



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA**

Proyecto de Investigación previo  
a la obtención del título de  
Ingeniero Mecánico.

**Título del Proyecto de Investigación:**

“DISEÑO DE UNA CANTEADORA PARA MADERA DE CUATRO  
CUCHILLAS CON SISTEMA DE CHUMACERAS PARA LA  
“EBANISTERÍA HERMANOS CONGO”, EN LA CIUDAD DE  
QUEVEDO, AÑO 2015”

**Autor:**

Jorge Luis Congo Cervantes

**Director de Proyecto:**

Ing. M.Sc. Milton Alexander Peralta Fonseca

**Quevedo – Los Ríos - Ecuador.**

**2015**



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Jorge Luis Congo Cervantes**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**Jorge Luis Congo Cervantes**



## CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

El suscrito, Ing. M.Sc. Milton Peralta, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante Jorge Luis Congo Cervantes, realizó el Proyecto de Titulación de grado titulado “DISEÑO DE UNA CANTEADORA PARA MADERA DE CUATRO CUCHILLAS CON SISTEMA DE CHUMACERAS PARA LA “EBANISTERÍA HERMANOS CONGO”, EN LA CIUDAD DE QUEVEDO, AÑO 2015”, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico , bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

---

**Ing. M.Sc. Milton Alexander Peralta Fonseca**  
**DIRECTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN**



## CERTIFICACIÓN URKUND

Quevedo, Diciembre 01 del 2015

Sr.

Ing. Jorge Murillo Oviedo, MSc.

DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA DE LA UTEQ

En su despacho.

De mi consideración.-

Por medio de la presente me permito certificar, que el Sr. **CONGO CERVANTES JORGE LUIS**, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica, una vez que se revisó el proyecto de investigación titulado, **DISEÑO DE UNA CANTEADORA PARA MADERA DE CUATRO CUCHILLAS CON SISTEMA DE CHUMACERAS PARA LA “EBANISTERÍA HERMANOS CONGO”, EN LA CIUDAD DE QUEVEDO, AÑO 2015**. Tengo a bien informar que se realizó la revisión respectiva por medio del sistema Urkund, con un porcentaje favorable del 2%, cumpliendo con el reglamento de Graduación de Estudiantes de Pregrado y la Normativa establecida por la Universidad.

Por la aprobación que se sirva dar a la presente, quedo ante usted muy agradecido.

Atentamente,

Ing. Milton Peralta Fonseca, MBA

**Director de Proyecto Subrogante**

**CC. Archivo.**

Se adjunta imagen del sistema **Urkund**

URKUND	
<b>Document</b>	<a href="#">PROYECTO URKUND.docx</a> (D16493616)
<b>Submitted</b>	2015-12-01 11:42 (-05:00)
<b>Submitted by</b>	jorge_congo@yahoo.com
<b>Receiver</b>	mperalta.uteq@analysis.arkund.com
<b>Message</b>	PROYECTO FINAL DEL SEÑOR EGRESADO JORGE CONGO <a href="#">Show full message</a>
	2% of this approx. 26 pages long document consists of text present in 5 sources.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

**“DISEÑO DE UNA CANTEADORA PARA MADERA DE CUATRO CUCHILLAS  
CON SISTEMA DE CHUMACERAS PARA LA “EBANISTERÍA HERMANOS  
CONGO”, EN LA CIUDAD DE QUEVEDO, AÑO 2015”**

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de  
Ingeniero Mecánico.

Aprobado por:

\_\_\_\_\_  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE PROYECTO

Ing. Najarro Quintero Rodolfo

\_\_\_\_\_  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE PROYECTO

Ing. Córdor Velásquez Javier

\_\_\_\_\_  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE PROYECTO

Ing. Moreira Macías Robert

QUEVEDO – LOS RIOS – ECUADOR

2015

## **Agradecimiento**

Este es el esfuerzo logrado a lo largo de la trayectoria de mi carrera profesional, por eso le agradezco al Ing. M.Sc. Luis Gabriel Pico Saltos y a todos los docentes de la carrera de Ingeniería Mecánica que con sus conocimientos plasmaron la culminación de mi trabajo de investigación.

A Dios por sus bendiciones para mantenerme al pie de la lucha, mis padres pilar fundamental y a toda mi familia que estuvieron ahí brindándome su apoyo incondicional.

**Jorge Luis Congo Cervantes**

## **Dedicatoria**

Este proyecto de investigación se lo dedico a Dios y a mis padres. A Dios por ser el padre celestial que ha estado conmigo incondicionalmente, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento de mi inteligencia y capacidad. Es por ellos que soy lo que soy ahora. Los amo con mi vida.

**Jorge Luis Congo Cervantes**

## **Resumen Ejecutivo**

El siguiente trabajo de titulación, aborda sobre la labor de darle a la madera un mejor acabado en el proceso de fabricación de muebles. Centrándose en el desarrollo de nuevas tecnologías, con miras a mejorar la actividad artesanal, el cual se resume en siete capítulos:

Capítulo 1, fundamenta la investigación, planteando la necesidad de adquisición de nuevos equipos para el labrado de la madera con mejores tecnologías. Encaminando los objetivos al diseño de esta máquina canteadora, de tal manera, se justifica que en la actualidad los talleres artesanales tienen un bajo rendimiento con las máquinas existentes. Capítulo 2, detalla conceptos y términos utilizados en el labrado de la madera, como también el funcionamiento de los elementos mecánicos de la canteadora. Capítulo 3, trata sobre la localización de implementar este diseño, con la respectiva metodología de investigación, para que ésta adopte un diseño experimental, que establece el efecto desde el funcionamiento de la máquina canteadora. Capítulo 4, el propósito de realizar el estudio de campo es, con la finalidad de determinar los parámetros y requerimientos de diseños de elementos de mecánicos. Además se presentan los respectivos análisis realizados en los softwares de Mdsolids, Autocad y Solidworks. Con la determinación de un estudio económico, se demuestra que al implementar éste diseño, la ejecución es viable. Finalizando con la respectiva discusión, donde tendrán realce las conclusiones y recomendaciones correspondientes. Capítulo 5, conclusiones y recomendaciones que son reflejadas de las observaciones realizadas a lo largo de la investigación. Capítulo 6 y 7, se detallan la bibliografía que hizo posible la investigación y los anexos respectivamente.

**Palabras clave:** Madera, Tecnologías, Labrado, Artesanal, Canteadora, Máquina, Software, Mdsolids, Solidworks, Autocad

## **Abstract and keywords**

The following present work of qualification, it addresses on the work of wood give a better finish in the furniture making process. Focusing the development of new technologies with a view to improving the craft, which is summarized in seven chapters:

Chapter 1, supports research, considering the need to purchase new equipment for the carving of wood with better technologies. Routing the objectives to the design of this machine, in such a way, is justified now craft workshops have a low performance with existing machines. Chapter 2, describes concepts and terms used in the carving of wood, as also the functioning of the mechanical elements of the Edger. Chapter 3, discusses the location of deployed to this design, with the respective research methodology is to adopt an experimental design, which sets the effect from the operation of the edging machine. Chapter 4, the purpose of the study of field, is in order to determine the parameters and requirements of designs of mechanical elements. In addition are the respective analyses performed in Mdsolids, Autocad and Solidworks software. The determination of an economic study demonstrates that to implement this design, the execution is viable. Ending with the respective discussion, where they have enhance the conclusions and corresponding recommendations. Chapter 5, conclusions and recommendations which are reflected the observations made during the investigation. Chapter 6 and 7, detailed bibliography which made possible the research and annexes respectively.

Wood; Craftsman; Technology; Planer; Carved; Machine.

## Tabla de contenido.

Declaración de autoría y cesión de derechos-----	II
Certificación de culminación del proyecto de titulación-----	III
Certificación urkund-----	IV
Agradecimiento-----	VI
Dedicatoria -----	VII
Resumen ejecutivo -----	VIII
Abstract and keywords -----	IX
Tabla de contenido. -----	X
Índice de figuras -----	XIII
Índice de tablas -----	XV
Índice de anexos-----	XV
Índice de ecuaciones -----	XVI
Simbología-----	XVII
Código dublin-----	XVIII
<b>CAPÍTULO I-----</b>	<b>1</b>
<b>CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN -----</b>	<b>1</b>
1.1. <i>Introducción.</i> -----	2
1.2. <i>Problema de investigación.</i> -----	2
1.2.1.    Planteamiento del problema.-----	2
1.2.1.1.    Diagnóstico.-----	3
1.2.2.    Pronóstico.-----	3
1.2.3.    Formulación del problema.-----	3
1.2.4.    Sistematización del problema.-----	3
1.3. <i>Objetivos.</i> -----	4
1.3.1.    Objetivo general.-----	4
1.3.2.    Objetivos específicos.-----	4
1.4. <i>Justificación.</i> -----	4
<b>CAPITULO I FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN-----</b>	<b>6</b>
2.1. <i>La madera.</i> -----	7
2.2. <i>Propiedades de la madera.</i> -----	7
2.2.1.    Anisotropía.-----	7
2.2.2.    Resistencia.-----	8
2.2.3.    Flexibilidad.-----	8
2.2.4.    Dureza.-----	8
2.2.5.    Peso específico o densidad.-----	9
2.2.6.    Conductividad térmica.-----	9
2.3. <i>La madera en el Ecuador.</i> -----	9
2.4. <i>Aserrado.</i> -----	10
2.5. <i>Canteadora o planeadora.</i> -----	10

2.6.	<i>Partes de la canteadora.</i>	11
2.7.	<i>Partes del arbol porta cuchillas.</i>	13
2.8.	<i>Cuchillas de canteadora.</i>	14
2.9.	<i>Selección de cuchillas para el cepillado.</i>	16
2.10.	<i>Sujeción de las cuchillas.</i>	16
2.11.	<i>Regla de tope.</i>	17
2.12.	<i>Tecnología de la canteadora.</i>	19
2.13.	<i>Aplanado y achaflanado de cantos en la máquina canteadora.</i>	22
2.14.	<i>Corte con cuchilla.</i>	28
2.15.	<i>Acero AISI 1018 (Acero de construcción)</i>	31
2.15.1.	Descripción.	31
2.15.2.	Características.	31
2.15.3.	Aplicaciones.	31
2.15.4.	Propiedades Mecánicas.	31
2.15.5.	Propiedades químicas	32
2.16.	<i>Acero ASTM A36 (Estructural).</i>	32
2.16.1.	Aplicaciones.	33
2.16.2.	Propiedades mecánicas del acero ASTM A36.	33
2.16.3.	Propiedades químicas del acero ASTM A36	33
2.17.	<i>Rodamientos.</i>	34
2.17.1.	Componentes.	35
2.17.2.	Selección de Rodamientos.	37
2.17.3.	Selección del tamaño del rodamiento.	37
2.17.4.	Capacidad de carga dinámica.	38
2.17.5.	Capacidad de carga estática.	38
2.17.6.	Vida.	38
2.17.7.	Vida nominal requerida.	39
2.18.	<i>Chumaceras.</i>	40
CAPITULO II	<b>MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.</b>	41
3.1.	<i>Localización.</i>	42
3.2.	<i>Tipo de investigación.</i>	42
3.3.	<i>Métodos de investigación.</i>	42
3.4.	<i>Fuente de recopilación de información.</i>	43
3.5.	<i>Diseño de la investigación.</i>	43
3.6.	<i>Instrumentos de investigación.</i>	43
3.7.	<i>Tratamientos de los datos.</i>	43
3.8.	<i>Recursos humanos y materiales.</i>	44
3.8.1.	Recursos humanos.	44
3.8.2.	Recursos de investigación.	44
3.8.3.	Recursos materiales para el diseño.	44
CAPÍTULO IV	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	45
4.1.	<i>Resultados</i>	46
4.1.1.	Diseño y selección de los elementos del diseño.	46
4.1.1.1.	Diseño del eje porta cuchillas.	46
4.1.1.2.	Determinación de la fuerza de corte en cabezal:	47
4.1.1.3.	Cálculo del par de torsión del cabezal	50
4.1.1.4.	Cálculo de fuerzas producidas por las bandas	51

