



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO Y FABRICACION DE PIEZAS EN
UNA EMPRESA METALMECANICA**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de

INGENIERO INDUSTRIAL

P R E S E N T A

DAFNE RAQUEL CABALLERO

ASESORA DE INFORME

M.I. SUSANA CASY TELLEZ BALLESTEROS



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017



Dedicatoria

A mis padres y a mi abuelita Vicky que me apoyaron económica y emocionalmente durante mi carrera. Y sigo con su apoyo incondicional y cariño.

A Jonathan por estar conmigo en las buenas y en las malas, y seguimos adelante juntos.

Los amo

Agradecimientos

A mi familia

Con la que sé que siempre puedo contar, y que me apoyaron en todos los aspectos para llegar hasta aquí. Los amo. A mis padres y hermanos que siempre han estado para apoyarme en lo que necesite (estos últimos meses en el cuidado de mi pequeño, el cual les estoy profundamente agradecida). A mi abuelita que tanto me consiente. A Emma por su tiempo y apoyo con sus consejos y aclaraciones.

A mi nueva familia

A Jonathan, por ayudarme a entretener a nuestro hijo cuando necesitaba estar a solas y por darme ánimos para continuar. A mi hijo por ser como es, y porque fue paciente en los momentos que no pude estar con él para la realización de este trabajo y todo lo relacionado a la titulación.

A la Universidad

La UNAM mi quería alma mater y a la Facultad de Ingeniería, por hacer de mi la ingeniera industrial que tanto anhelé en cuanto puse un pie en las instalaciones.

A mi asesora y sinodales por su tiempo, consejos y experiencias que hicieron de éste un mejor trabajo, y de mi a una mejor profesionista.

Y por último a mí ser, por dar lo mejor de mí y salir adelante para cerrar este círculo y abrir nuevos, para seguir subiendo, porque esto apenas está empezando.

“Por mi raza hablará el espíritu”

Contenido

1. Introducción	5
1.1 Industria metalmecánica.....	5
1.2 Contexto	8
1.3 Objetivo.....	8
2. Empresa “Proyerco S.A. de C.V.”	9
2.1 Descripción de la empresa.....	9
2.2 Organigrama	15
2.3 Áreas desempeñadas dentro del organigrama.....	19
3. Diseño y manufactura.....	21
3.1 Actividades realizadas dentro de la empresa	21
3.2 Descripción de la paquetería utilizada	22
3.3 Proceso de programación con CNC	24
3.4 Ejemplo de un programa para maquinar en fresa CNC.....	28
3.5 Descripción del proceso de afilado del buril (preparación del proceso)	32
3.6 Descripción de los productos	33
3.6.1 Descripción del producto que se diseñó.....	33
3.6.2 Descripción de los productos que se manufacturaron	34
3.6.3 Descripción de los productos que se diseñaron y manufacturaron	37
3.6.4 Descripción de uno de los artículos que se programaron en CNC.....	39
4. Análisis de procesos.....	40
4.1 Antecedentes	40
4.2 Descripción del proceso original.....	40
4.3 Descripción del proceso propuesto	49
4.4 Mejoras.....	57
Conclusiones.....	59
Anexo 1.....	63
Anexo 2.....	66
Anexo 3.....	67
Fuentes.....	69

1. Introducción

1.1 Industria metalmecánica

El sector de la metalmecánica está conformado por fabricantes de alambre, tornillos, tuercas, roldanas, forjas, alimentadores de prensas para troquelado, de fundición, de maquinados, galvanizado, de soldadoras, herramientas para roscar, etc.

También se incluyen las empresas involucradas con los procesos de pailería, afiladoras, cizallas, cepillos, dobladoras de lámina, tornos, taladros de banco, pintura de piezas metálicas, galvanizado, cromado de partes, cerraduras, llaves de mano, corte y doblez de partes metálicas, inyección de piezas de plásticos, estampado y troquelado, principalmente.

Las empresas de este sector, de acuerdo con datos de la Cámara Nacional de la Industria de la Transformación (CANACINTRA), agrupan a todas las industrias cuyas actividades se relacionen con la transformación, laminación o extrusión metálica.

Miguel Martínez, director general de *Master Financial Management*, señaló que la manufactura de productos de metal ha tenido constante crecimiento gracias al impulso de sectores como el automotor y el aeronáutico. Sin embargo, para su completo desarrollo necesita mayor tecnología, capacitación y educación orientada a la industria.

“En México, las industrias metalmecánica, automotriz y aeroespacial recibirán mayor inversión, debido a que son industrias dedicadas a fabricación, trabajos de lámina, reparación, fundición, ensamble y transformación de productos de metal”, destacó el directivo.

El ingeniero Ruiz Alonso detalló que algunos sectores y regiones vuelven a ser el centro de atención en el país, como es el caso del sector minero en estados como Sonora, Chihuahua, Zacatecas, Durango y Guerrero.

“La demanda de estas empresas es muy basta, ya que requieren productos y servicios en estampados, fundición, fabricación de estructuras, acero inoxidable, troquelado, procesos

de corte por plasma o por láser, pailería, rolado, entre otros productos que la industria metalmecánica puede proveer, esto sin mencionar los servicios anexos de mantenimiento y soporte que se pueden también desprender y que pueden ser provistos por las empresas del sector”, refirió el ingeniero Ruíz Alonso.

“Es necesario que las empresas del sector se vinculen con centros de investigación o instituciones académicas a fin de avanzar en la producción de manufacturas de alta tecnología, como equipo o moldes. También falta mayor comunicación entre las compañías del sector, ya que muchas veces no se conocen entre ellas y eso limita las alianzas o encadenamientos productivos”, indicó.

La industria metalmecánica tiene proyecciones de crecimiento principalmente por sectores como el **automotriz** (En autopartes, México es uno de los cinco principales productores a nivel mundial. 70% de la producción de autopartes se destina a fabricantes de equipo original y es el principal proveedor de autopartes del mercado más grande a escala mundial: Estados Unidos.), **aeroespacial** (México es el sexto proveedor de la industria aeroespacial de los Estados Unidos. Un diagnóstico publicado recientemente por ProMéxico sobre el sector explica que este país registró un crecimiento anual en sus exportaciones de componentes para el sector de 14.1% durante 2006-2015.) Y **energético**.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) explica que, a pesar de los bajos precios del petróleo y una menor demanda externa, se espera que el PIB mexicano alcance 3% en 2017 en respuesta a las reformas estructurales que ha adelantado el gobierno.

“La depreciación del peso reforzó las ganancias de las exportaciones mexicanas y la resiliencia de la demanda interna continúa soportando la actividad económica”, indica el documento de panorama económico 2016 de esta Organización, que además exalta la importante participación de mercado que han ganado las exportaciones de manufactura en Estados Unidos.

Y es que es precisamente el sector de manufactura el que más se ha beneficiado dentro de la economía mexicana con el TLCAN (Tratado de Libre Comercio de América del Norte), atrayendo una gran cantidad de inversión extranjera directa que le ha permitido expandir su productividad y aumentar sus exportaciones. Un informe de competitividad, publicado por *Deloitte* en 2015, señala que el sector de manufactura en México capta cerca del 50% de la inversión extranjera y significa más de 80% de su comercio total.

Para 2016 el índice de competitividad global de manufactura de *Deloitte* ubica a México en la octava posición entre 40 países, con una valoración de 69.5 sobre 100, siendo el único país latinoamericano dentro del Top 10 que encabezan China, Estados Unidos y Alemania

La International Trade Administration de Estados Unidos (ITA) publicó recientemente un reporte sobre los principales mercados en tecnologías para la manufactura en el que se destaca que, con una base industrial altamente desarrollada y casi cero barreras de acceso, México es el principal destino de las exportaciones de manufactura de EE.UU. desde 2011 y permanecerá en esta misma posición en los años siguientes.

Según datos de CANACINTRA, la industria metalmecánica nacional está integrada por 23 mil 120 empresas de las cuales 20 mil 100 son Mi Pymes.

La formación como ingeniera industrial en el área de manufactura y diseño me motivó a formar parte de una empresa de este sector, donde se me dio la oportunidad de mostrar mis habilidades y conocimientos sobre el tema, logrando una mejora notable en un lote de producción, entre muchas otras cosas más.

1.2 Contexto

En este trabajo para obtener el Título Profesional de Ingeniero Industrial, muestro el manejo de los conocimientos y aprendizaje adquiridos en la licenciatura, durante mi estancia en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, que fueron enfocados en el área de diseño y manufactura, dentro de una empresa metalmecánica llamada Proyerco S.A. de C.V.

1.3 Objetivo

Reportar los conocimientos adquiridos y experiencia, durante mi estancia (junio del 2012 a febrero del 2013) en la empresa Proyerco S.A. de C.V.

Demostrar la aplicación de los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería industrial de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en el área de diseño y manufactura a través de la descripción de los problemas enfrentados y la utilización de dichos conocimientos para encontrar su solución.

2. Empresa “Proyerco S.A. de C.V.”



Figura 1.- Logotipo de la empresa

2.1 Descripción de la empresa.

Proyerco S.A. de C.V.¹ es una empresa 100% mexicana, con más de 35 años de experiencia en el mercado, brinda soluciones a los retos de la industria alimentaria.

En 1979 empezó desarrollando y fabricando especialidades químicas para la industria alimentaria: lubricantes para cadenas transportadoras, aditivos para lavado de envase, limpiadores y sanitizantes. En 1985 inició el área de maquinados de precisión: enfocado en la elaboración de manejos de botella y el maquinado de plásticos de ingeniería. En la actualidad es un equipo capacitado para ofrecer soluciones en las oportunidades que tiene la Industria alimentaria.

Es una empresa con valores definidos, entre los que destacan el compromiso, la innovación y la audacia.

Durante su trayectoria han desarrollado un amplio portafolio de productos y servicios para satisfacer las necesidades de cualquier sistema de envasado, a través de sus siguientes divisiones²:

1.- División Química

Esta división cuenta con 40 años de experiencia en sus trabajadores. Fabrican productos de limpieza biodegradables, baja espuma y excelente rendimiento, los cuales son utilizados para dar mantenimiento a maquinaria y equipo de la industria alimentaria que otorga a plantas embotelladoras de todo México, por ejemplo Coca-Cola, algunas

¹ A partir de este momento sólo “Proyerco”.

² Actualmente la empresa maneja las siguientes divisiones: Química y Manufactura. Y desde el 2013 integran productos específicos para el mantenimiento de transportadores, sean de cadena o banda.

cervecerías, entre otras. Estos productos también son utilizados para el equipo y maquinaria de la propia empresa.

Productos:

- Aditivos para lavado de envase de refresco o agua, ya sea en vidrio, policarbonato o PET.
- Lubricantes para cadenas transportadoras: vidrio, lata y PET, retornable.
- Detergentes CIP.
- Limpiadores de acero inoxidable.
- Detergentes de alta espuma
- Productos para tratamiento de aguas

También cuenta con limpieza con vapor seco (vapor generado a 180 °C que proyectado a la superficie a limpiar elimina una gran cantidad de suciedad y esteriliza al contacto. Siendo muy noble con los acabados y los componentes eléctricos).

2.- División de Mantenimiento

Esta división conoce las necesidades de la industria envasadora, sus equipos de trabajo se integran como parte de su equipo de mantenimiento y lleva a cabo la sustentación que el sistema necesite, planeado o correctivo.

Cuando se integra programas anuales, pueden encargarse del mantenimiento predictivo y la integración de las hojas de Ruta de los Transportadores, cualquiera que sea la tecnología que maneje.

Máquinas y equipos que reciben mantenimiento:

- Llenadoras.
- Capsuladores.
- Lavadores de envase.
- Transportadores de envase y paquete.
- Paletizador y despaletizador.

- Encajonadora y desencajonadora.

3.- División de Manufactura e Ingeniería

Esta división se dedica al diseño y fabricación de piezas o máquinas industriales, cuentan con experiencia en maquinados de precisión y trabajos de pailería.

Algunos ejemplos de fabricación son:

- Diferentes perfiles, ya sean comerciales o sobre medida especial.
- Curvas para cadena de tablilla.
- Flechas.
- Accesorios para transportador y tramos completos.
- Refaccionamiento para trasportador.
- Refacciones de motorreductores.

Proyerco está conformada por varias instalaciones en el país. Su Unidad Productiva se encuentra la División de Manufactura, en la cual laboré, ésta se ubica en la calle de Cuahtémoc S/n, en el Pueblo de San Mateo, en la Delegación Xochimilco.

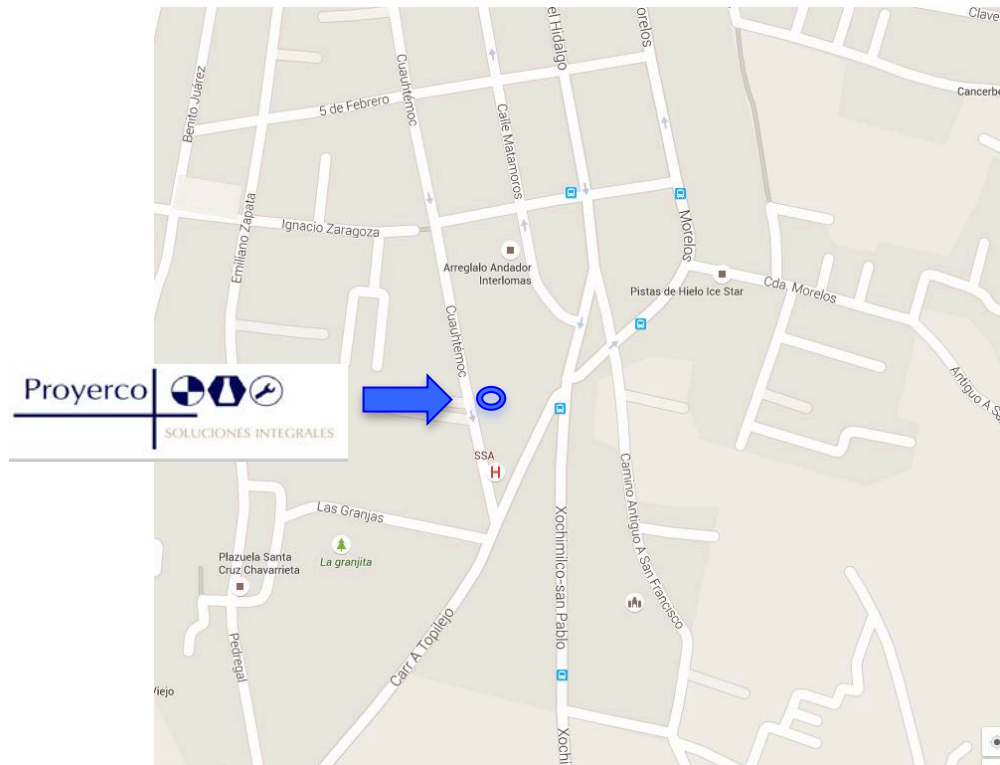


Figura 2.- Ubicación de la Unidad Productiva de San Mateo



Figura 3.- Vista frontal de la Unidad Productiva de San Mateo

Maquinaria y equipo de la Unidad Productiva de San Mateo.

La Unidad consta de las siguientes

Máquinas:

- 2 Tornos manuales
- Fresa manual
- Fresa CNC
- Taladro fijo
- Dobladora de acero
- Cortadora de acero
- Cizalla
- Soldadora TIG

Equipos:

- Cortadora de disco fija
- Taladro
- Esmeril fijo
- Esmeriles manuales con disco de cortador
- Pulidora

Productos de la empresa

Con el transcurso de los años, Proyerco ha logrado desarrollar un portafolio amplio con diversos productos para satisfacer las necesidades de sus clientes, en especial las necesidades de cualquier sistema de envasado.

Para la fabricación de sus productos la empresa cuenta con diferentes tipos de materiales, como son: nylamid, acero, aluminio y acero inoxidable (entre otros), siendo éste último el más utilizado.

Algunos ejemplos de productos fabricados³ son:

- Tolvas para motor.
- Tanque de almacenamiento.
- Poleas.
- Flechas de acero.
- Banda transportadora.
- Plataforma.
- Escalera.
- Soporte para resortes.
- Lavadora de garraiones.
- Soportes para barandales de una banda transportadora.
- Bujes.
- Centrifuga de miel.
- Máquina recolectora de miel.



