

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

RESTAURACIÓN DE MÁQUINA LIMADORA DE LA EMPRESA
“METALGALL”

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

Alumnos:

Aldo Renato Gallardo Almonacid

Sebastián Alejandro Verdejo Bernal

Profesor guía:

Ing. Sr. José Carvallo Basaez

2017

RESUMEN

KEYWORDS: LIMADORA / CREMALLERA MECÁNICA / CHAVETERO

La empresa “Metalgall” es una maestranza la cual realiza variados trabajos dentro del área metal-mecánica gracias a las distintas máquinas-herramientas que se encuentran disponibles dentro de este taller, como por ejemplo torno, taladro, limadora, fresadora, pantógrafo, esmeril de pedestal y angular. El buen funcionamiento y la completa disponibilidad de los equipos nombrados, influye directamente en la realización de los trabajos requeridos y en las ganancias generadas.

La finalidad de este trabajo de título es la puesta en marcha de la limadora, máquina que lleva alrededor de dos años sin funcionar debido a problemas estudiados acorde al desarrollo del presente trabajo. Y el aumento de posibilidades de atención a clientes, ya que, sin esta máquina, los trabajos que puede realizar la limadora deben ser derivados a talleres habilitados para realizar estos tipos de actividades.

A raíz de lo mencionado anteriormente, se presentaron objetivos para solucionar el problema, es por ello que se conversó y se llegó a un acuerdo con el dueño del taller para poder tener acceso a la limadora y así estudiarla completamente.

En primer lugar, se analizó la máquina para poder detectar las fallas que poseía. Por ello, se desarmó la limadora por partes para verificar el estado de sus componentes.

Una vez detectados los inconvenientes, se analizaron los elementos comprometidos y se reemplazaron o recuperaron según su estado.

Ya con las piezas en buen estado, limpias, engrasadas o aceitadas según corresponda, se ensambló la máquina y se puso en marcha para comprobar que ésta se encuentre funcionando como corresponde. Al estar en su estado idóneo, se pintó para fines estéticos y para evitar la corrosión provocada por el ambiente.

El equipo, ya restaurado, fue cambiado de posición a un sector al fondo del taller, donde se pudo manipular más cómodamente.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

- 1 ANTECEDENTES GENERALES
 - 1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA
 - 1.1.1 Equipos que se encuentran dentro del taller
 - 1.2 PROBLEMÁTICA
 - 1.2.1 Cuantificación de ingresos no percibidos
 - 1.3 LA MÁQUINA LIMADORA
 - 1.3.1 Descripción
 - 1.3.2 Partes de la limadora
 - 1.3.3 Partes principales
 - 1.3.4 Movimientos
 - 1.3.5 Principio de funcionamiento
 - 1.3.6 Operaciones principales
 - 1.3.7 Arranque de viruta
 - 1.3.8 Herramientas de corte

CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO DEL EQUIPO

- 2 DIAGNÓSTICO DEL EQUIPO
 - 2.1 INSPECCIÓN VISUAL
 - 2.2 ANÁLISIS DE COMPONENTES
 - 2.2.1 Motor
 - 2.2.2 Sistema de embrague
 - 2.2.3 Mecanismo de cambio de velocidades
 - 2.2.4 Mecanismo de rueda dentada excéntrica y biela oscilante
 - 2.2.5 Carnero
 - 2.2.6 Mesa de trabajo

CAPÍTULO 3: INTERVENCIÓN DE EQUIPO

- 3 INTERVENCIÓN DE EQUIPO
 - 3.1 REPARACIÓN DE COMPONENTES
 - 3.1.1 Motor
 - 3.1.2 Sistema de embrague
 - 3.1.3 Mecanismo de cambio de velocidades

3.1.4	Mecanismo de rueda dentada excéntrica y biela oscilante
3.1.5	Carnero
3.1.6	Mesa de trabajo
3.2	FABRICACIÓN DE ELEMENTOS FALTANTES
3.2.1	Componentes del motor
3.2.2	Buje del mecanismo de embrague
3.2.3	Sistema de avance automático
3.2.3	Sistema porta herramienta
3.3	PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO
3.3.1	Canal de chaveta
3.3.2	Planeado

CAPÍTULO 4: ESTUDIO DE COSTOS

4.1	Costos de repuestos
4.2	Costos de insumos
4.3	Costos de materiales
4.4	Costo de horas-hombre
4.5	Costo de horas-maquina

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO A:	CLASIFICACIÓN DE MÁQUINAS DE CORTE
ANEXO B:	DIFERENCIAS CON OTROS EQUIPOS SIMILARES
ANEXO C:	CONDICIONES DE CORTE
ANEXO D:	RELACIÓN DE TRANSMISIÓN DE POLEAS
ANEXO E:	RELACIÓN DE TRANSMISIÓN DE RUEDAS DENTADAS
ANEXO F:	MOVIMIENTO DEL CARNERO
ANEXO G:	CARTA GANTT
ANEXO H:	SOLDADURA DE HIERRO FUNDIDO
ANEXO I:	CÁLCULOS EN OPERACIÓN DE FRESADO
ANEXO J:	PLANOS DE FABRICACIÓN
ANEXO K:	ENSAYO DE CHISPA
ANEXO L:	AGUJEROS ROSCADOS
ANEXO M:	PARÁMETROS DE TRATAMIENTO TÉRMICO
ANEXO N:	COTIZACIONES

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1-1. Vista frontal taller Metalgall
- Figura 1-2. Ubicación taller Metalgall
- Figura 1-3. Taladro fresador
- Figura 1-4. Pantógrafo
- Figura 1-5. Torno tecnochina
- Figura 1-6. Esmeril de pedestal
- Figura 1-7. Taladro Bauker
- Figura 1-8. Torno Gedec
- Figura 1-9. Máquina limadora
- Figura 1-10. Máquina de soldar Indura
- Figura 1-11. Máquina de soldar Telwin
- Figura 1-12. Esquema de distribución de equipos en taller Metagall
- Figura 1-13. Partes de la limadora, vista izquierda y derecha
- Figura 1-14. Partes principales de la limadora, vista en sección
- Figura 1-15. Movimientos principales
- Figura 1-16. Movimientos en el corte
- Figura 1-17. Mecanismo de avance automático
- Figura 1-18. Carrera de trabajo y carrera de retroceso
- Figura 1-19. Esquema de mecanismo piñón cremallera.
- Figura 1-20. Mesa vista en corte.
- Figura 1-21. Esquema de mecanismo de biela y manivela
- Figura 1-22. Esquema de mecanismo hidráulico.
- Figura 1-23. Esquema de mecanismo de manivela y biela oscilante.
- Figura 1-24. Modelo de mecanismo de biela y plato excéntrico
- Figura 1-25. Esquema cambio de velocidades
- Figura 1-26. Ante carrera y sobre carrera de una pasada
- Figura 1-27. Esquema de regulación carrera del carnero
- Figura 1-28. Regulación de carrera del carnero
- Figura 1-29. Operaciones de limado
- Figura 1-30. Partes porta herramienta
- Figura 1-31. Ilustración movimientos de corte
- Figura 1-32. Imágenes de herramientas de corte
- Figura 2-1. Estado inicial limadora
- Figura 2-2. Estado inicial enchufe

Figura 2-3. Estado inicial rodamiento del sistema de velocidades

Figura 2-4. Trozo de material desprendido del buje

Figura 2-5. Buje del sistema de embrague en su estado inicial

Figura 2-6. Desarme sistema de embrague

Figura 2-7. Estado inicial tambor de embrague

Figura 2-8. Estado inicial palanca de embrague

Figura 2-9. Desarme mecanismo de cambio de velocidades

Figura 2-10. Despiece mecanismo de cambio de velocidades

Figura 2-11. Estado inicial piñón de cambio de velocidades

Figura 2-12. Elementos interiores mecanismo de plato excéntrico y biela oscilante

Figura 2-13. Sector dientes faltantes

Figura 2-14. Dientes faltantes en rueda dentada mayor

Figura 2-15. Desarmado de carnero

Figura 2-16. Extracción carro porta herramientas.

Figura 2-17. Desarmado de carro porta herramientas.

Figura 2-18. Desarme mesa de trabajo

Figura 2-19. Extracción mesa de trabajo

Figura 2-20. Estado inicial muñón de desplazamiento

Figura 2-21. Desarme mecanismo de movimiento vertical de la mesa de trabajo

Figura 3-1. Fragmento Carta Gantt

Figura 3-2. Interruptor y enchufe añadidos

Figura 3-3. Tuerca ranurada

Figura 3-4. Pivote restaurado

Figura 3-5. Avellanado eje del pivote

Figura 3-6. Altura final del pivote

Figura 3-7. Pulido eje principal

Figura 3-8. Pulido de manilla para cambio de velocidades

Figura 3-9. Rodamiento SKF1306-K y piñón de cambio de velocidades.

Figura 3-10. Precalentamiento de rueda dentada

Figura 3-11. Montaje de rueda dentada en máquina fresadora VIGORELLI FU2 encontrado en el taller de mecánica industrial de la Universidad Técnico Federico Santa María, sede José Miguel Carrera

Figura 3-12. Barras paralelas de acero encontradas en el taller de mecánica industrial de la Universidad Técnico Federico Santa María, sede José Miguel Carrera

Figura 3-13. Perro de arrastre encontrado en el taller de mecánica industrial de la Universidad Técnico Federico Santa María, sede José Miguel Carrera

Figura 3-14. Diseño y fabricación de un juego de mandriles expansibles. Mecánica Industrial 1993

Figura 3-15. Mandril utilizado para el montaje

Figura 3-16. Esquema de montaje de elementos

Figura 3-17. Perno de sujeción y evidencia del desplazamiento del eje

Figura 3-18. Sector de interrupción del movimiento

Figura 3-19. Perno de fijación y avellanado de posición

Figura 3-20. Biela oscilante

Figura 3-21. Perno posicionador de plataforma de corte angular.

Figura 3-22. Proceso de roscado con terraja

Figura 3-23. Proceso de roscado con macho

Figura 3-24. Despiece de carro porta herramientas

Figura 3-25. Perno de sujeción de soporte

Figura 3-26. Perno fabricado

Figura 3-27. Canal formada para relleno de material

Figura 3-28. Buje fabricado

Figura 3-29. Sistema de avance automático de referencia

Figura 3-30. Sector de montaje del sistema de avance automático

Figura 3-31. Esquema cuerpo del soporte

Figura 3-32. Unión de componentes mediante soldadura

Figura 3-33. Esquema del fijador

Figura 3-34. Modelo del perno de ensamblaje

Figura 3-35. Esquema del sistema de avance automático

Figura 3-36. Plano en tres dimensiones de la manilla de posición

Figura 3-37. Plano en tres dimensiones del disparador

Figura 3-38. Alojamiento de soporte para herramientas

Figura 3-39. Modelo soporte de exterior

Figura 3-40. Modelo porta herramienta para trabajos en diámetro pequeños

Figura 3-41. Modelo porta herramienta para trabajos en diámetros mayores

Figura 3-42. Modelo soporte de interior

Figura 3-43. Esquema de nueva distribución de equipos en taller Metalgall

Figura 3-44. Entrada taller Metalgall

Figura 3-45. Montaje de reloj comparador

Figura 3-46. Regulador de reglilla

Figura 3-47. Pernos de sujeción de guía de movimiento vertical

Figura 3-48. Pernos de sujeción de guía de movimiento vertical

Figura 3-49. Montaje polea

Figura 3-50. Trozo de aluminio mecanizado en prueba de funcionamiento

Figura 3-51. Ilustraciones proceso de desbaste y afinado

Figura 3-52. Maquina recién pintada

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Datos taladro fresador

Tabla 1-2. Datos pantógrafo

Tabla 1-3. Datos torno tecnochina

Tabla 1-4. Datos esmeril de pedestal

Tabla 1-5. Datos taladro de pedestal

Tabla 1-6. Datos torno GEDEC

Tabla 1-7. Datos limadora

Tabla 1-8. Datos máquina de soldar Indura

Tabla 1-9. Datos máquina de soldar Telwin

Tabla 1-10. Costos de oportunidad de trabajos no realizados año 2015

Tabla 1-11. Costos de oportunidad por trabajos no realizados año 2016

Tabla 1-12. Total de costos de oportunidad por ausencia de máquina limadora

Tabla 1-13. Tipo de herramientas de corte

Tabla 3-1. Posible soluciones parte 1

Tabla 3-2. Posible soluciones parte 2

Tabla 3-3. Posible soluciones parte 3

Tabla 4-1. Costos de repuestos

Tabla 4-2. Costo de insumos

Tabla 4-3. Costos de materiales

Tabla 4-4. Costos horas hombre

Tabla 4-5. Costo total de hora maquina

Tabla 4-6. Costo detallado de hora maquina parte 1

Tabla 4-7. Costo detallado de hora maquina parte 2

Tabla 4-8. Costos simulados

Tabla 4-9. Costos reales

SIGLAS

SAE	: Society of Automotive Engineers (Sociedad de Ingenieros Automotores)
ISO	: International Organization for Standardization (Organización internacional de normalización)
DIN	: Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemán de normalización)
MIG	: Metal Inert Gas (Gas inerte de metal)
TIG	: Tungsten Inert Gas (Gas inerente de tungsteno)
HR	: Hardness Rockwell (Dureza Rockwell)
Skf	: Svenska Kullagerfabriken
Hp	: Horse power (Caballo fuerza)
Rpm	: Revolución por minuto
IVA	: Impuesto Valor Agregado

SIMBOLOGIA

W	: Whitworth
G	: Dientes por pulgada
L	: Longitud
mm	: Milímetros
cm	: Centímetros
m	: Metro
In	: Pulgadas
kg	: Kilogramos
Lt	: litros
Min	: minutos
Ø	: Diámetro
d	: Diámetro
π	: Constante phi (3,1416...)
°C	: Grados Celsius
\$	: Pesos (CLP)
°	: Grados
%C	: Porcentaje de carbono
f	: Frecuencia
Vm	: Velocidad media

V_c	: Velocidad de corte
V_r	: Velocidad de retroceso
T	: Tiempo
T_p	: Tiempo principal
T_a	: Tiempo avance
T_r	: Tiempo retroceso
s	: Avance
V_{av}	: Velocidad de avance
a	: Avance por diente
n	: Rpm
h	: Profundidad
Z	: Número de dientes
M	: Modulo
P	: Potencia
W	: Trabajo
V	: Voltaje
I	: Corriente
i	: Relación de transmisión

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento industrial es un conjunto de acciones que tienen como objetivo preservar un activo o restaurarlo para que quede en un estado en el cual pueda llevar a cabo una función, siendo imprescindible en una empresa que preste servicios en el ámbito metal-mecánico. El taller Metalgall presta este tipo de servicios. Este pequeño taller es atendido por su propio dueño, siendo el mismo quien realiza los trabajos que se van presentando a diario, ejecutándolos con la ayuda de las diversas máquinas-herramientas que se encuentran dentro (torno, taladro, fresa, limadora, maquina de soldar, pantógrafo... etc.). Lamentablemente, en este taller no existen mantenciones programadas, lo que implica que todos los activos sean sometidos a un mantenimiento correctivo cuando manifiesten alguna falla.

En el presente trabajo de título se restaurará (a través de un mantenimiento correctivo) una máquina limadora encontrada en el taller Metalgall, la cual ha estado alrededor de dos años sin ser utilizada, con el fin de dejarla en buenas condiciones para su posterior uso.

OBJETIVOS

Objetivo general

Restaurar la máquina limadora de la empresa Metalgall, a través de un mantenimiento correctivo, con el fin de dejar el equipo en óptimas condiciones para su posterior funcionamiento.

Objetivos específicos

- Describir el equipo a fin de conocer sus características y el debido funcionamiento de la máquina limadora.
- Diagnosticar el equipo, analizando e identificando las fallas y los problemas a solucionar, inspeccionando cada elemento uno por uno.
- Reparar las fallas encontradas en el equipo, con la ayuda de una lista de posibles soluciones a los problemas identificados, comprando repuestos, reparando o fabricando elementos según corresponda.
- Realizar un estudio de costos, con el fin de cuantificar los gastos asociados a la reparación de la máquina y compararlos con los costos de oportunidad laboral.

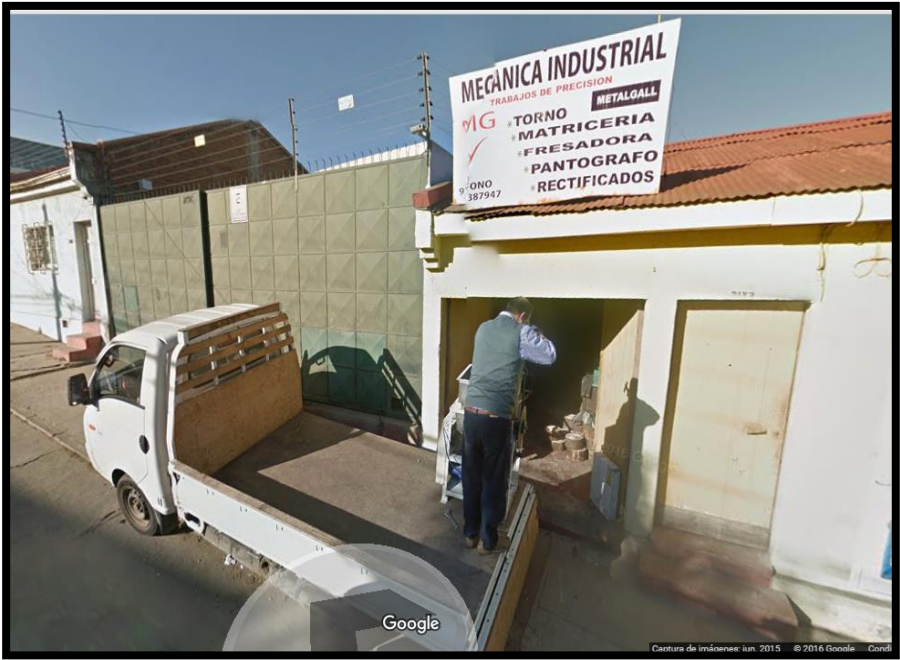
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

1 ANTECEDENTES GENERALES

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

La empresa “Metalgall” es un taller fundado hace 16 años por don Claudio Andrés Gallardo Tapia, ex alumno de la Universidad Técnica Federico Santa María, egresado y titulado de técnico universitario en matricería en el año 1996. Ésta es administrada por don Claudio, quien se dedica a la gestión de los trabajos que se presentan, planificándolos, cotizándolos y realizándolos.

Los horarios de atención son de lunes a viernes desde las 10:00 de la mañana hasta las 18:00 de la tarde. Esto depende de si es que el dueño se encuentre dentro del taller, ya que, en ocasiones específicas tiene que ir a realizar trabajos a grandes empresas si es que se lo piden. Estos horarios varían según si se esté realizando una labor que requiera de más horas de trabajo, atendiendo desde más temprano y/o hasta más tarde (de 9:00 a 20:00). Sin embargo, es aconsejable comunicarse al número privado del dueño del taller antes de dirigirse a éste.



Fuente: Google Maps

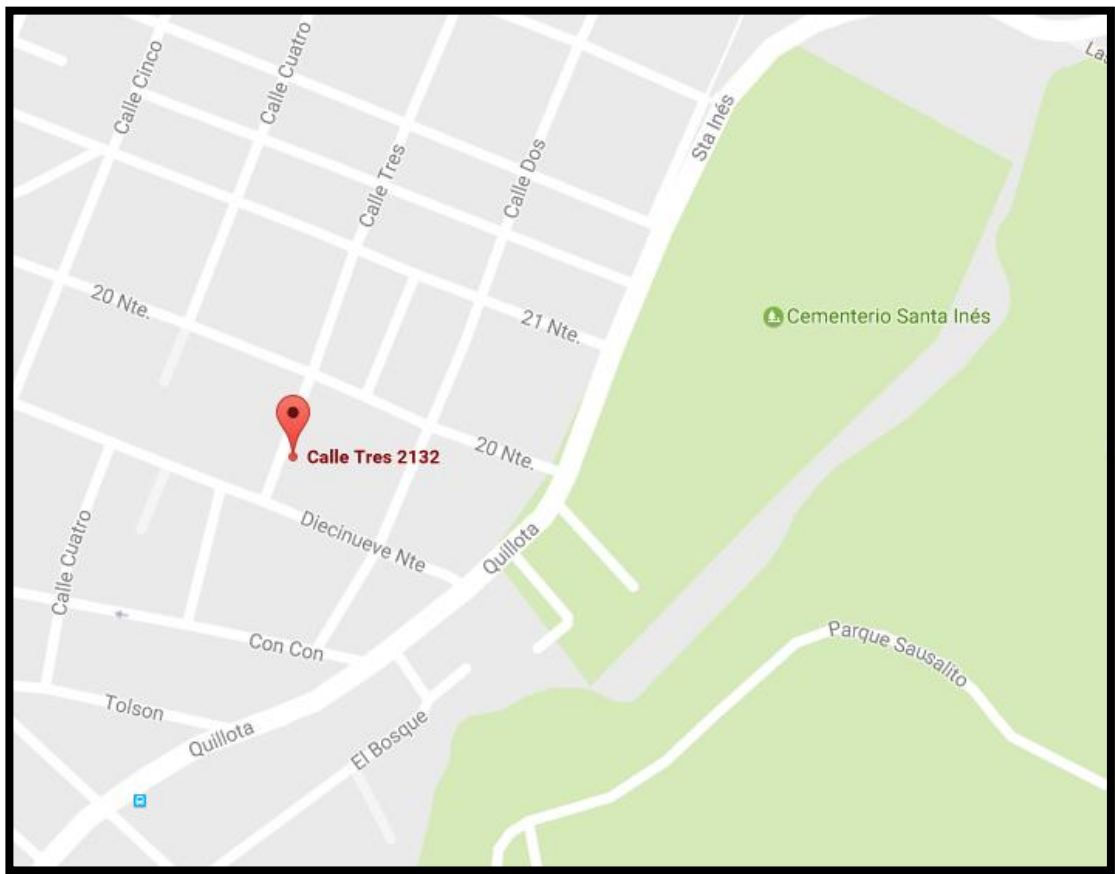
Figura 1-1. Vista frontal taller Metalgall

La metodología de funcionamiento de este taller es acorde a los trabajos requeridos por la diversa clientela que se presenta, ya sean grandes empresas como CAROZZI, METSO, TEXTILES ZHAR, entre otras; o bien personas que necesiten de los distintos servicios en el ámbito mecánico que entrega esta empresa.

Con el pasar del tiempo esta empresa ha entregado distintos servicios a distintas empresas, de las cuales se pueden destacar:

- Mantenimiento correctivo a las empresas: CAROZZI, TEXTILES ZHAR, SKC RENTAL, Laboratorio de Viña del Mar y METSO. Reparando o rediseñando piezas o elementos que se encuentren en mal estado.
- Mantenimiento preventivo a la empresa VINICON CHILE. Mantenimiento de amasadoras y moldes de aluminio para la fabricación de flotadores de pesca industrial. Mantenimiento de prensas para la construcción de estos.
- Diseño de matrices para plásticos y metales.
- Diseño y fabricación de estructuras metálicas.
- Trabajos de máquina herramienta: taladro, torno, fresa, pantógrafo, limadora, esmeril de pedestal.

Este taller se encuentra ubicado en calle 3 N°2132, cerro santa Inés, Viña del mar.



Fuente: Google Maps

Figura 1-2. Ubicación taller Metalgall

1.1.1 Equipos que se encuentran dentro del taller

Dentro de esta empresa, existen diversas máquinas herramientas y equipos, los cuales, son esenciales para el desarrollo de los trabajos y actividades que se realizan dentro del taller Metalgall. Cada uno de estos tiene distintas características y funcionamientos en particular, lo que hace fundamental el buen estado de estos para realizar los variados trabajos que se presentan día a día. A continuación se presentarán los distintos equipos que se encuentran dentro del taller:

Taladro fresador	
Fabricante	Automac
Número de serie	6690
Modelo	MAC VII
Clasificación	Arranque de viruta
Dimensiones de trabajo	Alto: 650 mm
	Ancho: 450 mm
	Largo: 730 mm

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1-1. Datos taladro fresador



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 25/08/2016

Figura 1-3. Taladro fresador

Pantógrafo	
Fabricante	F.lli Troglia
Modelo	VAFT2
Clasificación	Ampliación/reducción de formas
Dimensiones de trabajo	Altura: 150 mm
	Movimiento longitudinal: 450 mm
	Movimiento transversal: 500 mm
Rango de escalas de reducción/ampliación	1,5 – 2 – 2,5 – 3 – 3,5 - ... - 10,5
Motor	Monofásico
	3 HP

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1-2. Datos pantógrafo



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 25/08/2016

Figura 1-4. Pantógrafo

Torno Tecnochina	
Fabricante	Automac
Número de serie	97857
Modelo	TJ-330
Clasificación	Arranque de viruta
Dimensiones de trabajo	Distancia entre centros 1000 mm
	Diámetro de volteo con escote 300 mm
	Diámetro de volteo sin escote 450 mm
Motor	Monofásico
	Potencia: 2 HP

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1-3. Datos torno tecnochina



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 25/08/2016

Figura 1-5. Torno tecnochina

Esmeril de pedestal	
Fabricante	MOSAY
Modelo	6"
Clasificación	Desprendimiento de material
Potencia	250 Watts
Dimensiones	Largo 300 mm
	Diámetro rueda 4,5 in

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1-4. Datos esmeril de pedestal



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 25/08/2016

Figura 1-6. Esmeril de pedestal

Taladro de pedestal	
Fabricante	Bauker
Modelo	BD160
Clasificación	Arranque de viruta
Potencia	50 Watts
Consumo	1,94 Amperes
Rango de velocidades	210 – 2220 rpm
Altura de trabajo	900 mm

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1-5. Datos taladro de pedestal



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 25/08/2016

Figura 1-7. Taladro Bauker

Torno GEDEC	
Fabricante	GEDEC
Modelo	TP120
Clasificación	Arranque de viruta
Dimensiones de trabajo	Distancia entre centros 2000 mm
	Diámetro de volteo con escote 700 mm
	Diámetro de volteo sin escote 1000 mm
Motor	Monofásico
	Potencia 3 HP

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1-6. Datos torno GEDEC



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 25/08/2016

Figura 1-8. Torno Gedec

Limadora	
Fabricante	UTFSM
Clasificación	Arranque de viruta
Dimensiones	Largo 450 mm
	Alto: 440 mm
Motor	Monofásico
	1 HP

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1-7. Datos limadora



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 25/08/2016

Figura 1-9. Máquina limadora

Máquina de soldar Indura	
Modelo	230 CV
Número de serie	H08 134650
Clasificación	Unión de material
Rango de amperaje	35 – 230 Amperes

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1-8. Datos máquina de soldar Indura



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 25/08/2016

Figura 1-10. Máquina de soldar Indura

Máquina de soldar TELWIN	
Modelo	Utility Turbo 1650
Número de serie	644013/56-1
Clasificación	Unión de material
Rango de amperaje	40 – 140 Amperes

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1-9. Datos máquina de soldar Telwin



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 25/08/2016

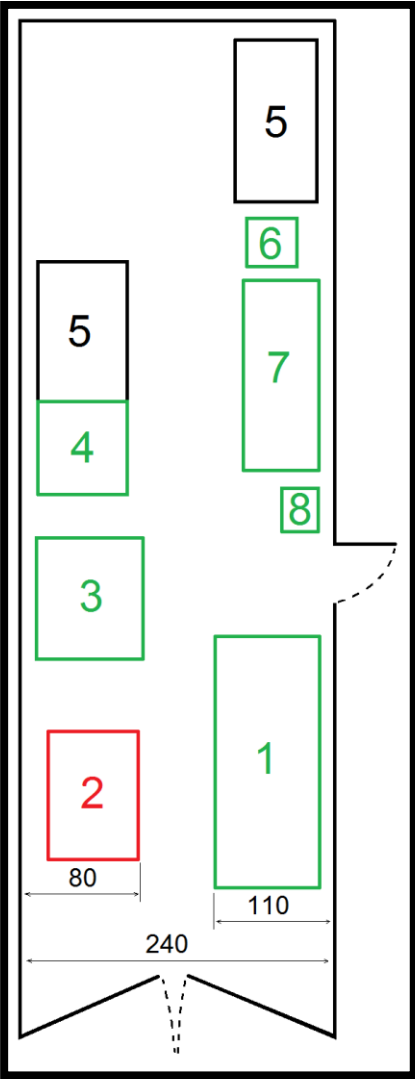
Figura 1-11. Máquina de soldar Telwin

1.2 **PROBLEMÁTICA**

En la empresa “Metalgall” existe una máquina limadora elaborada en la casa central de la Universidad técnica Federico Santa María, la cual llegó en el año 2012, proveniente de una maestranza desconocida, fue entregada al dueño del taller en parte de pago por un trabajo realizado a dicha maestranza. Debido a la baja demanda de trabajos específicos que se pueden realizar en la limadora, ésta estuvo sin usarse por casi 2 años, período en el cual no se tomó ninguna medida para proteger sus componentes de la corrosión provocada por el ambiente.

Dentro del primer semestre del año 2016, ha incrementado considerablemente la demanda de operaciones que pueden realizarse en la limadora, y por ello, se ha llegado a la necesidad de la puesta en marcha de ésta. Es aquí cuando se presenta el principal problema a solucionar en este trabajo de título, que la máquina limadora no se encuentra en un estado idóneo para poder funcionar. Ésta presenta dificultad en sus movimientos principales, tanto manuales como automáticos, y falta de elementos como el porta-herramienta y el trinquete junto con su biela impulsora, pertenecientes al sistema de avance automático. Debido a estos problemas, la limadora se encuentra inutilizable, obligando al dueño del taller a rechazar estos trabajos o derivarlos a maestranzas que si puedan realizarlos, lo que provoca pérdidas de clientela y ganancias.

Esta máquina ocupa un espacio físico de gran magnitud a la entrada del taller y, al estar sin funcionar, se convierte en un inconveniente que limita la comodidad del trabajo. Problema explicado a continuación.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1-12. Esquema de distribución de equipos en taller Metagall

En esta imagen se muestra la ubicación de cada activo físico dentro del taller. Siendo 1, el torno GEDEC; 2, la limadora estudiada; 3, el pantógrafo; 4, el taladro fresador; 5, las mesas de trabajo; 6, el taladro de pedestal; 7, el torno Tecnochina y 8, el esmeril de pedestal.

En ocasiones, llegan elementos de gran magnitud para ser mecanizados en el torno GEDEC, como por ejemplo, tubos de 4½ in de diámetro y de 3 a 6 metros de largo, los que deberían dejarse en el sector que ocupa la limadora, obligando a acomodarlos entre ésta ultima y el torno, entorpeciendo el tránsito y quitándole comodidad al dueño al momento de trabajar.

