



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA CONTROL NUMÉRICO
COMPUTARIZADO EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA DE MUEBLES**

Judi Michelle Gutiérrez Saravia

Asesorado por el Ing. Luis Edgardo Gutiérrez Fernández

Guatemala, abril de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA CONTROL NUMÉRICO
COMPUTARIZADO EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA DE MUEBLES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JUDI MICHELLE GUTIÉRREZ SARAVIA

ASESORADO POR EL ING. LUIS EDGARDO GUTIÉRREZ FERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, ABRIL DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian De León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

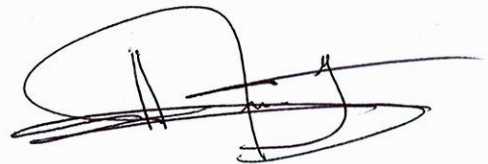
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Sergio Fernando Pérez Rivera
EXAMINADORA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Alex Suntecún Castellanos
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA DE MUEBLES

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 25 de agosto de 2014.

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above the printed name.

Judi Michelle Gutiérrez Saravia

Guatemala, septiembre de 2015

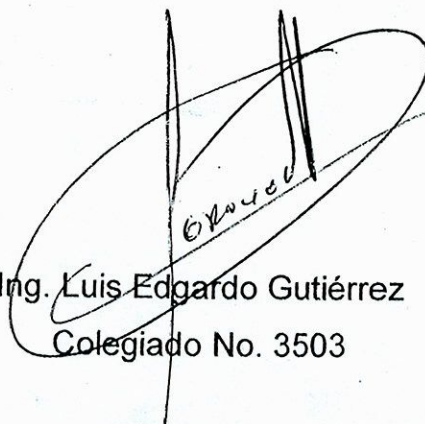
Ing. Cesar Urquizú Rodas
Director de Escuela Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero

Por este medio me dirijo a usted, para hacer de su conocimiento, que de conformidad con el reglamento de Tesis de la Facultad de Ingeniería y por disposiciones emitidas por su dirección he asesorado a **JUDI MICHELLE GUTIÉRREZ SARAVIA** en el desarrollo del trabajo de Tesis titulado "ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA DE MUEBLES" previo a optar al título de Ingeniero Industrial.

Al presente estudio se le ha dado el seguimiento correspondiente del punto presentado y aprobado por su dirección hasta obtener el contenido y objetivos propuestos.

Atentamente.



Ing. Luis Edgardo Gutiérrez
Colegiado No. 3503

Ing. Luis Edgardo Gutiérrez Fernández
COLEGIADO 3503

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



ESCUELA DE INGENIERIA

REF.REV.EMI.160.015

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA DE MUEBLES**, presentado por la estudiante universitaria **Judi Michelle Gutiérrez Saravia**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“DID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Renaldo Giron Alvarado
CORREGIDO 5977

Ing. Renaldo Giron Alvarado
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, octubre de 2015.


/mgp



REF.DIR.EMI.052.016

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA DE MUEBLES**, presentado por la estudiante universitaria **Judi Michelle Gutiérrez Saravia**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Juan José Peralta Dardón
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, abril de 2016.



/mgp

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.166-2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA DE MUEBLES**, presentado por la estudiante universitaria **Judi Michelle Gutiérrez Saravia**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, abril de 2016

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por mostrarme cada día su misericordia y amor incondicional.
Mis padres	Luis Gutiérrez y Silvia Saravia, por haber hecho de mí la mujer que hoy en día soy. A Kerin Véliz, por quererme como una hija.
Mis hermanos	Roberto, Oscar y Paulo Gutiérrez, Bryan Estrada y Alessandra Vitola, por mostrarme el amor que no se encuentra en nadie más.
Mi abuela	Amparo Quiroa, por demostrarme siempre que el amor es incondicional.
Mis tíos	Edwin Saravia y Olga Gutiérrez, por su cariño y apoyo.
Mis sobrinos	Alejandro, Gabriela y David Gutiérrez, por su alegría y sonrisas.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala y Facultad de Ingeniería	Por ser el recinto que me brindó los conocimientos básicos, en especial a mis catedráticos.
Empresa Module, S. A.	Por su colaboración en mi desarrollo profesional.
Ing. José Morán	Por brindarme de sus conocimientos.
Ing. Fernando Santiago	Por brindarme de sus conocimientos.
Mis amigos	Luis Estrada, Danny Ortiz y Johana Ventura, por el cariño y apoyo incondicional.
Mercedes González	Por una amistad única e incondicional.
Marietha Duarte	Por estar conmigo en todo momento.
Gabriela García	Por su apoyo y cariño incondicional a lo largo de mi carrera.
Pilar López	Por animarme cada día a continuar.
Keylan Grijalva	Por llegar a mi vida con una gran inocencia, amor único y puro.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
JUSTIFICACIÓN.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Historia de la empresa.....	1
1.2. Visión.....	2
1.3. Misión.....	2
1.4. Valores y principios.....	2
1.5. Línea de productos.....	3
1.6. Clientes.....	6
1.7. Principales proveedores.....	7
1.8. Impacto a nivel nacional.....	8
1.9. Proyecciones y planes de trabajo.....	9
1.10. Teoría de control numérico computarizado.....	11
1.10.1. Tipos de maquinaria CNC.....	12
1.10.2. Tipos de fresadoras CNC.....	14
1.10.2.1. Láser.....	15
1.10.2.2. Router.....	17
1.10.2.3. Plasma.....	19
1.10.2.4. Oxicorte.....	20

	1.10.2.5.	Chorro de agua.....	21
2.		SITUACIÓN ACTUAL	23
	2.1.	Situación organizacional	23
	2.2.	Estructuración de puestos de trabajo	24
	2.2.1.	Cantidad de puestos de trabajo	26
	2.2.2.	Ergonomía en los puestos de trabajo	27
	2.3.	Procesos de trabajo	29
	2.3.1.	Cotizaciones.....	30
	2.3.2.	Diseño	31
	2.3.3.	Producción	32
	2.3.4.	Control de calidad y despachos.....	35
	2.3.4.1.	Materia prima.....	36
	2.4.	Maquinaria de corte.....	38
	2.4.1.	Características	39
	2.4.2.	Plan de mantenimiento.....	43
	2.4.3.	Operarios de maquinaria de corte	46
	2.4.4.	Perfil	47
	2.4.5.	Características	47
3.		PROPUESTA.....	49
	3.1.	Características de una fresadora CNC	49
	3.2.	Propuesta de elección de fresadora CNC para empresa manufacturera de muebles.....	52
	3.2.1.	Bomba de vacío	52
	3.2.2.	Extractor de polvo.....	53
	3.2.3.	Cambiador de herramienta	55
	3.2.4.	Computadora o panel de control.....	56
	3.2.5.	Programas o softwares.....	57

3.2.6.	Medidas óptimas.....	59
3.3.	Características necesarias para la aplicación de esta tecnología.....	60
3.3.1.	Espacio físico.....	62
3.3.2.	Tiempo.....	66
3.3.3.	Personal.....	67
3.4.	Perfil de operario	68
3.4.1.	Costos incurridos para perfil del operario	70
3.5.	Ventajas y desventajas de dicha tecnología	72
3.6.	Posibles proveedores	76
3.6.1.	Mecano CNC	77
3.6.2.	Modernología.....	79
3.7.	Cotización de fresadora CNC según propuesta de elección ...	80
3.7.1.	Recuperación de capital de inversión.....	83
3.7.2.	Cálculo del valor presente neto (VPN), tasa interna de retorno (TIR) y tasa de rendimiento mínima aceptada (TREMA)	84
4.	IMPLEMENTACIÓN.....	89
4.1.	Desarrollo de aplicación de la tecnología en la empresa	89
4.1.1.	Cómo se trabaja con la CNC.....	90
4.1.2.	Brocas para corte.....	92
4.2.	Determinación de optimización de tiempos.....	95
4.2.1.	Comparación en corte convencional y con CNC	97
4.3.	Determinación de optimización de recursos	100
4.3.1.	Comparación en corte convencional y con CNC ..	101
4.4.	¿Qué empresas poseen esta tecnología?	105
5.	MEJORA CONTINUA.....	109

5.1.	Determinación beneficio/costo	109
5.2.	Seguimiento de uso y mantenimiento de maquinaria	111
5.3.	¿En qué industria es mejor aplicable dicha tecnología?	118
5.4.	Entrevistas con proveedores de dicha maquinaria	118
CONCLUSIONES		121
RECOMENDACIONES		123
BIBLIOGRAFÍA		125
APÉNDICES		129

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Línea de productos Module, S. A. 1	4
2.	Línea de productos Module, S. A. 2	5
3.	Maquinado CNC.....	13
4.	Lijadora CNC	14
5.	Comparación de fresadoras CNC	15
6.	Fresadora CNC tipo láser.....	16
7.	Trabajo realizado por CNC láser	17
8.	Fresadora CNC tipo <i>router</i>	18
9.	Fresadora CNC tipo plasma.....	20
10.	Fresadora CNC tipo oxicorte	21
11.	Componentes de las máquinas por chorro de agua	22
12.	Organigrama empresa Module, S. A.	24
13.	Mapa empresa Module, S. A.....	27
14.	Planta de producción Module, S. A.	29
15.	Proceso de cotizaciones	31
16.	Proceso de diseño	32
17.	Proceso de producción.....	34
18.	Proceso de control de calidad y despachos	36
19.	Muestra de melamina de diferentes colores	37
20.	Sierra industrial vertical.....	40
21.	Características de un disco de tungsteno para sierra.....	41
22.	Caladora marca DeWalt	42
23.	Características de dientes de sierra para caladora.....	42

24.	Sierra industrial de banco	43
25.	Hoja de control de sierras	44
26.	Hoja de control pegadora Griggio	45
27.	Hoja de control compresores	45
28.	Fresadora CNC tipo <i>router</i>	49
29.	Bomba de vacío para CNC	53
30.	Extractor de polvo.....	54
31.	Representación de diferentes herramientas para CNC	56
32.	Panel de control y computadora para CNC.....	57
33.	Referencia de tamaño de fresadora CNC	63
34.	Planta de producción de Module, S. A.	65
35.	Descripción de maquinaria Mecano CNC	78
36.	Características generales fresadora M2 Mecano CNC	82
37.	Broca para <i>router</i> para vaciado.....	93
38.	Broca de <i>router</i> para canal	94
39.	Broca de <i>router</i> en “V”	94
40.	Diseño de dos mesas para corte en CNC.....	97
41.	Diagrama de flujo corte en fresadora CNC	98
42.	Diagrama de flujo corte convencional	98
43.	Diseño de mesa con vaciado para corte en CNC	101
44.	Diseño mesa llena para corte en CNC	102
45.	Distribución de piezas para corte en CNC	103
46.	Proceso corte y fabricación de mesas	104
47.	Cotización de mantenimiento para CNC	114
48.	Descripción de mantenimiento de sistemas mecánicos	115
49.	Descripción de mantenimiento de sistemas eléctricos	116
50.	Descripción de mantenimiento de sistemas electrónicos	116
51.	Hoja de control fresadora CNC	117

TABLAS

I.	Análisis FODA de la empresa Module, S. A.	10
II.	Características y propiedades físicas de la melamina	38
III.	Flujo de ingresos de máquina CNC	83
IV.	Flujo de ingresos de máquina CNC.....	84
V.	Flujo de egresos de máquina CNC.....	85
VI.	Flujo efectivo neto	85
VII.	VPN y TIR	85
VIII.	Tipos de broca de <i>router</i> , para vaciado	93
IX.	Tipos de broca para <i>router</i> para canal.....	94
X.	Tipos de broca para <i>router</i> en “V”	95
XI.	Análisis FODA de adquisición de fresadora CNC.....	105
XII.	Análisis beneficio/costo	110

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetro
PSI	Del inglés <i>pounds-force per square inch</i> , libra-fuerza por pulgada cuadrada en español.
°C	Grados centígrados
hr	Hora
Kg/cm ²	Kilogramo sobre centímetro cuadrado
Kg/m ²	Kilogramo sobre metro cuadrado
Kg/cm ³	Kilogramo sobre metro cúbico
m	Metro
mm	Milímetro
min	Minuto
%	Porcentaje
seg	Segundo
3D	Tres dimensiones

GLOSARIO

Automatización	Aplicación de máquinas o de procedimientos automáticos en la realización de un proceso o en una industria.
CAD	<i>Computer-Aided Design</i> , diseño asistido por computadora en español.
CAM	<i>Computer-Aided Manufacture</i> , manufactura asistida por computadora en español.
CNC	Siglas para Control Numérico Computarizado.
Kevlar	Fibra artificial, ligera, robusta y con gran resistencia al calor.
Mdf	Tableros de fibras de madera.
Mecanización	Empleo de máquinas para realizar una actividad (industrial, agrícola, entre otros), con el objeto de emplear menos tiempo y esfuerzo.
Metalex	Revestimiento acrílico de terminación satinada, diseñado para mantenimiento industrial.
PIB	Siglas para producto interno bruto.

<i>Plywood</i>	Contrachapado, también conocido como multilaminado; material derivado de la madera.
Pyme	Siglas para Pequeña y Mediana Empresa.
<i>Software</i>	Conjunto de programas y rutinas que permiten a la computadora realizar determinadas tareas.
USB	Sigla del inglés <i>universal serial bus</i> ; periférico que permite conectar diferentes periféricos a una computadora.
<i>Water jet</i>	Sistema de chorro de agua.

RESUMEN

Muchas empresas buscan mecanizar y automatizar sus procesos, haciéndolos más eficientes, que optimicen recursos, tiempo y que generen ganancias, es por esto que el desarrollo de la tecnología Control Numérico Computarizado, CNC, ha tenido un auge increíble en la actualidad alrededor del mundo. En Guatemala aún se está desarrollando y es poco conocida, por lo que el presente trabajo de graduación busca dar a conocer su trabajo dentro de la industria manufacturera de muebles, los tipos de máquinas CNC, las ventajas y desventajas de este tipo de maquinaria, comparación con cortes convencionales y determinación de optimización de recursos y tiempos.

Es importante conocer los puntos de vista de personas o empresas que han adquirido máquinas como esta, saber qué tipos de mejoras pueden obtenerse y los cambios necesarios dentro de una planta de producción para su implementación; es por eso que se entrevistó a empresas que distribuyen estas máquinas, así como empresas que las han adquirido y las han implementado dentro de su línea productiva.

La mejor opción para considerar una inversión tan grande es hacer un estudio e investigación adecuada que analice todos los factores importantes para la aplicación de una nueva tecnología.

OBJETIVOS

General

Analizar los resultados obtenidos por la aplicación de la tecnología control numérico computarizado (CNC) en la industria manufacturera de muebles de Guatemala, para promover el conocimiento hacia la misma en el país.

Específicos

1. Identificar las diferencias entre el trabajo de corte convencional y la aplicación de fresadoras CNC para observar los beneficios obtenidos.
2. Establecer la evaluación financiera necesaria para la adquisición de una fresadora CNC para conocer el monto de inversión aproximado para dicha tecnología.
3. Analizar el impacto en el recurso humano dentro de un proceso mecanizado con CNC y de esta manera determinar cómo afecta la mecanización de procesos.
4. Determinar el análisis beneficio/costo por la implementación de la tecnología CNC dentro de la industria, logrando identificar las ventajas y características que puedan influenciar en la adquisición de una fresadora CNC.

JUSTIFICACIÓN

El fin primordial de toda empresa es generar ganancias, no importando el proceso que esté involucrado para el desarrollo de sus productos; en la actualidad existen muchas técnicas y tecnologías aplicables en la industria manufacturera de muebles que promueven la actualización y sistematización de procesos, entre éstas se encuentra la tecnología CNC.

Al tener la oportunidad de trabajar con esta tecnología se puede observar el desarrollo y las ventajas competitivas que ésta ofrece en las empresas que la posean, ya que optimizan tiempo, recursos, materia prima y una gran precisión para obtener mejores resultados finales.

La mecanización de un proceso conlleva a la disminución de mano de obra; sin embargo, se obtienen productos más exactos en especificaciones y características generales de los mismos, ya que cuando la mano de obra humana está involucrada se tiene un mayor porcentaje de defectos y errores en los procesos; razón por la cual la tecnología CNC muestra un gran avance en los procesos en los que sea implementada.

Este trabajo de graduación busca establecer los resultados obtenidos por la implementación de esta tecnología en la industria manufacturera de muebles, para dar a conocer las mejoras, beneficios e implicaciones que se han dado a partir de su implementación, considerando desde los factores que orientan a una empresa a la consideración de adquisición de esta maquinaria, hasta el desarrollo de la misma dentro de sus procesos productivos y cómo ésta ha influido tanto en su productividad como posicionamiento dentro de la industria.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las máquinas de Control Numérico Computarizado (CNC) se han diseñado y desarrollado para satisfacer la mayoría de necesidades existentes en la industria, en la forma más eficiente y económica, optimizando los recursos en todo momento. Parte de la exactitud de las máquinas CNC recae en las capacidades del operador, donde pueda crear una metodología de trabajo que busque el aprovechamiento del material y tiempo de trabajo en todo momento.

La tecnología CNC ha revolucionado la manufactura de productos en todos los campos donde ha sido aplicada, en la industria fabricadora de muebles promueve una agilización de los procesos y un ilimitado poder de innovación de los productos que se tengan, ya que por ser a base de programación, pueden hacerse casi cualquier tipo de producto, poniéndolo en otras palabras, si se puede diseñar o bien programar, se puede hacer en físico, ya que una fresadora CNC siempre hará lo que se le indique, razón por la cual es necesario en todo momento tener muy claros los conceptos generales de este tipo de tecnología, donde se busque la precisión desde el momento de diseño, ya que la máquina trabajará según las indicaciones que se le hayan ingresado.

En Guatemala es necesario contar con una póliza o permisos de ingreso especiales para la adquisición de este tipo de maquinaria, la cual puede venir de muchas partes del mundo, desde ser importada de Italia, de las cuales se tiene como la más alta calidad, hasta ser adquirida por partes desde China y ser ensamblada por técnicos especializados en el país.

Las fresadoras CNC pueden ser construidas de acuerdo con las necesidades de cada cliente, pueden pasar de utilizar cambiador de herramientas manual hasta tenerlo automático; poseer cierto caballaje de trabajo, o contar con bombas de vacío que sujeten las piezas de corte; todas las modificaciones que se deseen pueden establecerse en la cotización del producto para luego poder ser adquiridos según se acople con el trabajo en el que será utilizado.

1. GENERALIDADES

1.1. Historia de la empresa

Module, Sociedad Anónima, es una empresa guatemalteca con más de 13 años de experiencia en el mercado nacional, fundada en enero de 2001. Esta surgió de la fusión de los conocimientos y experiencias de dos personas, teniendo como propósito la optimización de los espacios, así como brindar asesoría personalizada a cada uno de sus clientes. Buscan combinar diseños actuales con la fabricación de mobiliario a la medida, marcando una diferencia con la competencia y de esta manera incrementar sus ventas. Hoy en día cuentan con una amplia lista de clientes satisfechos, lo cual les motiva a profesionalizarse y diversificarse, mejorando cada día sus productos y servicios.

Son fabricantes directos de sus muebles, lo que les permite asegurar y garantizar cada uno de ellos. Además cuentan con un sistema de atención al cliente personalizado y un excelente sistema de distribución. La empresa también cuenta con vendedores de ruta en el interior de la República, logrando de esta forma la ampliación de sus actividades y alcanzando nuevos horizontes con sus clientes en otros departamentos.

Buscan el liderazgo, posicionamiento y el protagonismo utilizando canales de mejor distribución, expandiéndose hacia al interior del país, así como hacia El Salvador, buscando siempre la evolución, creando una estrategia para implementar tecnología de punta y así poder satisfacer profesionalmente las necesidades, llenando así las expectativas cambiantes de sus clientes.

Hoy en día dentro de la industria manufacturera de muebles, Module, S. A. ha alcanzado gran presencia y prestigio, colocando como una fuerte competencia para las demás empresas dentro de la industria.

Module, S. A. es una pyme en Guatemala, es decir, una empresa con un número moderado de empleados y un nivel de facturación moderado. Las pymes en Guatemala son muy importantes, ya que ocupan un lugar muy importante en las fuentes de empleo del país; también contribuyen a un 40 % del PIB en Guatemala.

1.2. Visión

“Ser líderes en soluciones empresariales para la optimización del espacio en Centroamérica”¹.

1.3. Misión

“Existimos para brindarles soluciones a nuestros clientes en la optimización de espacios a través de muebles personalizados, permitiéndonos generar empleo”².

1.4. Valores y principios

La empresa Module, S. A., siempre ha puesto como prioridad los valores y una ética de trabajo profesional, fomentándolos dentro de su equipo de colaboradores, para que estos logren ser reflejados en su trabajo, demostrando un producto y servicio de calidad.

¹ Module, S. A. <http://www.modulesa.com/> Consulta: abril de 2014.

² Íbid

Entre los principales valores que funcionan como pilares para la empresa se pueden mencionar:

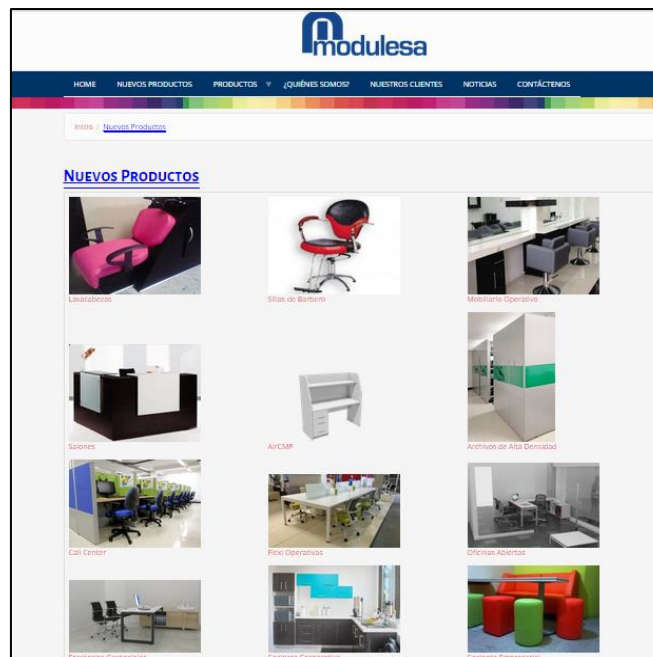
- Lealtad, para con sus clientes, y colaboradores, teniendo el valor para decidir en la toma de decisiones respecto de su comportamiento ético, en todas las situaciones en las que se vea involucrado.
- Pasión, por el trabajo y servicios que ofrecen, buscando siempre mejorar y aprender de sus errores, comprometiéndose a dar lo mejor de sí mismos cada día.
- Respeto entre compañeros y equipo de trabajo, respondiendo adecuadamente a las necesidades del otro por un bien común. Valorando a los demás, acatando su autoridad y considerando su dignidad.
- Honestidad, en todo momento, eligiendo actuar siempre con base en la verdad y en la auténtica justicia.
- Trabajo duro, dedicación y esfuerzo, haciendo las cosas correctas, en su debido tiempo, es decir; alcanzar sus objetivos con el uso de la mínima cantidad de recursos y con una gran motivación por el trabajo.
- Generosidad, para con el prójimo, teniendo la disposición natural e incondicional para ayudar a los demás sin hacer distinciones.

1.5. Línea de productos

- Escritorios modulares

- Puestos de trabajo
- Recepciones
- Mesas de reuniones y de trabajo
- Puestos de *call center*
- Oficinas abiertas
- Almacenaje
- Panelería y divisiones
- Desarrollo de proyectos
- Sillas
- *Lockers* y archivos
- Librerías

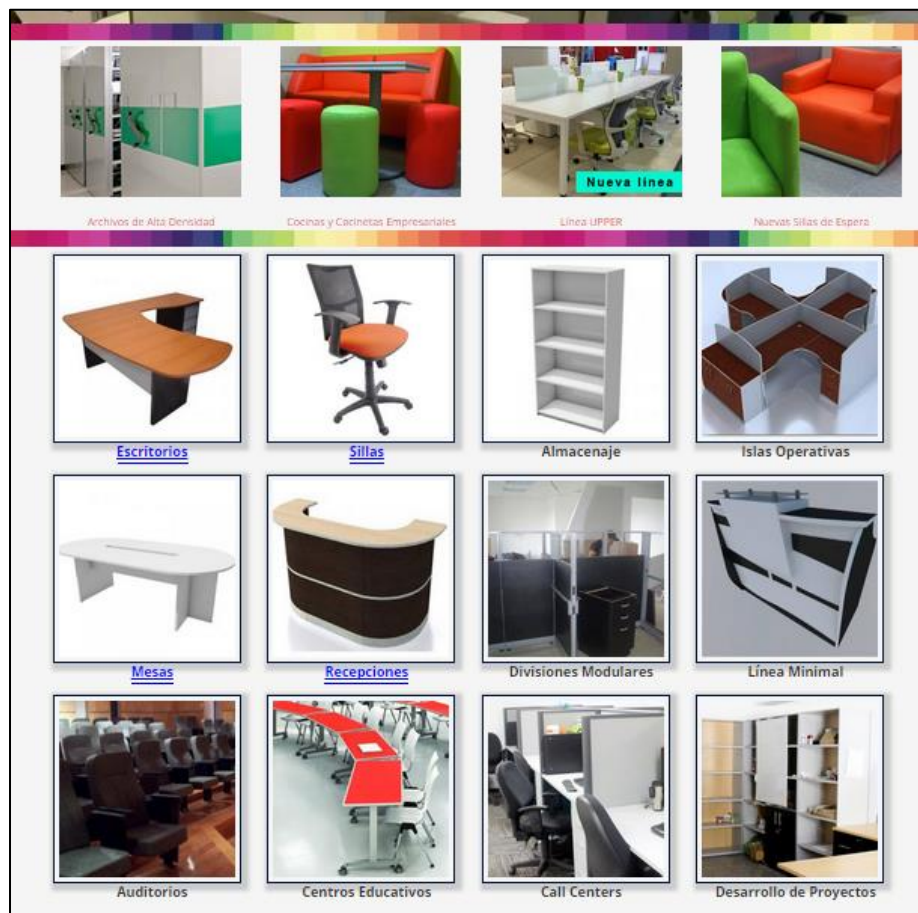
Figura 1. Línea de productos Module, S. A. 1



Fuente: Module, S. A. (<http://www.module.com/>). Consulta: mayo de 2014.