4.1.1.4.1.	Calculo de reacciones en el plano x-y -----	53
4.1.1.4.2.	Diagrama de cortante y momento flector en el programa MDsolids. ----	54
4.1.1.4.3.	Cálculo de reacciones en el plano x-z-----	55
4.1.1.4.4.	Diagrama de cortante y momento flector en el programa MDsolids. ----	56
4.1.1.5.	Selección de rodamientos para el eje. -----	60
4.1.2.	Determinación de la sección apropiada de bandas.-----	61
4.1.2.1.	Longitud de la banda. -----	62
4.1.2.2.	Determinación del número de bandas. -----	63
4.1.3.	Selección de cuchilla para la canteadora. -----	64
4.1.4.	Diseño del bastidor de la máquina. -----	65
4.1.4.1.	Análisis del bastidor-----	66
4.1.5.	Diseño del carro de la máquina -----	72
4.1.5.1.	Análisis del carro de la mesa -----	72
4.1.6.	Diseño de la mesa-----	78
4.1.6.1.	Análisis de la mesa -----	78
4.1.7.	Estudio técnico-económico del proyecto. -----	82
4.1.7.1.	Costos de materiales-----	83
4.1.7.2.	Costo de maquinaria-----	84
4.1.7.3.	Costo de mano de obra-----	84
4.1.7.4.	Costos de ingeniería. -----	85
4.1.7.5.	Estudio económico -----	85
4.1.7.5.1.	Flujo de efectivo -----	85
4.1.7.5.2.	Análisis comparativo-----	86
4.1.7.5.3.	La tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR). -----	87
4.1.7.5.4.	Valor Actual Neto (VAN). -----	88
4.1.7.5.5.	Tasa Interna de Retorno (TIR).-----	89
4.1.7.5.6.	Índice de beneficio/costo (B/C). -----	90
4.1.7.5.7.	Indicadores económicos. -----	91
4.1.8.	Manual de operación. -----	92
4.1.9.	Plan de mantenimiento. -----	93
4.1.10.	Estudio de los diferentes mecanismos que conforman la máquina. -----	94
4.2.	<i>Discusión.</i> -----	95
CAPITULO V	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	96
5.1.	<i>Conclusiones.</i> -----	97
5.2.	<i>Recomendaciones.</i> -----	98
CAPITULO VI	BIBLIOGRAFÍA -----	99
CAPITULO VII	ANEXOS -----	102
PLANOS	-----	119

## Índice de Figuras

2.1.	Tendencia a nivel nacional del volumen, superficies y programas autorizados para 2007-2010 -----	10
2.2.	Partes de la canteadora -----	12
2.3.	Partes del árbol portacuchillas. -----	14
2.4.	Cuchillas para cepilladora: a) para árboles redondos de seguridad con sujeción con ranuras. B) para árboles porta cuchillas de sección cuadrada, con sujeción por tornillos. C) lo mismo que en b) pero en ejecución más robusta. -----	15
2.5.	Esquema de los labios de las mesas pegados cerca a la circunferencia del eje. -	15
2.6.	Sujeción de las cuchillas -----	16
2.7.	Ajuste de la regla a 90°.-----	18
2.8.	Ajuste de la regla a 45°.-----	18
2.9.	Labrado de un tablón con apoyo de las reglas. -----	19
210.	Aplanado, mientras que el árbol portacuchillas permanece cubierto por la parte no utilizada -----	20
2.11.	Cepillado a mano. -----	21
2.12.	Cepillado a maquina con cuchillas rotativas. -----	21
2.13.	Comprobación de la posición de la mesa de la canteadora-----	22
2.14.	Las fibras de la madera inclinadas hay que cortarlas viniendo de su lado dorsal. -----	23
2.15.	Aplanado de los cantos.-----	23
2.16.	A) la mesa de salida está por encima de la arista superior del cilindro descrito por las cuchillas, la pieza choca con la mesa. B) la mesa de salida está por debajo de la arista superior descrita por los filos de las cuchillas, la pieza resulta socavada por las cuchillas.-----	24
2.17.	La presencia de señales fuertemente marcadas por las cuchillas indica una excesiva rapidez en la pasada. -----	25
2.18.	Superficie bien cepillada: esto indica un avance correcto y el uso de cuchillas bien afiladas -----	26
2.19.	Pasos de las cuchillas aumentados: a) avance demasiado rápido, b) avance correcto-----	27
2.20.	Sugerencias de trabajar con maderas delgadas. -----	27
2.21.	A. Geometría, b. Reacción de la madera al ataque del útil, c. Esfuerzo de corte. -----	28
2.22.	Ubicación de los entrehierros a. Profundidad de paso b. Hierros -----	30
2.23.	Influencia de la altura del corte en la calidad del mecanizado-----	30
2.24.	Partes de un rodamiento.-----	36

2.25.	Partes de una chumacera-----	40
4.1.	Medidas del eje en mm-----	46
4.2.	Ángulo de contacto de las cuchillas -----	48
4.3.	Fuerzas producidas por la transmisión de potencia por poleas-----	51
4.4.	Fuerzas aplicadas en el eje -----	52
4.5.	Diagrama de cuerpo libre de plano x-y -----	53
4.6.	Diagrama de cortante y momento flector en el plano x-y -----	54
4.7.	Diagrama de cuerpo libre de plano x-z-----	55
4.8.	Diagrama de cortante y momento flector en el plano x-----	56
4.9.	Esquema del dimensionamiento de centros entre poleas -----	62
4.10.	Dimensiones del bastidor -----	65
4.11.	Detalles de las cargas-----	67
4.12.	Análisis estático de tensión de von mises -----	68
4.13.	Análisis estático de desplazamiento -----	69
4.14.	Análisis estático deformaciones unitarias -----	70
4.15.	Análisis estático factor de seguridad -----	71
4.16.	Dimensiones del carro de la mesa-----	72
4.17.	Detalles de las cargas -----	73
4.18.	Análisis estático de tensión de von mises -----	74
4.19.	Análisis estático de desplazamiento -----	75
4.20.	Análisis estático deformaciones unitarias -----	76
4.21.	Análisis estático factor de seguridad -----	77
4.22.	Dimensiones de la mesa -----	78
4.23.	Detalles de las cargas-----	78
4.24.	Análisis estático de tensión de von mises -----	79
4.25.	Análisis estático de desplazamiento -----	80
4.26.	Análisis estático deformaciones unitarias -----	81
4.27.	Análisis estático factor de seguridad -----	82

## Índice de Tablas

2.1.	Resistencia al corte de algunas maderas -----	8
2.2.	Propiedades mecánicas del acero aisi 1018 -----	32
2.3.	Composición química del acero aisi 1018-----	32
2.4.	Propiedades mecánicas del acero astm a36 -----	33
2.5.	Composición química del acero astm a36-----	33
2.6.	Duración en horas para diferentes tipos de máquinas. -----	39
4.1.	Pesos de los diferentes componentes del bastidor -----	66
4.2.	Costos de materiales -----	83
4.3.	Costos de máquinas-----	84
4.4.	Costos de mano de obra-----	84
4.5.	Costos de ingeniería -----	85
4.6.	Criterio de análisis tir y van -----	85
4.7.	Costos de canteadora de la ebanistería -----	86
4.8.	Costos del proceso de lijado -----	86
4.9.	Flujo de caja. -----	87
4.10.	Indicadores económicos-----	91
4.11.	Plan de mantenimiento de la máquina -----	93

## Índice de anexos

1A.	Canteadora actual de la “ebanistería hermanos congo” -----	103
2A.	Canteadora actual de la “ebanistería hermanos congo” -----	104
A.	Propiedades mecánicas del acero aisi 1018 -----	104
B.	Composición química del acero aisi 1018-----	105
C.	Selección del motor. -----	105
D.	Dimensiones de poleas en “v” de hierro fundido -----	106
E.	Factores de duracion y por velocidad para rodamiento de bolas y de rodillos -	107
F.	Escala para el cálculo de vida nominal básica de los rodamientos -----	108
G.	Valores mínimo factor de seguridad-----	109
H.	Nomenclatura de los rodamientos skf-----	110
I.	Selección del perfil de la correa -----	111
J.	Prestaciones de las correas trapeciales oleostatic pirelli -----	112
K.	Factores de corrección $C_r$ para arcos de contacto inferiores a 180°. -----	113

L.	Factores de corrección <b>CI</b> en función del tipo de correa.-----	113
M.	Características de las cuchillas para cepillar madera-----	114
N.	Resistencia al corte de algunas maderas-----	114
O.	Medidas de las cuchillas para cepillar madera-----	115
P.	Perfiles estructurales “canales u”-----	116
Q.	Perfiles estructurales (ángulo)-----	117
R.	Propiedades mecánicas del acero astm a36-----	118
S.	Composición química del acero astm a36-----	118

### Índice de ecuaciones

4.1.	Fuerza de corte-----	47
4.2.	Sección cortada-----	47
4.3.	Longitud de corte instantánea-----	47
4.4.	Número de cuchillas que están en contacto-----	48
4.5.	Espesor medio de viruta-----	49
4.6.	Avance por cuchilla-----	49
4.7.	Par de torsión del cabezal-----	50
4.8.	Diámetro de polea del motor-----	50
4.9.	Fuerza total de la banda-----	51
4.10.	Momento máximo flexionante-----	57
4.11.	Esfuerzo normal-----	57
4.12.	Centroide del eje-----	57
4.13.	Momento de inercia para un área circular-----	57
4.14.	Esfuerzo cortante-----	58
4.15.	Momento polar de inercia para área circular-----	58
4.16.	Esfuerzo máximo-----	59
4.17.	Capacidad básica de carga de rodamientos-----	60
4.18.	Capacidad estática requerida-----	61
4.19.	Longitud de la banda-----	62
4.20.	Número de bandas-----	63
4.21.	Potencia transmisible por la banda-----	63
4.22.	Taza mínima aceptable-----	88
4.23.	Valor actual neto-----	89
4.24.	Taza interna de retorno-----	89

## Simbología

$CV$	Caballo de vapor
$W_{motor}$	Velocidad angular del motor
$d_{pm}$	Diámetro de la polea del motor
$W_{cabezal}$	Velocidad angular del cabezal
$d_{pcabezal}$	Diámetro de polea del eje del cabezal
$P_{motor}$	Potencia nominal del motor
$T_{cabezal}$	Torque del cabezal
$F_{corte}$	Fuerza de corte
$F_{banda\ tensa}$	Fuerza de la banda tensa
$F_{banda\ floja}$	Fuerza de la banda floja
$F_{total}$	Fuerza total
$V$	Cortante máximo
$M$	Momento flector máximo
$\sigma$	Esfuerzo normal
$c$	Centroide
$I$	Momento de inercia
$\tau$	Esfuerzo cortante
$J$	Momento polar de inercia
$P_{diseño}$	Potencia de diseño
$C_1$	Factor de servicio
$L_b$	Longitud de banda
$D$	Diámetro de polea mayor
$d$	Diámetro de polea menor
$C$	Distancia entre centros de poleas
$P_a$	Potencia transmisible por banda
$N_b$	Número de bandas
$P_b$	Potencia en CV que la banda transmite en hipotéticas condiciones de trabajo
$P_d$	Prestación diferencia en CV

## Código Dublin

Título:	“Diseño de una canteadora para madera de cuatro cuchillas con sistema de chumaceras para la “Ebanistería Hermanos CONGO”, en la ciudad de Quevedo, año 2015”				
Autor:	Congo Cervantes, Jorge Luis				
Palabras clave:	Madera Tecnologías	Labrado Artesanal	Canteadora Máquina	Software Mdsolids	Solidworks Autocad
Fecha de publicación:					
Editorial:	Quevedo: UTEQ, 2015.				
Resumen:	<p>Resumen.- El siguiente trabajo de titulación, aborda sobre la labor de darle a la madera un mejor acabado en el proceso de fabricación de muebles. Centrándose en el desarrollo de nuevas tecnologías, con miras a mejorar la actividad artesanal, el cual se resume en siete capítulos:</p> <p>Capítulo 1, fundamenta la investigación, planteando la necesidad de adquisición de nuevos equipos para el labrado de la madera con mejores tecnologías. Encaminando los objetivos al diseño de esta máquina canteadora, de tal manera, se justifica que en la actualidad los talleres artesanales tienen un bajo rendimiento con las máquinas existentes.</p> <p>Capítulo 2, detalla conceptos y términos utilizados en el labrado de la madera, como también el funcionamiento de los elementos mecánicos de la canteadora.</p> <p>Capítulo 3, trata sobre la localización de implementar este diseño, con la respectiva metodología de investigación, para que ésta adopte un diseño experimental, que establece el efecto desde el funcionamiento de la máquina canteadora.</p> <p>Capítulo 4, el propósito de realizar el estudio de campo es, con la finalidad de determinar los parámetros y requerimientos de diseños de elementos de mecánicos. Además se presentan los respectivos análisis realizados en los softwares de Mdsolids, Autocad y Solidworks. Con la determinación de un estudio económico, se demuestra que al implementar éste diseño, la ejecución es viable. Finalizando con la respectiva discusión, donde tendrán realce las conclusiones y recomendaciones correspondientes.</p> <p>Capítulo 5, conclusiones y recomendaciones que son reflejadas de las observaciones realizadas a lo largo de la investigación.</p> <p>Capítulo 6 y 7, se detallan la bibliografía que hizo posible la investigación y los anexos respectivamente.</p> <p><b>Abstract.- The following present work of qualification, it addresses on the work of wood give a better finish in the furniture making process. Focusing the development of new technologies with a view to improving the craft, which is summarized in seven chapters:</b></p> <p><b>Chapter 1, supports research, considering the need to purchase new equipment for the carving of wood with better technologies. Routing</b></p>				

	<p><b>the objectives to the design of this machine, in such a way, is justified now craft workshops have a low performance with existing machines. Chapter 2, describes concepts and terms used in the carving of wood, as also the functioning of the mechanical elements of the Edger. Chapter 3, discusses the location of deployed to this design, with the respective research methodology is to adopt an experimental design, which sets the effect from the operation of the edging machine. Chapter 4, the purpose of the study of field, is in order to determine the parameters and requirements of designs of mechanical elements. In addition are the respective analyses performed in Mdsolids, Autocad and Solidworks software. The determination of an economic study demonstrates that to implement this design, the execution is viable. Ending with the respective discussion, where they have enhance the conclusions and corresponding recommendations. Chapter 5, conclusions and recommendations which are reflected the observations made during the investigation. Chapter 6 and 7, detailed bibliography which made possible the research and annexes respectively.</b></p>
Descripción:	155 hojas : dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162
URI:	(en blanco hasta cuando se dispongan los repositorios)

**CAPÍTULO I**  
**CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Introducción.**

Las ebanisterías fabrican todo tipo de muebles para el hogar, las cuales poseen equipos convencionales. Actualmente las máquinas diseñadas para transformar la madera han evolucionado notoriamente en las últimas décadas, buscando mejoras en la producción, reduciendo costos operativos, mejorando la calidad del producto, entre otras cosas.