1.2.1 Cuantificación de ingresos no percibidos

Dentro de las máquinas herramienta mencionadas anteriormente se encuentra el taladro fresador, el cual se utilizó durante el periodo en el que la limadora estuvo inactiva para realizar los diversos trabajos requeridos. Al aumentar la demanda de dichos trabajos, fue necesario el uso de la máquina limadora a modo de respaldo, encontrándose con que estaba inutilizable por su mal estado, provocando su rechazo y derivación a otros talleres que sí puedan realizar estas operaciones. Al rechazar un trabajo, se pierde la posibilidad de recibir ingresos, lo que se conoce como costos de oportunidad. Estos costos se cuantificaron basados en los trabajos realizados a los cuales se le hicieron presupuesto y que el dueño de la empresa recordaba, ya que en este taller no existen archivos o registros de todas las tareas realizadas. Gracias a la ayuda de Don Claudio se logró confeccionar una tabla con las ganancias que pudo haber tenido el taller si la limadora estuviese activa, la que se muestra a continuación:

fecha	trabajo	detalles	cantidad	costo total
marzo-2015	cremallera	1.5 metros para portón	2	\$120.000
junio-2015	ranurado	cubo de 15 mm ³	26	\$130.000
septiembre-2015	canal chavetero	8 mm para eje de Ø60 mm	1	\$8.000
noviembre-2015	canal chavetero interior	8 mm para acople de motor de Ø60 mm	1	\$12.000
Diciembre-2015	ranurado	guía para tope en placa 159 mm 5x5 mm	5	\$50.000
Total costos de oportunidad				\$320.000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1-10. Costos de oportunidad de trabajos no realizados año 2015

fecha	trabajo	detalles	cantidad	costo total
enero-2016	tronzado	4 tiras de 5cm en placa de 20 cm ²	10	\$90.000
enero-2016	canal chavetero	8 mm para eje de volante Ø30 mm	3	\$24.000
febrero-2016	cremallera	1 metro para taladro	1	\$60.000
febrero-2016	rueda dentada	254 mm diámetro, 127 dientes	1	\$90.000
marzo-2016	perfilado	trapezoide 20x30 mm ángulo de 45° con hilo métrico 8	12	\$120.000
abril-2016	cremallera	250 mm alzadora de vidrio	8	\$200.000
junio-2016	planeado	cuchilla picadora de plástico 100 mm x 50 mm, 20 mm de espesor	16	\$480.000
julio-2016	canal chavetero	4 mm para eje polea Ø40 mm	2	\$25.000
julio-2016	ranurado exterior	tuerca 50 mm, 4 ranuras de 5 mm cada una	30	\$180.000
septiembre-2016	planeado	placa porta moldes 200x200 mm, 30 mm de espesor	3	\$180.000
octubre-2016	perfilado	T soporte de esparrago métrico 8 30x20 mm	10	\$80.000
Total costos de oportunidad				\$1.529.000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1-11. Costos de oportunidad por trabajos no realizados año 2016

Costos de oportunidad año 2015	\$320.000
Costos de oportunidad año 2016	\$1.529.000
Total de costos de oportunidad	\$1.849.000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1-12. Total de costos de oportunidad por ausencia de máquina limadora

1.3 LA MÁQUINA LIMADORA

1.3.1 Descripción

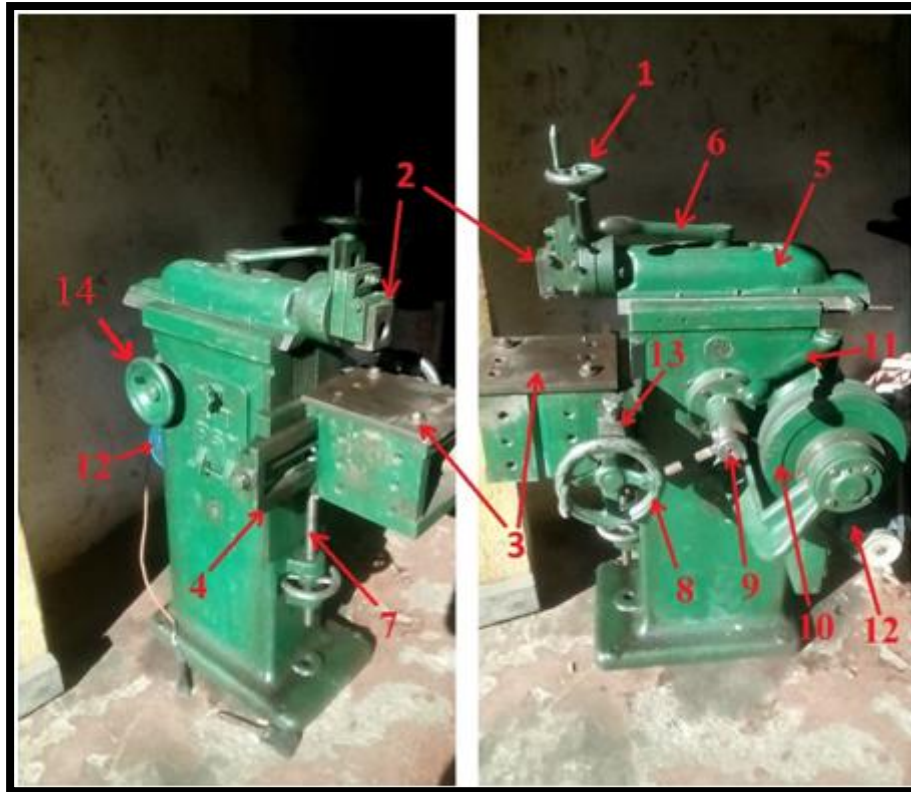
La Limadora es una máquina herramienta para el mecanizado de piezas por arranque de viruta. Mediante el movimiento lineal alternativo de la herramienta, se pueden mecanizar superficies horizontales y angulares.

La mesa que sujeta la pieza a mecanizar realiza un movimiento de avance transversal, que puede ser intermitente para realizar determinados trabajos, como la generación de una superficie plana o de ranuras equidistantes. Asimismo, también es posible desplazar verticalmente la herramienta o la mesa, para aumentar la profundidad de pasada.

En la limadora, la herramienta tiene un movimiento longitudinal principal y la mesa de trabajo tiene un movimiento transversal de avance intermitente, el cual puede ser manual o automático (para ver las diferencias con equipos similares ir a [Anexo B: Diferencias con otros equipos similares](#))

El movimiento principal, denominado generalmente como “pasada” consiste en un avance útil o activo, en el cual se arranca el material en forma de viruta, y uno de retroceso o retorno pasivo, el cual no arranca material.

1.3.2 Partes de la limadora



Fuente: Elaboración propia

Figura 1-13. Partes de la limadora, vista izquierda y derecha

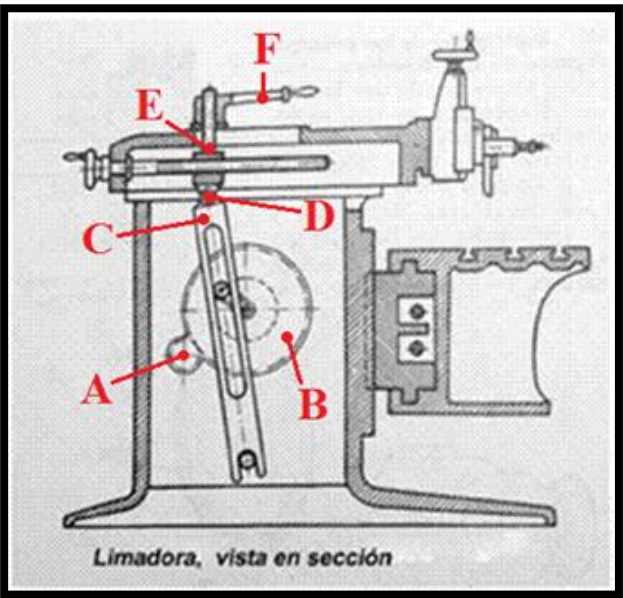
- 1.- Volante para bajar o subir el carro porta-herramientas
- 2.- Carro porta-herramientas
- 3.- Mesa de trabajo
- 4.- Guías de desplazamiento horizontal de la mesa
- 5.- Torpedo/carnero
- 6.- Palanca para fijar el carnero en una distancia seleccionada
- 7.- Husillo para el movimiento vertical de la mesa de trabajo
- 8.- Volante para movimiento manual horizontal de la mesa
- 9.- Tornillo para seleccionar recorrido del avance automático
- 10.- Polea conducida con embrague para accionamiento de los mecanismos interiores
- 11.- Palanca de embrague
- 12.- Motor
- 13.- Trinquete del avance automático
- 14.- Volante para accionamiento manual del movimiento principal

1.3.3 Partes principales

Las partes principales de la limadora, se distribuyen en: Cuerpo, Torpedo y Mesa.

El cuerpo o soporte general es donde están colocados los mecanismos de marcha-parada, la caja de velocidades y los mecanismos que regulan el movimiento alternativo del carnero.

El motor, añadido a la parte exterior del cuerpo, gira y, a través de una correa en V, comunica el movimiento a la polea conducida de tres canales, ésta lo transmite al eje “A”, el cual lleva un piñón de dos ruedas dentadas concéntricas y paralelas de distintos diámetros, el que sirven para cambiar la velocidad del carnero (velocidad baja y velocidad alta). Éste engrana con la rueda dentada de cambio de velocidades “B”, encontrada dentro del cuerpo, la que contiene el mecanismo que permite el movimiento excéntrico de la biela principal “C”. La parte superior de esta biela contiene el pasador “D”, el que se acopla a un elemento con su extremo roscado “E” que sirve para apretar el carnero con la ayuda de la palanca “F” que contiene un roscado interior. El lugar en la cual se aprieta esta palanca, determina la posición del recorrido del carnero sin alterarlo, esto significa que: si se aprieta la palanca en la parte trasera, el recorrido de 150 mm (por ejemplo), se posicionará apegado al cuerpo de la máquina; en caso contrario, si se aprieta en la parte delantera del carnero, el recorrido (de misma distancia) se ejecutará en la posición más alejada del cuerpo.

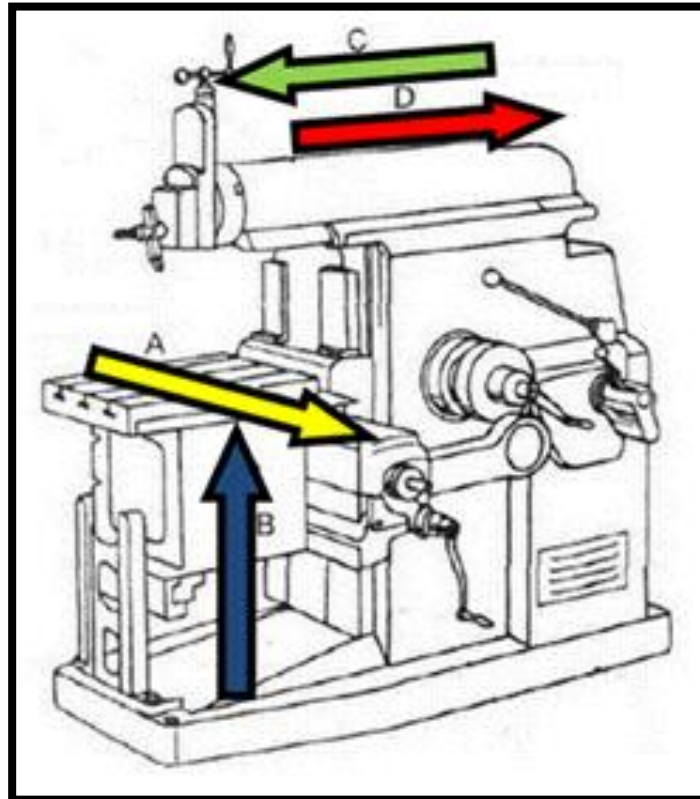


Fuente: Elaboración propia

Figura 1-14. Partes principales de la limadora, vista en sección

1.3.4 Movimientos

1.3.4.1 Movimientos principales

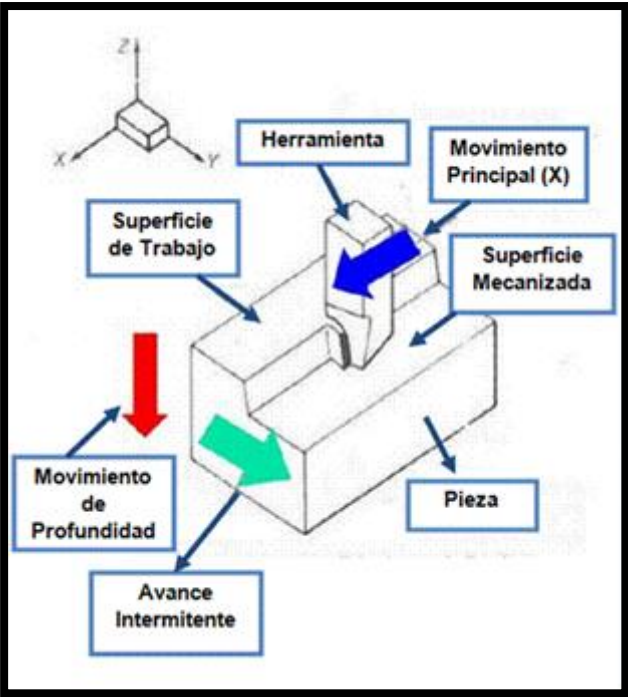


Fuente: http://www.tecnologia-tecnica.com.ar/limadora/index%20limadora_archivos/Page345.htm

Figura 1-15. Movimientos principales

- A: Movimiento transversal de la mesa
- B: Movimiento vertical de profundidad
- C: Movimiento de corte
- D: Movimiento de retorno

1.3.4.2 Movimientos de corte



Fuente: http://www.tecnologia-tecnica.com.ar/limadora/index%20limadora_archivos/Page345.htm

Figura 1-16. Movimientos en el corte

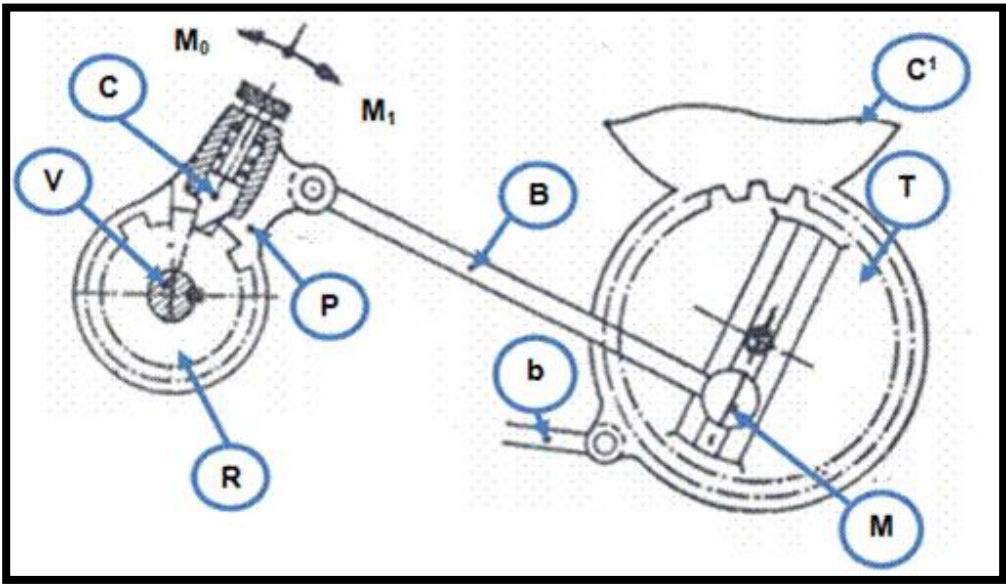
En el planeado de superficies horizontales, la maniobra del volante produce el descenso de la herramienta de corte, ejecutando el movimiento de penetración de ésta. La magnitud del valor específico del espesor de viruta se consigue mediante un tambor graduado con una resolución de 0,1 milímetros, el cual, permite una profundidad exacta en la pasada realizada.

Los avances manuales descendentes de la limadora son posiblemente la única operación en el cual el operador mantiene de manera constante la mano sobre el mando del avance de profundidad, debiendo accionarlo después de cada pasada. Por otra parte, la pieza a mecanizar se puede fijar a la mesa de trabajo gracias distintos mecanismos, como la escalerilla de sujeción junto a las mordazas desplazables a la altura, el tornillo mecánico de banco, el tornillo mecánico angular, el tornillo mecánico de base giratoria y el cabezal divisor.

1.3.4.3 Movimiento de avance

Además del movimiento vertical que puede definir el espesor de la viruta a sacar, la mesa posee un movimiento de traslación horizontal, que es perpendicular al eje de la máquina. Éste se puede realizar de forma manual por medio de la acción de un mando transversal por un tornillo sin fin, o en forma automática por medio de un mecanismo de avance. Éste último se activa en forma intermitente antes de cada carrera activa.

El mecanismo encontrado en la máquina limadora estudiada es de trinquete con disparador, presentado a continuación.



Fuente: http://www.tecnologia-tecnica.com.ar/limadora/index%20limadora_archivos/Page356.htm

Figura 1-17. Mecanismo de avance automático

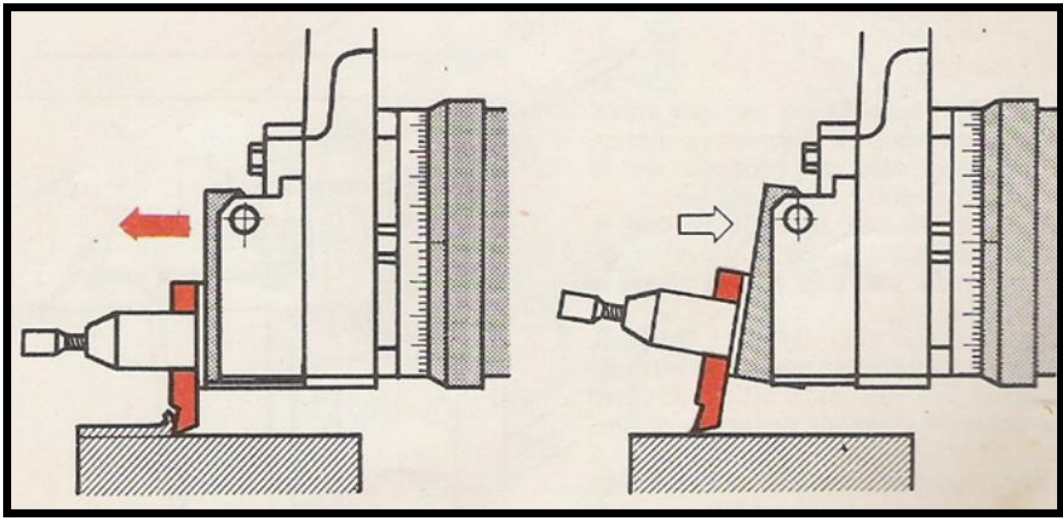
En este mecanismo, perteneciente a la limadora estudiada, la rueda ranurada “T” se mueve en conjunto a la rueda dentada de cambio de velocidades “B” (Figura 1-16), ya que estas comparten el mismo eje, con la diferencia de que la rueda “T” se encuentra fuera del cuerpo de la máquina. Ésta posee una guía, por la cual se mueve un tornillo ajustable “M”, quien, con la ayuda de la biela “B” transmite el movimiento oscilatorio al soporte “P”, el cual va acoplado al eje “V” con gran holgura, permitiendo su movimiento libre. En este soporte va acoplado el disparador, quien aloja en su interior a la cuña “C”, la cual engrana en la rueda dentada “R”, la que, gracias a una chaveta, transmite el movimiento rotatorio al eje “V” de la mesa de trabajo, en el que también se encuentra acoplado el volante de avance manual.

Para hacer variar la amplitud de oscilación del soporte “P”, y por ende, la magnitud del avance automático de la mesa, se debe desplazar el tornillo “M” a través de la canal de la rueda “T”. En caso de que el tornillo se posiciona en el centro de la rueda “T”, el avance automático va a ser nulo.

Para invertir el sentido de avance de la mesa, se debe tirar hacia arriba el disparador “C” para luego girar media vuelta la perilla encontrada en la parte superior, éste volverá a operar en el engranaje “R” gracias al resorte encontrado en el interior del mecanismo del disparador. Para poder desactivar el avance automático, se debe repetir el paso anterior, con la única diferencia de que la perilla el disparador debe girar un cuarto de vuelta, haciéndola encajar en la ranura perpendicular.

1.3.5 Principio de funcionamiento

El movimiento de corte que realiza la herramienta se divide en dos fases: La carrera de trabajo, en la que se desprende material, y la carrera de retroceso en la que no desprende material.



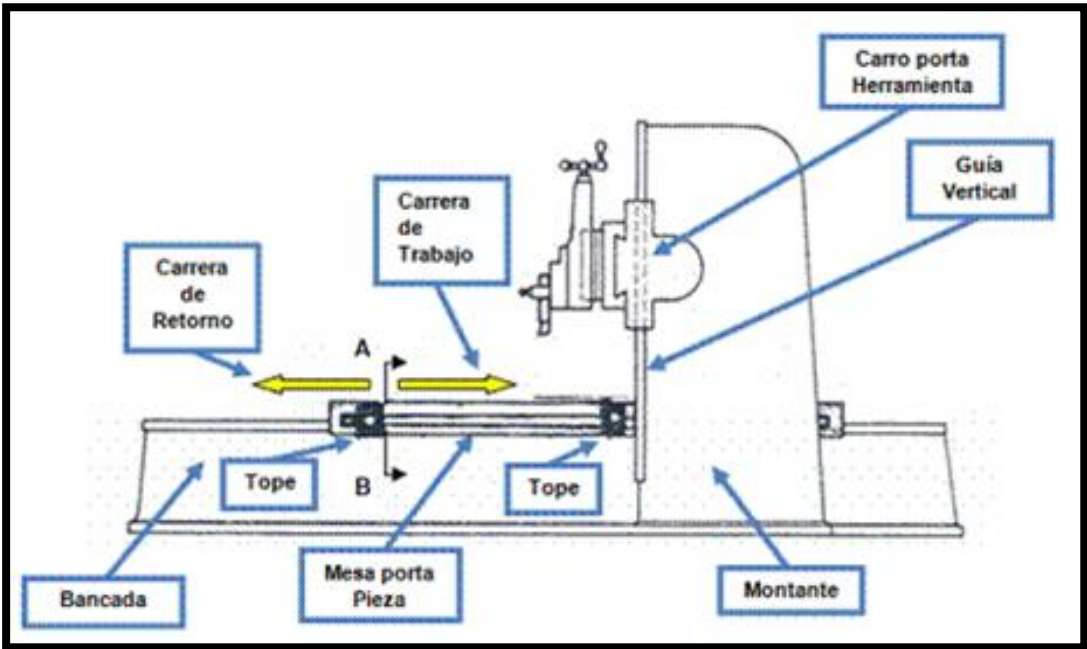
Fuente: <http://slideplayer.es/slide/30517/>

Figura 1-18. Carrera de trabajo y carrera de retroceso

Durante la carrera de trabajo, el carnero avanza hasta alcanzar la velocidad de trabajo para luego, al final del recorrido, frenar hasta el reposo. La carrera de retroceso empieza con velocidad inicial nula hasta llegar a la velocidad que se mantiene durante cierto tiempo, para alcanzar, finalmente, el reposo después de un breve periodo de frenado.

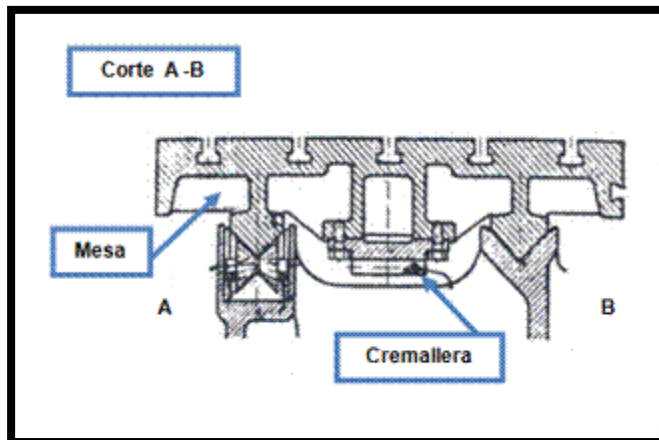
El movimiento rectilíneo alternativo del torpedo resulta de la transformación de un movimiento circular, que se puede conseguir mediante los siguientes mecanismos:

- A) Mecanismo de piñón y cremallera: La rotación del eje motor a través de un engranaje es comunicado a un tren de ruedas dentadas, la última de las cuales engrana con una cremallera solidaria a la mesa.



Fuente: http://www.tecnologia-tecnica.com.ar/limadora/index%20limadora_archivos/Page356.htm

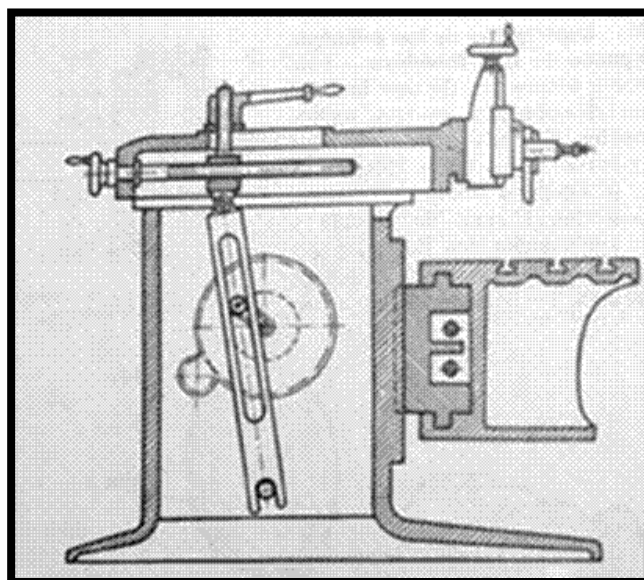
Figura 1-19. Esquema de mecanismo piñón cremallera.



Fuente: http://www.tecnologia-tecnica.com.ar/limadora/index%20limadora_archivos/Page356.htm

Figura 1-20. Mesa vista en corte.

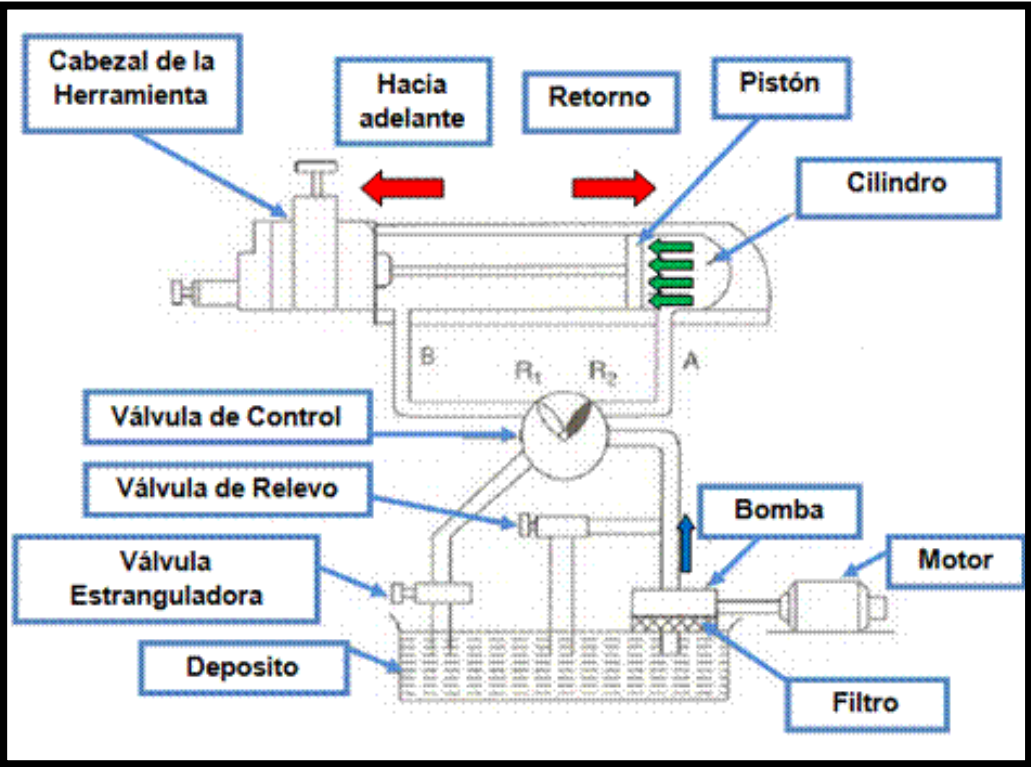
- B) Mecanismo de biela y manivela: Consiste en una rueda dentada cuya rotación es dada por sobre el eje motor de un plato manivela y una biela con un muñón desplazable en forma radial, con el fin de variar la carrera del torpedo.



Fuente: http://www.tecnologia-tecnica.com.ar/limadora/index%20limadora_archivos/Page356.htm

Figura 1-21. Esquema de mecanismo de biela y manivela

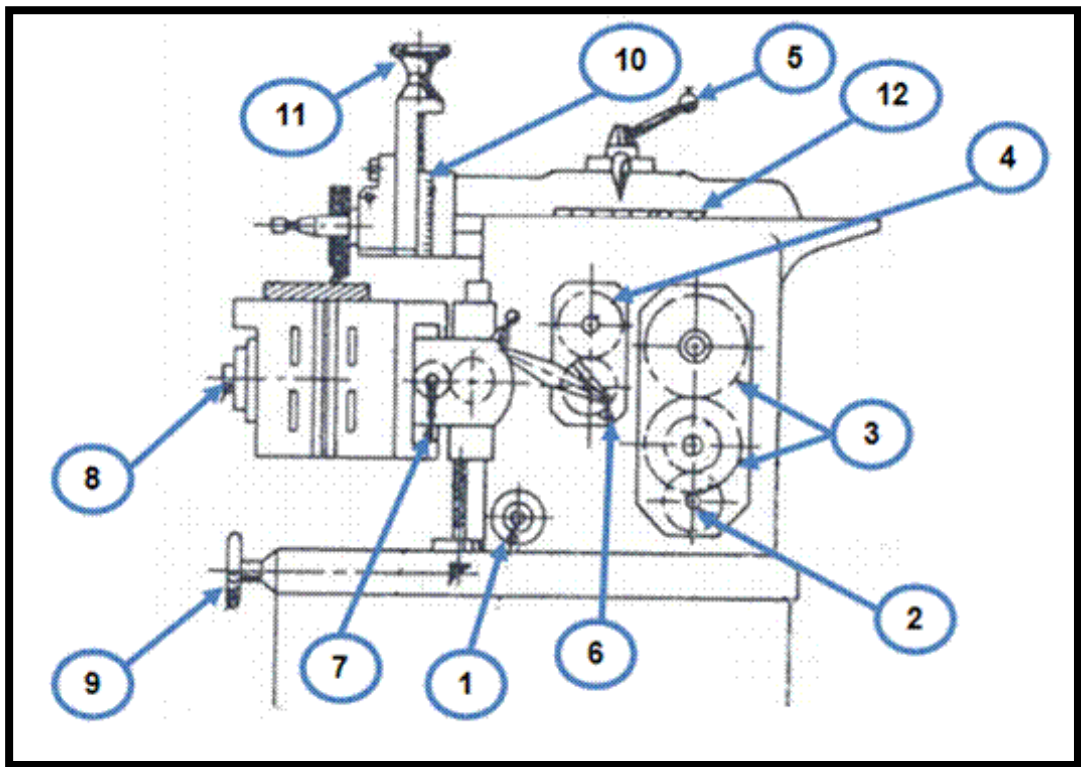
- C) Mecanismo hidráulico: El funcionamiento de las limadoras hidráulicas se basa en bombas inyectoras de aceite en un cilindro, y en válvulas que abren y cierran en momentos determinados. Dentro del cilindro, un pistón solidario al torpedo que se halla ubicado entre las guías del mismo es el que produce el movimiento rectilíneo alternativo.



Fuente: http://www.tecnologia-tecnica.com.ar/limadora/index%20limadora_archivos/Page356.htm

Figura 1-22. Esquema de mecanismo hidráulico.