El producto principal para la empresa Module, S. A. se fabrica a base de melamina, siendo esta su materia prima. A lo largo del tiempo han buscado diversificar sus líneas de productos para acoplarse a las necesidades cambiantes de sus clientes, por lo que han abarcado panelería y mobiliario a base de metal, tales como los archivos y *lockers* para almacenaje; la línea de sillas siempre ha sido un complemento que han trabajado desde inicios de su creación, ya que funciona como complemento para los escritorios o mesas de conferencia que han trabajado a lo largo de su trayectoria.

Figura 2. **Línea de productos Module, S. A. 2**



Fuente: Module, S. A. <http://www.modulesa.com/>. Consulta: mayo de 2014.

1.6. Clientes

Los clientes para una empresa donde se fabrica y comercializa mobiliario para oficinas se pueden dividir en tres ramas independientes:

- Pequeños clientes, quienes usualmente su compra depende en gran manera de las cotizaciones que sean más económicas, solicitan una mínima cantidad de productos y por lo general son personas particulares, buscando mobiliario para equipar un estudio o espacio similar.
- Clientes medios, con quienes se han hecho trabajo anteriores, y por la experiencia, calidad y atención recibida hacen nuevas compras con la empresa.
- Clientes grandes y empresas, usualmente necesitan trabajos más elaborados y de mayores proporciones, donde se busca mantener una misma línea de productos, ya que poseen mobiliario institucional.

La empresa Module, S. A. posee una larga lista de clientes que han cultivado a lo largo de los años trabajados, proporcionándoles asesorías y atención personalizada para cada uno de ellos, creando un estrecho lazo de confianza a base de esfuerzo y dedicación empleados en cada uno de ellos, a través de los asesores de ventas que posee la empresa, personal altamente calificado en atención al cliente, asesorías y ventas de mobiliario; entre los clientes que tienen se pueden mencionar:

- Walmart Guatemala
- Elektra Guatemala
- Central de Alimentos, S. A.

- Industria La Popular
- Corporación Multi Inversiones
- Multi Proyectos, S. A.
- Toledo, S. A.
- Prensa Libre
- Minera San Rafael
- Abbot, S. A.
- Ingenio Madre Tierra

Entre muchos otros, algunos de estos clientes han trabajado con Module, S. A. desde sus inicios, estando como su lista de clientes predilectos, así se busca crear un lazo de confianza con cada uno de ellos, estando atentos a sus necesidades y poder proporcionarles un servicio personalizado y de calidad. En repetidas ocasiones se ha entrado en proyectos de mobiliario, donde se pudo obtener acceso gracias a la alta tecnología que poseen, al servicio personalizado que presentan y a las diferencias marcadas con su competencia.

1.7. Principales proveedores

Una empresa de venta de muebles puede cambiar de proveedor con facilidad, ya que estos últimos son numerosos. Directamente no le afectaría en gran manera el cambio de proveedor, ya que estos, en muchas ocasiones, no tienen gran capacidad de negociación, debido al enorme volumen de compras.

Ya que esta empresa abarca distintas áreas de trabajo y posee distintos proveedores en cada una de ellas, con algunos de estos se han formado alianzas estratégicas para poder tener producto de calidad en tiempo real y así poder tener un *stock* de materia prima en todo momento.

- Para el área de melamina, principal materia prima para la fabricación de mobiliario, se tienen como proveedores a:
 - Aglomerados Alianza
 - Tableros de Aglomerado, S. A.
 - Madecenter

- Para cerrajes y herramental se tiene a:
 - Comercial El Ángel
 - Milenium
 - Hernández, S. A.

Module, S. A. trabaja también proyectos con metal y panelerías, tanto de tela como de fórmica, y a lo largo del tiempo han logrado implementar estas líneas de productos dentro de sus servicios.

1.8. Impacto a nivel nacional

Uno de los objetivos principales para la empresa Module, S. A. es dar soluciones empresariales, optimizando espacios con muebles personalizados, mejorando la calidad de vida laboral y hacer que su cliente se sienta seguro, brindándoles calidad en sus productos y servicios. En su cartera de clientes tienen su mayor porcentaje en la ciudad de Guatemala, desplazándose así también en Escuintla, Amatitlán, Villa Nueva, Cobán, entre otros, sin embargo, ya que se trabaja con la cuenta de la cadena Walmart y Elektra, éstas tienen sucursales a lo largo de todo el territorio nacional, por lo que se abarca gran parte del mismo.

Dentro de la ciudad de Guatemala su mayor concentración de clientes está en las zonas 1, 4, 5, 6, 9, 10, 13, 14,15 y 16. En la actualidad están trabajando en un modelo de localización para clientes potenciales, y que con sus asesores de ventas puedan dar a conocer sus productos y atenderles ética y profesionalmente, consiguiendo de esta manera afianzar y crear nuevos lazos con dichos clientes potenciales, agrandando así su cartera de clientes satisfechos.

La industria manufacturera de muebles para oficina tiene varias empresas que ofrecen sus productos y servicios, siempre se mantiene una competencia entre cada una de estas; la empresa Module, S. A. ha logrado obtener grandes proyectos, realzando su compromiso con sus clientes a través de productos innovadores, personalizados y de alta calidad. La presencia que ha logrado Module, S. A. en el territorio nacional se ha ganado con base en un gran esfuerzo y dedicación, proponiendo mejoras constantes, y una atención directa con sus clientes, buscando siempre mantenerlos como prioridad dentro de sus objetivos y metas, se busca siempre la expansión y tener un mayor alcance en los departamentos donde aún no se ha logrado tener un impacto directo con el producto que se ofrece.

1.9. Proyecciones y planes de trabajo

En la actualidad, las empresas crecen cada vez con más auge, por tanto surge la necesidad de contar con una planeación estratégica, proyecciones y planes de trabajo, que les permitan alcanzar las metas y objetivos propuestos, para ser una empresa exitosa y posicionarse competitivamente en el mercado externo.

Originalmente la empresa Module, S. A. tenía como visión lograr alcanzar presencia en el territorio salvadoreño, así como poseer tecnología de punta para sus procesos productivos; a lo largo de los años lograron cumplir dicha visión, expandiéndose en el país vecino, así como la adquisición de maquinaria innovadora y tecnología avanzada, que les permitiera facilitar sus procesos, así como optimizar tiempos y recursos.

Hoy en día se está trabajando con una nueva proyección a un plazo de 5 años, la cual consiste en un complejo donde se encuentre el conjunto de áreas de trabajo, siendo estas: el área administrativa, producción y despachos, así como tener 5 empresas conjuntas, correspondientes a la proyección a futuro de la familia Module, S. A.

Se planea diversificar las líneas para proponer y hacer nuevos conceptos, donde se abarquen ambientes completos para facilitar y mostrar los beneficios de la ergonomía para con sus clientes. Entre sus planes de trabajo se tiene la ampliación de líneas, crear un nuevo concepto de mobiliario minimalista y la diversificación en importación de panelería.

Tabla I. **Análisis FODA de la empresa Module, S. A.**

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Fabricación propia que conlleva reducción de costes. • Capacidad de negociación con los proveedores por el volumen de compras. • Más de 13 años de experiencia en el mercado. • Flexibilidad en la producción de cualquier producto en melamina 	<ul style="list-style-type: none"> • Explorar mercado Internacional como en El Salvador. • Ampliar mercado hacia muebles con estilo más innovador y de tendencia. • Fidelizar a los clientes, creándoles hábitos de visita y compra, ofertando productos complementarios de bajo precio. • Ampliar mercado hacia clientes

Continuación de la tabla I.

<p>sobre medidas o modulares en serie.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Productos con buena relación calidad-precio. • Productos innovadores. 	<p>grandes: empresas, arquitectos, decoradores, o bien proyectos en edificios de oficinas que están empezando a amueblarse.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aprovechamiento de nuevas tecnologías.
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Dificultad de comunicación entre departamentos para la coordinación y logística. • Al tener la planta de producción en ubicaciones diferentes con la parte administrativa, crea gastos de transporte y traslado de producto más elevados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Actualmente la continuidad de la crisis económica provoca una baja en la demanda de los productos. • Productos importados con bajos costes de producción. • Alta competencia en el mercado. • Cambios de gustos y tendencias en el mercado.

Fuente: elaboración propia.

1.10. Teoría de control numérico computarizado

Control Numérico Computarizado o CNC, por sus siglas, es un tipo de control que se ejerce a través de un computador y la máquina está diseñada con el fin de obedecer las instrucciones de un programa dado. Usualmente cada máquina está hecha para obedecer un tipo de lenguaje diferente, estableciéndolo desde el programa CAD, diseño asistido por computador por sus siglas en inglés.

Este tipo de tecnología innovadora ayuda a facilitar los procesos manufactureros, otorgando gran precisión y optimización de recursos y tiempo en la fabricación de innumerables productos.

Gracias a que es una máquina lo que realiza cualquier prototipo a través de previa programación, se puede decir que si una persona desea realizar alguna pieza, por muy complicada que sea, siempre y cuando se pueda diseñar, programar, y contar con las herramientas de corte apropiadas, se podrá fabricar con una máquina CNC. Estas trabajan a través de coordenadas en ejes X, Y, Z, teniendo también la posibilidad de adquirir una máquina o torno CNC que trabaje aun con un cuarto eje, siendo muy útiles estos para tallar piezas cilíndricas.

En Guatemala, este tipo de tecnología aún está en proceso de desarrollo, siendo, en teoría, muy pocas empresas las que la poseen. Uno de los mayores problemas es la falta de información y conocimiento que se tiene de la misma, por lo cual muchas empresas conocen de los beneficios que estas pueden brindarles.

1.10.1. Tipos de maquinaria CNC

La tecnología CNC se puede encontrar en tornos, fresadoras, rectificadoras entre otras, lo cual significa que una máquina CNC se puede utilizar para realizar cualquier producto o proceso que una persona desee, desde muebles para oficina, adornos en 3D, placas electrónicas, entre otros, dependiendo de las necesidades de las empresas interesadas en invertir en este tipo de tecnología se pueden adecuar al producto o servicio que ofrezcan.

En la siguiente página se puede ver la imagen de una máquina utilizada para el maquinado de diversas piezas:

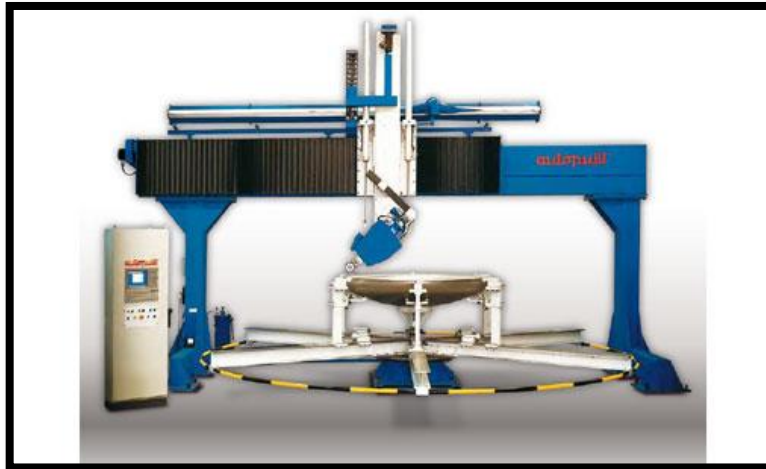
Figura 3. Maquinado CNC



Fuente: Google. www.maquinasyherramientascnc.blogspot.com. Consulta: junio de 2014.

Las máquinas CNC constan de dos divisiones principales para el trabajo las partes de programación y operación. Las máquinas de control numérico computarizado son utilizadas en trabajos en los que se requiera precisión a una demanda media, debido a que si la demanda es muy baja se necesita de un tiempo de preparación muy alto para el trabajo que se desee realizar; cuando van a realizarse varias piezas con las mismas es menos costoso el uso de una fresadora CNC, en caso contrario, si se requiere una pieza única tiene un precio más cómodo si se fabrica con una fresadora convencional, no solo en cuestiones de tiempo sino también con el personal más capacitado que este lleva y el uso de la máquina en sí.

Figura 4. **Lijadora CNC**



Fuente: Google. www.ferrecatalogo.com. Consulta: junio de 2014.

Usualmente cuando se trabaja directamente con mano de obra, se sabe que siempre se podrá incurrir en el error humano, y que no habrá una precisión al 100 % de repetir una pieza exactamente igual, mientras que en el uso de una máquina CNC, si todas las condiciones se mantienen, siendo estas el archivo de trabajo previamente programado, la herramienta de corte y el material en el que se trabajará, esta podrá reproducir la cantidad de piezas que una persona desee, obteniendo las mismas características finales en cada una de ellas.

1.10.2. Tipos de fresadoras CNC

A lo largo de los años transcurridos desde la primera fresadora con control numérico computarizado CNC se ha ido evolucionando, teniendo una serie de modificaciones en las cuales el aumento de la productividad y la precisión era el punto central de tales modificaciones, con tal de reducir el número de máquinas utilizadas para realizar algunas piezas.

Figura 5. Comparación de fresadoras CNC

Corte de Placas	Proceso de generación de la pieza	Tamaño Mínimo	Tamaño Máximo	Acabado superficial al salir de la máquina	Uso de Tecnología	Colores	Precio Comparativo	Velocidad de fabricación
Corte Láser	Corte de material por medio de rayo láser de alta potencia	anillo	Mesa Comedor	Quemado en el contorno	Prototipos y productos	Multicolor, dependiendo del material	Bajo	Rápido
Corte Water Jet (Corte chorro de agua)	Corte de material por medio de chorro de agua de altísima presión	llavero	Mesa Comedor	Impecable	Productos	Multicolor, dependiendo del material	Medio	Lento
Corte Fresa (Router)	Corte de material con broca metálica	llavero	Mesa Comedor	Astillas menores en madera	Prototipos y productos	Multicolor, dependiendo del material	Bajo	Medio
Corte Plasma	Corte de material por medio de arco eléctrico y de gas en estado de plasma	llavero	Mesa Comedor	Quemado en el contorno	Productos	Color natural del metal	Medio	Medio

Fuente: *Fresadoras*. www.fabricame.com/corte-fresa-router. Consulta: 26 de mayo de 2014.

A continuación se presentan de manera más detallada los principales tipos de fresadoras que utilizan la tecnología CNC:

1.10.2.1. Láser

La maquinaria de corte y grabado láser CNC permiten una gran cantidad de posibilidades de grabado, ya sea en materiales plásticos como textiles, como también en maderas y vidrio. Tiene además un perfecto uso para corte y grabado de acrílico, madera en grosores delgados y textiles no inflamables.

El corte por láser se realiza en dos dimensiones sobre un plano. Se puede cortar una gran variedad de materiales, ya que el corte es generado por una luz que desintegra el material, por lo que la dureza del mismo no representa mayor importancia. El láser va dibujando sobre el material el diseño previamente hecho en algún software de dibujo a base de vectores.

Esta maquinaria se compone de dos partes:

- La mesa de trabajo, compuesta por ejes de acción y carcasa de protección.
- El generador láser, que se puede ordenar en diferentes potencias, según sea la necesidad del comprador.

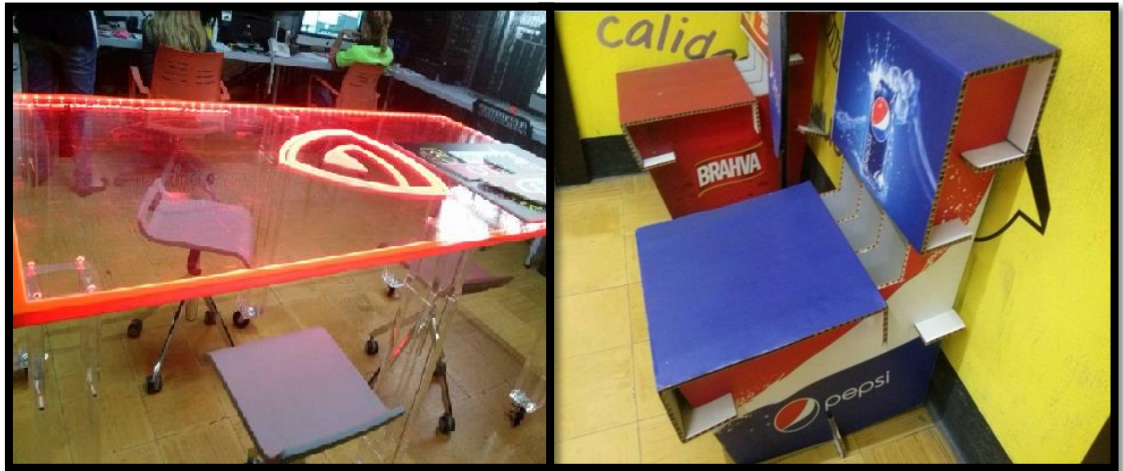
Figura 6. **Fresadora CNC tipo láser**



Fuente: instalaciones de empresa Gravoplexi, S. A.

Este tipo de máquina se acopla perfectamente a trabajar con acrílicos y cartones, trabajo que tiene bastante recurrencia en la empresa Gravoplexi, S. A. teniendo como ejemplo los siguientes productos desarrollados por ellos:

Figura 7. Trabajo realizado por CNC láser



Fuente: instalaciones de empresa Gravoplexi, S. A.

1.10.2.2. Router

El router CNC es una opción muy completa al momento de trabajar tallado, desbastes, mueblería, grabado y rótulos de señalización. Los *routers* pueden trabajar con materiales como madera, melamina, *plywood*, plástico, acrílicos, materiales compuestos como el metalex y el *melicbond*. Incluso pueden cortar láminas delgadas de metales no ferrosos como aluminio, bronce y cobre.

Una de las principales características del *router* es su capacidad de fresado tanto en 2 como en 3 dimensiones: trabajos de volúmenes y relieves diseñados, piezas perfectas con encajes y uniones perfectas para desarrollo de productos, siempre y cuando se posea un software apropiado y un operario capaz y con buen conocimiento del uso de esta maquinaria.

Las partes de esta maquinaria son:

- Fresa
- Mesa de sacrificio
- Cabezal multiangular
- Mordaza giratoria graduada o hidráulica
- Plato universal
- Eje porta fresas
- Visualizador de cotas
- Palpador de medidas

Figura 8. **Fresadora CNC tipo *router***



Fuente: instalaciones de empresa Gravoplexi, S. A.

1.10.2.3. Plasma

Esta tecnología es de las más recientes dentro de la maquinaria de corte, permite un equipo versátil y económico para el corte de cualquier material metálico conductor, especialmente en acero estructural, inoxidable y metales no férricos.

El plasma utiliza como combustible un gas que puede ser el aire de ambiente. Eleva su temperatura de manera localizada a 30 000 °C y lo ioniza para llevarlo al cuarto estado de la materia.

El equipo de corte plasma CNC está compuesto de dos partes:

- El área de trabajo, formada por ejes de acción y mesa de trabajo.
- El generador plasma, el cual se puede ordenar en diferentes marcas, según sea la necesidad y alcance económico de la empresa que lo quiera adquirir.

El oxígeno del aire aumenta la velocidad de corte hasta en un 25 % en relación con el corte convencional por plasma seco, sin embargo, este también conlleva una superficie de corte muy oxidada y una rápida erosión del electrodo que está dentro de la boquilla de corte.

En la siguiente página se observa una fresadora CNC tipo plasma, útil para cortes de metal y planchas de acero:

Figura 9. **Fresadora CNC tipo plasma**



Fuente: instalaciones de empresa Inmepro, S. A.

1.10.2.4. Oxicorte

El oxicorte trabaja de una manera muy similar al corte con plasma, principalmente es usado en metales, ya sea desde planchas, láminas e incluso tubos.

Estas máquinas están formadas de un soporte sobre el que se monta el soplete, de forma que su velocidad de desplazamiento es constante y se mantiene invariablemente a la altura e inclinación adecuadas, lo cual es esencial para obtener cortes limpios y económicos, ya que de otra manera se puede incurrir en errores en el corte, lo cual representaría gastos y pérdidas de material y tiempo.

Usualmente también se controlan las presiones de todos los gases. La mayoría de las máquinas de este tipo de corte incorporan la posibilidad de utilizar también sopletes de plasma, los cuales se montan sobre el soporte de igual forma que los de oxicorte, pero acoplándolos ahora a los distintos gases que requiere el plasma.

Figura 10. **Fresadora CNC tipo oxicorte**

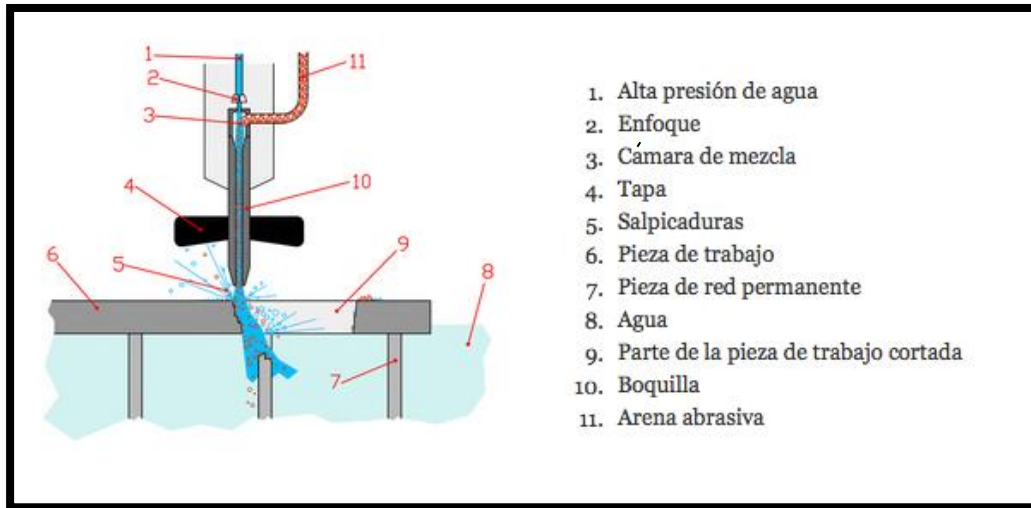


Fuente: instalaciones de empresa Fabricaciones Industriales, S. A.

1.10.2.5. Chorro de agua

Este también puede ser conocido como: hidrocorte CNC, corte *water jet* CNC, *water jet cutter*. Este es una de las técnicas más modernas de corte, el cual involucra agua en una mezcla con un componente corrosivo, y varía según el calibre que se desee cortar. El agua corta por erosión y al no someter los materiales a variaciones de temperatura, no altera las propiedades de cada material. Se logran cortes limpios y de precisión sin necesidad de trabajo adicional en materiales duros como caucho, acero, titanio, carburo de tungsteno, cristal blindado, acero balístico, acero inoxidable, mármol, concreto, cerámica, policarbonato, kevlar, poliuretano, fibras y maderas.

Figura 11. Componentes de las máquinas por chorro de agua



Fuente: fabricame.com/corte-water-jet. Consulta: 26 de mayo de 2014.

