5.	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	36
2.5.1.	Canal de alimentación	36
2.5.2.	Entrada directa	37
2.5.3.	Bebedero	38
2.6.	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	39
2.7.	CÁLCULOS PARA EL DISEÑO	41
2.7.1.	Fuerza de cierre y expansiva del molde	41
2.8.	MÁQUINA IMPRESORA 3D ANET A8	42

CAPÍTULO 3: FABRICACIÓN Y COSTOS

3.1.	MECANIZADO	47
3.2.	MECANIZADO CONVENCIONAL	48
3.2.1.	Mecanizado placas hembra y macho	48
3.2.2.	Placa porta botadores	49
3.2.3.	Mecanizado ejes estriados	52
3.3.	MECANIZADO CON CNC	53
3.3.1.	Mecanizado CNC, placa hembra	54
3.3.2.	Mecanizado CNC, placa macho	57
3.4.	COSTOS	59
3.5.	COSTO DE DISEÑO	60
3.6.	COSTO DE MOLDE	61
3.6.1.	Costo de materiales	61

3.6.2.	Costos de elementos comerciales para molde de inyección	61
3.6.3.	Costo de mecanizado	62
3.6.4.	Costos de insumos generales	64
3.7.	VALOR TOTAL DE LA FABRICACIÓN	64
3.8.	COSTO DE PRODUCCIÓN DEL ARTÍCULO	65
3.9.	PUNTO DE EQUILIBRIO	66
 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		69
BIBLIOGRAFÍA		71
ANEXOS		73
ANEXO 1: MÁQUINA INYECTORA, MARCA INTERTECH, MODELO INT-60		75
ANEXO 2: CARTA GANTT		77
ANEXO 3: NORMAS SERNAGEOMÍN		79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Diseño final del traba pernos	6
Figura 1-2.	Camioneta Mitsubishi L200 con traba pernos	7
Figura 1-3.	Pernos cortados producto del desgaste	8
Figura 1-4.	Pernos aflojados por vibraciones	8
Figura 1-5.	Diseño final de traba pernos, vista principal	10
Figura 1-6.	Diseño final de traba pernos, vista en corte	10
Figura 1-7.	Codificación del Poliuretano	13
Figura 1-8.	Codificación del Policloruro de Vinilo	15
Figura 1-9.	Simbología de la Poliamida	17
Figura 1-10.	Máquina inyectora y sus partes	19
Figura 1-11.	Inyección del plástico	20
Figura 1-12.	Llenado del molde	21

Figura 1-13.	Extracción de la pieza	21
Figura 1-14.	Máquina inyectora Intertech, modelo INT-60	22
Figura 1-15.	Ficha técnica de la máquina inyectora	22
Figura 2-1.	Dimensiones interiores, placa hembra	28
Figura 2-2.	Dimensiones interiores, placa macho	29
Figura 2-3.	Dimensiones exteriores, placa macho	30
Figura 2-4.	Dimensiones placa porta botadores, inferiores	32
Figura 2-5.	Dimensiones placa porta botadores, superiores	33
Figura 2-6.	Diseño botador, Ø 3mm	35
Figura 2-7.	Diseño del alma estriada	36
Figura 2-8.	Imagen referencial de la entrada directa	38
Figura 2-9.	Imagen de referencia de bebedero	39
Figura 2-10.	Impresión 3D, traba pernos	43
Figura 3-1.	Mecanizado placas hembra y macho	48
Figura 3-2.	Fresado de cara plana en placas cavidad	49
Figura 3-3.	Refrentado placas porta botadoras	50
Figura 3-4.	Perforado placas porta botadores	51
Figura 3-5.	Roscado interior placa botadora superior	51
Figura 3-6.	Montaje alma en cabezal divisor	52
Figura 3-7.	Mecanizado del estriado en las almas	53
Figura 3-8.	Mecanizado con CNC	54
Figura 3-9.	Simulación mecanizado, placa hembra	55
Figura 3-10.	Mecanizado cavidad cilíndrica, placa hembra	56
Figura 3-11.	Mecanizado unión de los cilindros, placa hembra	56
Figura 3-12.	Placa hembra terminada	57
Figura 3-13.	Mecanizado alojamiento ejes estriados, placa macho	58
Figura 3-14.	Mecanizado perforaciones para botadores, placa macho	59

ÍNDICES DE TABLAS

Tabla 1-1.	Valores fisicos del producto	11
Tabla 1-2.	Propiedades mecánicas del TPU	12
Tabla 1-3.	Propiedades químicas del TPU	13
Tabla 1-4.	Propiedades mecánicas del PVC flexible	14
Tabla 1-5.	Propiedades químicas del PVC flexible	15
Tabla 1-6.	Propiedades mecánicas de la Poliamida	16
Tabla 1-7.	Propiedades químicas de la Poliamida	17
Tabla 3-1.	Costo de diseño	60
Tabla 3-2.	Costo de materiales para la fabricación de los postizos y placas botadoras	61
Tabla 3-3.	Costo de elementos comerciales	62
Tabla 3-4.	Costo de mecanizado fresadora convencional, Taller Metalmecánica	62
Tabla 3-5.	Costo de mecanizado, torno convencional	63
Tabla 3-6.	Costo de mecanizado en centro de perforado CNC, Taller de CNC	63
Tabla 3-7.	Costo mecánico de banco, Taller de Metalmecánico	63
Tabla 3-8.	Costos insumos generales	64
Tabla 3-9.	Costo total de fabricación	64
Tabla 3-10.	Tabla de datos restantes de costo de pieza por producción	65

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

SIGLA

CAD	: Computer Aided Design (Diseño Asistido por Computador)
CAM	: Computer Aided Manufacture (Manufactura Asistida por Computador)
CLP	: Peso chileno
CNC	: Control Numérico Computacional
DIN	: Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemán de Normalización)
ej.	: Ejemplo
etc.	: Etcétera
IVA	: Impuesto Valor Agregado
PA	: Poliamida
Pe	: Presión de inyección
Pf	: Presión final a utilizar
PVC	: Policloruro de Vinilo
q	: Carga repartida de la placa
rpm	: Revoluciones por minuto
S	: Espesor máximo de la pieza
SERNAGEOMÍN	: Servicio Nacional de Geología y Minería
Tc	: Temperatura del material fundido
Tm	: Temperatura del molde
TPU	: Poliuretano Termoplástico
Ts	: Tiempo mínimo de enfriamiento
Tx	: Temperatura a la que se extrae la pieza
T°	: Temperatura
UF	: Unidad de Fomento
UTFSM	: Universidad Técnica Federico Santa María
V	: Volumen
Ø	: Diámetro

%	: Porcentaje
α	: Alfa
π	: Pi
3D	: 3 Dimensiones

SIMBOLOGÍA

A3	: Formato de papel, DIN 476 (297 x 420 mm)
A4	: Formato de papel, DIN 476 (210 x 297 mm)
cm	: Centímetro
cm ²	: Centímetro cuadrado
cm ² /s	: Centímetro cuadrado dividido por segundo
cm ³	: Centímetro cúbico
cm ³ /s	: Centímetro cúbico dividido por segundo
g	: Gramo
g/cm ³	: Gramo dividido por centímetro cúbico
g/s	: Gramo dividido por segundo
kg	: Kilogramo
kgf/cm ²	: Kilogramo fuerza dividido por centímetro cuadrado
kp/cm ²	: Kilopondio dividido por centímetro cuadrado
m	: Metro
mm	: Milímetro
mm ²	: Milímetro cuadrado
°C	: Grados Celsius
s	: Segundo
ton	: Tonelada

INTRODUCCIÓN

Desde un comienzo de la carrera, se implantó la idea de encontrar alguna necesidad en el mercado, la cual se logrará satisfacer con los conocimientos adquiridos, un producto que contará con todas las características necesarias para cumplir una función específica.

En el presente trabajo de título, se hizo un enfoque en el ámbito de la minería. Chile es un país minero y es uno de los grandes importadores de cobre en el mundo. La minería del cobre, ha sido el sostén económico y social del país, otorgando así miles de puestos de trabajo y soporte a una gran cantidad de familias.

El Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin) es un servicio público integrante de la Administración Central del Estado de Chile, tutelado por el Ministerio de Minería. Esta institución crea las normativas de las empresas mineras e indica que existen ciertas normativas sobre el tránsito de camionetas 4x4 que circulan por la faena, las cuales, deben cumplir un listado de requisitos para poder realizar trabajos durante el tiempo que se encuentre en la mina.

La minería posee una gran cantidad de trabajos, una parte de estos empleos ubica a la mantención de equipos. Por definición, mantención se traduce como un conjunto de acciones necesarias para conservar o restablecer un sistema en un estado que permita garantizar su funcionamiento a un costo mínimo.

El producto que se fabricará, posee directamente relación con el mantenimiento, pero siendo más específico respecto al tema, el producto será de concordancia con el mantenimiento preventivo, el cual cumple un rol de realizar labores de mantenimiento con el fin de anticiparse a una falla imprevista del equipo y por ende, del sistema en que se estará operando.

La función del producto es otorgar un grado de seguridad, ya que gracias a este elemento se logra evitar que los pernos se suelten por las vibraciones producidas por el camino en donde transitan las camionetas. En cuanto al producto denominado “Traba perno”, se basa en la idea de generar un apriete entre el perno y la parte interior del traba perno con el fin de que, si se llegara a soltar o en peor de los casos se corte, se pueda

retener por un tiempo determinado, hasta que sea revisado por algún inspector de entrada o por el mismo conductor.

Este artefacto tiene como ventaja que en totalidad cubre dos pernos, lo cual evita cambiar todo un sistema del traba pernos que generalmente cubre los seis pernos en su totalidad. Al ser de este de dos unidades, provoca que si esta falla por separado, se pueda reemplazar la que fallo y no todo el conjunto. De este modo, se genera una optimización de recursos para la empresa.

Objetivo General

- Fabricar postizos de duraluminio para la inyección de traba pernos empleados en las ruedas de camionetas mineras.

Objetivos Específicos

- Diseñar los postizos de inyección, mediante software de diseño;
- Fabricar postizos mediante procesos de mecanizados de arranque de viruta, y
- Obtención del producto en máquina inyectora.

CAPÍTULO 1: EL PRODUCTO

1. **EL PRODUCTO**

El producto denominado “traba pernos” cumple un rol importante en la revisión de torques en las camionetas mineras ya que este “acusa”, por decirlo de algún modo, si es que los mismos pernos se encuentran sueltos o rotos a causa de las vibraciones, siendo así, un indicador propiamente tal. El producto está diseñado para evitar que los pernos que se encuentran con un torque establecido para la sujeción de ruedas, se suelten por las vibraciones producidas a causa del terreno donde se transita y en el hipotético caso de rotura de la cabeza del perno, el traba tuercas logrará seguir sujetando el resto del perno por un tiempo determinado.

Las ruedas de las camionetas constan de seis pernos y el producto abarca 3 pares de pernos, por lo que se puede concluir que solo basta con una cantidad de tres trabas pernos para una rueda y que en total, se necesita 12 traba pernos para cubrir las cuatro ruedas de la camioneta. El agujero de la pieza donde se aloja el perno, cuenta con un ajuste H7/p6. Este tipo de ajuste se emplea para piezas que requieran rigidez y alineación muy precisas, pero sin requisitos especiales de presión en el agujero. Se podrá colocar en pernos de 21 mm de diámetro solo con la ayuda de una maceta de goma o con la ayuda de algún martillo para poder introducir el dispositivo de apriete.

1.1. **LA IDEA**

La idea nace de la observación de las camionetas que circulan por las calles de la ciudad con este dispositivo en sus ruedas, denominado traba tuercas o traba pernos. En ese preciso momento se pudo discernir que esa pieza de algún tipo de plásticos en particular, debiese cumplir una necesidad y que poseía un mercado establecido, por lo cual, se propuso investigar sobre este producto y se llegó a la conclusión que posee de una gran utilidad dentro de la minería y está destinado a ser usado por medidas preventivas de seguridad y mantenimiento. Luego de haber efectuado distintos diseños y nuevamente rediseñar por las diversas sugerencias que se acataron de distintos profesores, se llegó a un diseño final, el cual sería apropiado para fabricar mediante máquinas con CNC y las de tipo convencional.



Fuente: elaboración propia, en base al software SolidWorks 2015

Figura 1-1. Diseño final del traba pernos.

1.2. SU USO

El componente que se diseño tiene una función en particular que lo destaca como una medida preventiva. Una de sus cualidades principales es apretar el saliente del perno de la rueda, con el fin de que en caso de algún movimiento brusco generado por las irregularidades del camino el perno no sufra daños o que se genere deformación de el mismo. Otra cualidad es el hecho de permite retener en caso de corte la otra parte del perno que se encuentre alojada en la llanta de la rueda, hasta que este sea revisado e intervenido por algún inspector de entrada a minera o por el conductor o tripulantes del vehículo.

Las camionetas son lo base de todo este proyecto, ya que sin ellas el producto no tendría utilidad, pero ¿todas las camionetas pueden usarse en la minería? La respuesta es no, debido que la seguridad es fundamental en todo trabajo se eligen camionetas que tengan los más altos estándares de seguridad y que cumplan con la norma que establece la minería. El producto se fundamenta por un estudio sobre ventas de camionetas y según la Asociación Nacional Automotriz en el año 2016 la mayor venta de camionetas 4x4 fue de la marca Mitsubishi L200 con una venta total de 586 unidades. Debido a la gran demanda de este modelo, el producto será creado en base a este modelo de camionetas en particular.

De este modo, se establecieron ciertos parámetros para el artículo tales como: distancia entre centro de los pernos, también las medidas de los pernos que son de bastante

importancia, ya que el traba pernos tiene que quedar lo más apretado posible sin que este se suelte, también se sostuvo la elección del material adecuado para su función y se llegó a utilizar Poliuretano.



Fuente: <http://trabatuercasperu.com/blog/traba-tuercas-como-parte-del-mantenimiento-preventivo/>

Figura 1-2. Camioneta Mitsubishi L200 con traba pernos.

1.3. **DISEÑO**

Un problema frecuente en las camionetas mineras es el desgaste de los pernos, ya sea por falta de mantención o grasa acumulada, que se transforma en un material abrasivo que va desgastando poco a poco el perno. Otros factores se producen por falla del operario que ejecuta las mantenciones, entre las cuales tienen:

- A. Tuercas mal apretadas (no respetando las especificaciones del fabricante);
- B. Tuercas apretadas excesivamente (no respetando las especificaciones del fabricante). Lo que causará que el perno se corte, y
- C. Cuando las tuercas son apretadas correctamente siguiendo los procedimientos, perder la rueda es posible debido a las vibraciones, corrosión, un pobre mantenimiento, carencia de inspecciones, partes gastadas.



Fuente: <http://trabatuercasperu.com/blog/por-que-se-aflojan-las-tuercas-en-las-camionetas-4x4/>

Figura 1-3. Pernos cortados producto del desgaste.



Fuente: <http://trabatuercasperu.com/blog/por-que-se-aflojan-las-tuercas-en-las-camionetas-4x4/>

Figura 1-4. Pernos aflojados por vibraciones.