³ Durante mi estadía intervine, tanto en el diseño como en la fabricación, en la fabricación de la mayoría de estos productos



Figura 6.- Flecha de acero



Figura 7.- Banda transportadora

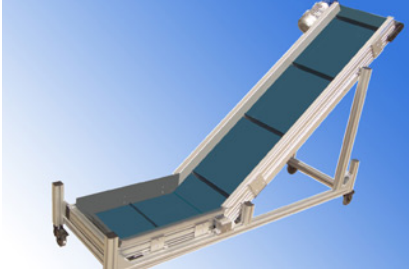


Figura 8.- Plataforma



Figura 9.- Escalera

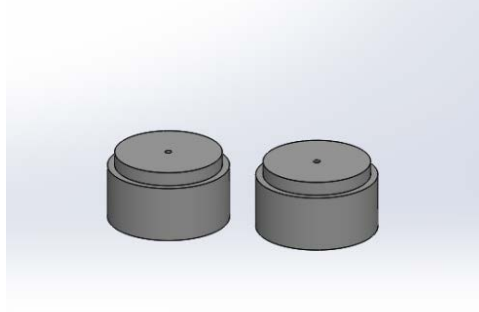


Figura 10.- Soportes para resorte

2.2 Organigrama

A continuación se presenta el organigrama de la Unidad Productiva de San Mateo (no contaban con alguno y en su momento, junto con mí superior a cargo, llegamos a la realización de éste), el cual está enfocado en las distintas áreas de trabajo:

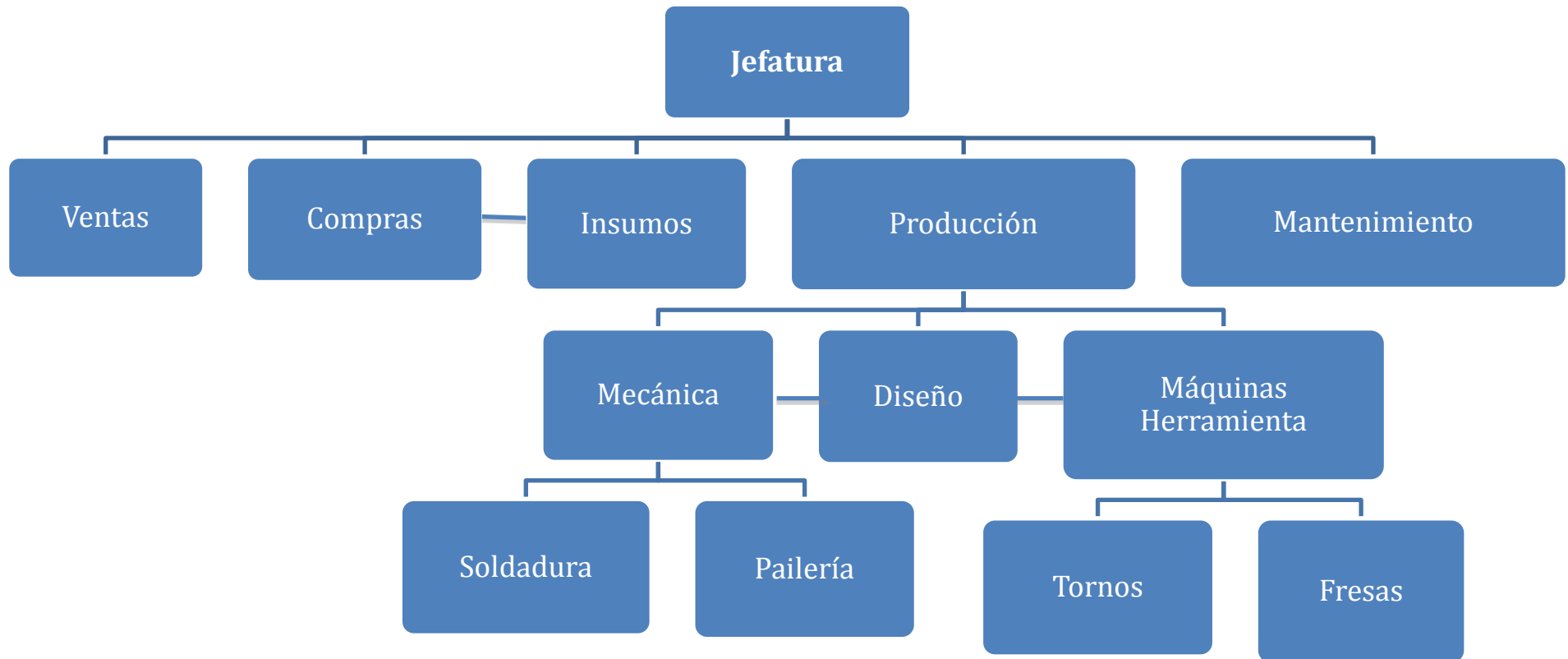


Figura 11.- Organigrama de la Unidad Productiva de San Mateo

En la Unidad Productiva de San Mateo siempre está conformada por lo menos por cuatro personas. Durante mi estancia, estuvo constituida por cinco, aunque posteriormente se sumaron otras tres personas y periódicamente, dependiendo de los proyectos, se fue incorporando más personal de otras divisiones de la empresa.

En el área de Jefatura, se encuentra el Jefe de la Unidad, quien tiene como objetivo: controlar a las demás áreas, indicarles sus tareas respectivas, así como informar a la Directiva todo lo acontecido en la Unidad. Las principales habilidades que requiere el cargo son: liderazgo, toma de decisiones, empatía, etc.

En el área de Ventas, se localiza el encargado de Ventas, quien tiene una comunicación directa con los clientes, atiende cuestiones entorno a pedidos y especificaciones de los productos, así como la cotización de los mismos. Las principales habilidades requeridas son: capacidad de escuchar, comunicación eficaz, empatía, confianza, proactividad, etc.

El encargado del área de Compras se dedica a la adquisición del material y/o herramientas que hacen falta en la Unidad, así como de artículos de limpieza para la misma. Principales habilidades requeridas que requiere el cargo son: empatía, comunicación, capacidad de análisis, creatividad, gestión del cambio, etc.

En el área de Insumos, el encargado realiza la revisión de herramientas y de los materiales; informa al encargado de Compras lo que hace falta para su obtención. Asimismo lleva el control de las herramientas de cada trabajador (a través de una lista). Ser observador, ordenado y responsable son algunas de las habilidades indispensables para desempeñar este cargo.

El encargado de Producción coordina, dirige y muestra los proyectos a su equipo de trabajo para la realización de los productos y/o encargos de la empresa. Está al pendiente

de las actividades de manufactura para la construcción de estos mismos, verifica que los productos salgan en tiempo y forma, con la calidad requerida.

Tiene a su cargo las áreas de Mecánica, Diseño y Máquinas Herramientas, por lo que las habilidades de liderazgo, responsabilidad, toma de decisiones, entre otras, son fundamentales para su labor.

En el área de Mantenimiento, el encargado tiene como actividad principal estar al pendiente de las máquinas dentro de la Unidad, así como también responder a pedidos directos de la jefatura para ir a empresas y dar mantenimiento a máquinas y equipos que les sean indicados. Habilidades requeridas: observador, conocimientos sobre el tema, etc.

El encargado del área de Mecánica indica a los trabajadores los pedidos del encargado de Producción, y junto con el encargado de Diseño, ven la realización de los mismos, pero sólo enfocado en la parte de pailería y soldadura. Habilidades requeridas: conocimientos sobre el área a fin, toma de decisiones, responsabilidad, entre otras.

En el área de Diseño, el encargado diseña los productos que solicitan los clientes, tanto bocetos como productos ya diseñados anteriormente, para ver si se pueden mejorar. Si considera que está perfecto automáticamente empieza su producción, ya sea que lo analice con el Encargado de Mecánica o con el de Máquinas H., dependiendo la manufactura del producto. También se encarga de la programación CNC para la Fresa de Control Numérico. Habilidades requeridas: conocimientos de diseño, de mecánica y manufactura, programación CNC, toma de decisiones, etc.

El encargado de Máquinas Herramienta tornos y fresas; está al pendiente de la manufactura de piezas y productos que requieran de estas máquinas, verificando que los productos salgan con calidad, en tiempo y forma. Habilidades requeridas: Conocimiento y práctica en el manejo de máquinas herramienta, en especial tornos y fresas tanto manuales como por control por computadora (CNC), control de calidad, responsable.

En el área de Soldadura el encargado se ocupa de soldar con calidad lo que se le ordene. Como actividad secundaria ayuda a mover equipos o máquinas dentro de la Unidad o cualquier otra actividad que se le llegue a indicar. Habilidades requeridas: Conocimiento y práctica de soldaduras eléctrica y TIG, por lo menos.

En el área de Pailería, el trabajador encargado marca láminas para después cortarlas y doblarlas en la respectiva máquina, también se encarga de pulir ya el producto terminado. Como actividades secundarias llega a soldar con puntos, cuando se requiera usar las máquinas herramienta o cualquier otra actividad que se le llegue a indicar. Habilidades requeridas: conocimiento y práctica de pailería.

En el área de Torno y Fresa, se encuentra el mismo trabajador, quien maneja ambas máquinas, verifica que los productos y piezas que se manufacturen salgan con calidad, en tiempo y forma. Como actividad secundaria hace procesos de pailería o cualquier otra actividad que se le llegue a indicar. Habilidades requeridas: conocimiento y práctica del uso de torno y fresa.

En el organigrama se muestran las áreas de trabajo dentro de la Unidad, y cómo se desempeña cada encargado cabe destacar que dentro del área de Producción todos los integrantes de la Unidad participan en casi todas las sub-áreas, excepto en la de Diseño.

2.3 Áreas desempeñadas dentro del organigrama

Dentro de la Unidad me desempeñé en diferentes áreas, realizando diversas actividades. A continuación muestro (resaltadas en color oscuro) aquellas en donde tuve participación:

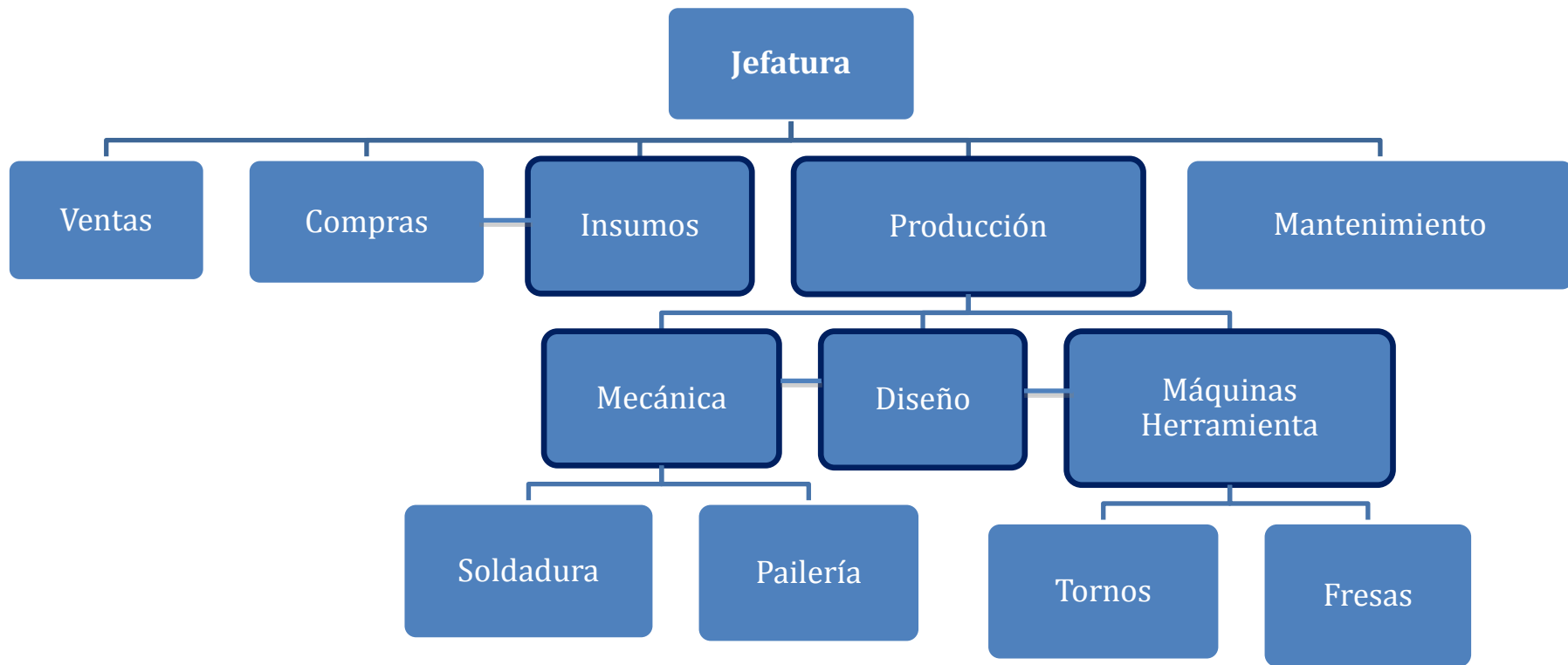


Figura 12.- Área que desempeñé dentro del organigrama señalada en contorno oscuro.

Además desarrollé las actividades que se me asignaron en: el área de insumos revisando herramientas y material, mientras que en el área de producción me dedicaba en una parte al diseño de productos y en otra gran parte al manejo de máquinas herramientas y pailería.

Diseño fue el área donde me desempeñé un 50% del tiempo dentro de la Unidad.

3. Diseño y manufactura

3.1 Actividades realizadas dentro de la empresa

Durante mi estancia las actividades donde participé fueron:

- En el área de Diseño realicé los dibujos correspondientes a los productos con las especificaciones del cliente y/o jefes.
- Las máquinas herramienta que utilicé fueron una fresa manual, dos tornos manuales y una fresa con CNC (Control Numérico Computarizado).
- En el área de Pailería elaboré los trazos pertinentes en las láminas de acero para posteriormente cortarlas y doblarlas.
- En el área de insumos efectué revisiones de las herramientas que utilizaban cada uno de los trabajadores, manteniendo un control sobre éstas. Y avisando al responsable del área de compras en caso de que alguna herramienta faltara o requiriera de su repuesto.
- Realicé la Programación de Control Numérico Computarizado (CNC) para el uso de la fresadora.
- Capacité a compañeros y trabajadores de equipo en el afilado del buril.
- Colaboré con la reubicación de un torno.
- Ayudé con la elaboración del organigrama.
- En su momento, cuando no había un superior a cargo, yo era encargada de dirigir a los trabajadores.
- Una vez conocido el personal, tuve la oportunidad de seleccionar a mi equipo de trabajo, el cual daba estaba a mi cargo para ciertos proyectos.

3.2 Descripción de la paquetería utilizada

Para desarrollar el diseño de los productos se utiliza el programa Solid Works y cómo herramienta para la elaboración del código CNC se emplea el programa BobCAD Versión 24 Professional.

Solid Works

SolidWorks es un programa de diseño asistido por computadora para modelado mecánico desarrollado por SolidWorks Corp., una subsidiaria de Dassault Systèmes (ubicada en Suresnes, Francia), para el sistema operativo Microsoft Windows. El software fue introducido en el mercado en 1995 para competir con otros programas CAD como: Pro/ENGINEER, NX, Solid Edge, CATIA, y Autodesk Mechanical Desktop.

El programa permite modelar piezas y conjuntos de piezas, así como extraer planos y otro tipo de información necesaria para la producción. SolidWorks funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD. El proceso consiste en trasvasar la idea mental del diseñador al sistema CAD, "construyendo virtualmente" la pieza o conjunto de piezas. Posteriormente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera automatizada.

SolidWorks posee un conjunto de paquetes de simulación que permiten configurar entornos virtuales del mundo real para probar diseños de productos antes de su fabricación. A lo largo del proceso de diseño se pueden realizar pruebas con una amplia variedad de parámetros (durabilidad, respuesta dinámica y estática, movimiento del ensamblaje, transferencia de calor y dinámica de fluidos) para evaluar el rendimiento del producto y tomar decisiones para mejorar la calidad y la seguridad de los mismos. La simulación rebaja los costes y acelera la comercialización del producto, pues se reduce el número de prototipos físicos necesarios previos a la producción. En este sentido,

SolidWorks Simulation ayuda a los diseñadores e ingenieros a innovar, mejorar y desarrollar nuevos conceptos con mayor percepción.

Estas son algunas de las características más importantes del software:

- Es un conjunto completo de herramientas de diseño en 3D con potentes funciones de piezas, conjuntos y dibujo.
- Brinda acceso seguro a los datos de diseño.
- Aporta soluciones de tuberías y recorridos de cableado eléctrico que agilizan el diseño.
- Cuenta con herramientas de simulación y análisis de elementos finitos (FEA) que reducen el número de prototipos.
- Posee herramientas para la realización de presentaciones que crea animaciones y renderizados con realismo fotográfico

BOBCAD-CAM MILL Versión 24 Professional

BOBCAD-CAM MILL Versión 24 Professional es un software de diseño y manufactura CNC para fresadoras, tornos, y electro erosionado, basado en Windows. Este sistema permite, mecanizado en 2, 3 y 4 ejes desde archivos diseñados dentro de BobCAD o de archivos importados desde otro sistema como, dxf, iges, step, stl, sat, parasolid X_T & X_B, Solidworks y RhinoCAD. El sistema CAD también incluye opciones para generar planos y dimensiones, trabajar con superficies, sólidos, y para modificaciones de diseños internos o externos.

