



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PROTOTIPADO RÁPIDO, EN EL
LABORATORIO DE MANUFACTURA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS
AMÉRICAS



AUTORA

Carla Rosa Vinueza Arellano

AÑO

2017



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

**DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PROTOTIPADO RÁPIDO, EN EL
LABORATORIO DE MANUFACTURA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS
AMÉRICAS**

**Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniera en Producción
Industrial.**

Profesor Guía

Mtr. Omar Cristóbal Flor Unda

Autora

Carla Rosa Vinueza Arellano

Año

2017

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

OMAR CRISTÓBAL FLOR UNDA

Máster en Automática, Robótica y Telemática

CI: 1713531331

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

JOSÉ ANTONIO TOSCANO ROMERO

Magister en Dirección de Operaciones y Seguridad Industrial

CI: 1715195283

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

CARLA ROSA VINUEZA ARELLANO

CI: 1721788527

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios en primer lugar porque es mi fuente de energía, a mis padres y mi hermano por su apoyo incondicional en toda mi carrera y en cada proyecto que emprendo, A mis profesores por su paciencia y ayuda en mi tesis en especial a mi tutor Omar Flor por todo su aporte y paciencia en el desarrollo de este trabajo de Titulación.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a todos los futuros Ingenieros en Producción Industrial de la Universidad de las Américas esperando que los temas tratados en esta tesis sean de su interés y en especial a mi profesor y amigo José Toscano quien fue mi fuente de motivación guía y soporte para poder realizar mi tesis.

RESUMEN

En este proyecto de titulación llamado Diseño de una línea de prototipado rápido, en el laboratorio de manufactura de la Universidad de las Américas busca crear una línea de producción tratando de disponer de mejor manera las máquinas existentes en el laboratorio creando un trabajo común el cual es el prototipado, para esto se analizó mediante el uso de herramientas como el diagrama de relación de actividades y en su defecto el diagrama de bloques para poder crear una relación entre áreas de trabajo y máquinas considerando también un método para poder seleccionar la máquina en base al tiempo y material que se vaya a utilizar para poder crear prototipos de diferentes clases.

ABSTRACT

In this project titled Design a rapid prototyping line, in the manufacturing laboratory of the University of the Americas, search to create a production line trying to better dispose of existing machines in the laboratory by creating a common work which is the prototyping, for this it was analyzed by the use of tools such as the activity relation diagram and the block diagram to be able to create a relationship between work areas and machines also considering a method to be able to select the machine based in time and material that is going to be used to create different types of prototypes.

INDICE

1. Introducción	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 ALCANCE	2
1.3 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.5 MARCO TEÓRICO.....	3
2. Situación actual	8
2.1 MÁQUINAS EXISTENTES EN EL LABORATORIO	10
2.1.1 FRESADORA	10
2.1.2 ESCÁNER 3D.....	15
2.1.3 IMPRESORA 3D.....	17
2.1.4 TORNO CNC	18
2.2 FLUJO DE OPERACIÓN DE LAS MÁQUINAS.....	20
2.2.1 FRESADORA	21
2.2.2 ESCÁNER	23
2.2.3 IMPRESORA	25
2.2.4 IMPRESORA CON ESCÁNER	27
2.2.5 TORNO.....	28
3. Diseño y desarrollo de la línea de prototipado rápido	30
3.1 LIMITACIONES.	30
3.1.1 LIMITACIÓN DE MATERIALES	30
3.1.2 LIMITACIÓN POR VOLUMEN DE TRABAJO	32
3.2 TIPOS DE ELEMENTOS REALIZADOS	33
3.3 ANÁLISIS DE LAS VARIABLES (RESISTENCIA, RADIO DE TRABAJO MÁQUINA, TIEMPO).....	39

3.4 DIAGRAMA DE RELACIÓN	42
3.4.1 HOJA DE TRABAJO	43
3.4.2 DIAGRAMA DE BLOQUES	44
3.5 DIAGRAMA DE PROCESOS	45
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	48
4.1 COSTOS DE PRODUCCIÓN	49
4.1.1 COSTOS FRESADORA	49
4.1.2 COSTOS IMPRESORA	50
4.1.3 COSTOS TORNO.....	51
4.1.4 COSTOS ESCÁNER	51
4.2 PROCEDIMIENTO DE USO DE MATRIZ 3D	52
4.3 DISTRIBUCIÓN FINAL DEL LABORATORIO	52
4.3.1 DIAGRAMAS DE ESPAGUETI EN BASE A LA NUEVA DISTRIBUCIÓN.	52
4.3.1.1 Proceso de creación de pieza nueva.....	53
4.3.1.2 Proceso con elemento físico.....	54
4.3.1.3 Proceso con dato cad.....	55
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
5.1 CONCLUSIONES.....	57
5.2 RECOMENDACIONES.....	58
REFERENCIAS	59
ANEXOS	60

INDICE FIGURAS

FIGURA 1 SÍMBOLOS MACRO PROCESO	7
FIGURA 2 SÍMBOLOS FLUJOGRAMA	8
FIGURA 3 DIAGRAMA DE ISHIKAWA	9
FIGURA 4 FRESADORA ROLAND	11
FIGURA 5 INVENTOR CAM	12
FIGURA 6 OPERACIÓN CAREADO	12
FIGURA 7 OPERACIÓN PERFIL	13
FIGURA 8 OPERACIÓN CAVIDAD	13
FIGURA 9 OPERACIÓN TALADRADO	13
FIGURA 10 OPERACIÓN RANURA	14
FIGURA 11 OPERACIÓN T RANURA	14
FIGURA 12 ESCÁNER PICZA	15
FIGURA 13 PROCESO DE ESCANEEO 1	16
FIGURA 14 PROCESO DE ESCANEEO 2	16
FIGURA 15 MESHMIXER	16
FIGURA 16 IMPRESORA MAKERBOT REPLICATOR	17
FIGURA 17 MAKERBOT	18
FIGURA 18 TORNO CNC XENDOLL	18

FIGURA 19 INVENTOR CAM.	19
FIGURA 20 OPERACIÓN RANURADO	19
FIGURA 21 OPERACIÓN ROSCADO	20
FIGURA 22 ESPAGUETI FRESADORA	21
FIGURA 23 DIAGRAMA FRESADORA	22
FIGURA 24 ESPAGUETI ESCÁNER	23
FIGURA 25 DIAGRAMA ESCÁNER	24
FIGURA 26 ESPAGUETTY IMPRESORA	25
FIGURA 27 DIAGRAMA IMPRESORA	26
FIGURA 28 ESPAGUETI IMPRESORA CON ESCÁNER	27
FIGURA 29 ESPAGUETI TORNO	28
FIGURA 30 DIAGRAMA TORNO	29
FIGURA 31 PIEZA BASE PARA ESTUDIO	35
FIGURA 32 DIMENSIONES PIEZA BASE PARA ESTUDIO	35
FIGURA 33 CUADRO DE TIEMPOS PIEZA PEQUEÑA	37
FIGURA 34 CUADRO DE TIEMPOS PIEZA GRANDE	38
FIGURA 35 CUADRO COMPARATIVO TIEMPOS PIEZA GRANDE PIEZA PEQUEÑA	39
FIGURA 36 DIAGRAMA RADIO DE TRABAJO, RESISTENCIA, MÁQUINA TIEMPO	40

FIGURA 37 DIAGRAMA DE RELACIÓN	42
FIGURA 38 DIAGRAMA DE BLOQUES	44
FIGURA 39 FASE DE DISEÑO	45
FIGURA 40 FASE DE MANUFACTURA Y ENTREGA DE PRODUCCIÓN FINAL	45
FIGURA 41 PROCESO DE CREACIÓN DE PIEZA NUEVA	46
FIGURA 42 PROCESO DE SELECCIÓN DE MÁQUINA	47
FIGURA 43 MATRIZ DE DECISIÓN	47
FIGURA 44 PROCESO DE SEGMENTACIÓN DE PIEZAS	48
FIGURA 45 ESPAGUETI PROCESO CREACIÓN DE PIEZA NUEVA	53
FIGURA 46 ESPAGUETI PROCESO ELEMENTO FÍSICO	54
FIGURA 47 ESPAGUETI PROCESO CON DATO CAD	55

INDICE TABLAS

TABLA 3.1 Limitación de materiales.....	30
TABLA 3.2 Limitación por volumen de trabajo.....	32
TABLA 3.3 Tipos de elementos realizados.....	34
TABLA 3.4 Dimensiones de piezas fabricadas.....	36
TABLA 3.5 Tiempo de maquinado pieza pequeña.....	36
TABLA 3.6 Tiempo de maquinado pieza grande.....	38
TABLA 3.7 Hoja de trabajo.....	43
TABLA 4.1 Costos fresadora.....	49
TABLA 4.2 Costos impresora.....	50
TABLA 4.3 Costos torno.....	51
TABLA 4.4 Costos escáner.....	51

1. INTRODUCCIÓN

El prototipado rápido permite transformar el concepto de creación de productos especialmente durante la fase de desarrollo, logrando visualizar, comprobar, verificar y analizar el avance que se tenga de los modelos que se estén realizando, llegando a tener un elemento con altos estándares de calidad que cumplen con los requerimientos esperados por el cliente.

Es importante detallar que esta tecnología es muy flexible debido a la viabilidad que nos ofrece, obteniendo diferentes opciones y mejoras en los elementos que se están creando. Utiliza un modelo realizado en ordenador donde los ajustes que se vayan a realizar sean menos demorosos y por lo tanto menos costosos. Permite además flexibilidad en el diseño y rapidez de elaboración garantizando la factibilidad del diseño, logrando que este modelo pueda ser replicado.

El diseño de una línea de prototipado rápido parte de una investigación previa, teniendo como entrada la necesidad de un cliente, bien sea un diseño, idea, como a su vez una pieza referencial.

Dado el auge y la importancia de este proceso, la Carrera de Producción Industrial busca estar a la vanguardia de la tecnología, y ve la necesidad de implementar la línea de prototipado rápido con el objetivo de mejorar la capacidad y fomentar esta técnica con sus estudiantes.

1.1 Antecedentes

El proceso de prototipado rápido es una tecnología relativamente nueva, su facilidad de trabajo y operación aporta en un gran porcentaje a nuevos proyectos creando objetos, mecanismos, elementos desde el más simple hasta el más complejo utilizando varias vías ya sea el maquinado (fresadora CNC, torno CNC), la fresadora y el torno generan geometrías por medio de arranque

de viruta y se controlan por medio de un ordenador basándose en un modelo 3D, la impresora 3D, conforma elementos por medio de la inyección de material fundido y depositándolo en base a una geometría previamente modelada en un ordenador, de esta manera encontramos impresoras que generan piezas de chocolate, concreto, plástico y hasta metal generando casas, puentes, piezas de plástico y metal de dimensiones y geometrías variadas, incluso este tipo de impresiones sirven para cambiar vidas creando placas para operaciones de osteosarcoma las cuales ayudan a los cirujanos a realizar la extracción precisa de dicho tumor.

Esta tecnología tiene la posibilidad de cambiar los medios de consumo dentro de los próximos años gracias a su facilidad de trabajo generando una pequeña fábrica de elementos en casa, dónde solo se necesita descargar el archivo que corresponda al elemento que necesiten y lo imprimen en vez de irlo a comprar.

1.2 Alcance

El presente trabajo tiene como finalidad diseñar una línea de prototipado rápido, considerando todas las máquinas existentes en el laboratorio de producción industrial. La línea considerará el tipo de producto, características físicas, costo de fabricación del prototipo, considerando el tiempo de manufactura, los limitantes de las capacidades de las máquinas.

Toda la línea será sometida a un diseño de planta a fin de optimizar el espacio y la disposición que existe en el laboratorio para lograr un mejor flujo de trabajo considerando espacios comunes entre máquinas para que la utilización de estas sean homogéneas.

Cabe destacar a simple vista que el principal limitante de estas máquinas es su volumen y material de trabajo el cual se considerará para el diseño de planta orientado a la distribución de los procesos considerando los niveles de seguridad que esta línea necesite.

1.3 Objetivo General

Diseñar una línea de producción para la generación de prototipos utilizando la maquinaria existente (fresadora CNC, escáner 3D impresora 3D y torno CNC) en el laboratorio de la carrera de producción industrial de la Universidad de las Américas.

1.4 Objetivos Específicos

-) Establecer las especificaciones generales del producto
-) Determinar tiempo, costo, materiales y características geométricas que cada máquina puede realizar.
-) Diseñar la línea de prototipado rápido.
-) Generar una línea de distribución de maquinaria
-) Realizar un estudio financiero.

1.5 Marco Teórico.- DEFINICIONES

Diseño Asistido por Computadora (CAD)

Consiste en el uso de ordenadores y programas especializados para crear modelos virtuales tridimensionales y dibujos en dos dimensiones de los productos. (Douglas Bryden, 2014,p.11)

Existen varios tipos de programas CAD con una amplia gama de aplicaciones para varios sectores de la industria facilitando el trabajo de los diseñadores de productos ya que pueden desarrollar sus ideas de forma más rápida, explorar alternativas y, utilizando el prototipado rápido, crear prototipos exactos.

El CAD permite explorar múltiples conceptos 3D de forma más rápida, visualizarlos de forma más precisa y suprimir errores de los planos técnicos (Douglas Bryden, 2014).

Prototipo

El prototipo se define como una aproximación a un producto específico o a piezas tridimensionales utilizando diversos procesos y materiales para fabricarlos a partir de datos CAD facilitando el proceso de fabricación del mismo.

Estos procesos se los puede segmentar en sustractivos, donde el diseño se modela en un bloque de material para crear la pieza deseada y en aditivos donde la pieza se construye mediante la adición de material capa a capa. (Douglas Bryden, 2014,p.67)

Los tipos de prototipos son

-) **Prototipos de Diseño** Son los encargados de evaluar los aspectos estéticos y ergonómicos
-) **Prototipos Geométricos** Son los encargados de probar la concordancia geométrica es decir forma y ensamblaje.
-) **Prototipos Funcionales** Son los encargados de mostrar las características de las funciones del producto, es decir, es una prueba del producto final
-) **Prototipos Técnicos** Son los encargados de evaluar todas las funciones de la pieza final

Prototipado Rápido

Son diversos procesos empleados para fabricar modelos y componentes de productos a partir de datos CAD modelados previamente por ordenador. (Douglas Bryden, 2014,p.67)

Esta técnica puede ser aplicada a diversas áreas tales como la Náutica, Aeronáutica, arte y decoración, Industria de mecanizado, electrónica, electrodomésticos, telefonía móvil y fija, aeromodelismo, juguetes, medicina (prótesis), embalaje, entre otros.