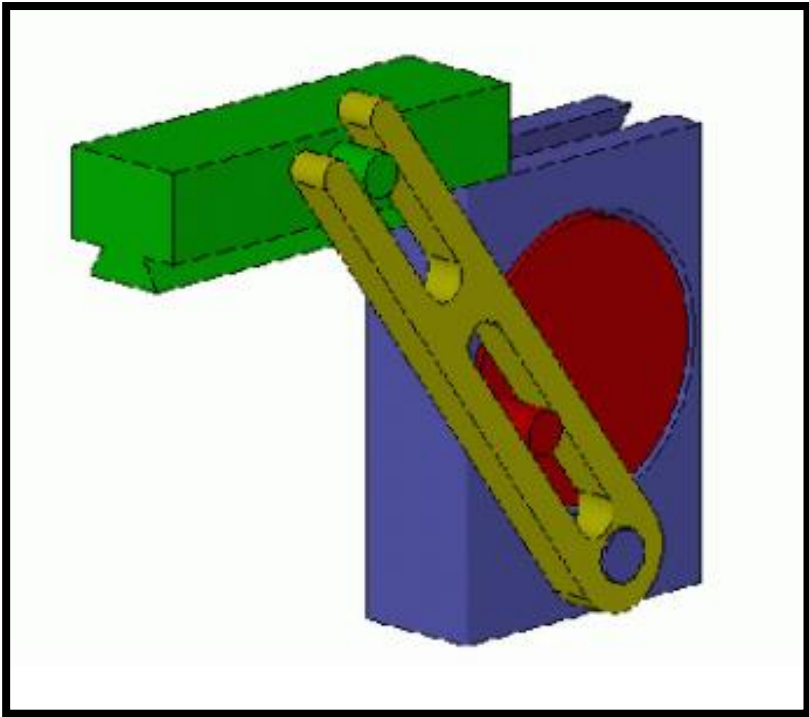
- D) Mecanismo de manivela y biela oscilante: Consta de un plato manivela que gira con un movimiento uniforme transmitido a través de un tren de engranajes que constituyen la caja de velocidades y de una biela oscilante con una abertura corredera por donde se desplaza un “dado” o un buje de bronce solidario al muñón del plato manivela en forma radial



Fuente: http://www.tecnologia-tecnica.com.ar/limadora/index%20limadora_archivos/Page356.htm

Figura 1-23. Esquema de mecanismo de manivela y biela oscilante.

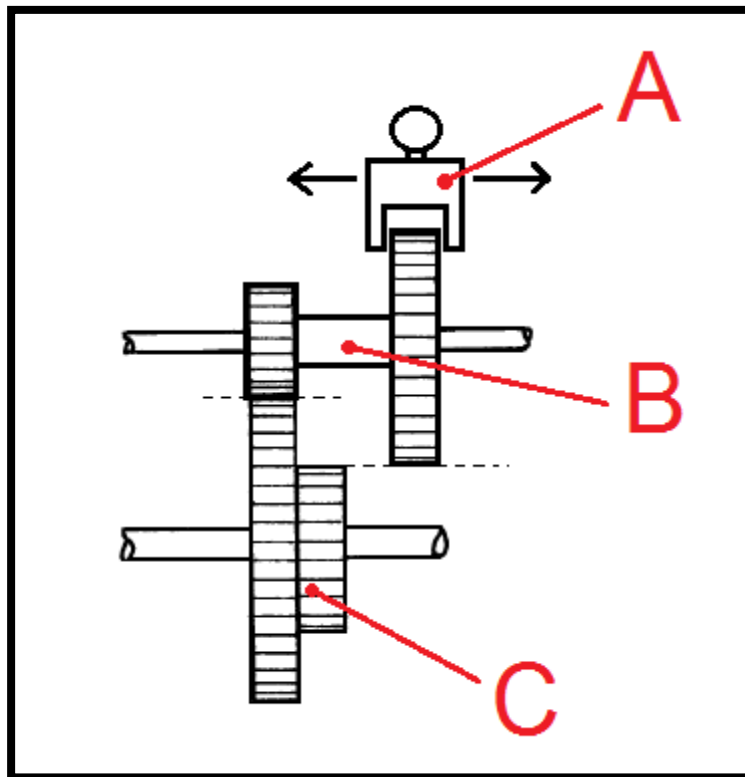
La limadora estudiada en el presente trabajo de título posee una rueda dentada doble en su interior, ésta, en la rueda de mayor diámetro, tiene en su cara un muñón desplazable, cumpliendo la función de plato excéntrico y provocando el movimiento oscilante de la biela solidaria al carnero.



Fuente: http://www.tecnologia-tecnica.com.ar/limadora/index%20limadora_archivos/Page356.htm

Figura 1-24. Modelo de mecanismo de biela y plato excéntrico

Esta rueda dentada (sector rojo de la ilustración) posee dos diámetros, por ende también posee dos velocidades (alta y baja). Para cambiar de una velocidad a otra, la limadora, en su parte posterior, tiene una palanca situada en el exterior del cuerpo. Ésta mueve a un piñón doble que posee en sus extremos dos ruedas dentadas de distintos diámetros

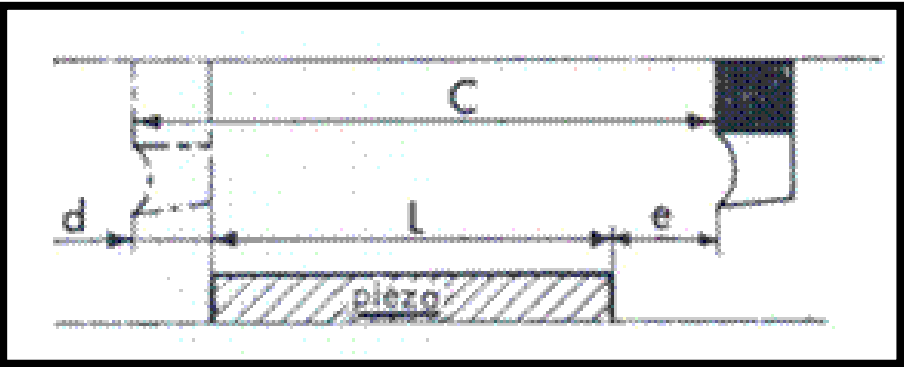


Fuente: Elaboración propia

Figura 1-25. Esquema cambio de velocidades

La palanca de cambio de velocidades “A” mueve al piñón doble “B”, el cual engrana con la rueda dentada doble “C”, haciéndolo girar a velocidades distintas según la posición de la palanca. Dichas velocidades son 155.3 rpm (velocidad alta) y 70.4 rpm (velocidad baja) respectivamente (cálculo de velocidades se encuentra en [Anexo E: Relación de transmisión de ruedas dentadas](#))

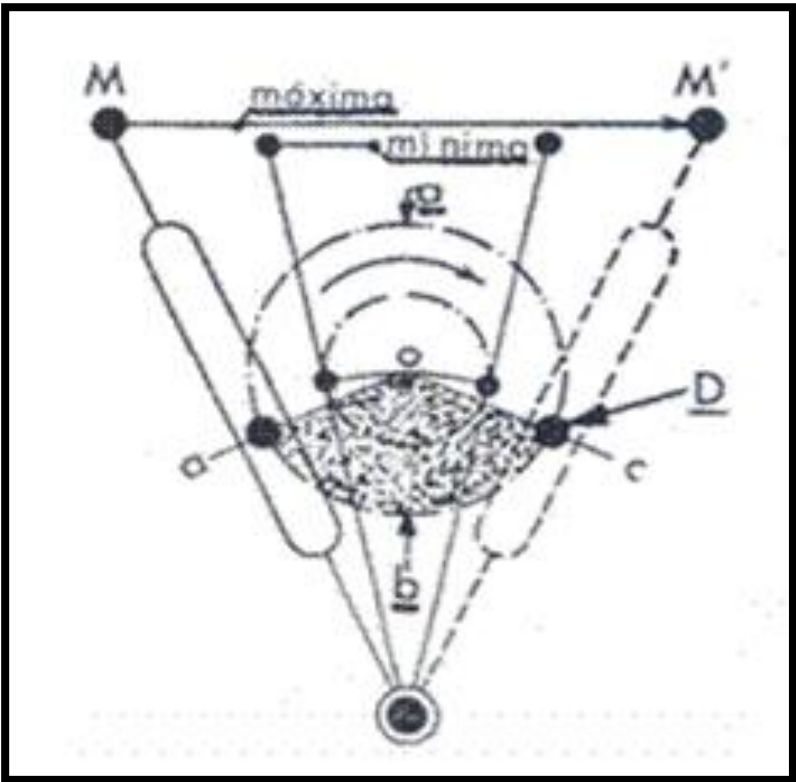
Existe un inconveniente en la limadora, que es el “tiempo perdido” que produce el movimiento de retorno cuando no arranca viruta, haciendo que la máquina ocupe aproximadamente el 50% de la energía empleada por el motor. Esto se traduce en una desventaja para el rendimiento productivo de la máquina. Este tiempo perdido no solo se encuentra en el movimiento de retorno, sino que también existen tiempos inactivos en la carrera activa, ya que la longitud de ésta debe ser igual a la longitud de la pieza a mecanizar más una distancia sin carga, necesaria para la entrada y la salida de la herramienta a ambos extremos. Estas longitudes de carrera excedentes se denominan ante-carrera “e” y sobre-carrera “d” ([Figura 1-25](#)).



http://www.tecnologia-tecnica.com.ar/limadora/index%20limadora_archivos/Page356.htm

Figura 1-26. Ante carrera y sobre carrera de una pasada

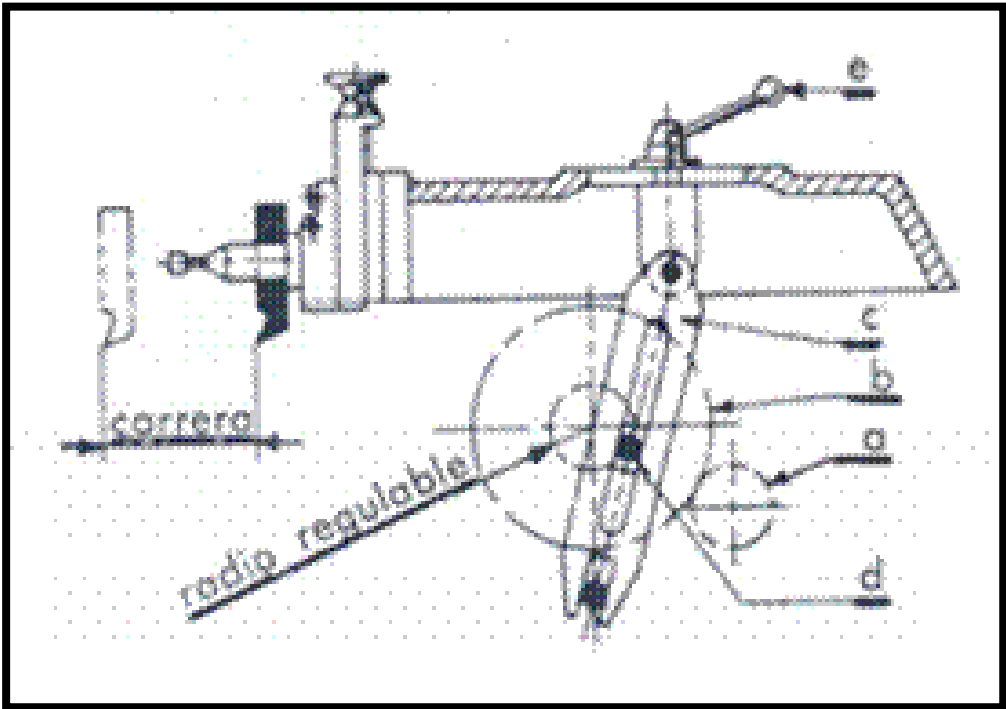
Es necesario que la ante-carrera sea mayor que la sobre-carrera, para permitir que el avance, que tiene lugar en la entrada de la herramienta, se efectúe antes que la misma vuelva a tomar contacto con la pieza en la próxima pasada; por ello es necesario también, que el movimiento lateral de la mesa que determina el avance, suceda al final de la carrera de retorno.



Fuente: http://www.tecnologia-tecnica.com.ar/limadora/index%20limadora_archivos/Page356.htm

Figura 1-27. Esquema de regulación carrera del carnero

Para regular la longitud de la carrera, se debe posicionar el muñón regulable “d” de movimiento radial en la canal de la biela “c” según la longitud de la pieza a mecanizar. Si se necesita una carrera corta, se debe posicionar lo más cercano al centro de la rueda dentada principal “b”, la que es impulsada por las ruedas dentadas del piñón doble de cambio de velocidad “a”; por contrario, si se requiere de una carrera más amplia, se debe posicionar el muñón “d” más alejado radialmente del centro de la rueda dentada principal “b”.



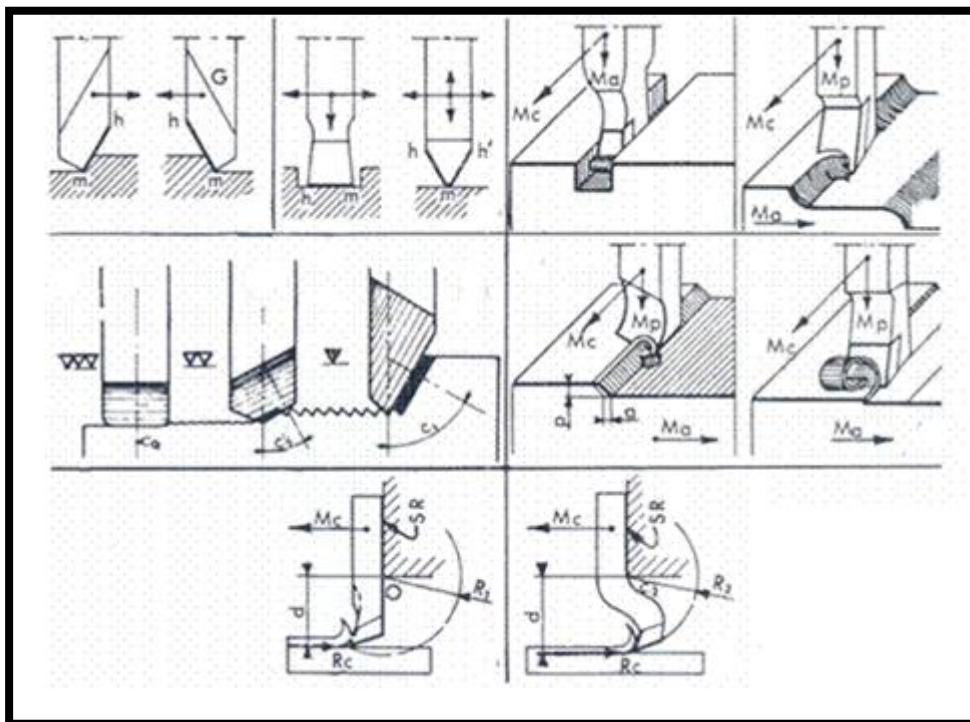
Fuente: http://www.tecnologia-tecnica.com.ar/limadora/index%20limadora_archivos/Page356.htm

Figura 1-28. Regulación de carrera del carnero

1.3.6 Operaciones principales

Las principales operaciones del limado, dependen netamente de la forma y el tipo de herramienta de corte que se utilice, la cual tiene sólo un ángulo de filo. Entre estas podemos encontrar:

- Planeado, operación desbaste
- Planeado final, operación de acabado de superficies planas
- Acanalado y ranurado, operación de desbaste en canales y ranuras
- Troceado, operación de dividir en trozos
- Perfilado, operación de desbaste o acabado en superficies perfiladas, de generatrices rectilíneas

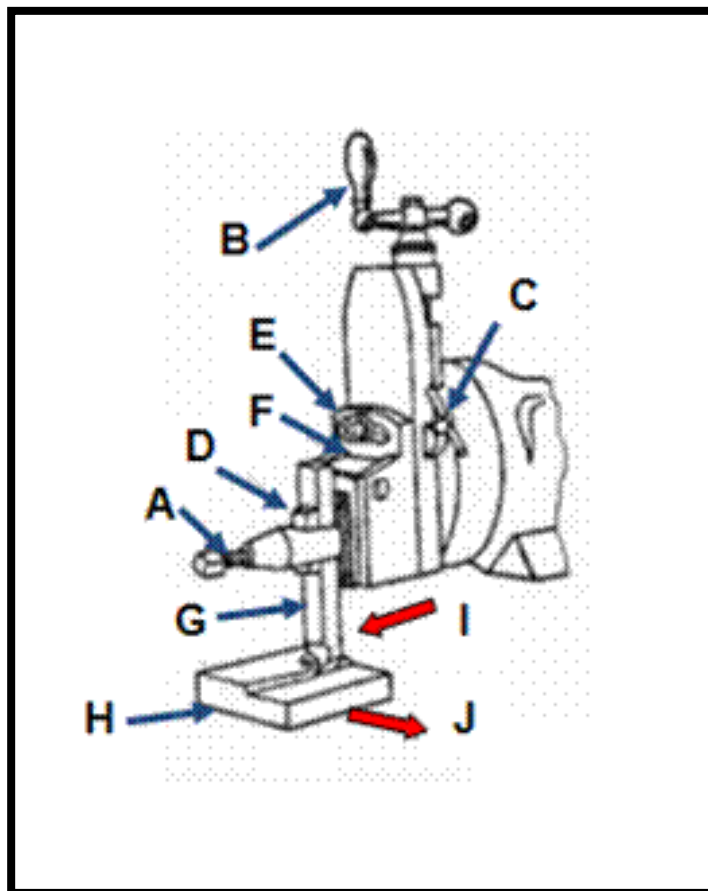


Fuente: http://www.tecnologia-tecnica.com.ar/limadora/index%20limadora_archivos/Page345.htm

Figura 1-29. Operaciones de limado

1.3.7 Arranque de viruta

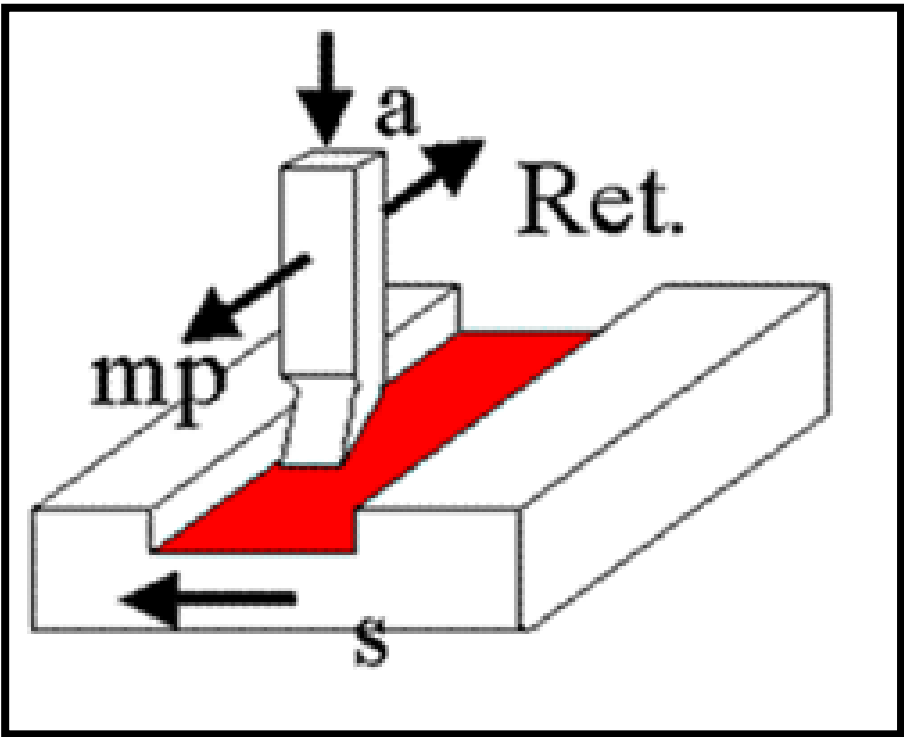
En la siguiente figura se muestra el arranque de viruta de una pieza en un proceso de limado horizontal, en ésta se indica la forma en la que se sujeta la herramienta al cabezal mediante el tornillo de apriete “A”. La profundidad del corte se rige mediante el movimiento del volante de desplazamiento vertical “B”, ésta se puede dejar fijo mediante la traba de apriete “C”. La herramienta “G” puede desplazarse angularmente gracias al tornillo “E”. En la carrera de retroceso, la placa “F”, que sujeta la herramienta, se levanta gracias a un pasador en su parte superior, evitando que desprenda material en la pieza “H”. Red arrows I and J indicate the forward and return strokes of the workpiece.



Fuente: http://www.tecnologia-tecnica.com.ar/limadora/index%20limadora_archivos/Page365.htm

Figura 1-30. Partes porta herramienta

El movimiento de avance activo “I” lo produce el carnero, impulsado por los mecanismos interiores; mientras que el movimiento “J” lo proporciona la mesa de trabajo por medio de un dispositivo llamado trinquete, el cual, durante la carrera de trabajo de la herramienta, no se mueve, pero al retroceso sí.



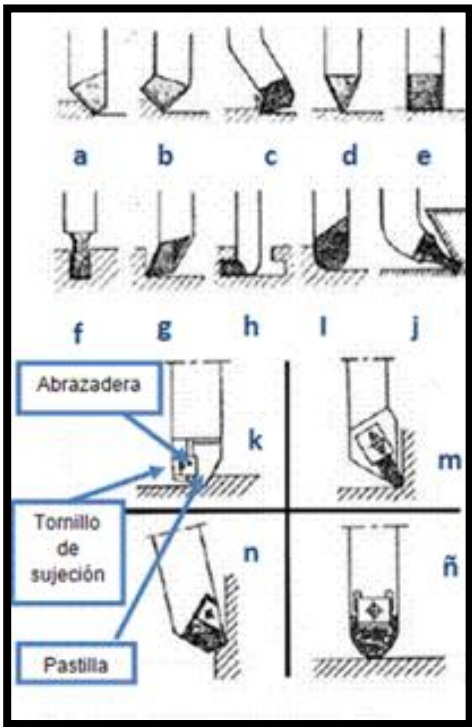
Fuente: http://www.tecnologia-tecnica.com.ar/limadora/index%20limadora_archivos/Page365.htm

Figura 1-31. Ilustración movimientos de corte

- Mp: Movimiento principal
- S: Movimiento de avance
- Ret: Movimiento de retorno
- A: Movimiento de penetración

1.3.8 Herramientas de corte

Las herramientas de corte empleadas son de monofilo, similares a las ocupadas en el torno. El material de estas es generalmente acero rápido o carburo metálico. Se debe tener la precaución de que la sujeción de la herramienta tiene que ser lo más corta posible para evitar que se flexione. Se utilizan dos tipos de herramientas ya que este proceso de mecanizado permite hacer dos tipos de trabajos: desbaste y afinado o acabado.



Fuente: http://www.tecnologia-tecnica.com.ar/limadora/index%20limadora_archivos/Page365.htm

Figura 1-32. Imágenes de herramientas de corte

Caso	Tipo de Herramienta
a	Herramienta de devastar superficies horizontales, Izquierda o Derecha
b	Herramienta de devastar superficies horizontales, acodada, de corte Izquierdo o Derecho
c/e	Herramienta de Afinar, en punta para perfilar. Herramienta de Afinar, forma pala, para superficies Planas
f	Herramienta de tronzar, acanalar o ranurar
g	Herramienta de corte lateral y para ejecución de ángulos vivos
h	Herramienta de Ranurar, de gancho, para ranuras en "T"
i	Herramienta para ejecución de redondamientos
j	Herramienta para ejecución de desahogos en ranurados - guidores
k/n	Herramienta de Metal Duro (MD) y pastillas de Carburo Metálicos de características Análogas

Fuente: http://www.tecnologia-tecnica.com.ar/limadora/index%20limadora_archivos/Page365.htm

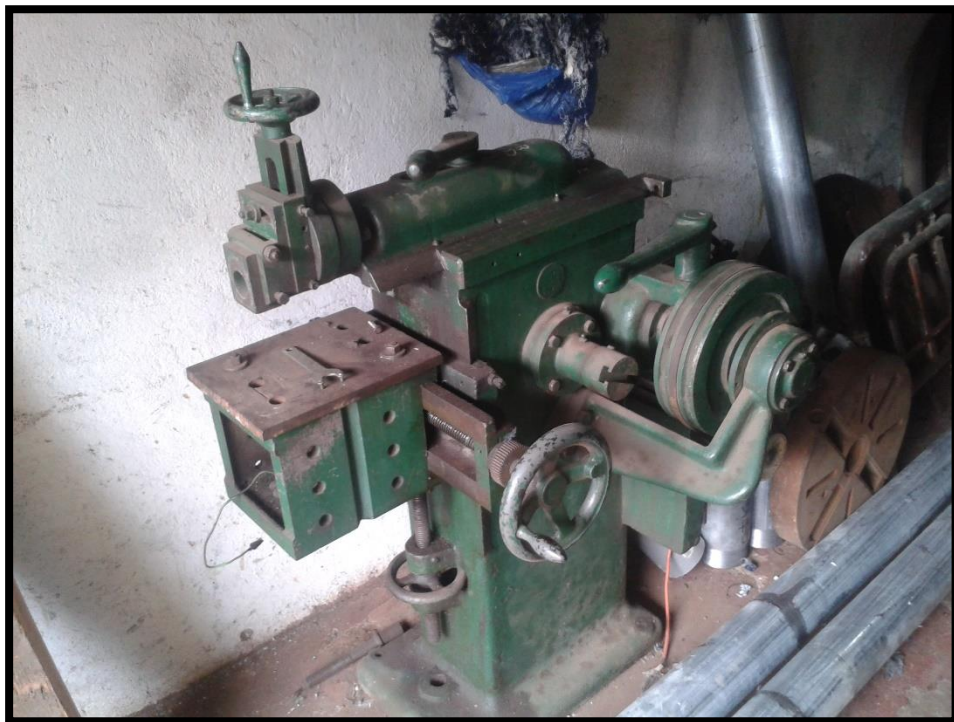
Tabla 1-13. Tipo de herramientas de corte

CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO DEL EQUIPO

2 DIAGNÓSTICO DEL EQUIPO

2.1 INSPECCIÓN VISUAL

Generalmente, antes de cualquier reparación, se debe analizar el componente o equipo a reparar para poder verificar su estado actual, en nuestro caso, se realizó una inspección visual en la parte exterior de la limadora antes de proceder a desarmar la máquina. En esta inspección se pudo observar la falta de un interruptor de encendido/apagado, provocando que la máquina empiece a funcionar cuando se enchufa a la corriente. También se pudo observar la falta de dos componentes esenciales para el proceso de mecanizado, los que son el sistema de avance automático de la mesa y el portaherramientas. Además se observó la presencia de óxido en las guías por donde se mueve la mesa de trabajo y en las del carnero.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 25/08/2016

Figura 2-1. Estado inicial limadora

2.2 ANÁLISIS DE COMPONENTES

Posterior a la inspección visual, se procedió a desarmar cada componente de la máquina siguiendo un orden establecido (siguiendo el recorrido de la energía transmitida, partiendo por el motor, luego, por los mecanismos de engranajes interiores, para finalizar con el carnero) con el fin de analizar cada componente y detectar si existe algún problema para poder plantear posibles soluciones.

2.2.1 Motor

El motor eléctrico encontrado en la limadora es un Taurus Motor de inducción monofásico MEC 802-4 de 1 HP de potencia y 1380 rpm, el cual, se encuentra en buen estado, excepto por su cable, el que no cuenta con un interruptor de encendido/apagado y además, está cortado, unido solamente de los cables interiores, faltante de huincha aisladora. Además se encontró la falta de dos pernos que sujetan al motor con la placa móvil, la cual sirve para tensar la correa que va del motor a la polea de tres canales.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 22/09/2016

Figura 2-2. Estado inicial enchufe

Dado estos problemas, se presentaron posibles soluciones: para poder arreglar el cable del enchufe, se puede comprar un cable nuevo que contenga un interruptor y un enchufe, y luego añadirlo al motor, como también se puede comprar solamente el interruptor y agregarlo al cable en el sector donde están expuestos los alambres de cobre. El problema de este último es que el cable resultante sería de solamente 700 mm, siendo necesario un alargador para poder enchufarlo.

Para poder solucionar el problema de los pernos faltantes, se puede, simplemente comprar los dos pernos que faltan, junto con sus respectivas tuercas, como también, se pueden confeccionar los pernos y las tuercas con materiales encontrados dentro del taller.

2.2.2 Sistema de embrague

Para poder analizar este mecanismo, se tuvo que desarmar primero. Partiendo por el brazo que sostiene todo el conjunto, en el cual se asienta uno de los rodamientos del eje el sistema de velocidades, encontrándose totalmente sucio producto del óxido y la grasa descompuesta.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 22/09/2016

Figura 2-3. Estado inicial rodamiento del sistema de velocidades

El movimiento de este rodamiento se ve trancado por la suciedad y el óxido, los que se pueden eliminar dejando este componente en un recipiente con líquido limpiador de metales, o se puede reemplazar por uno nuevo.

Se extrajo la tuerca redonda de cuatro ranuras con gran dificultad (debido al mal estado de las ranuras donde calza la llave de media luna) y con ella el brazo, y se encontró con que al buje que sostiene la polea de tres canales se le había desprendido un trozo de material en la parte del diámetro menor en la cual va un pasador cónico.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 22/09/2016

Figura 2-4. Trozo de material desprendido del buje



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 22/09/2016

Figura 2-5. Buje del sistema de embrague en su estado inicial

Para arreglar este buje se puede rellenar el espacio de material faltante con soldadura, para luego, mecanizarlo en el torno y dejarlo a las medidas iniciales. También se puede confeccionar uno similar de mismas dimensiones con material encontrado dentro del taller.

Las ranuras de la tuerca pueden ser limadas hasta que tengan la forma adecuada, o simplemente, comprar una nueva de similares características.

Al desarmar todo el conjunto del sistema de embrague, se notó la presencia de óxido en las superficies de las tapas, en el interior y exterior del anillo con agujeros para el pasador cónico, en el interior de la polea de tres vías y en la superficie del tambor cónico que hace contacto con este último.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 22/09/2016

Figura 2-6. Desarme sistema de embrague



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 22/09/2016

Figura 2-7. Estado inicial tambor de embrague

Para poder limpiar estos componentes, se deben lavar con un químico contra la corrosión para luego remover el óxido con papel abrasivo para metal de 320 granos.

La palanca que activa este sistema (apretando o separando al tambor cónico de la polea de tres vías), tiene un pivote cilíndrico excéntrico al eje de la palanca, el cual se encontraba desviado 10° con respecto a la base del pivote, producto de esfuerzos elevados.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 22/09/2016

Figura 2-8. Estado inicial palanca de embrague

Éste puede ser removido, para poder añadir otro previamente confeccionado con material encontrado dentro del taller, sin embargo, puede ser arreglado sin necesidad de ser extraído cortándolo. Una posibilidad es dejarlo derecho golpeándolo con una maza o agregándole material con soldadura al sector del pivote que hace contacto con el buje del tambor para poder acoplar o desacoplar el embrague.

2.2.3 Mecanismo de cambio de velocidades

Para poder desarmar y analizar este mecanismo parte por parte, se tuvo que extraer el sistema interior, sacando la rueda dentada y la biela principal, junto con el carnero.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 22/09/2016

Figura 2-9. Desarme mecanismo de cambio de velocidades

Los elementos de este mecanismo se encontraron en buenas condiciones, excepto por el óxido y la grasa sucia que se hallaba en cada uno de ellos, provocando una dificultad al momento de manipular la manilla para cambiar manualmente la velocidad del carnero.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 22/09/2016

Figura 2-10. Despiece mecanismo de cambio de velocidades



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 22/09/2016

Figura 2-11. Estado inicial piñón de cambio de velocidades

Los componentes sucios con grasa deben ser limpiados con algún disolvente y los componentes con presencia de óxido se deben lavar con químico anti corrosivo para luego lijar con papel abrasivo para metales de grano fino si es que el líquido no remueve el óxido en su totalidad.

2.2.4 Mecanismo de rueda dentada excéntrica y biela oscilante

Al remover este conjunto minuciosamente, debido al elevado peso de la rueda dentada doble y de la biela principal, se detectó la presencia de óxido en el eje, en el cojinete liso, en la parte interior y exterior de la tapa, y de grasa sucia en el buje liso de bronce solidario al muñón desplazable.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 22/09/2016

Figura 2-12. Elementos interiores mecanismo de planto excéntrico y biela oscilante

Para poder limpiar estos componentes, es necesario el uso de un químico anti corrosión y de una tela abrasiva para metales.