Entre las operaciones más importantes del sistema de fresado está el PRO que incluye desbaste avanzado (desbaste de material restante), identificador de superficies planas, acabados tipo lápiz, y acabado equidistante. Todas estas nuevas estrategias de corte están diseñadas para disminuir el tiempo de mecanizado y el desgaste de las herramientas.

La nueva Versión 24 BobCAD presenta diferentes sistemas agregados como el sistema Artístico (BobART PRO) y el sistema de Optimización (Nesting). El sistema BobART PRO le permite al usuario tomar fotografías en formato .bmp, .jpg gifs, pdf photoshop , entre otras, para generar grabados y relieves 3D sin mayor esfuerzo. De esta manera el usuario tiene acceso a una librería infinita de diseños, ya que cualquier fotografía tomada de internet puede ser vectorizada y mecanizada dentro de BobCAD-CAM.

3.3 Proceso de programación con Control Numérico Computarizado (CNC)

Se considera control numérico a todo dispositivo capaz de dirigir posicionamientos de un órgano mecánico móvil, en el que las órdenes relativas a los desplazamientos del móvil son elaboradas en forma totalmente automática a partir de informaciones numéricas definidas, ya sea manualmente o por medio de un programa.

En una máquina CNC, a diferencia de una máquina convencional o manual, una computadora controla la posición y velocidad de los motores que accionan los ejes de la máquina. Gracias a esto, puede hacer movimientos que no se pueden lograr manualmente como círculos, líneas diagonales y figuras complejas tridimensionales.

La programación de la mayoría de las máquinas de CNC se efectúa mediante un lenguaje llamado G & M.

Se trata de un lenguaje de programación vectorial mediante el cual se describen acciones simples y entidades geométricas sencillas (básicamente segmentos de recta y arcos de circunferencia) junto con sus parámetros de maquinado (velocidades de husillo y de avance de herramienta).

Es nombrado G & M porque el programa está constituido por instrucciones Generales y Misceláneas.

Si bien en el mundo existen aún diferentes dialectos de programación con códigos G & M, se dio un gran paso con la estandarización que promovió la ISO.

Ésta fue adoptada por la totalidad de los fabricantes industriales más reconocidos de CNC; la estandarización permite utilizar los mismos programas en distintas máquinas CNC de manera directa o con adaptaciones menores.

La programación CNC es una serie de comandos que le indica qué hacer a la máquina CNC. Cada línea de programación tiene una serie de comandos que permiten cortar y dar forma a materiales diferentes, incluyendo metal, madera y plástico. Los códigos o comandos G y M (geométricos y misceláneos) establecen un lenguaje de programación CNC estandarizado que funciona en todas las máquinas CNC. Así mismo, este tipo de máquinas programables también pueden ser manejadas por un operario de manera manual, denominándose a esta operación “programación conversacional” (ya que el operario le va comunicando a la máquina la acción que desea hacer y la máquina le pregunta los parámetros y datos que requiera para la realización de dicha acción), ésta luego es convertida por la máquina al código G y M.

Todos los programas deben tener un nombre o un número que los identifique. Algunos controles numéricos sólo aceptan números. Los programas CNC están compuestos por bloques sucesivos. Cada uno de éstos es una instrucción para el control. Los bloques pueden estar numerados o no. De no estarlos el control los ejecutará en el orden en que los vaya encontrando. La numeración de los bloques puede no ser siempre de uno en uno (puede ser de cinco en cinco o de 10 en 10, etc.), esto es conveniente para introducir bloques intermedios sin alterar toda la numeración. La numeración debe ser siempre creciente. Si existiera un bloque cuyo número sea menor al anterior, el control detiene la ejecución del programa.

Puede programarse en forma absoluta (todos los valores están dados respecto del 0, 0, 0) o incremental (los valores son relativos a la cota previa). Por defecto los CNC asumen

programación en absolutas (G90). En caso de querer trabajar en incrementales, se deberá programar un G91 en la línea inicial.

Las funciones auxiliares M producen distintas acciones en la máquina (arrancar o detener el husillo, el suministro de refrigerante, etc). Hay otras que están relacionadas con la ejecución del programa CNC como: finalizarlo, resetear valores, etc. Las funciones no pueden ser programadas junto con otras, deben ir en bloques exclusivos y pueden incluirse hasta siete en un mismo bloque.

Pasos para la realización del código CNC:

1. Se ingresa los comandos de inicio, los cuales establecen el punto de posición de origen (G54) para el programa cuando se usa el código G para programar una máquina CNC. La primera línea establece los ajustes universales para la máquina, incluyendo la velocidad máxima del cabezal y la designación de los materiales que serán cortados, ya sea que se trate de un molino, un torno o un enrutador CNC.
2. Se ajusta la posición para la entrada de la primera herramienta. Primero, se indica una herramienta para ser usada desde la torreta (O101). La máquina sabrá qué herramienta se está usando, ya que se debe configurarla antes de iniciar el programa. La primera línea determinará la tasa de alimentación de la herramienta, las revoluciones por minuto y la ubicación del corte actual.
3. Se indica un cambio de herramienta para el siguiente proceso (T0101). La máquina calculará el punto de entrada apropiado y cortará la parte de acuerdo con las especificaciones de los números junto con las letras eje. El proceso de descongelar (avanzar) y congelar (parar) también se señala en la línea de programación. Están las designaciones X, Y, Z para los ejes absolutos; U, V, W corresponde para designaciones relativas. Para tornos CNC sencillos los ejes X y Z serán usualmente usadas para programar.
4. Se continúa de la misma manera que en los pasos 2 y 3 por el resto del programa, asegurándose de que los números sean secuenciales (N00, N01... NXX) y los valores de los datos que se ingresen sean los correctos, así como los códigos del refrigerante (M07). La mayoría de las herramientas requerirán de refrigerante, pero algunas herramientas

intercambiables funcionarán mejor sin éste, por lo que se puede apagar la función del programa.

5. Se coloca el final del programa (código M30) para que la máquina sepa que ha completado el proceso.

En la programación CNC se debe considerar el tipo de material y las dimensiones de éste para llevar a cabo su respectivo programa, ya que esas medidas delimitan el espacio de trabajo de la máquina.

Antes de mandar el programa a la máquina se debe compensar la herramienta y el cero pieza, donde este último depende del programa que se realizó anteriormente.

Como prevención, antes de arrancar con el programa se verifica éste en la misma máquina.

Se realizan pruebas para verificar por última vez que todo se encuentre en perfecto estado y se comprueba que no sufra daño la herramienta.

Ejemplos de notación G y M para CNC

Algunos ejemplos de comandos que la programación CNC considera son:

G54.- Traslado de origen.

G21.- Llamada de ruta paramétrica.

G90.- Programación en coordenadas absolutas.

G43.- Compensación de longitud.

G00.- Posicionamiento rápido (sin maquinar).

G01.- Interpolación lineal (maquinando).

G02.- Interpolación circular en sentido horario.

G03.- Interpolación circular en sentido antihorario.

M03.- Hacer girar el husillo en sentido horario.

M04.- Hacer girar el husillo sentido antihorario.

M07.- Abrir el paso del refrigerante.

M30.- Final del programa.

X.- Distancia de recorrido y/o desplazamiento (coordinada en el eje X).

Y.- Distancia de recorrido y/o desplazamiento (coordinada en el eje Y).

Z.- Distancia de recorrido y/o desplazamiento (coordinada en el eje Z).

F.- Velocidad de avance (mm/min)(mm/rev)(in/min)(in/rev).

S.- Velocidad de husillo (mm/min)(in/rev)(rev/min).

T.- Cambio de herramienta.

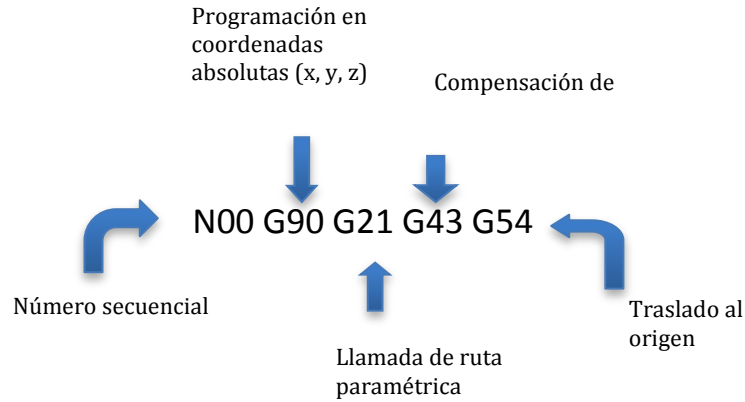
3.4 Ejemplo de un programa para maquinar en fresa CNC

La programación no sólo se reduce a poner los códigos pertinentes para la realización de una operación, también conlleva la preparación de la máquina, a modo de identificar y guardar los puntos iniciales, tanto del material, como de las herramientas, así como almacenar el número de herramientas a utilizar.

Para ejemplificar lo anterior, a continuación muestro una parte de un programa, que fue hecho en la realización de unos soportes para resortes en forma de circunferencia con un diámetro de 45.84 mm que fue empleado en una fresadora CNC, con un cortador vertical de 1/8 in de diámetro. Describo paso a paso el proceso que realicé para elaborarlo, especificando los comandos.

La programación para generar circunferencias fue:

; CIRPEQ.TXT



En la primera línea se indican las coordenadas en que trabajará el programa, así como los parámetros utilizados y, por último, llevar la torreta al origen de nuestro material a tratar, previamente guardado en la máquina.



En la segunda línea se indican tanto el sentido del giro del husillo como la velocidad de éste.

Abrir paso a refrigerante



N02 M07

Este paso es indispensable, ya que el refrigerante mantiene tanto el cortador como al material a una temperatura deseable.

Posicionamiento rápido



Desplazamiento en el eje Y a 40 mm



N03 G00 X64.613 Y40.0 Z2.54



Desplazamiento en el eje X a 64.613 mm



Desplazamiento en el eje Z a 2.54 mm

En este paso se colocan los valores donde iniciará el maquinado -a una altura prudente - antes de empezar a perforar el material.

Interpolación lineal



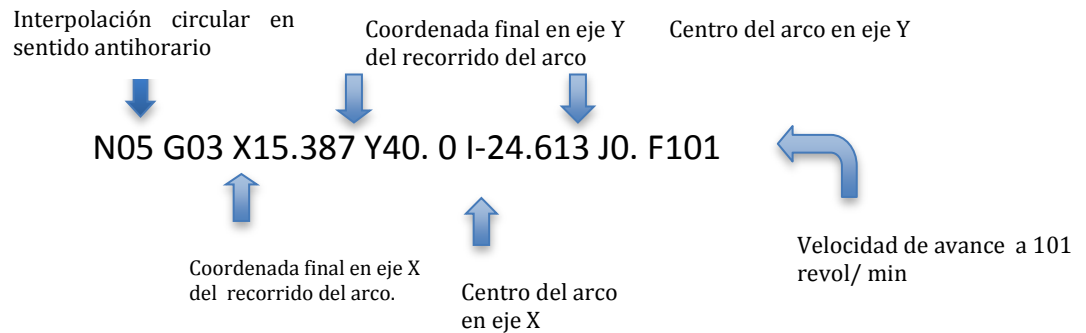
N04 G01 Z-2.0 F60



Velocidad de avance

A continuación el corte empieza en trayectoria recta (G01), en este caso hacia abajo con 2 mm de profundidad (Z -2.0), como sólo está indicado la cota Z esto significa que el

movimiento no tendrá nuevas cotas en X o Y, es decir, que el nuevo destino es X 64.613 Y40.0 y Z-2.0. Al no haber nuevas cotas, no es necesario incluirlas en la línea, ya que también son modales⁴.



En este punto la herramienta hace un arco en sentido anti horario donde las coordenadas indicadas son el punto final del arco y las coordenadas anteriores son el punto inicial.

I y J definen el centro del arco según los ejes “X” y “Y” respectivamente. Normalmente los valores de I y J son incrementales respecto al punto de inicio de la trayectoria circular (o sea el par de cotas X e Y del punto anterior), sin embargo esto puede variar según la marca del CNC.

.
.

.

.

Y así sucesivamente siguiendo la secuencia.

...

N13 G03 X15.387 Y40. I-24.613 J0. F101

N14 G03 X64.613 Y40. I24.613 J0.

N28 G00 Z2.54

⁴ Modal : significa que una vez que aparece la instrucción, ésta permanece activa hasta que sea reemplazada por M30, RESET o EMERGENCIA

N29 M30



Final del programa

Hasta llegar al final del programa.

3.5 Descripción del proceso de afilado del buril (preparación del proceso)

Una de las actividades que realicé en la empresa, fue el afilado de buril y la capacitación del mismo a mi equipo de trabajo.

El afilado de buril consiste en desbastar el buril para sacar el filo necesario y llevar a cabo el corte de material. El buril está compuesto por dos tipos de filo: filo principal y filo secundario. Los cuales se describen a continuación (ver figura 13):

- Filo principal: es el que se encuentra en contacto con la superficie desbastada y trabajada.
- Filo secundario: por lo regular se encuentra junto al filo primario y se utiliza para evitar la fricción de la herramienta con la pieza.

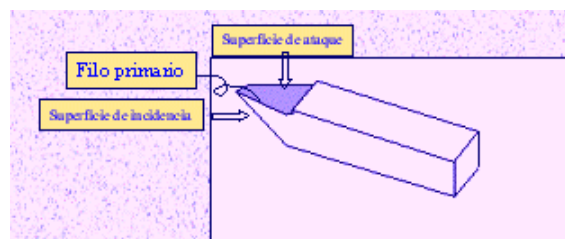


Figura 13.- Filos del buril

Dentro de las actividades de preparación de las máquinas, afilé el buril con un ángulo 80° y con una diagonal formada de un triángulo de "a" por $1/3$ de "a", como se muestra en la figura 14. Después de esto, en la parte inferior, hice un corte donde pasa la viruta al momento de tornear.

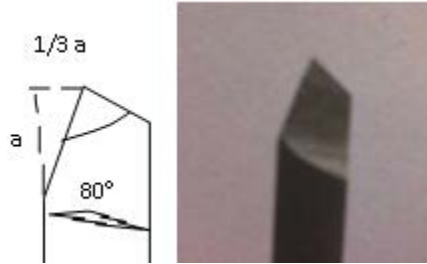


Figura 14.- Ángulo de filo

Al afilar el buril es importante estar apoyados con los dedos y mantener muy firme el buril para que quede sólo una capa y no varias. Por seguridad, es prescindible traer puestos los lentes de seguridad, ya que el esmeril, al entrar en contacto con el buril, suelta chispas y pequeñas partículas que pueden saltar a los ojos.

3.6 Descripción de los productos

Dentro de mi desempeño en la Unidad Productiva de San Mateo, tuve la oportunidad de desarrollar mis conocimientos de ingeniería en diseño y manufactura en diferentes artículos: uno sólo lo diseñé y supervisé su producción, algunos sólo los manufacturé y con otros realicé ambas operaciones, a continuación describo cada caso.

3.6.1 Descripción del producto que se diseñó

- * Tolda para motor: por medio del software Solid Works, realicé el diseño de una cubierta para un motor (para una de las instalaciones de Coca-Cola FEMSA), ocupando las medidas proporcionadas del motor y las restricciones que los clientes otorgaban. Del programa obtuve los planos, los cuales otorgué a mi equipo de trabajo para su fabricación. Supervisé el proceso de fabricación: primero fueron marcados los planos en una lámina de acero inoxidable, después se cortó y se dobló para que fuera soldado y pulido.

3.6.2 Descripción de los productos que se manufacturaron

- * Poleas de nylamind⁵: En el torno manual elaboré cuatro poleas de plástico nylamind de 10 cm de diámetro externo, 8cm de diámetro interno y $\frac{3}{4}$ plg (1.9 cm) de diámetro en el centro. Fueron ocupadas para un mecanismo de elevación en una máquina recolectora de miel.



Figura 15.- Poleas

- * Flecha de acero⁶: En el torno manual hice barrenos a los lados de una barra de acero para después pasar un machuelo y hacer el roscado.
- * Plataforma (soporte con solera de acero y cubierta de lámina de aluminio anti-derrapante): el soporte de la plataforma fue hecho con solera de acero, se soldó con base a la figura de las cubiertas de las láminas de aluminio anti-derrapante, las cuales marqué con la forma de la plataforma, y se cortaron para después llevarla a la dobladora. La plataforma constaba de tres partes, las cuales se trabajaron una por una, por último las láminas se unieron a los soportes con remaches. En este caso, colaboré con el trazo de las láminas, con una parte de los cortes de ésta (con disco manual), con los dobleces y con el soporte a medir, asimismo tracé y corté

⁵ Propiedades del nylamid: estabilidad dimensional, maleabilidad, compatibilidad para usarse en contacto con los alimentos, sin contaminar, resistencia al desgaste, resistencia dieléctrica, resistencia mecánica, resistencia química, térmica, rigidez.