El prototipado rápido permite la creación de representaciones físicas exactas de elementos los cuales serán sometidos a pruebas de perfeccionamiento tales como visuales, tangibles, de montaje, anclaje, funcionamiento y sondeo de mercado para el nuevo producto creado obteniendo la información necesaria para que este elemento sea elaborado masivamente, optimizando tiempo en la toma de decisiones, logrando así un producto que satisfaga las necesidades del cliente y sus respectivos estándares de calidad.

La aplicabilidad del sistema ayuda de sobremanera a la producción, verificación y análisis en función del avance que se tenga con las versiones de prototipos creados tomando en cuenta que este sistema colabora a la reducción de costos de producción logrando un producto adecuado tanto para pruebas como también para el perfeccionamiento del mismo.

A partir de un producto realizado con esta técnica se puede considerar varios aspectos previos a la producción masiva del elemento como son evaluaciones de diseño como también de funcionamiento, creación de presupuesto, entre otras. De esta manera se optimiza el tiempo de desarrollo de nuevos productos controlando características funcionales o estéticas del prototipo.

Todo este proceso nace mediante una investigación previa, teniendo como entrada la necesidad de un cliente, bien sea un diseño como a su vez un elemento referencial el cual se va a someter a modificaciones empleando las máquinas y procesos existentes en el laboratorio de producción industrial.

Productividad

La productividad implica la mejora del proceso productivo y esta significa una comparación favorable entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de bienes y servicios producidos. Por ende, la productividad es un índice que relaciona lo producido por un sistema (salidas o producto) y los recursos utilizados para generarlo (entradas o insumos) (Carro y González, 2014,p.1)

Gestión de Procesos

La gestión de procesos es una forma sistemática de identificar, comprender y aumentar el valor agregado de los procesos de la empresa para cumplir con la estrategia del negocio y elevar el nivel de satisfacción de los clientes. La gestión de procesos con base en la visión sistemática apoya el aumento de la productividad y el control de gestión para mejorar en las variables clave, por ejemplo tiempo, calidad y costo (Bravo,2008, pp.22-23)

Proceso

Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan las cuales transforman elementos de entrada en resultados (ISO 9000 2005, P.8)

Actividad

Conjunto de tareas realizadas por una persona o grupo de personas con la finalidad de suministrar una salida a un cliente interno o externo efectuadas a partir de un conjunto de entradas (Lorino, 1993, p. 36)

Tarea

Desarrollo de actividades con operaciones muy específicas y delimitadas (Bravo, 2010, pp. 55)

Entrada

Suministro que proviene de un proveedor, sea este interno o externo. También es la salida de otro proceso convirtiéndose en una entrada para uno nuevo. (Pérez, 2010, pp,54-55)

Salida

Producto o servicio terminado destinado a un cliente interno o externo si el cliente es interno la salida se convierte en una nueva entrada para otro proceso (Pérez, 2010, p.55)

Macro Proceso

Estructura de procesos en la cual los procesos se desagregan en otros procesos (Bravo, 2008, p.27) (Ver figura 1)

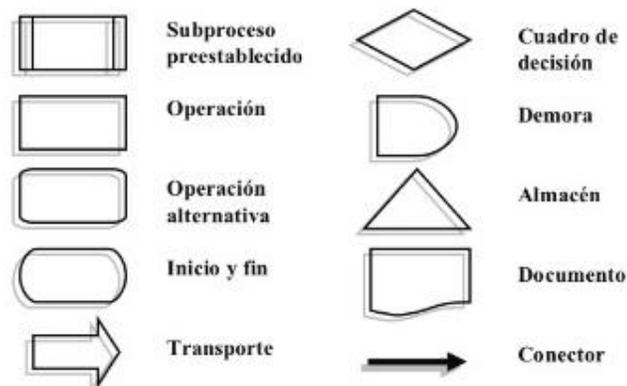


Figura 1 Símbolos Macro Proceso
Tomado de(aiteco, 2016)

Procesos Estratégicos

Procesos relacionados netamente con la estrategia de la organización, proporcionando directrices a los demás procesos dando pautas para que se pueda lograr la visión del negocio (Córdoba, 2008) (Bravo, 2008, p.30)

Procesos Operativos

Procesos relacionados directamente con la misión del negocio, con impacto directo sobre la satisfacción del cliente sustentando la forma de ser del negocio (Bravo, 2008, pp. 30-31) (Córdoba, 2008)

Procesos de Soporte

Procesos transversales, no se relacionan directamente con la misión del negocio, es decir, son servicios internos necesarios para realizar los procesos estratégicos y operativos dando un sustento para el cumplimiento de sus objetivos (Córdoba, 2008) (Bravo, 2008, p.31)

Mapa de procesos

Representación gráfica de la visión en conjunto de todos los tipos de procesos de la organización, los cuales mencionamos anteriormente. Este mapa de

procesos muestra todos los procesos, cada uno detallado para tener un entorno global de la visión de la organización. (Bravo, 2008, pp 37-39)

Flujograma

Representación gráfica de un proceso, utilizado para describir paso a paso, es decir, actividad por actividad las operaciones realizadas dentro del mismo. En un flujograma se utilizan diversos símbolos según diferentes normas (ISO 90001 CALIDAD, SF) (Ver Figura 2)

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Terminal. Indica el inicio o la terminación del flujo del proceso		Actividad. Representa una actividad llevada a cabo en el proceso.
	Decisión. Indica un punto en el flujo en que se produce una bifurcación del tipo "SÍ" – "NO"		Documento. Se refiere a un documento utilizado en el proceso, se utilice, se genere o salga del proceso.
	Multidocumento. Refiere a un conjunto de documentos. Por ejemplo, un expediente que agrupa distintos documentos.		Inspección/ firma. Empleado para aquellas acciones que requieren supervisión (como una firma o "visto bueno")
	Base de datos/ aplicación. Empleado para representar la grabación de datos.		Línea de flujo. Proporciona una indicación sobre el sentido de flujo del proceso.

Figura 2 Símbolos Flujograma

Tomado de(Universidad de Guadalajara, 2007)

2. SITUACIÓN ACTUAL

Mediante un diagrama de Ishikawa determinamos las razones por las cuales hasta el momento aun no se ha realizado una línea de prototipado rápido teniendo como causa raíz el trabajo independiente de las máquinas.

Ver (Figura 3)

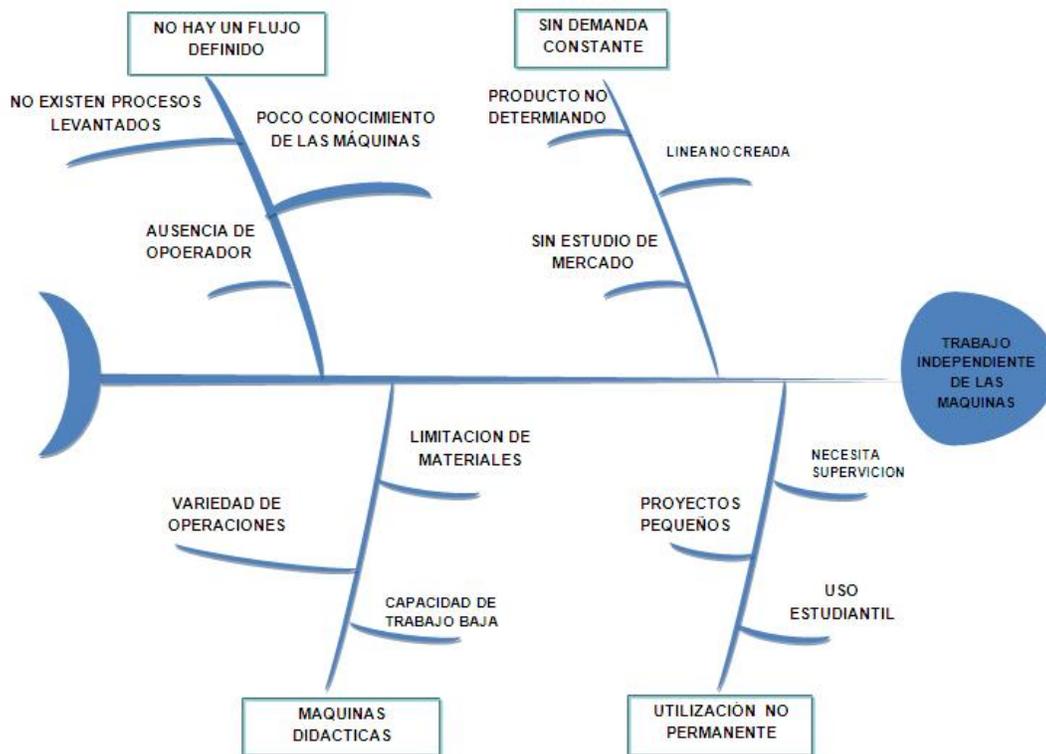


Figura 3 Diagrama Ishikawa

Donde podemos destacar las siguientes causas.

) Utilización no permanente de las máquinas

La utilización de las máquinas es estacional es decir se usan durante el periodo académico y se detienen en temporada de vacaciones.

Durante el tiempo de clases se realizan pequeños proyectos los cuales inician a mitad de semestre más o menos antes de este tiempo las máquinas pasan apagadas.

Cada proyecto realizado en las máquinas se lo realiza con supervisión de un profesor o en su defecto un ayudante de laboratorio.

) Máquinas didácticas

Al ser máquinas didácticas su capacidad de trabajo es baja comparadas con máquinas industriales, como también los materiales con los que se

puede trabajar ya que estos deben tener una resistencia baja para evitar daños en las mismas.

A la par tiene una variedad de operaciones las cuales nos dan un amplio espectro de mecanizado con lo cual se pueden crear elementos distintos a los industrializados.

) Sin demanda constante

Al ser una línea nueva de un producto no especificado la línea no tiene una demanda definida y por ende no existe un estudio de mercado que nos ayude a determinar qué tipo de producto específico realizar.

) No hay un flujo definido

Al ser máquinas didácticas no se tiene un conocimiento completo de las capacidades de las máquinas considerando que estas máquinas están siendo usadas didácticamente sin un operador especializado todo el tiempo solo en el caso de proyectos se tiene la guía del profesor encargado o en su defecto un ayudante del laboratorio.

No existen procesos levantados para el uso de las máquinas.

La universidad de las Américas tiene un laboratorio de Manufactura cuya área es de 110 m² dentro del cual existe máquinas como la Fresadora CNC, Torno CNC, Escáner 3D, Impresora 3D.

2.1 Máquinas existentes en el laboratorio

2.1.1 Fresadora

La Fresadora (Figura 4) esta máquina realiza procesos de arranque de viruta mediante un sistema de control numérico (CNC), el material se elimina de la pieza mediante el uso de una herramienta de corte que gira a alta velocidad que sigue un recorrido determinado, las operaciones las puede realizar normalmente en tres o cuatro ejes , donde los tres primeros ejes se encargan

de mover la pieza en los ejes cartesianos, el siguiente eje se encarga de rotar la pieza alrededor del eje X para operaciones de revolución.

El fresado se utiliza para fabricar una amplia gama de objetos de diversos tamaños y permiten la creación de formas complejas. La fresadora utiliza SolidCAM como software para su funcionamiento.

SolidCAM es el software CAM perfectamente integrado en Autodesk Inventor SolidCAM ofrece una mayor eficiencia en sus operaciones de CNC. (Ver Figura 5)



Figura 4 Fresadora Roland



Figura 5 INVENTOR CAM

La fresadora realiza operaciones como:

Careado.- Esta operación es la que nos permite obtener una superficie con características adecuadas para la aplicación particular del producto que se está realizando, mediante pasadas de desbaste en la superficie de la pieza que se está realizando. Ver (Figura 6)

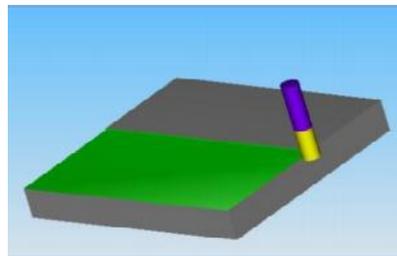


Figura 6 Operación Careado

Perfil.- Esta operación realiza un desbaste lateral en la pieza detallando una profundidad específica en cada pasada hasta llegar a obtener la profundidad deseada. Ver (Figura 7)

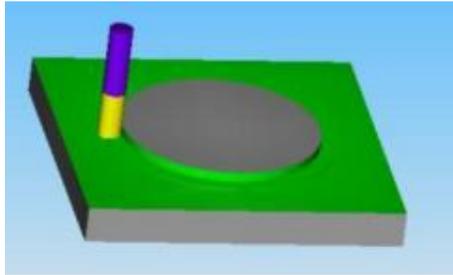


Figura 7 Operación Perfil

Cavidad.- Esta operación crea contornos devastando el material interno de la pieza generando cavidades dentro de la pieza. Ver (Figura 8)

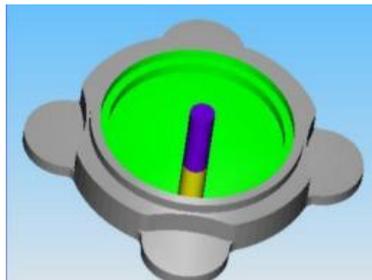


Figura 8 Operación Cavidad

Taladrado.- Esta operación realiza los agujeros de la pieza con un diámetro determinado. Ver (Figura 9)

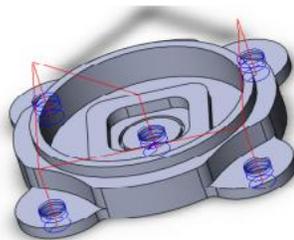


Figura 9 Operación Taladrado

Ranura.- Esta operación nos permite realizar una zanja o surco sobre la superficie interna de la pieza con una distancia de paso controlada. Ver (Figura 10)

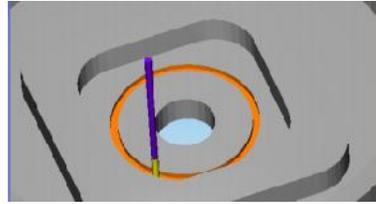


Figura 10 Operación Ranura

T- Ranura.- Esta operación realiza una zanja tipo “T” estilo riel sobre la superficie interna de la pieza para esta operación se debe usar otro tipo de herramienta tal como se muestra en la (Figura 11)

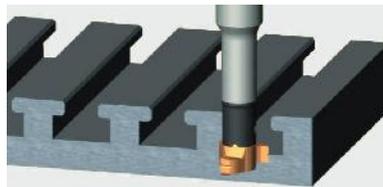


Figura 11 Operación T Ranura

Maquinado 3D y de superficies en alta velocidad.