2. SITUACIÓN ACTUAL

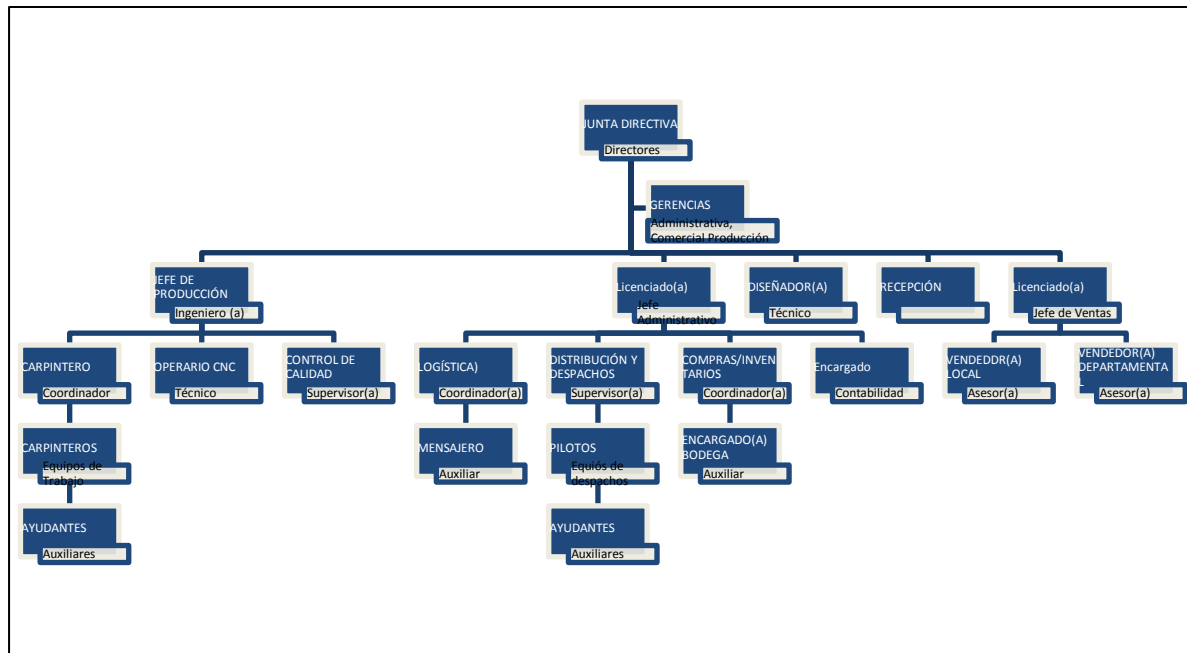
2.1. Situación organizacional

Toda organización o empresa necesitan de personal idóneo para el logro eficiente de sus objetivos, teniendo gran importancia la administración del recurso humano, sobre todo de los procesos iniciales a través de los cuales se atrae, se escoge y adapta el individuo a las organizaciones. Los colaboradores que conforman la empresa de Module, S. A. son tanto de sexo masculino como femenino de edades de 18 a 35 años. Dentro de la empresa siempre se busca que el trabajador se sienta cómodo y satisfecho con los beneficios que se le proporcionan, así también se tienen incentivos internos por parte de la empresa, y no solo los que dictamina la ley.

La estructura organizacional de la empresa ha ido cambiando con la diversificación de funciones que se han desarrollado a lo largo de la trayectoria de Module, S. A., permitiendo estructurar de una manera concisa las funciones y rangos jerárquicos de cada uno de los puestos de trabajo; así también con la ampliación y crecimiento de colaboradores que laboran para la empresa, se adquiere una responsabilidad en conjunto que conlleva al desarrollo sostenible de la misma.

La empresa Module, S. A. espera de sus colaboradores que todas sus acciones sean basadas en sus principios morales y una actitud valiente y luchadora orientada a los intereses de la misma, buscando siempre ser mejores y la satisfacción clara de sus clientes. La calidad de sus trabajos debe identificarlos y atraer cada vez más clientes.

Figura 12. Organigrama empresa Module, S. A.



Fuente: elaboración propia, con base en la observación de la estructura organizacional.

2.2. Estructuración de puestos de trabajo

Las empresas pueden estar conformadas por una diversidad de puestos de trabajos, e incluso pueden tenerlos y no determinar una estructuración correcta de los mismos, no definir los cargos, características y descripciones de estos dentro de un marco organizacional.

Hoy en día es el operario quien se encuentra ligado a la producción de una organización manufacturera como generador de calidad en el control de la misma; cuando esta persona se encuentra en armonía con el medio laboral en el que se desempeña, se puede ver reflejada en la continua mejora y perfección del proceso como parte de la cadena de producción.

La salud y el rendimiento eficaz del operario se ven enfocados por la buena interacción entre el puesto de trabajo y aquellos que laboren en éste, siendo necesario que se manejen las medidas acordes para el desempeño de sus funciones, evitando generar posibles enfermedades que sean producto de posiciones prolongadas y forzadas en situaciones laborales que carecen de las condiciones adecuadas.

La versatilidad del puesto de trabajo deberá cumplir con diferentes parámetros multifuncionales, logrando con ello el mayor rendimiento del área, haciendo que esto ayude a la estandarización que se requiere para una línea de producción, disminuyendo tiempos y obteniendo la prevención de posibles accidentes que puedan ocasionarse durante el proceso con el producto.

En la empresa Module, S. A. se tiene personal de trabajo tanto de sexo masculino como femenino, comprendido en distintas edades. Los puestos de trabajo están distribuidos de la siguiente manera:

- Área Administrativa:
 - Gerente ejecutivo
 - Gerente de Producción
 - Asistente de Gerencia y Recursos Humanos
 - Recepcionista/atención al cliente
 - Contabilidad
 - Asesores de Ventas
 - Diseñador Administrativo

- Área Operativa
 - Ingeniero de planta
 - Encargado de logística, despacho y control de calidad

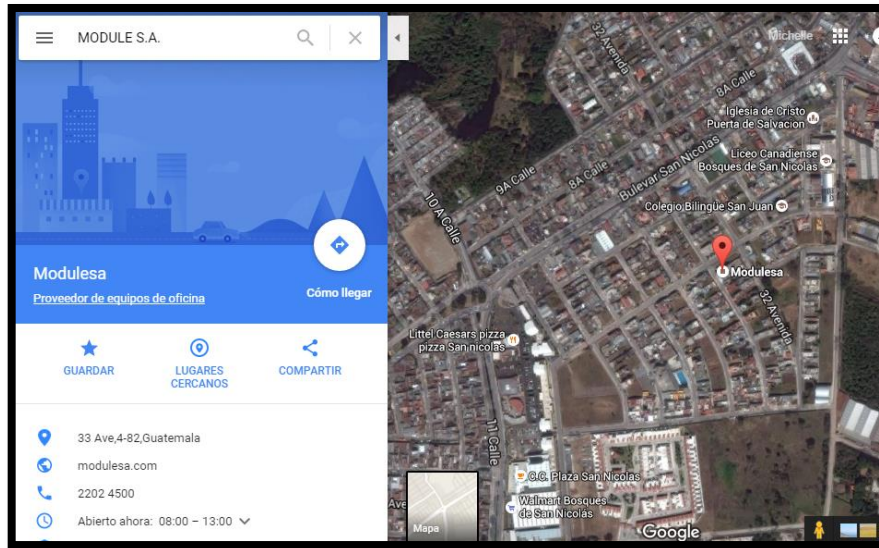
- Divisiones y ambientes (vidrio, tabla-yeso, electricidad)
- Operador de CNC
- Operador de canteadoras
- Carpinteros
- Armadores
- Ayudantes de carpinteros
- Ayudantes de armadores
- Piloto
- Ayudante de piloto
- Encargado de limpieza

2.2.1. Cantidad de puestos de trabajo

La empresa Module, S. A. cuenta con dos instalaciones de trabajo, en las instalaciones administrativas localizadas en la 33 ave. 4-82 z. 4, Col. Bosques de San Nicolás, Mixco; se tiene el área para personal de ventas, Departamento de Diseño, Recepción y Atención al Cliente, Departamento de Contabilidad, limpieza y despachos; en las instalaciones operativas, localizadas en la 21 ave. 5-16, Sector Universitario, Col. Colinas de Minerva z. 11, Mixco, se observa directamente el proceso de producción de los productos que ofrece la empresa, contando actualmente con 7 puestos de trabajo para armado de productos, 3 áreas de corte, 1 área de lijado y 2 áreas de pegado.

En la siguiente página se muestra la ubicación de la empresa Module, S. A. a través de la página electrónica Google Maps:

Figura 13. **Mapa empresa Module, S. A.**



Fuente: Google Maps. www.google.com/maps/place/ModuleS.A/ Consulta: agosto de 2014.

2.2.2. Ergonomía en los puestos de trabajo

Las instalaciones del área administrativa, para uso de funcionalidad de la empresa se han ido adecuando a lo largo del tiempo según sean las necesidades de cada área, aplicando la experiencia que poseen en diseño y estructuración de espacios han establecido su departamento de ventas, el área de diseño y la recepción, acoplando los espacios de manera útil y ergonómica para su equipo administrativo.

En el caso de las instalaciones operativas, estas con el pasar del tiempo y experiencia en la aplicación, se han modificado buscando siempre una expansión interna, reestructuración de espacios y definición de áreas específicas, para lograr una armonía correcta dentro de la planta.

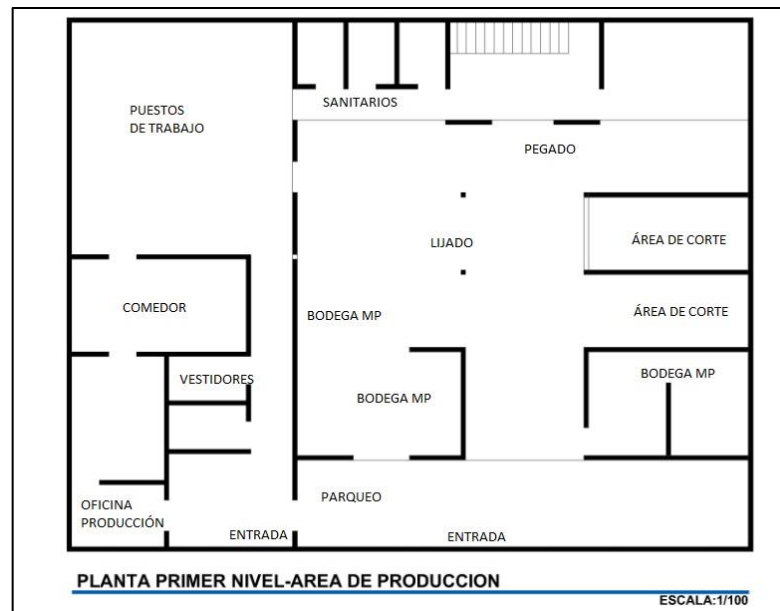
Los puestos de trabajo de armado se encuentran aislados del área de corte y otras, para evitar contaminantes en los mismos, tales como polvo, ruido, aserrín y sobrantes de melamina. Se cuenta con separadores de áreas correctamente identificadas, los cuales ayudan a controlar las emisiones de polvo y aserrín, emitidos especialmente en el área de corte; así también se manejan extractores, para facilitar esta tarea. Las instalaciones están señalizadas, tanto con rótulos de seguridad industrial y definición de áreas, como rutas de paso.

Se han ido adecuando los espacios para materia prima, las áreas de corte y pegado, brindándoles el espacio adecuado para la manipulación de material y maquinaria correctos. Para los puestos trabajo de armado se han creado mesas de trabajo, donde cada carpintero las ha adecuado de acuerdo con sus necesidades, teniendo de manera ordenada todas sus herramientas y cerrajes útiles para su trabajo. La bodega principal de cerrajes se maneja en las áreas administrativas, y se tiene una pequeña bodega en la planta de producción, la cual es abastecida semanalmente según sean los pedidos u órdenes de trabajo.

Las bodegas han sido adecuadas según los cerrajes que manejan, estableciendo espacios separados para cada uno de ellos, los cuales faciliten su almacenamiento y control de inventario.

En la siguiente página se muestra el diseño de la distribución de áreas de la planta de producción de la empresa Module, S. A.

Figura 14. **Planta de producción Module, S. A.**



Fuente: archivos de empresa Module, S. A.

2.3. **Procesos de trabajo**

Como cualquier trabajo, es necesario llevar cierto orden y procedimientos coordinados para lograr la excelencia en sus funciones; los procesos de trabajo dentro de Module, S. A. llevan una secuencia de gran importancia para poder alcanzar las metas de manera eficiente. Secuencia que se ha ido perfeccionando a lo largo del tiempo, dando la oportunidad de proponer mejoras para lograr corregir los posibles errores en que se puedan incurrir.

Cada miembro del equipo es una pieza fundamental para que todo el proceso se logre llevar a cabo de la mejor manera posible, aportando todos sus conocimientos y cualidades, realizando un trabajo de excelencia.

A continuación se presenta cada una de las fases de las que está compuesto el proceso de trabajo de Module, S. A.

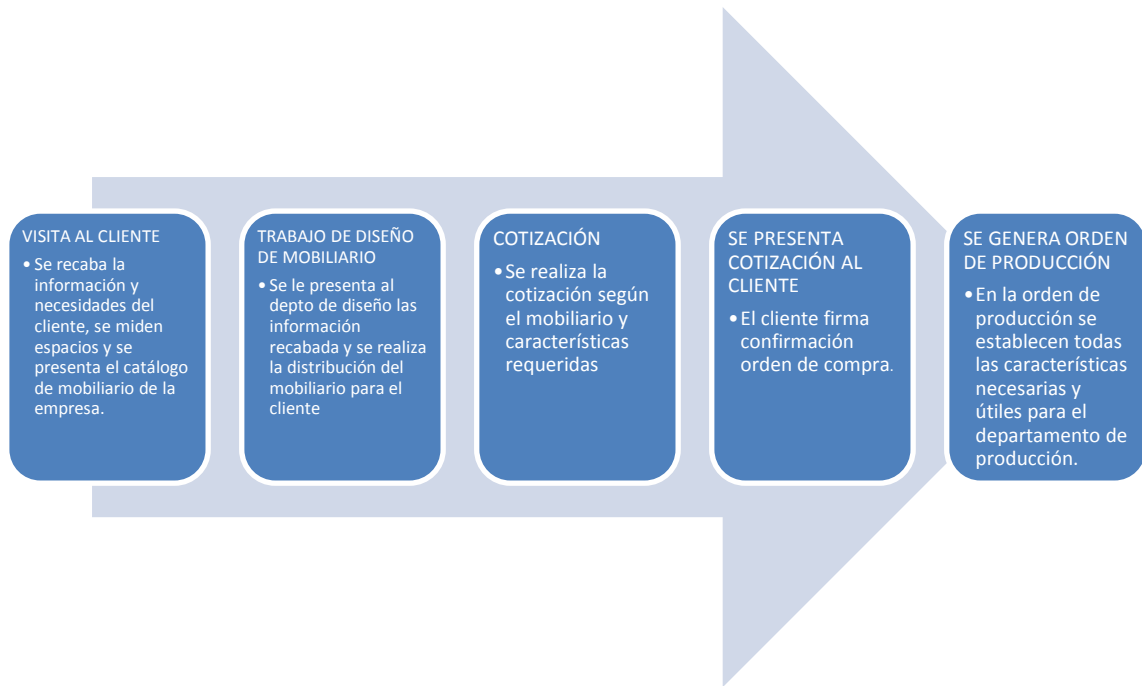
2.3.1. Cotizaciones

El proceso de cotizaciones se desarrolla a través de los asesores de ventas, quienes hacen visitas a sus clientes y recaban toda la información necesaria que abarque cubrir todas las necesidades que estos tengan; les presentan el catálogo de diseños con el que cuenta la empresa, los cuales van muy ligados con el proceso de diseño, ya que cuando se tiene toda la información se procede a plasmar en diseños asistidos por computadora los planos del mobiliario que el cliente requiera, situándolos en un espacio simulado para mostrarle al cliente la proyección del producto que solicitan; en el proceso de cotización se plasman los costos, características del producto y el tiempo de entrega propuesto para el cliente.

El diseño propuesto se le presenta al cliente, ya con cada una de las características solicitadas, que van desde las medidas, hasta los colores y diseños del mobiliario, cuando el cliente acepta dicha propuesta y cotización, se procede a iniciar las órdenes de producción y a ingresar la papelería de órdenes de compra y manufactura.

En la siguiente página se muestra de manera lineal el proceso de cotizaciones dentro de la empresa Module, S. A.

Figura 15. **Proceso de cotizaciones**



Fuente: elaboración propia, utilizando el programa de *SmartArt* de Microsoft Word.

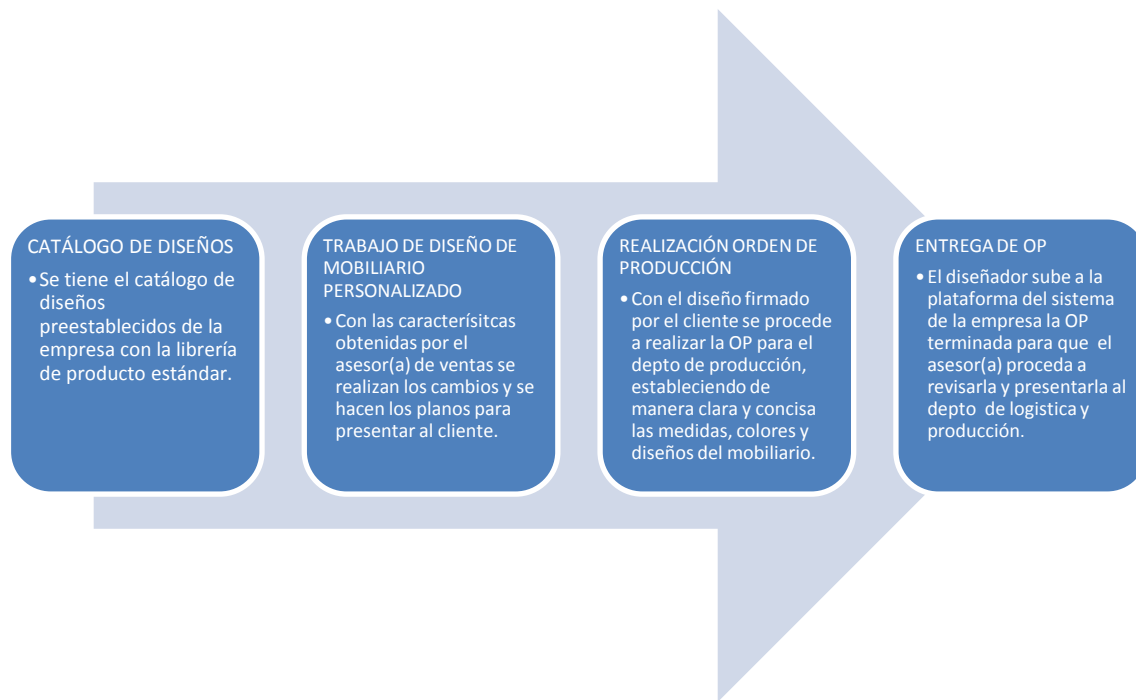
2.3.2. **Diseño**

Se tiene un catálogo con diseños preestablecidos el cual se le muestra al cliente y este elige el que le guste, si desea cambios los señala y el diseñador los realiza, indicando las dimensiones, colores y otros factores relacionados con el proceso de fabricación; actualmente cuentan con 2 asesores en diseño, quienes lo realizan a través de su experiencia, buscan optimizar los espacios y las características del mobiliario solicitado, según el espacio donde el cliente quiere colocarlos.

Este proceso es clave, ya que es la conexión entre lo que el cliente quiere y lo que se mandará como orden de producción para fabricación; se deben

establecer de manera clara y legible cada una de las cotas, colores, y diseños del mobiliario, para que los carpinteros puedan realizar el trabajo de la mejor y más precisa manera posible.

Figura 16. **Proceso de diseño**



Fuente: elaboración propia, utilizando el programa de *SmartArt* de Microsoft Word.

2.3.3. Producción

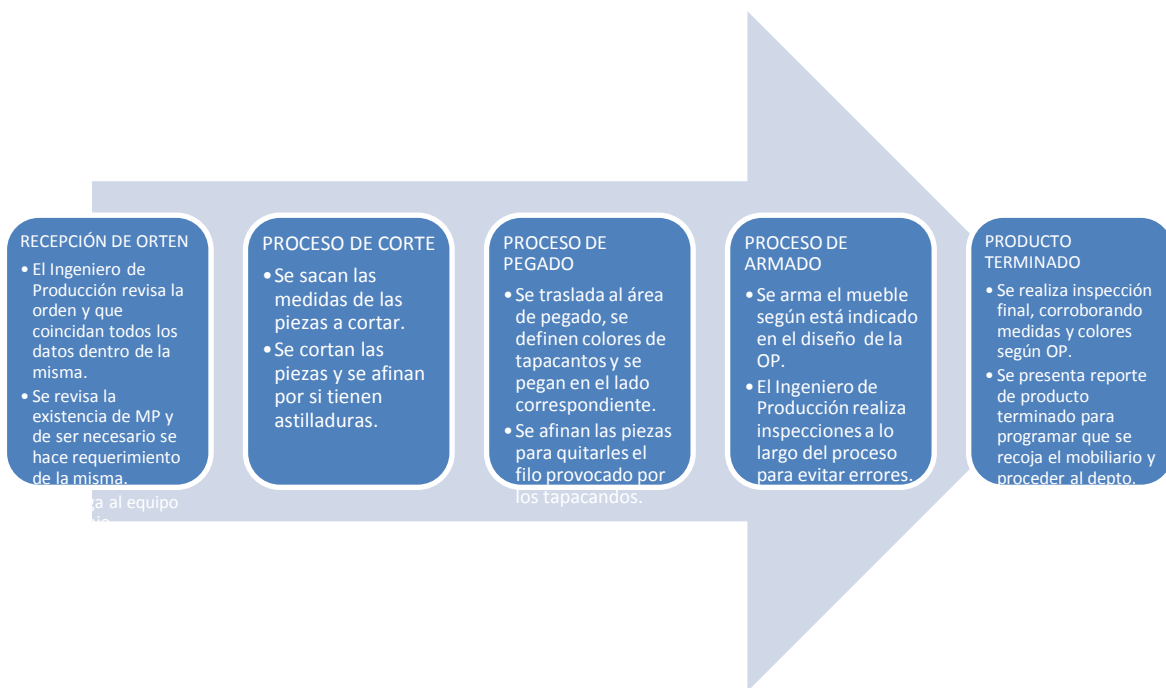
La planta de producción actualmente se encuentra en instalaciones diferentes al área administrativa y de despachos, ya que por cuestiones de espacio y trabajo se buscó una expansión, llevándolos a separar las instalaciones; dicha planta se ha ido adaptando a lo largo del tiempo de acuerdo con las necesidades de la empresa.

Actualmente el proceso de producción sigue la siguiente forma de trabajo:

- El ingeniero de planta recibe la orden de producción, la revisa para ver que lleve todas las medidas y características principales detalladas, y verifica si cuadran las fechas de entrega.
- Se revisan inventarios de materia prima para corroborar que se cuente con el material necesario para cumplir con dicha orden.
- En caso de ser necesario se revisa con la persona encargada de compras de materia prima para hacer requerimiento de material.
- Se procede a asignarle a un equipo de trabajo la orden, conociendo las características y cualidades de cada uno; el ingeniero de planta asigna el trabajo a quienes considere más conveniente.
- El equipo de trabajo procede a sacar medidas de todas y cada una de las piezas que debe cortar.
- Inicia proceso de corte; usualmente se turnan cuando hay mucha carga de trabajo, así también se decide cuál pedido puede ser prioridad de acuerdo con fechas de entrega o pedidos de emergencia.
- Luego del proceso de corte se sigue el de lijado y refinado de piezas.
- Cuando ya se tienen listas se procede al pegado de cantos; estos son de acuerdo con especificaciones dadas en la orden de producción.

- Al tener las piezas con cantos pegados se repasan los sobrantes del filete y se le quitan filos.
- Cuando todas las piezas están listas se procede al armado.
- Al tener armado el producto pasa por una inspección final por parte del ingeniero de planta, donde se corrobora por última vez en planta que todo siga de acuerdo con la orden de producción.
- Al tener el producto terminado y revisado, el ingeniero de planta avisa al equipo de limpieza y control de calidad para que se recoja el producto y pase con ellos.

Figura 17. **Proceso de producción**



Fuente: elaboración propia, utilizando el programa de *SmartArt* de Microsoft Word.

2.3.4. Control de calidad y despachos

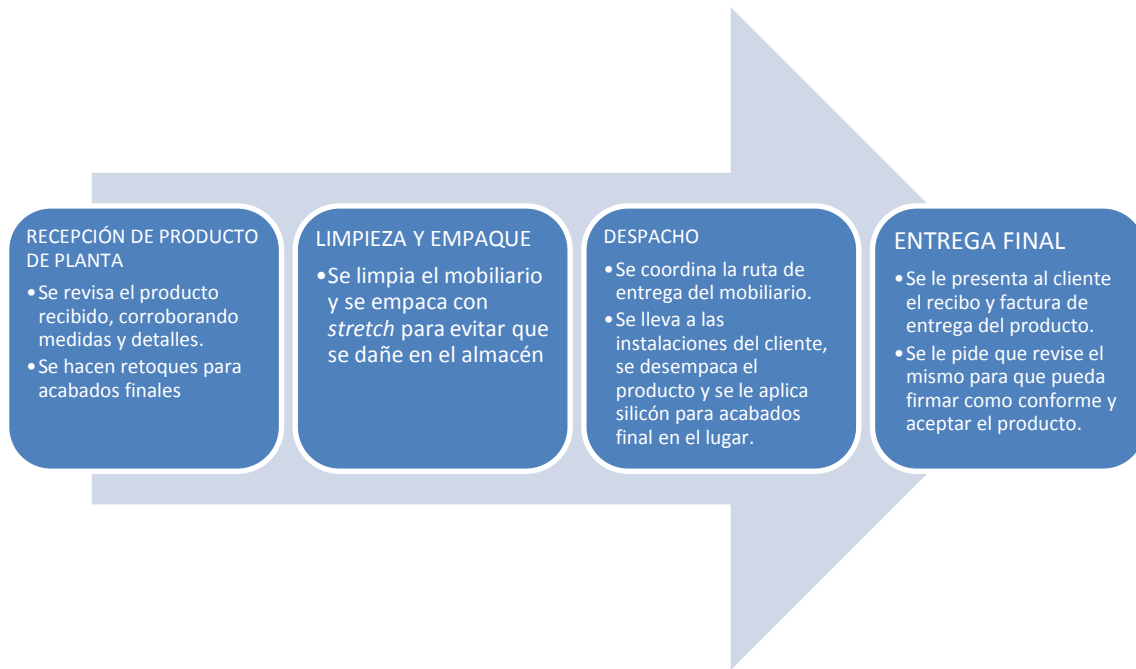
El personal responsable de control de calidad recibe el producto enviado desde la planta de producción, pasando por una inspección final donde se revisan los detalles de acabado y medidas precisas según órdenes de compra hechas por el cliente. Sobre este mismo equipo recae la responsabilidad de limpieza y empaque, donde previo a colocar el empaque final del producto se colocan las calcomanías de garantía que la empresa ofrece a sus clientes, marcando la fecha de salida del producto.