La biela oscilante se encontraba en excelente estado, sin embargo, en la rueda dentada principal se le observó la ausencia de tres dientes y el pésimo estado de uno.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 02/09/2016

Figura 2-13. Sector dientes faltantes



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 02/09/2016

Figura 2-14. Dientes faltantes en rueda dentada mayor

Para arreglar el problema en el engranaje entre ruedas dentadas, causado por la falta de estos dientes, se puede fabricar una rueda dentada de similares características (diámetro, número de dientes y la canal para el muñón desplazable) con materiales y maquinaria encontrada dentro del taller y reemplazarla por la rueda dentada atrofiada. Como también se puede rellenar estos dientes faltantes con una soldadura del mismo material de la rueda, para luego mecanizarla y darle la forma a nuevos dientes.

2.2.5 Carnero

Al extraer el carnero, se descubrió la presencia de óxido y aceite sucio tanto en la cola de milano fija de la limadora como en la guías del torpedo. También, que hacían falta la mayoría de las graseras para la lubricación de estas guías.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 02/09/2016

Figura 2-15. Desarmado de carnero

Para la limpieza de las superficies en las cuales se mueve el carnero, se debe quitar el óxido con un químico anti corrosión y/o lijar con papel abrasivo para metales si es que el líquido no remueve el óxido en su totalidad. Además, para integrar las graseras faltantes, se pueden fabricar con materiales y maquinaria encontrada en el taller, o simplemente comprarlas.

Al momento de desarmar el carro porta herramienta se detectó la presencia de óxido en las guías por donde se desplaza éste y de grasa sucia en el tornillo sin fin que se conecta al volante que determina la profundidad de corte. Cabe agregar el mal estado de dos de tres de las perforaciones con roscado interior donde van los pernos que sostienen al carro porta herramienta para una profundidad de corte constante. También la ausencia de dos de los pernos mencionados anteriormente y el mal estado del roscado que conecta al tornillo sin fin con respectivo volante.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 22/09/2016

Figura 2-16. Extracción carro porta herramientas.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 22/09/2016

Figura 2-17. Desarmado de carro porta herramientas.

Estas superficies, a las cuales se les detectó la presencia de óxido, deberán ser limpiadas con un químico anti corrosión y con papel abrasivo para metales. Para poder arreglar las perforaciones con roscado interior, se deben medir el diámetro y el paso, para poder ser repasados con un juego de machos correspondiente. De este mismo modo, se puede repasar el roscado del extremo del tornillo sin fin, solo que en este caso, se debe emplear una terraja para hilos exteriores.

2.2.6 Mesa de trabajo

Para poder analizar los componentes móviles de la mesa de trabajo, se tuvo que desarmar cuidadosamente debido al gran peso de ésta. Primero, se extrajo el tornillo sin fin, detectando una gran cantidad de grasa sucia en el hilo de éste y la presencia de óxido en la rueda dentada solidaria al eje del volante. Esto era el principal motivo por el cual, el movimiento manual de la mesa resultaba dificultoso.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 22/09/2016

Figura 2-18. Desarme mesa de trabajo

Luego, se sacó cuidadosamente la mesa móvil de trabajo y el muñón de bronce que provoca el movimiento de ésta, detectando una gran cantidad de grasa descompuesta y sucia en el muñón de bronce, y la presencia de óxido en las guías de la mesa móvil, sumando otro motivo por el cual resultaba difícil manipular la mesa de forma manual.

Dichos componentes, se deben limpiar cuidadosamente, haciendo uso de un químico líquido anti corrosión y/o utilizando una tela abrasiva para metales con el fin de remover el óxido de sus superficies.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 22/09/2016

Figura 2-19. Extracción mesa de trabajo

Al momento de analizarlos afuera, se divisó el mal estado de los agujeros roscados y de los hilos en los pernos que juntan al muñón con la mesa de trabajo.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 22/09/2016

Figura 2-20. Estado inicial muñón de desplazamiento

Para que estos pernos sean utilizados sin el peligro de que se deformen o que deterioren al muñón de bronce, se les puede repasar su hilo exterior con una terraja con sus mismas medidas o, simplemente se pueden comprar unos nuevos.

Luego se desarmó el husillo para el movimiento vertical de la mesa, en el cual se observó una gran cantidad de suciedad en la grasa que tenía la parte interior del volante y una elevada presencia de óxido en el hilo del tornillo sin fin. Éstos eran los principales culpables de que el volante causara una resistencia al momento de manipularlo manualmente.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 22/09/2016

Figura 2-21. Desarme mecanismo de movimiento vertical de la mesa de trabajo

Para poder solucionar esto y que el volante gire sin problemas, se debe remover toda la grasa sucia y todo el óxido de sus superficies con un líquido anti corrosión y utilizando papel abrasivo para metales.

CAPÍTULO 3: INTERVENCIÓN DE EQUIPO

3 **INTERVENCIÓN DE EQUIPO**

3.1 **REPARACIÓN DE COMPONENTES**

Luego de inspeccionar cada elemento de los distintos mecanismos encontrados en la máquina limadora, se presentaron posibles soluciones a cada uno de los problemas detectados a dichos elementos. El criterio utilizado para seleccionar una solución y llevarla a cabo, dependerá de su costo, si es que habrá que comprar un repuesto; de la disponibilidad de material, herramientas o equipos en caso de tener que fabricar o arreglar una pieza en mal estado; y por último, del tiempo que requerirá fabricar un elemento, arreglarlo o realizar los pasos para poder adquirir un repuesto (buscar por catálogo, encontrar una tienda adecuada, cotizar y comprar).

Para ordenar las posibles soluciones a los problemas encontrados en el capítulo anterior, se generó una tabla resumen a fin de servir de apoyo a la hora de intervenir en los elementos que presentaron algún inconveniente.

Sector	Problema	Posibles soluciones
Motor	Enchufe en mal estado	-Reponer -Agregar interruptor
	Ausencia de pernos	-Fabricar -Comprar pernos nuevos
Sistema de embrague	Rodamiento oxidado	-Limpiar -Comprar uno nuevo
	Mal estado de ranuras de la tuerca	-Comprar una nueva -Reparar en el taller
	Buje roto	-Rellenar con soldadura y torneear -Fabricar uno -Comprar uno nuevo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-1. Posible soluciones parte 1

Sector	Problema	Posibles soluciones
Sistema de embrague	Tapas, anillo con agujeros para el pasador cónico, polea de tres vías y tambor cónico con presencia de óxido.	-Remover óxido con químico anticorrosivo -Remover óxido con papel abrasivo para metales
	Pivote excéntrico de la palanca deformado	-Extraer y añadir uno nuevo -Doblar y añadir soldadura
Mecanismo de cambio de velocidades	Piñón con grasa sucia	-Limpiar con solvente
	Eje del piñón, eje de la manilla y guías de la manilla con presencia de óxido	-Limpiar con líquido anticorrosivo -Remover óxido con papel abrasivo para metal
Mecanismo de rueda dentada con excéntrica y biela oscilante	Eje sostenedor, bujes, interior de rueda ranurada y guías de la rueda dentada con presencia de óxido	-Limpiar con líquido anticorrosivo -Remover óxido con papel abrasivo para metales
	Biela oscilante y muñón desplazable con presencia de grasa	-Limpiar con solvente
	Ausencia de dientes en rueda dentada mayor	-Rellenar con soldadura y mecanizar -Comprar una nueva -Fabricar una nueva

Fuente: Elaboración propia

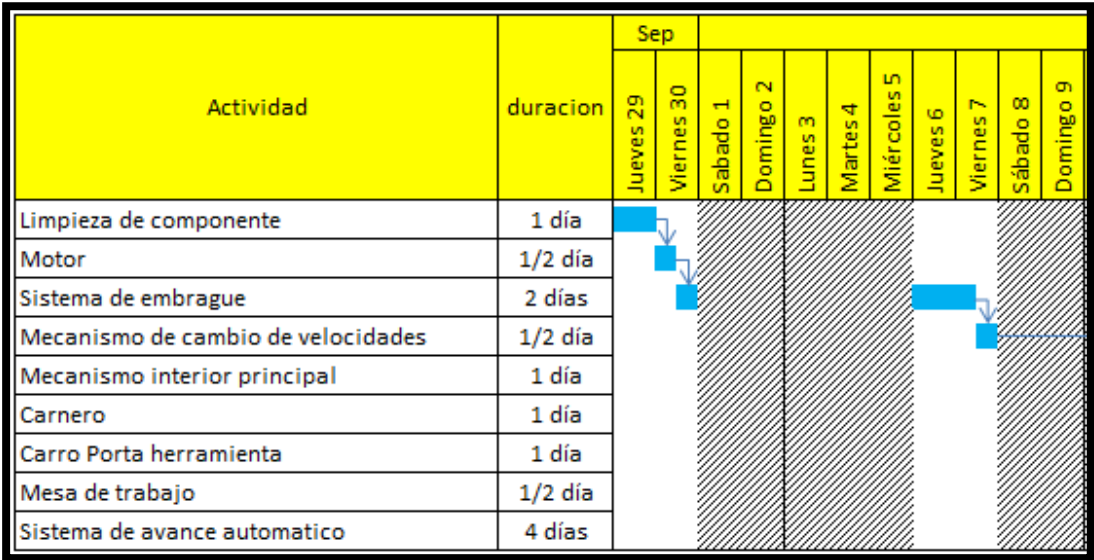
Tabla 3-2. Posible soluciones parte 2

Sector	Problema	Posibles soluciones
Carnero	Ausencia de graseras	-Fabricar nuevas -Comprar nuevas
	Cola de milano, guías del carnero y guías del carro porta-herramienta con presencia de aceite sucio y óxido	-Limpiar con químico anticorrosivo -Remover óxido con papel abrasivo para metales
	Perforaciones con roscado interior del carro porta-herramienta en mal estado	-Repasar hilo con juego de machos -Agrandar diámetro de perforación y generar un hilo mayor
	Ausencia de pernos de sujeción para profundidad de corte constante	-Comprar pernos nuevos -Fabricar pernos nuevos
	Roscado del tornillo sinfín en mal estado	-Repasar hilo
Mesa de trabajo	Guías de movimiento horizontal y vertical con presencia de óxido	-Remover óxido con papel abrasivo -Limpiar superficies con químico anti-corrosivo
	Muñón de bronce con presencia de grasa sucia	-Limpiar con solvente
	Agujeros roscados del muñón en mal estado	-Repasar hilos con juego de machos -Agrandar agujeros y generar un hilo mayor
	Pernos del muñón en mal estado	-Repasar hilo -Comprar pernos nuevos

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-3. Posible soluciones parte 3

Con ayuda de la tabla resumen, se confeccionó una carta-Gantt con el fin de planificar la reparación de la máquina. En ésta se estipula que los días en los que se irá a intervenir el equipo serán todos los jueves y viernes de cada semana, con jornadas de 8 horas al día empezando por el jueves 29 de septiembre. Esta carta Gantt se encuentra en el [Anexo G: Carta Gantt](#).



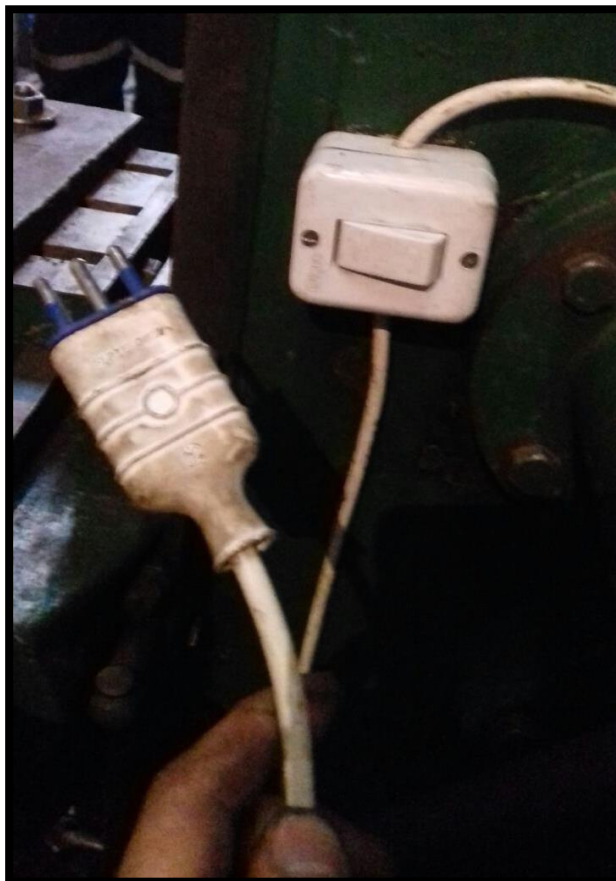
Fuente: Elaboración propia

Figura 3-1. Fragmento Carta Gantt

A continuación se darán a conocer las distintas soluciones a los problemas encontrados en los mecanismos de la limadora, siguiendo el orden establecido al momento de desarmar la máquina.

3.1.1 Motor

Para arreglar el cable del motor, se compró un enchufe macho de tres patas, ya que el que posee el motor tiene solo dos patas, siendo poco seguro debido a la carencia del cable a tierra. También se compró un interruptor de encendido/apagado, el que se agregó en el sector donde están expuestos los alambres de cobre, luego, se le agregó un cable de dos metros de largo anteriormente comprado, y en el extremo de éste, se le colocó el enchufe macho de tres patas.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 30/9/2016

Figura 3-2. Interruptor y enchufe añadidos

Debido a la poca dificultad, se decidió fabricar los pernos faltantes (siguiente sección) con material encontrado en el taller. Y debido a su bajo precio, se decidió comprar las tuercas correspondientes a los pernos fabricados.

3.1.2 Sistema de embrague

Para reponer el rodamiento oxidado SKF 6306 encontrado dentro del brazo que sostiene un extremo del sistema de embrague, se llegó al acuerdo de que sería más adecuado comprar un repuesto en vez de limpiarlo, por ende, se reemplazó por uno nuevo.

Se logró recuperar la forma original de las ranuras de la tuerca redonda gracias a la utilización de una lima cuadrada.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 30/9/2016

Figura 3-3. Tuerca ranurada

En vez de reparar el buje roto, se llegó al acuerdo de fabricar uno nuevo con material presente en el taller, proceso que se explicará en la próxima sección.

Para arreglar el pivote doblado de la palanca para embragar o desembragar manualmente el sistema, se enderezó con una maceta de hierro para luego agregarle material con soldadura E 6011 a la superficie que hace contacto con el dispositivo de accionamiento que contiene el tambor cónico. A este pivote también se le agregó material a su base, para así evitar que se deforme nuevamente.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 30/9/2016

Figura 3-4. Pivote restaurado

Luego de arreglar el pivote, éste se instaló en la máquina limadora para poder demostrar su funcionamiento, donde se evidenció que la cara inferior del pivote hacía contacto con el eje del tambor cónico, provocando desgaste por roce de estos dos componentes. Para arreglar este problema, se instaló la palanca junto con su eje interior pero sin el perno que une a estos dos últimos, se levantó el eje hasta tener una altura segura (3.48 mm) y luego se le hizo una marca al eje en el lugar donde debería apretar el perno. Se sacó el eje y se le hizo un avellanado en el sector marcado para que calce el perno, al que se le esmeriló en su extremo para poder facilitar la sujeción.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 30/9/2016

Figura 3-5. Avellanado eje del pivote



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 30/9/2016

Figura 3-6. Altura final del pivote

A los demás componentes como las tapas, el brazo, el cojinete liso perforado, la polea de tres canales y el tambor cónico, se les removió el óxido de sus superficies funcionales con un líquido anti corrosión para luego ser lijado con papel abrasivo de 320 granos.

3.1.3 Mecanismo de cambio de velocidades

Los componentes de este mecanismo se encontraron en buen estado, excepto por la presencia de óxido en sus superficies funcionales.

El eje principal, al igual que el eje por donde pasa la manilla para el cambio de velocidades, se montaron en el torno para poder aprovechar el movimiento giratorio de esta máquina y así facilitar el paso del papel abrasivo de 320 granos para poder remover el óxido de sus superficies.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 6/10/2016

Figura 3-7. Pulido eje principal

Esta manilla posee dos superficies que se trasladan por las guías del cuerpo de la máquina, a éstas se le removi6 el 6xido con la misma tela abrasiva, siendo 6ste uno de los principales problemas al momento de querer cambiar la velocidad manualmente.



Fuente: Elaboraci6n propia foto de terreno el 6/10/2016

Figura 3-8. Pulido de manilla para cambio de velocidades

Los rodamientos SKF 1306–K se encontraron en buen estado, por ende, se dejaron en el lugar en el que estaban.



Fuente: Elaboraci6n propia foto de terreno el 6/10/2016

Figura 3-9. RodamientoSKF1306-K y pi6n6n de cambio de velocidades.

Para remover la grasa sucia del piñón de cambio de velocidades, se limpió con un paño humedecido con solvente TEC 201. Al estar exento de suciedad, se puso detectar el buen estado de las ruedas dentadas que componen al piñón de cambio de velocidades.

3.1.4 Mecanismo de rueda dentada excéntrica y biela oscilante

Para poder reponer los cuatro dientes faltantes de la rueda dentada mayor, se evaluaron distintas soluciones: Se podría haber fabricado una de similares dimensiones y características, pero esta idea fue descartada debido a la falta de materiales de tales proporciones y a la cantidad de tiempo que implica fabricar una rueda dentada con tales características, al igual que la idea de comprar una nueva debido al precio que significaría un repuesto que contenga los elementos que tiene la rueda dentada dañada. Debido a esto, se procedió a aportar material en el sector del trozo faltante con soldadura de hierro fundido de 1/8. Con la ayuda de un soplete y un pirómetro laser se precalentó a una temperatura de 650°C el sector de los dientes faltantes, para luego aportar material con dicha soldadura



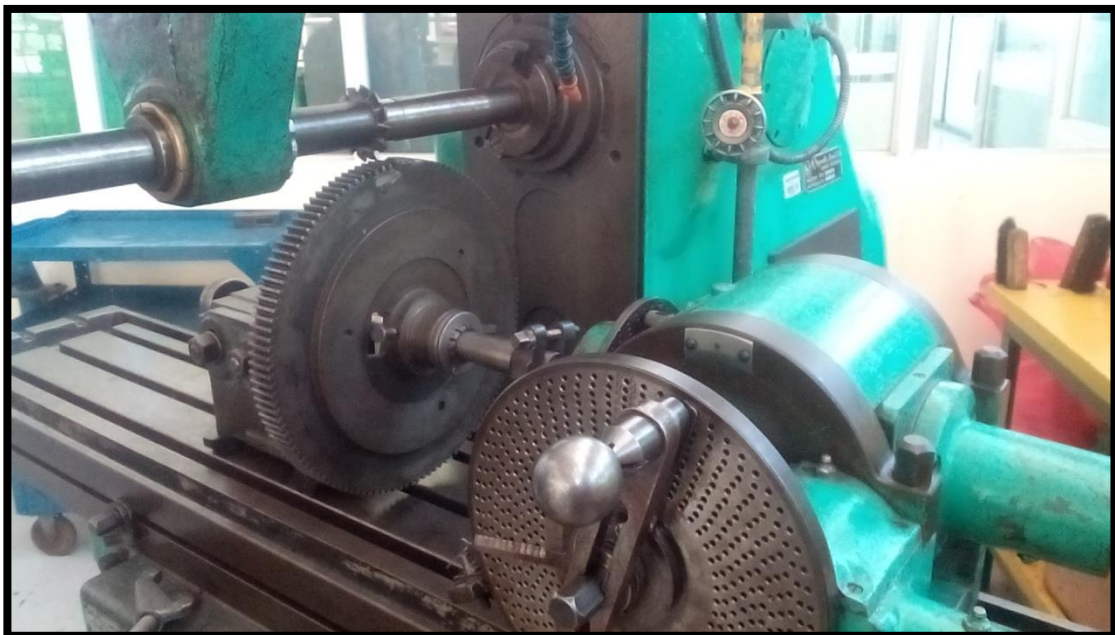
Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 13/10/2016

Figura 3-10. Precalentamiento de rueda dentada

Luego de esperar a que la rueda dentada se enfríe a temperatura ambiente, se montó en el torno para cilindrar el sector donde se encontraba la soldadura a fin de que quede con la misma altura de los demás dientes de la rueda y se refrentó el material sobrante para no alterar las medidas principales.

Al momento de generar los dientes faltantes, se tuvo que trasladar la rueda dentada hacia el taller de mecánica industrial de la Universidad Técnica Federico Santa María sede Viña del Mar, ya que su gran tamaño impedía el montaje en el taladro fresador del taller Metalgall, el cual no posee las dimensiones apropiadas para mecanizar piezas de gran envergadura.

El mecanizado de los dientes faltantes en la rueda dentada fue realizado en la máquina fresadora de árbol horizontal VIGORELLI FU2 N°00059967. Para su montaje se utilizó un cabezal divisor universal con un disco de 46 a 66 espacios y una contra punta con altura de eje ajustable, elementos que se instalaron sobre barras paralelas de acero encontradas en el taller de mecánica industrial de la universidad, con el fin de aumentar la altura del eje y así permitir mecanizar una rueda dentada de tal magnitud. Junto con esto, se utilizó un perro de arrastre y un juego de mandriles expansible los cuales fueron elaborados y entregados como trabajo de título por un ex-alumno de esta universidad.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 17/10/2016

Figura 3-11. Montaje de rueda dentada en máquina fresadora VIGORELLI FU2 encontrado en el taller de mecánica industrial de la Universidad Técnico Federico Santa María, sede José Miguel Carrera



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 17/10/2016

Figura 3-12. Barras paralelas de acero encontradas en el taller de mecánica industrial de la Universidad Técnico Federico Santa María, sede José Miguel Carrera



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 17/10/2016

Figura 3-13. Perro de arrastre encontrado en el taller de mecánica industrial de la Universidad Técnico Federico Santa María, sede José Miguel Carrera



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 17/10/2016

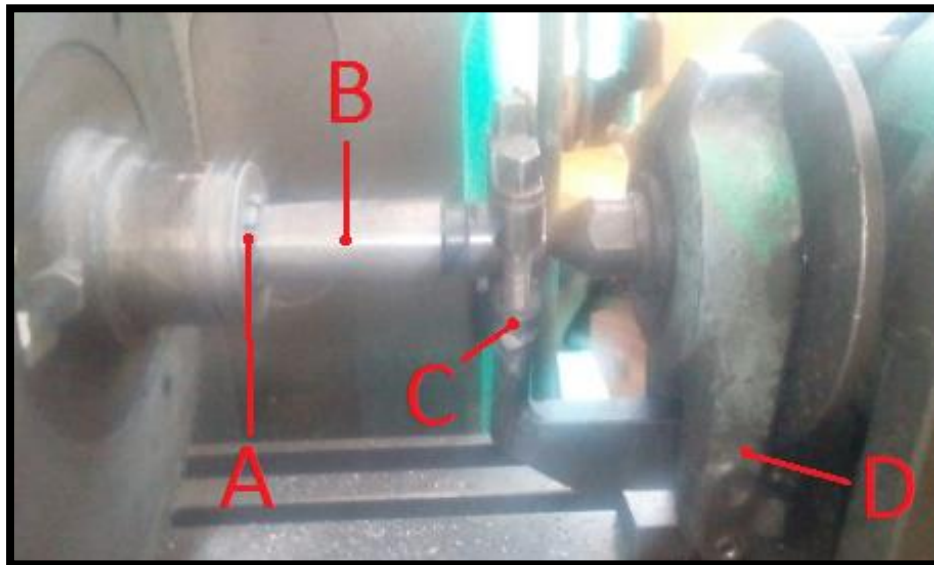
Figura 3-14. Diseño y fabricación de un juego de mandriles expansibles. Mecánica Industrial 1993



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 17/10/2016

Figura 3-15. Mandril utilizado para el montaje

Se utilizó el eje mayor junto con su correspondiente mandril expansible. El extremo de diámetro menor tiene un avellanado en su cara, en el cual se acopla a la contra punta. El otro extremo se aprieta con el perro de arrastre “C”, elemento que va instalado al plato móvil del cabezal divisor “D”. El mandril “A” se desliza por el eje “B”, aumentando o disminuyendo su diámetro, adquiriendo cualquier medida entre los 40mm y los 29,6mm, haciendo posible el montaje de cualquier pieza cuyo diámetro interior oscile entre este rango de medidas.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 17/10/2016

Figura 3-16. Esquema de montaje de elementos

Para el mecanizado de los dientes faltantes, se utilizó un modulo de 2,5 para la rueda de dentada de 315 mm de diámetro y 126 dientes. Los cálculos asociados a este mecanizado y los parámetros de corte se encuentran en el [Anexo I: Cálculos en operación de fresado.](#)

Luego de mecanizar la rueda dentada en el taller de mecánica industrial de la Universidad Técnico Federico Santa María, sede José Miguel Carrera, éste fue trasladado de vuelta al taller Metalgall, donde se instaló en la máquina limadora para poder evidenciar la efectividad de la reparación. Esta rueda posee un perno, el que se aprieta contra un avellanado encontrado en el extremo del eje que soporta a dicha rueda, evitando su movimiento horizontal. Al momento de apretar al perno hasta su posición final, se notó que la cara del eje sobresalía, interponiéndose en el camino por donde el muñón se desliza.

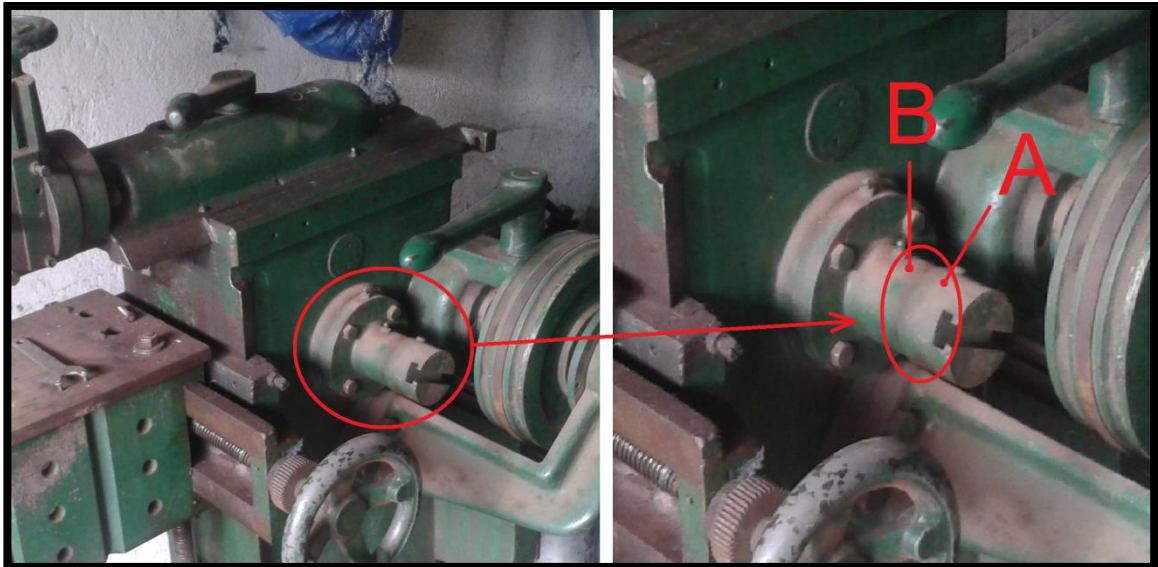


Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 20/10/2016

Figura 3-17. Perno de sujeción y evidencia del desplazamiento del eje

Para solucionar este problema, se midió el material sobrante (1,8 mm) y se instaló el eje en el torno para luego refrentar su cara sobresaliente. Posterior a dicho mecanizado, se volvió a instalar el eje en la limadora junto con la limadora para poder evidenciar la efectividad del arreglo.

Al hacer funcionar la máquina, ésta seguía con un movimiento lento. Al accionar el volante de movimiento manual de la máquina, se notó que oponía una gran resistencia, llegando a la conclusión de que alguno de los elementos móviles estaba trabado por roce o fricción. Siguiendo esta idea se analizaron las superficies que podrían interrumpir la fluidez del movimiento principal de la limadora, lo que ayudó a identificar el problema. El eje por un lado soporta a la rueda dentada principal y giran en conjunto gracias a un perno que se acopla al avellanado. El otro extremo del eje sobresale del cuerpo de la limadora (siendo soportada por un buje apernado al cuerpo) para instalarle (a través de un pasador) la rueda acanalada por la cual pasa el tornillo ajustable del mecanismo de movimiento automático. Así, la rotación del eje cilindrado producida por el motor se utiliza para mover la rueda principal y el sistema de movimiento automático. El problema del movimiento principal era causado por el roce producido entre la cara exterior del buje “B” y la cara interior de la rueda acanalada “A” ([Figura 3-17](#))



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 25/8/2016

Figura 3-18. Sector de interrupción del movimiento

Para solucionar este problema de movimiento, se extrajo el eje para poder mejora la calidad del avellanado con un rectificador manual y para poder afinar la punta del perno utilizando el esmeril de pedestal.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 20/10/2016

Figura 3-19. Perno de fijación y avellanado de posición

La biela oscilante se sostiene sobre un eje, el cual es inmovilizado por un prisionero Allen M10, éste último se encontraba en mal estado, por lo que se reemplazó por uno nuevo.

Debido a que una gran parte de este mecanismo se encuentra dentro del cuerpo de la máquina limadora, se detectó una gran cantidad de grasa sucia, aceite deteriorado y óxido. Como lo es el caso del eje, el que se limpió con un paño humedecido con solvente TEC 201 y luego se montó en el torno para aprovechar el movimiento giratorio de éste y así sacarle el óxido con papel abrasivo de grano medio.

Los demás elementos que se encuentran fuera del cuerpo de la máquina, como la rueda ranurada, el buje liso que se aloja dentro de ésta y la tapa que sostiene al eje, se les removi6 el 6xido encontrado en sus superficies con el mismo tipo de tela abrasiva dicho anteriormente.

Como la biela oscilante se encontraba en buen estado, pero sucia, se limpi6 con un paño humedecido con solvente TEC 201 por todo el cuerpo.



Fuente: Elaboraci6n propia foto de terreno el 25/8/2016

Figura 3-20. Biela oscilante

3.1.5 Carnero

Los agujeros roscados métrico 8 donde se colocan las graseras estaban en mal estado, por ende se les agrandó la medida a métrico 10. Debido al minucioso trabajo que significa fabricar las graseras faltantes, estas fueron compradas.

Para arreglar los componentes del carro porta herramienta, primero se reemplazó el perno que posiciona a la plataforma de corte angular (la que permite mecanizar a 45°) por uno nuevo (3/8x16G).



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 21/10/2016

Figura 3-21. Perno posicionador de plataforma de corte angular.

Posterior a esto, con una terraja W3/8x16 se repasó el hilo superior del eje roscado, el cual une al carro porta herramienta con la manilla que determina la profundidad del corte.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 21/10/2016

Figura 3-22. Proceso de roscado con terraja

El carro porta herramientas posee tres agujeros laterales roscados, por donde pasan tres pernos, los que fijan la herramienta provocando un corte constante. Dichos agujeros (debido a su mal estado) se agrandaron con una broca de 6.8 mm para luego montar al carro porta herramienta en el tornillo mecánico y hacerles hilos con un juego de machos M8. Posteriormente se compraron tres pernos M8 (con sus respectivas tuercas) para poder fijar al carro porta herramienta.

Para poder verificar la medida de la broca para generar un agujero roscado, se utilizó de referencia una tabla de agujeros, la cual se encuentra en el [Anexo L: Agujeros roscados](#).