Esta operación puede cortar desde una sola superficie hasta multisuperficies, con herramientas con punta plana, esféricas, y herramientas de disco para zonas ocultas, entre sus opciones para la generación de rutas de corte existe el corte siguiendo una curva y cortes paralelos entre otros.

El Maquinado 3D contiene herramientas útiles para el maquinado productivo en desbaste y acabado, usando comandos y estrategias de maquinado en alta velocidad en superficies y contornos.

2.1.2 Escáner 3D

El laboratorio cuenta con un escáner 3D marca PICZA Modelo LPX-60. Ver (Figura 12)

Su principal función es capturar de manera digital la geometría de objetos mediante un barrido de rayos láser de sentido vertical, ver (Figura 13, Figura 14). Éste dispositivo emite un haz de luz hacia el objeto que va a ser escaneado detectando el reflejo que esta luz genera utilizando sensores que interpretan la información y permiten recrear el modelo tridimensional en un computador. El objeto se coloca en una base giratoria.

El escáner 3D utiliza software Meshmixer utiliza para trabajar la técnica con mallas de triángulos. (Ver Figura 13)



Figura 12 Escáner PICZA

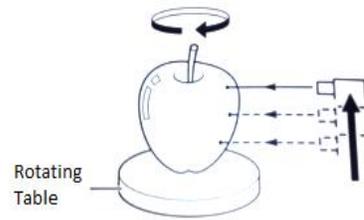


Figura 13 Proceso de escaneo 1

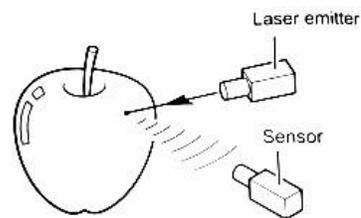


Figura 14 Proceso de escaneo 2

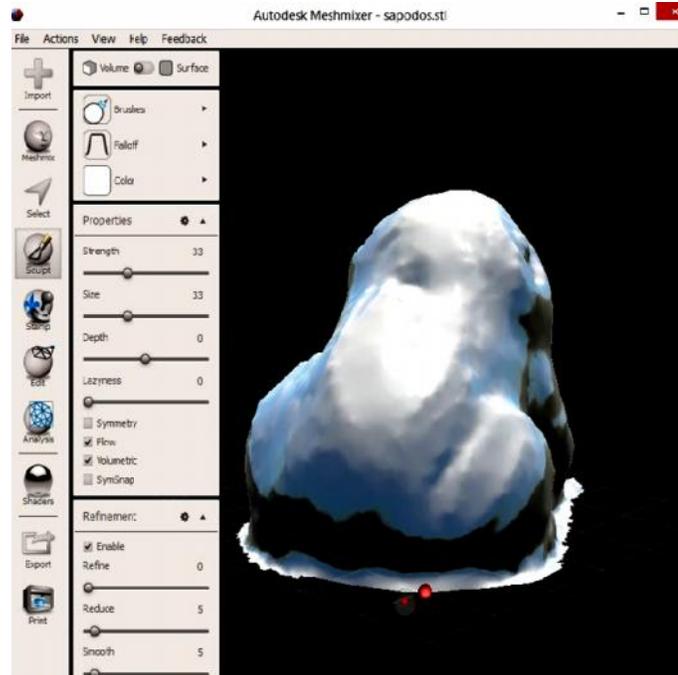


Figura 15 MESHMIXER

2.1.3 Impresora 3D

El laboratorio cuenta con una impresora 3D Marca Makerbot Replicator 2x. (Ver Figura 16) Su principal función es crear objetos tridimensionales mediante la fusión de filamento plástico. Esta máquina lee archivos formatos “.stl”, proporcionados a través de una tarjeta SD o mediante el uso de un computador. La máquina calienta el filamento plástico (ABS o PLA) a través de una boquilla extrusora (230°C) y lo deposita en una plataforma (110°C o 40 °C). El elemento se crea por deposición de material capa a capa.

La impresora utiliza un software llamado Makerbot (Ver Figura 17)



Figura 16 Impresora MAKERBOT REPLICATOR 2X

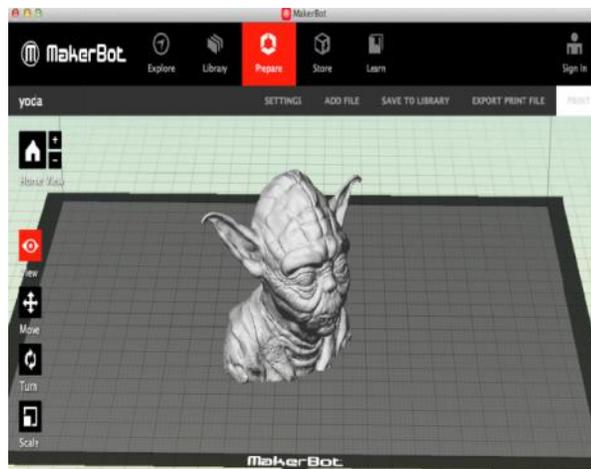


Figura 17 MAKERBOT

2.1.4 Torno CNC

El laboratorio cuenta con un torno Marca Xendoll modelo C000057. Ver (Figura 18). Esta máquina herramienta realiza arranque de viruta de pizas de revolución mediante un sistema de control numérico (CNC).

El torno puede realizar las siguientes operaciones utilizando Inventor CAM como software. (Ver Figura 19)

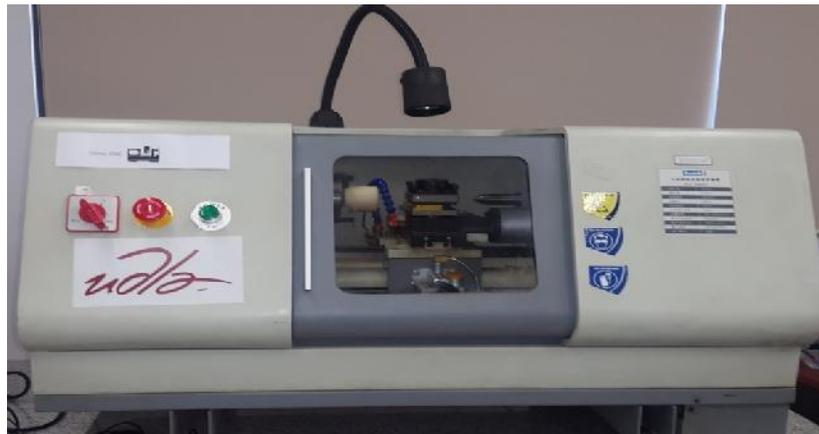


Figura 18 Torno CNC XENDOLL

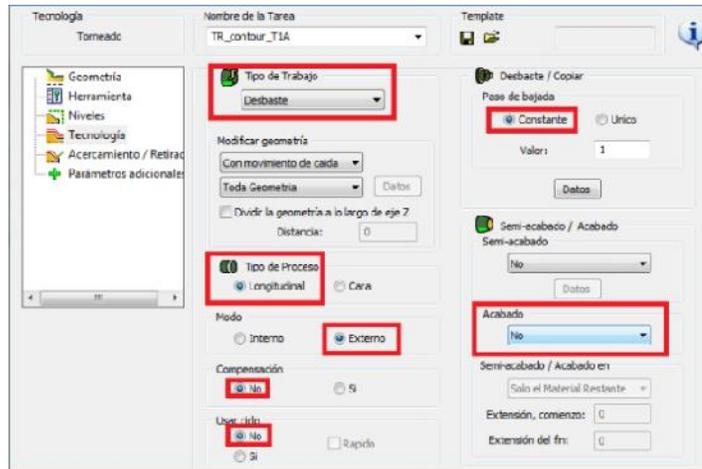


Figura 19 INVENTOR CAM

Torneado.- Esta operación nos permite crear superficies de revolución por arranque de viruta tomando en cuenta que su sección debe ser circular.

Ranurado.- Esta actividad nos ayuda a realizar una cavidad la cual se crea mediante una geometría y en una posición exacta dentro de la pieza que está rotando (Figura 20).

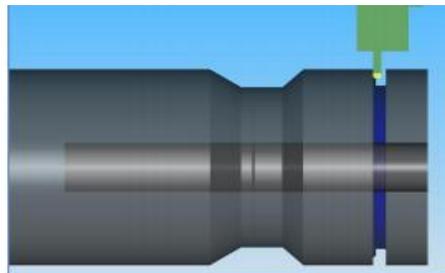


Figura 20 Operación Ranurado

Roscado.- Esta operación nos permite tener un acabado tipo rosca donde podemos determinar el paso que este va a tener considerando también el diámetro que el espacio de la rosca necesite. Ver (Figura 21)

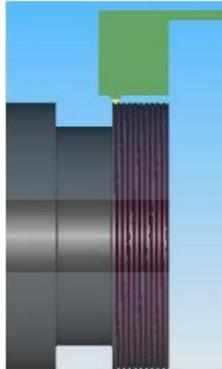


Figura 21 Operación Roscado

2.2 Flujo de operación de las máquinas

En la actualidad las máquinas del laboratorio trabajan de manera independiente, lo que implica que una máquina tiene mayor uso que el resto de máquinas, ya que los proyectos que se realizan no están bien distribuidos en base a las máquinas, tampoco existe un criterio claro para la selección de las mismas y a su vez también influye la facilidad de trabajo que la impresora 3D tiene tomando en cuenta el tiempo y la capacidad de crear piezas complejas, entonces detallaremos mediante diagramas de espagueti el flujo de movimiento que se tiene con el uso de cada máquina respectivamente:

2.2.1 Fresadora

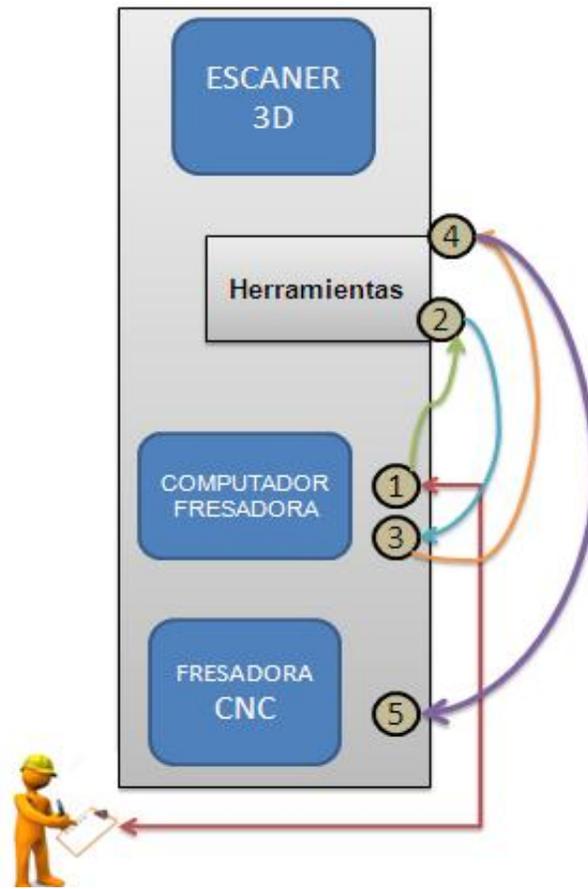


Figura 22 Espaguetei Fresadora

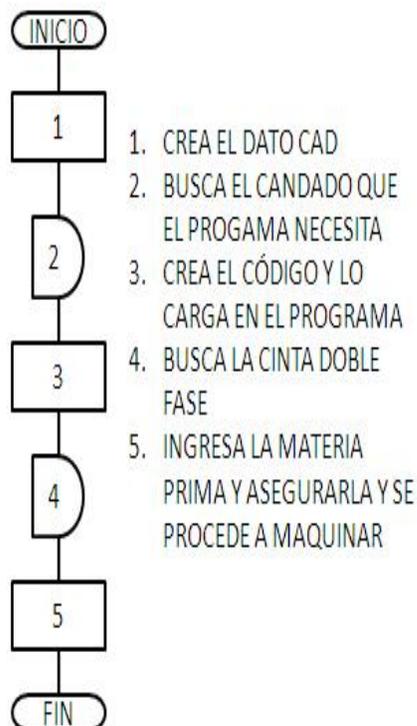


Figura 23 Diagrama Fresadora

La Figura 22 y Figura 23 representa el uso habitual de la fresadora CNC. Ésta máquina es utilizada con la previa explicación del profesor y para la realización de proyectos relacionados con el área técnica.

El flujo que el diagrama presenta se detalla a continuación:

1. Ingresa o en su defecto se crean los datos CAD del elemento que se va a realizar, para esto se necesita de la unidad de llave USB que es un dispositivo que permite ejecutar el software
2. Se procede a buscar la unidad de llave USB que se encuentra en el cajón de herramientas.
3. Con la unidad de llave USB puesta en el computador se procede a crear y cargar el código g dentro del programa.

4. Se toma del cajón de herramientas la cinta doble faz para fijar la materia prima.
5. Ingresamos la materia prima a la cuál previamente se le agregó la cinta doble faz para fijar a la base móvil de la fresadora y se procede a maquinar.

Es recomendable que el proceso sea observado el estudiante para poder detener la máquina en el caso de algún evento extraño.

2.2.2 Escáner

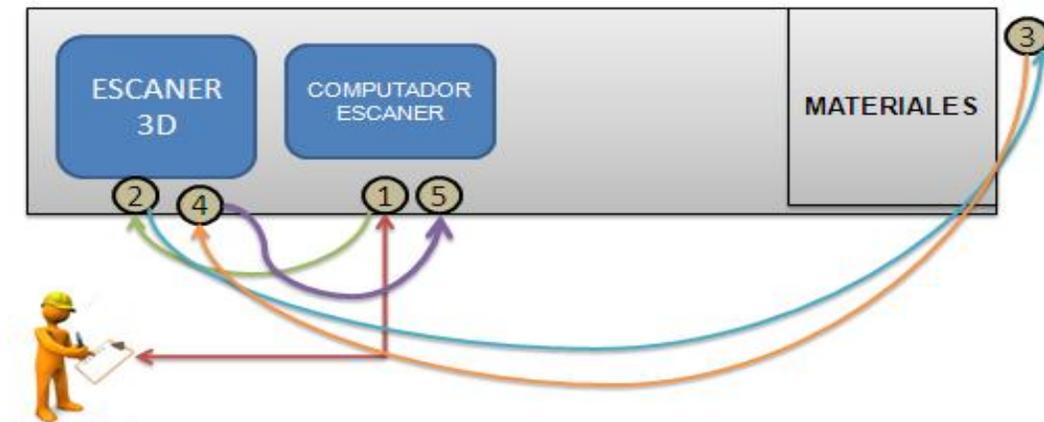


Figura 24 Espagueti Escáner

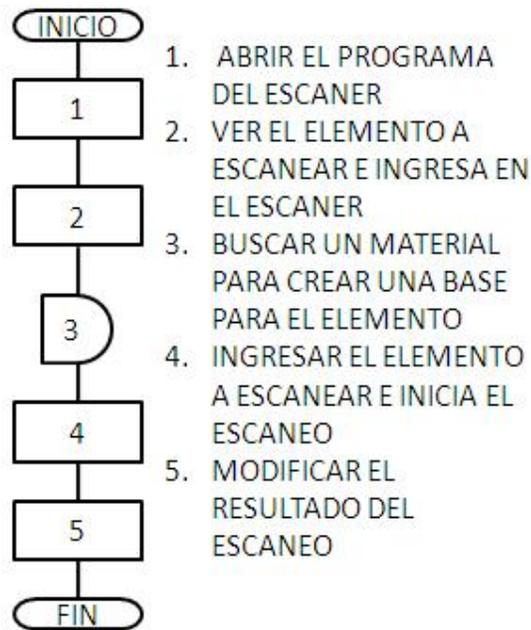


Figura 25 Diagrama Escáner

La figura 24 y Figura 25 representa el uso habitual del escáner 3D, éste es utilizado al igual que la fresadora con la previa explicación del profesor y para la realización de proyectos relacionados con el área técnica.