Para este estudio se realizará el diseño de una máquina canteadora, acorde a la demanda actual de la “Ebanistería Hermanos Congo”, tomando en consideración puntos de fiabilidad, análisis de máquinas existentes en el mercado, innovaciones, costos referenciales, etc.

Esta máquina es de gran utilidad para los profesionales de trabajo de madera, con ella se puede lograr en corto tiempo y con precisión un trabajo uniforme, con mayor eficiencia, economía y productividad.

De esta manera se pretende alcanzar a través del diseño mecánico, metodologías que permitan obtener máquinas canteadoras que satisfaga la necesidad actual de la ebanistería, se puede decidir que el diseño de la canteadora puede cumplir con los requerimientos de funcionalidad de acuerdo a las características de exigencia.

## **1.2. Problema de investigación.**

### **1.2.1. Planteamiento del problema.**

Actualmente la “Ebanistería Hermanos Congo”, cuenta con una canteadora que se describe: ver figura 1A y 2A. de anexo.

- ✓ Eje de tres cuchillas
- ✓ Mesa de dimensiones 200 milímetros de ancho y 1200 milímetros de largo
- ✓ Motor debajo de la estructura de la máquina

En la producción la máquina canteadora, trabaja la madera dejando imperfecciones en ella, este proceso se complementa con una operación de lijado, con el fin de conseguir la uniformidad total; Atendiendo la necesidad de optimizar el proceso de afinamiento de la

madera el diseño de la canteadora constituye el punto de partida para mejorar las maquinarias de corte siendo esta la más deficientes en la Ebanistería Hermanos “Congo”, de esta manera se pretende dar una solución a un problema que afecta directamente al producto final.

#### **1.2.1.1. Diagnóstico.**

Las máquinas de corte de la Ebanistería Hermanos Congo fluctúan entre los 35 años de vida útil, según el Servicio de Impuestos Internos, la vida nominal de la máquinas industriales es de 15 años, lo que indica la baja tecnología empleada y la presencia de máquinas obsoletas.

#### **1.2.2. Pronóstico.**

La optimización de las máquinas para el trabajo de la madera, es importante para la Ebanistería Hermanos Congo. Ésta, si no es atendida tendrá inconvenientes en su producción, debido a la gran demanda de tecnificación y modernización del sector productivo.

#### **1.2.3. Formulación del problema.**

La “Ebanistería Hermanos Congo”, carece de una canteadora de cuatro cuchillas, que cumpla con las condiciones de funcionamiento requeridas por máquinas existentes, afectando el producto final, por esto es necesario realizar el estudio de esta investigación para el diseño de una máquina adaptable al entorno cumpliendo con las exigencias necesarias a nivel de producción.

#### **1.2.4. Sistematización del problema.**

- ✓ ¿Cuál es la necesidad de adquirir la canteadora de cuatro cuchillas?
- ✓ ¿De qué modo afecta la calidad del mueble con los equipos que cuenta la ebanistería?
- ✓ ¿Cuál será el impacto en los trabajadores?

### **1.3. Objetivos.**

#### **1.3.1. Objetivo general.**

Diseñar una canteadora de cuatro cuchillas con sistema de chumaceras a fin de mejorar el proceso de fabricación de muebles.

#### **1.3.2. Objetivos específicos.**

- ✓ Diseñar una canteadora semiautomática con el fin de preparar tablones de hasta 30 centímetros de ancho y de 240 centímetros de longitud.
- ✓ Realizar el estudio de los diferentes mecanismos para mejorar el funcionamiento de la canteadora de acuerdo al diseño planteado.
- ✓ Hacer el estudio técnico-económico del proyecto.
- ✓ Realizar el respectivo manual de operación y plan de mantenimiento de la máquina canteadora diseñada.

### **1.4. Justificación.**

En la actualidad, las ebanisterías vienen incrementando la utilización de los modelos de las máquinas que trabajan los diferentes tipos de madera. Lo cual dificulta en la fabricación por un bajo rendimiento de las máquinas existentes, lo que repercute en una menor calidad, es por esto que es necesario el diseño de la canteadora de madera de cuatro cuchillas con sistema de chumaceras que cumpla con los requerimientos, con el fin de obtener un producto final a bajo costo y de mejor calidad.

La máquina canteadora diseñada que se proyecta, traerá consigo beneficios para mejorar la producción de la industria maderera no solo del cantón sino de la provincia y del país. Según datos estadísticos emitidos por PROECUADOR (Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones) alrededor de 235.000 familias se benefician directamente de la actividad maderera y otros 100.000 lo hacen indirectamente; otro dato interesante es que la producción de madera es de 421.000 TM concentrada en variedades como madera fina y regular. Los datos señalados potencian aún más la necesidad de contar con equipos y maquinarias capaces

de mejorar los procesos de fabricación de muebles, línea de producción con la que está relacionado el presente trabajo de titulación.

Actualmente se diseñan canteadoras de tres cuchillas con sistemas de rodamientos, donde no satisface plenamente la demanda por falta de una cuchilla extra en el eje de porta cuchillas. Además el sistema de rodamientos es un proceso usual y tradicional, aspecto que es causa de fijación centrada del eje y de un alto costo en el mantenimiento.

En este contexto la “Ebanistería Hermanos Congo” plasmó la necesidad de un equipo con las características mencionadas anteriormente, sin embargo, es imprescindible la planificación adecuada para el diseño y la optimización del mismo.

**CAPITULO II**  
**FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## **2.1. La madera.**

La madera es la materia esencial del carpintero. Se entiende por madera en general las partes de un árbol que económicamente pueden aprovecharse, siendo estas por lo general los troncos y, en la mayor alcance, también las ramas y las raíces. La madera se puede utilizar de múltiples maneras: como lámina, como chapa fina y como macizo para obras de carpintería. Además, se beneficia de ella la química para la obtención sobre todo de celulosa, nitrocelulosa, aceites y ácidos. [1]

Es de origen vegetal que se la obtiene de los árboles. Se la puede definir como la parte del tronco que está rodeada por la corteza. Es la materia prima esencial de todo ebanista. Se entiende por madera en general las partes de un árbol que económicamente pueden aprovecharse, siendo éstas por lo general los troncos.

De todos los materiales usados por el ser humano a lo largo de la historia, la madera fue el primero de ellos, gracias a una serie de propiedades como facilidad de conformado, bajo peso específico, agradable apariencia exterior, propiedades térmicas y mecánicas. Esto ha generado una industria muy importante. [2]

## **2.2. Propiedades de la madera.**

Posee ciertas propiedades que la han hecho un material distintivo. Su uso es extenso. Tiene ventajas, entre otras su suavidad de labrar, su escasa densidad, su belleza, su calidad, su resistencia mecánica y propiedades térmicas y acústicas. También demuestra inconvenientes como su combustibilidad, inestabilidad volumétrica y putrefacción. [3]

Entre las propiedades más importantes de la madera se tiene la anisotropía, la resistencia, la flexibilidad, la dureza, el peso específico que se las menciona a continuación:

### **2.2.1. Anisotropía.**

Esto quiere decir que no se comporta igual en todas las trayectorias de las fibras. En si fácil de trabajar longitudinalmente al sentido de las fibras, y ocurre a la contraria al cortarla. [3]

### 2.2.2. Resistencia.

La madera es uno de los materiales más idóneos para su trabajo a tracción, por su especial estructura direccional, su resistencia será máxima cuando la sollicitación sea paralela a la fibra y cuando sea perpendicular a su resistencia disminuirá. En esta sollicitación juegan un papel importante las fibras cortas o interrumpidas y los nudos, que minoran la resistencia. El esfuerzo de flexión, origina uno de tracción y otro de compresión separados por una zona neutral, por lo cual la resistencia a flexión será máxima cuando la fuerza actuante sea perpendicular al hilo y mínima cuando ambos sean paralelos. [3]

### 2.2.3. Flexibilidad.

La madera puede ser curvada o doblada por medio del calor, humedad, o presión. Se dobla con más facilidad la madera joven que la vieja, la madera verde que la seca. Las maderas duras son menos flexibles que las blandas. [3]

### 2.2.4. Dureza.

Está relacionada directamente con la densidad, a mayor densidad mayor dureza. Al estar relacionada con la densidad, la zona central de un tronco es la que posee mayor dureza, pues es la más compacta. [3]

Tabla 2.1. Resistencia al corte de algunas maderas

Resistencia al corte de la madera según el tipo	
Dureza Brinell 1-7 (HB)	
Teca	$89.81 \frac{kg}{cm^2}$ aproximadamente
Fernán Sánchez	$62.81 \frac{kg}{cm^2}$ aproximadamente
Guayacán	$125.81 \frac{kg}{cm^2}$ aproximadamente
Laurel	$73.81 \frac{kg}{cm^2}$ aproximadamente

Fuente: [www.ecuadorforestal.org](http://www.ecuadorforestal.org)

La humedad interviene cuadráticamente en la dureza. Si es elevada, la dureza reduce. Al contrario, si la madera se reseca, escasea de humedad y se torna muy quebradizo. [3]

#### **2.2.5. Peso específico o densidad.**

Depende como es lógico de su contenido de agua. Se puede hablar de una densidad absoluta y de una densidad aparente. La densidad absoluta viene determinada por la celulosa y sus derivados. Su valor oscila alrededor de  $1550 \frac{kg}{m^3}$ , apenas varia de unas maderas a otras.

La densidad aparente viene determinada por los poros que tiene la madera, ya que dependiendo de si están más o menos carentes de agua crece o disminuye la densidad. Depende pues del grado de humedad, de la época de apeo, de la zona vegetal, etc. La madera es un material blando cuya dureza es proporcional al cuadrado de la densidad, decayendo en proporción inversa con el grado de humedad. Ambas densidades unidas dan la densidad real de la madera. [3]

#### **2.2.6. Conductividad térmica.**

La madera seca contiene células diminutas de burbujas de aire, por lo que se comporta como aislante calorífico; el coeficiente de la madera l vale 0,03 en sentido perpendicular a la fibra y vale 0,01 en sentido paralelo a la fibra. Lo cual quiere decir que su capacidad aislante es mayor en este último sentido. [3]

### **2.3. La madera en el Ecuador.**

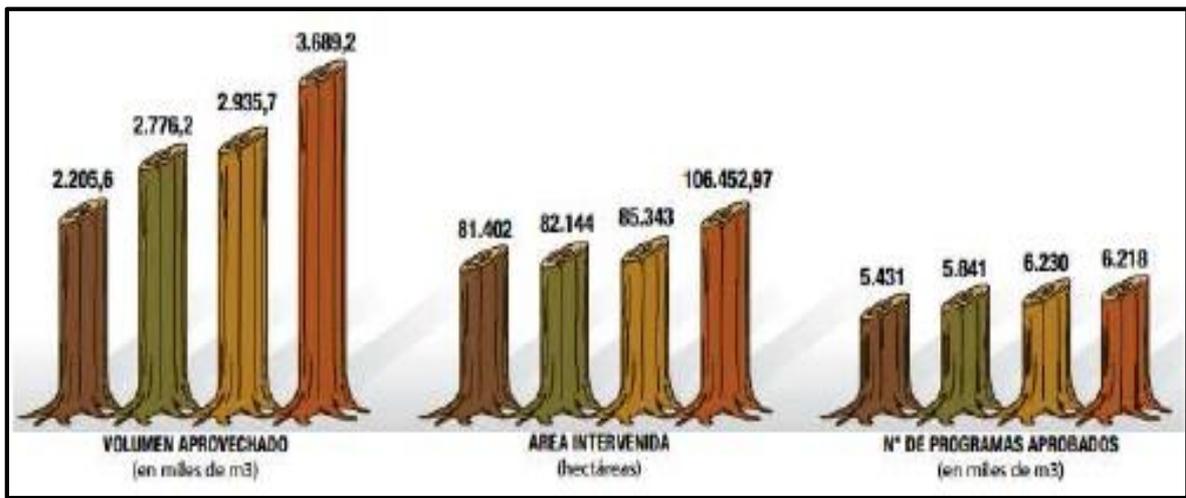
Los datos actualizados para el aprovechamiento de la madera en el Ecuador se reflejan en el año 2010. En relación al año 2007 el aprovechamiento de la madera para el año 2010 ha reflejado un incremento del 65,95%. (figura 2.1.)