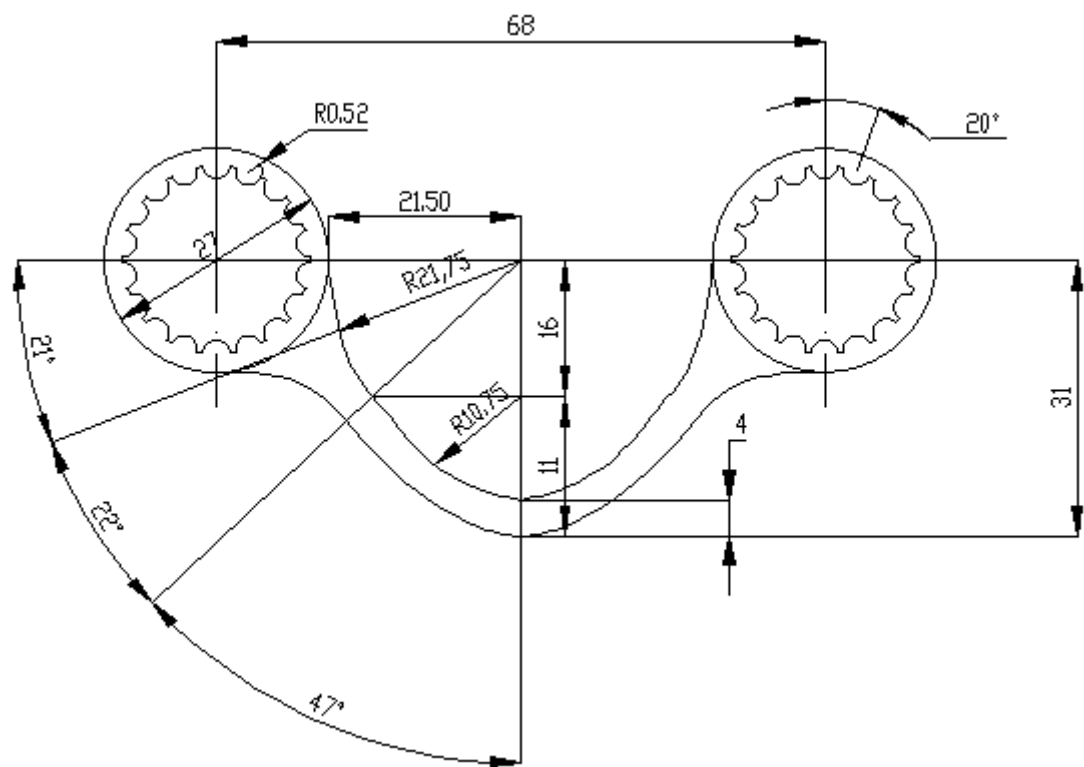
Todos estos factores se agrupan para dañar la vida útil del perno y de este modo producir rotura o aflojamiento del perno que se traduce en costos para la empresa.

Para todas estas posibles causas de falla, existe el producto que se diseñó para que cumpla su función en particular, que es retener todo el conjunto de pernos apretados y sin que estos se suelten por las oscilaciones que genera el camino en mal estado.

En el diseño se tuvo bastantes bosquejos de cómo podría ser el producto, se realizaron bastantes diseños y se escogió el que estuviese más adecuado a los requisitos que debiese tener, por lo tanto, se tomó en cuenta el tema de la fabricación, ya que hoy en día cualquier persona puede diseñar, pero lo que distingue a un buen Técnico en Diseño y Producción Industrial en Moldes y Matrices, es que se dispone a diseñar en conciencia de como poder desarrollar el producto que se necesita y con qué máquinas se dispone para poderlo llevarlo a cabo. Se ha de tener en cuenta la capacidad que posee la máquina inyectora marca Intertech, modelo INT-60, también se evaluó como serían los trayectos de mecanizado a través de programas como SurfCam y MasterCam X9. Se crearon las simulaciones de los postizos mediante el software SolidWorks, que serán utilizados en el porta molde, para verificar el tamaño de la pieza y ver si satisface los requisitos para ser fabricada.

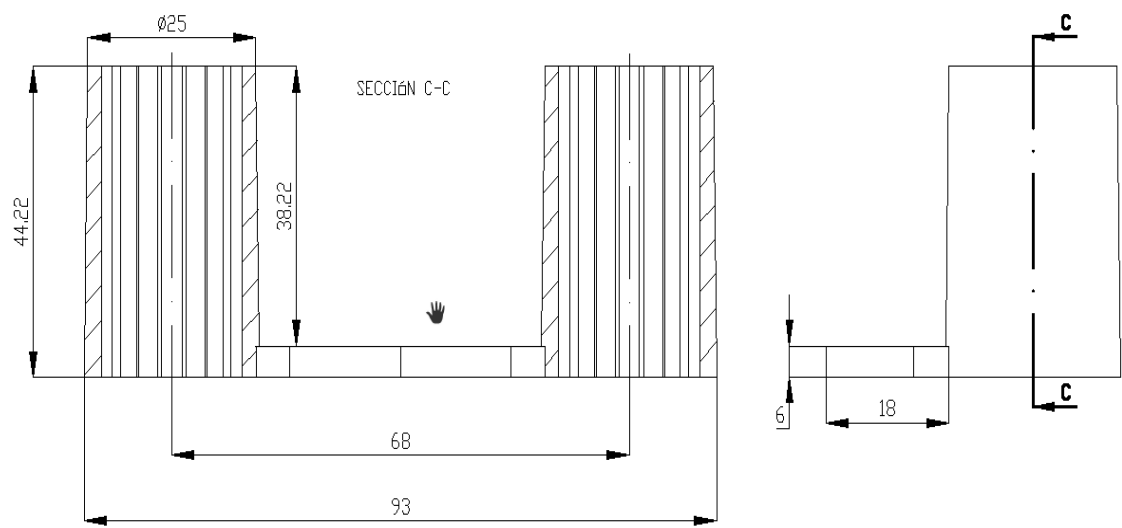
Luego de analizar mediante los softwares de simulación, se llegó a la conclusión de que era factible el producto poder desarrollarlo en el taller de matricería de máquinas y herramientas, porque cumplía con lo solicitado para ser fabricado. Entre las cosas que eran necesaria para poder ser fabricado, se encontraba el peso del producto que no superara la cantidad de 55 g teniendo en cuenta mazarota y canales de distribución y además, que la máquina inyectora tiene un límite de 60 g de inyección. Y por el lado de los postizos, que no tuviese una altura superior a 40 mm. Teniendo en cuenta todos estos parámetros que son importantes para la fabricación, se llegó al diseño ideal para que se cumpla todo lo anteriormente mencionado.

1.4. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS



Fuente: elaboración propia, a través de software de diseño en 2D AutoCAD 2018

Figura 1-5. Diseño final de traba pernos, vista principal.



Fuente: elaboración propia, a través de software de diseño en 2D AutoCAD 2018.

Figura 1-6. Diseño final de traba pernos, vista en corte.

1.4.1. Propiedades físicas del producto

MASA (g)	ÁREA (mm ²)	VOLUMEN (mm ³)
24,15	15.606,64	17.102,32

Fuente: elaboración propia, diseño software SolidWork 2015

Tabla 1-1. Valores físicos del producto.

1.5. ELECCIÓN DEL MATERIAL

Un aspecto importante al momento de realizar un proyecto sobre la creación de algún producto, es el tipo de material que se va a utilizar, ya que los polímeros son distintos unos de otros. Cada uno tiene diferentes cualidades que los caracterizan para el mejor uso posible, dependiendo lo que se quiera fabricar, por ejemplo en este caso se necesita un material que tenga gran capacidad de soportar bajas y altas temperaturas o también el hecho de que pueda soportar algún derrame de algún líquido químico, ya sea aceite o algún hidrocarburo. Otro aspecto que es muy importante en este artículo, es la resistencia mecánica.

Todos estos aspectos son la base fundamental en el momento de elegir el tipo de plástico adecuado y de que depende todo esto, depende del uso que se le vaya a dar y las condiciones en las que va estar expuesto. Ya que se trate de un clima caluroso o de bajas temperaturas también afecta al momento de elegir. Teniendo en consideración todo esto se analizará entre 3 tipos de plásticos: cuáles son sus cualidades y propiedades tanto mecánicas como químicas y se optará por uno entre los tres que será el tipo de plásticos que se inyectará.

1.5.1. Poliuretano

El Poliuretano termoplástico, es una de las variedades existentes dentro de los poliuretanos. Es un polímero elastómero lineal y por ello, termoplástico. No requiere vulcanización para su procesado, pero en el año 2008 se ha introducido un novedoso

proceso para reticularlo. Es un elastómero que puede ser conformado por los procesos habituales para termoplásticos, como moldeo por inyección, extrusión y soplado. Como elastómero termoplástico en base uretano se abrevia TPE-U, pero se designa comúnmente como TPU (en inglés de Thermoplastic Polyurethane).

El poliuretano se caracteriza por su alta resistencia a la abrasión, grasas, aceites y a las bajas temperaturas. Esta combinación de propiedades, hace del Poliuretano un plástico de ingeniería.

1.5.1.1. Propiedades del Poliuretano

- Alta resistencia al desgaste y a la abrasión;
- Alta resistencia a la tracción y al desgarre;
- Muy buena capacidad de amortiguación;
- Muy buena flexibilidad a bajas temperaturas;
- Alta resistencia a grasas, aceites hidrocarburos;
- Es tenaz, y
- Excelente recuperación elástica.

En las próximas tablas, se indicará algunos valores de propiedades mecánicas y químicas, del Poliuretano.

PROPIEDADES MECÁNICAS	UNIDAD	DIN	VALORES
Peso específico	g/cm ³	53479	1,15
Resistencia a la tracción	kg/cm ²	53455	130 / --
Resistencia a la compresión	kg/cm ²	53454	2,5 / 4,3
Dureza	Shore D	53505	40 a 90
Módulo de elasticidad	kg/cm ²	53457	120

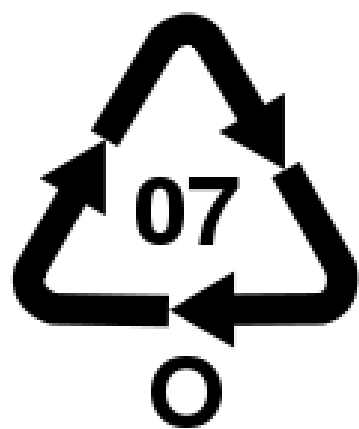
Fuente: elaboración propia con datos de www.jq.com

Tabla 1-2. Propiedades mecánicas del TPU.

PROPIEDADES QUÍMICAS	OBSERVACIONES
Resistencia a hidrocarburos	Buena
Resistencia a ácidos	Buena
Resistencia a álcalis	Buena
Comportamiento al quemarlo	Se descompone y gotea
Color de la llama	Amarilla
Aprobado para contactos con alimentos	No

Fuente: elaboración propia con datos de www.jq.com

Tabla 1-3. Propiedades químicas del TPU.



Fuente: www.ecointeligencia.com

Figura 1-7. Codificación del Poliuretano.

1.5.2 Policloruro de Vinilo Flexible (PVC)

El átomo de cloro enlazado a cada átomo de carbono, le confiere características amorfas principalmente e impiden su recristalización, la alta cohesión entre moléculas y cadenas poliméricas del PVC, se deben principalmente a los momentos dipolares fuertes originados por los átomos de cloro, los cuales a su vez dan cierto impedimento estérico es decir que repelen moléculas con igual carga, creando repulsiones electrostáticas que reducen la flexibilidad de las cadenas poliméricas, esta dificultad en la conformación estructural hace necesario la incorporación de aditivos para ser obtenido un producto final deseado. Al utilizar aditivos tales como estabilizantes y plastificantes entre otros, el PVC puede transformarse en un material rígido o flexible, característica que le permite ser

usado en un gran número de aplicaciones. El Cloruro de Polivinilo es químicamente estable y poco inflamable tendiendo a una mínima susceptibilidad de fisuras de esfuerzos. La temperatura de uso continuo del PVC se encuentra entre $\pm 15^{\circ}$ y $\pm 60^{\circ}$ °C aproximadamente. Dispone de resistencia a la rigidez y dureza elevada.

1.5.2.1. Propiedades del PVC flexible

- Estable e inerte;
- Flexible y blando;
- Aislante del calor y del ruido, térmico y acústico;
- Transparente y opaco;
- Protección contra el fuego;
- Resistencia a la rotura, al desgarro y
- Transparencia.

En las próximas tablas, se indicará algunos valores de propiedades mecánicas y químicas, de PVC flexible.

PROPIEDADES MECÁNICAS A 23 °C	UNIDAD	DIN	VALORES
Peso específico	g/cm ³	53479	1,45
Resistencia a la tracción	kg/cm ²	53455	550 / --
Resistencia a la compresión	kg/cm ²	53454	170 / 300
Dureza	Shore D	53505	70 a 83
Módulo de elasticidad	kg/cm ²	53457	31.000

Fuente: Elaboración propia con datos de www.jq.com

Tabla 1-4. Propiedades mecánicas PVC flexible.

PROPIEDADES QUÍMICAS	OBSERVACIONES
Resistencia a hidrocarburos	Deficiente
Resistencia a ácidos	Muy Buena
Resistencia a álcalis	Muy Buena
Comportamiento al quemarlo	Se ablanda y descompone
Color de la llama	Ámbar con borde verde
Olor al quemarlo	Cloro

Fuente: Elaboración propia con datos de www.jq.com

Tabla 1-5. Propiedades químicas del PVC flexible.



Fuente: www.ecointeligencia.com

Figura 1-8. Codificación del Policloruro de Vinilo.

1.5.3. Poliamida (PA)

Termoplástico que ofrece una combinación óptima de resistencia mecánica, al desgaste, rigidez y a la tenacidad. Todo esto hace de este material, un buen aislante eléctrico y poseer una buena resistencia química. Ideal para la fabricación de elementos mecánicos y para el mantenimiento industrial. Se caracteriza por tener una muy buena resistencia a la fatiga y buenas propiedades dieléctricas. Las poliamidas además de dureza y tenacidad alta, también poseen una alta resistencia a la deformación térmica (resistencia a temperaturas de $\pm 40^{\circ}$ a $\pm 100^{\circ}$ °C).

1.5.3.1. Propiedades de la Poliamida

- Resistencia y rigidez alta;
- Resistencia al choque y resiliencia altas. Alta resistencia a la deformación con calor;
- Alto poder amortiguador;
- Buenas propiedades de deslizamiento;
- Buena resistencia a la fatiga;
- Fácil de mecanizar, y
- Buena resistencia a sustancias químicas como disolventes orgánicos y carburantes.

En las próximas tablas, se indicará algunos valores de propiedades mecánicas y químicas, de la Poliamida.

PROPIEDADES MECÁNICAS A 23°C	UNIDAD	DIN	VALORES
Peso específico	g/cm ³	53479	1,14
Resistencia a la tracción	kg/cm ²	53455	450 / --
Resistencia a la compresión	kg/cm ²	53454	150 / 280
Dureza	Shore D	53505	72 a 76
Módulo de elasticidad	kg/cm ²	53457	14.000

Fuente: Elaboración propia con datos de www.jq.com

Tabla 1-6. Propiedades mecánicas de la Poliamida.

PROPIEDADES QUÍMICAS	OBSERVACIONES
Resistencia a hidrocarburos	Muy buena
Resistencia a ácidos	Regular
Resistencia a álcalis	Buena
Comportamiento al quemarlo	Funde gotea y se descompone
Color de la llama	Azul punta amarilla
Olor al quemarlo	Pelo quemado

Fuente: elaboración propia con datos de www.jq.com

Tabla 1-7. Propiedades químicas de la Poliamida.



Fuente: www.ecointeligencia.com

Figura 1-9. Simbología de la Poliamida.

1.5.4. Material elegido

El material que se utilizará luego de analizar propiedades de cada polímero, como propiedades físicas mecánicas y químicas será el Poliuretano, ya que este termoplástico en particular cumple con las características necesarias para soportar bajas temperaturas, ácidos e hidrocarburos. Todas sus propiedades mecánicas como químicas facilitan la duración y que responda para las condiciones de trabajos donde va estar expuesto el traba pernos.

1.6. PROCESO DE INYECCIÓN

En ingeniería, el moldeo por inyección es un proceso semicontinuo que consiste en inyectar un polímero en estado fundido en un molde cerrado a presión y se enfría mediante un sistema de flujo continuo de refrigerante que pasa a través del molde. En el molde el material se solidifica, comenzando a cristalizar en polímeros semicristalinos. La pieza final, se obtiene al abrir el molde y sacar de la cavidad el producto moldeado.