El flujo que el diagrama presenta se detalla a continuación:

- 1) Mediante el computador se ingresa al programa que controla el escáner 3D
- 2) Se revisa si el elemento que desea escanear cabe dentro del espacio de trabajo que la máquina tiene y revisa la posición más adecuada para el proceso.
- 3) Si se requiere se debe proporcionar una base que sujete al objeto sobre la base móvil del escáner
- 4) Ejecutar el software de captura una vez que se haya introducido la unidad llave USB.

5) Se procede a realizar ajustes o mejoras en la malla de ser necesario.

La mayor utilización de esta máquina es didáctico muy pocos son los proyectos que necesitan primero escanear un elemento.

2.2.3 Impresora

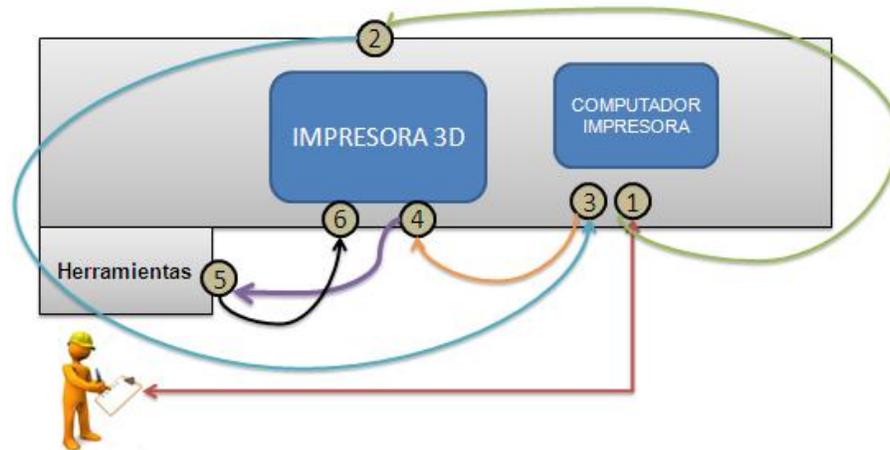


Figura 26 Espagueti Impresora



Figura 27 Diagrama Impresora

La Figura 26 y Figura 27 representa el uso habitual de la impresora 3D, ésta es utilizada al igual que la fresadora y el escáner con la previa explicación del profesor y para la realización de proyectos relacionados con el área técnica.

El flujo que el diagrama presenta se detalla a continuación:

1. Se ingresa o en su defecto se crea el archivo CAD
2. Se revisa el estado del filamento y se enciende la máquina
3. Ingresa al programa ubica el elemento para imprimir y ejecuta la impresión
4. Revisa el funcionamiento de la máquina hasta la finalización de la pieza
5. Se toma la herramienta para extraer la impresión de la plataforma.
6. Se remueve el material de soporte para obtener la pieza terminada.

En el caso de la impresora al igual que las máquinas antes detalladas su uso es didáctico o en su defecto un proyecto dado.

2.2.4 Impresora con escáner

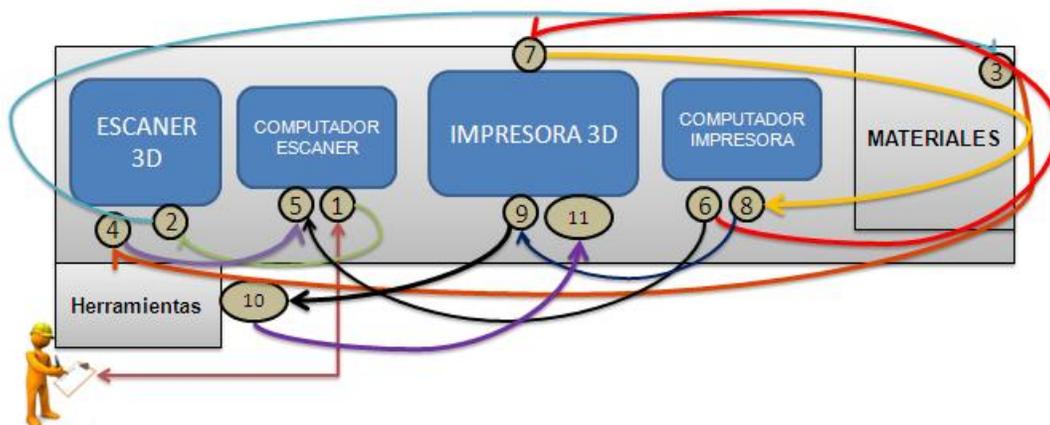


Figura 28 Espagueti Impresora con Escáner

La Figura 28 representa el uso de la impresora 3D y el escáner 3D, los dos usados para realizar un solo elemento, de igual manera que con las máquinas detalladas anteriormente su uso es bajo previa explicación del profesor y para la realización de proyectos relacionados con el área técnica.

El flujo que el diagrama presenta se detalla a continuación

1. Ingresa al computador para abrir el programa que controla el escáner 3D
2. Revisar si el elemento que desea escanear cabe dentro del espacio de escaneo que la máquina tiene y revisa la posición que este elemento necesita.

3. Busca un material donde pueda posicionar al elemento en función de la posición de escaneo deseada
4. Ingresa la base y el elemento de escaneo e inicia la máquina
5. Revisa y modifica los datos que la máquina muestra sobre el elemento escaneado.
6. Se ingresa el dato CAD
7. Se revisa el estado del filamento y se enciende la máquina
8. Ingresa al programa ubica el elemento para imprimir y ejecuta la impresión
9. Revisa el funcionamiento de la máquina hasta la finalización de la pieza
10. Se toma la herramienta para extraer la impresión de la plataforma
11. Se remueve el material de soporte para obtener la pieza terminada

2.2.5 Torno

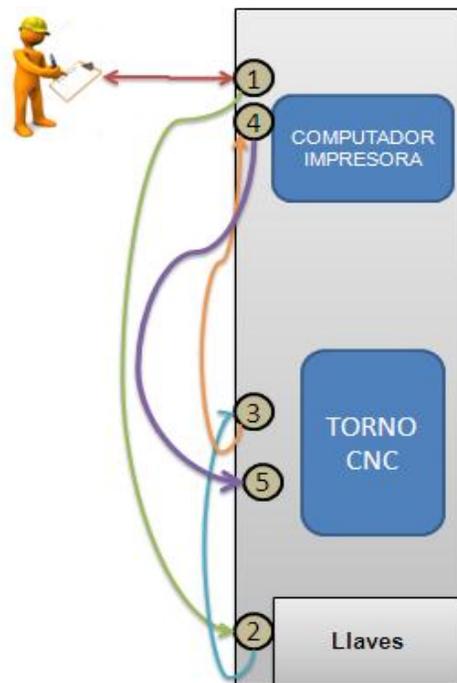


Figura 29 Espagueti Torno



Figura 30 Diagrama Torno

La Figura 29 y Figura 30 representa el uso del torno de igual manera que con las máquinas detalladas anteriormente su uso es bajo previa explicación del profesor y para la realización de proyectos relacionados con el área técnica.

El flujo que el diagrama presenta se detalla a continuación

- a) Ingresamos o en su defecto se crean los datos CAD del elemento que se va a realizar.
- b) Se procede a buscar las herramientas de las mordazas en el cajón de herramientas.
- c) Se realiza el arreglo de la materia prima y las mordazas
- d) Se procede a iniciar las operaciones del torno
- e) Vigilamos el proceso del torno y extraemos la pieza al final del maquinado.

En el caso del torno se lo utiliza de igual manera que en los casos anteriores, de uso didáctico.

3. Diseño y desarrollo de la línea de prototipado rápido

En este capítulo se analizará todos los parámetros necesarios para determinar el flujo de una línea adecuada que contengan todas las máquinas analizando las capacidades de operación, limitaciones, geometrías y materiales para realizar diversos prototipos

3.1 Limitaciones.- Uno de los parámetros más importantes en la decisión de una máquina u otra es su volumen de trabajo y sus materiales

3.1.1 Limitación de materiales

A continuación se detallará los materiales y la resistencia con las que las máquinas pueden trabajar:

TABLA 3.1

Limitación de materiales

EXIGENCIA MECÁNICA	MATERIALES	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN MPA (N/mm ²)	FRESADORA	TORNO	IMPRESORA	ESCANER
BAJA	MADERA DE BALSA	2,55	X	X	NA	NA
	ESPUMA FLEX	0,25	X	NA	NA	NA
MEDIA	ABS	41-45	NA	NA	X	NA
	PLA	80	NA	NA	X	NA
	NYLON	78	X	X	NA	NA
ALTA	ALUMINIO	160-200	NA	X	NA	NA

En la Tabla 3.1 detalla los materiales que utilizan las máquinas segmentados por su exigencia mecánica, es así como cuando tienen una exigencia baja hablamos de madera de balsa que tiene una resistencia a la tracción de 2,55 Mpa y de espuma flex con una resistencia de 0,25 Mpa estos materiales son completamente viables de ser maquinados en la fresadora considerando su facilidad de mecanizado y el bajo esfuerzo que realizaría la fresa en este proceso.

Tenemos también los elementos con exigencia mecánica media que son los materiales que sufren de algún esfuerzo en su funcionamiento entre estos materiales tenemos ABS que tiene una resistencia a la tracción oscilante de 41 a 45 Mpa este material es usado en la impresora 3D, como también PLA que tiene una resistencia de 80 Mpa estos dos materiales son los únicos con los que la impresora 3D puede trabajar, Además de estos materiales en el segmento de materiales con exigencia mecánica media encontramos al nylon que tiene una resistencia de 78 Mpa este material puede ser maquinado tanto en la fresadora como en el torno recordemos que en el torno solo se pueden usar elementos circulares.

Con una exigencia mecánica alta se consideran a materiales que pueden soportar algún tipo de carga en esta sección encontramos al aluminio con una resistencia a la tracción oscilante de 160 a 200 Mpa este material puede ser usado solamente en el torno siempre y cuando este tenga una forma circular.

Materiales distintos a los de la lista o en su defecto con una resistencia a la tracción diferente a los mencionados no son viables de realizar dentro de las máquinas.

La resistencia máxima que la fresa que actualmente se utiliza resiste hasta máximo 78 Mpa esto en base a los elementos que se han realizado en el laboratorio, precautelando la fresa y el funcionamiento de la fresadora.

En el caso del torno de la misma manera que con la fresadora, en base a los elementos realizados en éste, se determina que el torno puede trabajar con elementos no mayores a 200 Mpa precautelando así las herramientas tanto como el motor del torno.

La impresora al ser la creadora de elementos más no la que modifica una materia prima su único impedimento son los dos tipos de materiales que ocupa que son ABS, PLA cuyas resistencias son 45 Mpa, 80 Mpa respectivamente.

3.1.2 Limitación por volumen de trabajo

TABLA 3.2

Limitación por volumen de trabajo

FRESADORA		IMPRESORA		TORNO		ESCANER	
LARGO cm	30,5	LARGO cm	16,3	RECORRIDO DEL EJE X	80 mm	BASE CM	20,3
ANCHO cm	30,5	ANCHO cm	24,6	DIÁMETRO DE GIRO MÁXIMO	Ø210m m	ALTURA	30,4
ALTURA cm	10,5	ALTURA cm	15,5	RECORRIDO DEL EJE Z	250 mm	VOLUMEN CM ³	9879
VOLUMEN CM ³	9767,6	VOLUMEN CM ³	6215,2	VOLUMEN CM ³	1649,34		

En la tabla 3.2 detalla las dimensiones de las máquinas respectivamente teniendo a la fresa con un volumen de trabajo de $9767,6 \text{ cm}^3$, a la impresora con un volumen de trabajo de $6215,2 \text{ cm}^3$, el torno con un volumen de trabajo de $1649,43 \text{ cm}^3$ y el escáner con un volumen de trabajo de 9879 cm^3 .

Estos volúmenes son los valores máximos que cada máquina puede realizar.

3.2 Tipos de elementos realizados

Considerando que los prototipos que se realizan en el laboratorio son mecanismos y formas de la industrial en general se determinó dos tipos de geometrías principales mecanismos móviles y formas libres los cuales los tomaremos de eje para el diseño y distribución de la línea. Hay que considerar que para los mecanismos móviles se toma como base el mecanismo de cuatro barras que es el mecanismo más empleado en un sin número de aplicaciones.

TABLA 3.3

Tipos de Elementos Realizados

TIPO DE ELEMENTO			FRESADORA	TORNO	IMPRESORA	ESCANER
MECANISMOS MÓVILES	ARTICULACIONES	ROTACIONAL	X	X	X	X
		CILINDRICA	X	X	X	X
		PRISMATICA	X	-	X	X
		TORNILLO	-	X	X	X
		ESLABONES	X	-	X	X
		EJES	-	X	X	X
		PALANCAS	X	-	X	X
	RUEDAS	POLEAS	-	X	X	X
		NO DENTADAS	X	X	X	X
		DENTADAS	X	-	X	X
	ENGRANAJES	RECTOS	X	-	X	X
		CÓNICOS	X	-	X	X
		HELICOIDALES	-	-	X	X
	ELEMENTOS DE TRANSMIÓ	TORNILLO SIN FIN	-	-	X	X
		LEVAS	X	-	X	X
		HELICES	-	-	X	X
	ELEMENTOS DECORATIVOS	GEOMÉTRICOS	X	X	X	X
	FORMAS LIBRES	ELEMENTOS DE FORMA NO GEOMÉTRICA	UTENCILLOS	-	-	X
ARMAZONES NO GEOMÉTRICOS			-	-	X	X
ELEMENTOS DECORATIVOS		NO GEOMÉTRICOS	-	-	X	X
ELEMENTOS DE FORMA COMPLEJA		BASTIDOR MECÁNICO	-	-	X	X
		MODELOS ORGÁNICOS	-	-	X	X

Para consolidar la información sobre el tiempo de fabricación, se realizarán pruebas con una pieza estándar entre las tres máquinas de manufactura que corresponde a 80 Mpa correspondientes a un material plástico.