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 21/10/2016

Figura 3-23. Proceso de roscado con macho

Los pernos nombrados anteriormente, encajan en tres agujeros encontrados en las guías por donde se mueve el carro porta herramienta. A dichas guías se les removió el oxido pasándoles una tela abrasiva para metales de 320 granos, para luego ser limpiadas con un paño humedecido con solvente TEC 201.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 21/10/2016

Figura 3-24. Despiece de carro porta herramientas

Para poder afirmar el soporte de la herramienta de corte, el carro porta herramienta tenía una chaveta cónica. Éste mecanismo de ajuste fue reemplazado por un perno de sujeción para que sea más fácil el cambio de herramienta de corte interior a herramienta de corte exterior y viceversa.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 21/10/2016

Figura 3-25. Perno de sujeción de soporte

Para este reemplazo de mecanismos, se le hizo una perforación pasante al porta herramienta de 8.5 mm, para luego generarle la rosca con un juego de machos M10 de paso normal. Posterior a esto se le compró un perno M10 paso 1,5 de 31 mm de largo para poder apretar al soporte de la herramienta de corte.

Una de los principales impedimentos del movimiento de corte de la limadora, era la suciedad y el oxido encontrado en las guías y en la cola de milano fija del carnero, los cuales se removieron con una tela abrasiva y luego se limpiaron con un paño húmedo con solvente TEC 201.

Para remover la suciedad encontrada en el hilo del eje roscado, se utilizó un paño humedecido con solvente TEC 201, siendo de gran ayuda para remover la grasa acumulada.

3.1.6 Mesa de trabajo

Como los agujeros roscados del muñón de bronce estaban en mal estado, fueron agrandados con una broca de 8.5 mm para luego generarles un hilo con un juego de machos M10 de paso 1.5mm. Posterior a esto, se compraron dos pernos M10x1.5 de 42mm de largo y se instalaron en sus lugares correspondientes.

El principal culpable del movimiento trabado de la mesa (tanto el vertical como el horizontal) era la grasa sucia encontrada en los tornillos sinfín y el oxido hallado tanto en las guías como en el muñón desplazable, el que se encuentra dentro de la mesa y sirve para que ésta se mueva horizontalmente. Para solucionar los problemas en los movimientos, se utilizó el líquido anticorrosivo en el muñón, para luego lavarlo con agua. Luego se le paso un papel abrasivo de grano fino, y finalmente se limpió con TEC 201 para retirarle cualquier partícula que interfiera en el movimiento. Los tornillos sinfín se limpiaron con un paño humedecido en el mismo solvente limpiador de metales utilizado anteriormente.

3.2 FABRICACIÓN DE ELEMENTOS FALTANTES

3.2.1 Componentes del motor

Para poder corregir la falta de los pernos de sujeción de la placa móvil del motor, éstos fueron fabricados con materiales que se encontraron en el taller. Se utilizó un eje roscado de 1/2 pulgada con un paso normal (13G) del cual, se cortaron cuatro trozos de 62 mm cada uno con una sierra para metales. Con la ayuda de la fresa y un trozo de acero encontrado en el taller, se generaron cuatro cuadrados de 23 x 23 mm de 10 mm de espesor, los que se desplazaron por las guías en las que se mueve el motor para tensar la correa. Posteriormente, a estos cuadrados se les hizo una perforación pasante en su centro para poder generarle un hilo de 1/2 pulgada con paso normal, para luego acoplarlas dejando un espacio de 4 milímetros entre la cara exterior del cuadrado y la del eje roscado, utilizando dicho espacio para llenarlo con soldadura E6011.



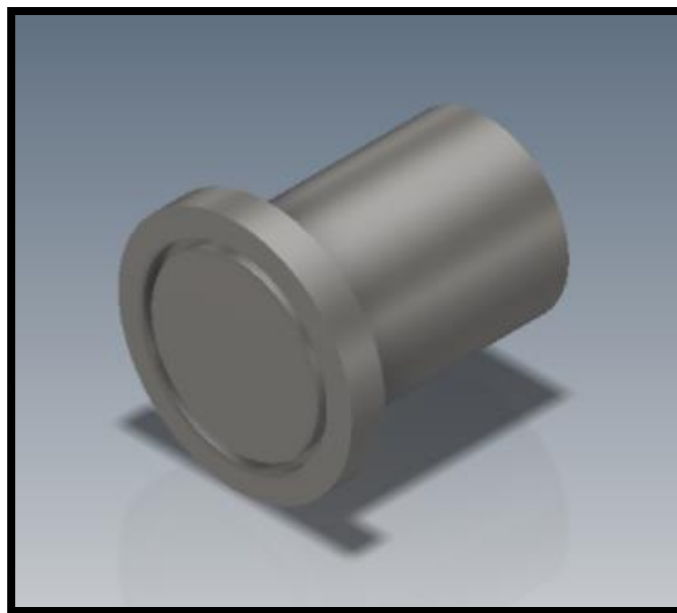
Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 27/10/2016

Figura 3-26. Perno fabricado

3.2.2 Buje del mecanismo de embrague

Antes de su fabricación, se midió el buje roto para poder generar un plano (el que se encuentra en el [Anexo J: Planos de fabricación](#)) con el fin de utilizarlo de apoyo a la hora de fabricar.

Buscando material para poder crear un buje, se encontraron dos trozos de acero de alto porcentaje de carbono ($>0.45\%C$) según ensayo se chispa, uno de 75 mm de diámetro que se utilizó para hacer una argolla y otro de 55 mm de diámetro para hacer un eje hueco. Éstos fueron refrentados, dejando la argolla a 14 mm de largo y el eje a 79 mm de largo, ambos a 4 milímetros mayor que la medida establecida en el plano para tener un margen de error. Aprovechando el montaje de la argolla, se hizo una perforación pasante de 50 mm de diámetro, luego de esto (con ayuda de una herramienta de torneado interior) se genero un diámetro interior 5 milímetros más grande que la perforación y de 5 milímetros de largo para formar una canal que se llenará con soldadura E-6011.



Fuente elaboración propia

Figura 3-27. Canal formada para relleno de material

Ya listo el eje y la argolla, se presentaron en sus respectivas posiciones (el eje hueco dentro de la argolla, y esta última con la canal mirando hacia afuera) y con la ayuda de una escuadra imantada se fijaron estos elementos con pinchazos de soldadura. Luego de ser fijados, la canal del extremo de la argolla fue rellena con soldadura a un amperaje alto para una buena penetración.

Luego de esperar a que se enfríe a temperatura ambiente, se montó en el eje con la argolla mirando hacia afuera, donde se refrentó para quitarle el exceso de soldadura y se cilindró para generarle el diámetro establecido en su correspondiente plano. Posterior a esto, se montó con el eje mirando hacia afuera para generar las medidas correspondientes de largo y diámetros interior y exterior. Aprovechando el montaje, se desbastaron las aristas con una lima y se lijó su superficie con papel abrasivo fino (320 granos). Se desmontó el buje y con la ayuda de un buscador de centros, se marcó en el extremo del eje y se proyectó radialmente para poder generar los agujeros para el pasador cónico. Estos agujeros se hicieron a 7.5mm de la cara del eje y miden 8 mm y 9.5 mm. Posterior a esto, se desbastaron las perforaciones con una lima circular ya que el presente taller no posee brocas cónicas.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 28/10/2016

Figura 3-28. Buje fabricado

3.2.3 Sistema de avance automático

Para la fabricación de todos los elementos que compone este mecanismo, se necesitó tener un sistema de avance automático de otra máquina limadora para poder analizarlo y estudiar la funcionalidad de cada elemento que compone a este mecanismo. Para esto, Don Claudio, el dueño del taller, gracias a sus contactos se pudo conseguir el brazo de avance automático de una maestranza conocida por él y así poder fabricar una réplica con las medidas de la máquina limadora restaurada en el presente trabajo de título.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 4/11/2016

Figura 3-29. Sistema de avance automático de referencia

Como el sistema de avance automático conseguido no tenía las medidas necesarias para caber en la máquina limadora del taller Metalgall, éste fue utilizado como referencia para fabricar un sistema de avance automático pieza por pieza con materiales encontrados en el taller y/o comprados.

Para poder fabricar estas piezas, se midieron las dimensiones de los elementos a replicar (usando al sistema de avance automático conseguido como referencia) y luego se midieron los sectores en donde se instalará este mecanismo (Dimensiones del canal de la rueda, diámetro de la rueda dentada y del eje del volante de desplazamiento manual de la mesa)



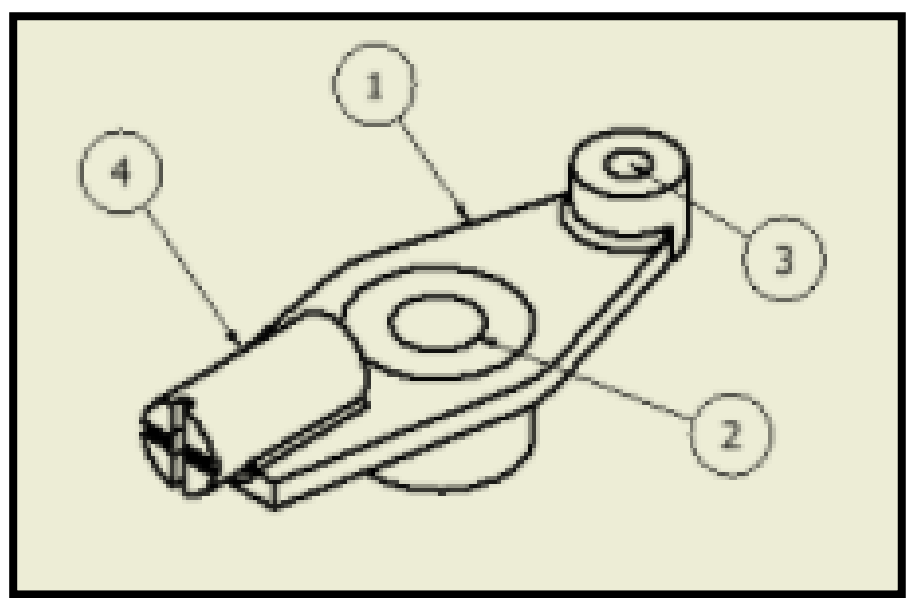
Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 25/08/2016

Figura 3-30. Sector de montaje del sistema de avance automático

Para empezar, se hizo el cuerpo o soporte “1” ([Figura 3-29](#)) del disparador con una plancha de acero bajo en carbono de 8mm de espesor encontrada en el taller. Para darle su forma externa se dibujó su silueta con tiza y luego se cortó con un esmeril angular, para luego sacarle las rebabas y redondear las puntas con una lima para metales. Luego se instaló en el torno con un plato de perros independientes (debido a su forma irregular) para poder perforarlo a la mitad aproximadamente con una broca de 28 mm y mecanizarlo hasta llegar a los 50mm de diámetro.

Ya listo el cuerpo, se mecanizó en el torno el cilindro hueco “2” ([Figura 3 29](#)), dándole el diámetro interior adecuado para poder instalarlo en el eje del volante de desplazamiento manual horizontal de la mesa.

En un extremo del soporte del disparador se realizó una perforación pasante con el diámetro necesario para poder acoplar otro cilindro hueco “3” ([Figura 3 29](#)), el cual se fabricó con un trozo de metal bajo en carbono encontrado en el taller y mecanizado en el torno. Ya listo el cuerpo y los cilindros, éstos se acoplan y se sueldan con electrodos E6011 en las posiciones acordes al sistema de avance automático conseguido.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-31. Esquema cuerpo del soporte

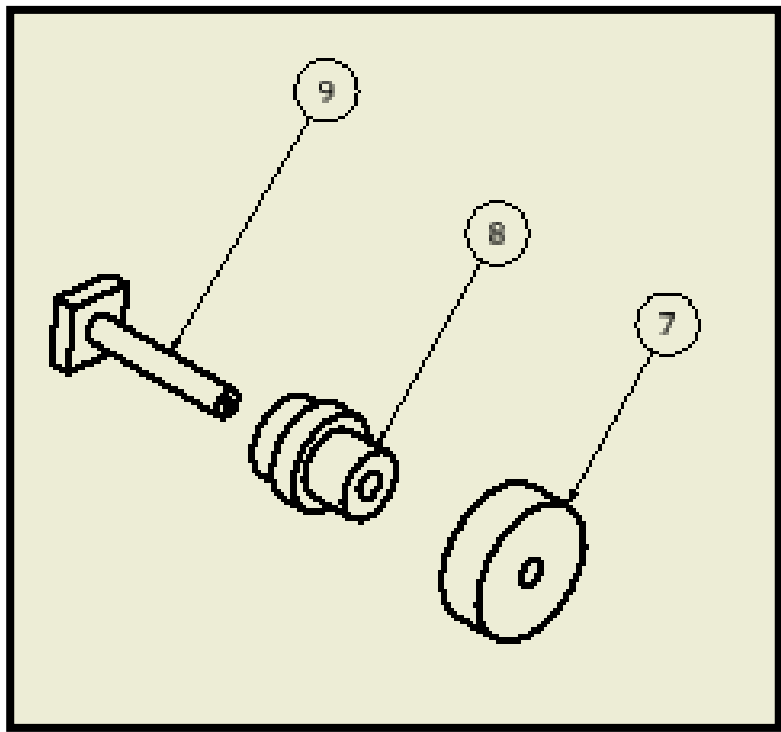
Para fabricar el eje hueco “4” ([Figura 3 29](#)) que aloja al disparador, se utilizó un trozo de acero bajo en carbono encontrado en el taller. Se montó en el torno para poder perforarlo y mecanizarlo según las medidas establecidas en los planos. En seguida de este proceso, se le generaron en un extremo dos ranuras de distintas profundidades y perpendiculares entre sí, en las que calza la pestaña de la manilla posicionadora de la cuña. Hecho esto, se instaló el disparador en la fresa y se planeó en su exterior para darle más superficie de contacto y así quedar más estable al momento de soldarlo al cuerpo.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 4/11/2016

Figura 3-32. Unión de componentes mediante soldadura

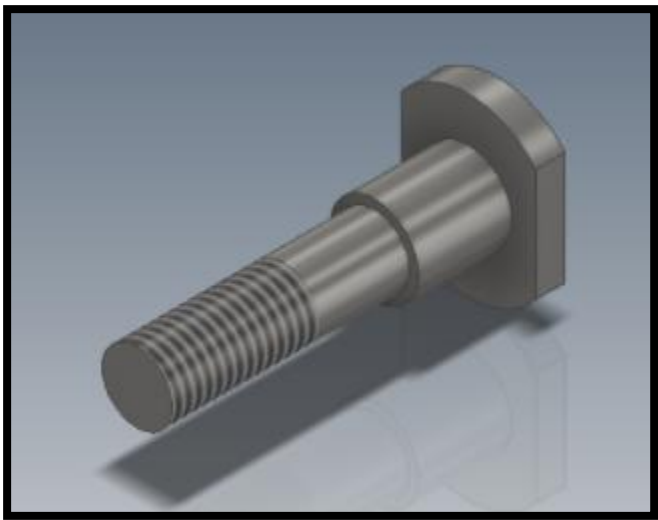
Ya soldados componentes, se fabricó el fijador de la rueda ranurada, el cual consta de tres elementos([Figura 3-32](#)): el perno M10x1.5 “9” que se encontró en el taller, al que se le generó su cabeza cuadrada usando el taladro fresador; el buje de arrastre “8” que se fabricó en un material de acero alto en carbono encontrado en el taller y mecanizado en el torno con el fin de quedar con las medidas necesarias para que calce dentro del brazo de la biela y se mueva libremente y, a su vez, el perno M10 pase por su interior; y finalmente la manilla fijadora “7” que se hizo en un material bajo en carbono encontrado en el taller y mecanizado en el torno, siendo cilindrado hasta quedar con sus correspondientes diámetros . Luego se perforó en su eje para, posteriormente, generarle un hilo con un juego de machos M10 de 1.5mm de paso y así poder ser instalado en el torno y moletear su diámetro mayor.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-33. Esquema del fijador

Luego se fabricó el perno M12x1.75 que une al soporte del trinquete con el brazo de la biela. Este perno tiene doble diámetro. En su diámetro mayor se coloca un extremo de la biela y su longitud permite que se mueva libremente aun cuando su respectiva tuerca sea apretada al máximo

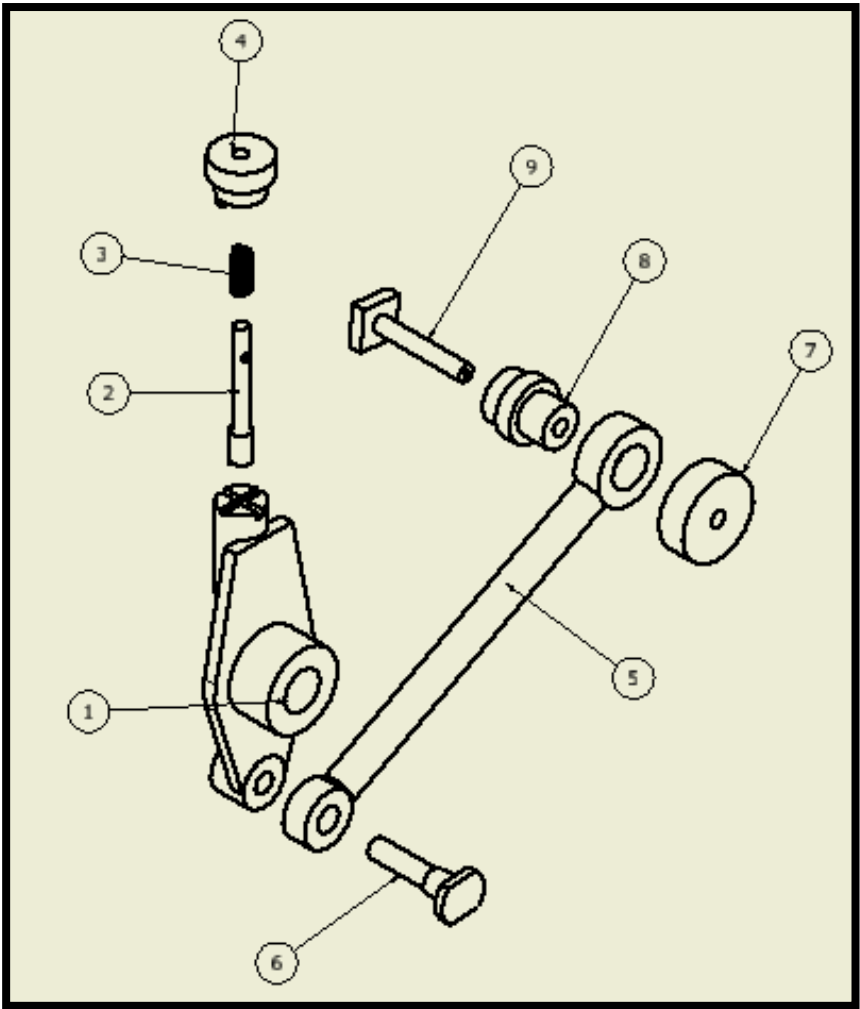


Fuente: Elaboración propia

Figura 3-34. Modelo del perno de ensamble

Estando listo el cuerpo del soporte y el fijador, se fabricaron los anillos de los extremos de la biela “5” ([Figura 3-34](#)). Estos anillos, en su diámetro interior, tienen una holgura de 0.8 mm con respecto al eje en el que van montados a fin de que se muevan libremente, aun con las tuercas apretadas al máximo.

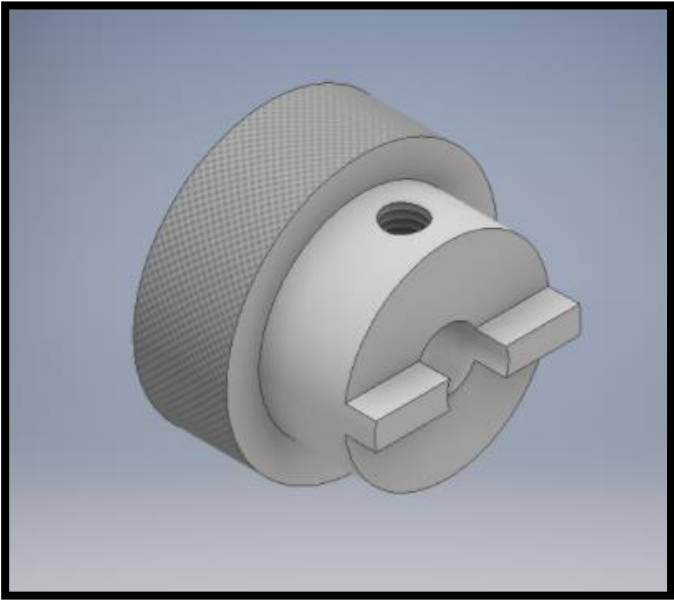
Para poder unir estos dos anillos, se presentó el cuerpo del soporte “1” y el fijador “7”-“8”-“9” ([Figura 3-32](#)) en sus respectivas posiciones. Se midió la distancia entre las argollas y se cortó una barra de acero media aleación de carbono de dicha longitud, para finalmente ser soldado con electrodos E6011 a dichas argollas



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-35. Esquema del sistema de avance automático

La manilla del disparador “4” ([Figura 3-34](#)), sirve para activar o desactivar el movimiento automático de la mesa gracias a la pestaña de la manilla que calza en las ranuras de alturas distintas del soporte, provocando que en una posición la cuña (con la ayuda del resorte) engrane con la rueda dentada y por otro lado, en la otra posición, mantenga a la cuña en una posición que no interrumpa con el movimiento de la rueda dentada del eje de movimiento horizontal de la mesa. Esta manilla fue fabricada con un trozo de material de baja aleación de carbono encontrado en el taller Metallgal. Primero se mecanizó en el torno para darle los diámetros correspondientes a su plano y se perforó en su eje. Luego se montó en la fresa para generar la pestaña. Posterior a esto se generó la perforación radial en la que va el prisionero que afirma al eje del disparador y se montó nuevamente en el torno para generar el moleteado.

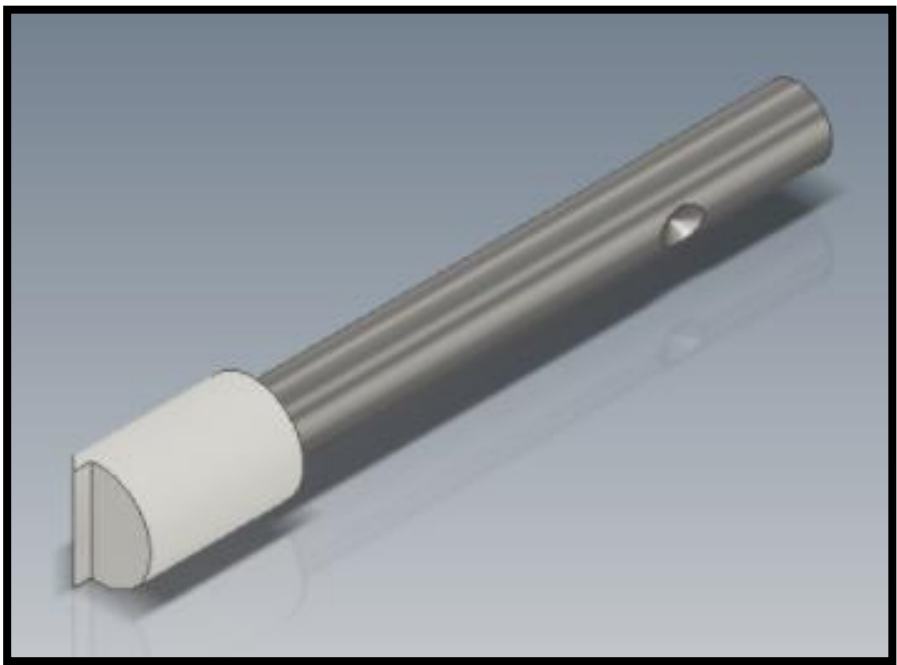


Fuente: Elaboración propia

Figura 3-36. Plano en tres dimensiones de la manilla de posición

Para fabricar el disparador, se compró un resorte de tracción de 65 mm de largo y un trozo de acero K100, el cual se mecanizó en el torno para darle una forma cilíndrica y luego se mecanizó en la fresa para darle su forma de cuña. Ya lista su forma, se le realizó una perforación en su parte posterior, a la que se le realizó un hilo interior para incorporarle la rosca del eje que se mueve libremente por dentro del disparador. Este eje posee un avellanado en su extremo posterior, en donde calza un prisionero M8x1.25 que sirve para acoplarse a la manilla del disparador.

La principal razón por la cual se prefirió el material K100, es por su alta resistencia al desgaste y su estabilidad dimensional en tratamientos térmicos. Dicho esto, a la cuña se le realizó un temple y un revenido para evitar que se desgaste y/o deforme debido al contacto con la rueda dentada en la que engrana. Este tratamiento térmico fue realizado en el taller Metalgall con un soplete a gas, un horno de ladrillos refractarios y un pirómetro laser. Esta cuña fue calentada a llama directa hasta los 950°C, temperatura de temple según un catálogo BÖHLER K100, luego se introdujo en un litro de aceite SAE-10w (el cual se encontraba en el taller), para poder enfriarla. Se escogió este aceite multiuso con la ayuda del mismo catálogo, el que se encuentra en la bibliografía. Ya estando a temperatura ambiente, se lijó el material para eliminar el color negro que dejó el temple y se procedió a calentar nuevamente en el horno a llama directa hasta una temperatura de 200°C, correspondiente al revenido según catálogo. Los parámetros de tratamiento térmico se encuentran en el [Anexo M: Parámetros de tratamiento térmico](#), mientras que el catálogo BÖHLER K100 se encuentra en la bibliografía. Cuando el material alcanzó dicha temperatura, se alejó la llama y se sumergió la cuña nuevamente al aceite para que se enfríe. Estando lista la cuña con su eje, se le acopló la manilla del disparador a través del prisionero M8x1.25.

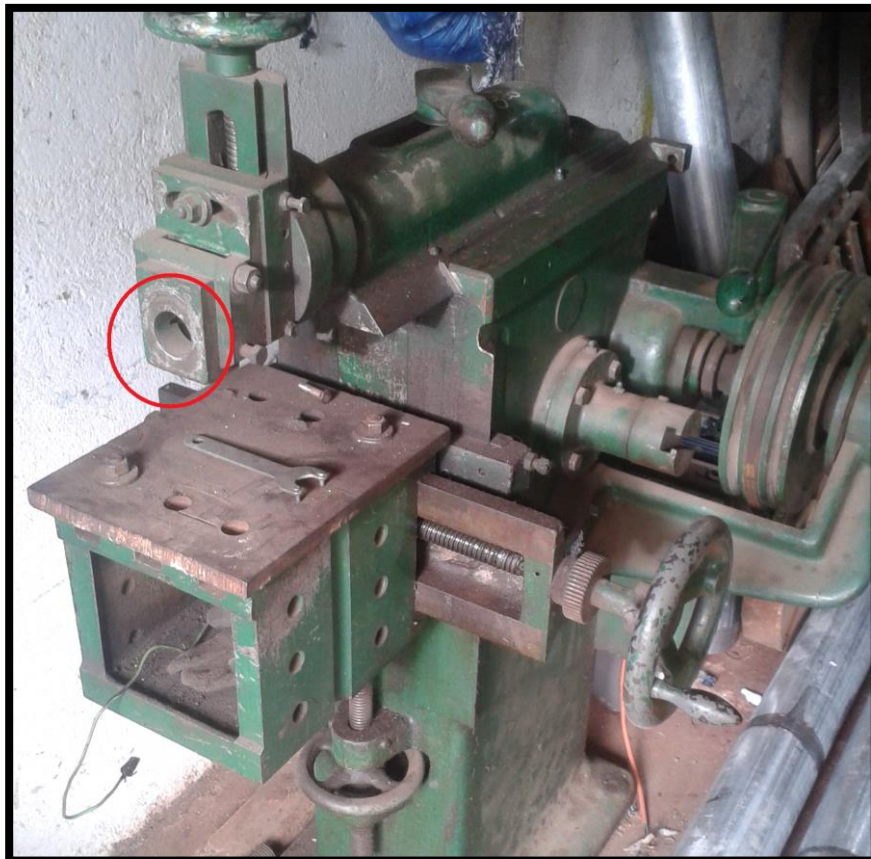


Fuente: Elaboración propia

Figura 3-37. Plano en tres dimensiones del disparador

3.2.3 Sistema porta herramienta

La ausencia de este dispositivo de sujeción de herramientas era uno de los principales problemas a solucionar, para aquello se midieron los diámetros (el exterior y el interior) de la perforación del carro porta herramienta.



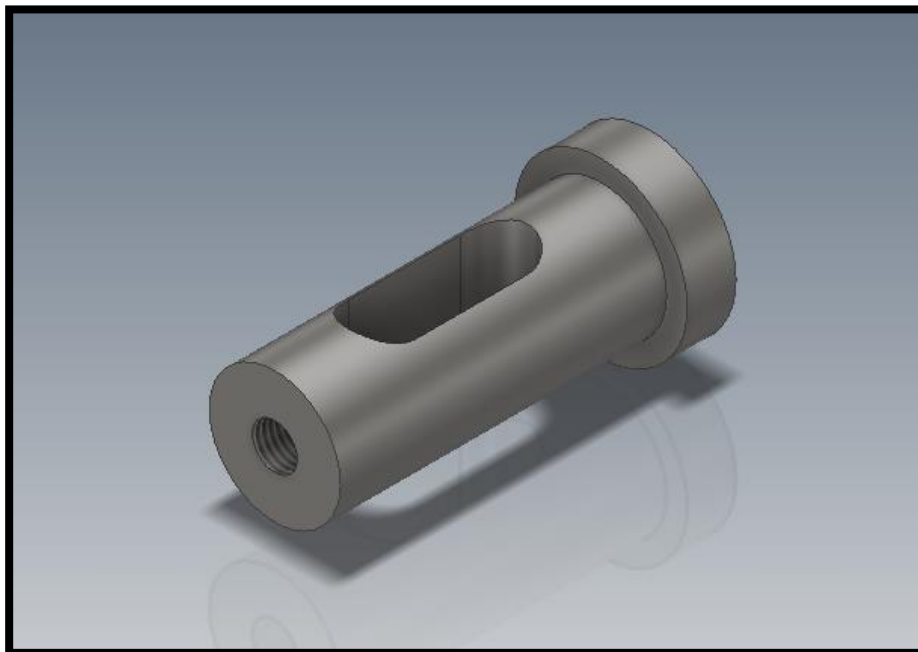
Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 25/08/2016

Figura 3-38. Alojamiento de soporte para herramientas

La finalidad de estas medidas es para poder generar planos que nos ayuden en la fabricación de los elementos faltantes. Dichos planos se encuentran en el [Anexo J: Planos de fabricación](#)

3.2.3.1 Elemento de mecanizado exterior

Para la fabricación de este dispositivo, se utilizó un trozo de material SAE1045, el cual se cilindró en el torno para obtener los diámetros indicados en su correspondiente plano. Posterior a esto, se montó en el taladro fresador para generarle la ranura en la cual se coloca la herramienta de corte. Finalmente se realizó una perforación en el extremo delantero para generarle un hilo W 9/16, donde se introduce el perno de sujeción de la herramienta de corte.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-39. Modelo soporte de exterior

3.2.3.2 Elemento de mecanizado interior

Antes de fabricar el dispositivo de mecanizado interior, se llegó al acuerdo de que el porta herramienta debía conformarse de tres elementos, a fin de facilitar la accesibilidad en el mecanizado de las futuras piezas a trabajar. Por ende se fabricaron dos porta-herramientas.: uno para trabajar en diámetros de 21 mm o mayor; y otro para trabajar en diámetros de 27 mm o mayor. Y también se fabricó el soporte de estos porta herramientas, el cual se acopla al carro porta-herramienta de la maquina limadora.