La coordinación de ruta de despacho se realiza en conjunto, entre el encargado de despachos y la asistente de Gerencia, quienes cada día organizan los equipos de trabajo que procederán a entregar el producto que se tiene listo para entrega. En la actualidad cuentan con 3 camiones de despachos, y con 3 equipos, formados por 1 piloto y 1 ayudante cada uno.

Para una correcta coordinación de ruta se necesita el apoyo del asesor/a de ventas responsable, ya que en muchas ocasiones es necesario tener la aprobación del cliente para recibir el producto, coordinando posibles horas de entrada y salida de camiones dentro de sus instalaciones; así también se busca organizar rutas que abarquen una línea de tránsito similar, para que pueda ser efectuada de manera eficiente.

En la siguiente página se muestra de manera lineal el proceso de control de calidad y despachos dentro de la empresa Module, S. A:

Figura 18. **Proceso de control de calidad y despachos**



Fuente: elaboración propia, utilizando el programa de *SmartArt* de Microsoft Word.

2.3.4.1. Materia prima

Cabe destacar que dentro de la empresa Module, S. A. la materia prima directa es la melamina, la cual es un tablero de aglomerado de partículas, cubierto en ambas caras por un papel decorativo de resinas melamínicas, que hace que tenga una superficie completamente cerrada, sin poros, dura y resistente a desgastes superficiales.

Este es un producto que no necesita de trabajo adicional de terminación o acabados, lo que permite hacer más eficiente el desarrollo de los proyectos donde se utiliza este material.

Figura 19. **Muestra de melamina de diferentes colores**



Fuente: Masisa, empresa productora de tableros.

Para el corte de la melamina, se recomienda utilizar hojas de sierra con dientes de tungsteno. Cuando se tiene o utiliza una sierra circular se recomienda además que tenga un disco incisor, el cual funciona como guía y permite que ambas caras de la melamina sean cortadas sin dejar astilladuras. Es necesario que las máquinas que se utilicen estén perfectamente ancladas al piso, ya que la vibración que éstas emiten puede ocasionar accidentes y también que ésta sea transmitida a la plancha de melamina y haga que queden astilladuras o se resbale el material.

En la siguiente página se muestra una tabla con las características y propiedades físicas de la melamina, de las cuales cabe mencionar que los espesores más usados en la empresa Module, S. A. son los de 15 y 25 mm.

Tabla II. **Características y propiedades físicas de la melamina**

Características fisicomecánicas				
Espesor	Densidad	Peso	Flexión	Tracción
mm	Kg/m ³	Kg/m ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²
9	750	6.8	180 ± 25	5.0 ± 1.2
15	670	10.1	180 ± 25	5.0 ± 1.5
18	650	11.7	170 ± 25	5.0 ± 1.5
25	610	14.64	160 ± 25	4.5 ± 1.2

Fuente: elaboración propia, con datos proporcionados por Masisa.

2.4. Maquinaria de corte

Con las necesidades cambiantes de hoy en día, es necesario mantener una maquinaria con tecnología de punta, que facilite el trabajo y proporcione acabados finos y precisos. Está de más decir que a pesar que la adquisición de una máquina nueva puede representar una gran inversión para una empresa, esta proporcionará una ayuda y realce al trabajo que se realice en la empresa, siempre y cuando se adquiera una máquina que pueda suplir las necesidades y que se pueda aprovechar lo más que se pueda.

La maquinaria de corte que posee actualmente Module, S. A. se ha adquirido poco a poco a lo largo de sus años de trabajo, con las expansiones y el crecimiento de la empresa se ha buscado la manera de adquirir maquinaria acorde a las cargas de trabajo que manejan.

Cada una de las herramientas y máquinas de corte que se tienen en Module, S. A. se utiliza según sea necesario, conociendo las características que

cada una posee y los acabados que dejan en los tipos de cortes que se deseen realizar.

Entre la maquinaria de corte con la que cuenta Module, S. A. se puede mencionar:

- Sierra vertical “*Holz-Her 1203*”
- Sierra vertical “*Putsch-Meniconi SVP-125*”
- Sierra de banco “*MJ10250D*”
- Sierra caladora “*Bosch*”
- Taladro de prensa “*Black Bull Tool*”

2.4.1. Características

- Sierras verticales: existen diferentes tipos de sierras, pero el manejo y aplicación tiene la misma finalidad; dependiendo de sus características, el operario manipula de forma directa ya sea el material, o bien controla el motor o *router* de la sierra. La sierra está constituida por un motor en el cual va acoplado directamente el disco de corte, una base que es el apoyo de la sierra y una manija o manivela para su agarre. Como medida de seguridad y para resguardar la integridad física del operario, las sierras usualmente llevan un protector telescópico accionado por un soporte que descubre la hoja a medida que esta penetra en el material que se esté cortando; dicho protector cubre nuevamente los dientes una vez se ha terminado el trabajo de corte.

Figura 20. **Sierra industrial vertical**

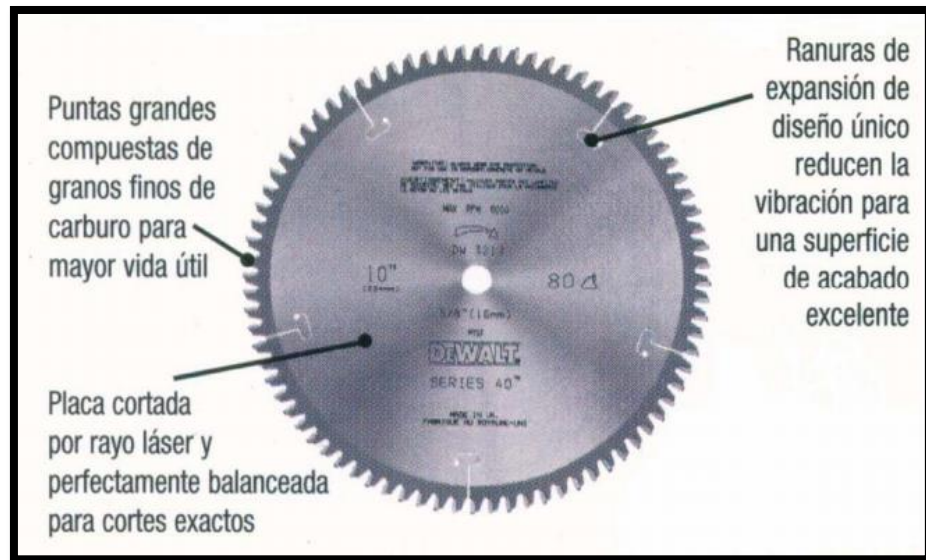


Fuente: instalaciones de empresa Module, S. A.

Así también es muy importante la selección del disco adecuado para corte de las planchas de melamina, ya que del mismo depende la precisión en el acabado que va dejando en las orillas por donde pasa. Cabe mencionar que la calidad en el corte depende de los siguientes detalles:

- Utilizar discos que tengan entre 24 a 80 dientes.
- Que el equipo y maquinaria que se utiliza de alta revolución, es decir, sierras cuya revolución oscile arriba de las 3 400 rpm.
- Que el disco en general se encuentre limpio de óxido, o astilladuras causadas por cortes anteriores.

Figura 21. Características de un disco de tungsteno para sierra



Fuente: Catálogo de herramientas DeWalt.

www.dewalt.com.mx/productos/cata/listTipoCate.asp?tipocodi=ACES. Consulta: junio de 2014.

- Caladora o segueta: las caladoras son utilizadas para hacer cortes que requieran cierto diseño o curva, donde se realiza el trazo que se desea cortar sobre la pieza y luego se manipula la segueta para darle forma al corte. Lo más recomendable es que las sierras que se utilicen sean de alto rendimiento (HCS) de acero de alto contenido de carburo, lo cual brindará mayor calidad en el corte y durabilidad en las seguetas. En la siguiente página se muestra la imagen de una sierra caladora de marca DeWalt:

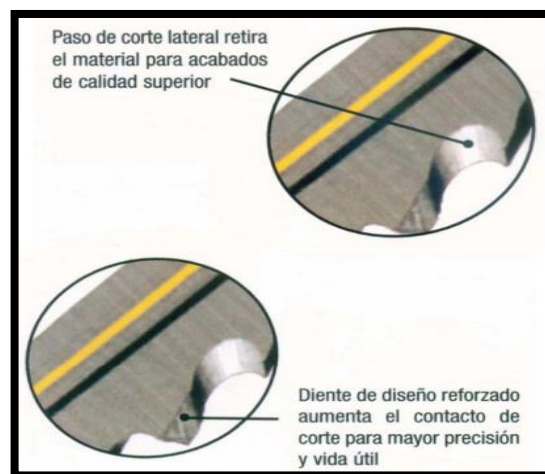
Figura 22. **Caladora marca DeWalt**



Fuente: Catálogo de herramientas DeWalt.

www.dewalt.com.mx/productos/cata/listTipoCate.asp?tipocodi=ACES. Consulta: junio de 2014.

Figura 23. **Características de dientes de sierra para caladora**



Fuente: Catálogo de herramientas DeWalt.

www.dewalt.com.mx/productos/cata/listTipoCate.asp?tipocodi=ACES. Consulta: junio de 2014.

- Sierra de banco: este tipo de sierras son muy utilizadas en los talleres para cortes pequeños, ya que por sus dimensiones, no se pueden manipular piezas de gran tamaño. Acá lo que se manipula es el material, por lo que se debe tener extremo cuidado; al estar cortando, el operario debe estar concentrado en lo que hace, ya que un mal movimiento puede ocasionar un accidente grave.

Figura 24. **Sierra industrial de banco**



Fuente: Google. www.dis.uia.mx/taller_industrial/blog/?grid_products=sierra-circular-de-14%C2%A8-marca-omil. Consulta: junio de 2014.

2.4.2. Plan de mantenimiento

Actualmente la empresa no cuenta con un plan de mantenimiento establecido. Solamente se le da un mantenimiento diario por parte de los mismos carpinteros, donde se lubrican las piezas, se limpian las bombas

Se llevan hojas de control en cada máquina, donde se documentan los chequeos diarios de las mismas, así también cualquier tipo de situación inusual en que se pueda incurrir.

Siempre es necesario que para cualquier tipo de maquinaria se maneje un plan de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, para evitar incurrir en daños que pueden llegar a ser irreversibles para las máquinas.

Cuando las máquinas no poseen el mantenimiento adecuado, se pueden llegar a tener, tanto desperfectos mecánicos como malos acabados en las piezas cortadas, o incluso riesgos a la integridad física de sus operarios.

2.4.3. Operarios de maquinaria de corte

Según información recabada con el ingeniero de planta de la empresa, actualmente no cuentan con una sola persona destinada a corte de todas las órdenes; se intentó por un tiempo probar esta metodología, donde una sola persona con su ayudante recibían cada orden, sacaban listado de piezas a cortar con medidas y acabados y luego procedían a cortarlas, entregando después a los carpinteros responsables del armado; pero dicha metodología caía en retrasos y mucho tiempo muerto cuando los carpinteros terminaban las órdenes que se les había entregado, razón por la cual se procedió a regresar a la forma de corte anterior, donde cada equipo de trabajo recibía su orden de producción y ellos mismos realizaban los cortes de su material para armado.

Lo anterior ayuda a que se puedan ir turnando y cortando cada uno su propio material, cayendo en un mejor orden y en un mejor control de las piezas trabajadas; en casos donde la carga de trabajo es alta y varios grupos necesitan realizar cortes, se pueden ir turnando y mientras que unos cortan

piezas principales para su armado, pueden dejar las que no son tan importantes para después y de esta manera dejar que otro grupo también corte lo que necesite, cayendo en un proceso de corte constante y sin tiempos muertos.

2.4.4. Perfil

Edad:	entre 22 y 40 años.
Estado Civil:	indiferente
Domicilio:	indiferente.
Vehículo:	no es necesario, siempre que tenga la posibilidad de cumplir con la llegada y salida según horarios de la empresa.
Experiencia:	en carpintería, al menos 3 años para carpintero y 1 para ayudante.
Capacidades:	manejo de maquinaria de corte, tanto sierras como <i>routers</i> , caladores, etc.

2.4.5. Características

Habilidades:	manual, atención a detalles, concentración, trabajo fino y minucioso.
Capacidades:	seguir indicaciones y órdenes de superiores, trabajo en equipo, capacidad analítica y de razonamiento.
Seguridad Industrial:	uso del equipo de seguridad en todo momento.
Conocimientos:	carpintería general, corte, lijado y armado, sistemas de medición, interpretación de planos, descuentos de piezas y medidas al cortar.

Una de las características fundamentales de los operarios de maquinarias de corte es que conozcan con precisión el proceso de descuentos y definiciones de medidas de corte de los muebles; para saber esto tienen que ser expertos en el área de armado, ya que conocerán cuál es la forma óptima para cortar las piezas y que de esta manera se facilite, al momento de ensamblar el producto. Se debe tener la responsabilidad de entregar piezas limpias, sin astilladuras y a escuadra, para que al momento de pasar al área de pegado no se deba hacer ningún reproceso y no se pierda tiempo en estar redefiniendo las piezas para poder colocarles filete en las pegadoras industriales que se posean.

Teniendo en cuenta que en la empresa Module, S. A. se trabajan muebles personalizados, hechos a la medida y gustos del cliente; se sabe que se trabajarán muebles hasta cierto punto estándares, pero con variantes en colores y medidas, por lo cual se tendrá que tener la capacidad analítica y lógica para realizar los cortes requeridos de materiales, tanto en melaminas, cartón piedra, aglomerados, fórmicas y lo que se solicite.

3. PROPUESTA

3.1. Características de una fresadora CNC

Hoy en día con la evolución de estas máquinas se puede lograr una infinidad de piezas y acabados, considerando que cada máquina puede ser distinta, acoplándola según las necesidades y requerimientos de los clientes. Estas trabajan con 3 ejes, “X”, para el movimiento longitudinal sobre la mesa, “Y” para el movimiento transversal, y “Z” para el movimiento vertical, el cual determina la profundidad de corte; así también se tiene la opción de adaptar un cuarto eje, para piezas cilíndricas, y aun así con la evolución y avances tecnológicos de esta máquina, ya se pueden encontrar con 5 ejes, los cuales pueden crear piezas completas en 3D.

Figura 28. **Fresadora CNC tipo *router***



Fuente: Maquinaria de Mecano CNC tipo M1.

www.mekanocnc.com/Mekano_CNC_Guatemala/Maquinas.html. Consulta: septiembre de 2014.

En una fresadora CNC, una computadora controla la posición y velocidad de los motores que hacen funcionar los ejes de la máquina. Esto permite que se puedan hacer movimientos que de forma manual se complicarían y tomarían mucho más tiempo, tales como: círculos, líneas diagonales y figuras complejas tridimensionales. Las máquinas CNC son capaces de mover la herramienta al mismo tiempo en los tres ejes, y de esta manera obtener trayectorias tridimensionales como las que se requieren para el maquinado de complejos moldes y troqueles.

Algunas fresadoras CNC tienen una computadora que controla, maneja y determina el movimiento del carro o brazo y el husillo sobre la mesa donde se colocan las planchas para corte. Una vez programada la máquina, esta ejecuta todas las operaciones por sí sola, sin necesidad de que el operador esté manejándola, aunque requiere de una persona que esté supervisando los cortes que realiza, observando cualquier movimiento que pueda causar un error en el corte, o bien observando si no hay alguna pieza u objeto que pueda obstruir los movimientos del brazo y el husillo.

Cuando se automatiza un proceso se obtienen grandes ventajas para los mismos, tales como:

- Se integran varios aspectos de las operaciones de fabricación con la finalidad de mejorar la calidad y uniformidad de los productos, reducir tiempos del ciclo y disminuir los costos.
- Optimizar la productividad reduciendo los costos de manufacturación, mejorando el control de la producción. Las máquinas son usadas de una manera más efectiva y la producción se organiza más eficientemente.

- Mejorar la calidad empleando procesos que pueden repetirse en grandes volúmenes.
- Reducir inconvenientes con los operarios, como tiempos de ocio, aburrimiento y posibilidades de errores humanos, las cuales equivalen a una gran parte de los errores obtenidos en producto terminado, donde influye la mano de obra directa en su proceso productivo.
- Tener un mejor nivel de seguridad para el personal, especialmente cuando se trabaja con maquinaria de corte, ya sea que se manipule la herramienta o la pieza.
- Aprovechar el espacio físico en la planta de manufactura, distribuyendo de manera ergonómica las máquinas, la bodega de materia prima para corte y organizar el equipamiento de una manera más eficiente.
- Tener la precisión para trabajar algún diseño específico, que al hacerlo de manera manual sería imposible o bien tomaría demasiado tiempo ejecutarlo.
- Contar con la seguridad de poder realizar un proceso, ya sea 1, 20 o 100 veces, obteniendo el mismo resultado, según la precisión del diseño y la ejecución, sabiendo que la máquina siempre seguirá el mismo procedimiento definido en la trayectoria y plantilla de corte realizada, sin ninguna variación entre la primera y última pieza cortada.

3.2. Propuesta de elección de fresadora CNC para empresa manufacturera de muebles

Para cada industria siempre varían las características y especificaciones requeridas en cada máquina; en el caso de la industria manufacturera de muebles hay varias piezas: herramental y equipo necesarios para su eficiencia en el trabajo. Por ejemplo, se sabe que se colocarán planchas de melamina, por lo que se debe pensar en algo que las sostenga sobre la mesa de corte; también se tiene que, al momento del corte, la melamina o material generará desperdicio hecho viruta o aserrín, por lo que será necesario contar con un extractor que logre succionar la mayor parte del mismo, para evitar que se generen piezas que puedan obstruir la trayectoria de corte.

Algo muy útil es que, dado que se pueden realizar cortes distintos, e innovación en piezas, se tengan herramientas o brocas de corte de distintas medidas y formas, para tener una variedad en opciones de acabados, por lo que es necesario tener varios conos o mandriles que sostengan las brocas, en caso sea necesario cambiar de tipo de broca en el mismo corte. Es importante también que la máquina cuente con un panel de control o computadora donde se puedan manipular e ingresar códigos y programas para corte.

Dicho lo anterior, cabe mencionar las características importantes para la máquina requerida:

3.2.1. Bomba de vacío

Esta es de gran utilidad para poder sostener las planchas que servirán para corte, manteniéndolas fijas, tanto las piezas cortadas como los sobrantes de la plancha. Si las piezas se mueven al momento del corte, podrían obstruir la

trayectoria del husillo y ocasionar errores en el corte, que alguna pieza dañe el husillo o incluso accidentes con el operario. Para que la bomba de vacío funcione correctamente no debe tener fugas, y trabajar con un caballaje adecuado, ya que mientras mayor sea, tendrá mayor succión, disminuyendo los espacios entre la mesa de sacrificio y las planchas de melamina.

Muchas veces las planchas de melamina vienen pandeadas desde la descarga cuando las entregan los proveedores, lo cual al momento de colocarlas sobre la mesa de sacrificio crea un espacio entre la misma, haciendo que la bomba de vacío no logre succionar toda la superficie de la plancha; con las planchas de 5/8" suele darse más este problema, y por ser tan delgadas se tiene un mayor riesgo a que las piezas se muevan al momento de realizar el corte, por la misma fuerza que lleva el *router* de la máquina.

Figura 29. **Bomba de vacío para CNC**



Fuente: Google es.aliexpress.com. Consulta: septiembre de 2015.

3.2.2. **Extractor de polvo**

La finalidad de este es succionar el desperdicio y viruta que se genera al momento de realizar el corte, evitando que quede muy contaminada la

trayectoria establecida. Muchas veces se piensa que no es de utilidad, ya que al observar el corte, el polvo que este succiona no es al 100 %; pero se debe analizar que así como va extrayendo el polvo, la máquina sigue generando más según la trayectoria; sin embargo cuando el extractor está en las condiciones adecuadas, teniendo las mangueras sin fugas y un motor en buen estado, logra limpiar de manera adecuada, según el mismo movimiento que hace el brazo con el husillo.

Este ayuda a que sea menor la cantidad de viruta o aserrín que se pueda generar al momento de corte, facilitando el proceso de limpieza entre cada plancha a cortar. Otro beneficio de este es que mantendrá en mejores condiciones el área donde se encuentre la máquina, previniendo la contaminación del aire y el suelo, ya que estará succionando una buena parte de polvillo y aserrín, ayudando a que el operario no inhale dichos contaminantes.

Figura 30. **Extractor de polvo**



Fuente: Google. www.amxmachinery.com. Consulta: septiembre de 2015.

3.2.3. Cambiador de herramienta

Este puede hacerse de forma manual o automática; el requerir un cambiador de forma automática aumenta el valor y precio de la máquina, considerando que puede ser de 4, 6 o hasta 8 herramientas de corte. Cabe considerar que el cambiador automático requiere que esté conectada la manguera de aire todo el tiempo con la presión requerida, razón por la cual se necesita que el aire sea libre de agua y contaminantes, ya que estos crean oxidación dentro del *router* y husillo de la máquina.

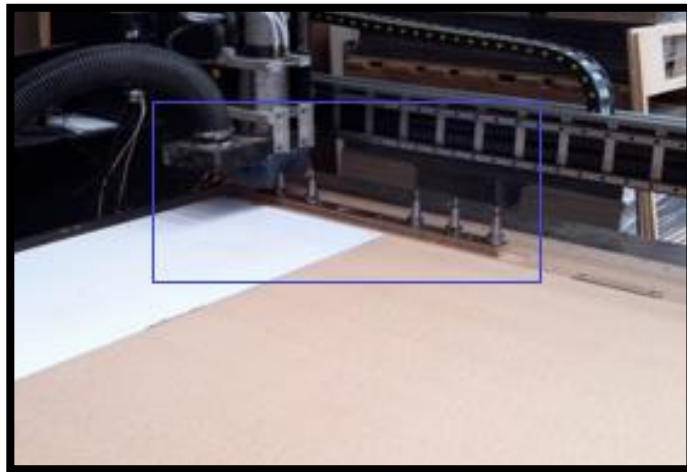
El hecho de tener el cambiador automático permitirá que, en el caso de que en un mismo corte se necesiten dos o más herramientas o brocas de corte, estas sean tomadas por la máquina automáticamente durante el mismo sin tener que hacer archivos distintos, optimizando el tiempo y velocidad de corte de la máquina.

Las posiciones del herramental están previamente establecidas y configuradas en una ubicación sobre la mesa de la máquina; teniendo en cuenta que esta trabaja bajo coordenadas, es importante tener siempre muy en claro la posición correcta de cada herramental requerido, ya que si se coloca una broca de corte en la posición incorrecta, la máquina solamente tomará el herramental que esté en la posición previamente indicada y realizará el corte, ocasionando que este pueda ser el incorrecto y teniendo un corte defectuoso.

Considerar que el tener conectada la manguera con aire, esta siempre debe estar a la presión requerida por la máquina, la cual oscila entre 95 y 105 psi; si se tiene una baja de presión o falla en el compresor que la administra, podría provocar un error o paro automático de la máquina, poniendo en riesgo las piezas que se están cortando, la broca o bien el *router* de la máquina.

En la siguiente figura se muestra la imagen de la localización del cambiador automático de herramientas para una fresadora M3 de la empresa Mecano CNC:

Figura 31. **Representación de diferentes herramientas para CNC**



Fuente: empresa Mecano CNC *router* tipo M3

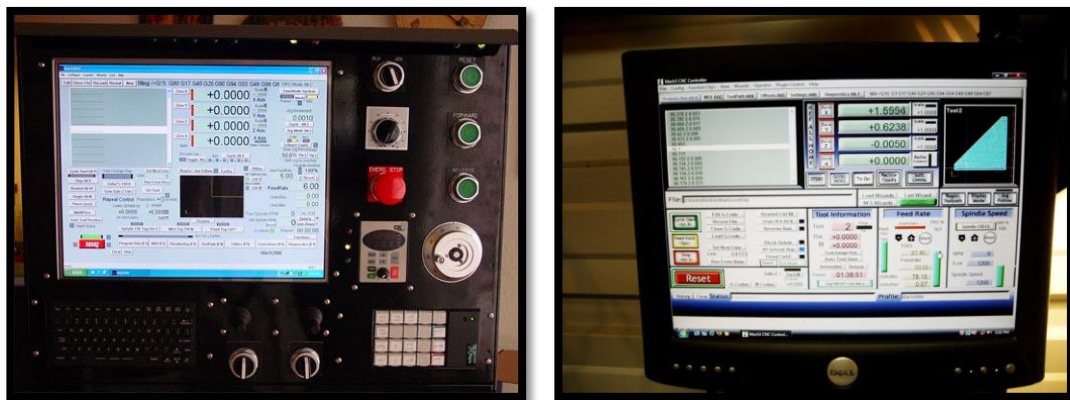
www.mekanocnc.com/Mekano_CNC_Guatemala/Maquinas.html Consulta: septiembre de 2014.