⁶ Como dato personal, este fue el primer trabajo realizado en la empresa.

las soleras, armando la figura para su posterior soldadura. Cabe señalar que fui el responsable de supervisar su producción.

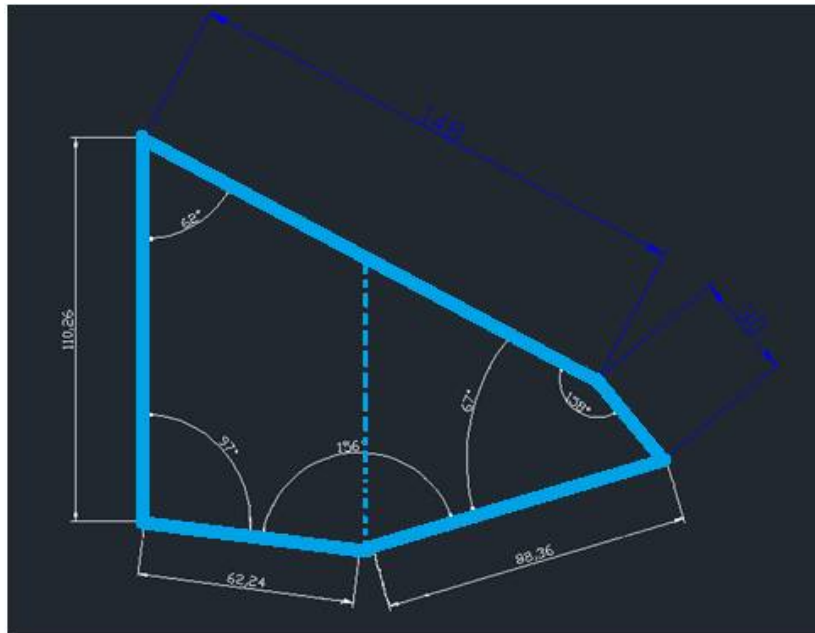


Figura 16.- Plano de la Plataforma

- * Tolvas de acero inoxidable para motor: en esta ocasión, me fue proporcionado el plano de la tolva, el cual tracé en las láminas de acero, después doblé y mandé a que la soldaran manualmente, con soldadura TIG⁷, y por último mandé a pulir.
- * Adaptador para unir bandas transportadoras: junto con mi equipo de trabajo fabricamos un adaptador que unía a dos bandas transportadoras de refrescos (ya que quedaba un espacio entre éstas), el cual lo hicimos con solera y láminas de acero inoxidable.

⁷ Soldadura TIG (Tungsten Inert Gas; Soldadura de Arco de Gas de Tungsteno): consiste en aquella técnica de soldadura que emplea gas Argón (Ar) en estado plasmático generado por la descarga en arco entre electrodos de Tungsteno (W).

Su aplicación industrial es extensa aplicándose a todos los metales ligeros tales como Aluminio, Magnesio y aleaciones. Aceros inoxidables (Cromo, Níquel, y aleaciones).

- * 90 soportes para barandales de una banda transportadora: estas piezas fueron hechas con acero inoxidable, pasando primero por el torno y por último por la fresadora CNC. Fue el proyecto más largo y complejo, ya que no se contaba con herramientas adecuadas para su realización, lo que me llevó a proponer mejoras en el proceso de producción (las cuales mostraré más adelante).

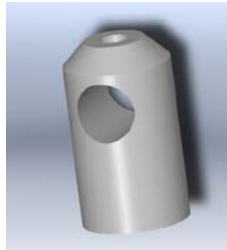


Figura 17.- Pieza de acero

- * *90 barras de acero de diferentes tamaños con barrenos en ambos lados: fueron manufacturados en los tornos manuales, haciendo los respectivos barrenos, para posteriormente colocar los machuelos y hacer las roscas. Estas barras fueron parte del proyecto de los 90 soportes para los barandales de la banda transportadora.
- * *40 bujes de acero inoxidable: los manufacturé en uno de los tornos manuales, solamente con un buril, y los corté con la cortadora de disco fija. Los bujes eran de una longitud de 3cm, con un diámetro de 3/4 de pulgada.

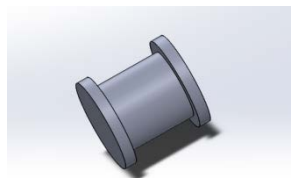


Figura 18.- Buje

3.6.3 Descripción de los productos que se diseñaron y manufacturaron

- * Tolvas de acero inoxidable para motor: se requería hacer una tolva para un motor, cuyo inconveniente era que a un costado de éste se encontraba una tubería, que no se podía mover, además el cliente especificó que se procurara hacer la tolva con menos dobleces posibles. Diseñé la tolva en Solid Work, haciendo los planos y el dibujo en 3D para ser más visual y determinar más fácilmente los dobleces de la lámina de acero, una vez teniendo los planos con las medidas pertinentes y tomando en cuenta todas las restricciones, llevé a cabo los trazos en las láminas y los dobleces para posteriormente llevarlo con el soldador, el cual soldó y pulió la tolva terminada.
- * Lavadora para garrafones de agua: se requería hacer una máquina que limpiara un garrafón de agua en menos de cinco minutos, lo que llevó a la producción de una lavadora con las medidas del garrafón. Este producto lo realicé con un compañero ingeniero, él diseñó el “chasis” de la lavadora (figura 19), ambos el soporte del garrafón (figura 20), y yo diseñé la tubería interna (figura 21).

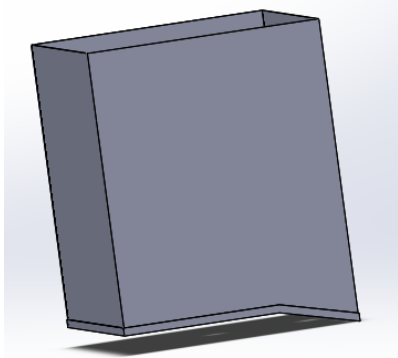


Figura 19.- “Chasis” de lavadora

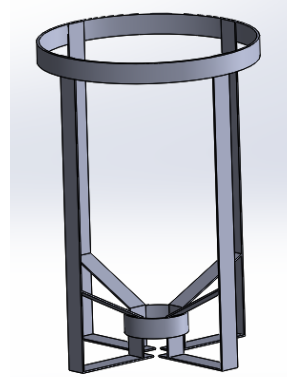


Figura 20.- Soporte de garrafón

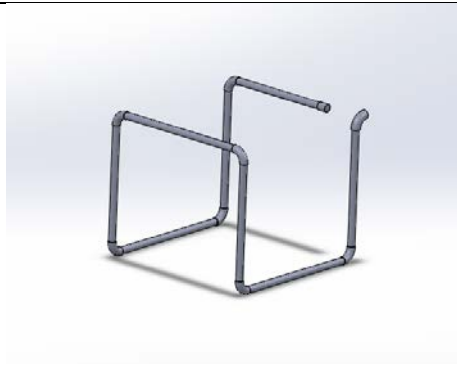


Figura 21.- Tubería interna de la lavadora

3.6.4 Descripción de uno de los artículos que se programaron en CNC

Aproximadamente el 30% de mis labores en Proyerco fueron dedicadas a la programación en CNC, del cual el 60% las realicé con ayuda del software BOBCAD-CAM MILL y el resto fueron hechas manualmente en block de notas. A continuación presento uno de los artículos donde la programación la hice a mano:

- * Programación en CNC de soportes para resortes: Se me encargó la realización de unos soportes circulares de polietileno para resortes; como eran piezas simétricas y circulares lo más factible era hacerlos en un torno, sin embargo el material disponible con polietileno eran placas rectangulares justo de la altura deseada para los soportes que era 4cm, por el cual consideré hacer la programación CNC para maquinar en la fresa CNC.

La programación⁸ constó de tres partes: la primera requirió hacer los barrenos con una profundidad de 36 mm, la segunda generar círculos pequeños con una profundidad de 6mm; por último, en la tercera, realizar círculos grandes con una profundidad de 33mm.

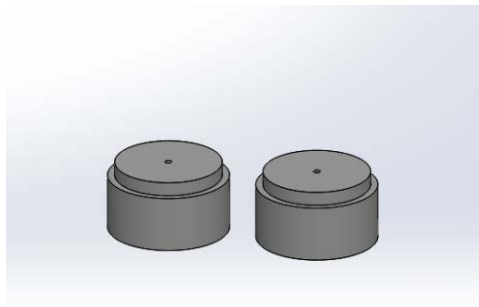


Figura 22.-Soportes de resortes

⁸ Una parte de la programación la mencioné en el apartado 3.4 (Ejemplo de un programa para maquinar en fresa CNC). La programación completa se encuentra descrita en los anexos.

4. Análisis de procesos

4.1 Antecedentes

Durante mi estancia en la Unidad Productiva de San Mateo, llegó un pedido para producir 90 piezas de acero inoxidable en un lapso de una semana, lo cual era complicado de cumplir debido a las herramientas con las que se contaban en ese entonces, para lograrlo se propuso la adquisición de una herramienta específica (tronzador) para el uso del torno.

El tronzador es una herramienta que corta el material dentro del torno, permite obtener piezas directamente en el torno, evitando sacar el material y cortarlo por fuera para obtener la pieza.

A continuación presento una comparativa entre el proceso original y el que propuse, con la intención de resaltar diversos aspectos de mejora.

4.2 Descripción del proceso original

Se llevó a cabo la producción de 90 piezas de 6cm de largo en acero inoxidable, en los tornos manuales, fresa y taladro. En este caso, sólo mencionaré el proceso en el torno, ya que en este momento fue donde propuse la adquisición del tronzador.

Las máquinas con las que se contaban eran dos tornos manuales, el equipo disponible fue un cortador de disco fijo, cuyo disco tenía 3 mm de grosor, un esmeril fijo y las herramientas correspondían a dos buriles, brocas y broca de centro.

El proceso constó en cortar una barra de acero inoxidable de 6m (de pulgada y media de diámetro) en tres barras de 2m para su mejor manejo (aquí sólo se referiré al proceso que lleva una sola barra de 2m).