Respecto al volumen autorizado que se registró en el 2009, el volumen de madera tuvo un crecimiento del 26,18%; dicho volumen de crecimiento se concentró principalmente en especies de regeneración como laurel, balsa y mambla. Como también de bosque nativo como pichango, guabo, mambla, caucho, higuérón y copal. La superficie total autorizada

para aprovechar durante el año 2010 fue de 106.543,22 hectáreas. En relación al 2009, se registró un crecimiento de 20.990,15 hectáreas. (figura 2.1.)

Las hectáreas autorizadas para el año 2010 respecto a las del año 2007 determinaron un 30,88% (figura 2.1.)

Figura 2.1. Tendencia a nivel nacional del volumen, superficies y programas autorizados para 2007-2010



Fuente: [www.itto.int](http://www.itto.int)

La demanda actual de los productos terminados se basa en el acabado de la madera para lo cual se necesita de una herramienta tanto de corte como de acabado superficial.

#### 2.4. Aserrado.

El aserrado es una operación de desbaste por arranque de viruta y cuyo objeto es cortar parcial o totalmente la madera con una hoja de sierra. En la práctica industrial se emplean sierras alternativas, circulares y de cinta para el corte de la madera y piezas, el aserrado a mano, sólo en aquellos trabajos en los que no pueden aplicarse por razones técnicas o económicas. [4]

#### 2.5. Canteadora o planeadora.

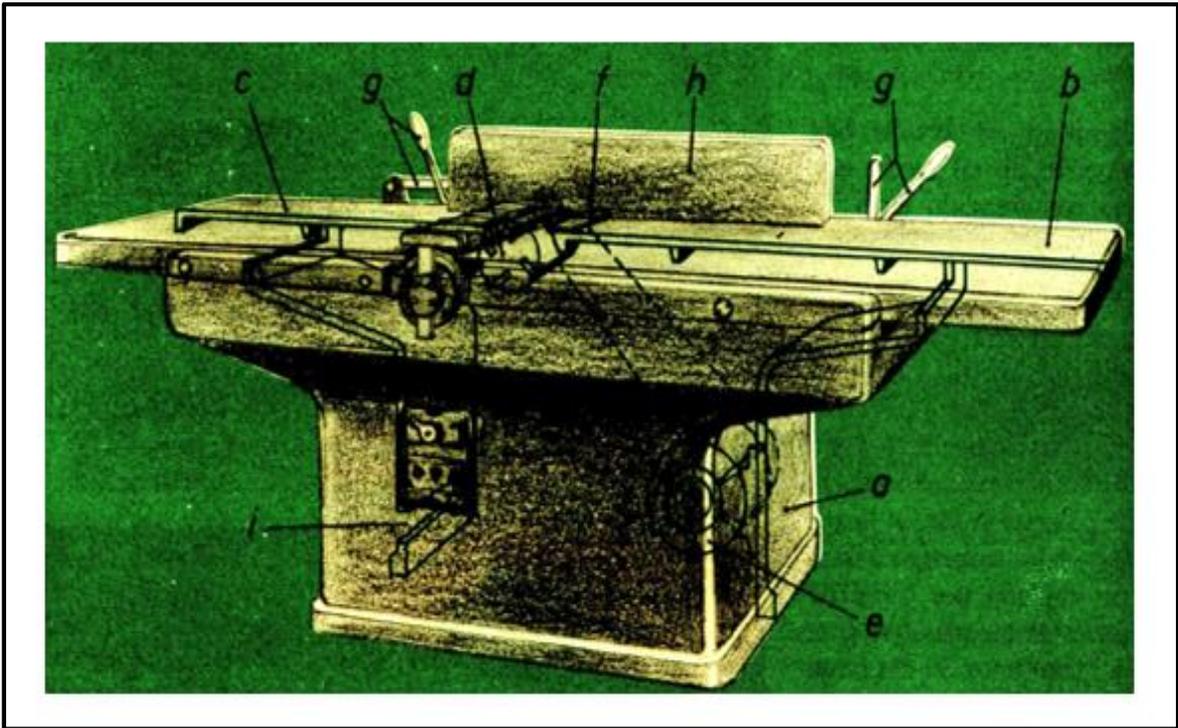
Es una máquina robusta de base, con dos mesas horizontales entre las cuales se encuentra el órgano principal con dos, tres o más cuchillas, llamado cabezote o árbol portacuchillas

impulsado por un motor que se ubica generalmente en la parte posterior e inferior de la máquina, posee además una guía para escuadrar con precisión los cantos con respecto a las caras. La guía se puede inclinar entre los 45 y 90 grados con relación a la mesa. Para conseguir un canto recto y bien labrado, es ventajoso que la longitud total de la mesa sea mayor de 1 metro. Para regular la profundidad de corte se tiene que bajar la parte anterior de la mesa o primer plano, se consigue un mejor acabado con una profundidad de corte mínima. La función principal de ésta máquina es de planear o igualar los trozos de madera semi elaborados con el objetivo de facilitar el trabajo posterior que puede ser de lijado, cepillado, tronzado, ensamblado u otros. Consta con una serie de accesorios que permiten al operario humanizar su trabajo con una buena precisión. [5]

## **2.6. Partes de la canteadora.**

- a.** Bastidor en forma de cajón.
- b.** Mesa de colocación.
- c.** Mesa de salida.
- d.** Árbol portacuchillas.
- e.** Motor incorporado con correas trapezoidales exteriores.
- f.** Labios de la mesa.
- g.** Ajuste de la mesa en longitud y altura.
- h.** Regla de tope.
- i.** Abertura de aspiración.

Figura 2.2. Partes de la canteadora



Fuente: (Höner, 1989)

**a.** Bastidor en forma de cajón.

Se conoce como bastidor a una estructura rígida en la que se fijan de una forma u otra los distintos elementos y grupos mecánicos que componen la canteadora, es el que soporta el plano rectangular, compuesto de dos mesas horizontales entre las cuales se sitúa el cabezal. Además de soportar el peso de todos los elementos debe soportar las sobrecargas de uso, lo que incluye no solo el peso de la carga, sino también las cargas dinámicas originadas por el funcionamiento del árbol portacuchillas y el motor.

Un bastidor en su forma fundamental está constituido por un cajón de fundición gris, en la actualidad los bastidores son de estructura.

**b.** Mesa de colocación.

Es la mesa por donde ingresa la madera, se encarga de graduar el grosor del corte por medio de manivela acoplada a un tornillo sin fin y es asegurada con topes de presión para posibles vibraciones.

**c.** Mesa de salida.

Es aquella por donde sale la madera ya cepillada. Esta mesa es estática y se mantiene a la misma altura de las cuchillas.

**d.** Árbol portacuchillas.

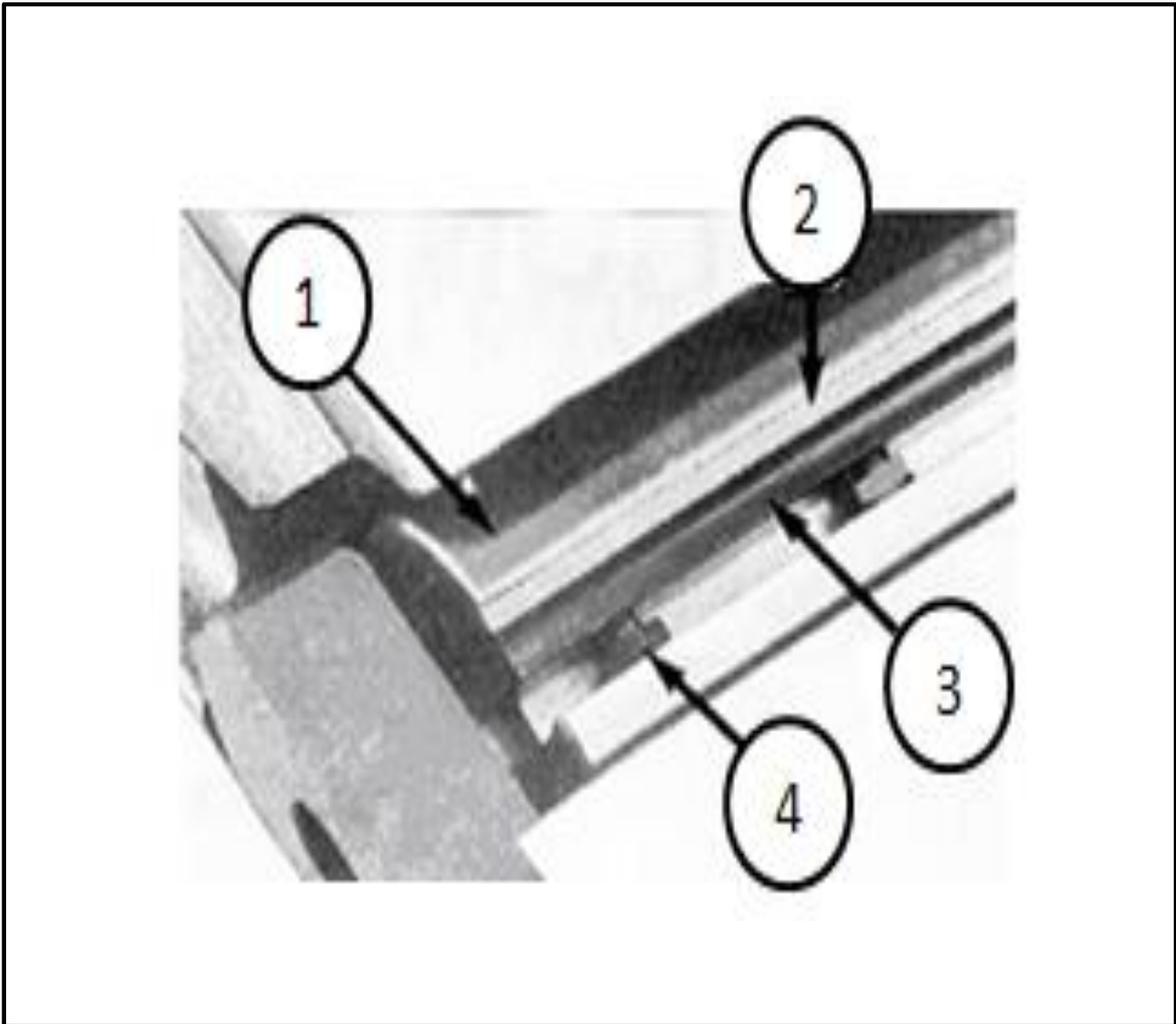
El árbol portacuchillas, es la pieza principal de la máquina, está constituido a modo de árbol portacuchillas de seguridad, redondo, y puede ir provisto de dos, tres o cuatro cuchillas. Las cuchillas tienen un espesor de 2 – 3, 5 mm y una anchura de 30 – 40 mm, su longitud se rige por la anchura de la mesa. Las cuchillas se ajustan al eje a través de una cuña atornilladas. Cuantas más cuchillas más rápido se puede trabajar a igualdad de calidad, pero es más compleja su colocación exacta (debe tenerse en cuenta que todas las cuchillas deben colocarse paralelas a la mesa y todas deben quedar a la misma altura).

Para comprobar que las cuchillas están bien colocadas se puede realizar la siguiente prueba: Se coloca una regla de madera bien derecha sobre la mesa de salida, marcando un punto de referencia, se mueve el eje manualmente de forma que la cuchilla pase sobre la regla, desplazándose la regla entre 1 y 2 centímetros (si se desplaza menos la mesa está un poco alta y si es más la mesa se encuentra un poco baja), volviendo a marcar otra referencia. Ajustada una cuchilla, se vuelve a pasar otra, teniendo en cuenta que sólo se darán por ajustadas cuando todas las cuchillas desplacen la misma distancia de la regla. [5]

## **2.7. Partes del árbol porta cuchillas.**

1. Cilindro o tambor.
2. Cuchilla.
3. Contra hierro o platina.
4. Tornillo prisionero de ajuste.

Figura 2.3. Partes del árbol portacuchillas.