El porta-herramientas para trabajos en diámetros pequeños fue elaborado con un cilindro de acero de menos de 0.40% de carbono de 13 mm de diámetro y 115 mm de largo y un perno M20. El cilindro de acero fue torneado en un extremo, dejándolo con el diámetro necesario para generarle un hilo M12 de 32mm de largo, mientras que en el otro extremo se le realizaron dos perforaciones pasantes: una de forma radial para colocar la herramienta de corte y la otra de forma axial concéntrica al eje, a la cual se le generó un hilo M5 en el que va un prisionero M6x1 para la sujeción de la herramienta. En la parte de la cabeza del perno M20 se realizó una perforación concéntrica al eje del perno para luego generarle un hilo M12, lugar en donde se acopla la parte posterior del cilindro de acero. Con las dos piezas acopladas, se soldaron con electrodos E6011 con el fin de dejarlas unidas fijamente.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-40. Modelo porta herramienta para trabajos en diámetro pequeños

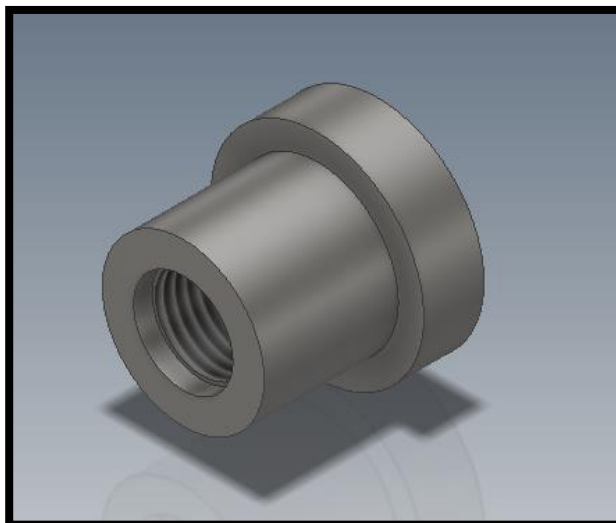
El porta-herramientas para trabajos en diámetros mayores fue elaborado con un cilindro de acero de menos de 0.40% de carbono de 18 mm de diámetro y 140 mm de largo y un perno M20. El cilindro de acero fue torneado en un extremo, dejándolo con el diámetro necesario para generarle un hilo M12 de 38mm de largo, mientras que al otro extremo se le realizaron dos perforaciones pasantes: una de manera radial en la cual se coloca la herramienta de corte y la otra de forma axial concéntrica al eje, a la cual se le generó un hilo M6x1, lugar en el que va un prisionero de dicha medida que ayuda a la sujeción de la herramienta. . En la parte de la cabeza del perno M20 se realizó una perforación concéntrica al eje del perno para luego generarle un hilo M12, lugar en donde se acopla la parte posterior del cilindro de acero. Con las dos piezas acopladas, se soldaron con electrodos E6011 con el fin de dejarlas unidas fijamente.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-41. Modelo porta herramienta para trabajos en diámetros mayores

El soporte fue elaborado con un trozo de material de acero con menos de 0.45% de carbono encontrado en el taller. Este material fue mecanizado en el torno para quedar con las medidas acordes a su correspondiente plano ([Anexo J: Planos de fabricación](#)) y se le realizó una perforación pasante concéntrica al eje de la pieza en la que se le generó un hilo M20. En esta perforación roscada va acoplado el perno que se le soldó a los porta-herramientas para poder cambiarlos acorde al trabajo requerido.

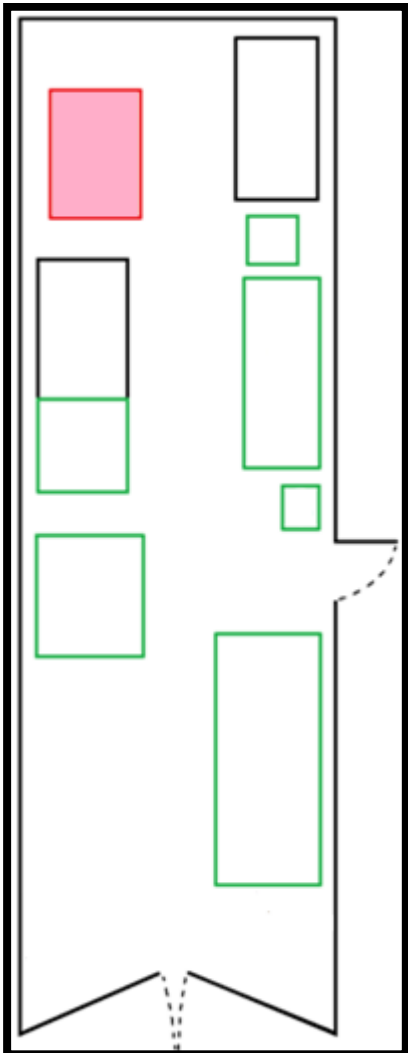


Fuente: Elaboración propia

Figura 3-42. Modelo soporte de interior

3.3 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO

Ya recuperados los elementos que faltaban o que estaban en mal estado, se procedió a ensamblar la máquina. Ya con los componentes en su debido lugar se puso en marcha, probando el mecanismo de avance automático fabricado a baja y a alta velocidad. Al verificar el movimiento fluido del equipo y su buen estado, se sitúa en un lugar adecuado dentro del taller, donde tiene el espacio suficiente para poder funcionar y ser operada correctamente.



Fuente: Elaboración propia Microsoft Paint

Figura 3-43. Esquema de nueva distribución de equipos en taller Metalgall

La máquina limadora se instaló al fondo del taller, lugar en donde se encontraban metales y restos de maquinaria a las que se les puede dar algún uso.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 17/11/20169

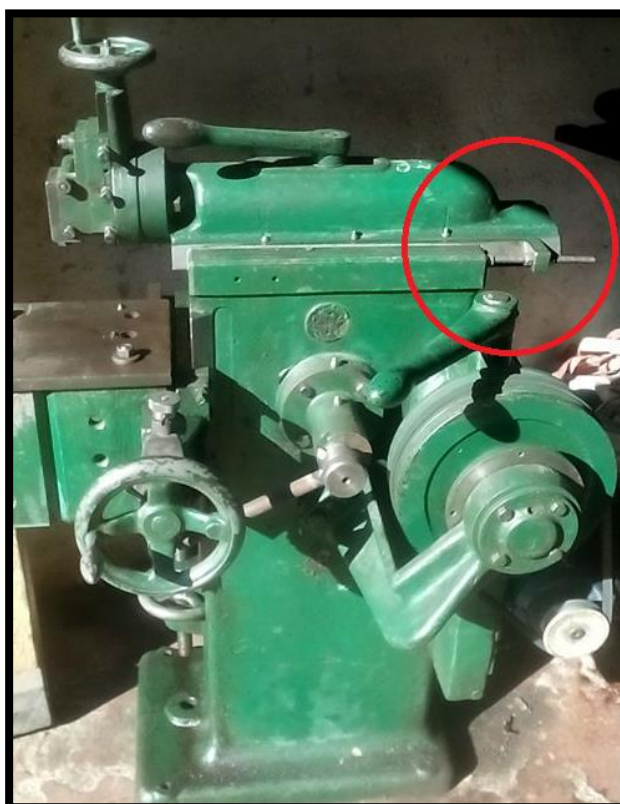
Figura 3-44. Entrada taller Metalgall

Antes de probar la funcionalidad de la máquina con un proceso de mecanizado, a ésta se le calibraron sus movimientos principales con la ayuda de un reloj comparador. Para poder regular el movimiento transversal del carnero, se instaló una placa paralela en la mesa de trabajo, la cual abarcaba todo su largo. Se posicionó el soporte imantado del reloj comparador en la cara del porta-herramienta, dejando el palpador en contacto con la placa paralela. Se movió el carnero con el volante de movimiento manual hacia ambos extremos de la mesa de trabajo, obteniendo una diferencia de 0.11 mm entre extremos. Al verificar el gran juego que posee el movimiento de corte, se ajustó la cuña del carnero, apretando el perno del regulador y moviendo manualmente el carnero hasta que se obtuvo una diferencia de 0.00 mm en los extremos de la mesa.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 17/11/2016

Figura 3-45. Montaje de reloj comparador



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 17/11/2017

Figura 3-46. Regulador de reglilla

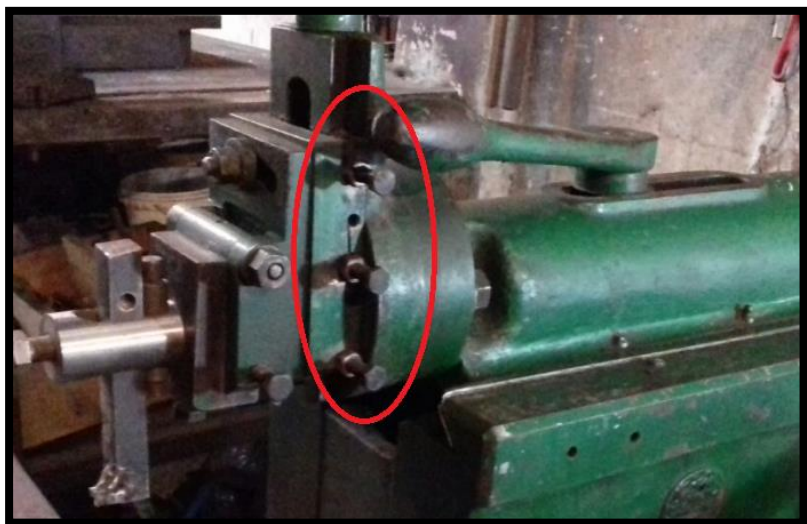
Luego de calibrar el movimiento de corte, se procedió a calibrar el movimiento longitudinal de la mesa. Esta vez se colocó el palpador del reloj a la mitad del ancho de la placa paralela, se dejó fijo el carnero y se movió la mesa manualmente de izquierda a derecha, arrojando una medida de 0.15 mm de diferencia. Para poder eliminar este juego, se fue ajustando los pernos que aprietan las guías de movimiento vertical mientras se movía la mesa de forma horizontal hasta que la aguja del reloj comparador no se moviera, dejando una diferencia de 0.00 mm entre los extremos de la mesa.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 17/11/2017

Figura 3-47. Pernos de sujeción de guía de movimiento vertical

A continuación, se calibró el movimiento de profundidad de corte dada por el carro porta-herramienta, colocando el palpador del reloj comparador en la parte lateral del porta-herramienta. Se movió de forma vertical, arrojando una medida de 0,16 mm de diferencia, la cual se disminuyó apretando los pernos de la guía de movimiento vertical hasta arrojar una medida de 0.00 mm de diferencia. Luego de esto se colocó el palpador del reloj comparador en la cara frontal del porta-herramienta, verificando el juego del movimiento de profundidad de corte en su eje X.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 17/11/2016

Figura 3-48. Pernos de sujeción de guía de movimiento vertical

Luego de calibrar los movimientos principales del equipo y para poder evidenciar la funcionalidad de la limadora ya restaurada, se realizaron dos pruebas: la primera consiste en planear un trozo de aluminio usando el mecanismo de avance automático y la segunda, en realizar una canal de chaveta a una polea.

3.3.1 Canal de chaveta

Al realizar esta prueba, se utilizó el tornillo mecánico para el montaje de la polea, colocándolo con las mordazas en forma perpendicular con relación al recorrido de la herramienta.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 18/11/2016

Figura 3-49. Montaje polea

Con la polea montada, se instala el porta-herramienta para mecanizado interior de diámetro 13mm fabricado anteriormente. En éste último se colocó una herramienta de acero rápido de 6mm de ancho. Luego se desactivó el sistema de avance automático y se fijó la mesa para impedir su movimiento horizontal, se ajustó el recorrido de la herramienta para darle una sobre-carrera y una ante-carrera adecuadas. Se ejecutó el mecanizado a velocidad baja, dándole manualmente una profundidad de 4 mm. Al terminar el mecanizado se verificó la medida final de la chaveta con la ayuda de un pie de metro digital de 0.01 mm de resolución, midiendo 4.00 mm en todo el largo del chavetero. Con esto se comprobó la correcta trayectoria del movimiento principal del carnero, el buen funcionamiento del porta-herramientas y la disponibilidad de la máquina para realizar este tipo de trabajos

3.3.2 Planeado

Para realizar esta operación de mecanizado, se instala el porta-herramientas para trabajo en exterior y se monta la pieza a mecanizar en el tornillo mecánico con ayuda de una barra paralelas de acero.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 18/11/20116

Figura 3-50. Trozo de aluminio mecanizado en prueba de funcionamiento

Ya con la pieza montada, se ajusta el recorrido de la herramienta para darle una sobre-carrera y una ante-carrera adecuada. Luego, para desbastar la pieza, se colocó la maquina a velocidad baja y se le dio una pasada avanzando manualmente, comprobando el buen movimiento de la mesa de trabajo. A continuación de esto, se ajustó la máquina a velocidad alta y a un avance automático de un diente por pasada para el afinado.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 18/11/2016

Figura 3-51. Ilustraciones proceso de desbaste y afinado

Luego de mecanizar la pieza, se midió el espesor de sus cuatro esquinas para poder verificar la eficiencia de la operación de planeado, dando por resultado unos 27,50 mm. Con esto se logró comprobar que tanto la velocidad alta, la velocidad baja, el sistema de avance automático y el porta-herramienta cumplen con su función, mientras que la máquina opera sin juegos en sus movimientos principales. Además se verificó que la mesa de trabajo se mueve, manualmente, sin mayor esfuerzo.

Luego de verificar el correcto estado del equipo, se procedió a pintarlo con una pintura especial para máquinas para protegerlo de la corrosión y fines estéticos.



Fuente: Elaboración propia foto de terreno el 18/11/2016

Figura 3-52. Máquina recién pintada

CAPÍTULO 4: DETERMINACIÓN DE COSTOS

4 **DETERMINACION DE COSTOS**

Antes de comenzar la intervención del equipo, se llegó a un acuerdo con el dueño del taller: él pone a nuestra disposición toda la maquinaria, elementos, insumos y materiales encontrados en el taller Metalgall y también costea los repuestos e insumos faltantes a cambio de que la máquina restaurada se quede en dicho taller.

Durante el transcurso de la restauración del equipo, se fue tomando nota de cada elemento utilizado y de cada cuantificador (horas hombre y horas de utilización de máquinas) que signifique un gasto para el dueño de la empresa Metalgall con el fin de expresar numéricamente los costos asociados a la reparación del equipo. Dichos costos se agrupan según la función que cumplen en el arreglo de la máquina limadora.

4.1 **Costos de repuestos**

Repuesto	Precio unitario	Cantidad	Precio total
Enchufe	\$1.750	1	\$1.750
Interruptor	\$1.600	1	\$1.600
Cable tripolar	\$790	2 metros	\$1.580
Rodamiento 6306	\$8.000	1	\$8.000
Graseras M10x1	\$350	12	\$4.200
Perno M8x1	\$150	3	\$450
Perno W3/8x16G	\$150	1	\$150
Perno M10x1.5	\$220	3	\$660
Perno M20x2.5	\$1.300	2	\$2.600
Perno W9/16x12G	\$790	1	\$790
Tuerca M8x1	\$100	3	\$300
Tuerca 1/2x13G	\$130	4	\$520
Prisionero M8x1.25	\$490	1	\$490
Prisionero M6x1	\$270	2	\$540
Prisionero M10	\$620	1	\$620
Resorte	\$3.900	1	\$3.900
Precio total			\$28.150

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-1. Costos de repuestos

4.2 Costos de insumos

Insumo	Cantidad	Precio unitario	Cantidad utilizada	Precio total
Electrodos E6011 3/32	1 Kg	\$3603	1 Kg	\$3.603
Aceite BRADOL SAE 10	1 litro	\$2490	2 litros	\$4.980
Grasa multipropósito	250 ml	\$4990	250 ml	\$4.990
Solvente TEC 201	20 litros	\$70000	2 litros	\$7.000
Papel abrasivo 280 granos	1	\$280	5	\$1.400
Papel abrasivo 320 granos	1	\$280	8	\$2.240
Papel abrasivo 360	1	\$280	4	\$1.120
Líquido anti-corrosivo	1 litros	\$1750	2	\$3.500
Precio total				\$28.833

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-2. Costo de insumos

4.3 Costos de materiales

Un gran porcentaje del material utilizado para fabricar los elementos faltantes, fue de trozos de metal encontrados en el taller Metalgall, a excepción de la punta de la cuña del disparador que fue comprada.

Esta tabla fue creada para atribuirle un valor al material utilizado encontrado dentro del taller, donde se anotó el tipo de material según ensayo de chispa, sus dimensiones antes de ser mecanizados y su respectivo precio, cotizado en Aceros Otero, ubicado en Viña del Mar calle Quillota #636. Dicha cotización se encuentra en [Anexo N: Cotizaciones](#).

Material	Dimensiones	Precio
SAE 1045	Ø2.1/4 in x 80mm	\$1.620
	Ø75mm x 30mm	\$1.050
	Ø50mm x 110mm	\$1.710
	Ø50mm x 50mm	\$780
	Ø14mm x 120mm	\$300
	Ø3/4 in x 140	\$320
	Ø8mm x 80mm	\$60
	Ø30mm x 70mm	\$780
	Ø50mm x 30mm	\$470
	Ø40mm x 50mm	\$1.000
SAE 1020	Ø2.1/2inch x 40mm	\$1.000
	Ø1.3/4inch x 30mm	\$370
	Ø1.1/4inch x 60mm	\$380
	Ø20mm x 220mm	\$1.100
	Ø50mm x 30mm	\$470
	Ø1.1/2inch x 30mm	\$270
1.2436 CPW DORRENBURG	Ø26mm x 30mm	\$780
Placa ASTM A36	8mm x 300mm x 300mm	\$4.303
	10mm x 300mm x 300mm	\$5.378
Eje roscado	W1/2 x 13G	\$950
Precio total		\$23.091
Precio total + IVA		\$27.298

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-3. Costos de materiales

4.4 Costo de horas-hombre

Para la elaboración de esta tabla se utilizó el tiempo total que implica realizar una operación de mecanizado, incluyendo los tiempos de búsqueda de material, de montaje, de búsqueda de herramienta y tiempos asociados a adversidades varias, siendo tiempos aproximados ya que no fueron cronometrados al momento de realizar dichas operaciones. Para poder determinar la hora-hombre se calcularon en un mes promedio de 30 días, con 22 días hábiles, dando por resultado 176 horas de trabajo al mes. Este resultado se multiplicó por un precio estimado de \$2200, dando por resultado un salario de \$387200, cifra estimada (debido a que el sueldo del dueño del taller es relativo por ser un trabajador independiente) correspondiente a la ganancia que tendría un trabajador de la empresa Metalgall,

Esta tabla fue ideada para simular el precio en horas-hombre de cada operación asociada al arreglo de la máquina limadora.

Operación	Horas empleadas	Costo total
Fabricación de pernos	4	\$8.800
Elaboración de buje	5	\$11.000
Fabricación de soporte porta-herramienta exterior	4:15	\$9.350
Elaboración de soporte porta-herramienta interior	1:30	\$3.300
Fabricación de porta-herramienta interior mayor	3:30	\$7.700
Elaboración de porta-herramienta interior menor	4	\$8.800
Fabricación sistema avance automático	25:45	\$56.650
Reparación rueda dentada	4	\$8.800
	Precio total	\$114.400

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-4. Costos horas hombre

4.5 Costo de horas-maquina

Se creó este listado con la finalidad de cuantificar los gastos asociados a las tareas de fabricación y restauración de los elementos. Dichos costos fueron determinados simulando que las tareas se realizaran para algún cliente externo. Esta tabla fue confeccionada con valores de horas-máquinas impuestas por el dueño del taller Metalgall.

Máquina	Costo de utilización por hora
Torno	\$12.000
Fresadora	\$14.000
Taladro	\$5.000
Máquina de soldar	\$5.000
Soplete y horno	\$25.000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-5. Costo total de hora maquina

Sector	Tarea	Máquina empleada	Horas empleadas	Costo total tarea
Motor	Fabricación pernos de sujeción	Fresadora	2	\$28.000
		Taladro	0.5	\$2.500
		Máquina de soldar	0.5	\$2.500
Sistema de embrague	Arreglo de pivote	Máquina de soldar	0.25	\$1.250
	Fabricación buje	Taladro	0.5	\$2.500
		Torno	4	\$48.000
		Máquina de soldar	1	\$5.000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-6. Costo detallado de hora maquina parte 1

Sector	Tarea	Máquina empleada	Horas empleadas	Costo total tarea
Rueda dentada excéntrica y biela oscilante	Reparación rueda dentada	Fresadora	3	\$32.000
		Torno	1	\$12.000
		Máquina de soldar	1	\$5.000
	Mecanización del eje	Torno	0.5	\$6.000
Carnero	Ampliación de agujeros	Taladro	0.5	\$2.500
Carro porta-herramientas	Generación y ampliación de agujeros roscado	Taladro	0.75	\$3.750
	Fabricación de soportes porta-herramienta	Torno	2.25	\$27.000
		Fresadora	2.5	\$35.000
	Fabricación de porta-herramientas interior	Torno	1.5	\$18.000
		Taladro	0.25	\$1.250
		Máquina de soldar	0.5	\$2.500
Avance automático	Fabricación sistema de avance automático	Torno	10.5	\$126.000
		Taladro	1	\$5.000
		Fresadora	6	\$84.000
		Máquina de soldar	3	\$15.000
		Soplete y horno	2	\$50.000
		Costo total hora-maquina		\$514.750

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-7. Costo detallado de hora maquina parte 2

Costo	Cifra
Horas-hombre	\$114.400
Horas-máquina	\$514.750
Total	\$629.150

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-8. Costos simulados

Costo	Cifra
Repuestos	\$28.150
Insumos	\$28.833
Material	\$27.298
Total	\$84.281

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-9. Costos reales

Costo	Cifra
Simulados	\$629.150
Real	\$84.281
Total	\$713.431

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-10. Costo total

CONCLUSIONES

La descripción del equipo, junto con la información agregada, permitió conocer el funcionamiento de los mecanismos interiores y apreciar la labor que cada componente cumple dentro de la limadora.

Gracias al análisis de los componentes se logró hacer un diagnóstico de los mecanismos principales del equipo, de los cuales se pudo observar que solo el mecanismo de cambio de velocidades presentaba sus componentes en óptimas condiciones para funcionar, a pesar de la suciedad acumulada en él. Gracias a este análisis, se pudo identificar el principal inconveniente que presentaba el movimiento de corte principal, el cual era producido por el roce entre la rueda ranurada y el buje que sostiene al eje de la rueda dentada doble, problema explicado y resuelto en la subsección 3.1.4. Otro inconveniente que generaba problemas para el movimiento general del equipo fue el óxido encontrado en las superficies de los elementos móviles, provocando dificultades al momento de manipular los volantes de movimiento horizontal y vertical de la mesa, y el volante para dar la profundidad de corte.

Un pilar fundamental del presente trabajo de título fue el listado de posibles soluciones, creado en función de los problemas identificados en el capítulo 2. Dicho listado fue de gran ayuda al momento de decidir una acción y abrió paso a la planificación de la restauración del equipo. Con las tareas definidas, se elaboró la carta Gantt, la cual fue sobrepasada a causa de adversidades varias que se fueron presentando, alargando el período de intervención en tres semanas aproximadamente.

Gracias a la reubicación del equipo, la entrada del taller se encuentra despejada, dejando espacio para el tránsito y sumando comodidad al momento de manipular el torno GEDEC.

El hecho de tener la limadora activa pudo provocar una cifra considerable de ingresos, estos fueron comparados con el costo real de reparación, dando por resultado una gran diferencia entre valores. Si la empresa Metalgall presenta la misma demanda de trabajos que en 2016 o 2015, el dinero recibido costeará los gastos realizados e incluso generará ganancias, justificando totalmente la reparación del equipo. Por otra parte, tener el equipo inactivo genera mayores costos de oportunidad y limita la realización de trabajos internos de la empresa Metalgall, como por ejemplo la realización de chaveteros para ejes que operan en máquinas herramientas del taller. También se logró concluir que es de vital importancia un mantenimiento periódico a los equipos de un taller. Sea una empresa grande o pequeña, la disponibilidad de los activos influirá directamente en las ganancias percibidas por el dueño de ésta.

Lo más importante del presente trabajo de título fueron las pruebas de funcionamiento de la limadora, ya que éstas sirvieron para evidenciar el óptimo estado del equipo. El buen mecanizado de las piezas de prueba no hubiera sido posible sin la calibración de los movimientos principales de la máquina. Obviar este proceso implicaría que todos los elementos que se mecanizarán a futuro no tendrían una precisión apropiada. Ya con las piezas de prueba mecanizadas y con sus medidas correspondientes, se puede concluir que gracias al presente trabajo de título, la máquina limadora esta en óptimas condiciones para realizar trabajos que se vayan presentando a futuro, alcanzando así el objetivo general.

BIBLIOGRAFÍA

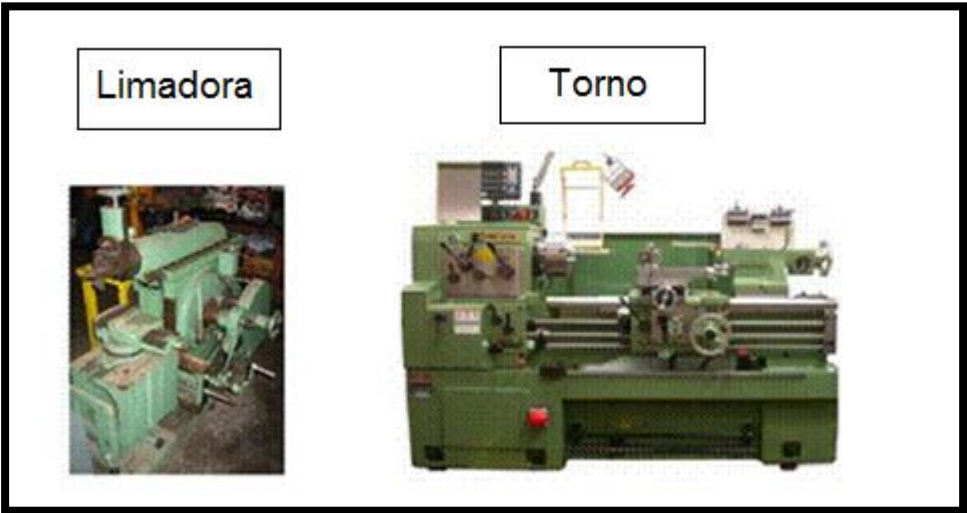
- RUIZ, Carlos. La limadora [Diapositivas en línea]
<<http://slideplayer.es/slide/30517/>>
- Catálogo BÖHLER K100 Kaltarbeitsstahl cold work tool steel
- Catálogo Soldadura de material de hierro fundido HILCO [Archivo PDF en línea] <<https://hilco-welding.com/wp-content/uploads/2011/09/5E.-Hierro-fundido.pdf>>
- Catálogo TEC 201 especificaciones de productos [Archivo PDF en línea] <http://www.biotec.cl/wp-content/uploads/productos/tec_201.pdf>
- MELLA, Elías. Ensayo de chispa y lima [Archivo Word] UTFSM sede viña del mar. Primer semestre 2015.

ANEXOS

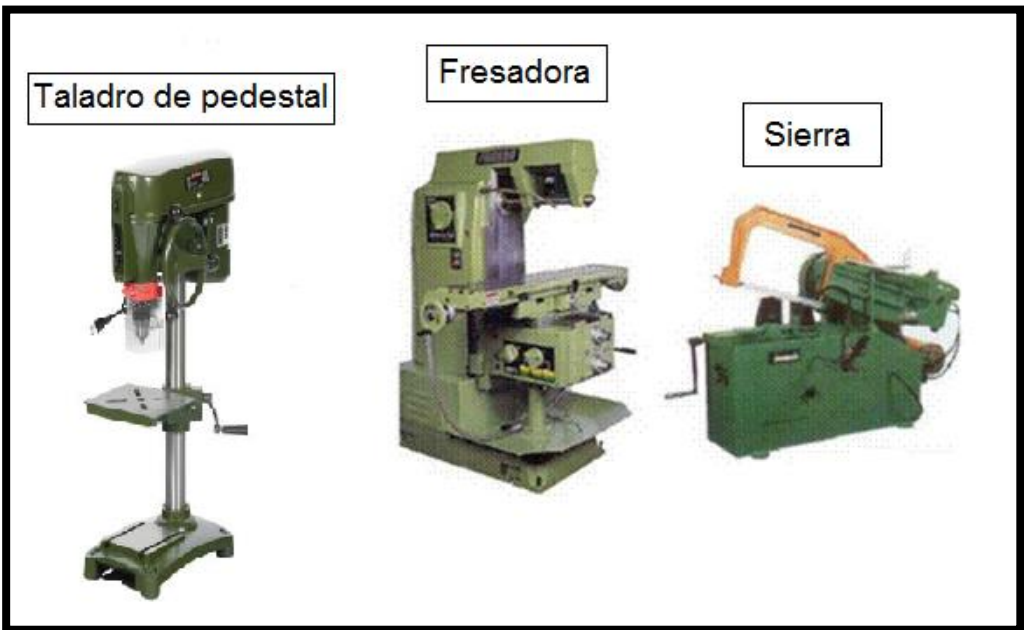
Anexo A: Clasificación de máquinas de corte

Las máquinas herramientas se clasifican según la cantidad de filos que posea la herramienta de corte

Herramienta de monofilo



Herramientas de multi-filo



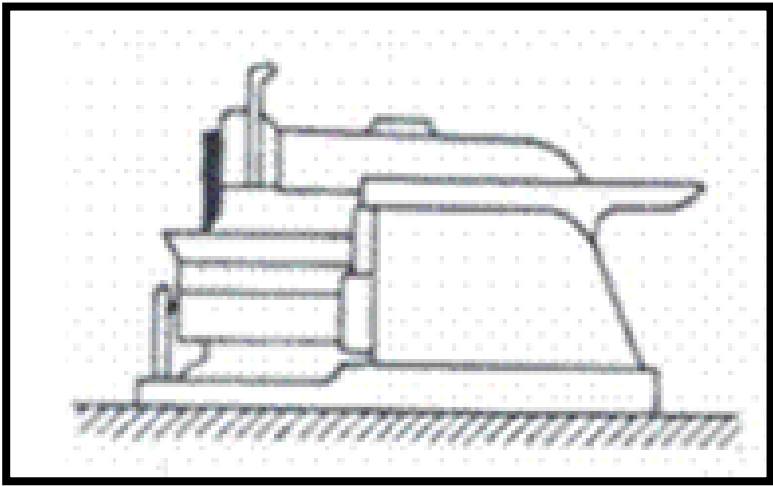
Herramienta de poli-filo, poli-cortantes o muelas abrasivas



Anexo B: Diferencias con otros equipos similares

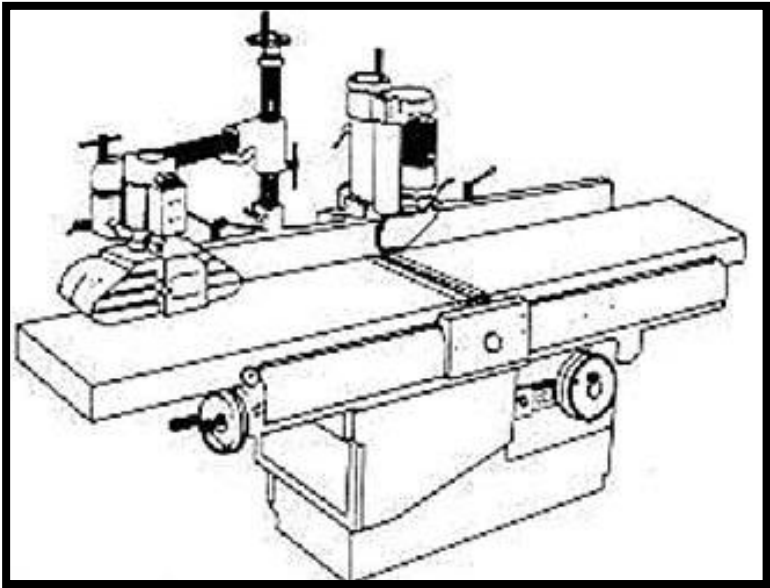
Muchas veces hay confusión al hablar de una limadora, cepilladora o amortajadora debido a su similitud en cuanto a los trabajos que estos pueden realizar pero he aquí una de las principales diferencia que existen entre estas maquinas herramientas.