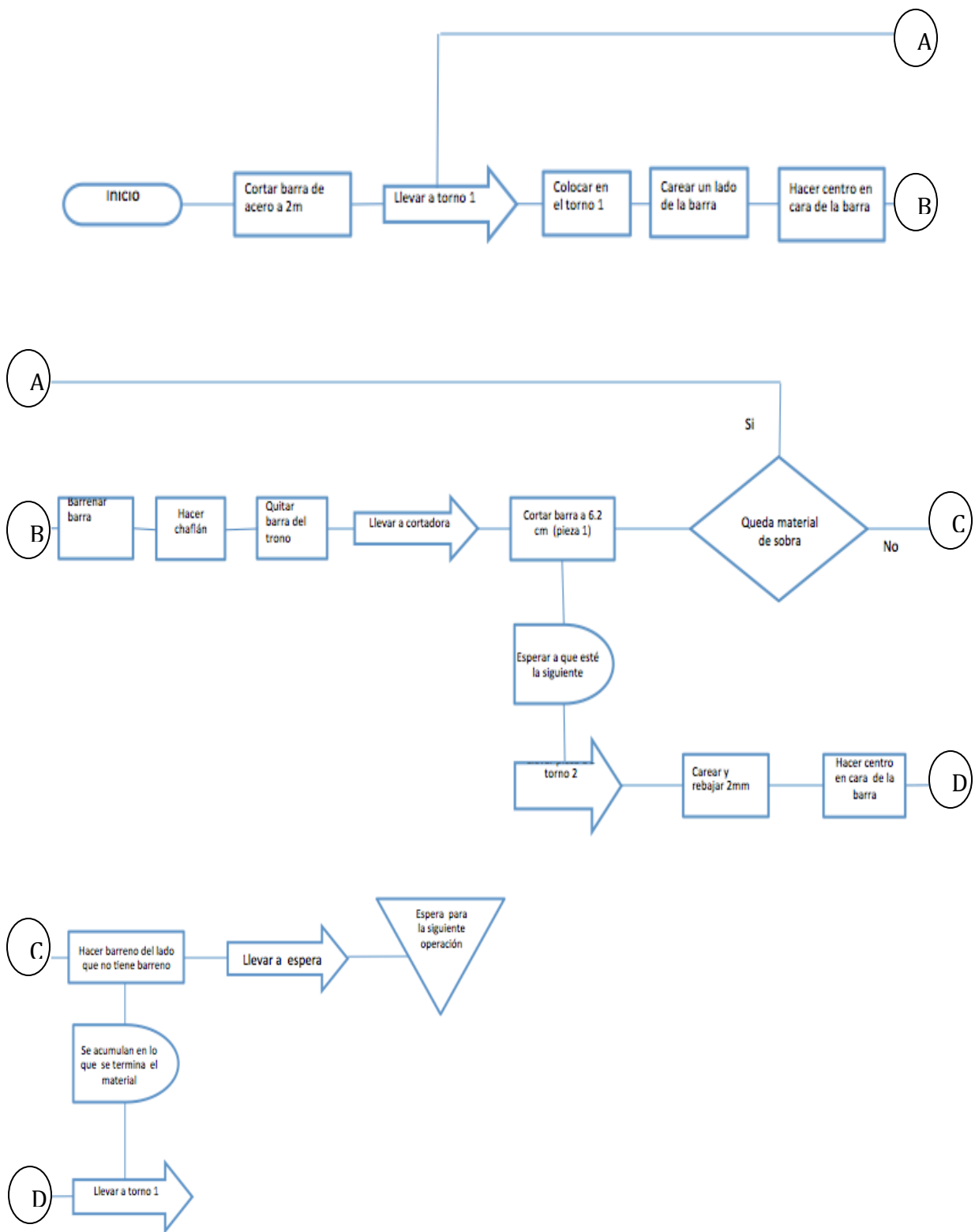


Figura 23.- Diagrama del proceso original

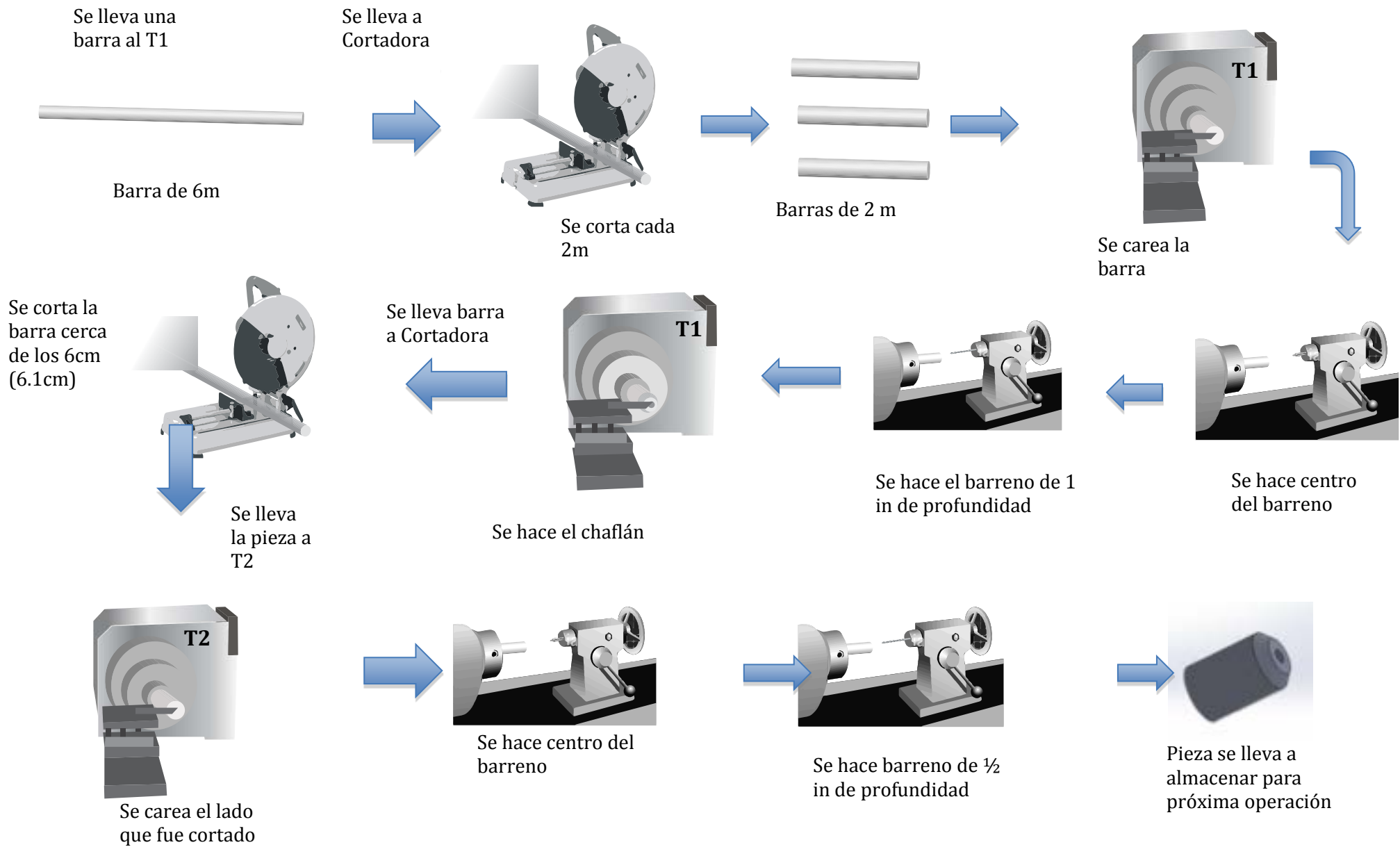
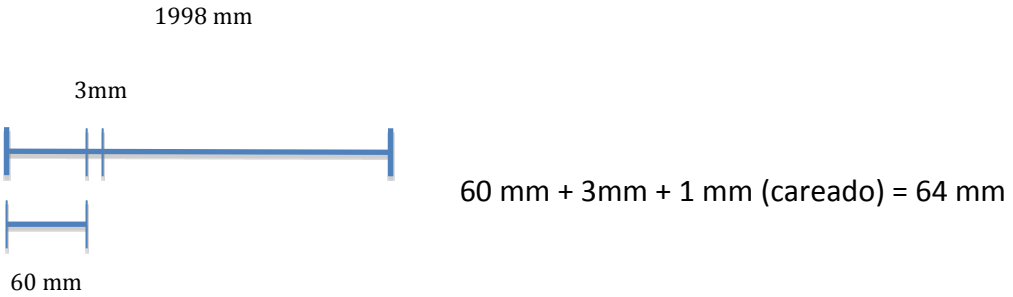
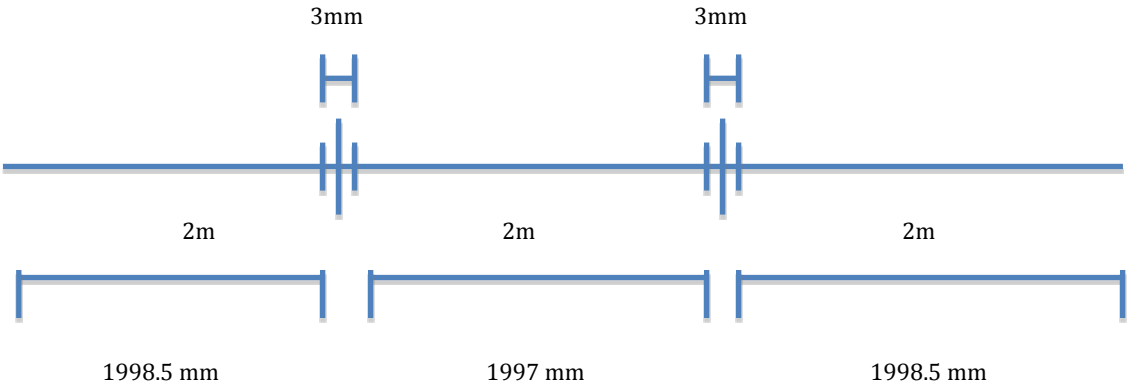


Figura 24.- Diagrama de transformación del material del proceso original

Se contó con una barra completa de acero inoxidable de 6m la cual fue cortada en tres barras de 1998 mm, de una barra se obtuvieron 31 piezas de 60 mm, con esto, se perdieron 124 mm de material al cortar y carear, y sobraron 14 mm de la barra.



$$\begin{array}{r}
 31 \\
 64 \overline{) 1998} \\
 \underline{078} \\
 14 \text{ sobrantes}
 \end{array}
 \Rightarrow 31 \text{ piezas}$$

Demás sobrante se calculó:

$3 \text{ mm grosor} + 1 \text{ mm careado} = 4 \text{ mm} \times 31 \text{ piezas} = 124 \text{ mm}$ se perdieron en el proceso

A continuación se evaluarán los propósitos, medios, lugar, sucesión y persona para llevar a cabo la actividad.

Propósito: obtener piezas de acero inoxidable de 6cm de largo, con un chaflán de 45 grados y con dos barrenos; uno a una pulgada de profundidad (2.54 cm) y el otro a media pulgada (1.37 cm)

Medios: la barra se lleva a un torno para ser careada, hacer un barreno y después realizar el chaflán, posteriormente se corta la barra cerca de los 6cm, esa pieza se lleva al otro torno a carearla y desbastarla hasta llegar a los 6cm y hacer el centro del barreno de ese lado. Después la pieza se lleva al primer torno y se hace el barreno faltante.

Lugar: se hace en el torno dado que es una pieza cilíndrica y simétrica, siendo la mejor opción para hacer un chaflán.

Sucesión: primero ir a un torno y luego al otro, ya que el primero es más grande y cuenta con un sistema de refrigeración, a diferencia del otro. El proceso de hacer el chaflán y después cortar la pieza en la cortadora y volverla a carear, se realiza porque sólo se cuenta con el buril como herramienta del torno.

Persona: lo hacen personas que manejan el torno manual, o capacitadas para su uso, ya que es una máquina que demanda mucho cuidado al ser manejada

Siguiendo este proceso el tiempo final de producción es de 382.83 min, es decir 6.38 hrs. Con base en el Diagrama Hombre máquina que presento a continuación (ver figura 25).

Figura 25a.- Diagrama Hombre Máquina del proceso original

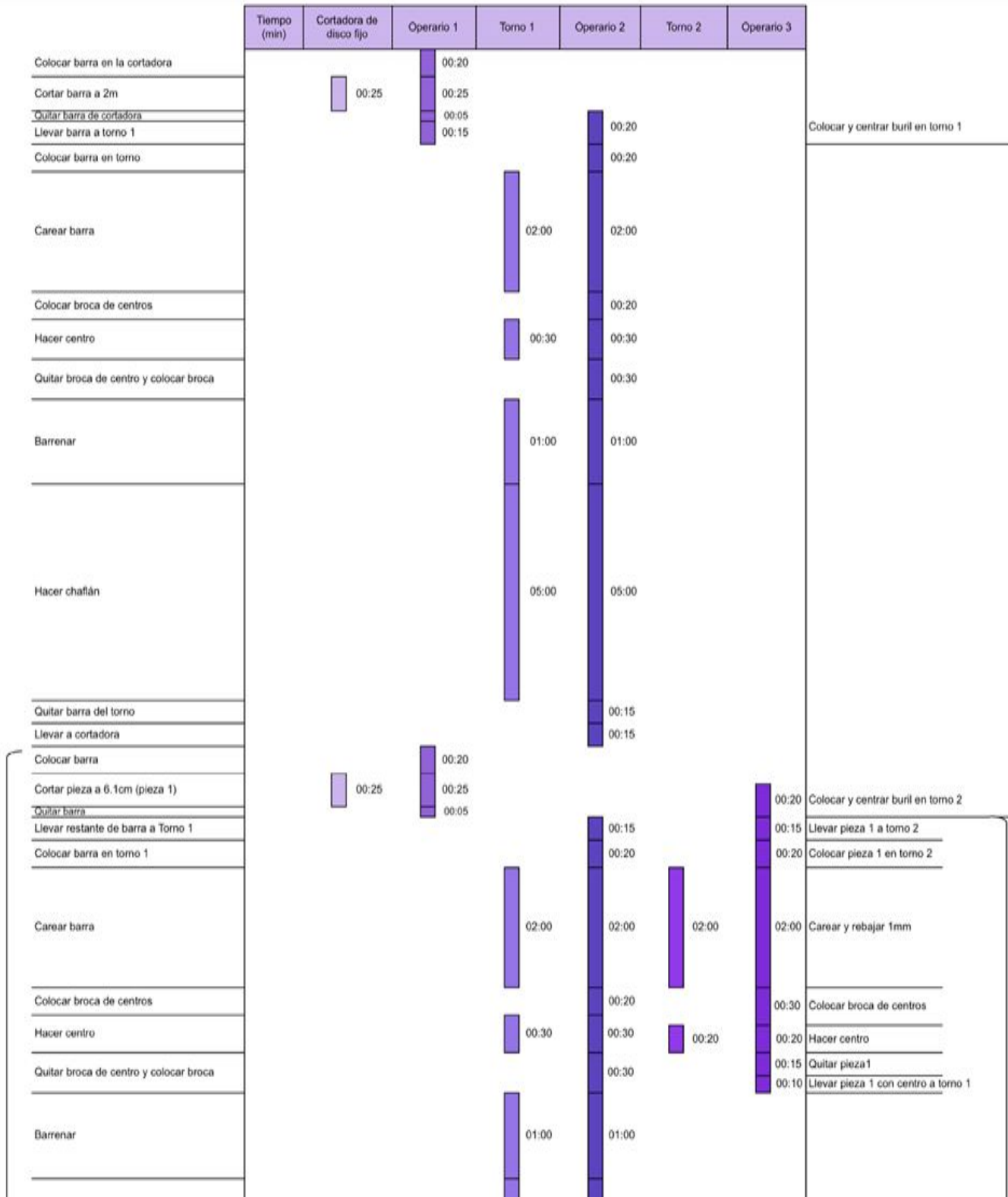


Figura 25b.- Diagrama Hombre Máquina del proceso original

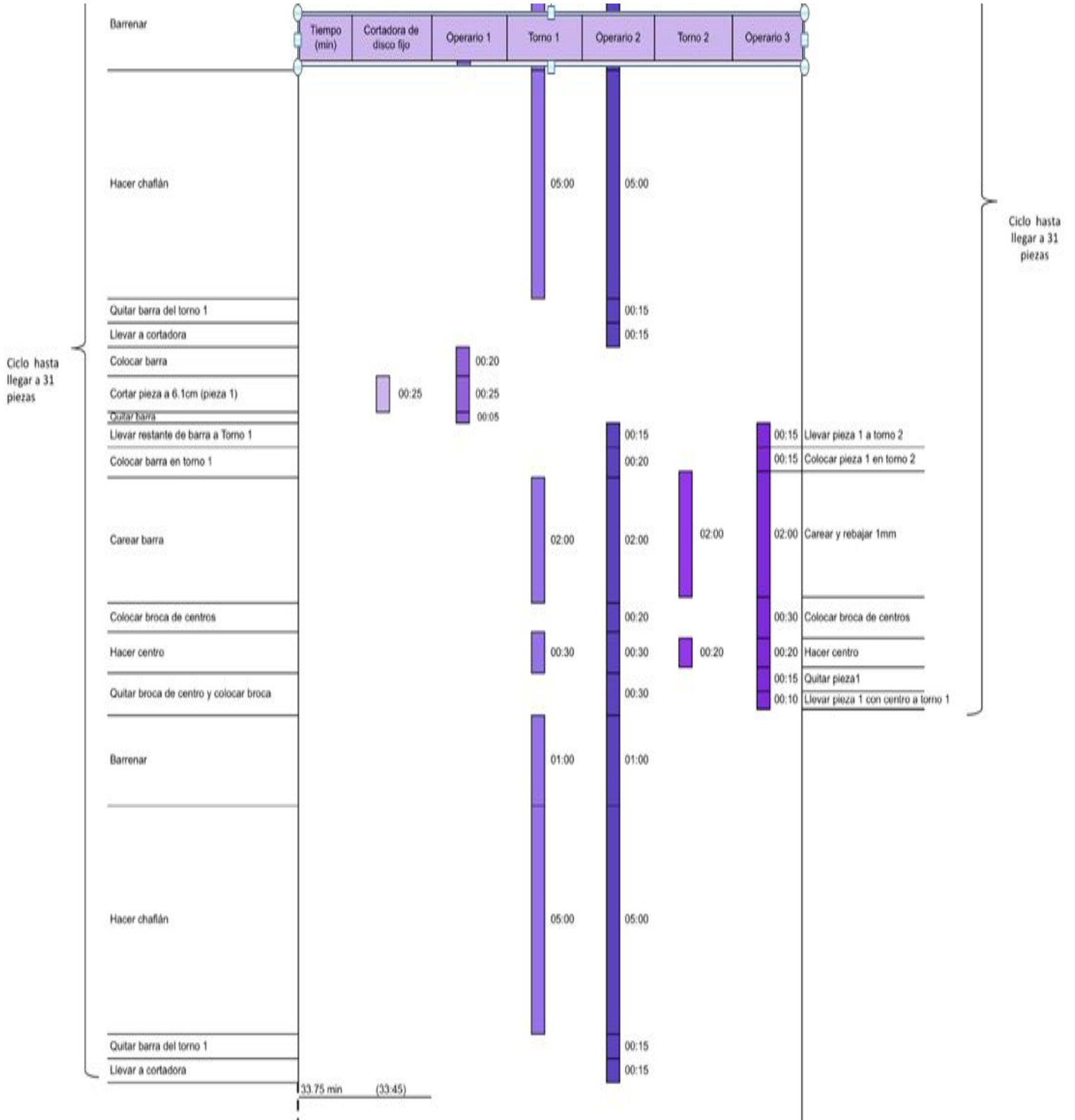
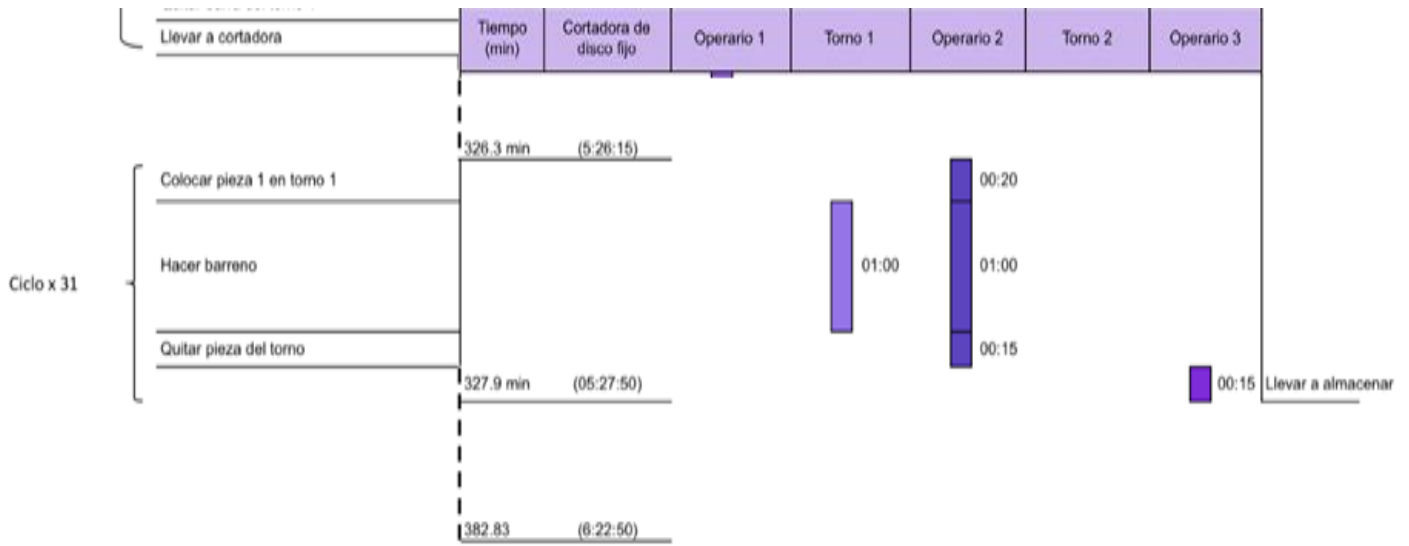


Figura 25c.- Diagrama Hombre Máquina del proceso original



Del diagrama obtenemos los siguientes datos:

Tiempo total de todos los ciclos para la producción de 31 piezas en una barra de 6m = 382.83 min (6:22:50 hrs)

Tiempo para la elaboración de una pieza antes del ciclo = 27.75 min (00:27:45 hrs)

Tiempo para la elaboración de una pieza después del ciclo = 17.25min (00:17:15 hrs)

Tiempo promedio de elaboración de una pieza = 22.5 min.

Hombres y máquinas	Tiempo trabajando (min)	Tiempo descansando (min)
Cortadora de disco fijo	12.92	369.91
Operario 1	26.083	356.75
Torno 1	294.5	88.33
Operario 2	373.67	9.16
Torno 2	72.33	310.5
Operario 3	125.67	257.16

Tabla 1: Tabla comparativa de tiempo de trabajo y de descanso del proceso original

La productividad laboral se basa en la medición del tiempo que tarda un trabajador en elaborar un producto.