En la figura 32 se presenta las dimensiones en mm de la pieza que fue fabricada por las tres máquinas determinando así el tiempo de cada una.

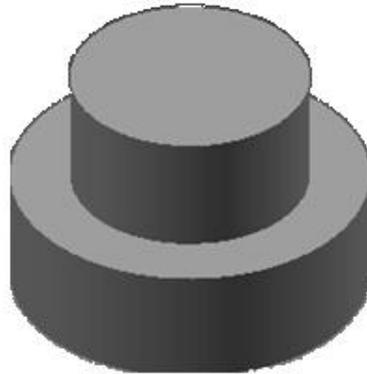


Figura 31 Pieza base para estudio

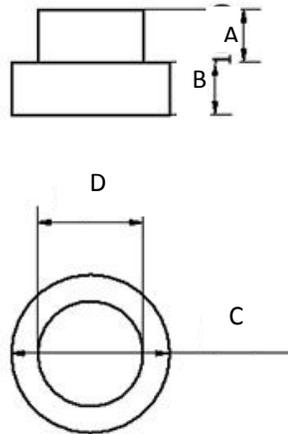


Figura 32 Dimensiones Pieza base para estudio

Tabla 3.4

Dimensiones de Piezas Fabricadas

DIMENSIONES DE PIEZAS FABRICADAS				
PIEZA	A	B	C	D
PEQUEÑA	10 mm	10 mm	20 mm	30 mm
GRANDE	40 mm	40 mm	60 mm	30 mm

Los datos que nos reflejaron después de la corrida de prueba son los siguientes:

Tabla 3.5

Tiempo Maquinado Pieza Pequeña

MÁQUINA	CÓDIGO G(MIN)	T. PREPARACIÓN MÁQUINA	T. PREPARACIÓN DE LA PIEZA	T. MAQUINADO	T. EXTRACCIÓN DE LA PIEZA	TOTAL
FRESADORA	10	2	7	84	2	105
IMPRESORA	3	7	0	36	2	48
TORNO	15	7	8	12	2	44

En la tabla 3.5 correspondiente a la pieza pequeña es donde la fresadora cumple un tiempo total de maquinado de 105 minutos contados desde la creación del código g hasta la extracción del elemento ya maquinado.

La impresora 3D fabrica esta pieza en 48 minutos desde la carga del archivo hasta la extracción de la pieza. El torno cumple un tiempo de 44 minutos desde la creación del código hasta la extracción de la pieza ya manufacturada.

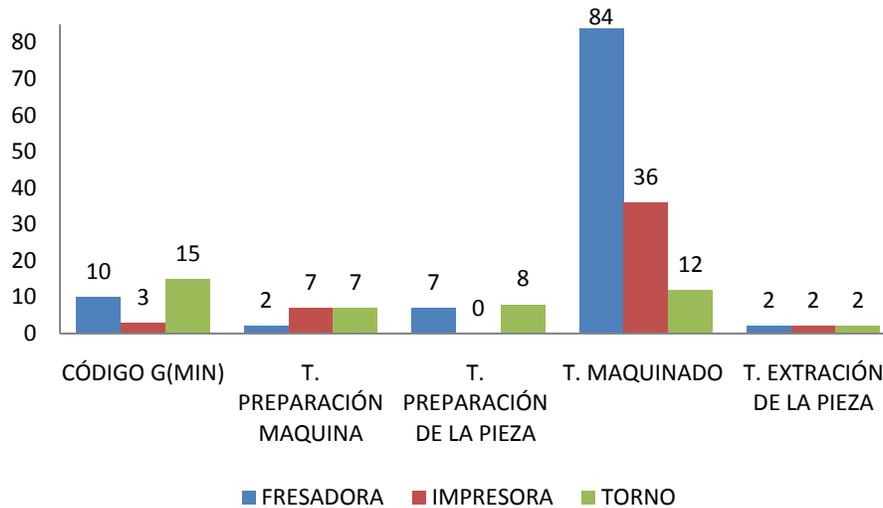


FIGURA 33 Cuadro de Tiempos de Pieza Pequeña

La figura 33 muestra los datos recabados donde se llegó a determinar que la fresadora es la máquina que ocupa mayor tiempo de maquinado con una pieza pequeña.

Basándonos en los datos anteriores y modificando el tiempo de maquinado se analizó el tiempo máximo en cada máquina considerando su trabajo óptimo, es decir, realizar la misma pieza pero expandida a su volumen más alto de trabajo de cada máquina obteniendo así el siguiente diagrama de comparación de tiempos.

Tabla 3.6

Tiempo de maquinado Pieza Grande

MÁQUINA	CÓDIGO G(MIN)	T. PREPARACIÓN MÁQUINA	T. PREPARACIÓN DE LA PIEZA	T. MAQUINADO	T. EXTRACCIÓN DE LA PIEZA	TOTAL
FRESADORA	10	2	7	284	2	305
IMPRESORA	3	7	0	1247	2	1259
TORNO	15	7	8	39,05	2	71,05

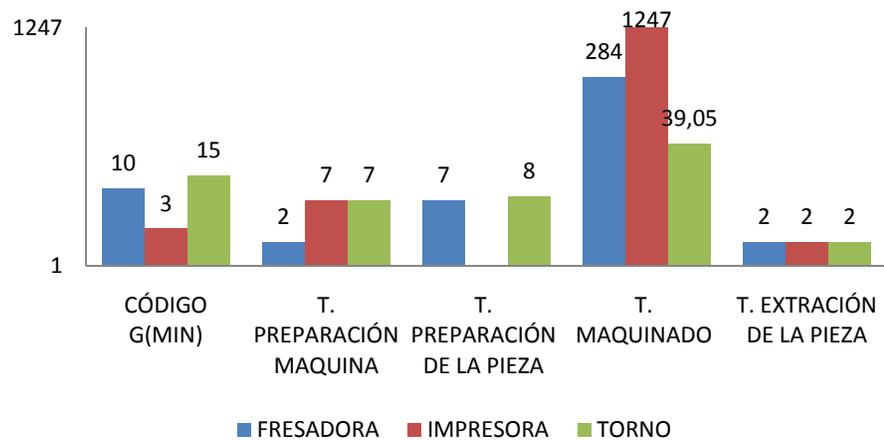


FIGURA 34 Cuadro de Tiempos Pieza Grande

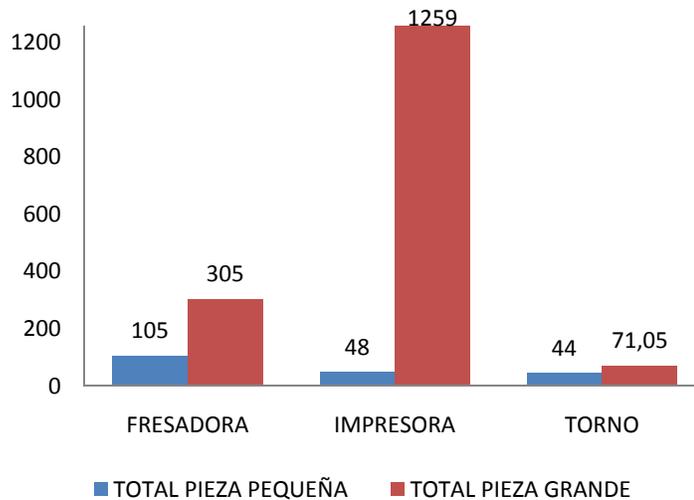


FIGURA 35 Cuadro Comparativo Pieza grande Pieza pequeña

En la Figura 34 encontramos el detalle de tiempos de la pieza grande y en la Figura 35 se puede visualizar que el tiempo de maquinado mayor ya no lo tiene la fresadora si no la impresora puesto que el tiempo de maquinado es mayor en la impresora con piezas grandes que con el torno y la fresa respectivamente. Con estos valores podemos tener de referencia para la matriz de decisión como a su vez para el diseño de la línea.

3.3 Análisis de las variables (resistencia, radio de trabajo, máquina, tiempo)

Con este análisis se busca presentar un gráfico que permita seleccionar adecuadamente y con criterio a la o las máquinas considerando la resistencia del material, radio de trabajo, y tiempo, ayudando a determinar la máquina adecuada para usar en cada caso que se presente.

El procedimiento de uso de este gráfico se detallará en el capítulo 4 análisis de resultados.

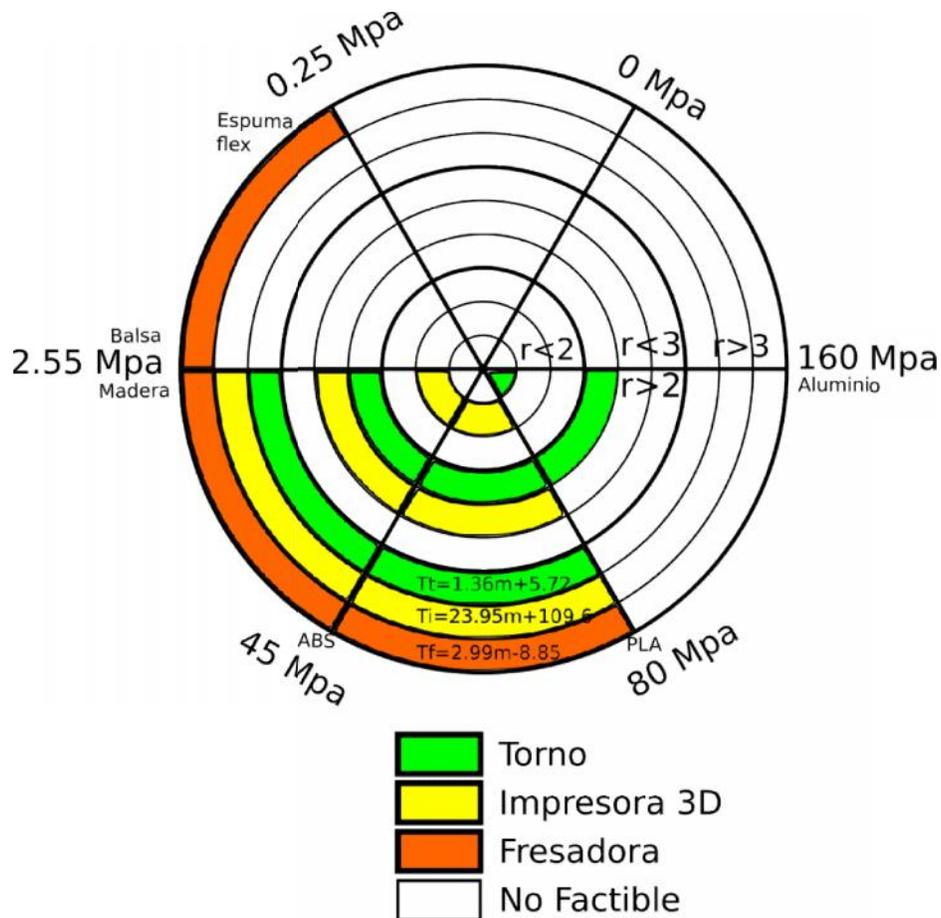


FIGURA 36 Diagrama Radio de Trabajo, Resistencia, Máquina tiempo

En la Figura 36 podemos observar algunos tipos de variables conjuntas tomando de base la tabla 3.1 y la tabla 3.2 donde se analizan los materiales y los volúmenes de trabajo respectivamente llegando a obtener un diagrama donde se segmenta en base a la resistencia del material y la máquina que puede manufacturar este material, considerando el radio de mínimo de trabajo.

Los espacios de color verde indican el intervalo de resistencias con las que el torno puede trabajar.

El color amarillo determina el rango de resistencias con las que la impresora 3D puede trabajar.

El color naranja determina el rango de resistencias con las que la máquina puede trabajar.

Este gráfico nos ayuda a la selección de máquina en base al material que se vaya a realizar, pero a su vez nos brinda una ecuación con la cual se estima el tiempo aproximado que cada máquina se puede demorar en el proceso de manufactura.

Esta ecuación es el resultado del análisis de la pieza pequeña y la pieza grande que tomamos de referencia para el estudio obteniendo las siguientes ecuaciones en donde tan solo al agregar el valor de la masa del elemento que se va a realizar obtenemos el tiempo aproximado de trabajo.

) Ecuaciones

) Ecuación Torno

$$) \quad T_t(\text{seg}) = 1,36m(\text{gr}) + 5,72 \quad (\text{Ecuación 1})$$

) Ecuación Impresora

$$) \quad T_i(\text{seg}) = 23,95m(\text{gr}) + 109,6 \quad (\text{Ecuación 2})$$

) Ecuación Fresa

$$) \quad T_f(\text{seg}) = 2,99m(\text{gr}) - 8,85 \quad (\text{Ecuación 3})$$

3.4 Diagrama de relación

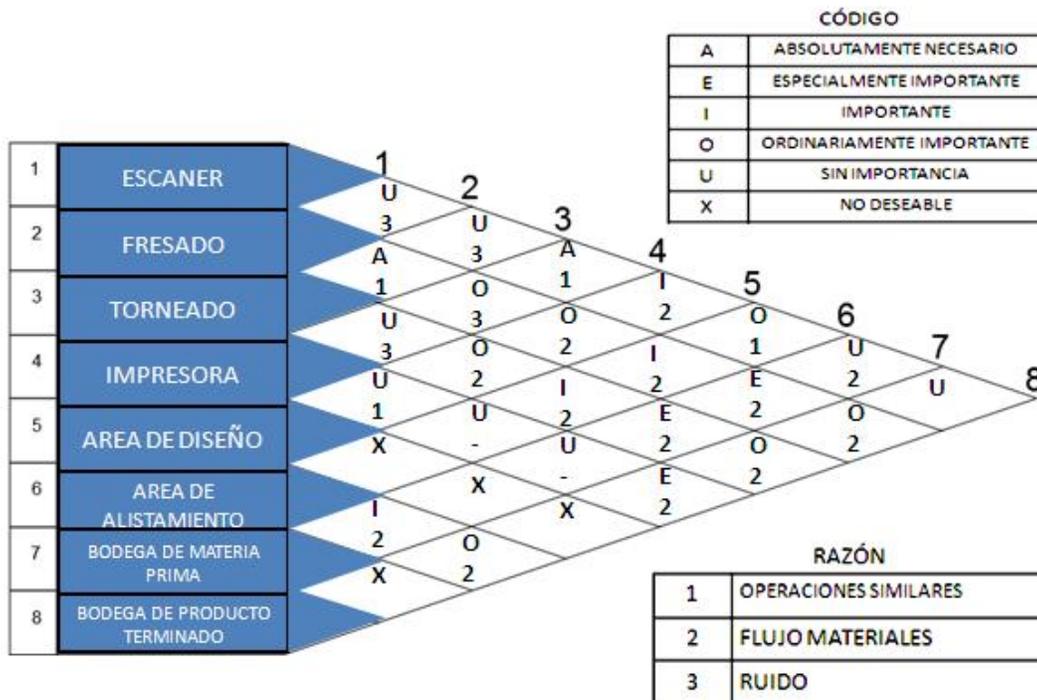


FIGURA 37 Diagrama de Relación

Este diagrama (Ver figura 37) nos permite identificar una mayor relación entre las máquinas y las áreas determinadas, donde podemos destacar la relación que existe entre:

Escáner - impresora,

Fresado – torneado,

Área de diseño- área de alistamiento de materia prima,

Alistamiento de materia prima – bodega de materia prima,

Bodega de producto terminado – fresa, torno, impresora, obteniendo así la siguiente distribución. (Ver Figura 38)

El área de diseño es el área más relacionada entre las cuatro máquinas lo que le da un espacio en común a esta el cual este cerca de las máquinas como también el área de alistamiento de materia prima teniendo como resultado la siguiente hoja de trabajo para poder crear la distribución de bloques respectiva.