Limadora



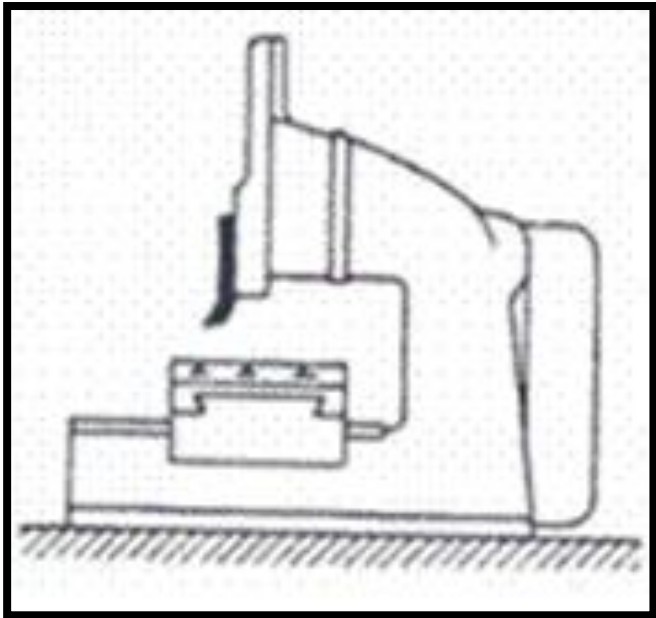
Herramienta de corte	Movimiento horizontal
Pieza a mecanizar	Fija

Cepilladora



Herramienta de corte	Fija
Pieza a mecanizar	Movimiento horizontal

Mortajadora



Herramienta de corte	Movimiento vertical
Pieza a mecanizar	Fija

Anexo C: Condiciones de corte

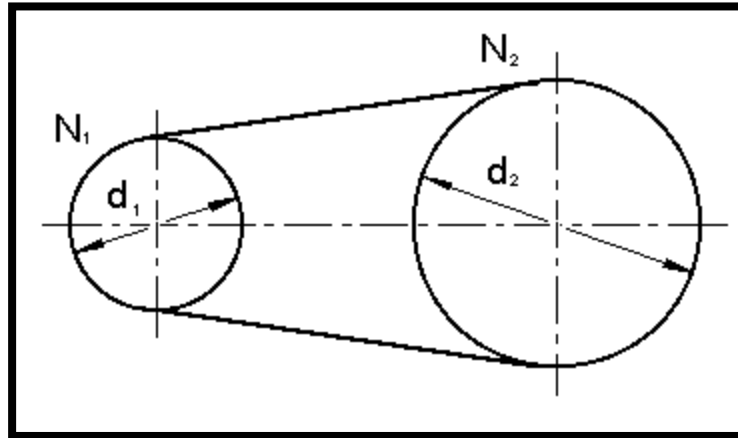
Debido al movimiento de avance y retroceso rectilíneo para efectuar el corte, en los extremos de la carrera, el carnero se detiene para cambiar el sentido del movimiento, siendo en estos puntos la velocidad de desplazamiento nula y, en los puntos intermedios, variable. Para poder darle una magnitud a tal velocidad, se toma un valor medio de ésta, la cual, depende del tipo del material a trabajar; la herramienta utilizada, de su enfriamiento y de los esfuerzos que generan debido a las masas desplazadas en el movimiento. Estas velocidades, tanto como la de corte como la de avance de la operación de limado, están tabuladas para poder facilitar la realización de los cálculos previos, pertenecientes a la planificación del trabajo a desarrollar.

Velocidades de corte y avance			
Material a trabajar	Material de herramienta	Velocidad de corte m/min	Avance en mm
Acero de Construcción	Acero al Carbono	6 a 12	0,1 a 8
	Acero Rápido	10 a 30	0,2 a 12
Acero moldeado	Acero al carbono	5 a 10	0,1 a 8
	Acero rápido	10 a 25	0,2 a 12
Fundición de hierro	Acero al carbono	5 a 10	0,1 a 8
	Acero rápido	10 a 20	0,2 a 12
Bronce, latón, etc.	Acero al carbono	10 a 20	0,1 a 10
	Acero rápido	20 a 30	0,2 a 12
Metales ligeros	Acero al carbono	10 a 25	0,1 a 10
	Acero rápido	25 a 50	0,2 a 12

Velocidades de Corte en M/MIN.			
Material a Trabajar	Material de la Herramienta		
	Acero al Carbono	Acero Rápido	Acero Duro
Fundición	5 a 10	14	15 a 70
Fundición Maleable	—	10	10 a 60
Acero Dulce (K _Z = 35 a 60 K/mm ²)	6 a 12	14	20 a 100
Acero Semiduro	—	—	15 a 80
Acero Moldeado	5 a 10	—	—
Acero Duro (K _Z = 65 a 90 K/mm ²)	—	10 a 12	10 a 60
Acero Muy Duro (K _Z = 90 a 120 K/mm ²)	—	8	—
Bronce – Latón	10 a 20	—	—
Bronce	—	—	50 a 200
Latón - Cobre	—	—	50 a 350

Anexo D: Relación de transmisión de poleas

Este cálculo se hizo para determinar la velocidad de giro de la polea triple del sistema de embrague. Esta polea se conecta con el piñón de cambio de velocidades a través del eje motriz, haciendo que giren a la misma velocidad.



- Velocidad de giro polea del motor $N_1=1380$ rpm
- Diámetro polea del motor $d_1=90$ mm
- Velocidad de giro polea triple $N_2= X$
- Diámetro polea triple $d_2= 280$ mm

Para poder encontrar la incógnita “ N_2 ”, se utilizó la formula de relación de transmisión:

$$i = \frac{N_1}{N_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

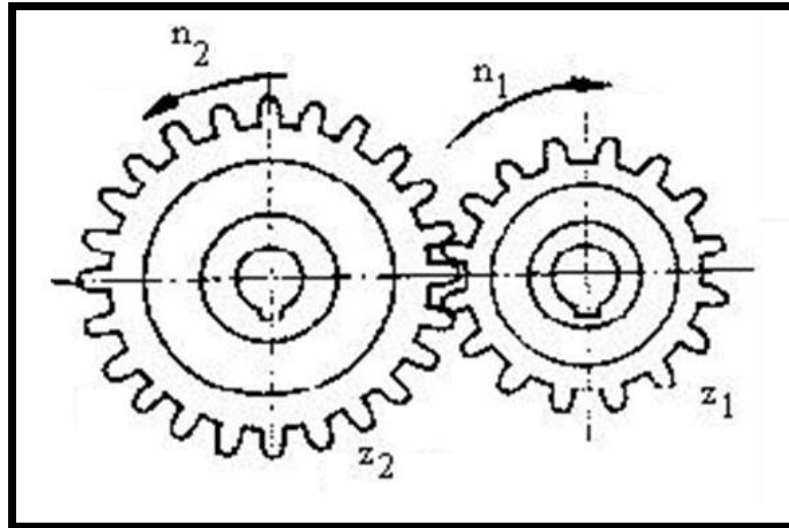
Reemplazando con los datos conocidos y despejando:

$$\frac{1380 \times 90}{280} = 443.6$$

Dando por resultado una velocidad de 443.6 rpm y una relación de transmisión de 3.1

Anexo E: Relación de transmisión de ruedas dentadas

Este cálculo se realizó para determinar las velocidades de operación (alta y baja) de la rueda dentada doble.



-N₂=Velocidad de giro rueda dentada

-Z₂=Numero de dientes rueda dentada

-N₁=Velocidad de giro piñón de cambio de velocidades

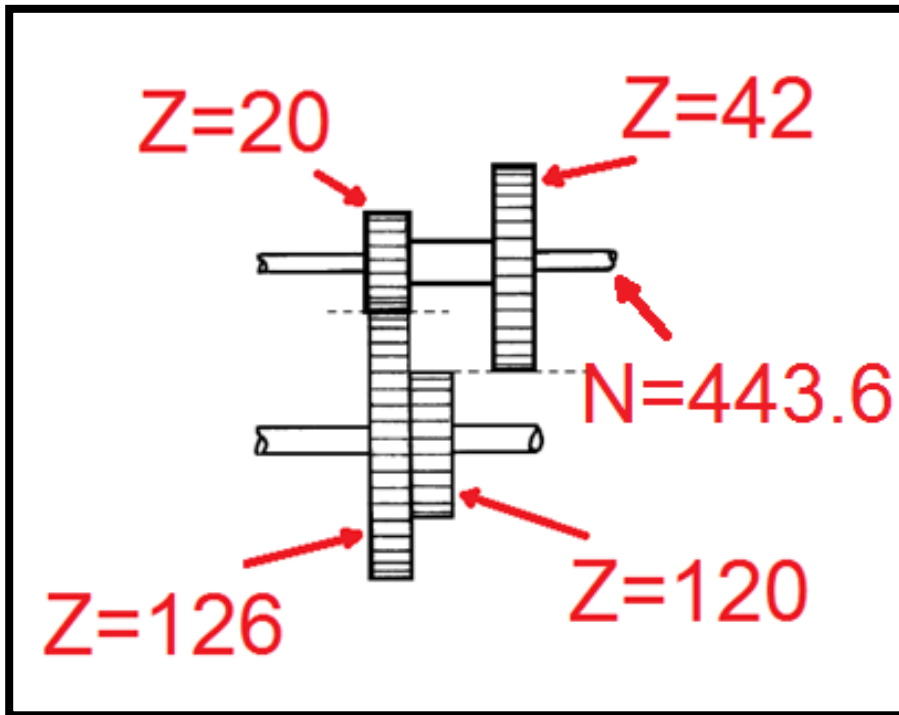
-Z₁=Numero de dientes piñón de cambio de velocidades

Para realizar el cálculo se utilizó la fórmula de relación de transmisión de engranajes:

$$Z_1 \times n_1 = Z_2 \times n_2$$

Despejado la incógnita, la fórmula quedaría de la siguiente manera:

$$\frac{Z_1 \times n_1}{Z_2} = n_2$$



Reemplazando por los datos conocidos:

$$\frac{20 \times 443.6}{126} = 70.4$$

$$\frac{42 \times 443.6}{120} = 155.3$$

Por ende, la velocidad alta sería de 155.3 rpm y la velocidad baja de 70.4 rpm

Anexo F: Movimiento del carnero

Velocidad media

Corresponde a la velocidad con la que se mueve el carnero, se mide en metros/minuto y se calcula según la siguiente fórmula:

$$V_m = 2 \left(\frac{V_c \times V_r}{V_c + V_r} \right)$$

$$V_r = 2 V_c$$

Donde:

- V_m = velocidad media
- V_c = velocidad de corte
- V_r = velocidad de retroceso

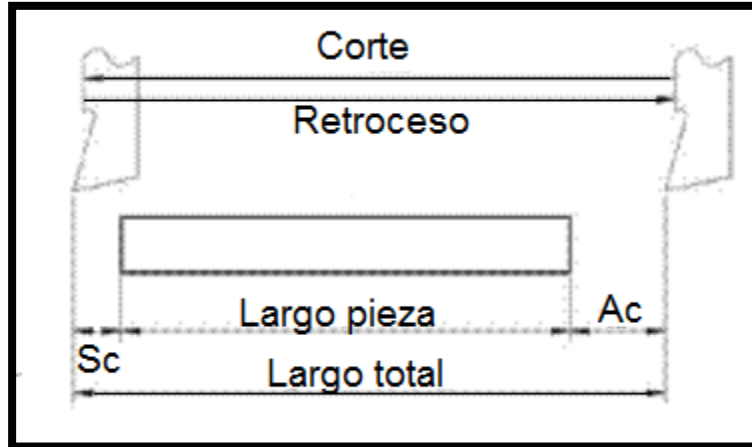
Frecuencia de alternación (f)

Corresponde a la cantidad de doble carreras (avance y retroceso) en un período de tiempo, se mide en doble carrera/minuto y se calcula según la siguiente fórmula:

$$f = \frac{V_m}{2 \times L}$$

Donde:

- V_m = velocidad media (m/s)
- L = longitud carrera (milímetros)



Largo total = Ante carrera + largo pieza + sobre carrera

Tiempos

El tiempo principal corresponde a los minutos que se tardará la operación de mecanizado y se calcula de la siguiente manera:

$$T_p = n \times t$$

$$f = \frac{L}{s}$$

$$t = t_a + t_r$$

$$t_a = \frac{L}{V_c}$$

$$t_r = \frac{L}{V_r}$$

Donde:

-f = frecuencia (doble carrera/minuto)

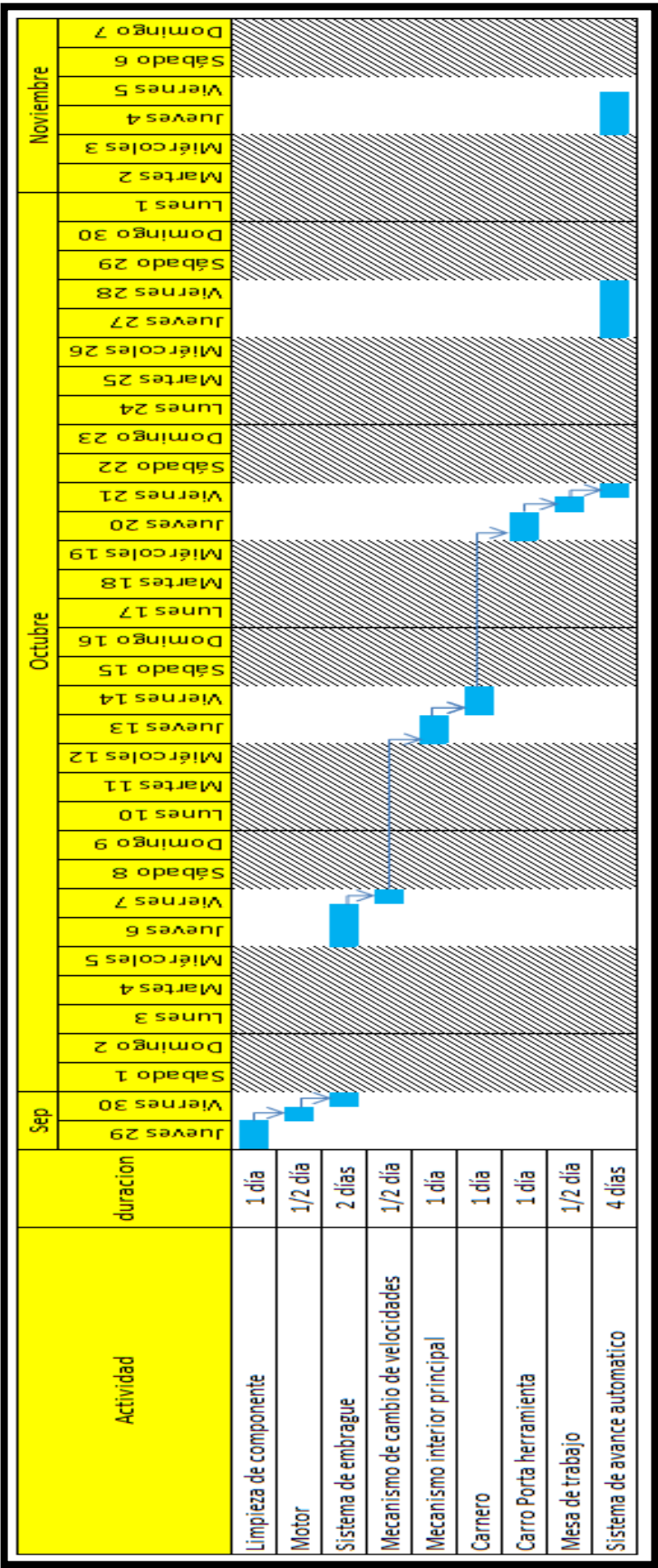
-t = tiempo de una doble carrera (minuto/doble carrera)

-s = avance (milímetros)

-t_a = tiempo de avance

-t_r = tiempo de retroceso

Anexo G: Carta Gantt



Anexo H: Soldadura de hierro fundido

En general se utilizan dos métodos para soldar hierro fundido:

- La soldadura en frío
- La soldadura en caliente

Soldadura en caliente

La soldadura en caliente se hace con electrodos, varillas de soldadura a gas o alambres macho otorgando un color y una estructura dependiendo del depósito. La soldadura caliente de hierro fundido necesita que se precaliente a una temperatura de entre 400 y 650°C, dependiendo del tamaño y la forma de la parte que hay que soldar. Debido al precalentamiento y a la implementación de altas temperaturas extra a través del proceso de soldadura se crea un charco de soldadura con un enfriamiento lento. En consecuencia, la soldadura caliente es solamente apropiada para soldar en posición horizontal. El lento enfriamiento o el tratamiento opcional posterior de calor proporciona una soldadura sin rajaduras y sin picos de dureza. Los valores mecánicos pueden alcanzar los valores del material de base, dependiendo del tratamiento de calor.

Soldadura en frío

Para la soldadura en frío de hierro fundido se utilizan electrodos de alambre MIG y TIG en bases de hierro, níquel y cobre. Se han seleccionado los parámetros y los procedimientos para evitar un excesivo calentamiento en la zona de soldadura. Se debe mantener una temperatura de un máximo de 60°C para evitar la tensión por calor. El chorreo con granalla del depósito de soldadura ayuda a reducir la tensión de la soldadura. Las ventajas de una soldadura en frío en soldadura de reparación son la posibilidad de soldadura posicional y el evitar deformaciones. En muchos casos las partes se pueden soldar sin tener que desmontarlas. Se pueden hacer las soldaduras de producción y construcción sin tratamientos térmicos prolongados y dentro de un corto espacio de tiempo. La carga de calor en el soldador es reducida en comparación con la soldadura en caliente.

Esta información es un extracto sacado de un catálogo Hilco, el cual se encuentra en la bibliografía.

Anexo I: Cálculos en operación de fresado

Calculo cabezal divisor

Para montar la rueda dentada de 126 dientes, se utilizó un cabezal divisor de constante 40. Esta constante es la que se utilizará para el siguiente cálculo

$$\frac{40}{Z} \rightarrow \text{Reemplazando} = \frac{40}{126} \rightarrow \text{simplificando} = \frac{20}{62}$$

Este cálculo permite determinar la órbita en la que la manilla del cabezal divisor tiene que moverse, en nuestro caso será la órbita de 62 espacios. Buscando en el taller de mecánica industrial de la universidad técnica Federico Santa María se encontró un disco de órbitas con un rango entre 44 y 66 espacios, de este cálculo podemos determinar que para realizar el tallado de los dientes faltantes se debe girar la manivela del cabezal divisor hasta avanzar 20 espacios en la órbita de 62 así mismo para cada diente.

Cálculo de velocidad de herramienta

Sirve para ver la velocidad en RPM de la herramienta de corte. Luego de calcular, el resultado se ajusta a las condiciones de la máquina utilizada, acercándola a la velocidad inferiormente próxima. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times d} \rightarrow$$

Donde:

-n=RPM de la fresa (1/min)

-Vc= Velocidad de corte (m/min)

-d= Diámetro de la fresa (mm)

- π = 3,1416

En nuestro caso se utilizó una velocidad de corte de 18 m/mm, correspondiente a la velocidad del hierro fundido según la tabla del anexo 1.3 y ya que el diámetro del modulo de la fresa era 70 mm, la formula quedaría de la siguiente manera

$$n = \frac{1000 \times 18}{3,1416 \times 70} = 81,85$$

Ajustando el resultado a las condiciones de la máquina, la velocidad quedó en 80 rpm

Cálculo avance de la mesa

Este cálculo se realiza para determinar al avance automático de la mesa de la fresadora a la hora de generar los dientes faltantes y se calcula según la siguiente formula.

$$V_{av} = a \times z \times n$$

Donde:

- V_{av} = Velocidad de avance (mm/min)

-a = Avance por diente (mm)

-z = Numero de dientes de la fresa

-n= RPM de la fresa (1/min)

En este caso la RPM de la fresa ya fue calculada anteriormente así que se utilizará el valor de la maquina (80 1/min). La herramienta de corte corresponde a un módulo 2,5 de 8 dientes, la cual es considerada como sierra circular y su avance por diente es 0,08 mm según tabla. Reemplazando los datos la ecuación quedaría de la siguiente manera:

$$V_{av} = 0,08 \times 8 \times 80 = 51,2 \rightarrow 50$$

El resultado de la ecuación es 51,2 [mm/min], utilizando el valor más cercano que nos entregaba la maquina, el cual fue de 50 [mm/min].

Profundidad de corte

Este cálculo se realiza para determinar la altura del diente. Se utilizó la formula correspondiente a la norma internacional ISO:

$$h = 2,16 \times M$$

Reemplazando en la formula quedaría de la siguiente manera:

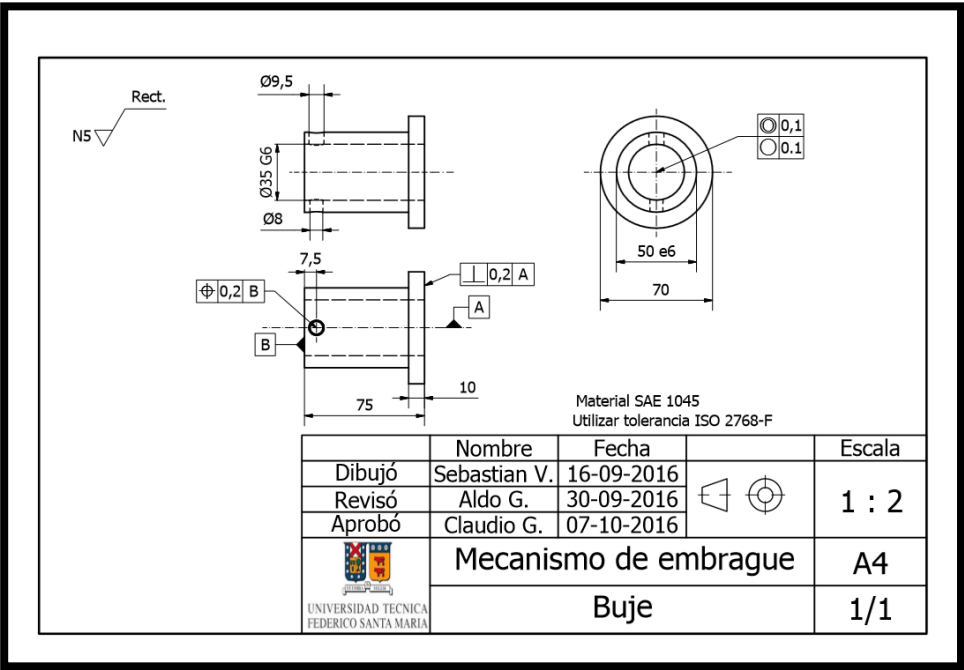
$$2,16 \times 2,5 = 5,4 \text{ mm}$$

Como el acero a mecanizar es blando, se determinó esta medida para generar los dientes de una sola pasada.

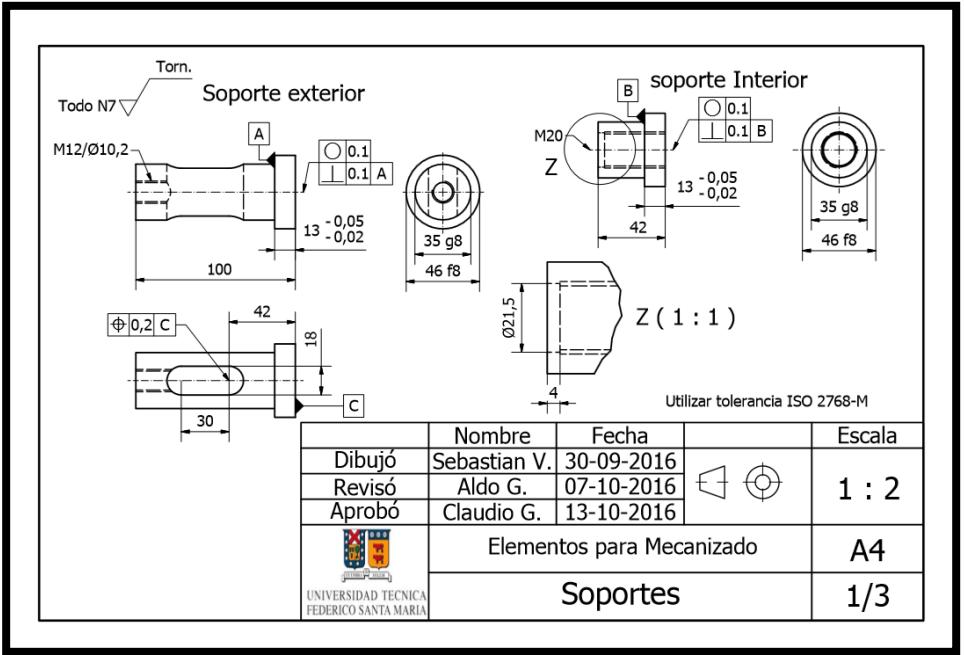
Anexo J: Planos de fabricación

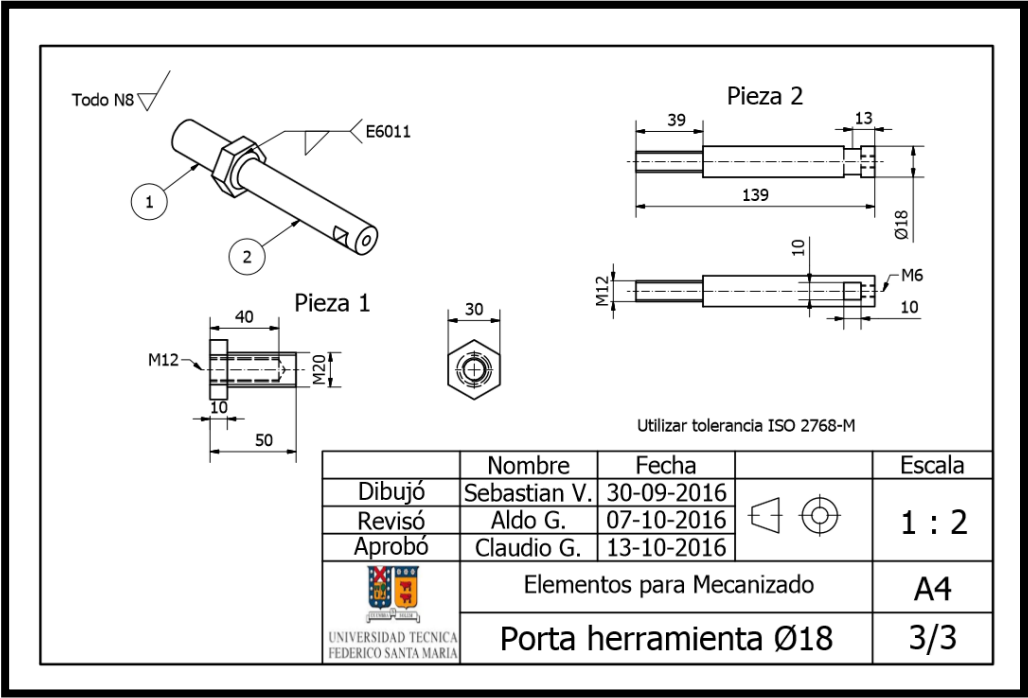
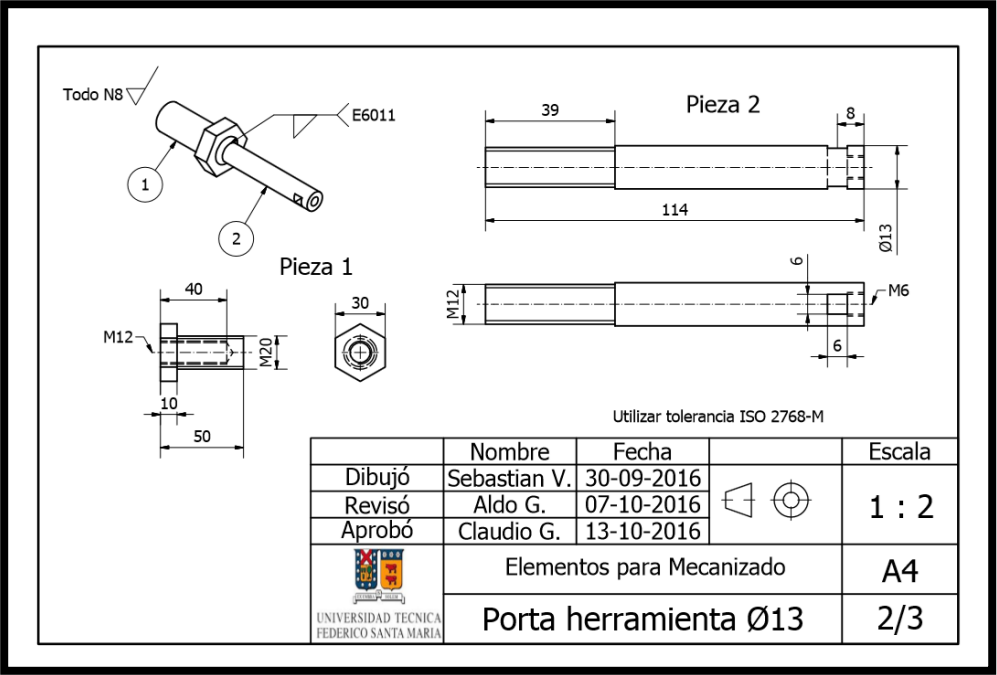
Para visualizar los planos reales dirigirse al final del documento impreso.