Productividad es el cociente que se obtiene al dividir la producción por uno de los factores de producción.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Salidas}}{\text{Entradas}} = \frac{\# \text{ de productos}}{\text{recursos utilizados}}$$

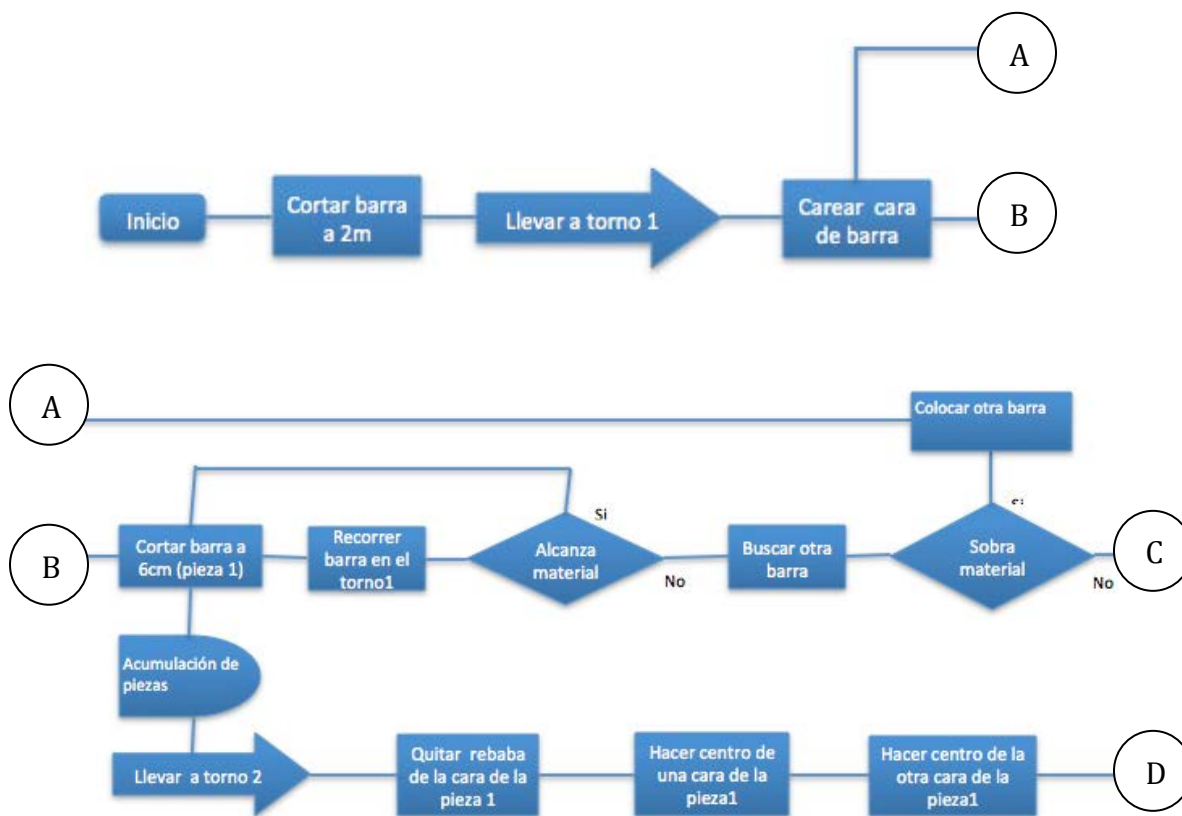
$$\text{Productividad} = \frac{31 \text{ piezas}}{382.83 \text{ min}} = 0.081 \text{ piezas/min}$$

$$\text{Productividad (del trabajo)} = \frac{31 \text{ piezas}}{6.38 \times 3 \text{ horas} - \text{ hombre}} = 1.62 \text{ piezas/horas} - \text{ hombre}$$

4.3 Descripción del proceso propuesto

Para que el proceso fuera más rápido, se propuso comprar un tronizador con 2mm de grosor, esto evitaría tener que llevar la barra a la cortadora y regresar al torno, con esto también el Operario 1, quién realmente tenía otras labores en el lugar, sólo fue tomado en cuenta al principio de la operación para no interrumpirlo en sus demás labores.

Al considerar comprar el tronizador, se obtuvo un costo aproximado de \$2,000.



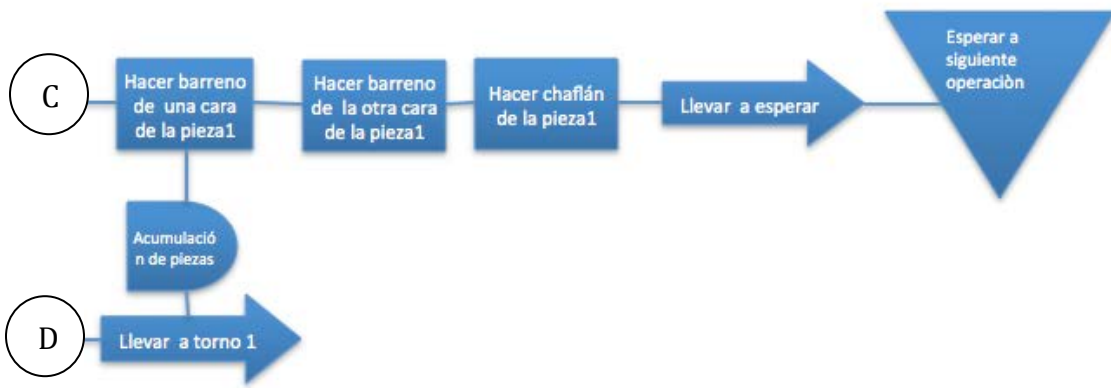


Figura 26.- Diagrama de proceso propuesto

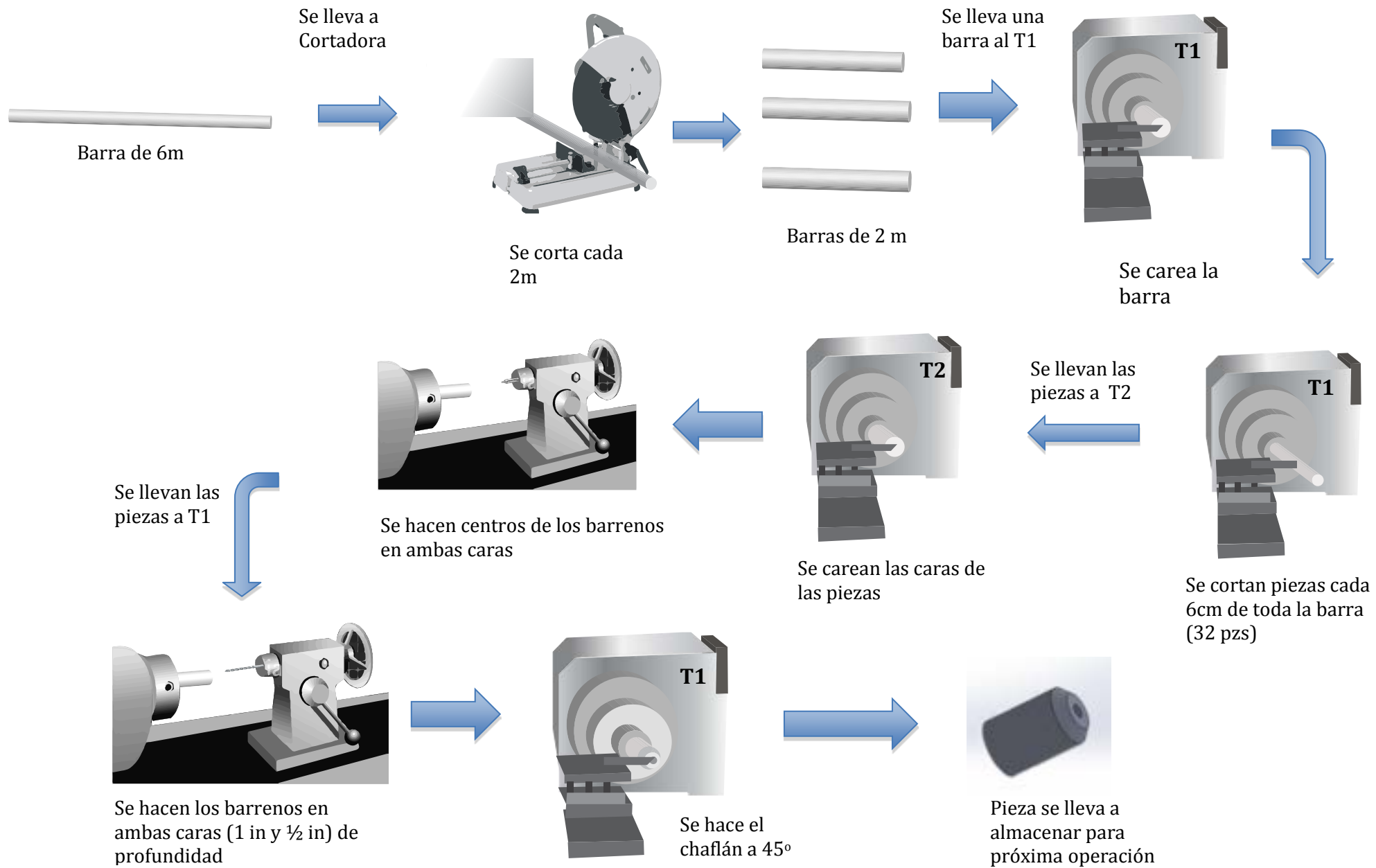
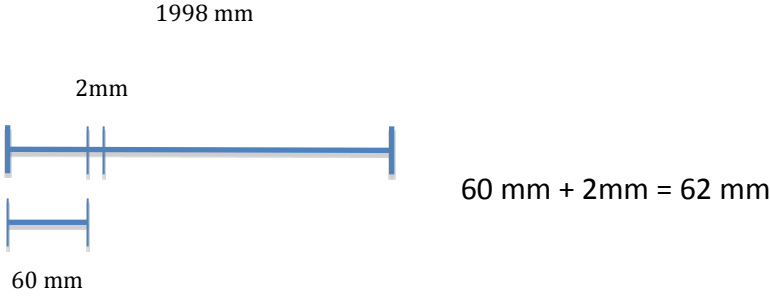
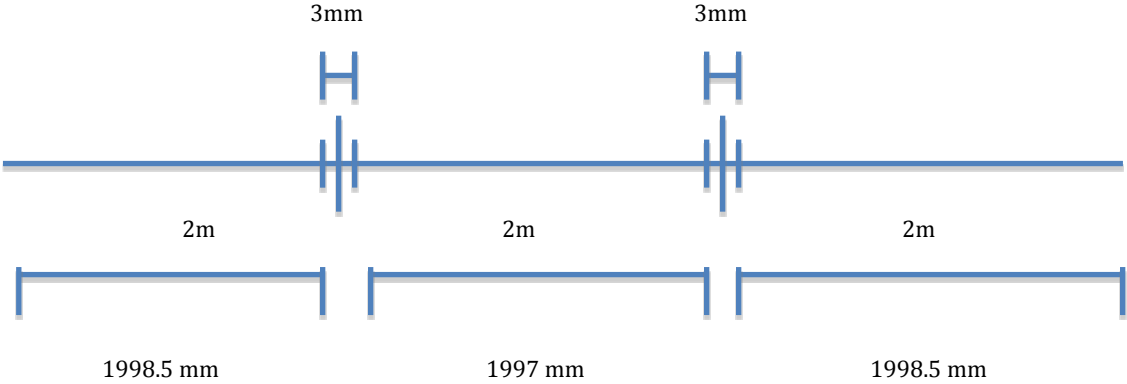


Figura 27.- Diagrama de transformación del material del proceso propuesto

Se contaba con una barra completa de acero inoxidable de 6m la cual fue cortada en tres barras de 1998 mm, de una barra se obtuvieron 32 piezas de 60 mm, con esto, se perdieron 64 mm de material al cortar y carear, y sobraron 14 mm de la barra.



$$\begin{array}{r}
 32 \\
 62 \overline{) 1998} \\
 \underline{138} \\
 14 \text{ sobrantes}
 \end{array}
 \Rightarrow 32 \text{ piezas}$$

Demás sobrante se calculó:
 2mm grosor x 32 piezas= 64 mm se perdieron en el proceso

A continuación se evaluarán los propósitos, medios, lugar, sucesión y persona para llevar a cabo la actividad.

Propósito: se propuso comprar un tronizador para que el proceso fuera más rápido, con esta herramienta se evitaría llevar la barra a la cortadora y regresar al torno.

Medios: la barra se lleva a un torno para ser careada, después con el tronizador se corta cada 6 cm, de ahí cada pieza es llevada al otro torno para quitar la rebaba que deja el tronizador y hacer los centros de los barrenos en ambas caras de la pieza. Después la pieza se lleva al primer torno y se hacen los barrenos y el chaflán.

Lugar: se realiza en el torno porque es una pieza cilíndrica y simétrica, siendo la mejor opción para hacer un chaflán.

Sucesión: se tiene que seguir el proceso, es decir, primero ir a un torno y luego al otro, ya que el primero es más grande y cuenta con un sistema de refrigeración que el otro no tiene, es por ello que en ese torno se tronza la barra y se hacen los barrenos y el chaflán, mientras que en el otro sólo se quita la rebaba y se hacen los centros de los barrenos.

Persona: el proceso lo deben realizar personas que sepan manejar el torno manual, o capacitadas para su uso, ya que es una máquina que requiere de cuidado para ser manejada.

Con este proceso el tiempo final de producción es de 308.85 min es decir 5.15 hrs. Con base el Diagrama Hombre Máquina que presento a continuación (figura 28).