3.2.4. Computadora o panel de control

Ya sea que se adquiera una computadora o un panel de control, ambas servirán para la selección de código de corte; al tener la computadora, se tiene la ventaja de poder utilizar la misma para otras funciones, sin embargo es necesario considerar que puede haber conflictos internos dentro de la máquina si existen programas que estén ejecutándose al mismo tiempo que se tiene conectada y encendida la máquina CNC. El panel de control ayuda a que este únicamente esté conectado para la fresadora y de esta manera no interfiera con su utilización.

Los archivos de corte son trasladados a través de una memoria USB o tarjetas y discos duros extraíbles. Si se tiene una computadora, se tiene que tener en un espacio donde no se contamine con el polvillo o aserrín expulsado por la máquina al momento de cortar, y se le debe hacer una limpieza interna semanal, eliminando con aire todo el polvillo que pudo haber entrado dentro del CPU. Así también es recomendable mantenerle programas de antivirus para que en caso de que se utilicen memorias USB o discos duros extraíbles, esta esté siempre protegida, sin riesgo de perder las configuraciones necesarias para el funcionamiento de la fresadora CNC.

Figura 32. **Panel de control y computadora para CNC**



Fuente: Google. www.miliamperios.com. Consulta: septiembre de 2015.

3.2.5. **Programas o softwares**

Para el desempeño y trabajo con una fresadora CNC se involucran programas que estén relacionados con el diseño de la pieza, el manejo y creación de las trayectorias de corte, y por último, el programa con el que trabaje y reconozca el código G de la máquina adquirida.

Se puede considerar que hay una gran diversidad de *softwares* que pueden realizar hasta las 3 aplicaciones dentro de los mismos, o bien conseguir *otros* que trabajen de manera individual; esto dependerá de la capacidad económica que tenga la empresa para adquirir las licencias de los mismos.

El programa de diseño de las piezas de corte que se realizan dentro de la empresa dependerá mucho de las características que estas tengan; en una empresa manufacturera de muebles para oficina, el programa AutoCAD se adapta fácilmente a sus necesidades, permitiéndoles diseñar desde los planos y distribuciones de áreas, como los mismos muebles que se pueden ofrecer, por lo que facilita que a través de este se puedan diseñar los *tops* o piezas que se desean cortar.

En el programa de diseño de trayectorias se encuentra uno llamado DelCAM, ArtCAM, el cual es conocido por su facilidad de manejo y tutoriales; esto ayuda en gran manera a los operarios.

Este *software* tiene una variedad de versiones, como ArtCAM Insignia, el cual es excelente para realizar cortes de piezas, las cuales puedan luego ensamblarse formando un 4D; también funciona muy bien para trabajar con tornos para un cuarto eje, ArtCAM Express, el cual es muy práctico para trabajar diseños de trayectorias en 2D y 3D de manera fácil y rápida.

ArtCAM Pro permite transformar diseños que se encuentran en formatos 2D y convertirlos a modelos en 3D; ArtCAM JewelSmith funciona de una manera muy eficiente para el diseño y manejo de trayectorias para la industria de la joyería.

Existe un programa llamado RhinoCAM el cual involucra los procesos de diseño y determinación de trayectorias, haciendo que esta parte del trabajo sea más simple, ya que a medida que se van diseñando las piezas, automáticamente se van delimitando las trayectorias de corte; por obvias razones, el costo de esta licencia es más elevado que los demás softwares; otro similar a este es Enroute, teniendo características similares al RhinoCAM, pero con un precio un poco más accesible al mercado.

Por último, el software relacionado con el trabajo de la máquina dependerá mucho de las características de la misma, ya que puede ser Match2, Match3, entre otros; esto se refiere al tipo de motor de trabajo que poseerá la máquina; este se encarga de codificar el Código G que recibe a través del programa de diseño de trayectorias, el cual se basa en los ejes X, Y Z, o bien, si se tiene un cuarto eje, también mandará las coordenadas, basándose esencialmente en puntos dentro de un plano, los cuales se reconocen sobre la mesa de corte y de esta manera se trazan los diseños según la posición reflejada en la misma.

3.2.6. Medidas óptimas

Las medidas adecuadas de la máquina dependerán de dos factores muy importantes, uno de ellos es la estandarización de medidas de las planchas de melamina que se trabajan en el mercado; la medida más comercial es de 2,40x1,20 m, así también se tienen de 2,40x1,80 m, por lo que la mesa de trabajo de la máquina debería tener al menos el 2,40x1,80 m, ya que es la más utilizada dentro de las medidas de trabajo de las planchas de melamina, y así, teniendo esta medida se podría trabajar tanto con las que tienen 1,80 m de ancho como con las que tienen 1,20 m, las cuales usualmente están estandarizadas para las planchas de fórmica.

Estas también suelen ser trabajadas en cortes para algunos muebles de oficina que se solicitan formigueados o bien para piezas personalizadas que lleven cortes de fórmica que serían muy complicados de trabajar con el recurso humano.

El otro factor importante que representa una gran influencia en la determinación del tamaño apropiado de la máquina se encuentra directamente en la empresa que desea adquirirla, una parte recae en la estructura y espacio físico que se posea dentro de las instalaciones de la misma, y la otra en el capital de inversión para la máquina y la proyección de volúmenes de producción que se puedan trabajar con la misma, ya que podría considerarse, como algunas empresas lo han hecho, adquirir una doble mesa de sacrificio donde se puedan colocar hasta dos planchas de melamina, una a la par de la otra, y en lo que la máquina está cortando en una de las planchas se pueden estar retirando las piezas cortadas de la otra plancha de melamina.

Esto representa que se espera tener un volumen de producción muy alto, donde no se pierda el tiempo o se tenga tiempo muerto de la máquina al tenerla parada al momento de retirar las piezas cortadas, ya que automáticamente podrá continuar cortando en la siguiente plancha de melamina que esté colocada sobre la mesa de sacrificio.

3.3. Características necesarias para la aplicación de esta tecnología

Cuando se considera la adquisición de una nueva máquina se debe pensar en si se cuenta con las instalaciones, espacios, capital de inversión y características necesarias para poder llevar a cabo la implementación de la misma. Muchas veces las instalaciones donde están establecidas las empresas han sido modificadas de acuerdo con una casa o terreno que no tenía esa

finalidad inicial, por lo cual ir haciendo cambios y adaptaciones se vuelve más complicado que cuando se tiene una estructura destinada directamente para la manufactura de algún producto o servicio.

Modificar los espacios dentro de una empresa conlleva un proceso de adaptación y reestructuración de puestos de trabajo, para que sea posible una buena ergonomía en la maquinaria y equipo que se posea.

Así también es importante considerar que la adquisición de esta máquina representa una gran inversión, por lo que se buscará una rápida recuperación del capital invertido; muchas veces se considera que debido a altos niveles de producción, es bueno adquirir una máquina o herramienta que facilite el trabajo; siempre es bueno y recomendable que en temporadas bajas, donde no se necesite utilizar a tiempo completo la máquina para la producción directa, se consideren líneas nuevas donde pueda dársele un mayor aprovechamiento, como pensar en artesanías, acrílicos y otros campos de trabajo, expandiéndose a nuevos mercados.

Muchas veces se decide si es necesario adquirir una máquina CNC con base en un análisis de producción y rentabilidad de la empresa; siendo este un país subdesarrollado, se tiene cierto temor al cambio, especialmente cuando se tienen que hacer inversiones grandes, sin embargo en la medida en que las empresas se motiven a acercarse a este tipo de tecnología, surgirán múltiples alternativas financieras y de producción, que contribuirán a mejorar el aspecto de rentabilidad de este tipo de inversión.

Así también, cuando se tome este camino, se dará un rápido cambio a nivel tecnológico de las empresas, incrementando el nivel técnico y productivo,

brindándoles un realce y mayores oportunidades competitivas dentro del mercado.

Algunos factores que pueden influenciar en la decisión de adquirir o no una máquina CNC en términos de producción pueden ser:

- Son de gran ayuda cuando se tienen altos volúmenes de producción, y más aún si los tiempos de entrega son cortos.
- Cuando la frecuencia de producción de un mismo artículo no es muy alta, o bien es intermitente.
- Facilitan la producción cuando el grado de complejidad de los artículos producidos es alto y se pueden incurrir en errores humanos si influye la mano de obra directa.
- Cuando se realizan cambios o modificaciones en un artículo, a fin de actualizarlos o brindar una variedad de modelos.
- Cuando es necesario un alto grado de precisión, en piezas grandes y pequeñas.
- Cuando se quiere tecnificar la empresa y crear una disminución en costos de producción y desperdicios emitidos en el proceso productivo.

3.3.1. Espacio físico

El espacio físico de una planta de producción se acoplaría según a las características de la máquina que se piense adquirir; lo principal que se debe

saber es que, dado que es una máquina pesada, esta debe estar en la planta baja, ya que las vibraciones de los suelos y de la misma máquina, así como su peso, influyen en un desempeño adecuado de la fresadora y proporcionan mayor seguridad, tanto para la planta como para los trabajadores.

Considerando que es para una empresa donde la materia prima para corte son las planchas de melamina, se deben acoplar a las características de estas; las planchas de melamina se trabajan en dos medidas, 2,44x1,83 m, o bien de 2,44x 1,22 m, donde se determina que la máquina debería tener como mínimo un espacio donde quepan los 2,44 m; a esto hay que agregarle el espacio que tiene para el movimiento del brazo y *router* de la máquina, haciéndola aproximadamente de 3,00 m de longitud.

Figura 33. Referencia de tamaño de fresadora CNC



Fuente: instalaciones de empresa Module, S. A.

Analizando las posibilidades económicas de la empresa, así como su espacio físico, las máquinas se pueden hacer según las especificaciones del cliente, donde se pueden adaptar para poder cortar una plancha de melamina

en la mesa de sacrificio, hasta alargarla para poder colocar, incluso dos planchas, lo cual requeriría de espacios aún más grandes para la implementación de la máquina.

Esto representaría que se están proyectando a altos índices de producción, donde la máquina tenga que estar cortando constantemente, sin estarla apagando o dándole tiempo muerto, lo cual significaría una gran pérdida por niveles bajos de producción si la máquina no se utiliza diariamente, ya que se estaría desperdiciando espacio físico de la planta.

Algo muy importante también son las conexiones eléctricas que posea la empresa; usualmente las máquinas son hechas para voltaje 220 y trifásicas, pero teniendo en cuenta que solicitar un convertidor para corriente trifásica representa una inversión fuerte, así como la mensualidad que la empresa eléctrica solicita a cambio de este servicio, las máquinas se pueden modificar para convertirla a monofásica.

Una de las características de esta maquinaria es que trabaja con aire a presión para seleccionar con el husillo la herramienta de corte que se desee utilizar, por lo que es necesario contar con un compresor y conexiones de tubería que transporte el aire a presión.

La máquina trabaja con una presión entre 95 y 105 psi, por lo que si se encuentra fuera de esos rangos, no será posible que funcione el agarre del herramienta; es necesario tener secadores de aire, cuya función es que el agua que se genera por el aire frío y la presión con la que se expulsa desde el compresor, no llegue hasta la herramienta utilizada, ya que usualmente, si no se realizó una correcta conexión en tuberías, siempre se filtra el agua en el aire a presión, y si esta llega hasta el *router* de la máquina, lo oxidará y lo dañará.

Parte principal de la localización de la maquinaria es que la bodega de materia prima se encuentre cerca de la misma para facilitar el traslado y colocación de las planchas sobre la máquina para corte esto también ayuda en la optimización de tiempos, ya que el tiempo de transporte de materia prima hacia la máquina influye en el tiempo de corte terminado, ayudando a la agilización de tiempos, así como reduciendo el cansancio ocasionado por el traslado, carga y descarga de las planchas de melamina hacia la máquina.

Figura 34. **Planta de producción de Module, S. A.**



Fuente: archivos de la empresa Module, S. A.

Se indica con una flecha azul el área propuesta para la colocación de la máquina fresadora CNC, ya que se tiene acceso directo de las bodegas de materia prima.

3.3.2. Tiempo

Al momento de considerar el tiempo para la aplicación de esta tecnología, se deben tener en mente dos opciones: adquirir una máquina que venga desde otro país, o bien con alguna empresa cuyos precedentes y bases sean nacionales, la cual trabaje según sus propias características y términos.

Cabe tomar en cuenta lo siguiente: cuando se piensa adquirir una máquina de este tipo, especialmente si se adquiere en otro país, es muy difícil conseguir financiamientos en bancos nacionales, ya que es una tecnología relativamente poco conocida; si se piensa en hipotecar para pedir financiamiento, al banco le será más fácil aceptarlo, ya que se sabe que en caso de que no se pueda terminar de pagar el financiamiento, fácilmente pueden realizar un embargo y recuperar lo invertido poniendo en subasta el artículo en sí, mientras que si se trata de una fresadora CNC, será muy difícil recuperar dicha inversión, teniendo en cuenta que son máquinas poco conocidas en la industria guatemalteca.

Habiendo mencionado lo anterior, con el tiempo se debe establecer si se realizará con el propio capital de la empresa, el cual se puede ir generando de los mismos fondos que la empresa perciba, dependiendo de sus índices de ventas a lo largo de un periodo de trabajo determinado.

Otro factor importante que determina un tiempo de adquisición de la maquinaria está en la máquina misma, ya que dependiendo de cada característica que se solicite de dicha máquina, se deberá determinar si la empresa con la que se realice el contrato contará con las piezas requeridas o bien tendrán que mandar a hacerlas o importarlas de otros países.

El tiempo de puesta en marcha aproximado puede variar, siendo este de 6 a 10 semanas, dependiendo de los parámetros previamente mencionados.

3.3.3. Personal

Usualmente la adaptación e implementación de una nueva máquina dentro de una planta de producción conlleva a la reorganización e inducción de nuevas técnicas de trabajo adoptadas por dicha maquinaria.

Considerar la inversión en una nueva máquina; especialmente una inversión grande permite analizar el tiempo de retorno de dicha inversión, determinado por la mejora en la calidad de los productos, la reducción de tiempo de entrega, la diversificación de productos y también la reducción de recurso humano dentro de la planta para el proceso de corte en particular, ya que los procesos se industrializan con la máquina.

Cuando se tiene una máquina que realiza cortes de manera más rápida, más precisa y con menores errores, que puede trabajar de manera continua durante toda una jornada de trabajo con grandes volúmenes de producción, y si se sabe organizar, puede aprovechar todo el tiempo de trabajo sin posibilidad de agotamiento, fallas o errores, como puede ocurrir cuando la mano de obra humana está implicada; esto hace reconsiderar la reducción de personal innecesario dentro de la planta de producción, lo cual puede contribuir a un ahorro dentro del pago de planilla y de esta manera se logra recuperar cierta parte de la inversión.

Sin embargo, también puede significar todo lo contrario, la contratación de más personal, pero para el proceso de armado directamente, ya que la máquina puede elevar los niveles y volúmenes de producción, requiriendo más personal

en el área de armado para trabajar de manera continua, pero esto significaría también mayores ventas y mayores ingresos para la empresa.

Muchas veces los mismos trabajadores pueden reaccionar con cierto temor por esa misma razón, pero también se les puede incentivar y motivar a que realicen mejor su trabajo, llevando en mente que el objetivo de la máquina será que aumente la producción y de esta manera se logre mantener a los mismos empleados y producir aún más, generando ganancias para la empresa; se pueden también reorganizar grupos de trabajo, utilizando a los trabajadores en áreas donde se aprovechen sus capacidades y habilidades al máximo.

Si una empresa desea adquirir una máquina CNC con la finalidad de reducir su personal operativo, estará buscándola por las razones equivocadas; se debe saber que la CNC aumentará la productividad, por consiguiente, aumentará los volúmenes de trabajo y muy seguramente se necesitará de más personal que pueda completar el trabajo requerido; todo esto representa un gasto colateral que se ve compensado con aumento en las ventas y generación de ganancias directas para la empresa.

3.4. Perfil de operario

Uno de los mayores problemas en Guatemala, es la falta de capacitación para operarios de CNC, ya que no se informa y no se dan cursos para aprender a usar una máquina de este tipo. Si se tienen cursos sobre programas CAD, pero estos son solamente se utilizan en la parte de programación y diseño en cuanto al manejo físico de la máquina, no se tiene mayor inducción, a excepción de las horas de capacitación que proporcionan las empresas que venden este tipo de maquinaria. Usualmente se da cierta cantidad de horas determinadas en la cotización de compra de la máquina, donde se enseña lo

básico para el uso, arranque y funcionalidad de la máquina; muchas veces los operadores tienen que aprender a base de la misma práctica y experiencia de uso.

A pesar de lo descrito anteriormente, cabe señalar que el aprendizaje para el uso de esta máquina es muy sencillo, sin embargo, entre las características importantes que el operario debe tener se pueden mencionar:

- Que el operario al menos tenga nivel de estudios medios en Bachiller en Mecánica Industrial.
- Que tenga conocimiento y habilidades en programas de diseño, especialmente de AutoCAD.
- Es necesario que sepa llevar controles de mantenimiento de la máquina, llenando las fichas técnicas del uso diario de la misma.
- Una de las características principales es que el operador de la CNC tenga conocimientos en áreas en geometría, álgebra y metraje.
- Deberá conocer e identificar las mejores opciones sobre la selección y diseño de la herramienta de corte, para determinar la mejor broca que se adapte a las necesidades de corte.
- Debe tener una mentalidad abierta para conocer y poder aplicar nuevos parámetros y diseños de corte.
- Es necesario ser meticuloso al momento de revisar las planchas de melamina que servirán para el corte, lo cual ayuda a determinar la cara de las piezas que se desean trabajar.
- Se debe estar al tanto del uso de medidores como metros, vernieres, entre otros, para poder trabajar con los distintos sistemas métricos.
- Interpretación de planos, diseños y uso básico de programas de diseño asistidos por computadora.

- Conocimientos de la estructura física de la máquina CNC, sus piezas y sus puntos principales, tanto para limpieza como para supervisión.
- Conocimientos del proceso de transformación mecánica y detalles finales de corte.
- Memoria y aprendizaje en la programación de las trayectorias de corte para una CNC, ya que muchos de los programas de corte recaen en acciones repetitivas.
- Conocimientos en programas de mantenimiento de máquinas.
- Se debe tener la conciencia y responsabilidad de darle la limpieza adecuada y meticulosa que la máquina necesita, para darle mayor tiempo de vida.
- Es necesario que el operario esté concentrado en la supervisión de los cortes de la máquina mientras esta está trabajando, para prevenir cualquier accidente o incurrir en errores futuros.

3.4.1. Costos incurridos para perfil del operario

Si la empresa al momento de contratar a un operario solicita que la persona ya posea los conocimientos requeridos y enumerados en el listado anterior, no debería incurrir en ningún gasto directo, sin embargo, si la empresa decide capacitar a una persona directamente para que maneje esta maquinaria, podrían considerarse los costos de los cursos que se puedan encontrar en Intecap; por ejemplo, el curso de AutoCAD puede tener un costo entre Q150,00 y Q300,00, dependiendo de la modalidad y horarios de cursos.

Para el uso del *software* que maneja la maquinaria, el costo va incluido en la capacitación que proporciona la empresa que provea la máquina, el cual se indicará más adelante. Se puede delimitar que en lo que se estaría incurriendo en costos depende de si se contratara a una persona nueva como operario de

la máquina, teniendo como requisitos que este posea los conocimientos especialmente en diseño CAD, teniendo como costo directo el sueldo de él mismo; si se utiliza a un trabajador de la empresa existente, el costo estaría en la capacitación que tenga que recibir en el tema de diseño CAD.

Existen algunos otros aspectos de tipo humano que se generan de la utilización de máquinas de control numérico computarizado; entre los que se pueden mencionar:

- La intervención directa del operario mientras la máquina está funcionando es únicamente al momento de retirar las piezas, colocar una nueva plancha para corte y establecer al inicio del mismo la velocidad de trabajo.
- Simplifica el trabajo para el demás personal de la empresa, proporcionando cortes más precisos y con mejores acabados, facilitando el trabajo y el ambiente dentro de la planta.
- La experiencia en uso de esta máquina puede ser mínima, siempre y cuando se busque aprender constantemente a través del uso, práctica y experiencia.
- En el *software* de trayectorias se establecen los parámetros de corte, tales como la trayectoria de corte, selección de herramienta, y el tipo de corte a realizar, así como las características del material con que se trabajará.

En este punto la mejora se ve reflejada en la redirección del personal de la planta de producción de la empresa, directa a los otros procesos en los que se incurre para la fabricación del mobiliario, ya que se tendrá a una persona que sea calificada para operar la máquina y esta pueda facilitar el proceso de corte, especialmente al momento de realizar cortes de piezas curvas y complicadas.

Se reducen tiempos, ya que como se indicará más adelante, se evitan procesos para los carpinteros, como hacer trazos, utilizar caladoras, lijadoras y caer en posibles errores al momento de cortar las planchas.

Cada aspecto representa mejoras en las líneas de producción, proporcionando una gran oportunidad de crecimiento, tanto personal como profesional para el operador de la máquina, el cual podría tener una adaptación bastante rápida si este presenta deseo de aprender y de mejora continua. Es importante considerar que la máquina hará exactamente lo que el operario le indique, por lo que una parte esencial para su mayor efectividad y optimización de los recursos, es que el operario tenga conciencia en el manejo de materiales para aprovechar la mayor parte de las planchas para corte posible.

Debe tomarse en cuenta que lo más recomendable es que siempre se tengan al menos a dos personas que puedan hacer uso de la máquina, teniendo los conocimientos técnicos y prácticos de la misma, para que en caso de ausencia de alguno de ellos, la otra persona pueda mantener el uso de la máquina y esta no se quede estancada, continuando con la planificación de corte que ya se tenga; aunque cada persona tenga una forma distinta de pensar se pueden tener ciertos parámetros establecidos de manera estándar, y solamente que cada uno de ellos tenga la mentalidad de trabajar con la idea de optimizar tanto los recursos de materia prima como el tiempo de corte de la máquina.

3.5. Ventajas y desventajas de dicha tecnología

Esta tecnología, como cualquier otra, posee tanto ventajas como desventajas, las cuales deben analizarse para determinar si es óptimo adquirir una máquina como esta en alguna industria determinada, considerando las

necesidades y capacidades de la empresa. Entre las ventajas se pueden mencionar:

- Reducción de la emisión de desperdicios de las planchas de melamina al momento de realizar los cortes.
- Sistematización y automatización de proceso productivo de la empresa en el área de corte.
- Gran precisión y mejores acabados finales en los productos o piezas.
- Con una calibración precisa se pueden obtener mayor uniformidad en productos en serie.
- Se facilita la fabricación de productos complejos para la mano de obra humana.
- Facilidad en modificación de diseños y programación de archivos para corte.
- Se facilita el control de calidad, dado que los productos son uniformes.
- Ya que trabaja con gran precisión, grandes volúmenes y en tiempos cortos, se pueden satisfacer pedidos urgentes.
- No es completamente necesario, pero sí útil, que los operadores tengan gran experiencia; basta con conocimientos en programas para diseño y parte de programación.
- Existe una mayor seguridad, precisión y exactitud en el proceso de corte, ya que no influye la mano de obra directa.
- Con un buen plan de producción se logra un aumento de la productividad, especialmente en el proceso de corte.
- Ya que es el operario quien programa y organiza los cortes, se crea una mejor administración de la producción e inventario de producto, lo cual ayuda a tener un mejor control de materia prima.

- De acuerdo con el *software* que se trabaje, estos pueden mostrar una simulación del proceso de corte, con el fin de verificar que este se realice de manera correcta.
- Tener una fresadora de este tipo ayuda a tener personal más técnico dentro de la planta.
- Aumenta el volumen de producción y la diversificación de productos que pueden ofrecerse.

Así también, con objeto informativo y de análisis, entre las desventajas se pueden mencionar:

- Es necesario adquirir el *software* necesario para la utilización de la maquinaria, ya que dependen 100 % de estos, cuyos precios pueden oscilar entre \$1 000,00 y \$5 000,00, dependiendo del tipo de trabajo que se desee realizar.
- En Guatemala, al ser un proceso relativamente nuevo, se carece de centros de capacitación de este tipo de maquinaria, donde se ayuda a formar técnicos y operarios que puedan ser contratados por las empresas que adquieren máquinas como estas, sin tener que recurrir a encontrar a alguien que empiece a capacitar al empleado designado para la misma.
- Ya que es tecnología de punta, se tiene un alto costo de la maquinaria.
- En caso de fallas, debido al tipo de tecnología, se tienen muy pocas opciones, entre las cuales están el tener técnicos especializados en la misma, quienes presentan un alto costo por ser muy pocos aún, ya que trabajan directamente en las empresas que proveen las máquinas, las

cuales cobran dependiendo del daño, teniendo en cuenta mano de obra y repuestos.