3.4.1 Hoja de trabajo

TABLA 3.7

Hoja de Trabajo

	AREA	A	E	I	O	U	X
1	ESCANER	4	-	5	6	2,3,7,8	-
2	FRESADO	3	7	6	4,5,8	1	-
3	TORNEADO	2	7	6	5,8	1,4	-
4	IMPRESORA	1	8	-	2	3,5,6,7	-
5	AREA DE DISEÑO	-	-	1	3,2	4	6,7,8
6	AREA DE ALISTAMIENTO	-	-	2,3,7	1,8	4	5
7	BODEGA DE MATERIA PRIMA	-	3,2	6	-	1,2,4	5,8
8	BODEGA DE PRODUCTO TERMINADO	-	4		6,3,2	1	7,5

La tabla 3.7 nos ayuda a visualizar de mejor manera las relaciones existentes en la figura 37 el cual usamos de base para realizar el diagrama de bloques respectivo.

3.4.2 Diagrama de bloques

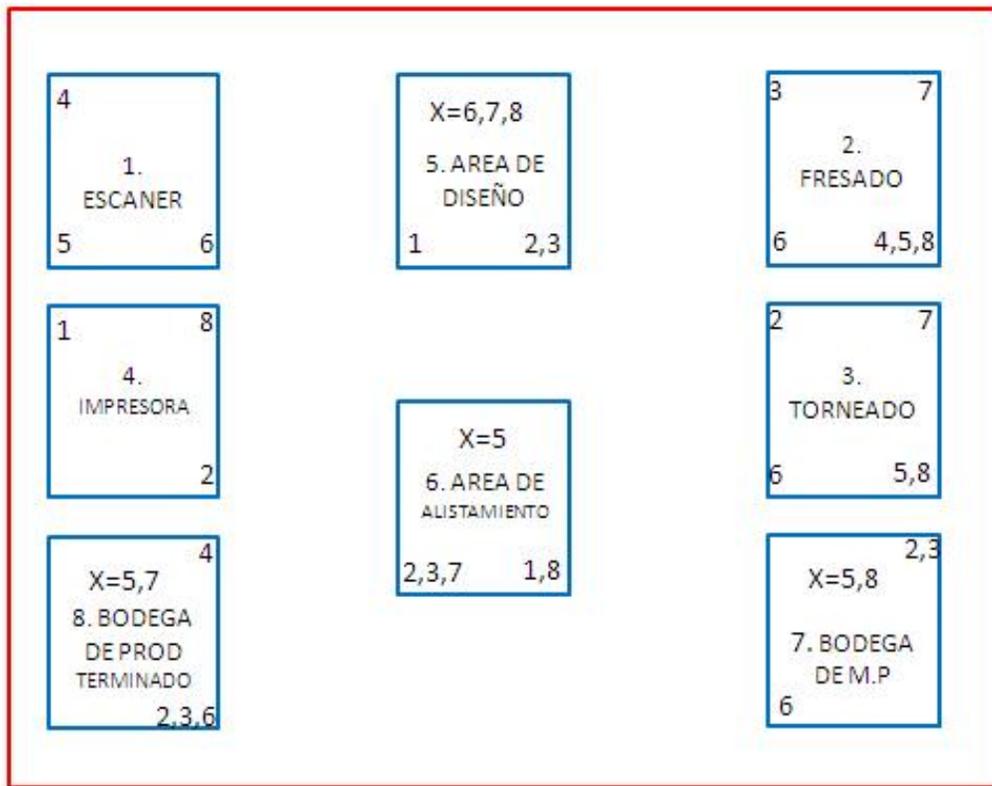


FIGURA 38 Diagrama de Bloques

La figura 38 nos detalla la distribución resultante del área del laboratorio. Tomando en cuenta que el área de alistamiento es el área común entre las máquinas y que el área de diseño es un área independiente del área de alistamiento tanto como el de bodega de materia prima y bodega de producto terminado.

Se usó una distribución en “u” bajo el concepto de celdas de trabajo pensando en la facilidad y disponibilidad del operador para realizar varios tipos de trabajo al tiempo.

3.5 Diagrama de procesos

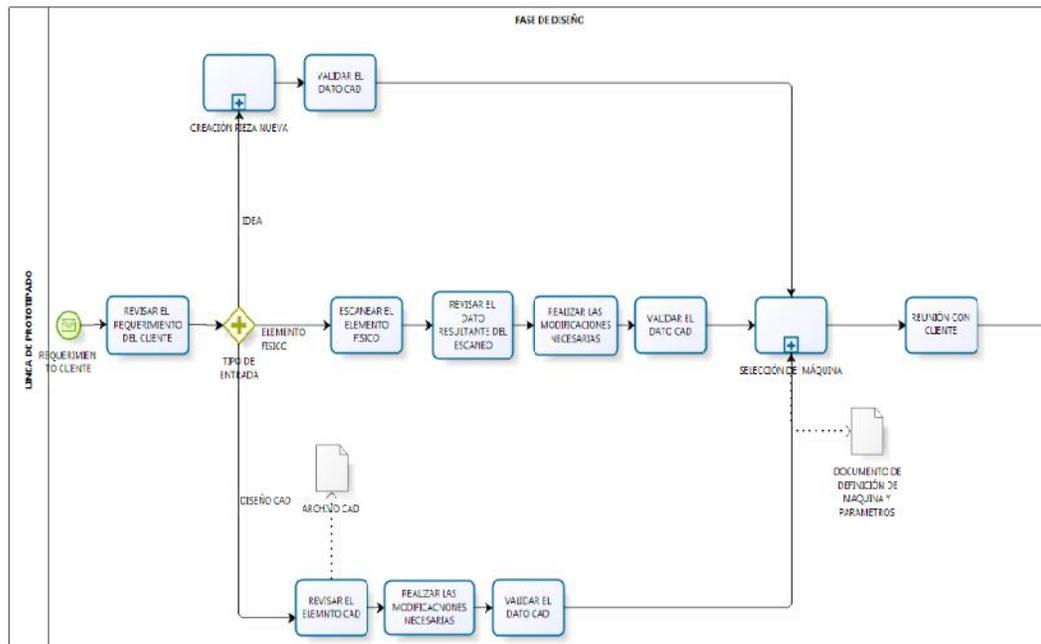


FIGURA 39 FASE DE DISEÑO

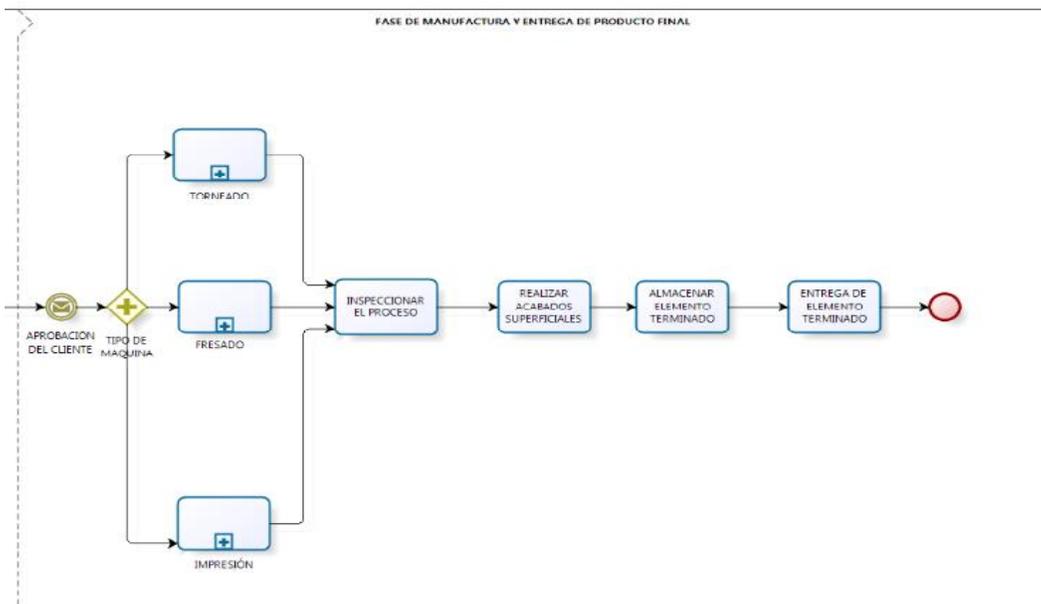


FIGURA 40 FASE MANUFACTURA Y ENTREGA DE PRODUCTO

La Figura 40 es continuación de la Figura 39

En las figuras 39 y las figuras 40 se detallan paso a paso las dos fases que esta línea tiene la fase de diseño y la fase de manufactura y entrega de producto.

En la Figura 39 se detalla la fase de diseño esta fase empieza con el requerimiento del cliente, este requerimiento es revisado por parte del operador logrando tener tres tipos de entradas

-) DISEÑO CAD
-) ELEMENTO FISICO
-) IDEA

Donde el Diseño CAD corresponde a un archivo entregado por el cliente el cual es analizado por el operador encargado donde ve la viabilidad del dato CAD para poder validarlo. La validación del dato CAD implica la revisión final del archivo donde se descartan alguna modificación extra obteniendo el archivo completo para poder seguir con el proceso.

Cuando el cliente trae un elemento físico se procede a realizar el proceso de escaneo de la o las piezas que este elemento lo conformen, el operador es el encargado de revisar y realizar las modificaciones que sean necesarias para poder validar el dato CAD.

Cuando el cliente viene con una idea empieza el proceso de creación de pieza nueva el cual se detalla en la Figura 41



FIGURA 41 Proceso de Creación de Pieza Nueva

Empieza con un esquema o una idea que el cliente traiga, el operador es el encargado de revisar y conformar el esquema entregado por el cliente, dimensionando al elemento para poder tener un dato CAD validable.

Después de haber realizado cualquiera de los tres procesos anteriormente detallados se procede a la validación de datos CAD respectiva para entrar al proceso de selección de máquina el cual detallamos en la Figura 42

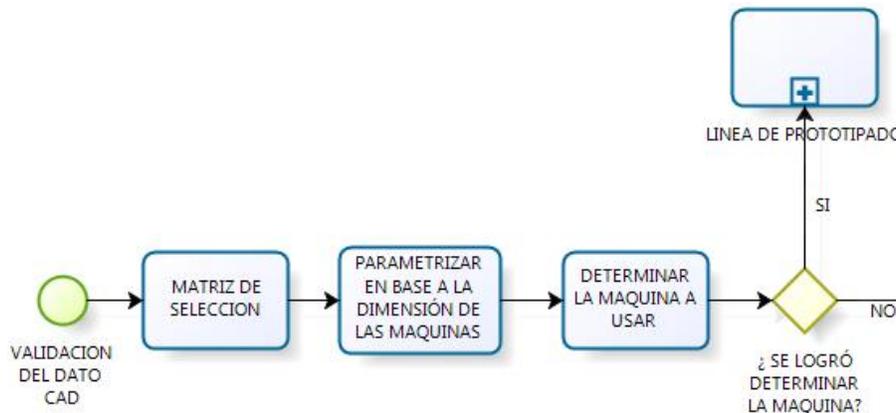


FIGURA 42 Proceso de selección de Máquina

Donde el inicio de este proceso es la validación del dato CAD realizado por el operador especializado, es este también el encargado de llenar la matriz de selección que consiste en responder unas preguntas y llenar el formato que se detalla a continuación. Figura 43

MATRIZ DE DECISIÓN			
PREGUNTAS		RESPUESTA	
GEOMETRÍA		LARGO	ANCHO
¿ CUALES SON LAS DIMENSIONES DEL ELEMENTO QUE DESEA CREAR?			
MATERIAL			
¿DE QUE TIPO DE MATERIAL LO QUIERE REALIZAR ?		REVISAR PROCEDIMIENTO DE SELECCCIÓN DE MAQUINA DE FABRICACION	
¿ NECESITA ALGUN TIPO DE RESISTENCIA EL MATERIAL?			
MAQUINA SELECCIONADA			
MATERIAL		TIEMPO	

FIGURA 43 Matriz de Decisión

En el caso de lo que el elemento que se quiera realizar exceda los límites de capacidad de las máquinas el flujo se segmenta como en la figura 44

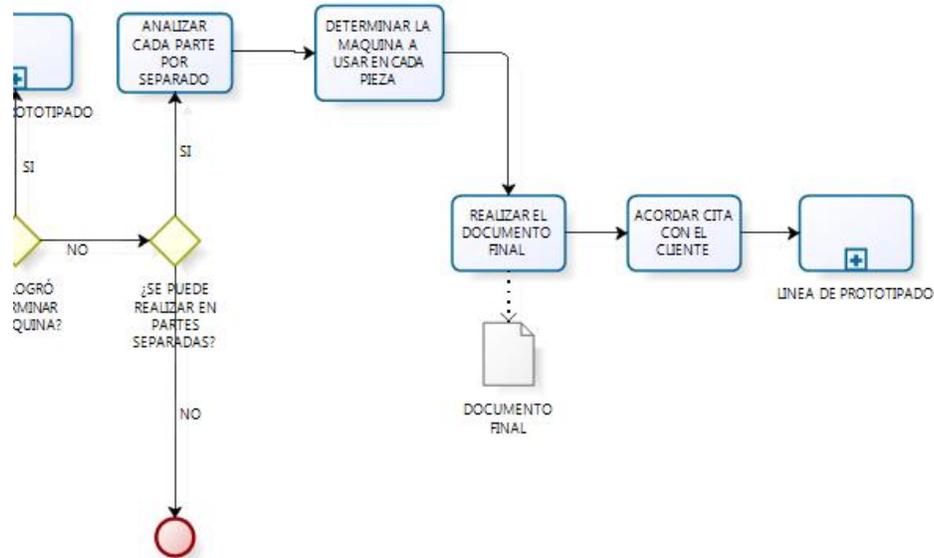


FIGURA44 Proceso de Segmentación de piezas

Es así donde el proceso sigue cuando se analiza la viabilidad de segmentar el elemento que se necesita realizar logrando analizar cada parte por separado para poder realizar el elemento completo todo esto reflejado en un documento final con los resultados de los análisis terminando este flujo al acordar una cita con el cliente. Con la respuesta afirmativa de esta reunión se inicia el proceso detallado en la figura 40 donde en base al resultado de la selección de máquina de cada pieza se procede a iniciar cada proceso previamente seleccionado, cabe destacar que cada proceso necesita de una vigilancia lo que implicar más personal para cuando existan demandas altas. Terminando así el proceso de realización de prototipos.