Figura 28a.- Diagrama Hombre Máquina del proceso propuesto

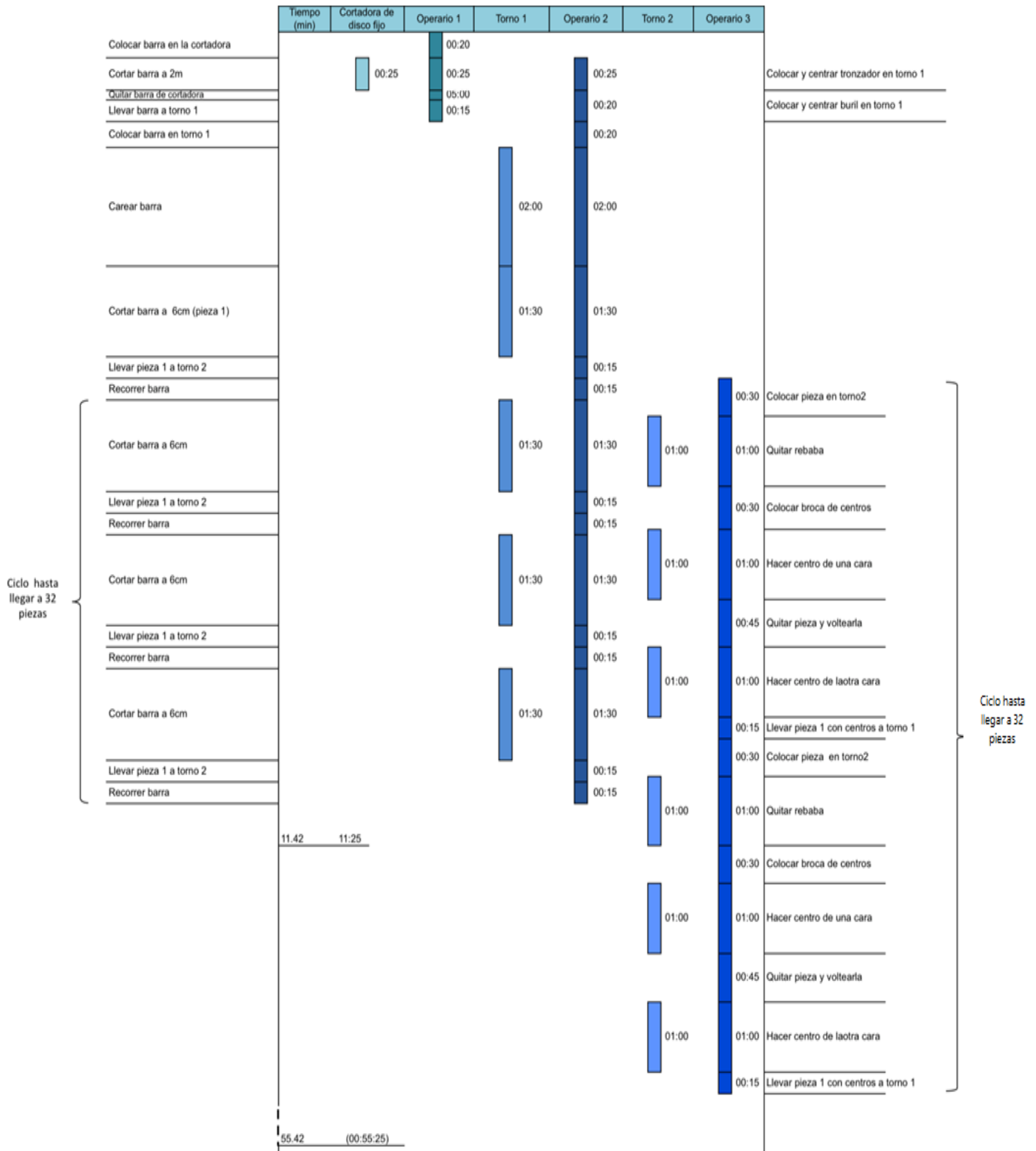
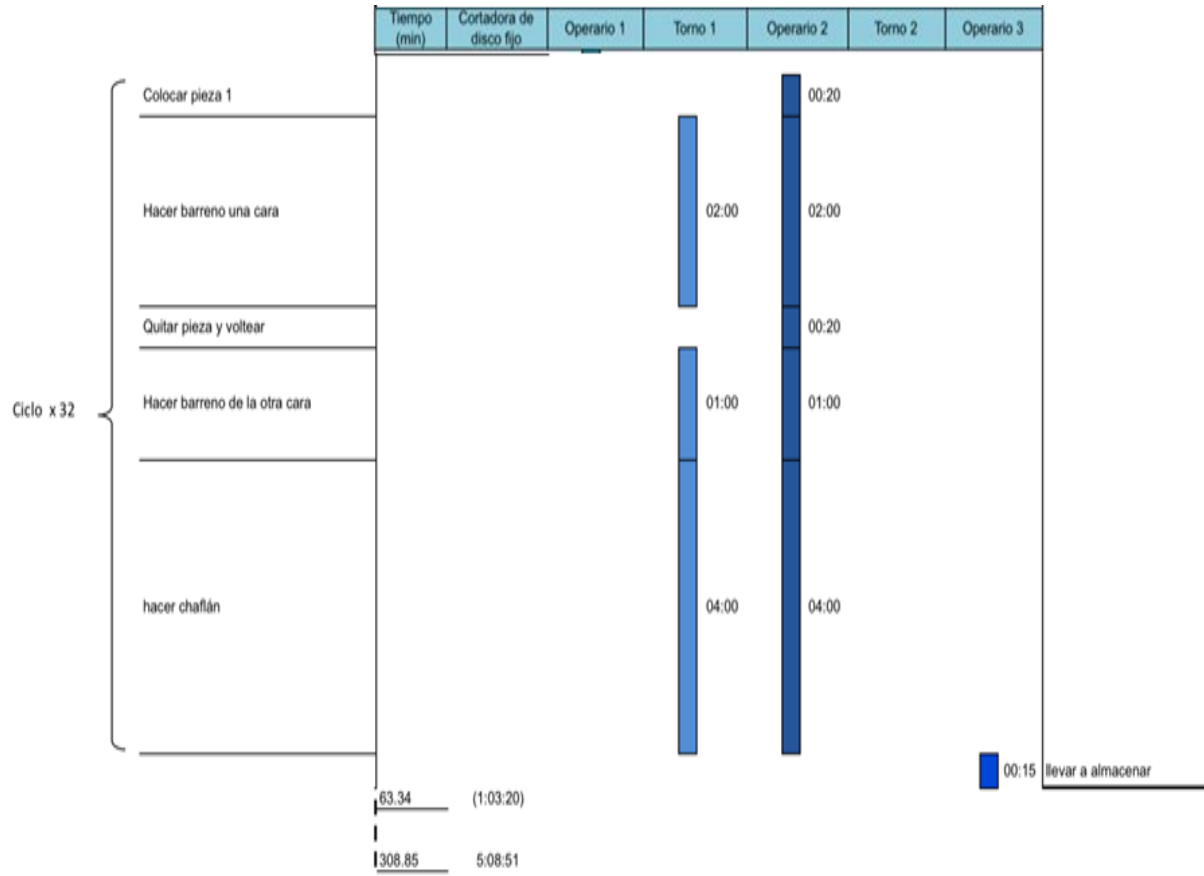


Figura 28b.- Diagrama Hombre Máquina del proceso propuesto



Del diagrama se obtuvieron los siguientes datos y resultados:

Tiempo total de todos los ciclos para la producción de 32 piezas en una barra de 6m = 308.85min (5:08:51 hrs)

Tiempo para la elaboración de una pieza antes del ciclo= 19.25 min (00:19:15 hrs)

Tiempo para la elaboración de una pieza después del ciclo = 14.92 min (00:14:55 hrs)

Tiempo promedio para elaboración de una pieza = 17.09 min.

Hombres y máquinas	Tiempo trabajando (min)	Tiempo descansando (min)
Cortadora de disco fijo	0.42	245.1
Operario 1	6	239.52
Torno 1	263.5	45.35
Operario 2	293.33	15.52
Torno 2	96	212.85
Operario 3	168	140.85

Tabla 2: Tabla comparativa de tiempo de trabajo y de descanso del proceso propuesto

Maneras para mejorar la productividad:

- Mayores salidas mismas entradas.
- Menores entradas y mayores salidas (la cual fue mi caso).

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Salidas}}{\text{Entradas}} = \frac{\# \text{ de productos}}{\text{recursos utilizados}}$$

$$\text{Productividad} = \frac{32 \text{ piezas}}{308.85 \text{ min}} = 0.104 \text{ pieza/min}$$

$$\text{Productividad (del trabajo)} = \frac{32 \text{ piezas}}{5.15 \times 3 \text{ horas} - \text{hombre}} = 2.072 \text{ piezas/horas} - \text{hombre}$$

4.4 Mejoras

Tabla 3: Tabla comparativa entre el proceso original y el propuesto

Proceso	Anterior (sin tronzador)	Propuesto (con tronzador)	Diferencia
Tiempo (min)	382.83	308.85	73.98
Tiempo promedio por pieza	22.5	17.09	5.42
Productividad (pieza-min)	0.081	0.104	0.023
Productividad (pieza/hr- hombre)	1.62	2.072	0.452
Material perdido (mm)	124	64	60
Piezas	31	32	1
Costo de inversión de nueva herramienta(\$)	0	2,000	*-2, 000

* No fue posible hacer un seguimiento, o productividad con base en insumos pues fue el único costo que me proporcionaron.

Se obtuvieron mejores resultados en el tiempo del proceso con una diferencia de 73.98 minutos, más de una hora por cada barra, en total se utilizaron tres barras de dos metros. Otro resultado destacable fue en la calidad del producto, ya que al usar el tronzador, el careado de la pieza queda mejor que utilizando el buril y en menos tiempo, también, es importante señalar que los jefes estuvieron satisfechos al dejar de utilizar la cortadora de disco, ahorrando material (discos de corte), además de que el operario de la cortadora sólo es requerido los primeros siete minutos de la fabricación, disponiendo de mayor tiempo para realizar sus otras labores.

El tiempo de trabajo de los tornos y sus respectivos operarios también mejoró, así como la propia división del trabajo (mejor repartida entre los operarios)

Otro aspecto importante sucedió en los tornos, los cuales estaban separados de la cortadora, pero con el tronzador, ya no se necesitó caminar hasta la cortadora para regresar a cualquiera de los tornos, sólo se iba de un torno a otro éstos se encontraba uno a lado del otro.

También el material se aprovechó mejor, habiendo menos pérdida del mismo tanto de la barra de acero inoxidable, como también de los discos de corte.

Con la mejora el tiempo para la elaboración de una pieza disminuyó 5.42 minutos. En tanto, la productividad con base en el tiempo aumentó un 28.4%, y por lo tanto la productividad por pieza/horas-hombre también aumentó un 27.9%.

Conclusiones

Mi estancia en la Unidad Productiva de San Mateo fue muy enriquecedora en muchos aspectos; me dio la posibilidad de poner en práctica los conocimientos que adquirí durante la carrera, por ejemplo, para diseñar y fabricar productos que cumplieran con los estándares y requerimientos solicitados por los clientes y la propia Unidad, me fue de gran utilidad mis estudios en el área de manufactura y diseño.

Los conocimientos obtenidos en la materia de Manufactura, me ayudaron para tener un óptimo desempeño en el uso y manejo del torno y la fresa manual que se utilizan en la Unidad; así como para crear programas en máquinas con el lenguaje de control numérico; y saber afilar buriles.

Asimismo, las clases de Dibujo Mecánico e Industrial, CAD CAM y manufactura, me permitieron saber leer el calibrador Vernier, así como utilizar diversas paqueterías relacionadas con el diseño de algún objeto; con esto ayudé a tener una mejor visualización de los productos para su producción.

Para la realización de los diagramas de procesos necesité del conocimiento de la materia Estudio del Trabajo, recordando las prácticas para analizar y mejorar los procesos de trabajo.

En relación con el trabajo que me fue asignado en la Unidad, obtuve grandes satisfacciones, entre ellas destaco el haber contribuido a aumentar la productividad dentro de la empresa (en concreto, producir más piezas en menos tiempo); el poder compartir mis conocimientos con mis compañeros de trabajo, específicamente al haberles capacitado en el manejo del torno y el proceso de afilado del buril; y la capacidad de tomar decisiones en momentos de apremio, por ejemplo, cuando tuve que hacer a mano los códigos de control numérico porque el programa que los generaba (BOD CAM) no funcionaba, esto ayudó a no demorar la producción.

En aspectos de género, tuve la satisfacción de ser reconocida por la empresa como la única mujer, identificada en el medio, en el manejo de las máquinas herramienta. Si bien, la igualdad de género en el ámbito laboral sigue siendo una deuda pendiente en nuestro país y a nivel mundial, es significativo que existan este tipo de acciones que motiven a que cada día más mujeres se preparen y ejerzan en ambientes de trabajo que históricamente han sido ocupados por los varones, en interés de reducir la segregación laboral de género.

Sin duda, uno de los mayores aprendizajes lo adquirí cuando se me dio la oportunidad de liderar a un grupo de personas de la empresa, la responsabilidad de tomar decisiones ligadas a la manufactura y producción de la Unidad, me permitió desarrollar capacidades para guiar a mi equipo de trabajo hacia un propósito común, a transmitirles confianza en lo que hacíamos, a escuchar y tomar en cuenta las opiniones y experiencias de todos, así como a resolver situaciones de manera eficaz.

El tener que ser “todólogos” fue una condición que motivó al compañerismo y por ende, a la creación de un clima laboral propicio para el cumplimiento de nuestras metas. El poder compartir mis conocimientos, así como aprender de la labor de los demás, enriqueció mi experiencia, pues obtuve una visión más amplia de las responsabilidades y tareas que cada uno desempeñaba, así como de la importancia que cada quien tiene en la Unidad.

Dentro de la Unidad identifiqué que existen muchas áreas de oportunidad, en algunas incluso pude haber participado, por ejemplo: la asignación de áreas de trabajo, el control de inventarios, orden en el almacén, estructurar un mejor organigrama para toda la empresa (no sólo el correspondiente al área de Manufactura e Ingeniería), entre otras cosas. En su momento todas las comenté con el personal a cargo para que fuesen consideradas en futuros trabajos.

En cuanto al organigrama, en el cual contribuí, considero que (después de ver y estar en ese tiempo dentro de la Unidad) es pertinente que se actualice constantemente, tomando en cuenta las modificaciones internas, por ejemplo: una nueva fabricación, un nuevo servicio, un puesto cuya utilización deba anexarse al organigrama, etc.

Un tema que considero importante retomar es el comparativo que se hace entre un técnico y un ingeniero. El ingeniero es un profesional orientado al diseño de sistemas, equipos y componentes; una planta de proceso, en cualquier ámbito, la diseñan los ingenieros, quienes comprenden y estudian las ecuaciones diferenciales y/o modelos matemáticos que describen al fenómeno, realizan simulaciones en complejos softwares, asimismo asumen responsabilidades de supervisión, gerenciales y de dirección. Por su parte, el técnico es un individuo orientado a comprender el funcionamiento de sistemas, equipos y plantas de proceso mediante la comprensión de planos y manuales, por lo general su misión primordial es mantener y operar, es el primer nivel de interacción con el proceso. También realiza pruebas predictivas e inspecciones para determinar las condiciones de equipos, hace mantenimiento preventivo y correctivo.

Los planes de mantenimiento son una labor de ingeniería, pues requiere de simulaciones y predicciones, modelos estadísticos, tratamiento de data de campo. Estos dos profesionales son interdependientes y cada quien debe cumplir con tareas específicas dentro de la organización, por lo que deben respetarse y complementarse.

Existen algunas características del tecnólogo que son competencia para el ingeniero y viceversa, por ejemplo, las que tiene el tecnólogo y que son similares a las del ingeniero son: la programación, el mantenimiento y la instalación de equipo, sin embargo el ingeniero posee un perfil diferente en cuanto al diseño, selección de maquinaria, diseño de software, supervisión de personal y en el control de calidad. Mientras el tecnólogo puede instalar software, operar el propio equipo y darle mantenimiento, el ingeniero supervisa el mantenimiento, pero no lo realiza rutinariamente, también puede operar la maquinaria, sin embargo no es su trabajo.

En mi experiencia en la Unidad descubrí que muchas veces no se valora el trabajo del ingeniero al hacer, formar parte o ayudar con trabajos propios de un técnico (sin menospreciar el trabajo de éstos).

A manera de resumen, mi experiencia dentro de la Unidad de San Mateo me permitió:

- Ser más humilde y a respetar el trabajo de cada uno de los compañeros.
- Compartir mis conocimientos y aprender de la experiencia de los demás.
- Saber cuál es el papel de un líder y cómo debe conducirse en el día a día.
- Tomar decisiones en momentos cruciales, llegando a mejores soluciones.
- Ser persistente con una idea hasta llevarla a cabo.
- Valorarme como mujer profesional y apreciar mi Universidad.

Anexo 1

Programación para generar Barrenos

;BARRENOS	N21 G03 X39.075 Y40.	N40 G01 Z-20.	N59 G03 X40.925 Y40.
N00 G90 G21 G43 G54	I-.925 J0. F152.1287	F91.2772	I.925 J0.
N01 M03 S748	N22 G03 X40.925 Y40.	N41 G03 X39.075 Y40.	N60 G00 X40.925 Y40.
N02 M07	I.925 J0.	I-.925 J0. F152.1287	N61 G01 Z-30.
N03 G00 X40.925 Y40.	N23 G00 X40.925 Y40.	N42 G03 X40.925 Y40.	F91.2772
Z2.54	N24 G01 Z-12.	I.925 J0.	N62 G03 X39.075 Y40.
N04 G01 Z-2. F91.2772	F91.2772	N43 G00 X40.925 Y40.	I-.925 J0. F152.1287
N05 G03 X39.075 Y40.	N25 G03 X39.075 Y40.	N44 G01 Z-22.	N63 G03 X40.925 Y40.
I-.925 J0. F152.1287	I-.925 J0. F152.1287	F91.2772	I.925 J0.
N06 G03 X40.925 Y40.	N26 G03 X40.925 Y40.	N45 G03 X39.075 Y40.	N64 G00 X40.925 Y40.
I.925 J0.	I.925 J0.	I-.925 J0. F152.1287	N65 G01 Z-32.
N07 G00 X40.925 Y40.	N27 G00 X40.925 Y40.	N46 G03 X40.925 Y40.	F91.2772
N08 G01 Z-4. F91.2772	N28 G01 Z-14.	I.925 J0.	N66 G03 X39.075 Y40.
N09 G03 X39.075 Y40.	F91.2772	N47 G00 X40.925 Y40.	I-.925 J0. F152.1287
I-.925 J0. F152.1287	N29 G03 X39.075 Y40.	N48 G01 Z-24.	N67 G03 X40.925 Y40.
N10 G03 X40.925 Y40.	I-.925 J0. F152.1287	F91.2772	I.925 J0.
I.925 J0.	N30 G03 X40.925 Y40.	N50 G03 X39.075 Y40.	N68 G00 X40.925 Y40.
N11 G00 X40.925 Y40.	I.925 J0.	I-.925 J0. F152.1287	N69 G01 Z-34.
N12 G01 Z-6. F91.2772	N31 G00 X40.925 Y40.	N51 G03 X40.925 Y40.	F91.2772
N13 G03 X39.075 Y40.	N32 G01 Z-16.	I.925 J0.	N70 G03 X39.075 Y40.
I-.925 J0. F152.1287	F91.2772	N52 G00 X40.925 Y40.	I-.925 J0. F152.1287
N14 G03 X40.925 Y40.	N33 G03 X39.075 Y40.	N53 G01 Z-26.	N71 G03 X40.925 Y40.
I.925 J0.	I-.925 J0. F152.1287	F91.2772	I.925 J0.
N15 G00 X40.925 Y40.	N34 G03 X40.925 Y40.	N54 G03 X39.075 Y40.	N72 G00 X40.925 Y40.
N16 G01 Z-8. F91.2772	I.925 J0.	I-.925 J0. F152.1287	N73 G01 Z-36.
N17 G03 X39.075 Y40.	N35 G00 X40.925 Y40.	N55 G03 X40.925 Y40.	F91.2772
I-.925 J0. F152.1287	N36 G01 Z-18.	I.925 J0.	N74 G03 X39.075 Y40.
N18 G03 X40.925 Y40.	F91.2772	N56 G00 X40.925 Y40.	I-.925 J0. F152.1287
I.925 J0.	N37 G03 X39.075 Y40.	N57 G01 Z-28.	N75 G03 X40.925 Y40.
N19 G00 X40.925 Y40.	I-.925 J0. F152.1287	F91.2772	I.925 J0.
N20 G01 Z-10.	N38 G03 X40.925 Y40.	N58 G03 X39.075 Y40.	N76 G00 X40.925 Y40.
F91.2772	I.925 J0.	I-.925 J0. F152.1287	N77 G00 z3.0
	N39 G00 X40.925 Y40.		