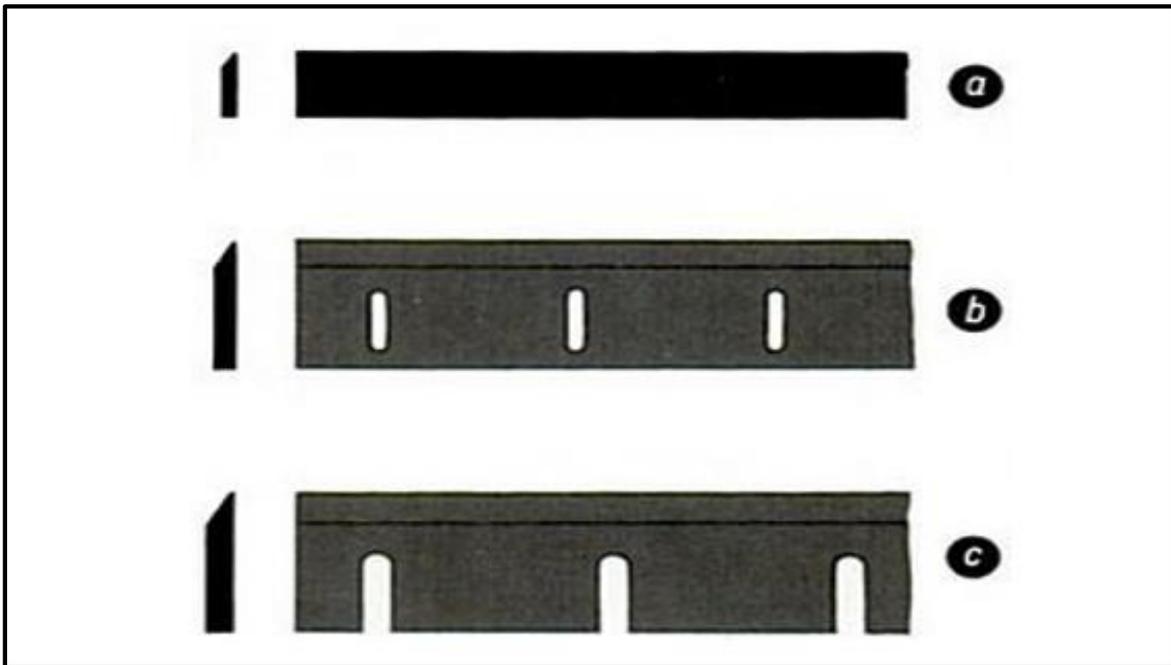


Fuente: (Höner, 1989)

## 2.8. Cuchillas de canteadora.

Estas cuchillas pueden ser de DS (acero de corte duradero), HS (acero de gran rendimiento), SS (acero rápido de corte). Qué clase de acero hay que emplear nos lo dirá el material que ha de trabajarse y la circunstancia de si se exigen potencia, rendimiento o capacidad de cortes duraderos o breves. El afilado no puede realizarse sino a máquina, ya que los filos tienen que ser perfectamente rectilíneos. [5]

Figura 2.4. Cuchillas para cepilladora: a) para árboles redondos de seguridad con sujeción con ranuras. b) para árboles porta cuchillas de sección cuadrada, con sujeción por tornillos. c) lo mismo que en b) pero en ejecución más robusta.



Fuente: (Höner, 1989)

Los extremos próximos al árbol portacuchillas van provistos de labios o contrafuertes de acero, cuyo objeto es suministrar a las maderas que se trabajan un apoyo tan próximo a las cuchillas como sea posible.

Figura 2.5. Esquema de los labios de las mesas pegados cerca a la circunferencia del eje.



Fuente: (Höner, 1989)

## 2.9. Selección de cuchillas para el cepillado.

Las cuchillas son tiras de longitud igual al ancho útil de la máquina, fijadas al eje con bridas y tornillos, o mediante reglas de presión o de acuñado. Estas cuchillas van en el extremo del eje y además poseen filos laterales y cortan paralelamente al eje.

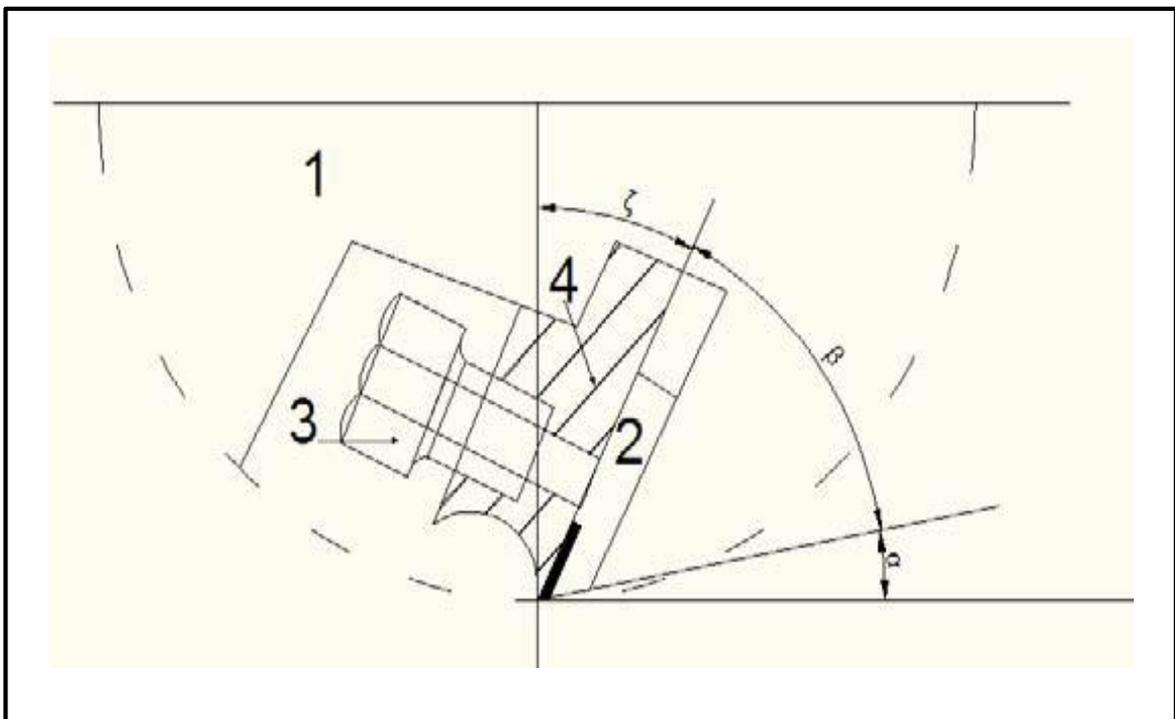
La calidad de la superficie cepillada, no depende solo del paso, sino además, de las propiedades de la madera.

Esta calidad casi siempre se determina por el número de las cuchillas del eje y se mejora principalmente por el aumento del número de revoluciones.

## 2.10. Sujeción de las cuchillas.

La sujeción de las cuchillas debe ofrecer seguridad contra el lanzamiento por la fuerza centrífuga y contra el doblado de aquellas por el trabajo o por las fuerzas de fijación.

Figura 2.6. Sujeción de las cuchillas



Fuente: (Franco, 2009)

1. Eje portacuchillas
2. Cuchilla
3. Tornillo de sujeción
4. Cuña

A fin de evitar errores de ajuste de las cuchillas, se afilan éstas en la máquina misma (con el eje en reposo), y luego se repasan a toda marcha, con lo cual el eje adquiere su posición dinámica (que no coincide con la estática). Así se logra el equilibrio del eje estática y dinámicamente. Este ajuste se verifica con calibres especiales ( $\pm 0.2$  mm). [6]

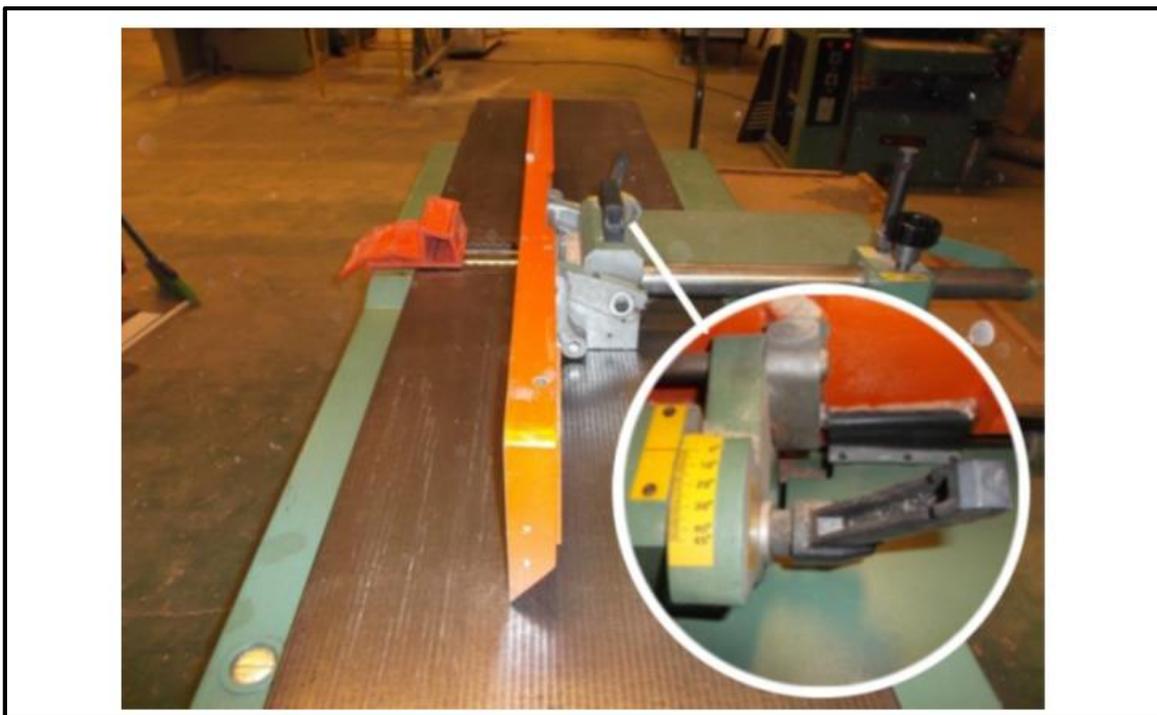
Los tornillos empleados para a sujeción de las cuchillas habrán de soportar:

- ✓ Fuerza centrífuga debida a la masa del propio tornillo.
- ✓ Componente en la dirección del eje del tornillo, la fuerza centrífuga debida a la masa de la cuchilla.
- ✓ Tensión necesaria en el tornillo para conseguir adherencia de la cuchilla y equilibrar, por lo menos, la componente axial de la fuerza centrífuga.
- ✓ Componente de la fuerza de corte en la dirección del eje del tornillo.

### **2.11. Regla de tope.**

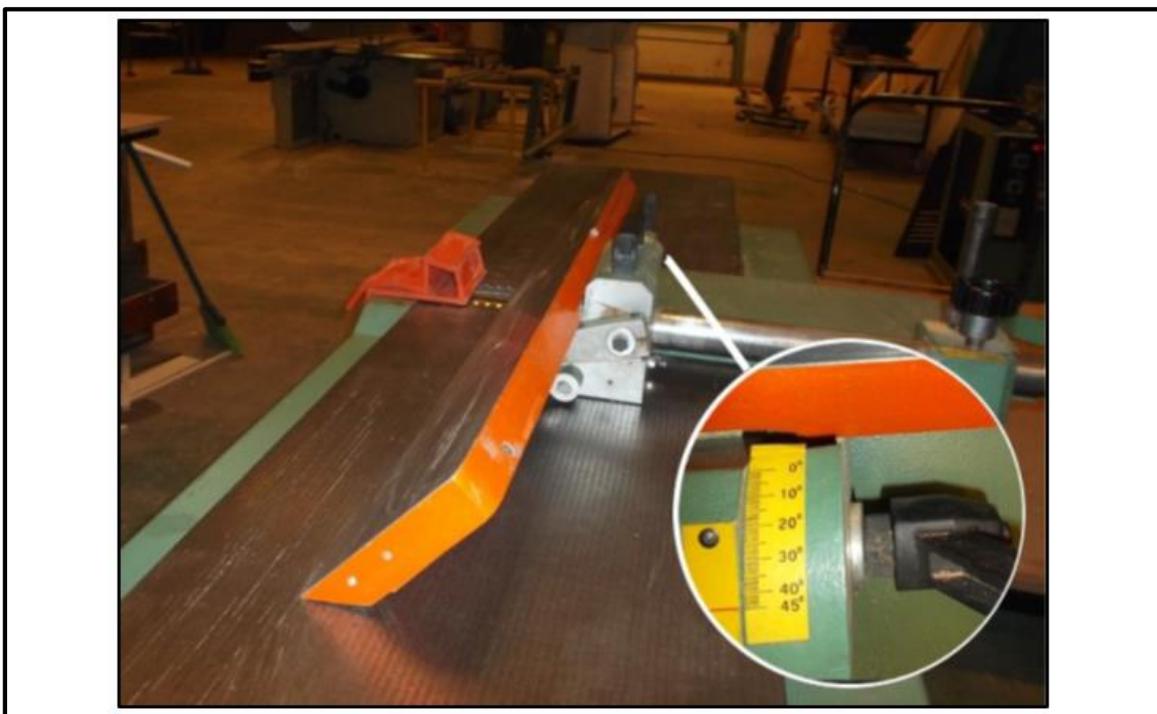
La regla de tope es, en su parte recayente sobre la mesa de colocación, también notablemente más larga que la que cae sobre la de salida y se puede fijar a lo largo de toda la anchura de la mesa. Su ángulo puede variarse de  $90^\circ$  a  $45^\circ$ . [5]

Figura 2.7. Ajuste de la regla a 90°.