El moldeo por inyección, es una técnica muy popular para la fabricación de artículos muy diferentes. La popularidad de este método se explica con la versatilidad de piezas que pueden fabricarse, la rapidez de fabricación, el diseño escalable desde procesos de prototipos rápidos, altos niveles de producción y bajos costos, alta o baja automatización según el costo de la pieza, geometrías muy complicadas que serían imposibles por otras técnicas, las piezas moldeadas requieren muy poco o nulo acabado, pues son terminadas con la rugosidad de superficie deseada, color y transparencia u opacidad, buena tolerancia dimensional de piezas moldeadas con o sin insertos y con diferentes colores.

Las características más importantes del proceso de inyección son las siguientes:

- La pieza se obtiene en una sola etapa;
- Se necesita poco o ningún trabajo final sobre la pieza obtenida;
- El proceso es totalmente automatizable;
- Las condiciones de fabricación son fácilmente reproducibles, y
- Las piezas acabadas son de una gran calidad.

Para el caso de la inyección de plásticos, se han de tener en cuenta las siguientes restricciones:

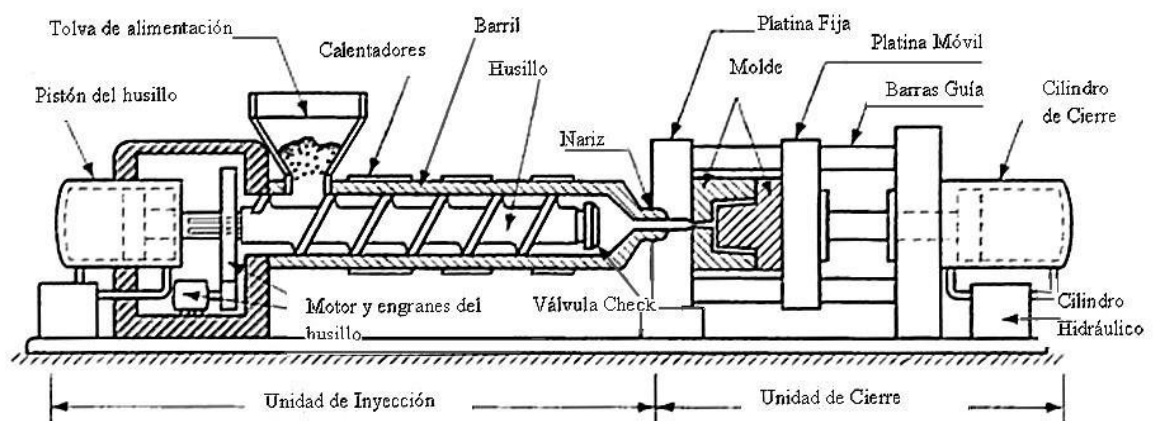
- Dimensiones de la pieza: tendrán que ser reproducibles y de acuerdo a unos valores determinados, lo que implicará minimizar las contracciones de la misma;
- Propiedades mecánicas: la pieza deberá resistir las condiciones de uso a las que esté destinada durante un tiempo de vida largo;
- Peso de la pieza: es de gran importancia, sobre todo, porque está relacionada con las propiedades de la máquina inyectora;

- Tiempo de ciclo: para aumentar la producción será necesario minimizar, en lo posible, el tiempo de ciclo de cada pieza, y
- Consumo energético: una disminución del consumo energético implicará un menor coste de producción.

Luego de la descripción del proceso de inyección, se explicará que es una máquina inyectora y cuáles son sus características principales, además se definirá que tipo de máquina se utilizará para la fabricación del traba pernos.

1.6.1. Máquina inyectora

Las máquinas de husillo proporcionan un calentamiento uniforme del material, así como un mezclado homogéneo. En estas máquinas la inyección del material se realiza desde la cámara de plastificación, que está provista de un husillo similar al de las máquinas de extrusión. El calentamiento del material se produce por tanto de forma similar a como ocurre en las máquinas de extrusión: la rotación del tornillo transforma parte de la energía mecánica en calor por fricción y además las paredes calientes del cilindro contribuyen a aumentar la temperatura por conducción. La eficiencia en la transmisión de calor de estas máquinas resulta muy elevada frente a las máquinas con pistón. Sin embargo, aquí, a diferencia de lo que ocurre en las máquinas de extrusión, el tornillo además se mueve axialmente para realizar la inyección. En la actualidad son las máquinas más usadas para la fabricación en serie de productos plásticos.



Partes de una máquina de inyección típica.

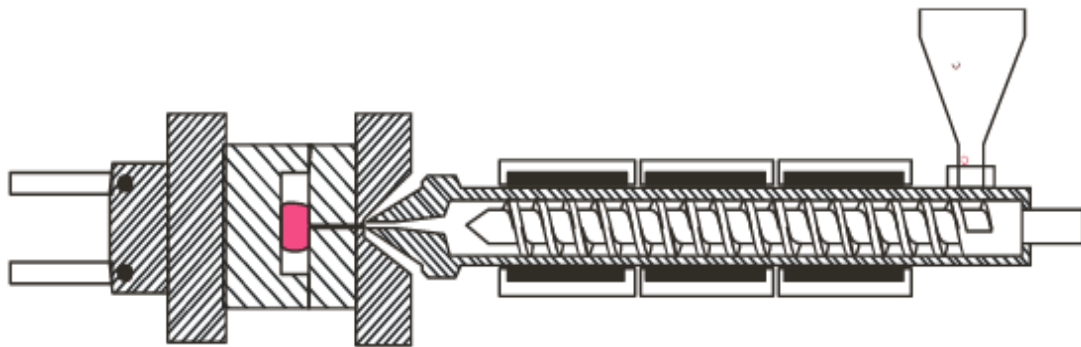
Fuente: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.cl>

Figura 1-10. Máquina inyectora y sus partes.

En estas máquinas, conforme el tornillo gira la máquina, produce material fundido que se va acumulando en la parte anterior del mismo. Para alojar este material fundido dentro del cilindro, el tornillo debe retroceder lentamente mientras gira. Una vez que hay suficiente cantidad de material fundido acumulada delante del tornillo, se detiene el giro y se realiza un movimiento axial hacia adelante, con lo que se realiza la inyección del material fundido. El diseño del tornillo, viene determinado por las características del polímero con que se ha de trabajar y por las condiciones del proceso.

Como se muestra en la Figura 1-11, la masa de plástico comienza a ser inyectada en el molde, el cual se encuentra previamente cerrado bajo presión y dispuesto para ser rellenado por el material plástico en todas sus cavidades.

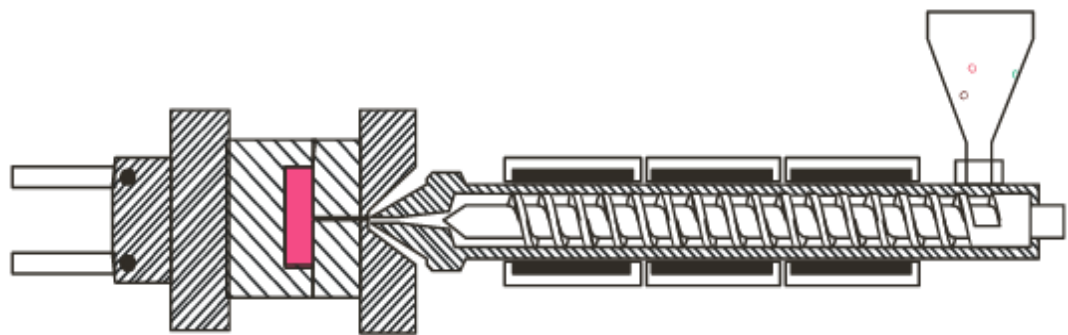
En la máquina inyectora, se definirán ciertos parámetros de inyección tales como la temperatura de inyección, fuerza de cierre, gramaje, etc.



Fuente: Tecnología de Polímeros de M. Beltrán y A. Marcilla

Figura 1-11. Inyección del plástico.

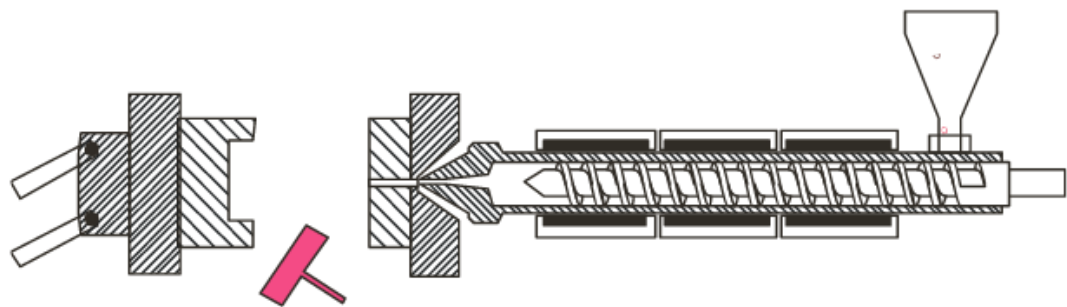
Como se ve en el llenado del molde (ver Figura 1-12), el tornillo sin fin gira para alojar el material fundido dentro del molde a través de la boquilla de inyección hasta llenar completamente la cavidad.



Fuente: Tecnología de Polímeros de M. Beltrán y A. Marcilla

Figura 1-12. Llenado del molde.

El material dentro de la cavidad se solidifica por un enfriamiento donde el calor es disipado por el fluido refrigerante que recorre los canales internos. Una vez terminado el proceso de enfriamiento, la parte móvil del molde se retira y la pieza se extrae como se muestra en la Figura 1-13.



Fuente: Tecnología de Polímeros de M. Beltrán y A. Marcilla

Figura 1-13. Extracción de la pieza.

Para el trabajo que se llevará a cabo, se empleará la máquina inyectora que será proporcionada por la Universidad (UTFSM). La marca de esta máquina es Intertech modelo INT-60 (Figura 1-14), cuya capacidad de inyección es de 60 g y el producto a inyectar tiene un gramaje de 22,54 g en total sin contar la mazarota, lo cual permite usar este equipo sin tener problemas de la capacidad total de inyección, que posee la inyectora.



Fuente: elaboración propia, Taller de CNC SVM-USM

Figura 1-14. Máquina inyectora, marca Intertech, modelo INT-60.

MÓDULO	DESCRIPCIÓN	VALOR
Unidad de inyección	Peso máximo de inyección (g)	60
	Volumen teórico de inyección (cm³)	59
	Presión máxima de inyección (kg/cm²)	2.720
	Velocidad de inyección (cm³/s)	55
	Capacidad de plastificación teórica (g/s)	5,2
	Tiempo de inyección (s)	1,07
Unidad de cierre	Carrera máxima de apertura (mm)	240
	Fuerza de cierre del molde (ton)	60
	Altura del molde (mín. - máx.) (mm)	100 x 320
	Espacio libre entre columnas (H x V) (mm)	310 x 310
	Tamaño del plato (H x V) (mm)	480 x 480
(H x V) = Horizontal x Vertical		

Fuente: catálogo de máquina inyectora, marca Intertech, modelo INT-60

Figura 1-15. Ficha técnica de la máquina inyectora Intertech, modelo INT-60.

CAPÍTULO 2: EL DISEÑO

2. DISEÑO

2.1. DISEÑO DE LOS POSTIZOS

Al momento de iniciar el diseño de un molde, ya sea de cualquier tipo. Es necesario tener la forma definida del producto a realizar, para así determinar el tipo de proceso que será el indicado para fabricar el producto.

Para diseñar cualquier producto, se debe tener en cuenta los recursos existentes, la disponibilidad de maquinarias especializadas, etc.

Al momento de elegir el molde a utilizar para la fabricación de un producto, es fundamental saber que partes constituyen un molde y cuál es su respectivo funcionamiento, en el caso del artículo este último debe ser sometido a un minucioso estudio de sus componentes, para así saber que elementos se utilizarán y cuales se descartarán. Para obtener resultados satisfactorios, se deben tener en cuenta una serie de factores, tales como:

- Forma del producto;
- Material que lo conforma;
- Proceso de moldeo;
- Tipo de molde;
- Máquina a utilizar, y
- Cantidad de piezas que se producirán.

Al diseñar un molde, se debe tener en cuenta varios aspectos importantes: sistema de extracción de la pieza, sistema de alimentación, guiado de las placas, sistema de enfriamiento, etc.

Para el caso del traba pernos no es necesario diseñar el molde en su totalidad, porque solo se fabricarán las placas cavidad (postizos) y botadoras para abaratar tiempo y costos de fabricación.

2.2. DISEÑO DE LOS POSTIZOS

El diseño de los postizos es parte de las tareas más importantes para el desarrollo del producto, ya que está limitada al porta molde en sus dimensiones exteriores, además de ser las encargadas de darle forma al producto a realizar.

El proyecto constará de dos postizos, uno superior y otro inferior, además de contar con 2 placas más pequeñas para las espigas botadoras. Las medidas de estas, serán determinadas por las dimensiones del porta molde, que es proporcionado por la Carrera para la producción de las piezas. Si no se toma en cuenta estas limitantes podría ocasionar un funcionamiento defectuoso del porta molde y de sus partes, llegando a fracturar componentes interiores como los machos, botadores, etc.

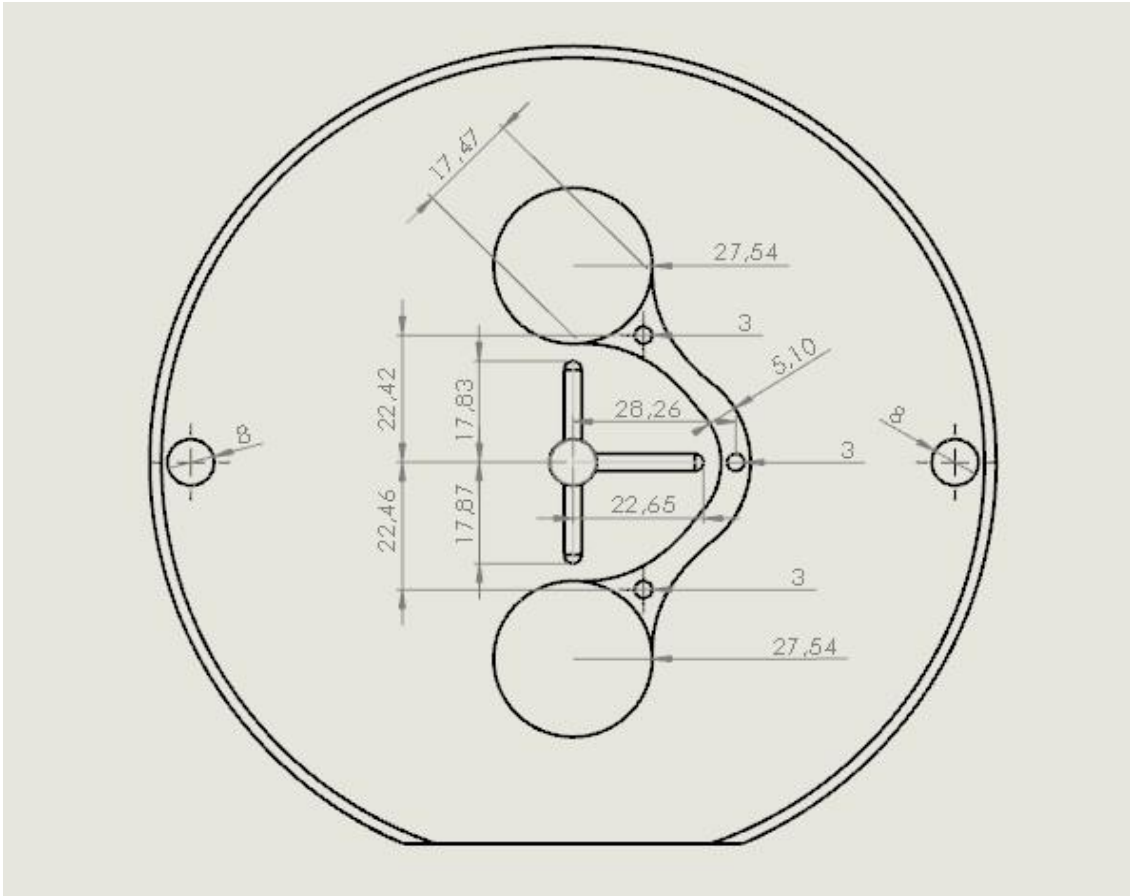
La hembra, será el único postizo en llevar la cavidad con la forma del artículo, mientras que el otro, portará únicamente dos machos para dar forma al interior del producto.