- Se tiene que tener un gran control y concentración al momento de programar la selección de las herramientas de corte y la secuencia de operación para que no se obtengan resultados desfavorables, que incluso pueden causar accidentes o daños a la maquinaria.
- El costo de mantenimiento de esta maquinaria es alto, ya que el sistema de control es más complicado, así como las piezas y los repuestos; muchas veces surge la necesidad de entrenar al personal de servicio y operación para algunos ajustes básicos en que se puedan incurrir. Más adelante se adentra en costos de mantenimiento, según cotización obtenida con empresa Mecano CNC, que son algunos que proveen este tipo de maquinaria en Guatemala.
- Es necesario mantener un gran volumen de producción a fin de lograr una mayor eficiencia de la capacidad instalada, lo cual puede incurrir en gastos de almacenamiento o requerimientos excesivos de materia prima para corte. Se puede esperar que el volumen de producción, especialmente en cortes que sean curvos o complicados, pueda incrementar en un 30 % de manera inicial en los primeros dos meses, e ir incrementando con el tiempo.
- Si no se tiene un plan de retorno de inversión, no se logrará determinar el tiempo de recuperación de la misma. Más adelante se adentra al plan de retorno de inversión para la maquinaria adquirida por la empresa Module, S. A.

Una gran desventaja hoy en día es que en Guatemala no se cuenta aún con instituciones encargadas de promover este tipo de tecnología y no se educa adecuadamente a las personas sobre CNC, por lo que muchas veces la falta de conocimiento orienta a que no se invierta o no se tenga financiamiento para la adquisición de este tipo de maquinaria.

Actualmente en este país únicamente se tienen cursos teóricos sobre algunos *softwares* relacionados con el trabajo que realiza la máquina, pero en sí, no se tiene ningún tipo de enseñanza o especialización directa en el tema, en el Instituto Técnico de Capacitación y Productividad, Intecap por sus siglas, enseñan temas a groso modo de la máquina, algunas veces se ofrece conocimientos más profundos; pero por ser una tecnología relativamente poco conocida, no se le da un mayor apoyo, y no se les otorgan máquinas o instrumentos reales para la buena capacitación sobre este tema, quedando únicamente con algunos conocimientos teóricos, muy difíciles de aplicar más adelante.

3.6. Posibles proveedores

Es importante determinar o saber elegir a la empresa que proveerá esta máquina, ya que de acuerdo con la experiencia, conocimientos y propuestas, deberán asesorarse en la compra de la máquina que mejor se adapte a sus necesidades, buscando siempre que se tenga el mayor aprovechamiento de la misma, que se puedan alcanzar los niveles de eficiencia de la máquina que ellos mismos establecen entre las especificaciones que ofrecen y se tenga un respaldo total en el asesoramiento y seguimiento técnico a futuro, para que si en determinado momento se desee mejorar la máquina, o bien adquirir una nueva en función de crecimiento como empresa, este proveedor siga siendo de su confianza y pueda apoyarle siempre pensando en la satisfacción final del

cliente. A continuación se presentan dos propuestas de posibles proveedores para este tipo de maquinaria, que poco a poco se va abriendo mercado en Guatemala:

3.6.1. Mecano CNC

Esta empresa inició con los jóvenes José Morán y Diego Noack en el 2010; en ese tiempo estudiantes de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad del Valle de Guatemala; en el 2008 diseñaban un repuesto para reparar la imprenta de un familiar, y fue así como descubrieron que el sistema CNC podía ayudarlos a automatizar su invención.

Ambos estudiantes se pusieron de acuerdo y analizaron en qué podrían aplicar este sistema. Materializaron su concepto bajo el sello Router CNC Ayin, que comercializa su empresa, en ese entonces conocida como CNC Guatemala.

“En la computadora se dibuja una pieza y desde allí se envía a la máquina para que la fabrique en 2D y 3D, segunda y tercera dimensión, relieve”, explica Noack. El primer prototipo CNC fue desarrollado en madera. Cuando la última versión estuvo lista, Noack y Morán se asociaron para crear la firma CNC Guatemala, que desde finales del 2010 comenzó a introducir la máquina al mercado nacional.

Mecano CNC fabrica los aparatos por pedidos individuales. El plazo de entrega de una máquina es de un mes; tiene un año de garantía contra defectos de fábrica e incluyen instalación y entrenamiento básico, computadora y *software*. “Otra ventaja es que al ser diseñadores y fabricantes, los clientes siempre tendrán asesoría y repuestos inmediatos”, asegura Morán (2010).

Las máquinas Mecano vienen en 4 modelos estándar; además sus dimensiones pueden ser hechas a la medida del cliente. Compatibles con los programas CAD/CAM de última generación como AutoCAD, *Adobe Illustrator*, *VectorWorks*, *ArtCAM Express*, *TopSolid*, *Rhinoceros*, entre otros.

Figura 35. Descripción de maquinaria Mecano CNC

Mecano CNC

Las máquinas Mecano vienen en 4 modelos estándar, además sus dimensiones pueden ser hechas a la medida del cliente.

Todas nuestras máquinas vienen con **un año de garantía** contra defectos de fábrica y cuentan con instalación y entrenamiento básico.

Compatibles con los programas CAD/CAM de última generación. (AutoCAD, Adobe Illustrator, VectorWorks, ArtCAM Express, TopSolid, Rhinoceros, y muchos más)

Proveemos Cabezas de corte Industrial 24/7 desde 3HP hasta 10HP de potencia, para cortar y tallar planchas de polímeros, materiales compuestos, madera, lamina de acero y muchos otros materiales ligeros.

La estructura tipo Pórtico (Gantry) minimiza el tiempo de cambio entre trabajos. Además permite un acceso desde tres lados simultáneamente.

Todos los componentes cumplen normas ASTM/CE y están calibrados para su uso continuo. Debido a que somos diseñadores y fabricantes. Usted siempre tendrá asesoría y repuestos inmediatos.



CNC Router M1



CNC Router M2



CNC Router M3



CNC Router M4

Fuente: archivos de Mecano CNC.

3.6.2. Modernología

Modernología es la empresa que distribuye para MultiCam desde Guatemala hasta Panamá, teniendo sus instalaciones en avenida La Castellana zona 8, Guatemala. El director de operaciones es el Ing. Luis Fernando Santiago, quien cuenta con extensa experiencia en el mercado, trabajando para Modernología desde hace más de 8 años.

Visión: “Introducir tecnología de fabricación moderna a la región Centro Americana para mejorar la calidad y la productividad”³.

MultiCam, la empresa madre para Modernología, lleva más de 25 años en el mercado de maquinaria con tecnología de punta; una de las principales ideologías de esta empresa es adaptarse al presupuesto de sus clientes, cuentan con más de 60 puntos de vista alrededor del mundo; a 20 de ellos, estando en Norte América, su vasta experiencia los ha llevado a vender más de 10,000 máquinas CNC. Modernología es el centro tecnológico situado en Guatemala, que hasta la fecha ha vendido más de 40 máquinas, no solo en el país sino también en Centro América.

Las máquinas de corte CNC de MultiCam son reconocidas por su versatilidad y su facilidad de uso. Son muchas las industrias que dependen de los sistemas CNC de MultiCam, tal como la industria de la producción de muebles, fabricación de armarios, industria metálica, ebanistería, aire acondicionado y calefacción, corte a chorro o *Water Jet*, construcción marítima, y modelado de plásticos y superficies sólidas. Esta variedad de industrias depende de la elevada calidad y la alta confiabilidad que incluyen en cada una de las máquinas.

³ Modernología, S. A. <http://www.modernologia.com/> Consulta: abril de 2015.

3.7. Cotización de fresadora CNC según propuesta de elección

A continuación se presenta la cotización real bajo la cual se realizó la adquisición de la fresadora CNC en la empresa Module, S. A., trabajando con la empresa Mecano CNC, conocida en ese entonces como CNC, Guatemala. Se eligió esta propuesta ya que se buscaba apoyar también a la industria nacional, siendo Mecano CNC una empresa desarrollada por jóvenes guatemaltecos emprendedores y con una visión enfocada al desarrollo de las industrias en Guatemala.

A través del asesoramiento de José Morán y Diego Noack, se definieron distintos parámetros que se consideraron útiles para la empresa Module, S. A., adaptándose al presupuesto que se tenía para la máquina. Se solicitó un cabezal de 7 Hp de potencia, que tuviera cambiador de herramienta automático, siendo uno de los requisitos principales que este fuera monofásico, ya que en las instalaciones de la empresa no se contaba con energía para trifásico; otro detalle fue que se le agregó un cuarto eje, el cual es útil para tallar superficies en 3D, tales como esculturas en troncos de madera u otros materiales.

A continuación se presentan características de la maquinaria según la cotización final, así como el valor aproximado según investigaciones en internet, ya que por confidencialidad empresarial no se pudo tener acceso directo al costo real de la maquinaria:

- Adquisición de máquina CNC AYIN M2 (6 x 8 pies), la cual incluye:
 - Computadora Intel Dual Core de 1 GHz y 320 GB de disco duro
 - Licencias de programas de control Mach3 y ArtCAM Express
 - 12 horas de capacitación e instalación en la planta
 - 1 año de plan de mantenimiento preventivo

El valor de la máquina, según las características establecidas y considerando las horas de capacitación para el operario propuesto de la máquina, puede estar entre \$14 500,00 y \$16 000,00.

- Cabeza de 7,6 Hp marca AYG ADX 150-24Z/7.6
 - Velocidad de corte 13-14 metros por minuto.
 - Cambio de herramienta automático. Rendimiento 24 horas continuas.
 - Motor inductivo con variador de frecuencia.

Este tipo de cabezal para *router* con el cambiador automático para herramientas puede tener un costo de \$4 800,00; si se considera un cambiador manual de herramientas el costo podría disminuir a \$4 000,00.

- Convertidor de 2 a 3 fases: con un costo aproximado de \$980.
- Extractor de polvo 3 Hp + mangueras + acoples: con un costo aproximado de \$1 600,00 y \$1 850,00 dependiendo la marca y accesorios.
- Mesa de vacío + accesorios bomba GRI 2200 v, monofásica: con un costo aproximado de \$3 900,00 considerando que la mayoría de bombas se venden como trifásicas, esto hace que la monofásica tenga un costo más elevado.
- Cuarto eje para máquina M2 + accesorios: con un costo aproximado de \$3 300,00 sin considerar el *software* que se necesita para la utilización de este eje.

- Herramientas AMANA Tool con insertos intercambiables: los costos de estas pueden variar según la cantidad y el tipo de broca que se requiera, pero para un juego de 6 brocas se puede tener un costo de \$985,00.

Aproximadamente el costo de esta máquina, según las características descritas puede encontrarse entre \$28 300,00 y \$31 900,00.

Figura 36. **Características generales fresadora M2 Mecano CNC**

Características Técnicas					
Modelo	M1	M2	Plasma	M3	M4
Potencia	2HP	3HP	4HP	6HP Industrial	10HP Industrial
Velocidad Movimiento	10,000mm/min	14,000mm/min	14,000mm/min	18,000mm/min	20,000mm/min
Motores	Steppers	Steppers	Steppers	Steppers	ServoMotores AC
Resolución	0.16mm a velocidad de 5000 mm/min	0.12mm a velocidad de 5000 mm/min	0.12mm a velocidad de 5000 mm/min	0.1mm a velocidad de 7000 mm/min	0.09mm a velocidad de 13000 mm/min
Área de corte	1.82 x 2.43 m (6 x 8 pies)				
Cambio de herramienta	Manual	Manual	Manual (Boquillas)	Automático o Manual	Automatico o Manual
Rendimiento	4 horas continuas	24/7	24/7	24/7	24/7
Garantía	2000 horas o 1 año, lo que suceda primero				

*contamos con planes de financiamiento hasta 60 meses

Contáctenos
 Tel: +(502) 55475829 +(502) 78304218 +(502) 78304343
ventas@mecanocnc.com

Fuente: archivos de Mecano CNC.

3.7.1. Recuperación de capital de inversión

Para recuperar el monto de inversión, el cual es aproximadamente de Q245 600,00, el gerente de la empresa consideró asignarle un porcentaje de las ventas mensuales a una cuenta particular de retorno de inversión, teniendo los siguientes valores: en promedio, al mes, la empresa factura en mobiliario hecho de melamina, un aproximado de Q450 000,00 y Q500 000,00 tomando como referencia un historial periódico.

Considerando que para el primer año será un monto de promedio de Q450 000,00 mensual, el segundo año Q460 000,00, el tercero Q470 000,00, el cuarto, Q485 000,00 y el quinto, Q500 000,00; proyectando que se le asigne un 2 % de las ventas mensuales, se tendrían los siguientes montos:

Tabla III. Flujo de ingresos de máquina CNC

FLUJO DE INGRESOS	
	A
AÑO	MONTO
1	Q108 000,00
2	Q110 400,00
3	Q112 800,00
4	Q116 400,00
5	Q120 000,00
TOTAL	Q567 600,00

Fuente: elaboración propia.

Con el flujo de ingresos se puede observar que el capital invertido en la compra de la máquina será recuperado antes del tercer año de posesión de la misma.

Según entrevistas con otras empresas que poseen esta maquinaria, al momento de cotizar el tiempo de corte para diseños particulares los precios oscilan entre Q200,00 y Q400,00 la hora, según el tipo de diseño, material y cantidad de piezas que se deseen trabajar; los empresarios acá consideran, como se menciona anteriormente, el uso de la máquina, el tiempo del operario, la energía eléctrica y las brocas que se usan para cada corte.

3.7.2. Cálculo del valor presente neto (VPN), tasa interna de retorno (TIR) y tasa de rendimiento mínima aceptada (TREMA)

Para determinar el valor presente neto y la tasa interna de retorno de la adquisición de la máquina, se hizo uso del cálculo estadístico proporcionado por una hoja de datos de Excel, donde se tienen los siguientes valores:

Tabla IV. **Flujo de ingresos de máquina CNC**

FLUJO DE INGRESOS	
	A
AÑO	MONTO
1	Q108 000,00
2	Q110 400,00
3	Q112 800,00
4	Q116 400,00
5	Q120 000,00
TOTAL	Q567 600,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Flujo de egresos de máquina CNC**

FLUJO DE EGRESOS	
	B
AÑO	MONTO
1	Q37 625,00
2	Q37 625,00
3	Q37 625,00
4	Q37 625,00
5	Q37 625,00
TOTAL	Q188 125,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Flujo efectivo neto**

FLUJO EFECTIVO NETO	
	A-B
AÑO	MONTO
1	Q70 375,00
2	Q72 775,00
3	Q75 175,00
4	Q78 775,00
5	Q82 375,00
TOTAL	Q379 475,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **VPN y TIR**

VPN	Q39 954,77
TIR	16,0068 %

Fuente: elaboración propia, según cálculos en Excel.

También puede hacerse de forma manual; para que quede registro de los datos obtenidos se haría de la siguiente manera:

$$\text{A partir de la fórmula: } VAN = \sum_{x=1}^n \frac{Fn}{(1+i)^x} - I_0$$

Donde

I_0 = inversión inicial

F_n = flujo neto de caja

i = tasa de interés

n = número de periodos considerado

Asignando los siguientes valores se obtiene que:

$$F_1 = Q108\,000,00$$

$$F_2 = Q110\,400,00$$

$$F_3 = Q112\,800,00$$

$$F_4 = Q116\,400,00$$

$$F_5 = Q120\,000,00$$

$$i = 10\%$$

$$n = 5 \text{ años}$$

$$VPN = \frac{108000}{(1+0.10)} + \frac{110400}{(1+0.10)^2} + \frac{112800}{(1+0.10)^3} + \frac{116400}{(1+0.10)^4} + \frac{120000}{(1+0.10)^5} - 245\,600,00$$

$$VPN = Q285\,554,77 - Q245\,600,00 = Q39\,954,77$$

Que el valor actual neto represente un monto positivo significa que el proyecto producirá ganancias por encima de la rentabilidad requerida, lo cual

hace este proyecto de inversión aceptable. Para el cálculo de la tasa interna de retorno se tiene lo siguiente: sabiendo que esta es la que ayuda a determinar que los flujos futuros descontados al valor presente sean igual a la inversión inicial, se debe tener el VPN igual a cero; por lo que se toma la ecuación anterior del VPN igualando a cero y despejando para la tasa de interés que se quiere encontrar:

$$\text{VPN} = \frac{108\,000}{(1+i)} + \frac{110\,400}{(1+i)^2} + \frac{112\,800}{(1+i)^3} + \frac{116\,400}{(1+i)^4} + \frac{120\,000}{(1+i)^5} - 245\,600 = 0$$

Despejando a través de los cálculos manuales, con el método de prueba y error, se obtiene que el valor del interés sería de 0,160068, lo cual en porcentaje es 16,0068 %, tomando como valor final el 16 %.

En el caso de la TREMA, ya que la adquisición de esta máquina se haría directo del capital de la empresa, no se necesitaría inversión a través de créditos bancarios u otros capitales externos sobre los cuales se deba pagar algún financiamiento, el cual sea afectado por la inflación y otros aspectos externos; pero podría para fines didácticos considerarse la siguiente opción, de ser necesario:

Se toma la tasa de inflación, la cual en promedio es de 5 % anual, lo que significa que al menos se recupere el valor perdido por la inflación; se incluye la tasa de interés de un banco que dé el mayor de rendimiento; en este caso se considera de 1 %. El riesgo de la empresa se coloca en función de la tasa que da el banco, la cual es de 3 %. Por último la tasa de riesgo o el rendimiento mínimo de inversión, que corresponde a cuánto le gustaría tener de ganancia por hacer una inversión, sería de 5 %.

Sumando todos los valores se tendría una TREMA de 14 %. Cabe repetir que estos valores fueron tomados únicamente como fines didácticos, pero si se desea realizar una inversión con intervención del banco o de otros accionistas individuales, sería de cambiar los valores de porcentaje de la tasa de interés que proporcione el banco especialmente.

Al comparar la TIR y la TREMA, lo más importante es que la TIR siempre sea mayor, ya que esto representa que el proyecto de inversión será viable, porque significará que se obtendrán más ganancias de las esperadas.

4. IMPLEMENTACIÓN

El mercado de las máquinas y tornos CNC está orientado a las industrias de muebles, metal-mecánicas, publicidad, entre otras, que necesitan contar con maquinaria de precisión para realizar cortes y tallados. Algunas veces esta maquinaria se vuelve parte del eje central del proceso productivo de la empresa y en otros casos dichas máquinas entregan un valor agregado a los productos y servicios que ya son ofrecidos por esta.

4.1. Desarrollo de aplicación de la tecnología en la empresa

El proceso de implementación de esta máquina inició en noviembre del 2011, finalizando las características de cierre en la cotización, firmando los acuerdos de compra y aceptando cada una de las características establecidas en la cotización.

La empresa Mecano CNC manda a traer muchas de sus piezas a distintos países, por lo que esto ha generado un poco de atraso al faltar ciertas piezas que se requirieron en la compra.

Desde enero del 2012 ya se contaba con el operario propuesto para esta máquina, quien no tenía conocimientos concretos sobre la misma, así que para el funcionamiento y operación de la máquina se inició con las horas de capacitación y a partir de esto se empezó a trabajar la máquina, adquiriendo poco a poco la experiencia necesaria para operarla y sacar las tareas que ayudaron a incrementar los volúmenes de producción y facilitar el trabajo de corte para los mismos carpinteros y grupos de trabajo.

La entrega de la máquina estaba proyectada para febrero del 2012, pero por inconvenientes con algunas de las piezas que se mandaron a traer, esta se realizó a mediados de marzo; una de las características principales de esta fue que los dueños de la empresa solicitaron que la máquina fuera monofásica y que trabajara con voltaje 220, lo cual hacía que cada pieza y componente tuviera que acoplarse a este tipo de voltaje. Al tener la máquina en marcha, se inició la capacitación del operario propuesto, indicándole sus características principales y la forma de uso.

Como se ha dicho previamente, la experiencia para su uso se fue desarrollando con base en la práctica, con prueba y error, logrando con cada corte obtener una mayor experiencia, una mejora en la optimización de recursos y tiempos.

Es importante mencionar ciertos aspectos relacionados con el uso óptimo de esta máquina y su desarrollo dentro de la empresa Module, S. A.

4.1.1. Cómo se trabaja con la CNC

Para la empresa Module, S. A. el proceso directo en la CNC se trabaja con dos computadoras distintas, en la primera el operador procede a configurar el diseño recibido y a posicionarlo en el esquema establecido; todo esto realizándolo en el programa AutoCAD, donde define posicionamiento y distancias entre piezas, considerando desde ese momento el tipo de broca que utilizará para realizar los cortes. Luego de tenerlo posicionado correctamente procede a diseñar las trayectorias de corte en el programa ArtCAM Express, elige el tipo de broca con la que cortará, las trayectorias de corte, las profundidades y los cortes finales del mismo.

Al tener listas las trayectorias de corte y el diseño del mismo, estas se guardan en un formato .TAP ya que la máquina CNC con la que se trabaja solamente reconoce dicho formato. Luego se envía el archivo a la segunda computadora, la cual se utiliza única y específicamente para el proceso de corte directo; esto lo realizan para evitar problemas con las configuraciones de la máquina y así mantener la seguridad de la misma. Por controles internos, se crean carpetas según el año, mes, cliente y número de orden correspondiente para cada diseño, y de esta manera facilitar y hacer de manera más ordenada la base de datos de trayectorias de corte que se trabajan.

Al tener el diseño de corte almacenado en la memoria de la máquina se procede a trabajar con el programa Mach3, el cual es el programa que controla la CNC; el operador de la CNC se asegura de que el material, en este caso la melamina, esté colocado correctamente en la mesa de sacrificio de la CNC; también se observa que no haya ningún objeto extraño que pueda afectar la operación de la máquina y se procede a elegir su punto (0,0,0) el cual sirve para indicarle a la máquina, la posición inicial del material.

Antes de operarse, la máquina debe pasar por un proceso de limpieza y mantenimiento, el cual es de suma importancia, ya que en este proceso se puede ver que los rieles, el brazo móvil, la bomba de vacío, y otras piezas fundamentales trabajen correctamente y de esta manera evitar posibles accidentes al momento de corte.

Al tener listo todo se procede a cargar el programa de corte en Mach3 y se inicia el mismo; se trabaja con una bomba de vacío, la cual succiona el material a la mesa de sacrificio para evitar que este se mueva y así obtener el corte deseado; también se trabaja con una bomba extractora, la cual sirve para succionar los residuos de aserrín provocados por el corte.

Siempre se deben tomar todas las precauciones necesarias para evitar accidentes que pueden llegar a ser mortales por el tipo de máquina con la que se trabaja.

4.1.2. Brocas para corte

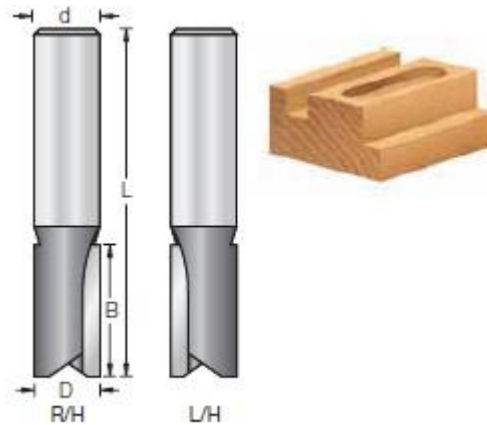
Según lo establecido en la cotización de compra, la empresa Mecano proporcionó brocas en medidas de 3/8" y 1/2", siendo estas equivalentes a 9,6 cm y 12,5 cm, respectivamente. Dependiendo de cuál sea el uso para corte que se le dé, se acoplan las brocas adecuadas; por ejemplo, la broca de 3/8" se adapta fácilmente a los cortes que se realicen en las planchas de melamina, ya que genera poco desperdicio, mayor optimización del material y lo logra cortar sin ningún inconveniente; las brocas con diámetro mayor pueden servir para cortar material de mayor grosor o bien para realizar cortes con desbaste; está previamente establecido que lo óptimo es que las brocas no corten más de dos veces su diámetro, para asegurar la optimización de las mismas.

En el caso de cortar fórmica, mientras menor sea el diámetro de la broca, mejor se aprovechará el material, pueden ser brocas cilíndricas de 1/4" o menos, o bien brocas cónicas en "V", las cuales pueden cortar perfectamente la fórmica, dejando un desperdicio de corte mínimo. Dependiendo del uso que se le dé, las brocas pueden llegar a cortar hasta 15 planchas entre cada sesión, después de mandarlas a afilar.

Si se cortan de más, estas fallarán y pueden provocar astilladuras o quemar la melamina durante su trayecto de corte. Se debe considerar que cada vez que se mandan a afilar, a estas se les desgasta el grosor de las cuchillas, generando una variación en su diámetro; es adecuado darles un apropiado

seguimiento y control, ya que al momento de tener muy poco diámetro, se genera una falsa medida que tiende a astillar más la melamina.