4. Análisis de resultados

En este capítulo se detallarán los resultados obtenidos en el estudio realizado previamente empezando con la parte de costos.

4.1 Costos de producción

4.1.1 Costos fresadora

TABLA 4.1

Costos Fresadora

COSTO DE PRODUCCION		
MANO DE OBRA DIRECTA		
	SUELDO	COSTO HORA
OPERADOR	\$ 600,00	\$ 3,41
DISEÑADOR	\$ 400,00	\$ 2,27
COSTOS INSUMOS		
(KW/H Y PROPORCIONAL MTTO)		\$ 1,26
MATERIA PRIMA		
MADERA DE Balsa		\$ 6,00
ESPUMA FLEX		\$ 2,00
ABS		\$ 45,00
PLA		\$ 49,00
NYLON		\$ 6,50
ALUMINIO		\$ 165,00
COSTOS ADMINISTRATIVOS		
TELEFONO	\$ 30,00	\$ 1,00
INTERNET	\$ 40,00	\$ 1,33
INSUMOS	\$ 20,00	\$ 0,67
TOTAL		\$ 3,00

COSTO TOTAL	
OPERADOR	\$ 3,41
DISEÑADOR	\$ 2,27
COSTOS INSUMOS	\$ 1,26
MATERIA PRIMA	\$ 6,50
COSTOS ADMI	\$ 3,00
TOTAL	\$ 16,44
PVP	\$ 24,66

* VALORES DE LAS MP ESTIMADAS

La tabla 4.1 detalla los costos que representan el uso por hora de la fresadora, llegando a estimar el costo por hora de \$24,66 usd por hora de uso de la fresadora.

4.1.2 Costos impresora

TABLA 4.2

Costos Impresora

COSTO DE PRODUCCION			
MANO DE OBRA DIRECTA			
	SUELDO	COSTO HORA	
OPERADOR	\$ 600,00	\$ 3,41	
DISEÑADOR	\$ 400,00	\$ 2,27	
COSTOS INSUMOS			
(KW/H Y PROPORCIONAL MTTO)		\$ 0,70	
MATERIA PRIMA			
MADERA DE BALSA	\$ 6,00		
ESPUMA FLEX	\$ 2,00	GRAMO	
ABS	\$ 45,00	\$ 0,05	
PLA	\$ 49,00	\$ 0,06	
NYLON	\$ 6,50		
ALUMINIO	\$ 165,00		
COSTOS ADMINISTRATIVOS			
TELEFONO	\$ 30,00	\$ 1,00	
INTERNET	\$ 40,00	\$ 1,33	
INSUMOS	\$ 20,00	\$ 0,67	
TOTAL	\$ 3,00		

COSTO TOTAL	
OPERADOR	\$ 3,41
DISEÑADOR	\$ 2,27
COSTOS INSUMOS	\$ 0,70
MATERIA PRIMA	\$ 0,06
COSTOS ADMII	\$ 3,00
TOTAL	\$ 9,44
FVP	\$ 14,16

* VALORES DE LAS MP ESTIMADAS

La tabla 4,2 detalla los costos que representan el uso por hora de la impresora llegando a estimar el costo por hora de \$14,16 usd por hora de uso de la impresora.

4.1.3 Costos torno

TABLA 4.3

Costos Torno

COSTO DE PRODUCCION				
MANO DE OBRA DIRECTA				
	SUELDO	COSTO HORA		
OPERADOR	\$ 600,00	\$ 3,41		
DISEÑADOR	\$ 400,00	\$ 2,27		
COSTOS INSUMOS			COSTO TOTAL	
(KW/H Y PROPORCIONAL MTTO)	\$ 2,65		OPERADOR	\$ 3,41
MATERIA PRIMA			DISEÑADOR	\$ 2,27
MADERA DE BALSA	\$ 6,00		COSTOS INSUMOS	\$ 2,65
ESPUMA FLEX	\$ 2,00		MATERIA PRIMA	\$ 6,50
ABS	\$ 45,00		COSTOS ADMI	\$ 3,00
PLA	\$ 49,00		TOTAL	\$ 17,83
NYLON	\$ 6,50		PVP	\$ 26,75
ALUMINIO	\$ 165,00			
COSTOS ADMINISTRATIVOS				
TELEFONO	\$ 30,00	\$ 1,00		
INTERNET	\$ 40,00	\$ 1,33		
INSUMOS	\$ 20,00	\$ 0,67		
	TOTAL	\$ 3,00		

* VALORES DE LAS MP ESTIMADAS

La tabla 4,3 detalla los costos que representan el uso por hora del torno llegando a estimar el costo por hora de \$ 26,75 usd por hora de uso del torno.

4.1.4 Costos escáner

TABLA 4.4

Costos Escáner

COSTO DE PRODUCCION				
MANO DE OBRA DIRECTA				
	SUELDO	COSTO HORA		
OPERADOR	\$ 600,00	\$ 3,41		
DISEÑADOR	\$ 400,00	\$ 2,27		
COSTOS INSUMOS			COSTO TOTAL	
(KW/H Y PROPORCIONAL MTTO)	\$ 0,63		DISEÑADOR	\$ 2,27
MATERIA PRIMA			N/A	
COSTOS ADMINISTRATIVOS			COSTOS INSUMOS	\$ 0,63
TELEFONO	\$ 30,00	\$ 1,00	COSTOS ADMI	\$ 3,00
INTERNET	\$ 40,00	\$ 1,33	TOTAL	\$ 5,90
INSUMOS	\$ 20,00	\$ 0,67	PVP	\$ 8,85
	TOTAL	\$ 3,00		

La tabla 4,4 detalla los costos que representan el uso por hora del escáner llegando a estimar el costo por hora de \$ 8,85 usd por hora de uso del escáner.

4.2 Procedimiento de uso de matriz 3D (selección de máquinas)

Este procedimiento se detalla en el (Anexo 1)

4.3 Distribución final del laboratorio

En base al análisis realizado utilizando el diagrama de relación del cual, dio como resultado el diagrama de bloques (Ver figura 38) se creó la nueva propuesta de distribución del laboratorio. (Ver anexo 2)

Donde podemos detallar que por una mejor distribución dentro del laboratorio la bodega de materia prima, tanto como la bodega de producto terminado fueron dispuestas en la parte lateral izquierda del laboratorio.

Se consideró además un espacio de 800 milímetros entre máquinas, basándonos en el reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo art 74 separación de las máquinas.

Cabe destacar también que en el layout (ver anexo 2) cada persona representa el espacio que el operador ocupa dentro de cada área más no el número de operadores existentes en la línea.

4.3.1 Diagramas de espagueti en base a la nueva distribución.

En esta sección se detalla el nuevo flujo creado en base a la nueva distribución donde ya se puede apreciar una mayor interacción entre máquinas en base a las nuevas entradas que la línea tiene

-)] Creación de pieza nueva.- La cual nace de una idea
-)] Elemento Físico.- El cual empieza con un elemento para ser escaneado
-)] Dato CAD.- Se inicia con un gráfico ya realizado.

4.3.1.1 Proceso de creación de pieza nueva

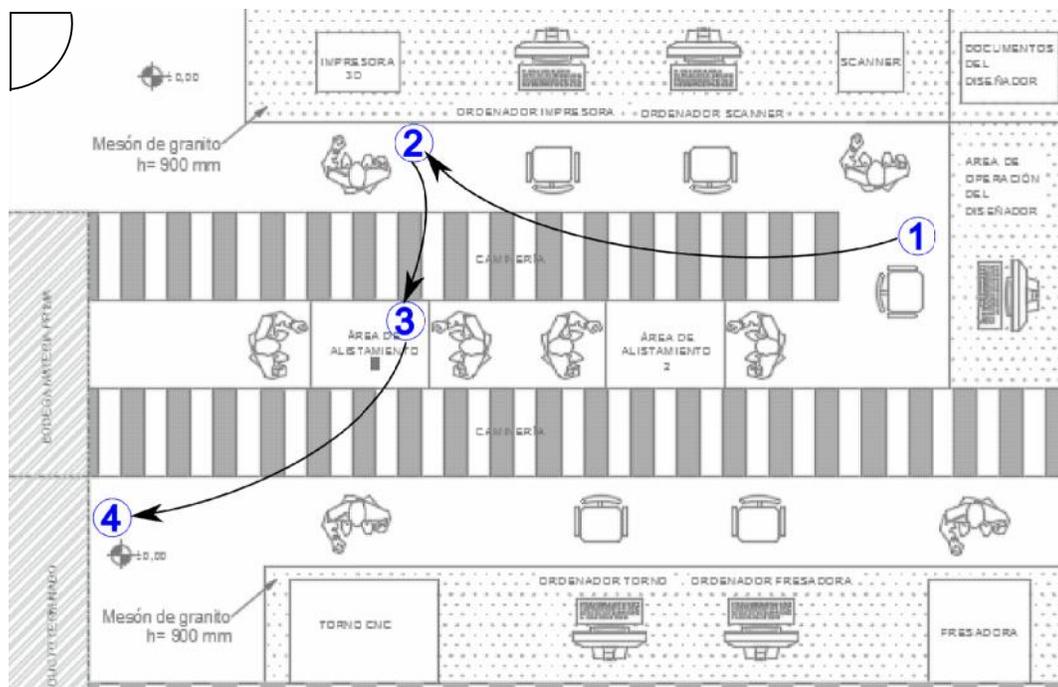


FIGURA 45 Espagueti proceso de creación de pieza nueva

En la figura 45 se detalla cómo sería el flujo cuando se proceda a la creación de una pieza nueva en este gráfico tomamos de referencia a la impresora pero en realidad puede ir a cualquiera de las otras máquinas en base a la decisión que tome el diseñador considerando los requerimientos del cliente.

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES:

1. Área de operación del diseñador.- se crea el dato CAD
2. Impresora 3D.- se imprime el elemento
3. Área de alistamiento.- donde se procede a eliminar el material de soporte
4. Bodega de producto terminado.- se almacena para entrega

4.3.1.2 Proceso con elemento físico

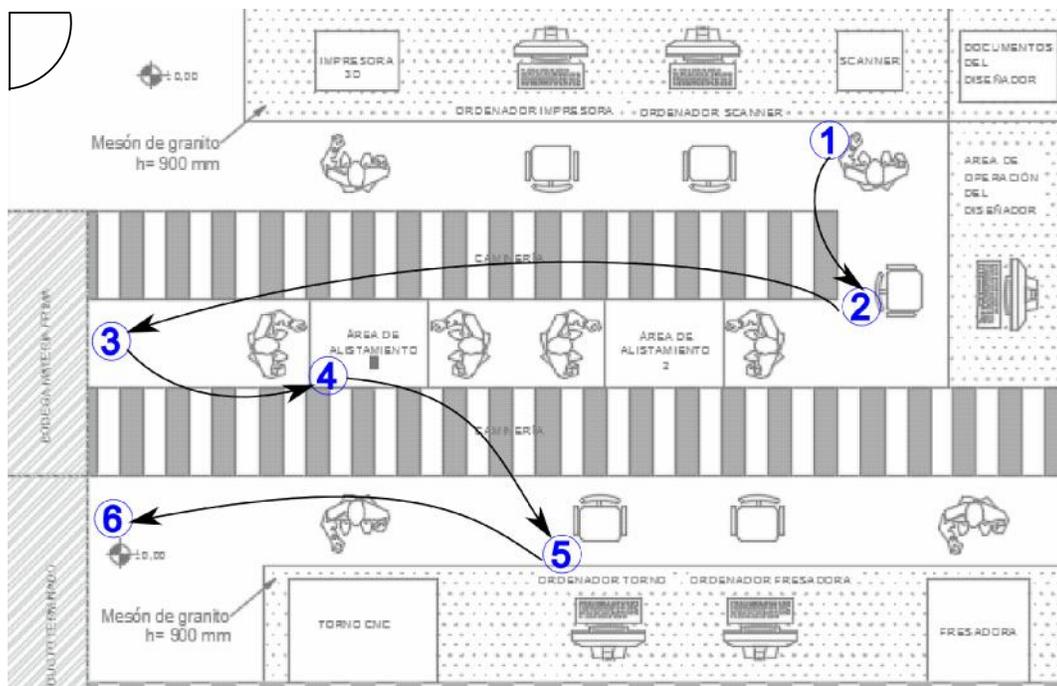


FIGURA 46 Espagueti proceso con elemento físico

En la figura 46 se detalla cómo sería el flujo cuando se proceda a la creación de una pieza nueva mediante un elemento físico en este gráfico se toma de

referencia el torno pero en realidad puede ir a cualquiera de las otras máquinas en base a la decisión que tome el diseñador considerando los requerimientos del cliente.