N78 G00 X104.425 Y40. Z2.54	N97 G03 X104.425 Y40. I.925 J0.	N114 G00 X104.425 Y40.	N131 G01 Z-28. F91.2772
N79 G01 Z-2. F91.2772	N98 G00 X104.425 Y40.	N115 G01 Z-20. F91.2772	N132 G03 X102.575 Y40. I-.925 J0.
N80 G03 X102.575 Y40. I-.925 J0. F152.1287	N99 G01 Z-12. F91.2772	N116 G03 X102.575 Y40. I-.925 J0. F152.1287	N133 G03 X104.425 Y40. I.925 J0.
N81 G03 X104.425 Y40. I.925 J0.	N100 G03 X102.575 Y40. I-.925 J0. F152.1287	N117 G03 X104.425 Y40. I.925 J0.	N134 G00 X104.425 Y40.
N82 G00 X104.425 Y40.	N101 G03 X104.425 Y40. I.925 J0.	N118 G00 X104.425 Y40.	N135 G01 Z-30. F91.2772
N83 G01 Z-4. F91.2772	N102 G00 X104.425 Y40.	N119 G01 Z-22. F91.2772	N136 G03 X102.575 Y40. I-.925 J0.
N84 G03 X102.575 Y40. I-.925 J0. F152.1287	N103 G01 Z-14. F91.2772	N120 G03 X102.575 Y40. I-.925 J0. F152.1287	N137 G03 X104.425 Y40. I.925 J0.
N85 G03 X104.425 Y40. I.925 J0.	N104 G03 X102.575 Y40. I-.925 J0. F152.1287	N121 G03 X104.425 Y40. I.925 J0.	N138 G00 X104.425 Y40.
N86 G00 X104.425 Y40.	N105 G03 X104.425 Y40. I.925 J0.	N122 G00 X104.425 Y40.	N139 G01 Z-32. F91.2772
N87 G01 Z-6. F91.2772	N106 G00 X104.425 Y40.	N123 G01 Z-24. F91.2772	N140 G03 X102.575 Y40. I-.925 J0.
N88 G03 X102.575 Y40. I-.925 J0. F152.1287	N107 G01 Z-16. F91.2772	N124 G03 X102.575 Y40. I-.925 J0. F152.1287	N141 G03 X104.425 Y40. I.925 J0.
N89 G03 X104.425 Y40. I.925 J0.	N108 G03 X102.575 Y40. I-.925 J0. F152.1287	N125 G03 X104.425 Y40. I.925 J0.	N142 G00 X104.425 Y40.
N90 G00 X104.425 Y40.	N109 G03 X104.425 Y40. I.925 J0.	N126 G00 X104.425 Y40.	N143 G01 Z-34. F91.2772
N91 G01 Z-8. F91.2772	N110 G00 X104.425 Y40.	N127 G01 Z-26. F91.2772	N144 G03 X102.575 Y40. I-.925 J0.
N92 G03 X102.575 Y40. I-.925 J0. F152.1287	N111 G01 Z-18. F91.2772	N128 G03 X102.575 Y40. I-.925 J0. F152.1287	N145 G03 X104.425 Y40. I.925 J0.
N93 G03 X104.425 Y40. I.925 J0.	N112 G03 X102.575 Y40. I-.925 J0. F152.1287	N129 G03 X104.425 Y40. I.925 J0.	N146 G00 X104.425 Y40.
N94 G00 X104.425 Y40.	N113 G03 X104.425 Y40. I.925 J0.	N130 G00 X104.425 Y40.	N147 G01 Z-36. F91.2772
N95 G01 Z-10. F91.2772			
N96 G03 X102.575 Y40. I-.925 J0. F152.1287			


```
N148 G03 X102.575      N151 M30
Y40.  I-.925  J0.
F152.1287
N149 G03 X104.425
Y40. I.925 J0.
N150 G00 X104.425
Y40.
```

La cual indica que la herramienta tiene que cortar el material por el eje Z hasta 36 mm es decir, pasando el material, en los puntos X40 Y 40 , y X104 Y40, donde el origen (0,0) se encuentra en el vértice inferior izquierdo del material.

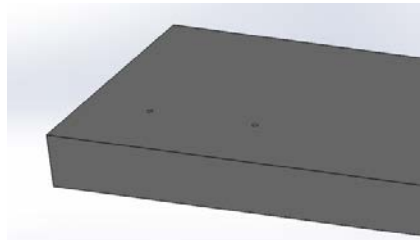


Figura 29.- Barrenos

Anexo 2

Programación para generar círculo pequeño

;CIRCPEQ.TXT	N08	G00	24.613	J0.	N20	G03	N26	G01	Z-6.	
N01 G90 G54	X64.613	Y40.	F101.4191		X128.113	Y40.	F60.8515			
G43 G21	N09	G01	Z-4.	N15	G03	I24.613	J0.	N27	G03	
N02 M03 S499	F60.8515		X64.613	Y40.	N21	G00	X78.887	Y40.	I-	
N03 M07	N10	G03	I24.613	J0.	X128.113	Y40.	24.613	J0.		
N04 G00	X15.387	Y40.	I-	N16	G00	Z2.54	N22	G01	Z-4.	
X64.613	Y40.	24.613	J0.	N17	G00	F60.8515	N28	G03		
Z2.54	F101.4191		X128.113	Y40.	N23	G03	X128.113	Y40.		
N05 G01 Z-2.	N11	G03	Z2.54		X78.887	Y40.	I-	I24.613	J0.	
F60.8515	X64.613	Y40.	N18	G01	Z-2.	24.613	J0.	N29	G00	Z2.54
N06 G03	I24.613	J0.	F60.8515		F101.4191		N30	M30		
X15.387	Y40.	I-	N19	G03	N24	G03				
24.613	J0.	X64.613	Y40.	X78.887	Y40.	I-	X128.113	Y40.		
F101.4191	N13	G01	Z-6.	24.613	J0.	I24.613	J0.			
N07 G03	F60.8515		F101.4191		N25	G00				
X64.613	Y40.	N14	G03		X128.113	Y40.				
I24.613	J0.	X15.387	Y40.	I-						

La cual, por medio de los comandos G03 y G02 de interpolación, indica que la herramienta cortará un círculo de radio 22.92mm (diámetro de 45.84 mm) alrededor de los barrenos de 3/16 in.

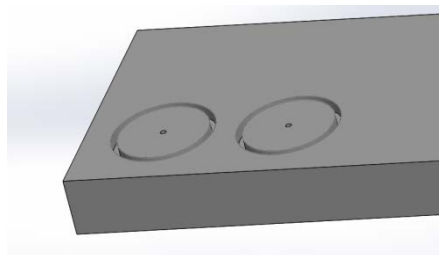


Figura 30.- Círculo Pequeño

Anexo 3

Programación para generar círculo grande

;CIRCULOGRAN	N14	G03	N26	G03	N38	G03	N50	G03
D.TXT	X11.738	Y40. I-	X11.738	Y40. I-	X11.738	Y40. I-	X11.738	Y40. I-
N01 G90 G54	28.262	J0.	28.262	J0.	28.262	J0.	28.262	J0.
G43 G21	F101.4191		F101.4191		F101.4191		F101.4191	
N02 M03 S499	N15	G03	N27	G03	N39	G03	N51	G03
N03 M07	X68.262	Y40.	X68.262	Y40.	X68.262	Y40.	X68.262	Y40.
N04 G00	I28.262	J0.	I28.262	J0.	I28.262	J0.	I28.262	J0.
X68.262 Y40.	N16	G00	N28	G00	N40	G00	N52	G00
Z2.54	X68.262	Y40.	X68.262	Y40.	X68.262	Y40.	X68.262	Y40.
N05 G01 Z-3.	N17	G01 Z-12.	N29	G01 Z-21.	N41	G01 Z-30.	N53	G00 z3.0
F60.8515	F60.8515		F60.8515		F60.8515		N54	G00 G54
N06 G03	N18	G03	N30	G03	N42	G03	X131.762	Y40.
X11.738 Y40. I-	X11.738	Y40. I-	X11.738	Y40. I-	X11.738	Y40. I-	Z2.54	
28.262 J0.	28.262	J0.	28.262	J0.	28.262	J0.	N55	G01 Z-3.
F101.4191	F101.4191		F101.4191		F101.4191		F60.8515	
N07 G03	N19	G03	N31	G03	N43	G03	N56	G03
X68.262 Y40.	X68.262	Y40.	X68.262	Y40.	X68.262	Y40.	X75.238	Y40. I-
I28.262 J0.	I28.262	J0.	I28.262	J0.	I28.262	J0.	28.262	J0.
N08 G00	N20	G00	N32	G00	N44	G00	F101.4191	
X68.262 Y40.	X68.262	Y40.	X68.262	Y40.	X68.262	Y40.	N57	G03
N09 G01 Z-6.	N21	G01 Z-15.	N33	G01 Z-24.	N45	G01 Z-33.	X131.762	Y40.
F60.8515	F60.8515		F60.8515		F60.8515		I28.262	J0.
N10 G03	N22	G03	N34	G03	N46	G03	N58	G00
X11.738 Y40. I-	X11.738	Y40. I-	X11.738	Y40. I-	X11.738	Y40. I-	X131.762	Y40.
28.262 J0.	28.262	J0.	28.262	J0.	28.262	J0.	N59	G01 Z-6.
F101.4191	F101.4191		F101.4191		F101.4191		F60.8515	
N11 G03	N23	G03	N35	G03	N47	G03	N60	G03
X68.262 Y40.	X68.262	Y40.	X68.262	Y40.	X68.262	Y40.	X75.238	Y40. I-
I28.262 J0.	I28.262	J0.	I28.262	J0.	I28.262	J0.	28.262	J0.
N12 G00	N24	G00	N36	G00	N48	G00	F101.4191	
X68.262 Y40.	X68.262	Y40.	X68.262	Y40.	X68.262	Y40.	N61	G03
N13 G01 Z-9.	N25	G01 Z-18.	N37	G01 Z-27.	N49	G01 Z-36.	X131.762	Y40.
F60.8515	F60.8515		F60.8515		F60.8515		I28.262	J0.

N62	G00	N101 G01 Z-15.	N110	G03	28.262	J0.	N128	G03	
X131.762 Y40.		F60.8515	X75.238 Y40. I-		F101.4191		X131.762	Y40.	
N63	G01 Z-9.	N102	G03	28.262	J0.	N120	G03	I28.262 J0.	
F60.8515		X75.238 Y40. I-		F101.4191		X131.762	Y40.	N129	G00
N64	G03	28.262	J0.	N111	G03	I28.262 J0.		X131.762	Y40.
X75.238 Y40. I-		F101.4191		X131.762	Y40.	N121	G00	N130	G01 Z-36.
28.262	J0.	N103	G03	I28.262 J0.		X131.762	Y40.	F60.8515	
F101.4191		X131.762	Y40.	N112	G00	N122	G01 Z-30.	N131	G03
N65	G03	I28.262 J0.		X131.762	Y40.	F60.8515		X75.238	Y40. I-
X131.762	Y40.	N104	G00	N113	G01 Z-24.	N123	G03	28.262	J0.
I28.262 J0.		X131.762	Y40.	F60.8515		X75.238	Y40. I-	F101.4191	
N66	G00	N105 G01 Z-18.	N114	G03	28.262	J0.	N132	G03	
X131.762 Y40.		F60.8515	X75.238 Y40. I-		F101.4191		X131.762	Y40.	
N67	G01 Z-12.	N106	G03	28.262	J0.	N124	G03	I28.262 J0.	
F60.8515		X75.238 Y40. I-		F101.419		X131.762	Y40.	N133	G00
N68	G03	28.262	J0.	N115	G03	I28.262 J0.		X131.762	Y40.
X75.238 Y40. I-		F101.4191		X131.762	Y40.	N125	G00	N134	M30
28.262	J0.	N107	G03	I28.262 J0.		X131.762	Y40.		
F101.4191		X131.762	Y40.	N116	G00	N126	G01 Z-33.		
N69	G03	I28.262 J0.		X131.762	Y40.	F60.8515			
X131.762	Y40.	N108	G00	N118	G01 Z-27.	N127	G03		
I28.262 J0.		X131.762	Y40.	F60.8515		X75.238	Y40. I-		
N100	G00	N109 G01 Z-21.	N119	G03	28.262	J0.			
X131.762 Y40.		F60.8515	X75.238 Y40. I-		F101.4191				

Esta programación hace que la herramienta corte un círculo con un radio de 26mm pasando por el ancho del material, con ello la pieza sale terminada.

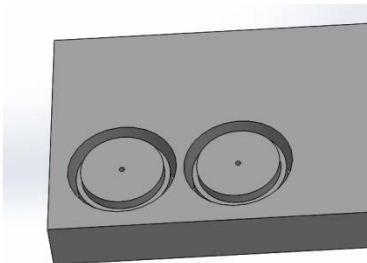


Figura 31.- Círculo grande

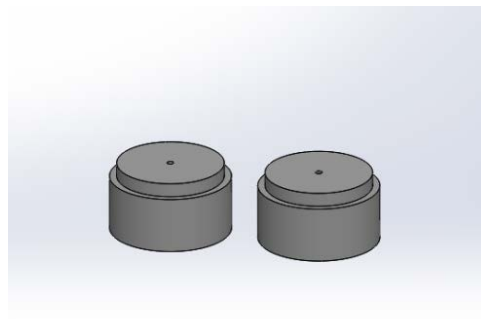


Figura. 32- Pieza terminada (soporte de resorte)

Fuentes

Bibliografía

- Organización Internacional del Trabajo. *Introducción al Estudio del Trabajo*. Cuarta edición.
- Alluson Francisco. *Los organigramas*. Casanovas-Editor, 1961
- NIEBEL B. W., Freivalds A (2004). *Ingeniería Industrial, Métodos estándares y diseño del trabajo*. México. Alfaomega. 11ª ed
- M.I. Ma. de Lourdes Arellano Bolio. *Apuntes de clase de Estudio del Trabajo*. FI-UNAM. Semestre 2009-1
- Ing. Eduardo Garduño. *Apuntes de clase de Manufactura Flexible*. FI-UNAM Semestre 2012-1

Internet

- Christian Mullen. *Cómo programar CNC*. 2013. [Fecha de consulta: 12 Enero 2013]. Disponible en: < http://www.ehowenespanol.com/programar-cnc-como_7932/ >
- Ramírez. Ibáñez. M. *Propiedades del Nylamid*. Universidad de Américas Puebla. 2004 [Fecha de consulta: 8 Febrero 2013]. Disponible en: <http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/ramirez_i_m/capitulo3.pdf>
- Página principal de la empresa. *Proyerco Soluciones Integrales*. [Fecha de consulta: 30 Julio 2014 y 03 Febrero 2017] Disponible en: < www.proyerco.com.mx >
- *Introducción a la soldadura TIG*. De máquinas y herramientas. 2011. [Fecha de consulta: 03 Agosto 2015]. Disponible en: <<http://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/soldadura-tig>>

- *Actualidad de la Industria Metalmeccánica*. Metalmeccánica. 2014. [Fecha de consulta: 06 Agosto 2015]. Disponible en: <<http://www.metalmeccanica.com/temas/Actualidad-de-la-industria-metalmeccanica-de-Mexico+7093939>>
- Valentina González. *Industria metalmeccánica crecerá 7%*. Manufactura.2015. [Fecha de consulta: 06 Agosto 2015]. Disponible en: <<http://www.manufactura.mx/industria/2015/01/20/industria-metalmeccanica-crecera-7>>
- *Programación de control numérico CNC*. Electroensaimada. 2015. [Fecha de consulta: 07 Enero 2016]. Disponible en: <http://www.electroensaimada.com/uploads/9/0/8/9/9089783/codigo_iso.pdf>
- *Oportunidades y retos para México*. Metalmeccánica. 2016. [Fecha de consulta: 03 Febrero 2017]. Disponible en: <<http://www.metalmeccanica.com/temas/Oportunidades-y-retos-para-Mexico-en-2017+116798?pagina=1>>