El diseño de los postizos, será realizado por el software de ingeniería SolidWorks 2015, lo cual ayudará a que el modelado de las piezas sea más fácil de llevar a cabo, además de aportar la vista en 3D para tener una vista general más clara de las piezas.

2.2.1. Dimensiones interiores placa hembra

La placa hembra posee 2 cavidades con forma de cilindro pasantes con 1° de inclinación, debido a que al momento de la extracción de la pieza presentará ciertas dificultades, ya que al poseer una longitud considerable tiende a trabarse y al no poseer un sistema de extracción en las 2 placas se atascará en el momento de apertura del molde.

La unión de las 2 cavidades tendrá un ancho de 5 mm, con un espesor de 5 mm y 1° de inclinación para facilitar la extracción, además cuenta con 3 perforaciones para su posterior extracción. (Ver Figura 2-1).

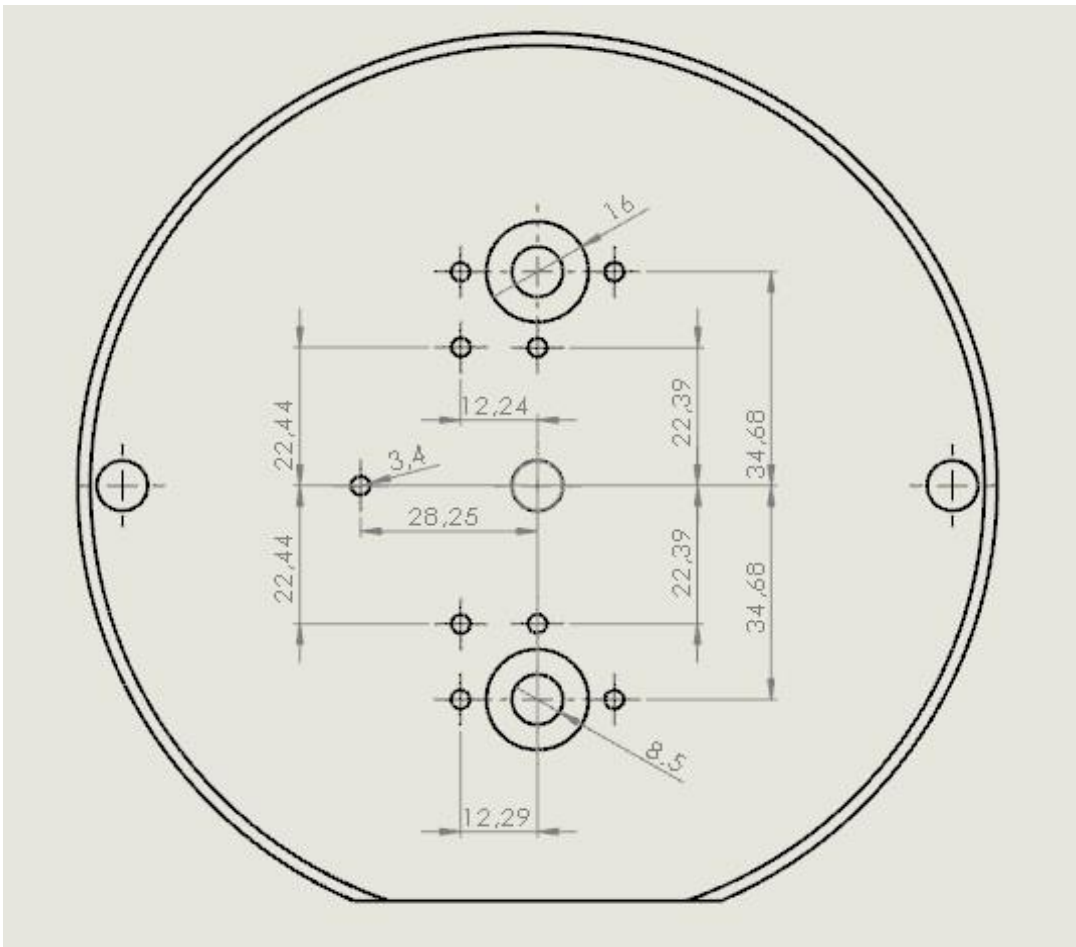


Fuente: elaboración propia, a través del software de diseño en SolidWorks 2015

Figura 2-1. Dimensiones interiores, placa hembra.

2.2.2. Dimensiones interiores placa macho

La placa macho consta de 2 cavidades, que se encuentran en la parte frontal de la misma, cuyo objetivo es alojar 2 ejes estriados, mientras que en el reverso dispone de 2 cavidades para pernos M8 con los cuales se amarrarán los ejes. Esta placa posee 10 perforaciones, nueve de 3,4 mm y una de 8 mm, para dar paso a las espigas botadoras al momento de la extracción del artículo, además se optó por darle esa dimensión a la perforación para cuando la espiga se desplace por el interior de la placa no sufra atascamientos. (Ver Figura 2-2).

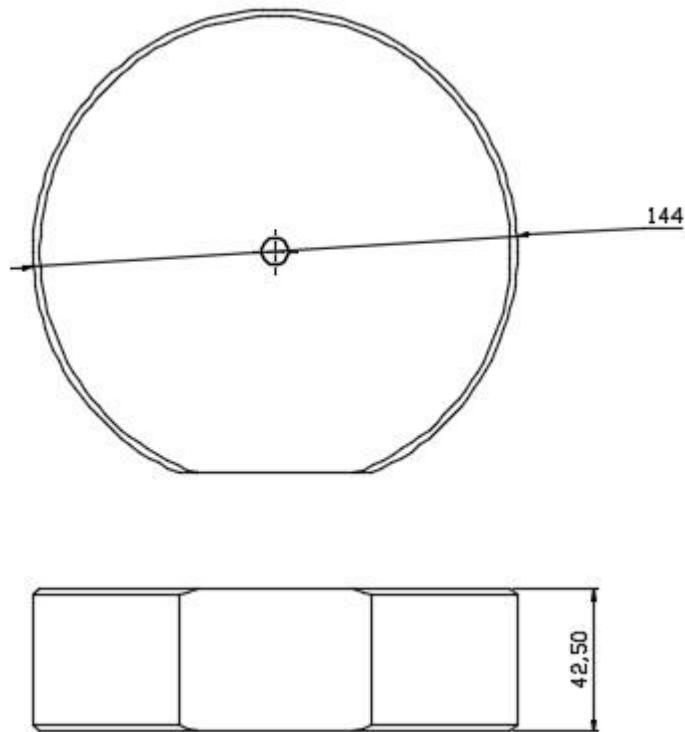


Fuente: elaboración propia, a través del software de diseño en SolidWorks 2015

Figura 2-2. Dimensiones interiores, placa macho.

2.2.3. Dimensiones exteriores de las placas

Las dimensiones exteriores de las placas hembra y macho están sujetas a las dimensiones del porta molde que será utilizado para el proceso de inyección. La placa hembra tendrá 44,44 mm de espesor, mientras que el macho 44,2 mm. El Ø de ambas, será de 144 mm para el correcto alojamiento en el porta moldes. (Ver Figura 2-3).



Fuente: elaboración propia, a través del software de diseño en 2D AutoCAD 2015

Figura 2-3. Dimensiones exteriores placa macho.

2.3. CONTRACCIÓN

La contracción de los plásticos es un fenómeno fisicoquímico, que causa que el material al momento de enfriarse disminuya su volumen, según su porcentaje correspondiente.

Al momento de diseñar cualquier producto, se debe tener en cuenta este fenómeno, debido a que al momento de ocurrir la variación de volumen afecta las dimensiones de la pieza y más aún si los ajustes que posee son críticos.

El poliuretano posee una contracción 0,2 a 2 % lo cual no representa un gran cambio en las medidas de la pieza en comparación con otros polímeros, además el software SolidWorks, posee una herramienta que modifica las dimensiones del artículo al momento de aplicarse la contracción, facilitando los procesos de mecanizado que se utilizarán para la fabricación de las placas cavidad.

2.4. SISTEMA DE EXTRACCIÓN

El sistema de extracción de un molde, es un conjunto de componentes ensamblados que van acoplados al molde los cuales cumplen con la función de extraer la pieza moldeada y la mazarota en el momento de abrir el molde y que para tener una función semi-automática, se acopla un sistema con contra botadores, los cuales en el momento de cerrar el molde para su siguiente ciclo, vuelve a poner en el lugar inicial el componente botador del sistema.

Parte de este sistema, estará ya pre dispuesto en el porta molde que se utilizará para montar las placas cavidades y postizos. El sistema contra botador ya reside en el porta molde, pero los elementos que son propios del diseño serán únicos.

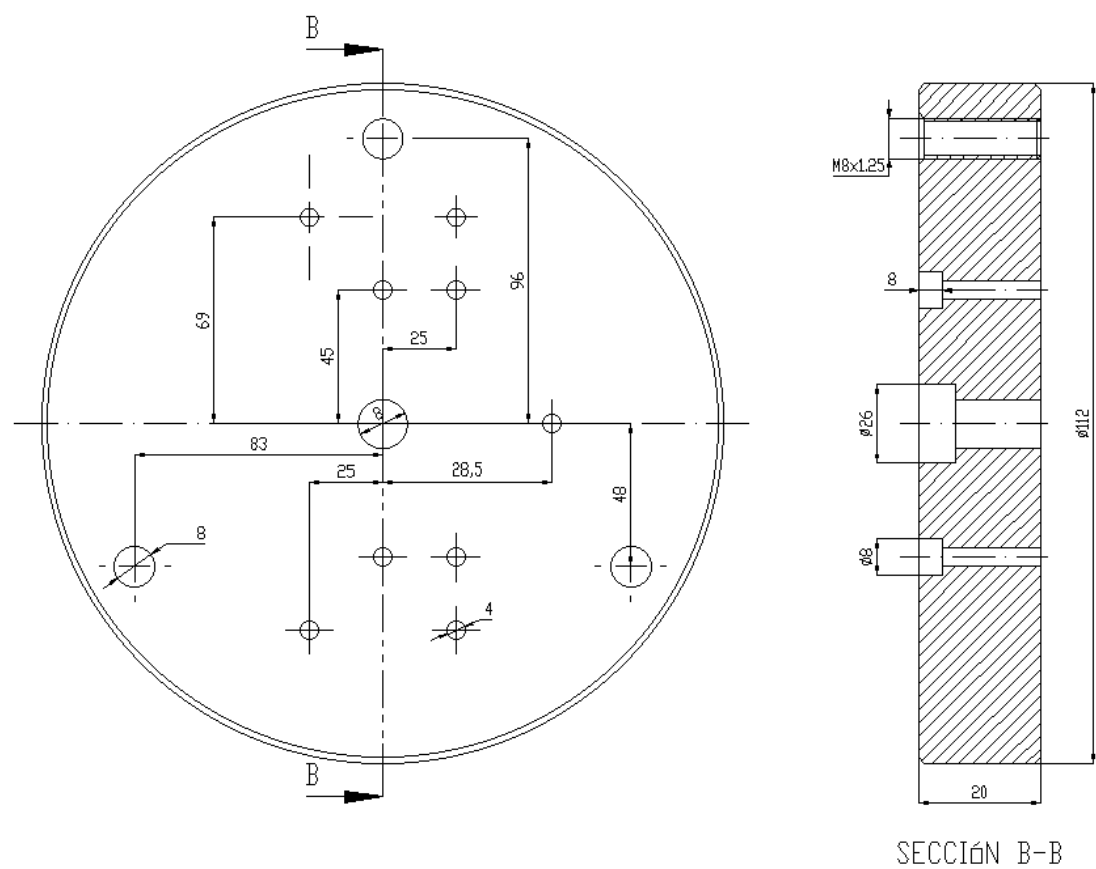
Este sistema está compuesto de los siguientes elementos:

- ❖ Placa botadora inferior;
- ❖ Placa botadora superior, y
- ❖ Espigas botadoras.

Este sistema, requiere de algunos parámetros para su correcta utilización, es decir, se deben calcular ciertos valores como el largo máximo de los botadores o la cantidad de botadores por cavidad y la presión a la que se es propenso el molde, estos cálculos se darán en un próximo subcapítulo.

2.4.1. Placa botadora inferior

La placa botadora inferior, cumple la función de amarrar las espigas botadoras evitando que se flecten al momento de desplazarse a través de la placa macho, estará compuesta de tres perforaciones distribuidas a 120° con una distancia de 47 mm desde el centro. Los pernos destinados para el amarre entre placas serán de M8, por ende, sus perforaciones serán de 8,5 mm pasante para un libre desplazamiento y sobre las mismas una perforación de 14 mm, con una profundidad de 9 mm para el alojamiento de la cabeza del perno.



Fuente: elaboración propia, a través del software de diseño en 2D AutoCAD 2015

Figura 2-5. Dimensiones placa porta botadores superiores.

2.4.3. Espigas botadoras

Las espigas botadoras cumplen una importante función que es la de expulsar la pieza al termino del ciclo de inyección, ya que las piezas al momento de la apertura del molde tienden a trabarse en la placa cavidad, así evitando que el operador tenga que sacar la pieza utilizando sus manos.

El Ø del vástago del botador es de 3 mm, mientras que su largo será de 127,88 mm, se estableció esta longitud debido a la fórmula de largo crítico de botadores (ver Fórmula 2-1), con el resultado de esta fórmula se puede evitar que el votador se pandee al momento del proceso de inyección. El Ø de la cabeza del botador es de 6 mm, mientras que su espesor es de 4 mm. (Ver Figura 2-6).