**Fuente:** (Consejo de Educación Técnico Profesional, 2013)

Figura 2.8. Ajuste de la regla a 45°.



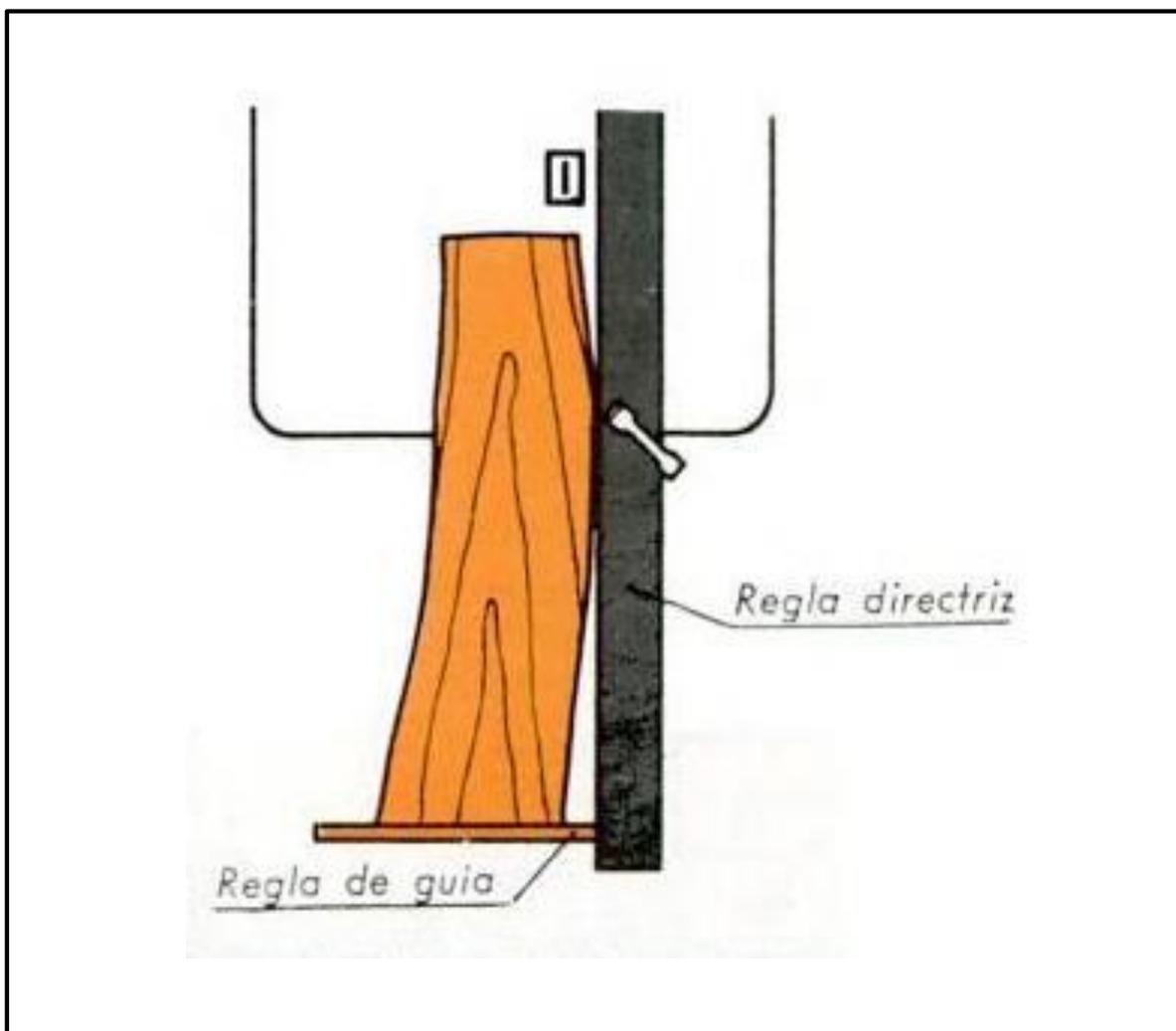
**Fuente:** (Consejo de Educación Técnico Profesional, 2013)

## 2.12. Tecnología de la canteadora.

Para el estudio de la presente diseño de máquina “canteadora” es necesario comprender los siguientes términos, canteado y aplanado, la investigación de esta herramienta muy útil en los talleres que fabrican muebles de pequeña y gran escala.

Se llama "cantear" la acción de labrar los cantos o bordes de a madera. Este trabajo se lo realiza mayormente en los aserreríos después del despiece de las trozas de un árbol. Los talleres de carpintería emplean estas trozas, sin embargo después del tronzado estas pasan a ser canteadas. [5]

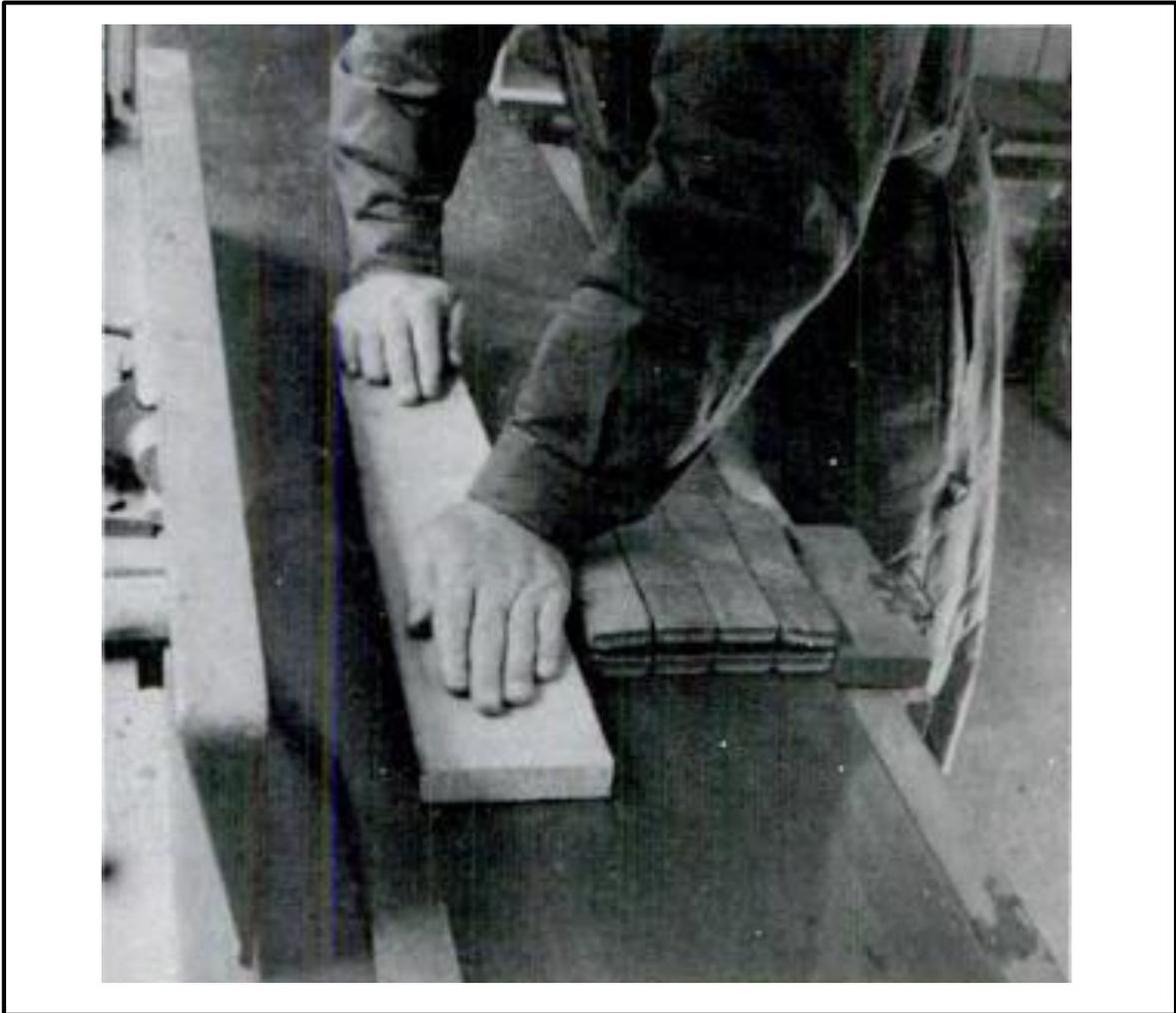
Figura 2.9. Labrado de un tablón con apoyo de las reglas.



Fuente: (Höner, 1989)

Se llama “aplanar”, la operación de labrar una superficie con objetivo de quedar completamente plana. Se pretende con esta acción que la superficie sea tenaz en la dirección longitudinal y en la transversal y que diagonalmente no presente retorcimiento o torsión alguna. [5]

Figura 210. Aplanado, mientras que el árbol portacuchillas permanece cubierto por la parte no utilizada

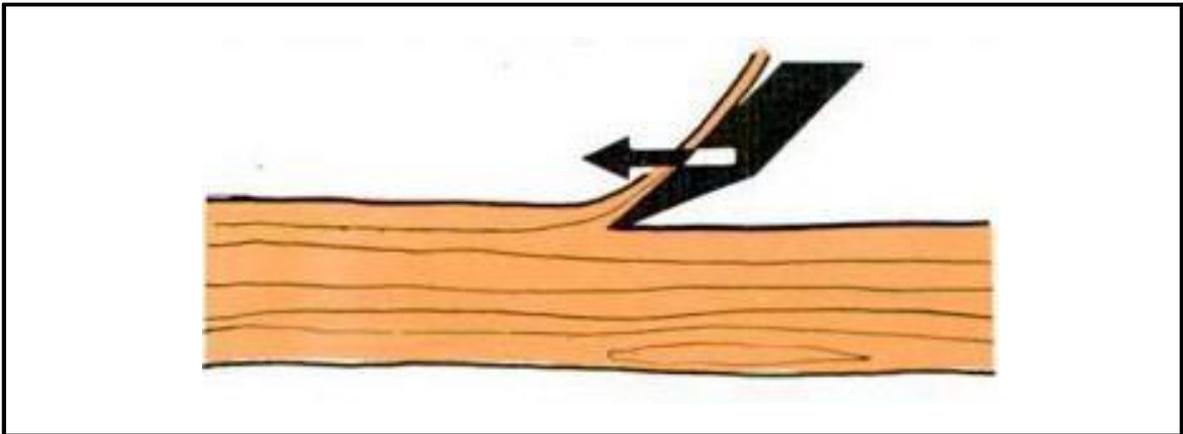


**Fuente:** (Höner, 1989)

Mientras que en el cepillado a mano el filo de la cuchilla del cepillo levanta, en virtud del movimiento de avance, una larga viruta paralela a las fibras de la madera (figura 2.11) la máquina de acepillar trabaja con cuchillas rotativas que levantan una viruta corta y en arco de círculo en ángulo agudo respecto a las fibras de la madera (figura 2.12). La madera bruta, desde la parte delantera de la mesa que le presta un apoyo firme, se acerca a las cuchillas, que van arrancando todo lo que se pone al alcance del arco que describen (arco de vuelo).