Figura 37. **Broca de router para vaciado**



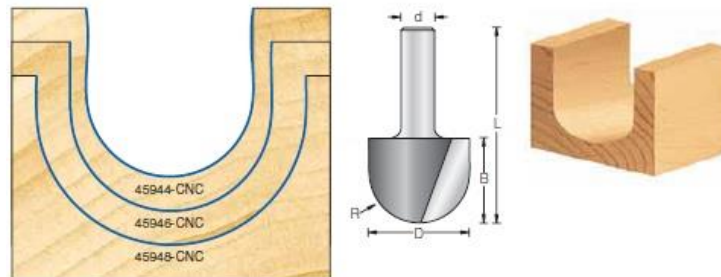
Fuente: *Catálogo Amana Super Carburo*. www.amanatool.com/products/cnc-router-bits/straight-plunge-cnc-router-bits.html Consulta: octubre de 2015.

Tabla VIII. **Tipos de broca de router, para vaciado**

$\varnothing D$	B	$\varnothing d$	L
1/4"	3/4"	1/2"	2 - 1/2"
1/2"	1"	1/2"	3 - 1/8"
3/8"	1 - 1/4"	1/2"	3 - 1/8"
1 - 1/4"	1 - 1/4"	1/2"	2 - 7/8"
1 - 1/2"	1 - 1/4"	1/2"	2 - 7/8"
1 - 3/4"	1 - 1/4"	1/2"	2 - 7/8"
2"	1 - 1/4"	3/4"	3 - 1/2"

Fuente: *Catálogo Amana Super Carburo*. www.amanatool.com/products/cnc-router-bits/straight-plunge-cnc-router-bits.html Consulta: octubre de 2015.

Figura 38. Broca de router para canal



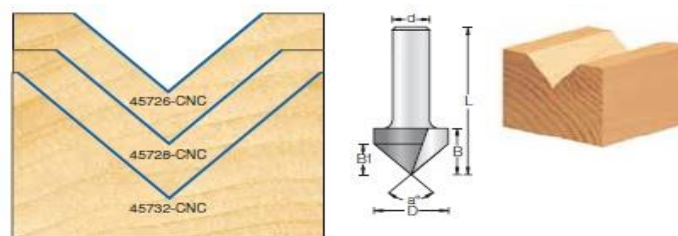
Fuente: *Catálogo Amana Super Carburo*. www.amanatool.com/products/cnc-router-bits/straight-plunge-cnc-router-bits.html Consulta: octubre de 2015.

Tabla IX. Tipos de broca para router para canal

$\varnothing D$	R	B	Tool No.	$\varnothing d$	L	Max. RPM
1 - 1/4"	5/8"	1 - 1/4"	45944-CNC	1/2"	2 - 3/4"	18,000
1 - 1/2"	3/4"	1 - 1/4"	45946-CNC	1/2"	2 - 3/4"	18,000
2"	1"	1 - 1/4"	45945-CNC	1/2"	2 - 3/4"	18,000

Fuente: *Catálogo Amana Super Carburo*. www.amanatool.com/products/cnc-router-bits/straight-plunge-cnc-router-bits.html Consulta: octubre de 2015.

Figura 39. Broca de router en "V"



Fuente: *Catálogo Amana Super Carburo*. www.amanatool.com/products/cnc-router-bits/straight-plunge-cnc-router-bits.html Consulta: octubre de 2015.

Tabla X. Tipos de broca para router en “V”

ϕD	a°	B	Tool No.	B1	ϕd	L
1 - 1/4"	90°	3/4"	45726-CNC	5/8"	1/2"	2 - 1/2"
1 - 1/2"	90°	1"	45728-CNC	3/4"	1/2"	2 - 3/4"
2"	90°	1 - 3/4"	45732-CNC	1"	1/2"	3 - 1/4"

Fuente: *Catálogo Amana Super Carburo*. www.amanatool.com/products/cnc-router-bits/straight-plunge-cnc-router-bits.html. Consulta: octubre de 2015.

4.2. Determinación de optimización de tiempos

Con el uso de la máquina se ha podido observar que el tiempo de corte se ha disminuido significativamente para cortes que llevan curvas; ahora bien, en cortes rectos se recomienda utilizar sierras convencionales, como sierras verticales o de banco. Con la práctica en el uso de la máquina se puede volver todo muy práctico y la agilidad del operario se incrementa. Por ejemplo, al operario actual, solamente para elegir el punto de inicio de la máquina, es decir el punto donde $x = 0$, $y = 0$ y $z = 0$, al principio le tomaba desde 8 a 10 minutos, hoy en día, después de más de 3 años de uso, lo puede definir en menos de 1 minuto.

Así también el tiempo para hacer la programación de trayectorias de corte, con la práctica se puede hacer bastante corto, ya que al conocer los parámetros que usualmente no cambian, se puede establecer una rutina para el mismo, por ejemplo, teniendo en cuenta que lo normal es cortar planchas de 1", y la broca de corte siempre es la de 3/8", se sabe que los únicos parámetros que van a modificarse al momento de establecer la trayectoria de corte son las profundidades para cada paso transversal de la broca, la selección de la broca y su trayectoria.

Actualmente el operario realiza el corte de la plancha de 1" en 3 partes, ya que a través de la experimentación se pudo observar lo siguiente: las brocas con que cuentan no tienen la suficiente fuerza para cortar en un solo paso el grosor completo, y como se ha establecido previamente, lo óptimo es no cortar más de dos veces el diámetro de la broca en un solo paso.

Se intentó cortar las planchas en 2 pasos, pero se observó que, debido a la fuerza que lleva el *router* al momento de realizar su trayectoria, esto ocasiona que las piezas se muevan y quede una grada en su paso transversal, lo cual representa un reproceso para ajustar las piezas y también desperdicio de tiempo y de recursos.

Se había pensado que con dos pasos sería más corto el tiempo de corte, pero al final al tener piezas que necesitan retrabajo se incurre en mayor tiempo de corte, no de la máquina, pero sí con los carpinteros y el uso de otras herramientas para afinar los malos acabados recibidos por la máquina.

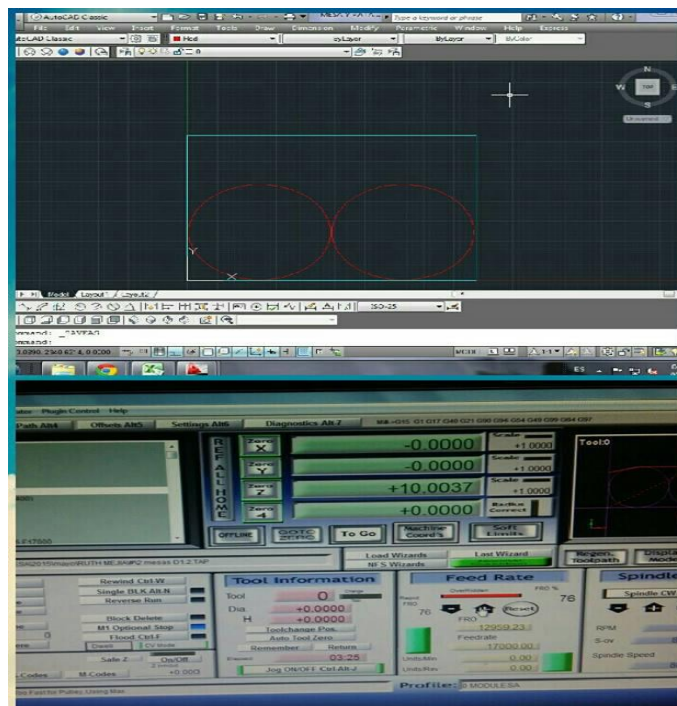
Al observar estos resultados se estableció trabajar con 3 cortes para cada pieza, representando que el primero va con 12 mm de profundidad, el segundo a 24 mm y el tercero solo se cortan 2 mm más; esto ayuda a que las piezas se mantengan en su posición, sujetas a la mesa de sacrificio al momento de realizar el corte final, obteniendo cortes precisos y libres de astilladuras y gradas en su paso transversal.

Al final se observa que al hacer 3 cortes solamente le toma aproximadamente 1 minuto de corte más a la máquina, a comparación de hacerlo en 2 cortes, obteniendo resultados precisos y piezas exactas, sin necesidad de realizar retrabajo.

4.2.1. Comparación en corte convencional y con CNC

A continuación se presenta una comparación del corte de dos tops redondos con diámetro de 1,20 m, teniendo la oportunidad de medir tiempos al hacerlo con corte en la fresadora CNC y de forma manual con el corte convencional; se pudo definir cómo son los diagramas de flujo de operaciones y de esta manera observar la gran diferencia de tiempos entre ambos trabajos. Es conveniente también considerar que la intervención de la mano de obra directa se encuentra 100 % en el proceso convencional, mientras que en el corte con CNC solamente fue necesaria la intervención del operario al momento del diseño y programación del corte, dejando que la máquina siguiera todas y cada una de las indicaciones establecidas en el código G.

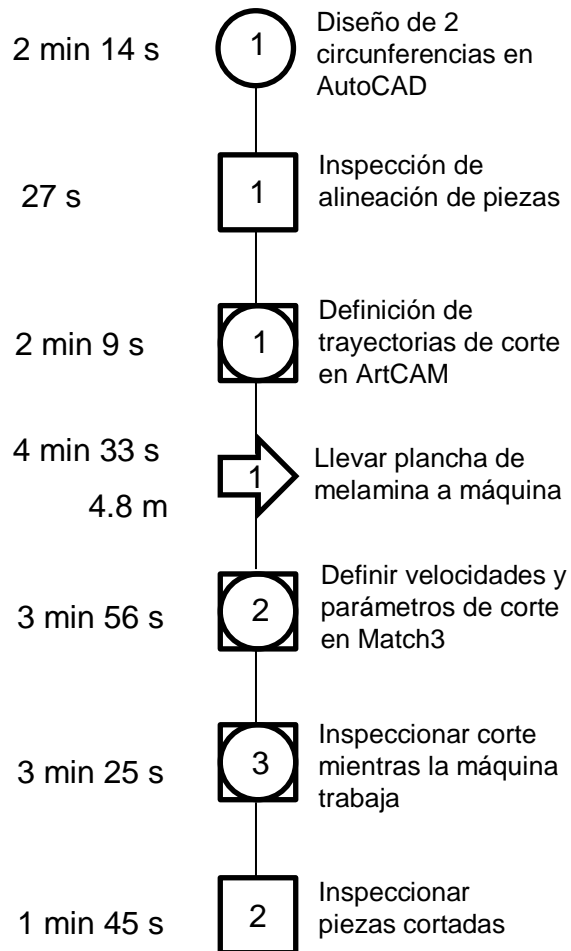
Figura 40. Diseño de dos mesas para corte en CNC



Fuente: Departamento de Producción, empresa Module, S. A.

Figura 41. Diagrama de flujo corte en fresadora CNC

Empresa:	Module S. A.	Fecha:	jun-15
Departamento:	Producción	Hoja:	1 de1
Elaborado por:	Michelle Gutiérrez	Proceso:	Corte de dos mesas redondas, diámetro de 1,20 m
Método:	Actual corte en CNC		

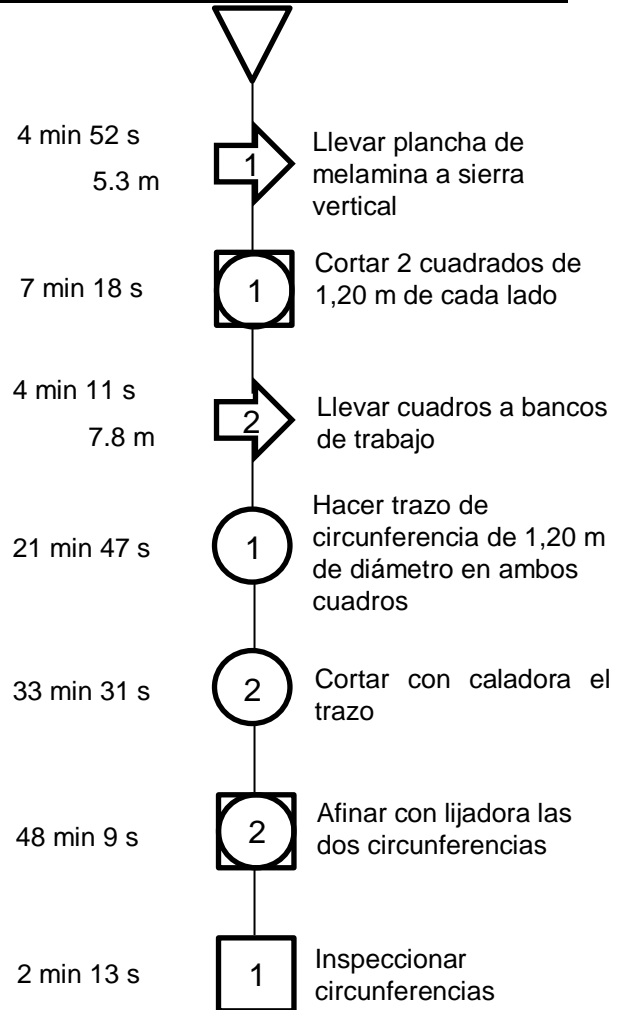


Símbolo	Número	Descripción	Cantidad	Distancia	Tiempo
○	1	Operación	1	-	2 min 14 s
□	2	Inspección	2	-	2 min 12 s
◻	3	Combinada	3	-	9 min 30 s
➔	4	Transporte	1	4.8 m	4 min 33 s
TOTAL			7	4.8 m	18 min 29 s

Fuente: elaboración propia, utilizando el programa de Autoformas de Microsoft Word.

Figura 42. Diagrama de flujo corte convencional

Empresa:	Module S. A.	Fecha:	jun-15
Depto.:	Producción	Hoja:	1 de 1
Elaborado por:	Michelle Gutiérrez	Proceso:	Corte de dos mesas redondas, diámetro de 1,20 m
Método:	Actual corte convencional		



Símbolo	Número	Descripción	Cantidad	Distancia	Tiempo
○	1	Operación	2	-	55 min 18 s
□	2	Inspección	1	-	2 min 13 s
◻	3	Combinada	2	-	55 min 27 s
⇨	4	Transporte	2	13.1 m	9 min 3 s
	TOTAL		7	13.1 m	122 min 1 s

Fuente: elaboración propia, utilizando el programa de Autoformas de Microsoft Word.

Al comparar los cuadros resumen de ambos diagramas, se observa claramente la diferencia en tiempos del trabajo hecho con la CNC que toma 18 minutos y medio, aproximadamente, mientras que hacerlo de forma manual requiere de un poco más de 2 horas; cabe considerar también que en el trabajo con CNC se requiere solo de la máquina y 1 operario, mientras que de forma manual se incurre en el uso de la sierra vertical, 2 operarios y demás herramienta manual, como caladoras, lijadoras, escuadrilones, entre otros.

4.3. Determinación de optimización de recursos

Al hablar del recurso en una empresa se puede referir tanto al humano como al material, ambos aplicados al proceso productivo. Cuando se dice que se optimice el recurso humano, no necesariamente significa que se tendrá a la menor cantidad de personal posible, sino que puede referirse a que el talento humano se aprovecha de manera más productiva, orientándolo a actividades que presenten mejores y más detallados resultados, sin caer en tiempo de ocio demasiado grande.

El talento humano tiene las capacidades de razonamiento y conocimiento en el ensamble directo de mobiliario de oficina, por lo que es mejor aprovechado en esta área y proceso, mientras que teniendo la fresadora CNC solo se necesitaría de un operario, quien controlaría el proceso de corte.

Se estableció previamente en el perfil del operario, que necesita únicamente tener habilidades lógicas, espaciales y retentiva en proceso de programación, así como creatividad e innovación en diseños.

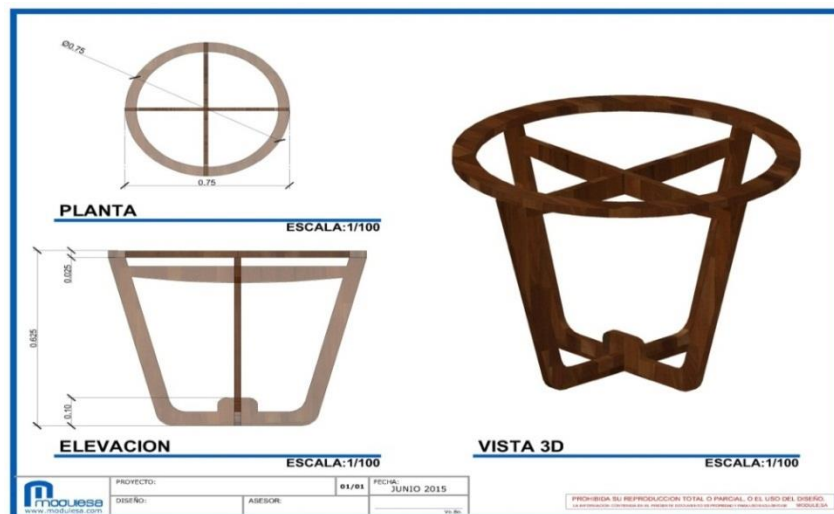
Al referirse a aprovechamiento y optimización de recursos materiales, se refiere al aprovechamiento de las planchas de melamina, madera, fórmica, acrílico y cualquier otro material que se desee trabajar.

Otro aspecto importante en el aprovechamiento del material es que al momento de establecer el punto de inicio, es decir el punto (0,0,0) de la plancha, este se haga de manera precisa, ya que si se le da mayor margen, ocasionará desperdicio dentro de la plancha y posiblemente el corte no salga como se espera, en especial si este está programado para utilizar toda la plancha.

4.3.1. Comparación en corte convencional y con CNC

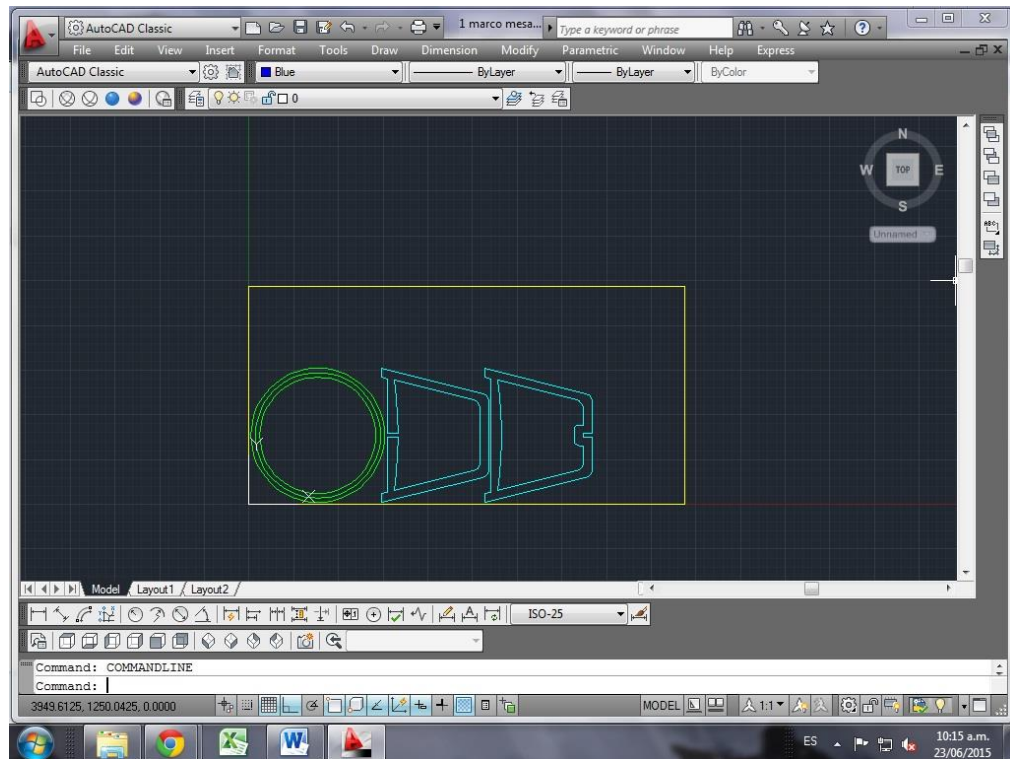
Un claro ejemplo de optimización de material se observa a continuación, donde del mismo corte se sacaron 2 mesas distintas:

Figura 43. **Diseño de mesa con vaciado para corte en CNC**



Fuente: archivos de empresa Module, S. A.

Figura 45. **Distribución de piezas para corte en CNC**



Fuente: Departamento de Producción, empresa Module, S. A.

Analizando el diseño a cortar, las patas de la mesa de vacío son las que están marcadas en color celeste, y el top de dicha mesa está marcado en color verde, las patas de la mesa llena se encuentran en la parte interna de las piezas celestes; podrían considerarse como desperdicio, pero en realidad sí serán utilizadas para la otra mesa, al igual que la circunferencia interna del top verde, ya que como se había planteado en el diseño anterior, la mesa con vacío solamente lleva un marco circular, porque se tenían otros planes con top de bronce para la misma.

Figura 46. **Proceso corte y fabricación de mesas**



Fuente: instalaciones de empresa Module, S. A.

Al momento de trabajar las mesas, a la fresadora CNC le tomó 4 minutos y 37 segundos para cortar todas las piezas, como se observa en la imagen superior, y se prosiguió a trabajarlas, según lo necesario. Si se considera hacer de forma manual las mismas mesas, sería justo argumentar que no se obtendrían resultados tan precisos y en tan corto tiempo, donde de las mismas piezas se sacaron todas las partes de las 2 mesas, mientras que haciéndolo de forma manual, llevaría más tiempo y posiblemente se tendría que utilizar más material, ya que al momento de trabajar haciendo los trazos con caladoras, seguramente no se podrían aprovechar de la misma manera los sobrantes internos de la mesa que lleva el vacío.

Como se puede observar, la fresadora CNC permite hacer diseños únicos, innovadores, en menor tiempo y con mejores acabados, proporcionando una alta ventaja competitiva sobre la competencia en el mercado.

Tabla XI. **Análisis FODA de adquisición de fresadora CNC**

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Con este sistema se disminuyen los tiempos de trabajo, disminuyendo tiempos de entrega y la empresa producirá más en menos tiempo. • Aprovechamiento de desperdicio y reducción en costos directos de materia prima. • Aumenta la calidad de los productos y la cantidad que la empresa puede producir. • Servicio sistémico para la empresa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las empresas siempre requieren análisis y automatización de sus procesos productivos. • Atención especializada para cada orden, incrementando la base de datos de plantillas para cualquier tipo de trabajo.
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Implica gran inversión inicial. • Limitación de la empresa a que cuente con la infraestructura necesaria para la implementación de la máquina. • Puede orientar a que mucho del trabajo de corte dependa de esta máquina. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto costo en reparación de maquinaria en caso de fallo. • Que existan errores de operarios al diseñar cortes. • Tardío tiempo en retorno de inversión si se hace un mal plan de recuperación monetaria.

Fuente: elaboración propia.

4.4. ¿Qué empresas poseen esta tecnología?

Hoy en día en Guatemala muchas empresas están buscando automatizar sus procesos, por lo que adquirir máquinas CNC es una excelente opción. La empresa Mecano CNC tiene una larga lista de clientes a quienes les ha vendido

de estas máquinas, entre estas se pueden mencionar a Disteo Group, quienes se dedican a realizar rótulos, gráficos y señalizaciones; EMCO, cuyo giro empresarial y productivo es la elaboración de techos industriales; Grupo AW, que se dedica a la fabricación de puertas, cocinas, closets y zócalos; Muebles Continental, quienes al igual que Module, S. A. se dedican a la fabricación de mobiliario para oficina; Grupo Graf, que trabaja en mobiliario para restaurantes y soluciones en decoración, rótulos e iluminación; sigue la lista con Marmolería Emmanuel, Cala Construcciones, Torpremo, Grupo Miro, entre otros.

Por su parte Modernología también cuenta con una cartera de clientes consagrados, como INMEPRO, Gravoplexi, quienes a su vez son distribuidores de máquinas CNC tipo láser, tales como Tabla, Ticala, Arquitec, Famesa, Grupo RI, Fabricaciones Industriales, entre muchos otros más.

Algunas de estas empresas se desarrollan en la industria del mobiliario, mientras otras en rótulos e iluminación, y el realce que se ha tenido hoy en día es en la industria de metal-mecánica, para las cuales se utilizan CNC tipo plasma o de oxicorte.

Entre las respuestas obtenidas al realizar entrevistas con algunas de estas empresas, se indicó que entre las razones principales para invertir en este tipo de maquinaria se encontraba el querer reducir tiempos y mejorar la calidad en proceso de corte; se contaba con la mano de obra adecuada pero no con maquinaria que ofreciera diversificación en productos y el deseo de reducir gastos, especialmente en desperdicios y reprocesos por errores.

Algunas empresas tienen más de 1 máquina CNC, por lo cual cuando la carga de trabajo es pesada, comparten el volumen de producción en las máquinas para lograr cumplir con las metas trazadas.

Algunas de estas empresas han conocido de esta tecnología en exposiciones y ferias de maquinaria con tecnología de punta, a través de las cuales pudieron conocer las posibilidades que les podían brindar dentro de la industria que se encontraban, por lo que decidieron realizar la inversión para la sistematización en su proceso productivo. Otras empresas cuentan con máquinas de primeras generaciones, y han ido realizándoles mantenimientos, así como adquiriendo máquinas más actualizadas y aprovechando las oportunidades de mejoras sobre las mismas.