Para determinar el largo del botador, se empleó la siguiente fórmula.

$$L_{\text{crític.}} = \frac{2 \times \pi \times E \times I}{P_{\text{crític.}}} \quad [\text{Fórmula 2-1}]$$

Donde:

$L_{\text{crític.}}$ = Largo crítico, mm

E = Módulo de Young, $2,1 \times 10^6$, kp/cm²

I = Momento de inercia = $\frac{\pi \times d^4}{64}$ mm⁴

$P_{\text{crític.}}$ = Fuerza crítica, kp

Para determinar el $P_{\text{crític.}}$, se empleó la siguiente fórmula:

$$P_{\text{crític.}} = \text{Presión} \left(\frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} \right) \times \frac{\pi}{4} \times D^2 \text{ (mm}^2\text{)} \quad [\text{Fórmula 2-2}]$$

Donde:

Presión = $543 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$

Diámetro = 3 mm = 3 cm

Reemplazando la Fórmula 2-2, se obtiene que:

$$P_{\text{crític.}} = 543 \left(\frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} \right) \times \frac{\pi}{4} \times 3^2 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$P_{\text{crític.}} = 543 \left(\frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} \right) \times \frac{\pi}{4} \times 0,3^2 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$P_{\text{crític.}} = 543 \text{ kp} \times 0,785 \times 0,09$$

$$P_{\text{crític.}} = 38,4 \text{ kp}$$

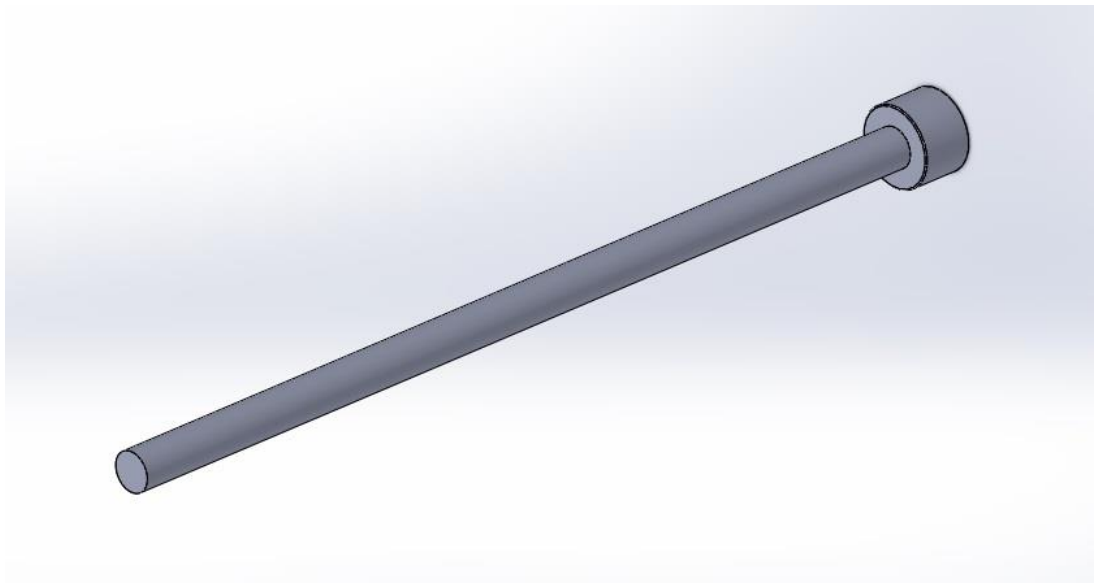
Reemplazando en la Fórmula 2-1, se tiene que:

$$L_{\text{crític}} = \frac{2 \times \pi \times E \times \pi \times d^4}{P_{\text{crític.}} \times 64}$$

$$L_{\text{crítico}} = \sqrt{\frac{2 \times \pi \times 2.100.000 \times \pi \times d^4}{P_{\text{crítico}} \times 64}}$$

$$L_{\text{crítico}} = \sqrt{\frac{2 \times \pi \times 2.100.000 \times \pi \times 0,4^4}{68,2 \times 64}}$$

$$L_{\text{crítico}} = 155,9 \text{ mm} \approx 156 \text{ mm}$$

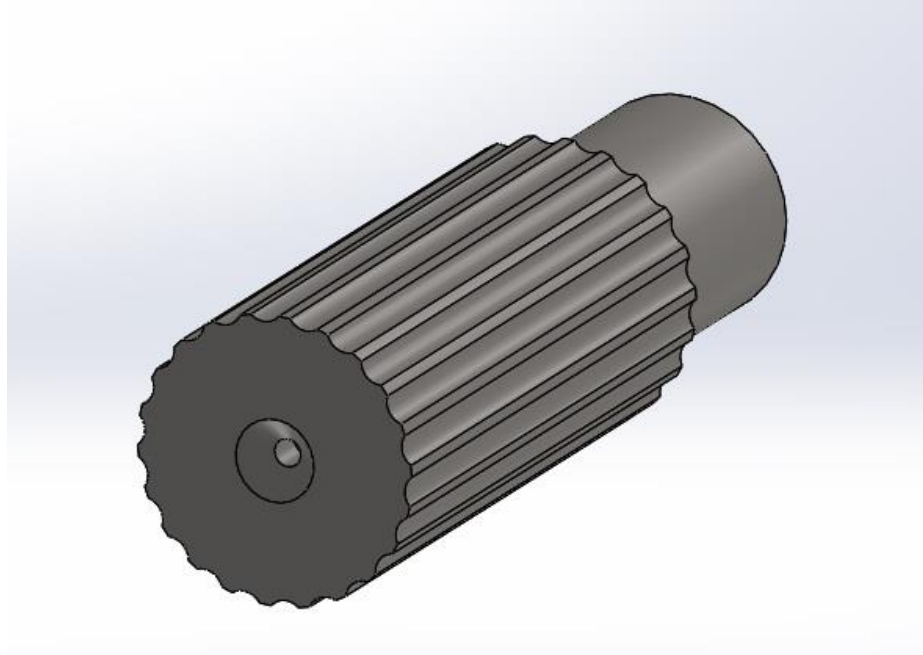


Fuente: elaboración propia, a través de software del diseño en SolidWorks 2015

Figura 2-6. Diseño botador de Ø 3mm.

2.4.4. Almas

El postizo cumple una función muy importante en el proceso de mecanizado, ya que tiene una forma imposible de mecanizar directamente en la placa mediante maquinaria convencional o máquinas con CNC, por ende, se fabricará como una pieza intercambiable. Su largo será de 64 mm y su Ø 16 mm. Para realizar el estriado, se recurrirá al fresado con el uso del cabezal divisor.



Fuente: elaboración propia, a través del software de diseño en SolidWorks 2015

Figura 2-7. Diseño del alma estriada.

2.5. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

El sistema de alimentación, es el mecanismo por donde recorre el material fundido que integrará la pieza que se ha de moldear, este sistema está compuesto por:

- La cavidad;
- El canal de alimentación;
- El sistema de estrangulación, y
- El bebedero.

2.5.1. Canal de alimentación

El canal de alimentación es parte del sistema de alimentación por donde ingresa el plástico en estado líquido o viscoso, recibe llanamente el plástico desde el bebedero del molde, para a continuación llenar los espacios de las cavidades que darán la forma a la pieza.

Existen variados tipos de secciones para canales de alimentación:

- Circular;
- Circular de media caña;
- Trapezoidal de media caña;
- Trapezoidal modificado de media caña;
- Rectangular, y
- Cuadrada.

El tipo de canal que fue elegido para que fluya el material en estado líquido, será la media caña, ya que su método de fabricación es más fácil de realizar gracias a su geometría y la disposición de las herramientas del taller.

Los canales de llenado serán de 3 mm de ancho con un espesor de 1,5 mm aprovechando las dimensiones de la fresa esférica que se utilizará en el mecanizado.

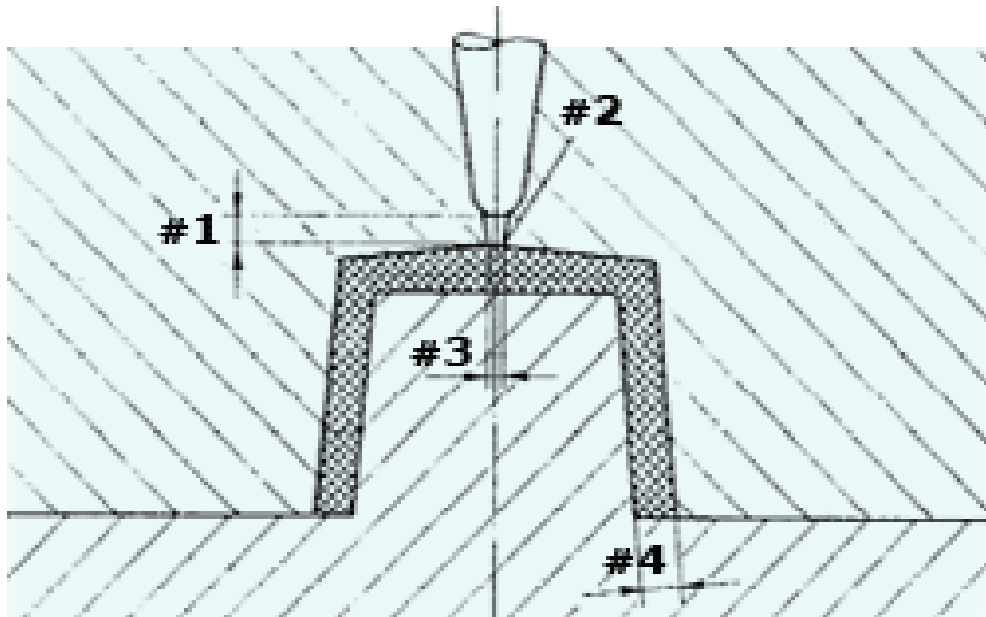
2.5.2. Entrada directa

El momento en el que se comienza con la idea del diseño de la entrada hay que ser consciente del tamaño del bebedero y de los canales de alimentación, con el fin de obtener un llenado rápido y efectivo de la cavidad.

Existen diferentes tipos de entrada y pueden clasificarse en:

- Entrada superpuesta;
- Entrada de disco o diafragma;
- Entrada de anillo;
- Entrada de lengüeta;
- Entrada lateral múltiple;
- Entrada abanico;
- Entrada total;
- Entrada capilar;
- Entrada de túnel, de espita o submarina;
- Entrada directa;
- Entrada radial o en estrella, y
- Entrada de membrana.

El sistema de estrangulación elegido fue la entrada total, ya que es una de las entradas más común y fáciles de fabricar.



Fuente: https://www.quiminet.com/imagen/procadizero_moldes_22.gif

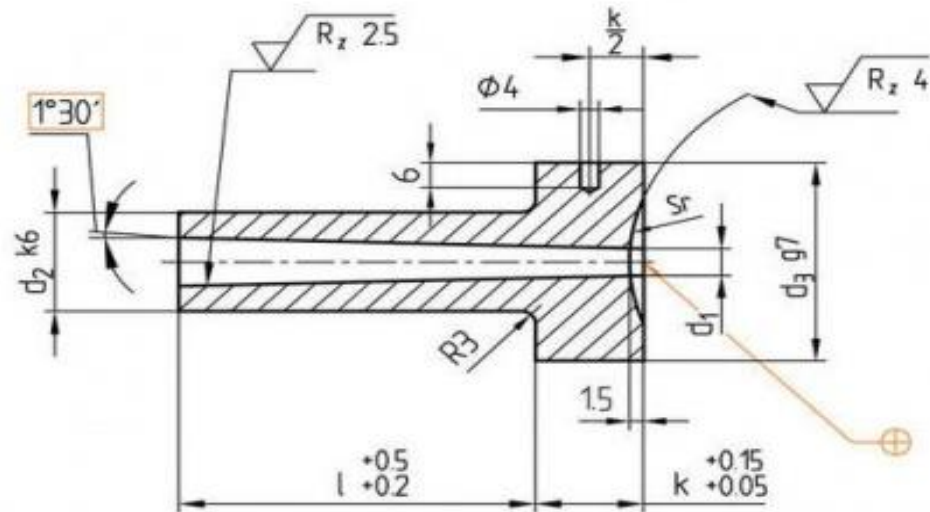
Figura 2-8. Imagen referencial de la entrada total, del canal de llenado.

2.5.3. Bebedero

El bebedero es un orificio troncocónico, que está en la placa fija del molde y que recibe el flujo de material directo con la boquilla, debe ser de un acero templado para soportar la presión ejercida sobre ella, (ver Figura 2-9).

Para el diseño de este componente, se tomará en cuenta las consideraciones mencionadas en el manual de moldes para inyección de termoplásticos.

- ❖ Orificio menor oscila entre 3 a 10 mm dependiendo del peso de la pieza a inyectar, y
- ❖ Conicidad de 2° a 6°.



Fuente: <http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/images/thumb/a/a8/Entrega22%2808273%29.jpg/700px-Entrega22%2808273%29.jpg>

Figura 2-9. Imagen de referencia de bebedero.

2.6. SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

Al efectuar el llenado, se inyecta la masa fundida a elevada presión y gran velocidad en el molde, producto de este proceso el calor debe disiparse para lograr la solidificación de la pieza. La pieza solo puede ser desmoldada, cuando ha adquirido suficiente rigidez.

El enfriamiento es de gran importancia para lograr una buena calidad. La pieza debe enfriarse uniformemente partiendo del borde exterior hacia el punto de colada. La mazarota no ha de solidificarse demasiado pronto, para que la presión residual actúe durante un tiempo suficiente.

Al poseer un sistema de refrigeración, se produce sobre la pieza lo siguiente:

- Buena calidad superficial;
- Buena fluidez;
- Pocas tensiones internas;
- Pocas grietas de tensión;

- Poca contracción posterior, y
- Largos tiempos de enfriamiento.

La productividad del proceso de inyección de termoplásticos está relacionada con la efectividad del sistema de enfriamiento del molde. Esta efectividad se determina íntimamente en el momento del diseño del sistema, pero durante su operación esta puede variar considerablemente, por esto es que bajo este parámetro se adjunta la siguiente fórmula. (Ver Fórmula 2-3). Cabe señalar que estos postizos no llevarán sistema de refrigeración.

$$T_s = \frac{-(s)^2}{2 \times \pi \times \alpha} \ln \left(\frac{\pi (T_x - T_m)}{4 (T_c - T_m)} \right) \quad [\text{Fórmula 2-3}]$$

Donde:

- T_s = Tiempo mínimo de enfriamiento, (s)
 S = Espesor máximo de la pieza, (cm)
 α = Difusividad térmica del material, (cm²s⁻¹)
 T_x = Temperatura a la que se extrae la pieza
 T_m = Temperatura del molde, (°C)
 T_c = Temperatura del material fundido, (°C)

Reemplazando en la Fórmula 2-3:

$$T_s = \left[\frac{-(0,5)^2}{2 \times \pi \times (0,00129 \times 10^{-3})} \right] \ln \left[\frac{\pi(100-60)}{4(180-60)} \right]$$

$$T_s = \left[\frac{-0,25}{6,28 \times (0,00129 \times 10^{-3})} \right] \ln \left[\frac{\pi 40}{4(120)} \right]$$

$$T_s = \left[\frac{-0,25}{6,28 \times (0,00129 \times 10^{-3})} \right] \ln \left[\frac{125,6}{480} \right]$$

$$T_s = \left[\frac{-0,25}{8,1012 \times 10^{-3}} \right] \times -1,340$$

$$T_s = \left[\frac{-0,25 \times -1,340}{8,1012 \times 10^{-3}} \right]$$

$$T_s = \left[\frac{0,335}{8,1012 \times 10^{-3}} \right]$$

$$T_s = 41,4 \text{ s}$$

Luego, el tiempo de enfriado del molde, para la obtención del producto es de aproximadamente 41 s.

2.7. CÁLCULOS PARA EL DISEÑO

Para el correcto desempeño de todas las funciones del sistema completo del molde, es imprescindible aplicar las fórmulas necesarias a los componentes críticos o más relevantes para obtener un buen producto.

Por consiguiente, se enlistarán las fórmulas relevantes del diseño en el trabajo.

2.7.1. Fuerza de cierre y expansiva del molde

La fuerza de cierre es entregada por la máquina inyectora y tiene que ser mayor a la fuerza expansiva del molde que está en directa relación con el área de las piezas a inyectar, este cálculo es fundamental a la hora del diseño, ya que dará la limitante de la cantidad de las cavidades que se pueden realizar o bien, si es posible o no fabricar la pieza deseada en la actual máquina inyectora.

$$F_e \text{ (Fuerza expansiva)} < F_{c1} \text{ (Fuerza de cierre de la inyectora, 60 ton)}$$

Para determinar el valor de la fuerza expansiva del molde, se expone la siguiente fórmula:

$$F_e = \text{Área proyectada} \times \text{Presión de inyección} \quad [\text{Fórmula 2-4}]$$

Donde:

F_{c1} = Fuerza de cierre de la inyectora, (60 ton)

F_e = Fuerza expansiva (kgf)

A_p = Área proyectada de pieza y canal de llenado, (cm^2)

P. Inyección = Presión de inyección del PUR (199 kgf/cm^2)

El área proyectada del traba pernos, se determinó con la herramienta de SolidWorks propiedades físicas, la cual puede entregar el volumen, área, masa, entre otras.