Cuando la pieza acepillada llega a la parte posterior de la mesa se encuentra en ella nuevamente un apoyo firme. Si al seguir avanzando la pieza acepillada se mantiene pegada a la superficie posterior de la mesa, la parte siguiente de la pieza tendrá que resultar recta en las tres direcciones (longitudinal, transversal y diagonal). [5]

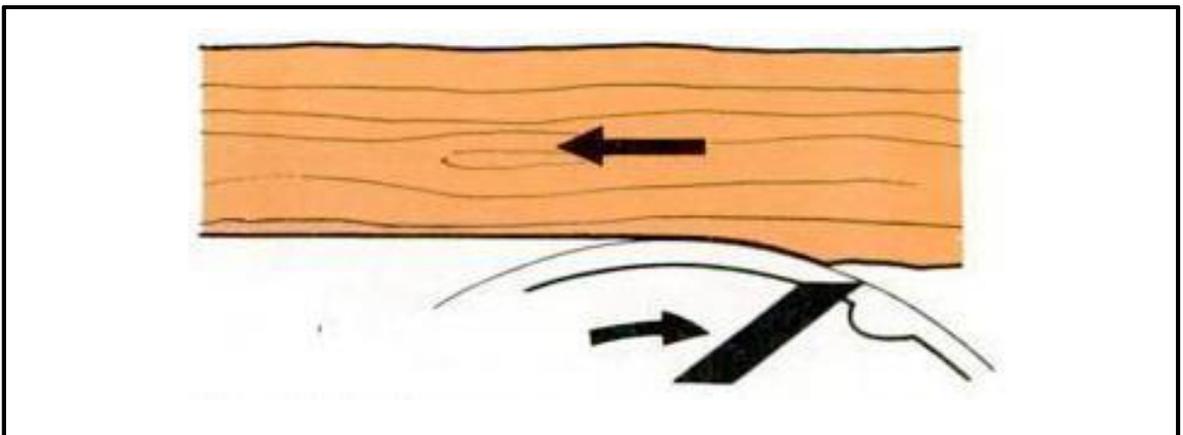
Figura 2.11. Cepillado a mamo.



Fuente: (Höner, 1989)

Este resultado no se obtiene generalmente con una sola pasada. La superficie que se trata de planear no tendrá tampoco que ser completamente “brillante”. Pueden quedar también pequeñas señales del aserrado y zonas cóncavas; todo ello se suprime en el siguiente “acepillado a grueso”. [5]

Figura 2.12. Cepillado a maquina con cuchillas rotativas.

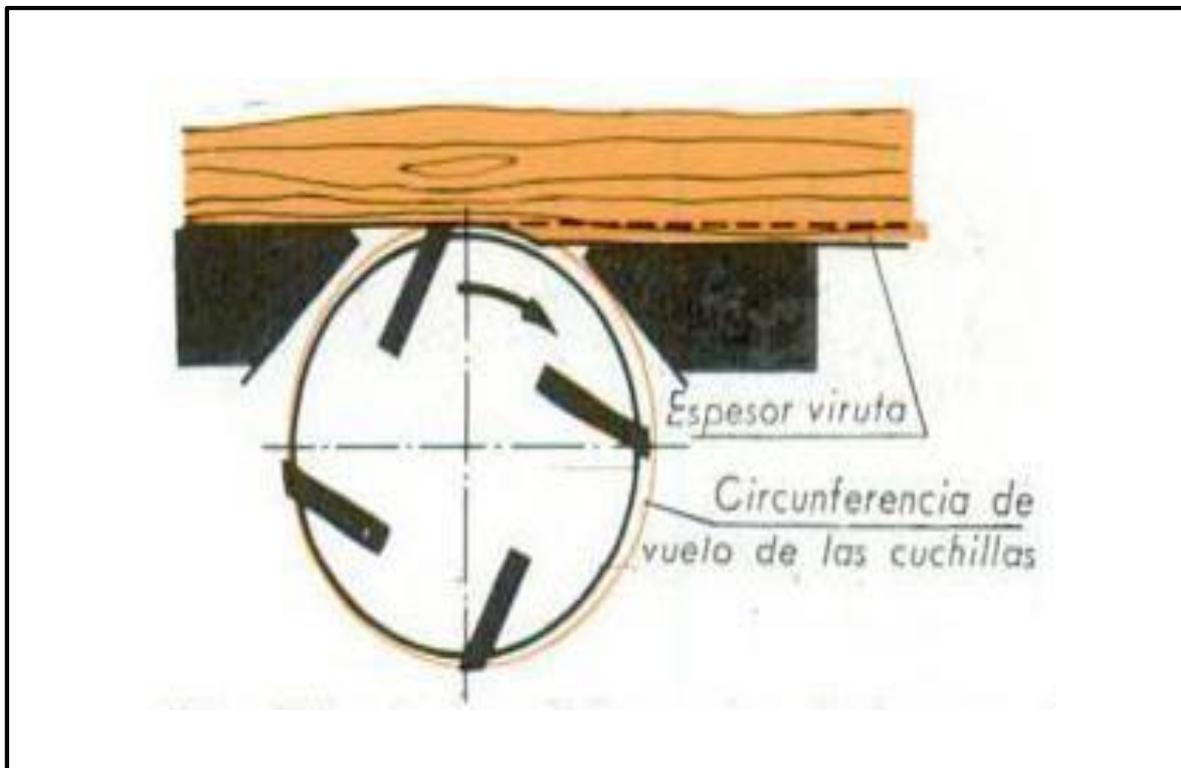


Fuente: (Höner, 1989)

### 2.13. Aplanado y achaflanado de cantos en la máquina canteadora.

Antes de cada utilización hay que comprobar la posición de la mesa. La parte posterior de la mesa (detrás del árbol portacuchillas). O mejor dicho, la mesa de salida o la mesa de aplanar, tiene que estar exactamente enrasada con la arista superior de la superficie cilíndrica engendrada por la rotación de los filos de las cuchillas (circunferencias de vuelo de las cuchillas); la parte delantera de la mesa, mejor llamada mesa de colocación y mesa de alimentación, está más baja que la otra siendo la diferencia de nivel igual al espesor de la viruta. [5]

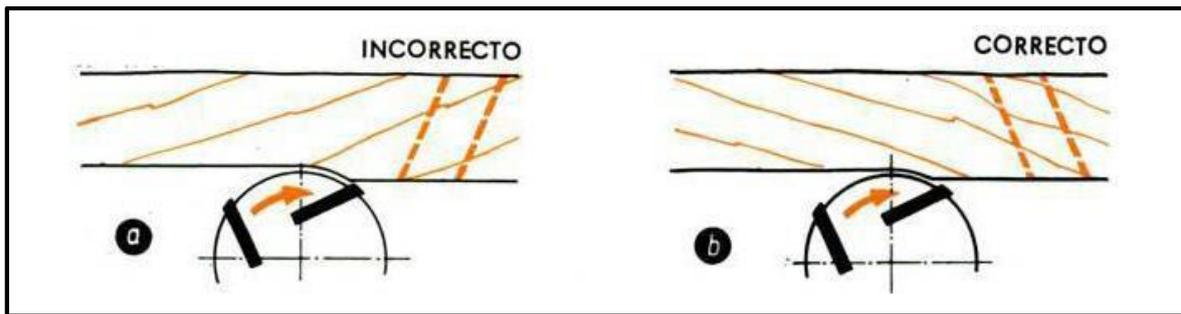
Figura 2.13. Comprobación de la posición de la mesa de la canteadora



**Fuente:** (Höner, 1989)

La parte hueca o cóncava de las tablas y tablones se pone hacia abajo con lo que se consigue una mejor adaptación sobre la mesa. En maderas con fibras oblicuas y nudos de ramas inclinados, habrá que cortar éstos por el dorso en el mismo sentido que las fibras y no cogiéndolos de punta, contra las fibras (Figura 2.14 a y b), pues procediendo de otro modo se produciría un violento arranque de las fibras y de los nudos. [5]

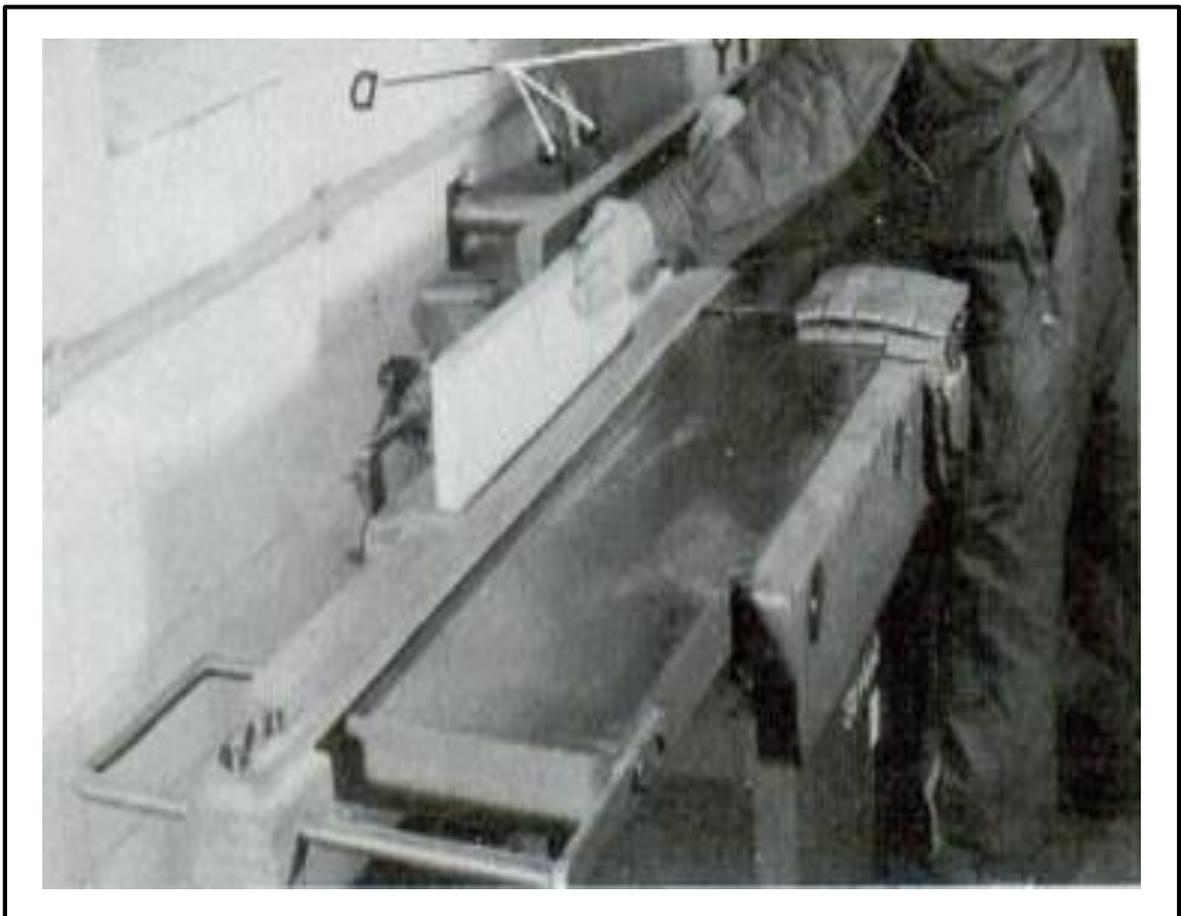
Figura 2.14. Las fibras de la madera inclinadas hay que cortarlas viniendo de su lado dorsal.



Fuente: (Höner, 1989)

Habitualmente, el aplanado de una cara va unido el recorte de un canto, es decir, el cepillado de un borde a ángulo recto con el lado aplanado. Ver Figura 2.15.

Figura 2.15. Aplanado de los cantos.



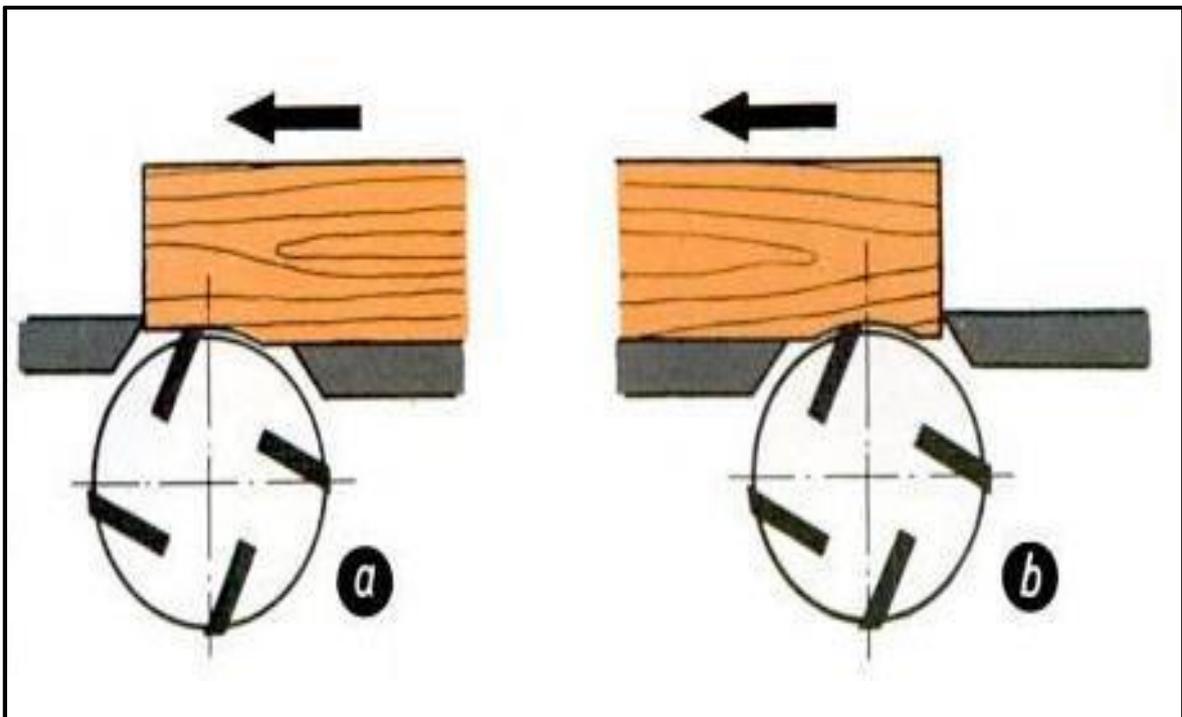
Fuente: (Höner, 1989)

Se selecciona el canto mejor, con el objetivo de que un eventual desperdicio de anchura caiga hacia el canto peor (borde de la corteza, restos de albura, nudos, rajaduras centrales). La regla

de tope debe ser comprobada en cuanto a su perfecta verticalidad mediante una escuadra. La cara aplanada de una tabla se adapta contra la superficie de la regla de tope.