5. MEJORA CONTINUA

5.1. Determinación beneficio/costo

Una de las maneras más directas para determinar el beneficio obtenido por esta máquina está en la nueva cartera de diseños que pueden ofrecer a sus clientes, diversificando sus productos y teniendo la posibilidad de incrementar sus volúmenes de producción. Es importante que se modifiquen los precios de los productos que se tienen, agregándoles un costo fijo debido al uso de esta maquinaria para recuperar la inversión.

El Gerente de Producción realizó un análisis a groso modo del costo que representaban los cortes en la fresadora CNC, en comparación con los de las sierras convencionales, teniendo como resultado que, tomando en cuenta la energía eléctrica, las brocas para corte, la inversión de la máquina y otros factores de análisis, más el corte con la CNC, es más alto en costo que con las sierras convencionales. Sin embargo se obtienen otros beneficios que llegan a ser un tanto intangibles en lo que ingresos monetarios corresponde, tales como:

- Reducción y optimización de tiempos de corte, especialmente en series de producción continua de algún volumen alto de determinado producto; de forma más detallada, los que tienen diseños curvos o diseños que se dificultarían hacer con proceso de corte convencional y la influencia de mano de obra humana.
- Automatización y mecanización de los procesos, facilitando el trabajo para el equipo o personal de armado, considerando que a pesar de

poseer esta fresadora CNC, actualmente solo se utiliza el 10 % del tiempo de trabajo en la planta, con un aprovechamiento del 30 % de su potencial.

- Manejo de plantillas o modelos para corte que pueden ser reutilizados para ahorrar el trabajo de diseño, extrayendo únicamente el código G de la base de datos para iniciar el corte nuevamente.

Algo importante que toman en cuenta como un gran beneficio, es el renombre y realce que les da el poder decir que poseen una fresadora CNC, ya que esto da otro estatus como empresa manufacturera, permitiendo ofrecerles a sus clientes diseños únicos y personalizados. El gerente de Producción comenta que han ganado grandes proyectos gracias a que tienen esta máquina, ya que les permitió la fabricación del producto requerido en la misma, teniendo completamente claro que hubiera sido imposible elaborar dichos trabajos si no hubieran tenido la máquina. Para considerar el cálculo de beneficio/costo se deben tomar en cuenta los siguientes datos:

Tabla XII. **Análisis beneficio/costo**

AÑO	INGRESOS	GASTOS
0	Q0.00	Q245 600,00
1	Q108 000,00	Q37 625,00
2	Q110 400,00	Q37 625,00
3	Q112 800,00	Q37 625,00
4	Q116 400,00	Q37 625,00
5	Q120 000,00	Q37625,00
VPN	Q428 183,12	Q388 228,35
	B/C	1,102915642

Fuente: elaboración propia.

Los ingresos se obtienen del monto establecido en el capítulo que incluye la propuesta, al definir el porcentaje asignado de las ventas anuales por el uso de la máquina.

Entre los gastos se considera el monto de mantenimiento anual en el que se incurre, el cual como se presenta más adelante es de Q2 850,00, el monto de cambio de MDF para la mesa de sacrificio que es de Q325,00, aceites y lubricantes que son utilizados para el mantenimiento diario de la máquina, cuyo costo es de Q150,00 y el sueldo del operario de la máquina, que aproximadamente es de Q2 450,00 con sus bonificaciones y aguinaldos incluidos.

Al observar que el análisis beneficio/ costo representa un valor mayor que 1, puede confirmarse que se trata de un proyecto rentable, en donde no solo se recupera la inversión en menos de 3 años, como se había presentado anteriormente en el capítulo de la propuesta, sino que mientras está en funcionamiento, a pesar de los gastos de operación en que se incurrió por el uso de la máquina, con los ingresos percibidos por esta, se obtienen incluso ganancias sobre la misma.

5.2. Seguimiento de uso y mantenimiento de maquinaria

Ya que la empresa Module, S. A. ofrece producto personalizado, hecho a la medida y requerimientos del cliente, se maneja una gran variedad de plantillas de corte, siendo estas de aproximadamente 1600.

Son muy pocas las trayectorias de corte que se reutilizan, ya que los diseños pueden variar desde las medidas, hasta las formas y grosores del material a cortar.

Muchas veces se adquieren grandes máquinas o herramientas en una empresa, pero no se le da un seguimiento adecuado sobre su uso y un apropiado plan de mantenimiento; se trabaja únicamente bajo un mantenimiento correctivo, el cual ocurre cuando alguna pieza o mecanismo falla en la máquina, ocasionando paro en la misma, en lugar de manejar un plan de mantenimiento preventivo, el cual proporciona un tiempo de vida más alto.

Se manejan 2 tipos de mantenimientos para la máquina:

- Diario: este se realiza cada día, antes de encender la máquina para trabajar, lubricando los rieles hexagonales sobre los cuales se desplazan los brazos y el cabezal o husillo de la máquina. En este mantenimiento se realizan las siguientes actividades:
 - Se limpian las cremalleras para evitar que se contamine con polvillo o aserrín del mismo desperdicio que se genera por los cortes.
 - Se revisa la superficie de la mesa de sacrificio, observando que no haya piezas u objetos que puedan obstruir las trayectorias de corte o quedar debajo de las planchas que se cortarán.
 - Es necesario también limpiar el filtro de la bomba de vacío, eliminando todas las impurezas y el polvo que pueda haber quedado después de realizar los cortes del día anterior.
 - Dentro de las limpiezas se recomienda revisar el extractor de polvo periódicamente, ya que este irá acumulando los residuos de polvo de los cortes que se hayan hecho.


- Es importante mantener el área donde se encuentra la máquina limpia, ya que si esta se encuentra con sobrantes de melamina o excesos de aserrín sobre el suelo, puede ocasionar algún accidente para el operario de la máquina.

- Semestral: la empresa Mecano, con quienes fue adquirida la máquina, recomienda un mantenimiento semestral, o bien, a las 1 000 horas de uso de la máquina, las cuales se pueden medir en el software de Match 3, en el submenú “*Operator*” y la opción “*Maintenance Time*”. Algo principal que debe ser revisado periódicamente es el desgaste de la mesa de sacrificio, ya que esta, a lo largo del tiempo irá perdiendo la superficie sobre la cual se colocan las planchas de melamina, y por seguridad al momento de cortar, siempre se programa que el corte pase aproximadamente 1 o 2 milímetros más del grosor de la plancha que se desee cortar, generando desgaste y trayectorias que quedan grabadas sobre la plancha de MDF que sirve como mesa; al ser demasiado el desgaste que se tiene, provoca que se pierda la sujeción de las planchas de melamina, ya que genera fugas en la succión de aire de la bomba de vacío.

La cotización de mantenimiento que la empresa Mecano CNC proporciona se da a conocer en la siguiente figura:

Figura 47. Cotización de mantenimiento para CNC

18 Junio 2014
Guatemala, CA
Mantenimiento



Mecano CNC

Mantenimiento Router CNC M2

<p>Comprador: Modúlesa 33 Avenida 4-82, Zona 4 Mixco, Bosques de San Nicolás 01007 Guatemala Contacto: Señor Gutiérrez gerencia@mecosamodulares.com lorevertomejor@gmail.com Tel: 22024500 Cel: 41281771</p>	<p>Proveedor: Mecano CNC Km 30 ruta a la Antigua Guatemala San Lucas Sacatepequez 03008 Guatemala Contacto: Jose Moran Cel: +(502) 55475629 Tel: +(502) 78304343</p>
---	---

Esta orden de compra es hecha entre el comprador y el proveedor, en la cual el comprador acepta realizar la compra, y el proveedor acepta realizar la venta de los bienes, de acuerdo a los términos siguientes:

1. Términos y condiciones:

- a. Pago al contado. 100% contra entrega del servicio.
- b. Fecha de entrega: Inmediatamente

2. Bienes:

Cantidad	Descripción	Precio
1	Servicio de Mantenimiento preventivo para maquina CNC Router modelo M3 (recomendable cada 5-6 meses): a.) Sistemas mecanicos b.) Sistemas electricos c.) Sistemas electronicos	GTQ2,850.00
TOTAL		GTQ2,850.00

Fuente: archivos de empresa Mecano CNC.

En este mantenimiento se revisan los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos, teniendo a continuación una descripción de los mismos.

Figura 48. Descripción de mantenimiento de sistemas mecánicos

Esta orden de mantenimiento consta de:

Sistemas Mecánicos:

Actividad	Chequeo	Check	Observaciones
Revisión de transmisiones	<ul style="list-style-type: none"> a. Uniformidad de dientes en piñones y cremalleras ejes X, Y, Z. b. Cantidad de backlash. c. Castigadores d. Cremallera e. Paralelismo entre engranaje y cremalleras 		<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
Revisión de tornillo ACME	<ul style="list-style-type: none"> a. Limpieza del tornillo y la medida. b. Seguros y fijación a cojinetes c. Castigador del acople flexible 		<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
Revisión de rodamientos	<ul style="list-style-type: none"> a. Paralelismo de carrileras y verificar escuadra b. Uniformidad en la superficie de rodamientos c. Topes 		<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
Sistema de refrigeración	<ul style="list-style-type: none"> a. Flujo de la bomba b. Acoples de las mangueras c. Nivel de refrigerante 		<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
Sistema de fijación al vacío	<ul style="list-style-type: none"> a. Revisión del consumo de corriente de la bomba b. Limpieza de Turbina y limpieza del filtro 		<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

Fuente: archivos de la empresa Mecano CNC.

Figura 49. Descripción de mantenimiento de sistemas eléctricos

Sistemas Electricos:

Actividad	Chequeo	Check	Observaciones
Revisión de borneras	a. Terminales b. Tornillos c. Fijación al gabinete		_____ _____ _____
Tarjeta aisladora	a. Tornillos castigadores b. Cable paralelo c. Voltaje de alimentación (5V)		
Drivers	a. Temperatura de operación (<40C) b. Temperatura de motores (<70C)		
Variador de frecuencia	a. Revisar que la frecuencia este entre 200 y 400Hz b. Revisar el parametro 142, corriente maxima en 4.0		

Fuente: archivos de la empresa Mecano CNC.

Figura 50. Descripción de mantenimiento de sistemas electrónicos

Sistemas Electronicos/Software:

Actividad	Chequeo	Check	Observaciones
Configuración motores	a. Aceleración b. Velocidad c. Jogging Speed d. Revisar en el variador el parametro P142 en 4.5Amperios		_____ _____ _____ _____
Configuración Mach3	a. Reset b. Open GCode File c. Execute d. Pause e. Stop		_____ _____ _____ _____

Fuente: archivos de la empresa Mecano CNC.

5.3. ¿En qué industria es mejor aplicable dicha tecnología?

Por la naturaleza de esta tecnología, se puede decir que puede ser aplicable casi a cualquier tipo de industria, siempre y cuando posea un proceso de manufactura, donde las piezas que se trabajen puedan ser diseñadas y programadas. Es muy difícil determinar en cuál tipo de industria es más y mejor aplicable, ya que esto dependerá esencialmente del uso y efectividad que se le dé a la misma en los campos determinados. Si una empresa manufacturera de muebles logra obtener la mayor efectividad y productividad de la máquina, se habrá logrado alcanzar los objetivos de adquisición de la misma, así también puede ocurrir en la industria textil, industria de publicidad, entre otros.

Ahora bien, según comentarios de muchas personas que poseen esta tecnología, se cree que está teniendo bastante auge en la industria metal-mecánica, donde usualmente se trabaja con CNC tipo plasma o *water jet*. El punto principal de adquirir una máquina como estas es optimizar el proceso productivo, por lo que se buscará una mejor planificación, donde se logren recuperar tiempos muertos y de ocio, así como obtener mejores resultados; cualquier industria que busque una optimización en su línea productiva, y que cuente con la disponibilidad y pasión por la mejora constante, logrará recuperar su inversión en poco tiempo, y obtener resultados que reflejen esa mejora de manera notable.

5.4. Entrevistas con proveedores de dicha maquinaria

Se tuvo la oportunidad de entrevistar al Ing. José Morán de Mecano CNC y al Ing. Luis Fernando Santiago de Modernología, para conocer sus puntos de vista respecto de este tipo de tecnología, a quienes se les agradece su profesionalismo y los conocimientos brindados.

El objetivo principal de las entrevistas es dar a conocer la tecnología CNC desde un aspecto técnico, profesional y desde el punto de vista de los proveedores de las máquinas, resolviendo algunas dudas comunes sobre estas.

Una pregunta importante de saber es si se necesita algún tipo de póliza para contar con una máquina de este tipo, a lo cual el Ing. Santiago informa que no es necesario, solamente se debe pagar el IVA por el producto adquirido y es útil que la empresa esté registrada como Importadores, ya que al menos en el caso de Modernología, ellos reciben las piezas por parte de la empresa madre MultiCAM, como se había indicado, por lo que deben importar las piezas necesarias, y a través de estas ensamblar las máquinas.

Al preguntarle al Ing. Morán sobre si es necesaria la maquinización de los procesos respondió: “es muy necesaria, ya que industrializa el país y es la base del proceso industrial, lo cual genera automatización y desarrollo del trabajo, brindando oportunidades de mejora para las empresas que la poseen”.

Al hacer referencia al tema de beneficio/costo, ambos ingenieros tienen un punto de vista que se centraliza en distintos factores a analizar, por ejemplo, el Ing. Santiago comenta que este se centra en aspectos como “mayor exactitud en cortes, reducción considerable de desperdicios, depende de menor gente para el proceso de corte, por lo que se tiene únicamente al personal necesario para dicha área”; mientras que el Ing. Morán se enfoca en los costos, al señalar que: “con una máquina económica el beneficio se encuentra en los diseños, se puede vender más caro por la diversificación, mientras que con una máquina cara, considerando de más de \$50,000,00, el beneficio se observa en el volumen y la productividad obtenida”, ya que tiene mayor potencia e índices de trabajo altos.

Según el Ing. Morán “el mayor problema de por qué no se desarrolla la industria en Guatemala es porque no hay un mayor nivel técnico, tendiendo solo a la teoría, ya que no enseñan a pensar al operario”. Como se ha dicho anteriormente, en Guatemala no hay instituciones que enseñen cómo operar una máquina CNC, existen solamente ciertos cursos que pueden llevarse para aprender sobre modelado en 2D y 3D, y cómo utilizar ciertos *softwares*, pero estos no son respaldados con la práctica operacional sobre una CNC.

En los anexos se pueden encontrar las entrevistas puntuales realizadas a los proveedores.

CONCLUSIONES

1. Una fresadora CNC permite hacer diseños únicos e innovadores en menor tiempo y con mejores acabados, proporcionando una alta ventaja competitiva sobre la competencia en el mercado.
2. Cuando se considera la adquisición de una nueva máquina se debe pensar en si se cuenta con las instalaciones, espacios, y características necesarias para poder llevar a cabo la implementación de la misma.
3. La adaptación e implementación de una nueva máquina dentro de una planta de producción conlleva a la reorganización e inducción de nuevas técnicas de trabajo, la CNC aumentará la productividad.
4. Una de las maneras más directas para determinar el beneficio obtenido por esta máquina está en la nueva cartera de diseños que pueden ofrecer a sus clientes, diversificando sus productos y teniendo la posibilidad de incrementar sus volúmenes de producción.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda tener muy claro el tipo de proyecto que se desea desarrollar y saber qué tipo de trabajo se va a llevar a cabo con la máquina, para establecer las características útiles y necesarias con las que deba contar la misma.
2. Se exhorta a la empresa interesada investigar a profundidad al proveedor con el cual se piensa comprar la máquina, poder establecer contacto con empresas que ya han trabajado con ello y recibir comentarios sobre su experiencia; de esta manera se podrá saber si se tendrá un respaldo seguro y confiable, no solo al momento de la adquisición sino también para un buen seguimiento y asesoramiento futuro.
3. Si se piensa hacer una inversión fuerte es aconsejable establecer parámetros de recuperación del capital invertido, para que de esta manera pueda cuantificarse y evaluarse la efectividad de la misma, conocer el tiempo de retorno real y de manera precisa determinar los índices principales bajo los cuales considerar la ganancia obtenida por la adquisición de la máquina.
4. Es apropiado tener una visión de aprovechamiento y desarrollo que no solamente se centre en el giro productivo de la empresa, sino considerar nuevas opciones o líneas productivas, bajo las cuales la fresadora CNC pueda contribuir en nuevos ingresos, los cuales generen diversificación de productos y mayor realce empresarial.

5. Es recomendable que se cuente con una persona capaz, con experiencia y con una visión amplia para su uso, ya que el mejor aprovechamiento de la máquina se encuentra en las capacidades y conocimientos que tenga el operario para aplicarlos.

6. Para el caso de compra y restauración de brocas de corte, se recomienda buscar una empresa que sea distribuidora directa de la marca con la que se piense trabajar, entre estas *Amana Tool*, *Timberline*, entre otros; de esta manera los costos serán más bajos, ya que no se trabajará con intermediarios.

BIBLIOGRAFÍA

1. ARANA GARCÍA, Jorge Mario. *Guía para el laboratorio de maquinado CNC*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010. 365 p.
2. ARROYO CHOC, Criselda Alcira. *Control de calidad en la línea de producción en la fabricación de muebles de madera en la industria de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1998. 218 p.
3. AYERDI BARDALES, Víctor Hugo. *Diseño y desarrollo de un sistema de control de calidad en una fábrica de muebles*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1998. 71 p.
4. HERRARTE CALDERÓN, Gustavo Adolfo. *Guía para el uso eficiente y el mantenimiento de herramienta, maquinaria y equipo de carpintería de la empresa Construmaderas*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 157 p.
5. LÓPEZ PARDO, Julio Roberto. *El control de calidad en la mediana industria de fabricación de muebles de madera*. Trabajo de graduación de Lic. en Ciencias Económicas, Universidad de San

Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas, 2005.
130 p.

6. LÓPEZ PATAL, Jorge Giovanni. *Evaluación financiera en un proyecto de inversión en maquinaria y equipo para el proceso productivo de una industria farmacéutica nacional*. Trabajo de graduación de Lic. en Ciencias Económicas, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas, 2011. 143 p.
7. MALDONADO OROZCO, Carlos Ramón. *Programación de la fresadora CNC*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1999. 141 p.
8. MORENO ESQUITE, Edgar René. *Guía para la operación y programación del torno de control numérico computarizado del Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, noviembre, 2012. 231 p.
9. PÉREZ IXCHOP, Gonzalo. *Control de la producción para una pequeña empresa de carpintería*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1981. 122 p.
10. RUIZ HERNÁNDEZ, Víctor Manuel. *Fabricación de moldes en un centro de maquinado vertical CNC*. Trabajo de maestría en Ingeniería de Mantenimiento, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 38 p.

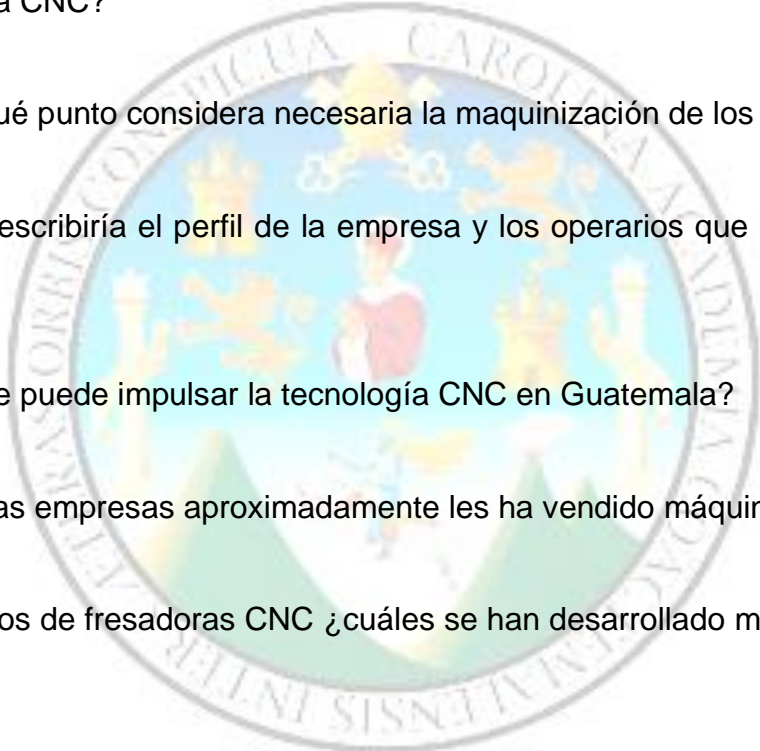
11. SÁNCHEZ, Armando, *Principios de control numérico computarizado (CNC)*. [en línea]. <<http://itstepeaca.edu.mx/emagazine/vol1,%20num%201/CNC1.pdf>>. [Consulta: 1 de marzo de 2014].
12. *Tecnología CNC o control numérico*. [en línea]. <<http://todoproductividad.blogspot.com/2008/02/tecnologa-cnc-o-control-numrico.html>>. [Consulta: 1 de marzo de 2014].
13. YANES VÁSQUEZ, Sergio Antonio. *Consideración para la programación y manejo de los equipos de corte CNC en lámina de acero negro (ASTM a-36)*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000. 65 p.
14. WONG. *Control numérico CN*. [en línea]. <http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_mecanica/controlnumericocnc/>. [Consulta: 1 de marzo de 2014].

APÉNDICES

Apéndice 1. Encuesta a empresa que provee la tecnología CNC

- Nombre de la empresa:
- Nombre de entrevistado:
- Puesto que desempeña:
- ¿Cuál considera usted que es la importancia de la tecnología CNC en la industria?
- ¿Se necesitan pólizas o permisos para poseer una máquina con esta tecnología?
- ¿Capacidades o ventajas tecnológicas que proporciona a la empresa?
- ¿Cómo describiría el desarrollo de la CNC en Guatemala?
- ¿En qué industria se acopla mejor esta tecnología?
- ¿Cuáles consideraría que son las desventajas o dificultades de esta tecnología?
- ¿Cómo se podría medir la comparación de beneficio/costo con la adquisición de esta máquina?

Continuación del apéndice 1.

- 
- ¿Qué tan atrasados considera que estamos en Guatemala en cuanto a la tecnología CNC?
 - ¿Hasta qué punto considera necesaria la maquinización de los procesos?
 - ¿Cómo describiría el perfil de la empresa y los operarios que manejen una CNC?
 - ¿Cómo se puede impulsar la tecnología CNC en Guatemala?
 - ¿A cuántas empresas aproximadamente les ha vendido máquinas CNC?
 - De los tipos de fresadoras CNC ¿cuáles se han desarrollado más dentro del país?
 - ¿Algún comentario o pensamiento personal sobre esta tecnología y su aplicación en la industria?

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Encuesta a empresa que posee la tecnología CNC

- Nombre de la empresa:
- Nombre de entrevistado:
- Puesto que desempeña:

- ¿Cuándo adquirieron su máquina CNC?
- ¿Cómo conocieron de esta tecnología?
- ¿Qué les impulsó a invertir en la misma?
- ¿Qué tipo de torno/fresadora CNC posee?
- ¿Qué porcentaje de aprovechamiento considera que se le da a la máquina?
 - a) 5-20 %
 - b) 21-40 %
 - c) 41-60 %
 - d) 61-80 %
 - e) 81-100 %

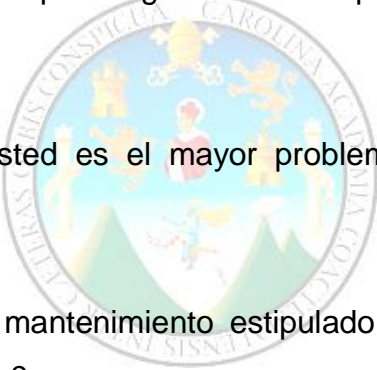
- ¿Cuáles resultados ha logrado obtener con la máquina?
 - a) Aumento de la productividad
 - b) Optimización de tiempo y recursos
 - c) Disminución de desperdicios
 - d) Producto con menos defectos

Continuación apéndice 2.

e) Disminución de la mano de obra directa

- ¿De qué manera ha cambiado su proceso de producción con el uso de esta máquina?
- ¿Cómo reaccionó su personal de planta ante la adquisición de esta máquina?
- ¿Ya contaba con un operario propuesto para la máquina o este ingresó a su empresa luego de su adquisición?
- ¿Cómo midieron las capacidades y características para el operario?
- ¿Dentro de los siguientes rangos salariales, en cuál aproximadamente se encuentra el del operario de la máquina?
 - a) Sueldo mínimo
 - b) Q3,000 – Q5,000
 - c) Q5,100 – Q7,000
 - d) Más de Q7,000
- ¿Cree usted que la tecnología CNC representa el futuro en la industria manufacturera del país?
- ¿Cómo consideraría usted que sería bueno dar a conocer esta tecnología?

Continuación apéndice 2.

- 
- ¿Pensaría usted en adquirir alguna otra maquinaria con esta tecnología para su empresa?
 - ¿Cuál consideraría usted es el mayor problema que puede causarle la máquina?
 - ¿Poseen un plan de mantenimiento estipulado con alguna empresa o lo hacen ustedes mismos?

Fuente: elaboración propia.