Área total proyectada de la pieza = $17.843,22 \text{ mm}^2 \approx 178,4322 \text{ cm}^2$

Área total del canal de llenado = $788,36 \text{ mm}^2 \approx 7,8836 \text{ cm}^2$

Luego el $A_p = 178,4322 + 7,8836 = 186,3158 \text{ cm}^2$

Reemplazando la Fórmula 2-4, se tiene que:

$F_e = 119 \times (7,8836 + 178,4322)$

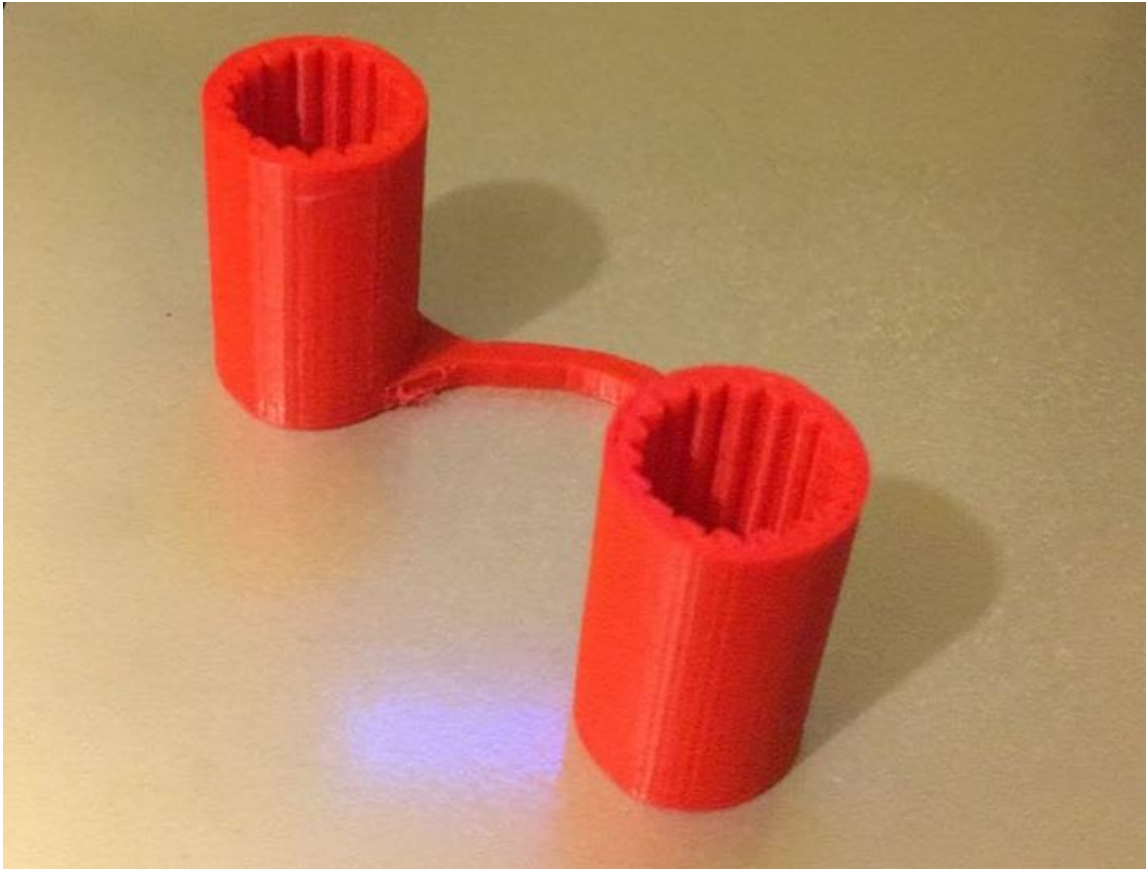
$F_e = 22.172 \text{ kgf} \approx 22 \text{ ton} < F_{c1} = 60 \text{ ton}$

Por último, se estima conveniente que el tiempo de inyección y el tiempo de enfriamiento de la pieza no necesitan de cálculos, sino que estos parámetros se controlarán desde la propia máquina. Donde se calculará el tiempo de inyección y enfriamiento por cada moldeo de las piezas obteniendo así la jornada trabajada por un día de producción en serie.

2.8. MÁQUINA IMPRESORA 3D ANET A8

Para la creación del prototipo del producto se empleó una impresora 3D, llamada Anet A8. Esta máquina tiene como finalidad crear prototipos de productos a través de un diseño en tercera dimensión. Esta impresora utiliza el ácido poliláctico (PLA) para producir los prototipos. Cabe mencionar que el PLA no es el material que se utilizará en

el proceso de inyección para producir la pieza, pero será una forma de corroborar que el diseño previo del artículo sea el adecuado para realizar su función. De no ser así se procederá corregir los errores de diseño.



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada con el teléfono móvil

Figura 2-10. Impresión 3D, traba pernos.

CAPÍTULO 3: FABRICACIÓN Y COSTOS

3. **FABRICACIÓN**

3.1. **MECANIZADO**

El mecanizado es un proceso de fabricación, que comprende un conjunto de operaciones de conformación de piezas mediante la eliminación de material, ya sea por arranque de viruta o por abrasión.

El mecanizado por arranque de viruta se basa en la dureza, es decir, si se quiere arrancar material de un acero, se necesita una herramienta construida por un acero de mayor dureza.

Los procesos más habituales que se emplean en el mecanizado son:

- Serrado;
- Limado;
- Taladrado;
- Roscado;
- Torneado, y
- Fresado.

El mecanizado por abrasión es un proceso en el cual la eliminación de material, la realiza una herramienta sin un filo definido, que desprende pequeñas partículas de material. Dicha herramienta puede ser una muela abrasiva o un hilo conductor que produce un arco eléctrico entre él y la pieza arrancando dichas partículas.

Los procesos más habituales que se emplean en el mecanizado son:

- Rectificado;
- Esmeril, y
- Electroerosión por penetración o por hilo.

3.2. MECANIZADO CONVENCIONAL

El mecanizado convencional, es una parte fundamental para el desarrollo del proyecto, ya que gran parte del proceso de fabricación de las placas cavidad y botadoras se hace usando las máquinas herramientas que posee la Carrera.

3.2.1. Mecanizado placas hembra y macho

El mecanizado de las placas superior e inferior se llevará a cabo en el torno convencional, con el fin de obtener las dimensiones requeridas de estas, las cuales están definidas en el capítulo anterior. La primera operación será el refrentado de las placas, para así obtener la altura que requiere el producto en el ciclo de moldeo; una vez terminado el refrentado se perforarán el centro de las 2 placas cavidad por el que se depositará un pasador con el cual se juntarán ambas placas, con el fin de facilitar el perforado.



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada con el teléfono móvil

Figura 3-1. Mecanizado placas hembra y macho.

El proceso de perforado se llevará a cabo en la fresadora aprovechando el montaje de la prensa. Se iniciará con la broca de centro con un diámetro de 3,5 mm que servirá de guía para la siguiente operación; siguiendo con el proceso de mecanizado, se utilizará la broca de $\varnothing = 7,8$ mm y luego el escariador de $\varnothing = 8$ mm.

Una vez terminadas las perforaciones, se les introducirá un pasador en cada agujero para continuar el cilindrado de las placas y así lograr el diámetro necesario para su correcto montaje en el porta molde.

Para finalizar el mecanizado convencional de los postizos, se fresará una cara plana de 6 mm de profundidad y 57 mm de largo. El propósito de esta cara es facilitar el relojado de las placas para así obtener de manera precisa el centrado de la pieza.



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada con el teléfono móvil

Figura 3-2. Fresado de cara plana de las placas cavidad.

3.2.2. Placa porta botadores

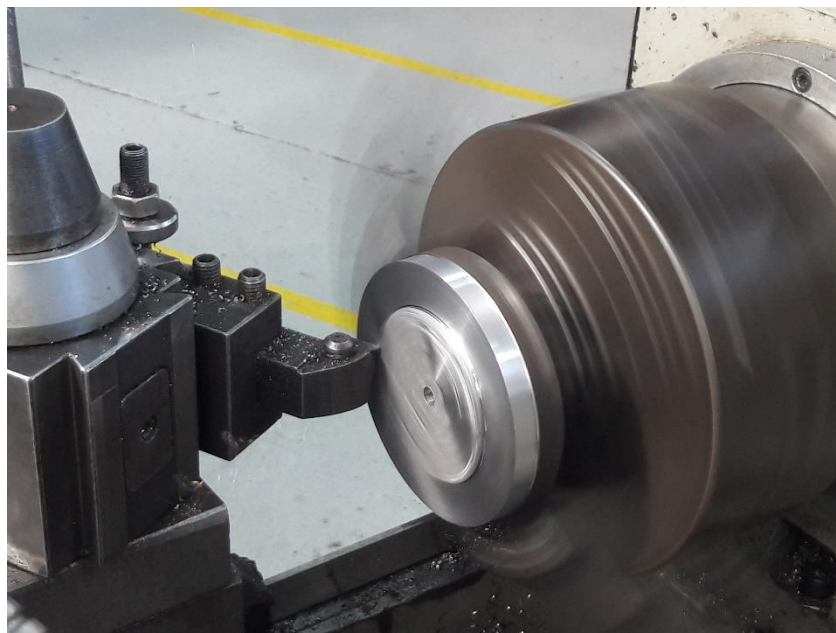
Paralelamente con el mecanizado de los postizos, se ejecutan las operaciones respectivas para el dimensionado en las placas botadoras, que es básicamente el torneado. El $\varnothing$ de placa será de unos 112 mm mientras que el espesor será de 20 mm.

Los pernos M8 serán utilizados para el amarre, ya que las placas botadoras al tener un diámetro reducido no dejarían mucho espacio para distribuir los botadores.

Se les hará tres perforaciones con una separación de 120° que servirán de amarre entre ellas, estarán a una distancia de 47 mm desde el centro para dejar espacio suficiente para alojar la cabeza del perno, lo que dejará un diámetro más propicio a la distribución de los botadores.

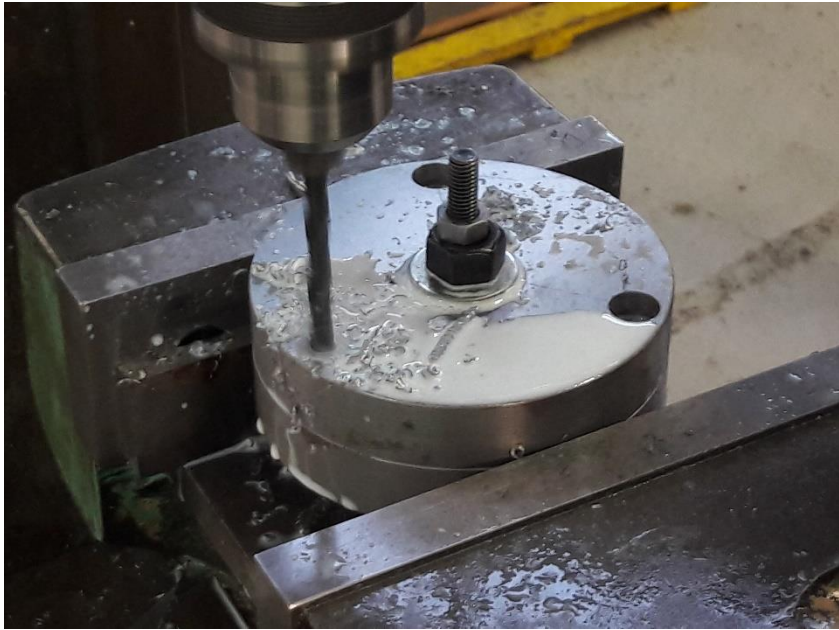
La operación de perforado se usaron las siguientes brocas:

- ✓ Broca de centro para facilitar el paso de la siguiente broca;
- ✓ Broca de $\varnothing = 6,7$ mm en la placa botadora superior en la cual se hará el hilo de amarre;
- ✓ Broca de $\varnothing = 8$ mm en la placa botadora inferior para facilitar el paso del perno, y
- ✓ Broca de $\varnothing = 14$ mm con una profundidad de 9 mm para el alojamiento del perno.



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada con el teléfono móvil

Figura 3-3. Refrentado de placas porta botadoras.



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada con el teléfono móvil

Figura 3-4. Perforado de placas porta botadores.



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada con el teléfono móvil

Figura 3-5. Roscado interior de placa botadora superior.

3.2.3. Mecanizado ejes estriados

Los ejes estriados o almas serán mecanizados por máquinas convencionales debido a que su forma presenta ciertas complicaciones para el centro de perforado, además de que esta no posee 4 y 5 eje.

El proceso de fabricación de las almas es el siguiente:

- ✓ Se refrentó y cilindró en el torno convencional para obtener las dimensiones necesarias para su posterior montaje en el cabezal divisor, (ver imagen 3-6);
- ✓ Se perforó uno de los extremos del alma para montar con la contra punta, y
- ✓ Se montó el alma en el cabezal divisor para el realizar el estriado, (ver imagen 3-7).



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada con el teléfono móvil

Figura 3-6. Montaje alma en cabezal divisor.



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada con el teléfono móvil

Figura 3-7. Mecanizado del estriado en las almas.

3.3. MECANIZADO CON CNC

El mecanizado es un proceso mediante el cual se fabrican mecanizado de piezas con la ayuda de computadoras que controlan las máquinas herramienta. Gracias al Control Numérico por Computadora (CNC) se ha automatizado el proceso de fabricación de las piezas, ya que permite utilizar un conjunto de instrucciones para controlar el mecanizado mediante un programa, contando con la mínima intervención humana.

Esta tecnología de CNC se puede aplicar a una amplia gama de operaciones como el caso de la elaboración, el montaje, la inspección, así como el trabajo sobre hojas metálicas, etc. A pesar de ello, CNC numérico se utiliza de manera más frecuente en los diferentes procesos de mecanizado de metales o aluminio tales como el torneado, el taladrado o el fresado. Incluso y como consecuencia de la configuración, las operaciones de mecanizado permiten fabricar a ritmo acelerado, dando como resultado una fabricación a granel que además es mucho más económica y mucho más precisa.



Fuente: <https://mx.depositphotos.com/112466718/stock-photo-cnc-machining-center-cutting-mold.html>

Figura 3-8. Mecanizado con CNC.

3.3.1. Mecanizado con CNC, placa hembra

Para el mecanizado de la placa hembra, se utilizará el software de ingeniería MasterCam X9, debido a las herramientas que este ofrece para realizar ciertos tipos de trabajo, resultará más sencillo el mecanizado de las placas.

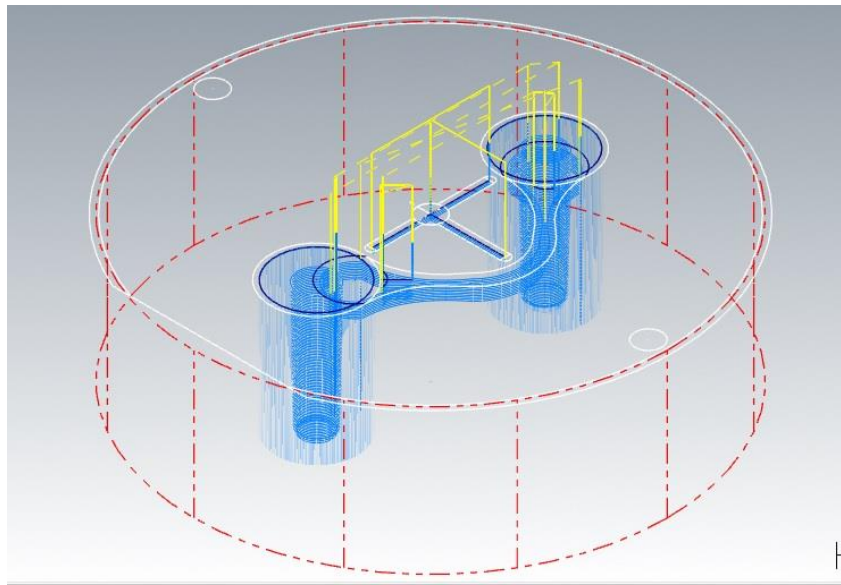
La placa al ser exportada a dicho programa en formato de plano o 3D, se pueden realizar las diferentes operaciones de mecanizado sobre su superficie, logrando que el trabajo final sea fiel al diseño y su acabado resulte lo más perfecto posible, como se muestra en la Figura 3-7.