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES:

1. Escáner 3d.- Se escanea el elemento físico
2. Área de operación del diseñador.- modifica el elemento escaneado
3. Bodega de materia prima.- selecciona el material con el que se va a trabajar
4. Área de alistamiento.- poner en las condiciones necesarias la materia prima seleccionada.
5. Torno.- se procede a tornear
6. Bodega de producto terminado.- se almacena para entrega

4.3.1.3 Proceso con dato cad

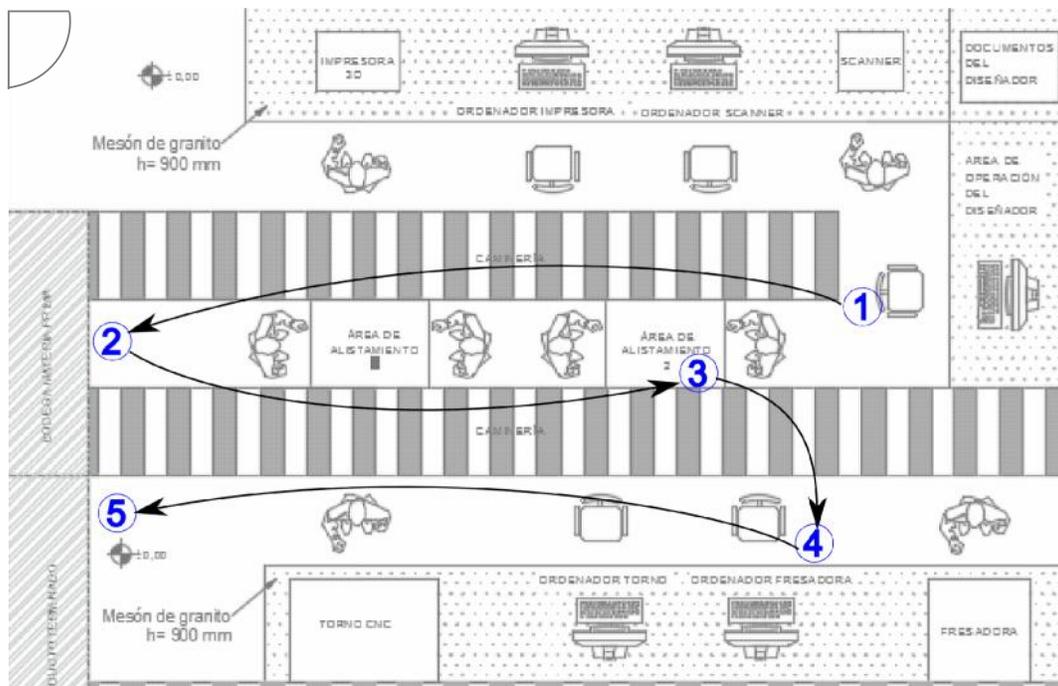


FIGURA 47 Espagueti proceso con dato CAD

En la figura 47 se detalla cómo sería el flujo cuando se proceda a la creación de una pieza mediante un dato CAD en este gráfico se toma de referencia la fresadora pero en realidad puede ir a cualquiera de las otras máquinas en base a la decisión que tome el diseñador considerando los requerimientos del cliente.

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES:

1. Área de operación del diseñador.- revisa el dato cad
2. Bodega de materia prima.- selecciona el material con el que se va a trabajar
3. Área de alistamiento.- poner en las condiciones necesarias la materia prima seleccionada.
4. Fresadora.- se procede a fresar
5. Bodega de producto terminado.- se almacena para entrega

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

El producto es variable por tanto se ha considerado en el análisis los parámetros de resistencia del material, radio de trabajo, máquina, tiempo con lo que se ha logrado un método adecuado de selección de máquina y con el flujo adecuado de trabajo.

Se ha logrado identificar tres tipos de flujos dependiendo de la entrada de la línea, permitiendo mayor agilidad, menor tiempo mayor participación de las máquinas mejorando la productividad del laboratorio.

Las máquinas poseen diferentes capacidades y limitaciones, los tiempos dependen del volumen de la pieza considerando a la fresadora con un tiempo bajo para piezas grandes y a la impresora con un tiempo bajo para piezas pequeñas, determinando el tiempo en base a las ecuaciones resultantes del diagrama de selección de máquina

La línea de prototipado rápido se conformó en base a las relaciones de las áreas que se plantearon en esta tesis logrando obtener con la nueva distribución una mayor participación de las máquinas.

Se determinó el costo de operación para cada máquina considerando el tiempo de trabajo con la variable de materia prima.

El diagrama de selección de máquina de fabricación es una alternativa práctica y resume el análisis de múltiples variables de importancia en el proceso de fabricación.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda en el caso de tener una demanda mayor a una pieza optar por un operador experto más siendo con este dos o hasta tres operadores dentro del laboratorio esto ligado a la demanda.

En base al uso o la demanda que la línea tenga se recomienda determinar un espacio mayor para las bodegas de materias primas tanto como la bodega de producto terminado.

Este estudio se puede profundizar mucho más en base a las variables de materiales y de máquinas tanto como el costo de una nueva implementación dentro de la carrera.

Crear un nuevo análisis en base al desarrollo que presente la línea

REFERENCIAS

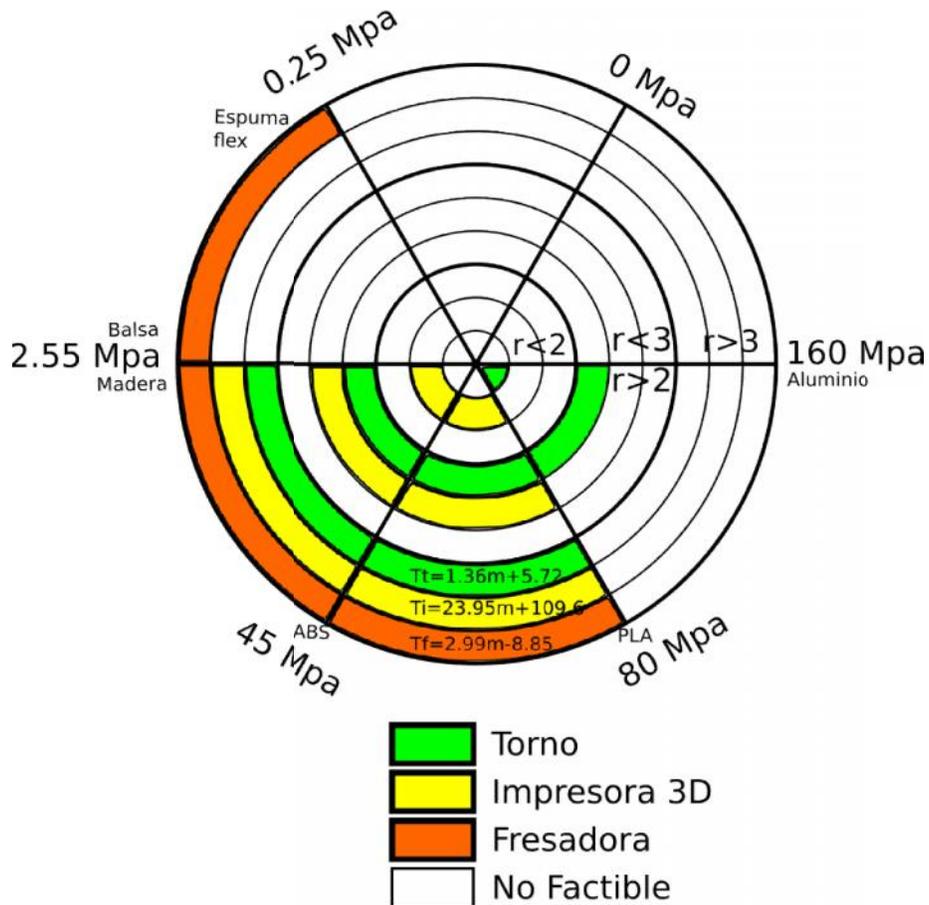
- Bryden, D. (2014). CAD Y PROTOTIPADO RÁPIDO EN EL DISEÑO DE PRODUCTO. En D. Bryden, *CAD Y PROTOTIPADO RÁPIDO EN EL DISEÑO DE PRODUCTO*. Barcelona España: Promopress
- Chang, R. Niedzwiecki, M. (1993). Herramientas para mejora continua de la calidad. (2ª ed.). Recuperado el 25 septiembre 2016 de <https://books.google.com.ec/books?id=kBaoNI3OheAC&pg=PA83&dq=graficos+de+control+calidad&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwj4jpPU5MvQAhXFRSYKHV4tDiUQ6AEITjAJ#v=onepage&q=graficos%20de%20control%20calidad&f=false>
- Gutiérrez, H. (2013). *Control estadístico de la calidad*. (3ª ed.). México DF, México: México McGraw-Hill.
- Miranda, F. Chamorro, A. y Rubio, S. (2007). *Introducción a la gestión de la calidad*. Madrid, España: Universidad de Extremadura y Delta Publicaciones.

ANEXOS

ANEXO 1

PROCEDIMIENTO PARA EL USO DEL DIAGRAMA DE SELECCIÓN DE MÁQUINA FABRICACIÓN

(RESISTENCIA, RADIO DE TRABAJO, MÁQUINA,
TIEMPO)



Este diagrama nos ayuda a determinar la máquina y el tiempo aproximado que la pieza se puede demorar en ser elaborada.

PASOS

6. SELECCIÓN DEL MATERIAL

- a. Para poder realizar esta operación debemos observar el perímetro exterior del círculo donde se detalla el valor de mega pascales (mpa) y así elegir la resistencia del material necesaria.

0 -0,25 Mpa	ESPUMA FLEX
0,25 –2,55 Mpa	ESPUMA FLEX- MADERA DE BALSA
2,55 – 45 Mpa	MADERA DE BALSA - ABS
45 - 80 Mpa	ABS – PLA
80 – 160 Mpa	PLA – ALUMINIO

7. RADIO MÍNIMO DE TRABAJO

- a. Cada máquina trabaja con un radio mínimo esto se determina en base al dato cad que se maneje. Esta sección corresponde a la parte radial del diagrama

Radio < 2mm	Radio>2Mm <3mm	Radio	Radio > 3mm
-------------	-------------------	-------	-------------

8. SELECCIÓN DE MÁQUINA

- b. Para la selección de la máquina se utiliza los colores dentro del diagrama, estos están directamente relacionados a los radios de trabajo y sus materiales.

Teniendo el color verde para el torno, amarillo para la impresora 3D, Naranja para la fresadora.



Si solo se tiene un color esta será la máquina a emplearse, si se tiene más de un color se deberá considerar el tiempo de fabricación empleado en el punto siguiente.

9. DETERMINACIÓN DE TIEMPO.

Para poder determinar el tiempo previamente debemos tener claro el material (paso1), el radio de trabajo (paso2), y la o las máquinas posibles para ser utilizadas (paso3).

Procedemos a utilizar las ecuaciones correspondientes para determinar el tiempo de cada máquina donde se cambia el valor de ("m") por la masa en gramos del elemento que se va a realizar.

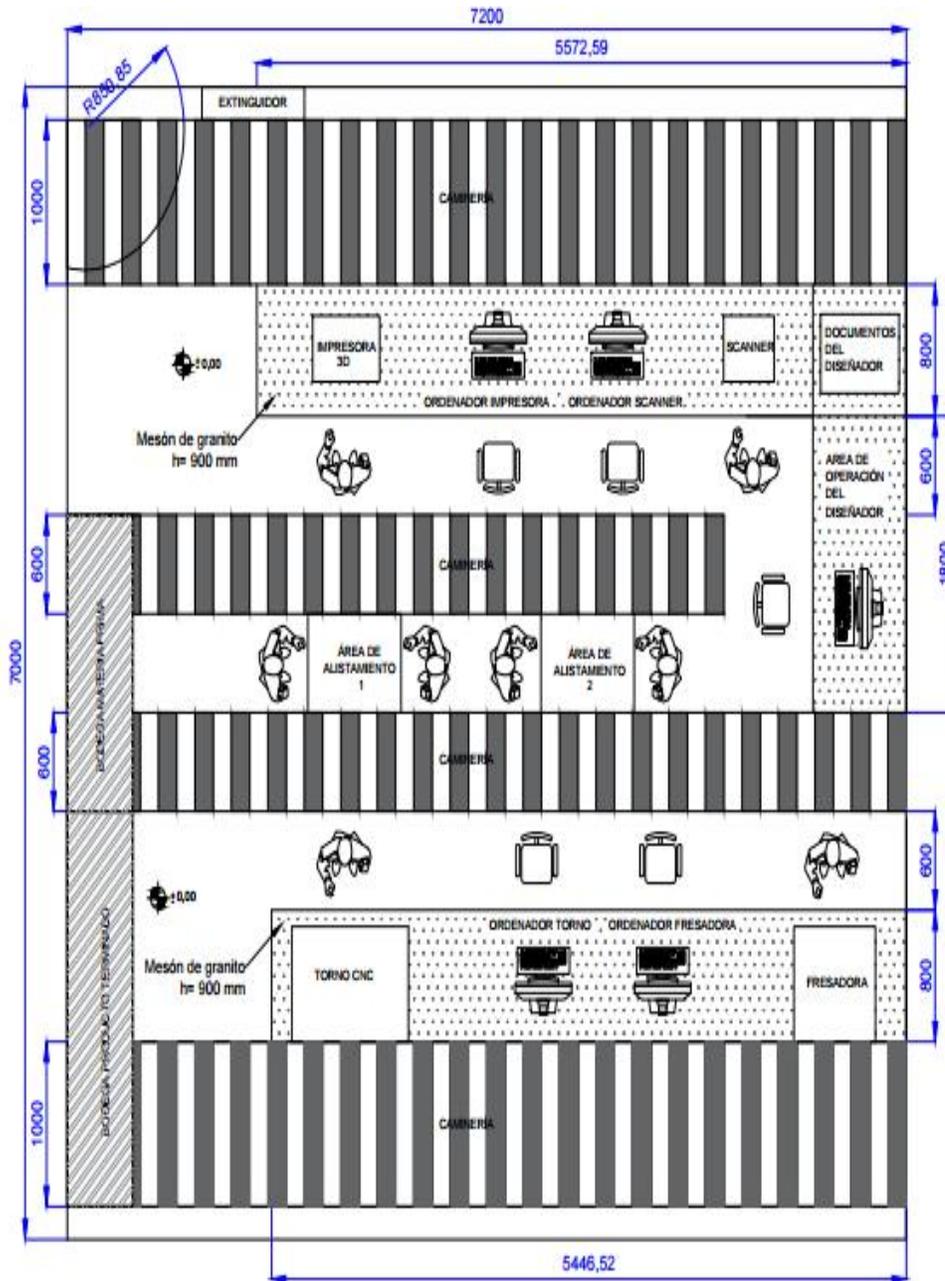
De la solución de la ecuación se tiene el tiempo aproximado para cada máquina.

10.CONCLUSION

El diagrama nos muestra una relación de materiales, radio de trabajo, máquina obteniendo como resultado, la máquina el material y el tiempo que se va a demorar en realizar esta pieza.

Esta información es ingresada a la matriz de decisión.

ANEXO 2



DETALLE DE AREAS
 AREA DE ALISTAMIENTO 3M2
 AREA DE CAMBERIA 21,77 M2
 AREA LIBRE 28,83 M2
 AREA TOTAL 54,4 M2