Mecanismo de embrague

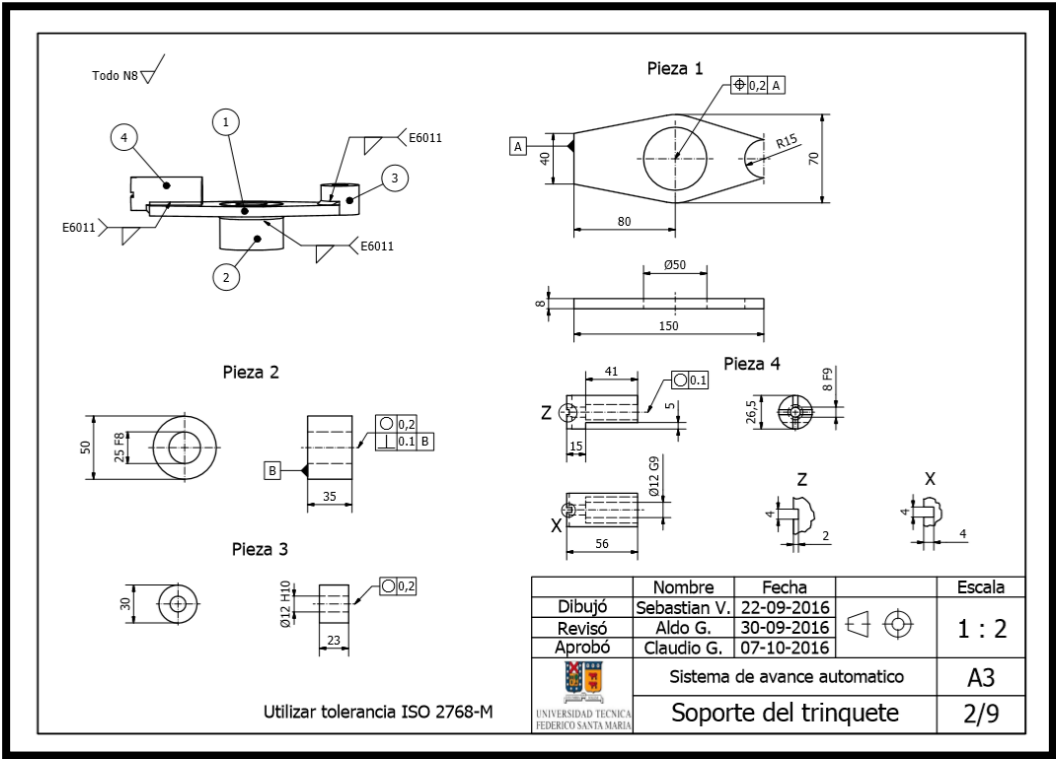
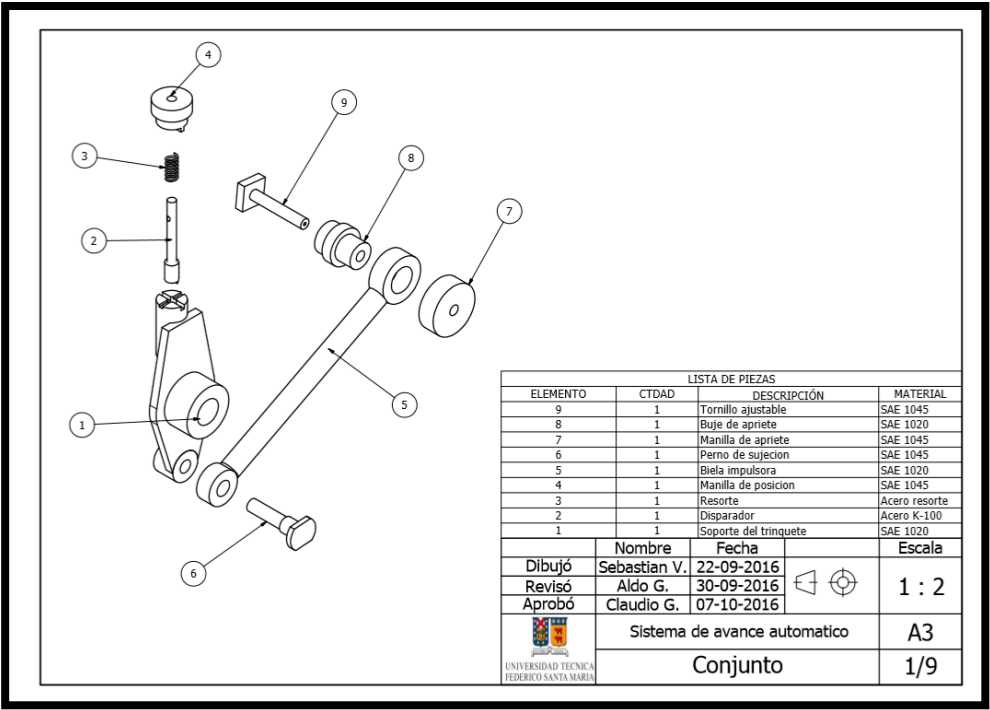


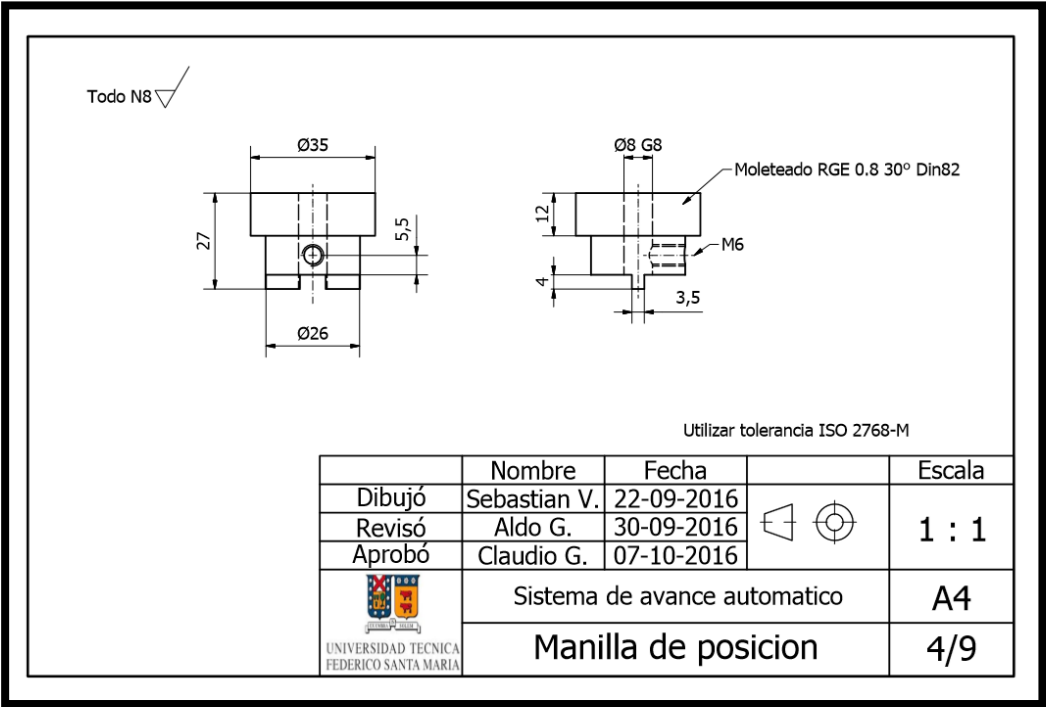
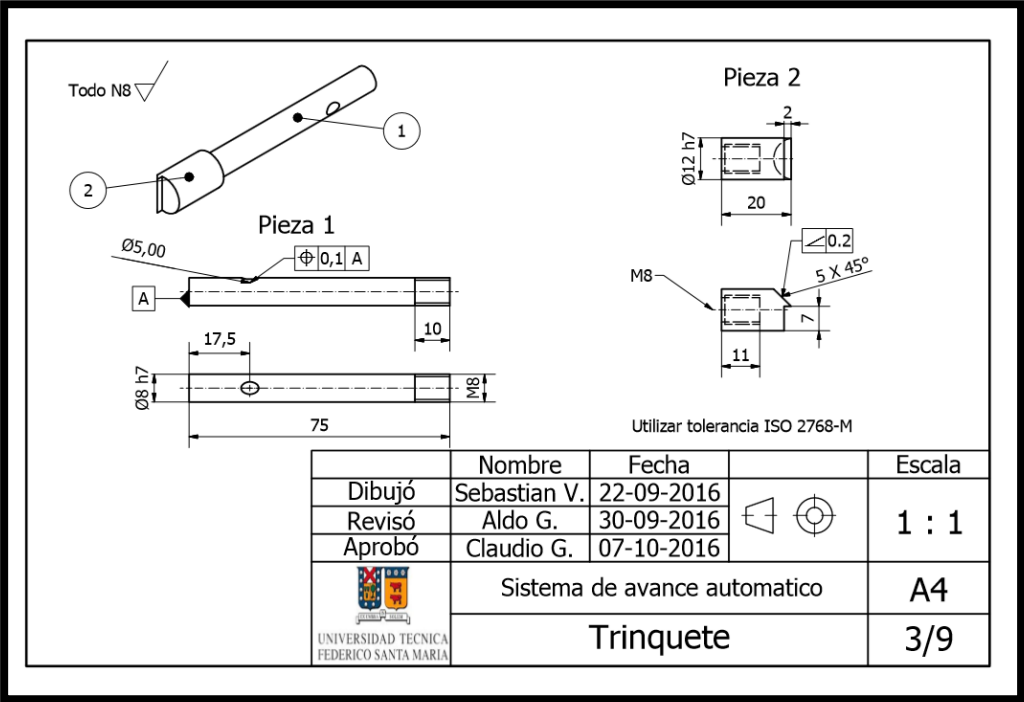
Elementos para mecanizado

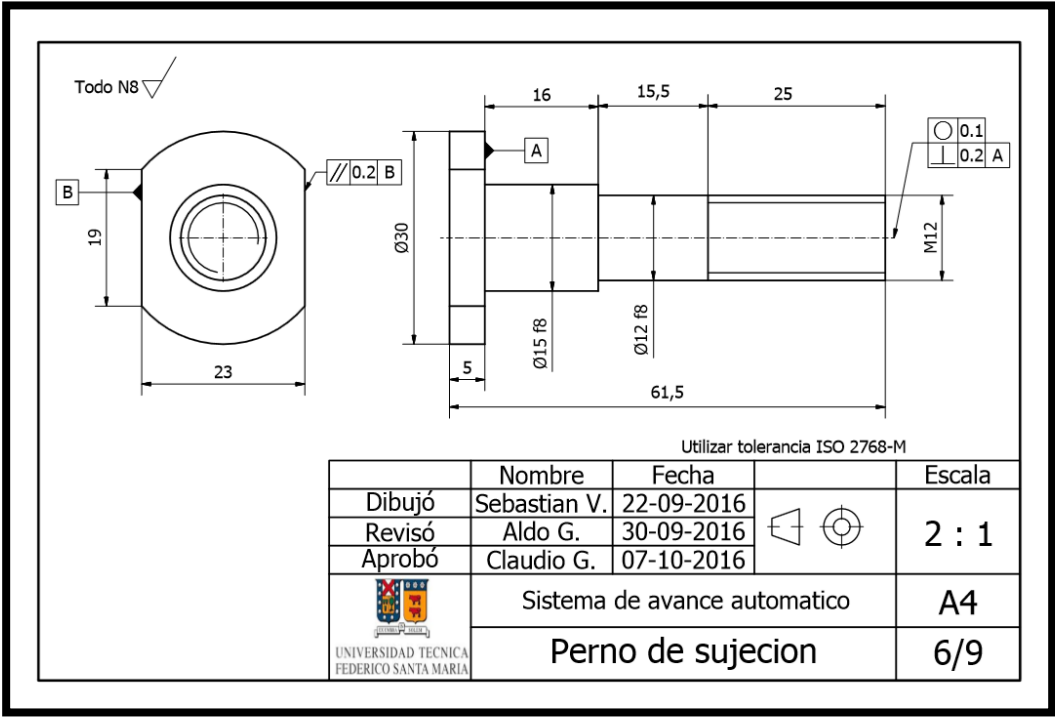
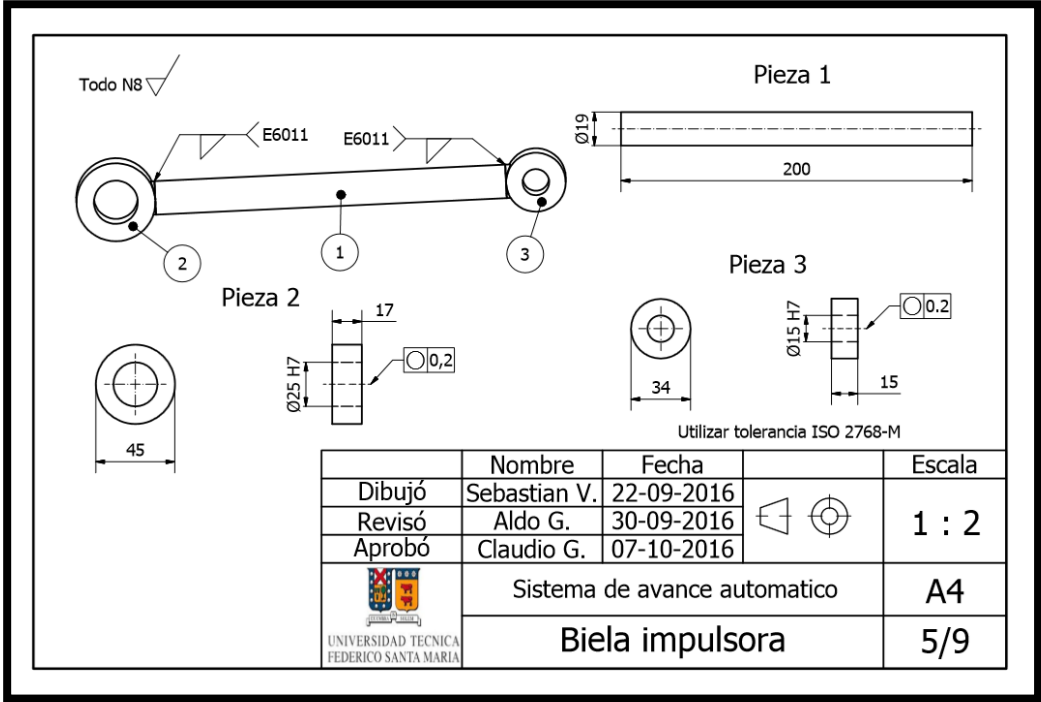


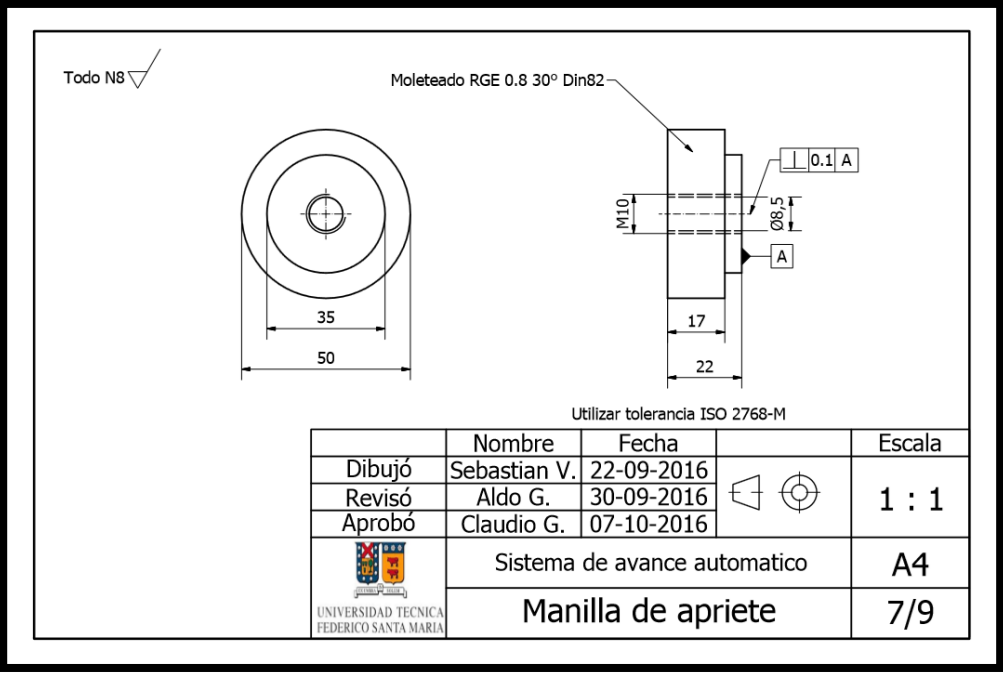


Sistema de avance automático

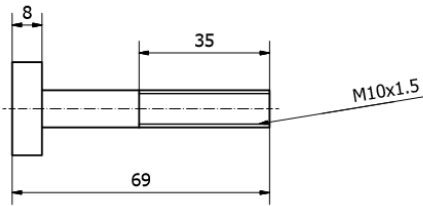
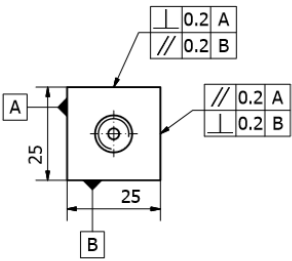








Todo N8 



Utilizar tolerancia ISO 2768-M

	Nombre	Fecha		Escala
Dibujó	Sebastian V.	22-09-2016		1 : 1
Revisó	Aldo G.	30-09-2016		
Aprobó	Claudio G.	07-10-2016		
 UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA	Sistema de avance automatico			A4
	Tornillo ajustable			9/9

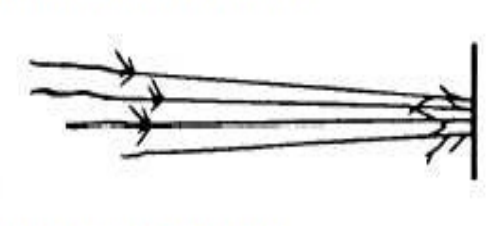
Anexo K: Ensayo de chispa

Metal	Bajo en carbono
Porcentaje de Carbono (%C)	< 0.20%
Descripción chispa	Líneas largas y amarillas
Ilustración	

Metal	Media aleación de Carbono
Porcentaje de Carbono (%C)	0.20% - 0.45%
Descripción chispa	Líneas amarillas con espigas sencillas
Ilustración	

Metal	Alto en carbono
Porcentaje de Carbono (%C)	> 0.45%
Descripción chispa	Líneas amarillas y brillante, haz de gran longitud con numerosas explosiones
Ilustración	

Metal	Hierro fundido
Descripción chispa	Haz naranjo y corto, explosiones con pequeñas ramificaciones
Ilustración	

Metal	Acero inoxidable
Descripción chispa	Haz pequeño y corto, color anaranjado-rojizo con escasez de explosiones
Ilustración	 El diagrama muestra una chispa formada por tres líneas rectas que convergen hacia la derecha, terminando en una línea vertical que representa la superficie de impacto. Las líneas convergentes tienen flechas en su extremo izquierdo que indican la dirección del movimiento. En el punto de impacto, se observan pequeñas líneas radiantes y una zona sombreada que sugiere la intensidad y el tipo de chispa generada.

Anexo L: Agujeros roscados

TABLA DE TALADROS PREVIOS AL ROSCADO

METRICO ISO

WHITWORTH

UNC

M	PASO	Ø Broca	W	PASO	Ø Broca	UNC	PASO	Ø Broca
1	0,25	0,75	3/32"	48	1,80	1	64	1,50
1,1	0,25	0,85	1/8"	40	2,50	2	56	1,80
1,2	0,25	0,95	5/32"	32	3,10	3	48	2,10
1,4	0,3	1,1	3/16"	24	3,60	4	40	2,30
			7/32"	24	4,40			
1,6	0,35	1,25	1/4"	20	5,10	5	40	2,60
1,7	0,35	1,3	5/16"	18	6,50	6	32	2,85
1,8	0,35	1,45				8	32	3,50
2	0,4	1,6	3/8"	16	7,90	10	24	3,90
			7/16"	14	9,30			
2,2	0,45	1,75	1/2"	12	10,50	12	24	4,50
2,3	0,45	1,9	9/16"	12	12,00	1/4"	20	5,20
2,5	0,45	2,05				5/16"	18	6,60
2,6	0,45	2,10	5/8"	11	13,50	3/8"	16	8,00
			3/4"	10	16,50			
3	0,5	2,5	7/8"	9	19,25	7/16"	14	9,40
3,5	0,6	2,9	1"	8	22,00	1/2"	13	10,75
4	0,7	3,3				9/16"	12	12,25
4,5	0,75	3,7	1 1/8"	7	24,75	5/8"	11	13,50
			1 1/4"	7	27,75			
5	0,8	4,2	1 3/8"	6	30,50	3/4"	10	16,50
6	1,00	5,00	1 1/2"	6	33,50	7/8"	9	19,50
7	1,00	6,00				1"	8	22,25
8	1,25	6,8	1 5/8"	5	35,50	1 1/8"	7	25,00
			1 3/4"	5	39,00			
9	1,25	7,8	1 7/8"	4,5	41,50	1 1/4"	7	28,25
10	1,50	8,5	2"	4,5	44,50	1 3/8"	6	30,75
11	1,50	9,5				1 1/2"	6	34,00
12	1,75	10,2	2 1/4"	4	50,00	1 3/4"	5	39,50
			2 1/2"	4	56,50			
14	2	12	2 3/4"	3,5	62,00	2"	4,5	45,25
16	2	14	3"	3,5	68,50			
18	2,5	15,5						
20	2,5	17,5						
22	2,5	19,5						
24	3	21						
27	3	24						
30	3,5	26,5						
33	3,5	29,5						
36	4	32						
39	4	35						
42	4,5	37,5						
45	4,5	40,5						
48	5	43						
52	5	47						
56	5,5	50,5						
60	5,5	54,5						
64	6	58						
68	6	62						

UNF	PASO	Ø Broca	BSF	PASO	Ø Broca
0	80	1,30	3/16"	32	4
1	72	1,60	1/4"	26	5,20
2	64	1,90	5/16"	22	6,60
3	56	2,10	3/8"	20	8,10
4	48	2,40	7/16"	18	9,50
5	44	2,70	1/2"	16	11
6	40	3,00	9/16"	16	12,7
8	36	3,50	5/8"	14	14
10	32	4,10	3/4"	12	16,5
12	28	4,70	7/8"	11	19,5
			1"	10	22,5
1/4"	28	5,50	1 1/8"	9	25,5
5/16"	24	6,90			
			1 1/4"	9	28,75
3/8"	24	8,50	1 1/2"	8	34,8
7/16"	20	9,90			
1/2"	20	12,90			
5/8"	18	14,50			
3/4"	16	17,50			
7/8"	14	20,40			
1"	12	23,30			
1 1/8"	12	26,50			
1 1/4"	12	29,50			
1 3/8"	12	32,70			
1 1/2"	12	36,50			

Anexo M: Parámetros de tratamiento térmico

BÖHLER K100

Wärmebehandlung

Weichglühen:

800 bis 850°C
Geregelte langsame Ofenabkühlung mit 10 bis 20°C/h bis ca. 600°C, weitere Abkühlung in Luft.
Härte nach dem Weichglühen:
max. 248 HB.

Spannungsarmglühen:

ca. 650°C
Langsame Ofenabkühlung. Zum Spannungsabbau nach umfangreicher Zerspaltung oder bei komplizierten Werkzeugen. Haltedauer nach vollständiger Durchwärmung 1-2 Stunden in neutraler Atmosphäre.

Härten:

940 bis 970°C
Öl, Warmbad (220 bis 250°C oder 500 bis 550 °C), Druckluft- oder Lufthärtung bis max. 25 mm Dicke bei Härtetemperaturen an der oberen Grenze möglich.
Haltedauer nach vollständigem Durchwärmen 15 bis 30 Minuten.
Erzielbare Härte: 63 - 65 HRC.

Heat treatment

Annealing:

800 to 850°C
Slow controlled cooling in furnace at a rate of 10 to 20°C/hr down to approx. 600°C, further cooling in air.
Hardness after annealing:
max. 248 HB.

Stress relieving:

approx. 650°C
Slow cooling in furnace; intended to relieve stresses set up by extensive machining, or in complex shapes.
After through heating, hold in neutral atmosphere for 1-2 hours.

Hardening:

940 to 970°C
Oil, salt bath (220 to 250°C or 500 to 550°C), compressed or still air if thickness does not exceed 25 mm and if hardening temperature is on the upper side of the range.
Holding time after temperature equalization: 15 to 30 minutes.
Obtainable hardness: 63 - 65 HRC.

BÖHLER K100

Anlassschaubild:

Härtetemperatur:

———— 950°C

----- 1000°C

Probenquerschnitt: Vkt. 20 mm

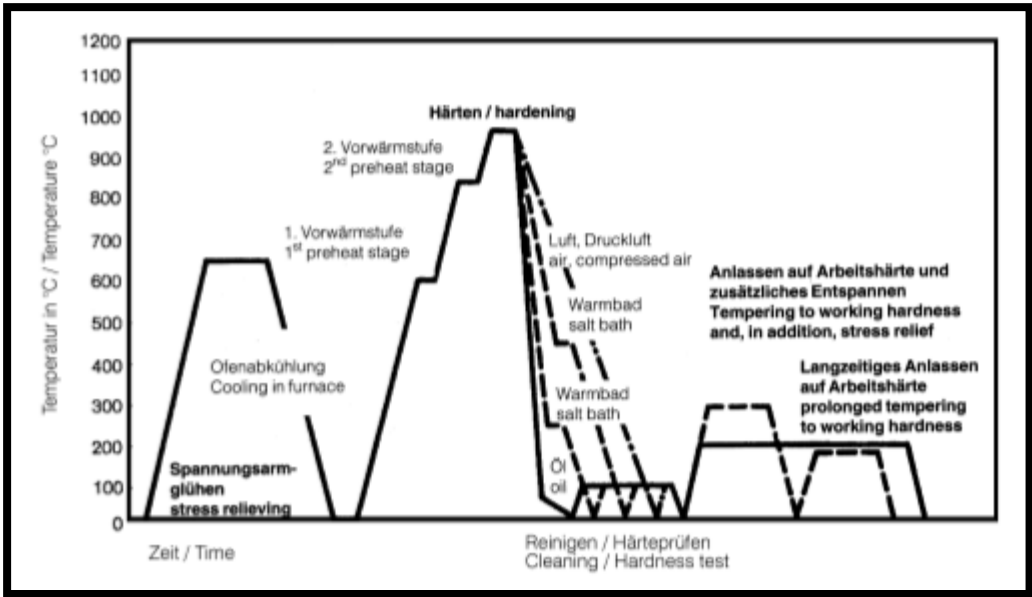
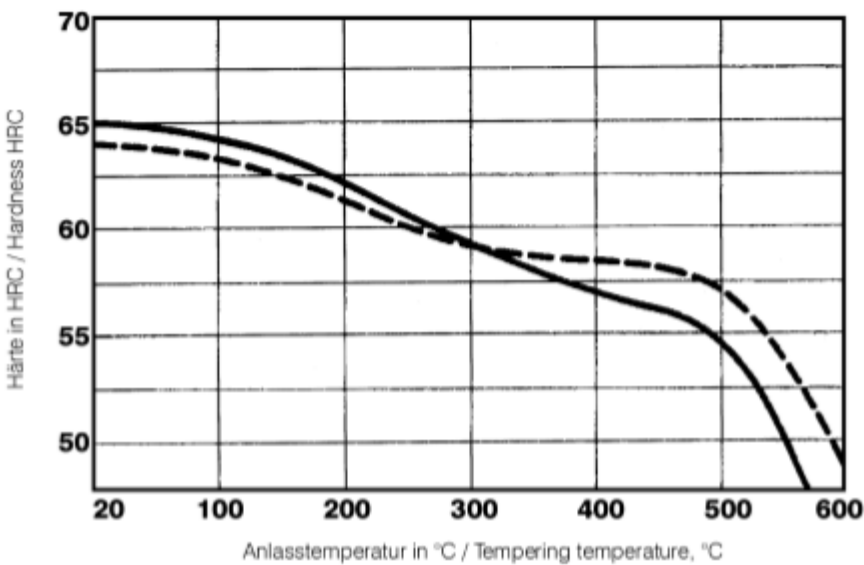
Tempering chart:

Hardening temperature:

———— 950°C

----- 1000°C

Specimen size: square 20 mm



Anexo N: Cotizaciones



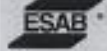
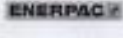
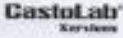
terO
aceros Otero

Razón Social : Otero y Dominguez Ltda.
Rut : 86.855.330-2
Giro : Compra y Venta Aceros
Contacto : Claudio Bravo

Nombre : CLAUDIO GALLARDO
Empresa : CLAUDIO GALLARDO TAPIA
Rut : 9047280-1
Teléfono : 478953
Email :

Cotización # 781295
781295
Fecha : 07/07/2017

#	Cant	U/M	Código	Descripción Item	Precio	Total
1	1.62	KG	002013_057.1489	AC.LAM.1045 R 2.1/4 (1 Trozos de 80 mm)	\$1.000	\$1.620
2	1.66	KG	002013_075.0000	AC.LAM.1045 R 75 MM (1 Trozos de 30 mm)	\$1.000	\$1.650
3	1.71	KG	002013_050.0000	AC.LAM.1045 R 50 MM (1 Trozos de 110 mm)	\$1.000	\$1.710
4	.78	KG	002013_050.0000	AC.LAM.1045 R 50 MM (1 Trozos de 50 mm)	\$1.000	\$780
5	.15	KG	002010_014.0000	AC.TREF.1045/1040 R 14 MM (1 Trozos de 120 mm)	\$2.000	\$300
6	.32	KG	002013_019.0496	AC.LAM.1045 R 3/4 (1 Trozos de 140 mm)	\$1.000	\$320
7	.03	KG	002010_008.0000	AC.TREF.1045/1040 R 8 MM (1 Trozos de 80 mm)	\$2.000	\$60
8	.39	KG	002010_030.0000	AC.TREF.1045/1040 R 30 MM (1 Trozos de 70 mm)	\$2.000	\$780
9	.47	KG	002013_050.0000	AC.LAM.1045 R 50 MM (1 Trozos de 30 mm)	\$1.000	\$470
10	.5	KG	002010_040.0000	AC.TREF.1045/1040 R 40 MM (1 Trozos de 50 mm)	\$2.000	\$1.000
11	1	KG	002004_063.4968	AC.LAM.1020 R 2.1/2 (1 Trozos de 40 mm)	\$1.000	\$1.000
12	.37	KG	002004_044.4491	AC.LAM.1020 R 1.3/4 (1 Trozos de 30 mm)	\$1.000	\$370
13	.38	KG	002004_031.7494	AC.LAM.1020 R 1.1/4 (1 Trozos de 60 mm)	\$1.000	\$380
14	.55	KG	002001_020.0000	AC.TREF.1020/1018 R 20 MM (1 Trozos de 220 mm)	\$2.000	\$1.100
15	.47	KG	002004_050.0000	AC.LAM.1020 R 50 MM (1 Trozos de 30 mm)	\$1.000	\$470





ACCESORIOS PARA SOLDADURA Y OXICORTE



Torque Exacto
Herramientas Profesionales
PROTO



ENERPAC
Energía Hidráulica

CONDICIONES COMERCIALES:
-Validez de la oferta : 5 días.
-Material contra stock, salvo venta previa.
-Dimensionados sin devolución.
-Si tiene cualquier duda, contáctenos.

OBSERVACIONES :
-Validez de la oferta :5 días.
-Material contra stock, salvo venta previa

Claudio Bravo
Ventas
Calle Quilota 636 , Villa del Mar
cbravo@acerosotero.cl
032-2588823

Página 1 de 2

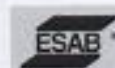
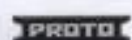


Razón Social : Otero y Dominguez Lda.
Rut : 88.855.300-2
Giro : Compra y Venta Aceros
Contacto : Claudio Bravo

Nombre : CLAUDIO GALLARDO
Empresa : CLAUDIO GALLARDO TAPIA
Rut : 9047280-1
Teléfono : 478953
Email :

Cotización # 781295
781295
Fecha : 07/07/2017

#	Cant	U/M	Código	Descripción Item	Precio	Total
16	.27	KG	002904_038.0993	AC.LAM.1020 R 1.1/2 (1 Trozo de 30 mm)	\$1.000	\$270
17	.13	KG	002960_026.0000	AC. 1.2435 CPW R 26 MM DORREBERG (1 Trozo de 30 mm)	\$5.000	\$700
18	1	CU	EX-CE-A36-006	PL DOM A-36 8MM (Largo 300 mm Ancho 300 mm)	\$4.303	\$4.303
19	1	CU	EX-CE-A36-010	PL DOM A-36 10MM (Largo 300 mm Ancho 300 mm)	\$5.378	\$5.378
					Sub Total (Pesos)	\$22.141
					Total Dcto (Pesos)	\$0
					Total Neto (Pesos)	\$22.141
					Total Inc. IVA (Pesos)	\$26.340



CONDICIONES COMERCIALES:

- Validez de la oferta : 5 días.
- Material contra stock, salvo venta previa.
- Dimensionados sin devolución.
- Si tiene cualquier duda, contáctenos.

OBSERVACIONES :

- Validez de la oferta :5 días.
- Material contra stock, salvo venta previa

Claudio Bravo

Ventas
Calle Quilora 636 , Villa del Mar
cbravo@acerosotero.cl
032-2698823