La etapa previa al mecanizado de las placas, es el siguiente:

- 🔥 Montar la placa en la mesa del centro de perforado utilizando bridas y paralelas;
- 🔥 Relojear la placa para mayor precisión usando reloj comparador;
- 🔥 Palpar la placa para encontrar el cero pieza;
- 🔥 Montar las herramientas a utilizar;

- 🔥 Tomar la altura de las herramientas, y
- 🔥 Traspasar los códigos a la máquina para iniciar el mecanizado.

El proceso de mecanizado comienza fresa de $\varnothing = 16$ mm para lograr los vaciados con forma de cilindro dando una inclinación de 1° para facilitar la extracción de la pieza, luego de terminar la operación una fresa de $\varnothing = 3$ mm hará la unión de entre los cilindros con 1° de inclinación con el comando Pocket, para los canales de llenado se utilizó una fresa esférica de $\varnothing = 3$ mm la cual además hará un afinado a los cilindros para una mejor calidad superficial.



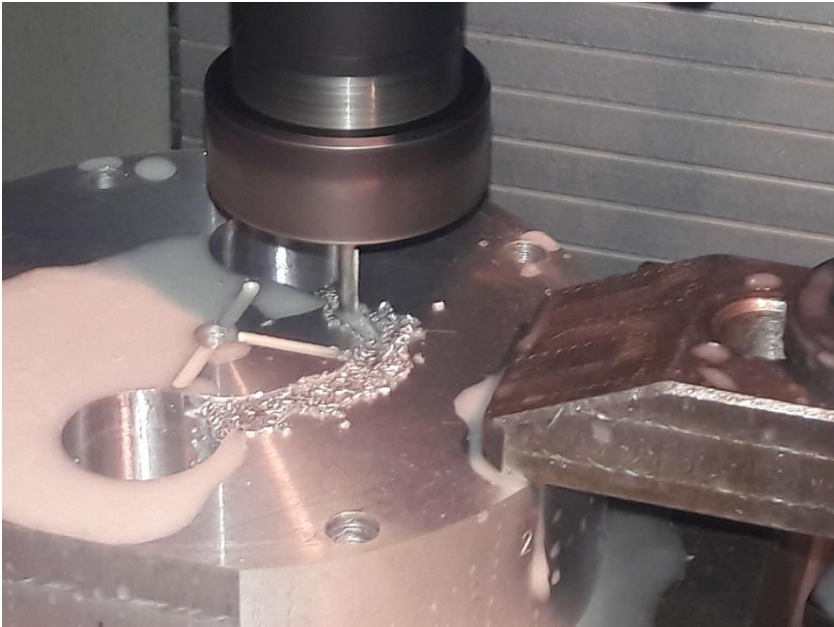
Fuente: elaboración propia, a través de software MasterCam X9

Figura 3-9. Simulación mecanizado, placa hembra.



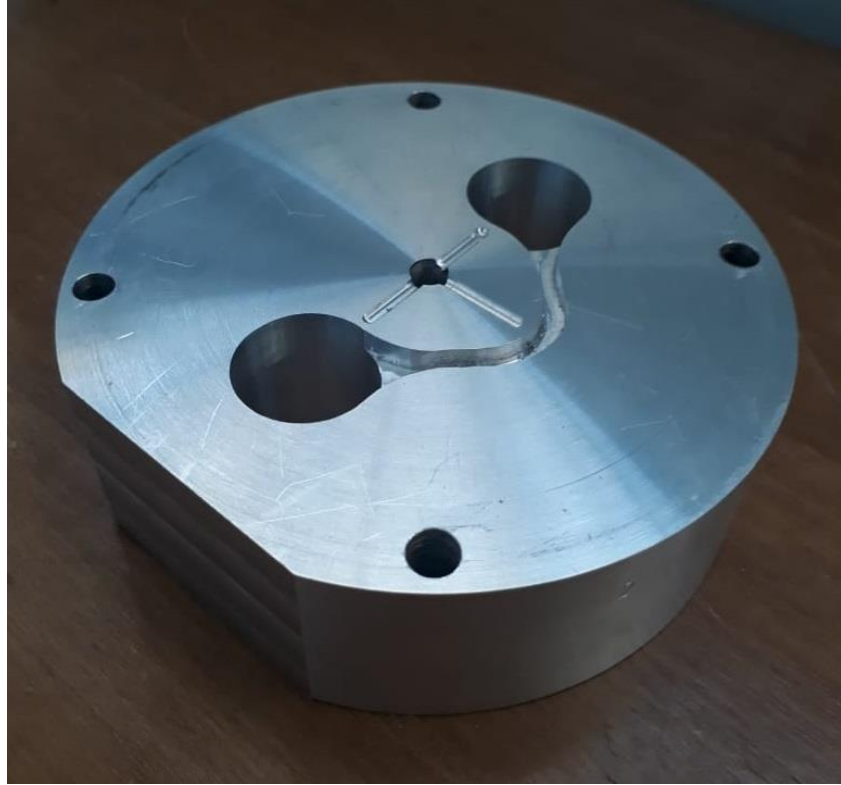
Fuente: elaboración propia, fotografía tomada con el teléfono móvil

Figura 3-10. Mecanizado cavidad cilíndrica, placa hembra.



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada con el teléfono móvil

Figura 3-11. Mecanizado unión de los cilindros, placa hembra.



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada con el teléfono móvil

Figura 3-12. Placa hembra terminada.

3.3.2. Mecanizado CNC placa macho

Para el camino que deben recorrer las herramientas a utilizar en el centro de perforado se emplearan las distintas operaciones que posee el software MasterCam X9, cabe señalar que los códigos necesarios para el mecanizado sobre la placa serán extraídos del mismo programa.

La etapa previa al mecanizado de las placas es el siguiente:

- 🔥 Montar la placa en la mesa del centro de perforado utilizando bridas y paralelas;
- 🔥 Relojear la placa para mayor precisión usando reloj comparador;
- 🔥 Palpar la placa para encontrar el cero pieza;
- 🔥 Montar las herramientas a utilizar;
- 🔥 Tomar la altura de las herramientas, y
- 🔥 Traspasar los códigos a la máquina para iniciar el mecanizado.

El proceso de mecanizado comienza con la broca de centro que cumple la función de guiar los perforados posteriores, al término del guiado prosigue la broca de 3,4 mm; dichas perforaciones serán pasantes que servirán para el correcto desplazamiento de las espigas botadoras a través de la placa, luego de finalizar la operación continuará las brocas de 5 y 8,5 mm que harán una abertura para el alojamiento de un perno M8 que unirá el alma al macho.



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada con el teléfono móvil

Figura 3-13. Mecanizado alojamiento ejes estriados, placa macho.



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada con el teléfono móvil

Figura 3-14. Mecanizado perforaciones para botadores, placa macho.

3.4. COSTOS

El análisis de costos es la relación entre el valor de producción del producto, la ganancia o entrada por la venta del producto y la ganancia que queda al descontar los costos de inversión. Estos valores dependen no sólo de los precios de compra y venta, sino también de los niveles de producción, modalidades de venta, tiempo de producción, valor agregado, entre otros, pero permite conocer la información para determinar si el proyecto es factible de llevar a cabo a nivel comercial.

Las ventajas que se obtienen con la organización de los costos proporcionan al proyecto herramientas potentes, además de un gran ahorro económico y estas son:

- Dar a conocer si es viable el proyecto, planificando distintas opciones de fabricación, obtener financiamientos o más recursos, entre otras cosas, y
- Permite un material de apoyo y guía para las personas que deciden emprender o realizar algún proyecto.

El costo, es el valor económico que representa la elaboración de un producto o prestación de servicio, por lo tanto, es el gasto consumido sin utilidad, o sea el precio neto (sin IVA).

Se indica que el valor de la UF = \$29,278.76 al 19 de Julio de 2018.

A continuación, se han de determinar para el proyecto los costos netos de:

- Costo de diseño;
- Costo de molde, y
- Costo de producción el producto.

3.5. **COSTO DE DISEÑO**

El costo del diseño corresponde a las horas trabajadas en la elaboración del diseño, según su precio de ploteo de los distintos formatos de hojas. En la Tabla 3-1, se presentan los valores mencionados anteriormente, con las cantidades correspondientes.

COSTO DE DISEÑO	CANT.	VALOR (\$)	TOTAL (\$)	
			CLP	UF
Diseño	6 horas	16.000	96.000	3,581
Ploteo formato A3	6 planos	400	2.400	0,029
Costo total de diseño			96.850	3,611

Fuente: elaboración propia, según cotizaciones

Tabla 3-1. Costo de diseño.

3.6. COSTO DEL MOLDE

El costo del molde equivale al precio de este, considerando los materiales, mecanizados e insumos generales. En los siguientes ítems, se representarán con más detalles cada una de estas.

3.6.1. Costo de materiales

Los costos de materiales involucrados en la construcción del molde se dan a conocer detalladamente en la Tabla 3-2, lo cual en cada componente son incluidos los traslados y en el valor total va incluido el IVA.

MATERIAL	COMPONENTE	CANT.	PESO (kg)	VALOR (\$ 1 kg)	TOTAL \$	
					CLP	UF
Duraluminio	Postizos	2	5,44	4.486	48.808	1,820
SAE 1020	Placas botadoras	2	8,93	1.100	19.646	0,732
Costo total de materiales					68.454	2,552

Fuente: elaboración propia, en base a cotizaciones

Tabla 3-2. Costo de materiales para la fabricación de los postizos y placas botadoras.

3.6.2. Costos de elementos comerciales para molde de inyección

Este ítem muestra los elementos del molde que no fueron fabricados y se adquirieron de forma comercial. La Tabla 3-3, da a conocer el valor total según la cantidad de elementos comerciales.

ELEMENTO	CANT.	VALOR (\$)	TOTAL (\$)	
			CLP	UF
Botador Ø4 x 150 mm	8	2.803	22.424	0,836
Perno Parker M6 x 14 mm	3	50	150	0,005
Total			22.574	0,841

Fuente: elaboración propia, en base a cotizaciones

Tabla 3-3. Costo de elementos comerciales.

3.6.3. Costo de mecanizado

Las siguientes Tablas 3-4, 3-5, 3-6, 3-7, instruirán de forma ordenada los precios asociados a cada mecanizado sea en maquinaria convencional o control numérico, en base a cotizaciones que se realizaron. Todos estos mecanizados incluyen la mano de obra, cantidad, tiempo de mecanizado y el valor de mecanizado, empleados para cada trabajo en cada componente.

ACTIVIDAD	CANT.	TIEMPO (hr)	VALOR (\$)	TOTAL (\$)	
				CLP	UF
Placa cavidad superior	1	1	10.000	10.000	0,373
Placa cavidad inferior	1	1	10.000	10.000	0,373
Placa botadora superior	1	2	10.000	20.000	0,746
Placa botadora inferior	1	2	10.000	20.000	0,746
Total				60.000	2,238

Fuente: elaboración propia, en base a cotizaciones

Tabla 3-4. Costo de mecanizado fresadora convencional, Taller Matricería.

ACTIVIDAD	CANT.	TIEMPO (hr)	VALOR (\$)	TOTAL (\$)	
				CLP	UF
Placa cav. superior	1	1,0	10.000	10.000	0,373
Placa cav. inferior	1	1,0	10.000	10.000	0,373
Placa bot. superior	1	0,5	10.000	5.000	0,186
Placa bot. inferior	1	0,5	10.000	5.000	0,186
Postizos	4	1,0	10.000	10.000	0,373
Total				40.000	1,492

Fuente: elaboración propia, en base a cotizaciones

Tabla 3-5. Costo de mecanizado, torno convencional.

ACTIVIDAD	CANT.	TIEMPO (hr)	VALOR (\$)	TOTAL (\$)	
				CLP	UF
Placa cav. inferior	1	3,0	25.000	75.000	2,797
Placa cav. superior	1	1,5	25.000	37.500	1,398
Total				112.500	4,196

Fuente: elaboración propia, en base a cotizaciones

Tabla 3-6. Costo de mecanizado en centro de perforado CNC, Taller de CNC.

ACTIVIDAD	CANT.	TIEMPO (hr)	VALOR (\$)	TOTAL (\$)	
				CLP	UF
Placa cav. superior	1	3	20.000	60.000	2,238
Placa cav. superior	1	1.5	20.000	30.000	1,119
Placa bot. superior	1	1.5	20.000	30.000	1,119
Placa bot. inferior	1	1.5	20.000	30.000	1,119
Total				150.000	5,595

Fuente: elaboración propia, en base a cotizaciones

Tabla 3-7. Costo mecánico de banco, Taller de Matricería.

3.6.4. Costos de insumos generales

Los valores insertos en la siguiente tabla (3-8), son aquellos instrumentos, herramientas, entre otros, que se utilizaron para poder llevar a cabo el proyecto y que no fueron gastos directamente relacionados con la fabricación de los postizos.

NOMBRE	CANTIDAD	VALOR (\$)	TOTAL (\$)	
			CLP	UF
Pasta de pulir	1	5.498	5.498	0,205
Lijas	4	300	1.200	0,044
Total			6.698	0.249

Fuente: elaboración propia, en base a productos comprados

Tabla 3-8. Costos insumos generales.

3.7. VALOR TOTAL DE LA FABRICACIÓN

El valor de la fabricación de los postizos más las placas botadoras y postizo, es la sumatoria entre el costo de diseño y costo de molde (costo de materiales, costos de elementos comerciales, costo de mecanizados e insumos generales). Todo esto permite proyectar el precio unitario del producto.

A continuación, en la Tabla 3-9 se detalla el costo total del proyecto.

TIPO DE COSTO	VALOR (\$)	
	CLP	UF
Costos del diseño	96.850	3,612
Costos de materiales	68.545	2,557
Costos elementos comerciales	22.574	0,842
Costos de mecanizado	362.500	13,522
Costos de insumos generales	6.698	0,249
SUB-TOTAL	550.469	20,534
GASTOS PRESUNTOS	200.000	7,460
TOTAL	750.469	27,995

Fuente: elaboración propia, según compras

Tabla 3-9. Costo total de fabricación.

3.8. COSTO DE PRODUCCIÓN DEL ARTÍCULO

Considerando las variables estimadas para producir el artículo en cuestión, que son: una hora de producción en serie, en donde se obtendrán 87 productos con un ciclo de inyección de 41 segundos (estimando los lapsos de enfriamiento, inyección, cierre de molde, apertura y botado), no olvidando de que la hora de inyección es de \$ 15.000 sin incluir el material plástico, que en la distribuidora Don Ramis cuesta \$ 105.439 por saco de 25 kilogramos sin IVA, además antes de calcular el precio del producto según producción, se debe tener primero claro los siguientes datos. (Ver Tabla 3-10).

Cantidad de piezas a producir (hr)	87
Masa total (g) (producto + mazarota)	24,15
Precio PUR (\$/kg) (c/iva)	125,472.41

Fuente: elaboración propia en base a cotizaciones

Tabla 3-10. Tabla de datos restantes de costo de pieza por producción.

La siguiente Fórmula 3-1 determina el costo por producto o artículo en la producción.

$$VT = I / (P / C)$$

[Fórmula 3-1]

Dónde:

- VT = Valor total del producto (\$)
- I = Valor inyección (hr)
- P = Valor de material plástico (\$)
- C = Cantidad de piezas por hora

Reemplazando:

$$VT = 15.000 \text{ (hr)} / (5032 \$ / 87 \$)$$

$$VT = 15.000 / 57$$

$$VT = 259 \$$$

El precio del artículo traba pernos por unidad es de \$ 259 a nivel productivo.

3.9. PUNTO DE EQUILIBRIO

Teniendo los valores de costos totales, costos unitarios y precio de venta por unidad podemos determinar el punto de equilibrio que se refiere a la cantidad de piezas necesarias a producir para recuperar la inversión, en la siguiente formula 3-2. se detallan los valores correspondientes y se establece que se venderá en packs de 12 unidades de traba pernos.

$$I = Pv \times q \quad [Fórmula 3-2]$$

Dónde:

I = Ingresos totales

Pv = Precio de venta

q = Cantidad de piezas

$$C_t = C_f + C_u \times q \quad [\text{Fórmula 3-3}]$$

Dónde:

C_t = Costos totales

C_f = Costos fijos

C_u = Costo proporcional unitario

Para determinar el costo proporcional unitario por pieza tenemos:

C_u = masa de la pieza con mazarota x costo kg PUR

$$C_u = 24,15 \text{ (g)} \times 5.018 \text{ (kg x \$)}$$

$$C_u = 24,15 \text{ (g)} / 1.000 \times 5018 \text{ (kg x \$)}$$

$$C_u = 0,02415 \text{ (kg)} \times 5.018 \text{ (kg x \$)}$$

$$C_u = \$ 121$$

q = Cantidad

Luego de tener las ecuaciones remplazamos los valores que se obtuvieron mediante los cálculos de costos y tenemos que:

$$I = \$ 259 \times q$$

$$C_t = \$ 750.469 + \$ 121 \times q$$

Teniendo estas 2 ecuaciones igualamos y calculamos la cantidad de piezas para obtener el punto de equilibrio.

$$\text{\$ } 259 \times q = \text{\$ } 750.469 + \text{\$ } 121 \times q$$

$$\text{\$ } 259 \times q - \text{\$ } 121 \times q = \text{\$ } 750.469$$

$$\text{\$ } 138 \times q = \text{\$ } 750.469$$

$$q = \text{\$ } 750.469 / \text{\$ } 138$$

$$q = 5.438 \text{ unidades} / 12 \text{ unid} \times \text{pack}$$

$$q = 453 \text{ packs}$$

En conclusión, vendiendo una cantidad $\geq$ a 5.438 unidades se generan utilidades.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La utilización de software de diseño en la creación de productos disminuye enormemente el trabajo que esto conlleva, debido a la gran cantidad de herramientas que este posee. En el caso de este proyecto las herramientas proporcionadas por el SolidWorks resultaron bastantes útiles, ya que al entregar las propiedades físicas del producto facilitando los cálculos de diseño y costos.

En la utilización de maquinaria con control numérico computacional reduce considerablemente el tiempo el mecanizado de las cavidades y otras áreas del producto que necesitan mayor precisión. Por eso los softwares son de vital importancia ya que las órdenes de la computadora a la máquina van directamente relacionadas al diseño y parámetros que este software simula a través de los distintos programas.

Eso no quiere decir que las máquinas convencionales no se utilicen en estos procesos, también son muy importantes ya que hay piezas del proyecto que son más factibles mecanizarlas por procedimientos convencionales como los ejes estriados.

Como cualquier trabajo que este en ejecución, es probable que ocurran contra tiempos que pueden entorpecer el avance del mismo. Es importante siempre buscar una solución al problema que se presente para no retrasar el desarrollo del proyecto.

El primer problema se presentó fue al momento de perforar los postizos, ya que las brocas al iniciar el mecanizado, los orificios quedaban más grandes que lo necesitado causando que los pasadores no cumplieran la función de hacer un cierre hermético que al cilindrar los postizos no se consiguió concentricidad entre ellos. Debido a lo anteriormente mencionado se provocó un desvío en las perforaciones de amarre para el porta moldes que para lograr solucionar este problema hubo que realizar nuevos orificios de amarre para el porta moldes.

El segundo problema fue causado por el juego que tiene el centro de perforado, que al momento de mecanizar los alojamientos de los ejes estriados, estos quedaron ovalados, obligando a modificar el vástago inferior de las almas para que se produzca el ajuste.

El tercer problema se produjo al momento de la extracción de la pieza, porque el largo de los botadores no era suficiente para desprender el producto de las almas. Para solucionar este problema se optó por sacar las bridas de amarre y unir las placas botadoras con la parte móvil del porta molde a través de pernos, para así extender el recorrido de los botadores logrando sacar el artículo por completo.

Se recomienda verificar que las herramientas estén bien afiladas, para así evitar problemas con las calidades superficiales y Ø de las perforaciones que son críticos en los postizos, además de cerciorarse que las maquinas CNC no presente juego en sus ejes.

BIBLIOGRAFÍA

Libros:

Materiales plásticos técnicos, Moises Maldonado – Edgardo Sobarzo. Disponible en:
Biblioteca Universidad Técnica Federico Santa María, sede Viña del mar.

Materiales plásticos, propiedades y aplicaciones, Rubin. Disponible en:
Biblioteca Universidad Técnica Federico Santa María, sede Viña del mar.

Materiales plásticos, propiedades y aplicaciones, Irvin I. Rubin. Disponible en:
Biblioteca Universidad Técnica Federico Santa María, sede Viña del mar.

En línea:

Elaplas. Propiedades físicas de la Poliamida. Disponible en:
<<http://www.elaplas.es/wp-content/uploads/Ficha-tecnica-poliamida-PA.pdf>>

Elaplas. Propiedades físicas del PVC. Disponible en:
<http://www.elaplas.es/wp-content/uploads/pvc_flex.pdf>

Industrias JQ. Propiedades del TPU. Disponible en:
<<http://www.jq.com.ar/imagenes/productos/poliuretano/poliurprop/dtecnicos.htm>>

Prospecto. Propiedades del TPU. Disponible en:
<<https://plastics.ulprospector.com/es/generics/54/c/t/poliuretano-termoplastico-tpu-properties-processing/sp/10>>

ANEXOS

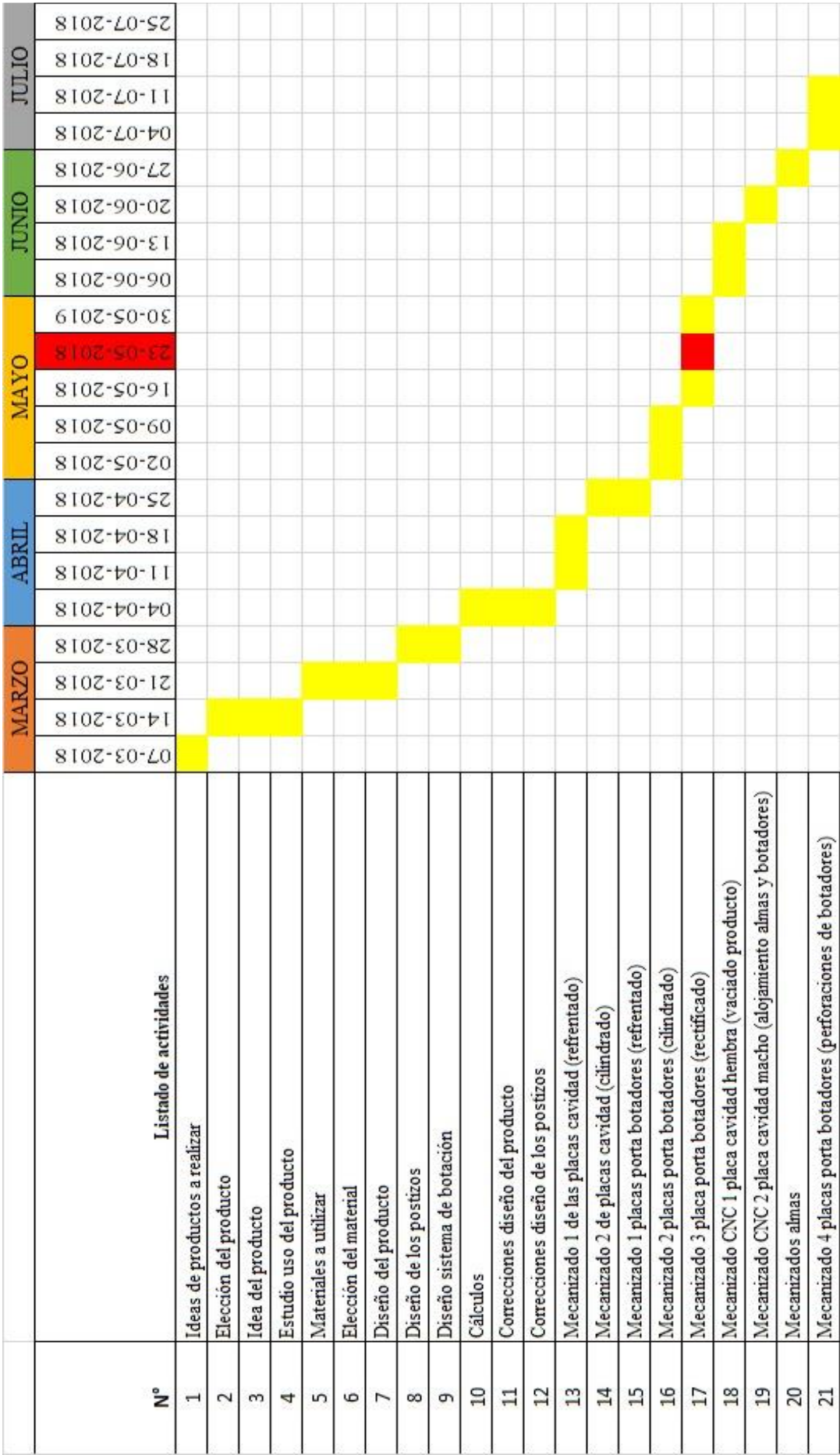
ANEXO 1: MÁQUINA INYECTORA, MARCA INTERTECH, MODELO INT-60

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

UNIDAD DE INYECCIÓN	DESCRIPCIÓN	UNID.	VALOR
	Diámetro del husillo	mm	25
	Radio del husillo (L/D)	-	24,4
	Peso máximo de inyección (PS)	g	60
	Volumen teórico de inyección	cm ³	59
	Presión máxima de inyección	kgf/cm ³	2.720
	Velocidad de inyección	cm ³ /s	55
	Capacidad de plastificación teórica	g/s	5,2
	Recorrido de inyección	mm	120
	Tiempo de inyección	s	1,07
UNIDAD DE CIERRE	Carrera máxima de apertura	mm	240
	Fuerza de cierre del molde	ton	60
	Altura del molde (mín. - máx.)	mm	100 x 320
	Espacio libre entre columnas (H x V)	mm	310 x 310
	Dimensión de los platos (H x V)	mm	480 x 480
	Carrera de extracción hidráulica	mm	75
	Fuerza de extracción hidráulica central	ton	2,2
SISTEMA ELÉCTRICO	Potencia del motor eléctrico	hp	10
	Presión hidráulica de trabajo	kg/cm ²	140
	Potencia de calentamiento	kW	4,6
	Zonas de calentamiento	set	N + 3
OTRO	Potencia total instalada	kW	12
	Capacidad del tanque de aceite	l	180
	Dimensiones	m	4,1 x 1 x 1,6
	Peso de la inyectora	kg _m	3.600

Fuente: Manual de máquina inyectora, Marca Intertech, Modelo INT-60.
Taller de Matricería, SVM~UTFSM.

ANEXO 2: CARTA GANTT



Fuente: elaboración propia en programa Excel 2013

ANEXO 3: NORMAS SERNAGEOMIN

GUÍA N° 2 DE OPERACIÓN PARA LA PEQUEÑA MINERÍA. OPERACIÓN Y TRÁNSITO DE EQUIPOS, VEHÍCULOS Y PERSONAS

Mediante Decreto Supremo N° 34 del Ministerio de Minería, de fecha 14 de junio de 2013, se modificó el Reglamento de Seguridad Minera, incorporándose el Título XV sobre "NORMAS DE SEGURIDAD MINERA APLICABLE A FAENAS MINERAS QUE INDICA". Este título reconoce las características especiales de las faenas mineras cuya extracción subterránea o a rajo abierto y/o tratamiento de minerales, sea igual o inferior a 5.000 toneladas por mes (en adelante indistintamente la "pequeña minería"), estableciendo medidas en seguridad acordes con la realidad propia de dichas faenas.

En este contexto, el Título XV establece que las Empresas Mineras de la pequeña minería y sus trabajadores, deberán conocer y cumplir con las disposiciones específicas contenidas en Guías de Operación que publicará el Servicio Nacional de Geología y Minería (en adelante el "Servicio"). Dichas guías deben formar parte del Reglamento Interno de cada una de estas Empresas Mineras.

El presente documento cumple con lo señalado en el Artículo 597 y 631 letra (a) del Reglamento de Seguridad Minera, y constituye una "Guía de Operación para la Descripción de Proyectos de Explotación, Tratamiento de Minerales y Cierres de Faenas" (en adelante, indistintamente la "Guía"), y su contenido forma parte integral del Título XV para todos los efectos legales.

El Responsable de la Faena, apoyado por la asesoría de un Experto en Prevención de Riesgos, estará a cargo de dirigir, supervisar y controlar el cumplimiento de las obligaciones y medidas contenidas en la presente Guía.

1 Introducción

Esta Guía incluye las medidas generales de seguridad para el transporte de personas y materiales en una faena de pequeña minería, considerando las modalidades más usuales que se tiene a esta escala de trabajo, como lo es el uso de carros manuales, equipos mecanizados de bajo tonelaje, traspaso gravitacional a través de piques y buzones, uso de huinches, correas transportadoras en plantas de tratamiento de minerales, y vehículos livianos de servicio. Adicionalmente, también se incluye medidas de seguridad asociadas a la ventilación de las minas subterráneas, dada su relación con la seguridad para el tránsito y circulación de personas en este tipo de labores.

2 Medidas Generales de Seguridad

Las siguientes medidas son de orden general para la operación y/o tránsito de equipos, vehículos y personas en una faena minera:

autorizado el Responsable de la Faena, utilizando los elementos de seguridad personal que corresponda. En ningún caso podrán conducir vehículos u operar equipos personas que se encuentren bajo la influencia del alcohol y/o drogas.

- Se deberá realizar revisiones periódicas para una mantención completa y adecuada de todos los vehículos y equipos que se utilicen en la faena, en relación con todas sus funciones y componentes mecánicos y eléctricos, incluyendo la revisión de condiciones apropiadas en la cabina para proteger al operador. Todo vehículo o equipo que se desplace en retroceso, deberá estar provistos de luces y aparatos sonoros que indiquen dicho movimiento.
- Todos los caminos, senderos y labores donde transiten personas, vehículos y equipos, deberán mantenerse en buenas condiciones, libres de obstáculos y debidamente señalizados. En el caso de la minería del carbón las labores inclinadas deben contar con pasamanos.
- Las pendientes máximas para equipos deben ser concordantes con las recomendadas por el fabricante del equipo. En ningún caso se podrá transportar personal sobre la carrocería de un vehículo o balde de carga de un equipo.
- Si por cualquier razón, una persona debe introducir su cuerpo, o parte de él, en el interior de un vehículo o equipo, este deberá estar completamente bloqueado, desenergizado e inmóvil. Tratándose de una mantención o reparación, se deberá colocar dispositivos de bloqueos y advertencia que solo serán retirados por quien esté a cargo del trabajo cuando haya terminado.

Fuente: <http://sitiohistorico.sernageomin.cl/pdf/mineria/seguridad/Normativa%20de%20Seguridad%20Minera.pdf>