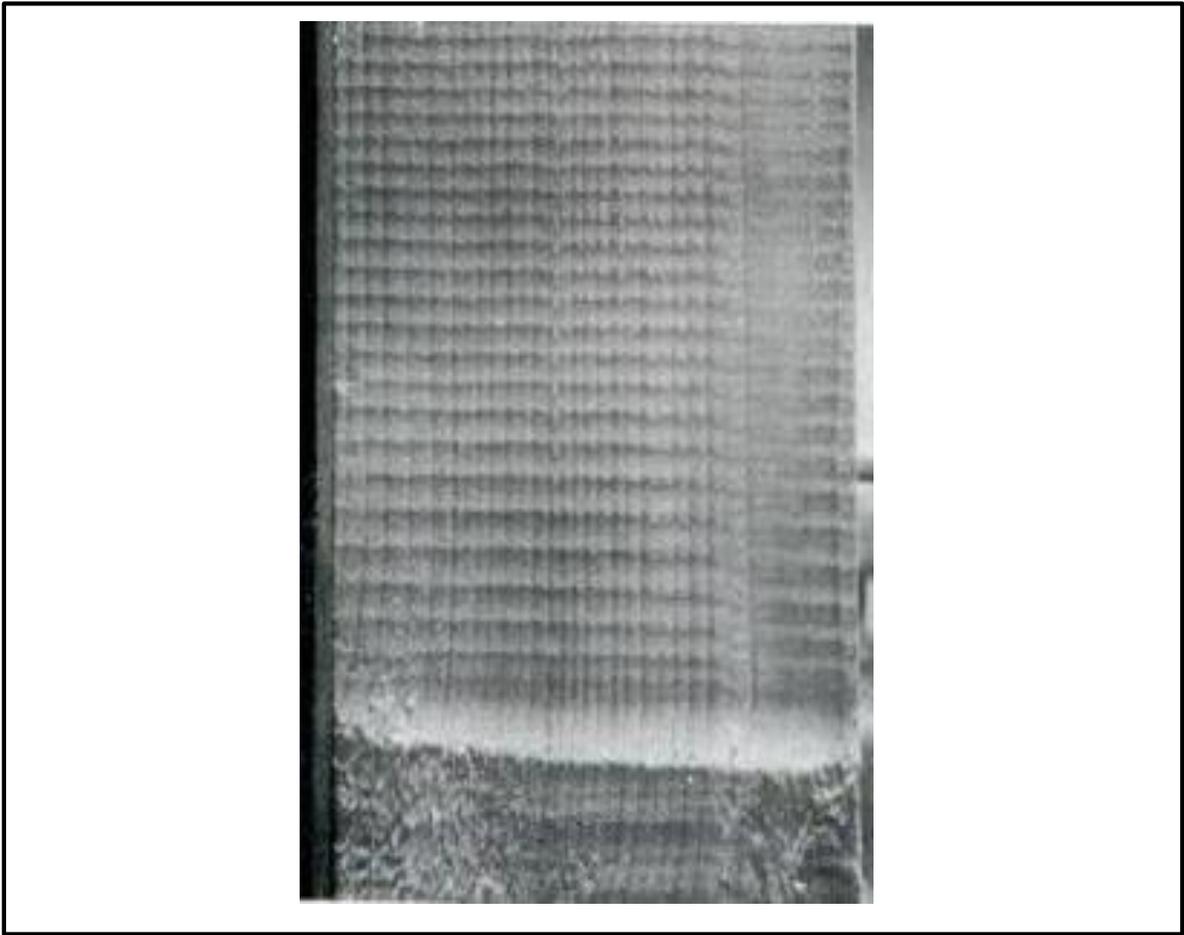
Cuando está excesivamente alta la mesa colocación o de entrada, pero con diferencia de altura muy perceptible, lo que sucede es que la parte posterior de la pieza no resulta atacada por el árbol portacuchillas. Si está debidamente baja aparece en el extremo posterior una sinuosidad que tendrá una profundidad igual a la diferencia entre la arista superior del cilindro descrito por las cuchillas y la superficie de la mesa (Figura 2.16 b).

Figura 2.16. a) La mesa de salida está por encima de la arista superior del cilindro descrito por las cuchillas, la pieza choca con la mesa. b) La mesa de salida está por debajo de la arista superior descrita por los filos de las cuchillas, la pieza resulta socavada por las cuchillas.



Fuente: (Höner, 1989)

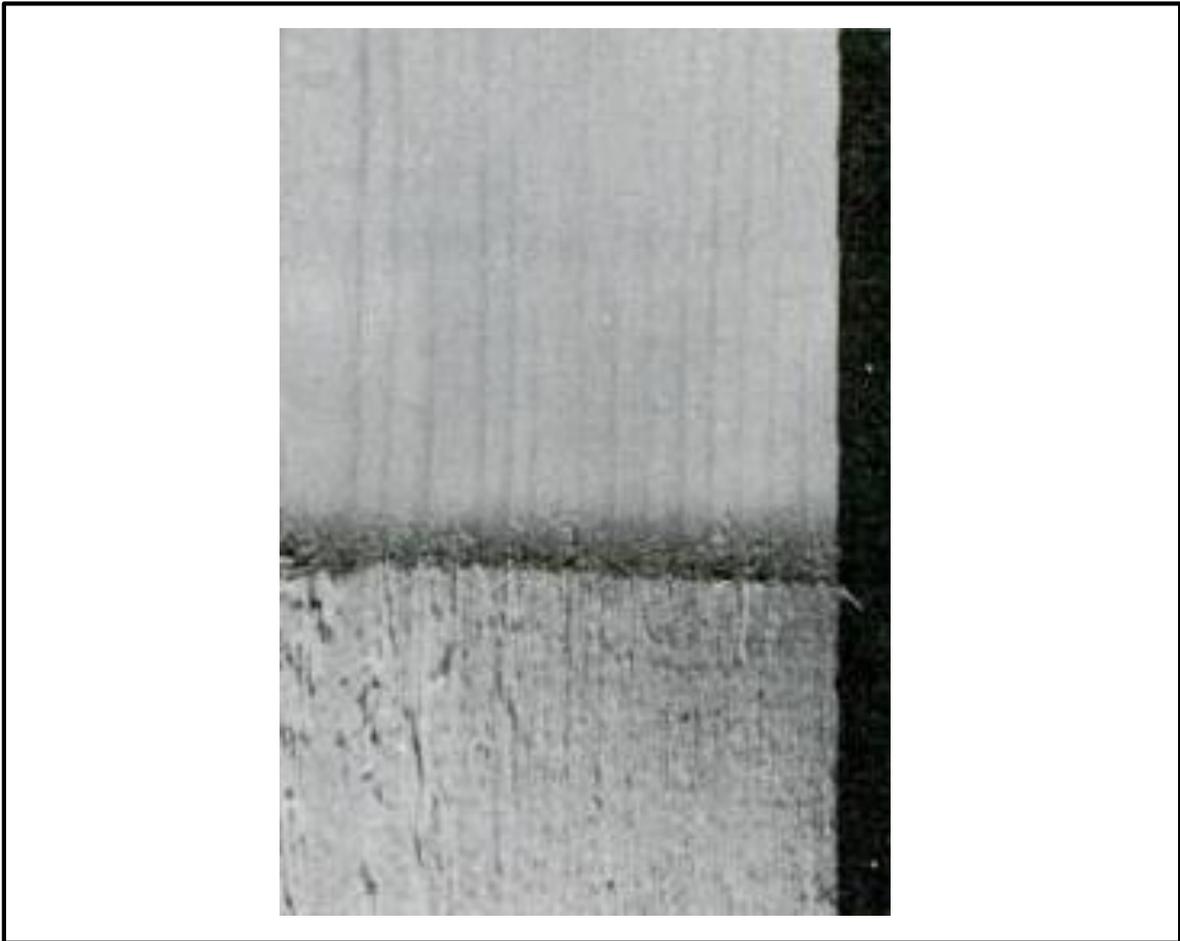
Figura 2.17. La presencia de señales fuertemente marcadas por las cuchillas indica una excesiva rapidez en la pasada.



**Fuente:** (Höner, 1989)

Realizando un avance demasiado rápido al trabajar en la máquina de aplanar hace que se presenten defectos. La madera es arrancada con más facilidad y mayor intensidad y quedan claramente visibles los golpes de las cuchillas, y esto tanto más cuanto mayor es el avance, hasta que pasa finalmente toda la pieza (Figura 2.17).

Figura 2.18. Superficie bien cepillada: esto indica un avance correcto y el uso de cuchillas bien afiladas

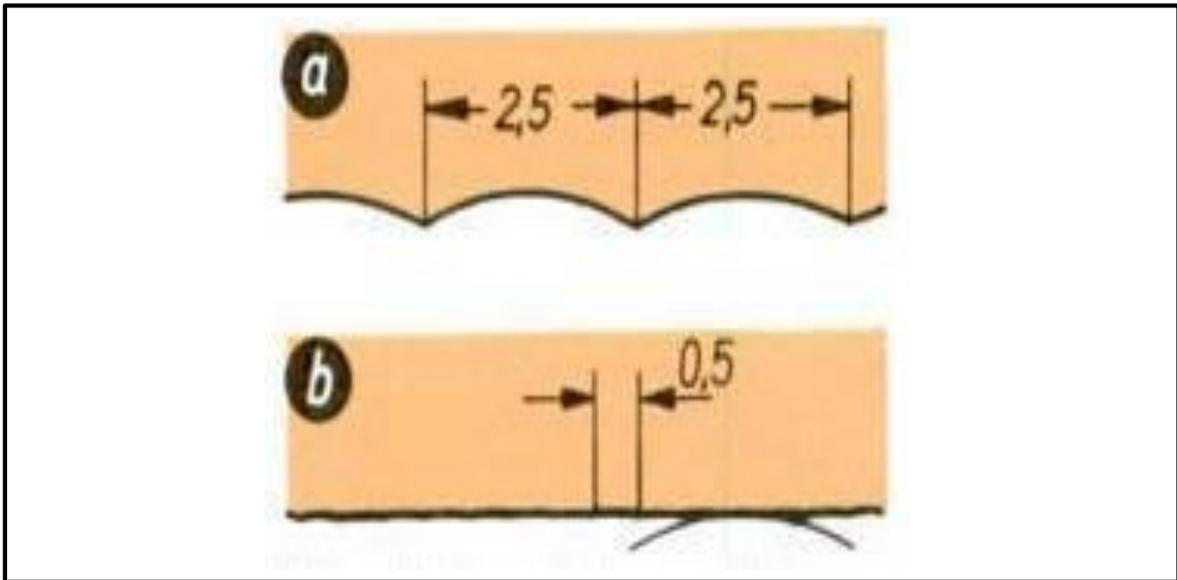


**Fuente:** (Höner, 1989)

Un avance de 4 m/min haría que con dos cuchillas se produjera en el caso de 4000 Rev. /min un golpe de cuchillas de longitud igual a  $\frac{4000}{4000*2}=0.5mm$ . Las distintas señales producidas por el golpe de las cuchillas no se notarían y la superficie sería lisa (Figura 2.19). Al multiplicarse la velocidad de avance, la longitud de los golpes aumentaría en la misma proporción, por ejemplo, con 20 Rev. /min de avance se tendrían más señales de 2,5 mm ( $\frac{20000}{4000*2}=2.5 mm$ ); estas señales serían claramente visibles y la superficie ya no sería lisa (Figura 2.18, y con aumento Figura 2.19 a/b). [5]

Si se realiza un aumento del número de revoluciones o del número de cuchillas trae consigo un acortamiento de los golpes y con ello un posible aumento de la velocidad de avance. [5]

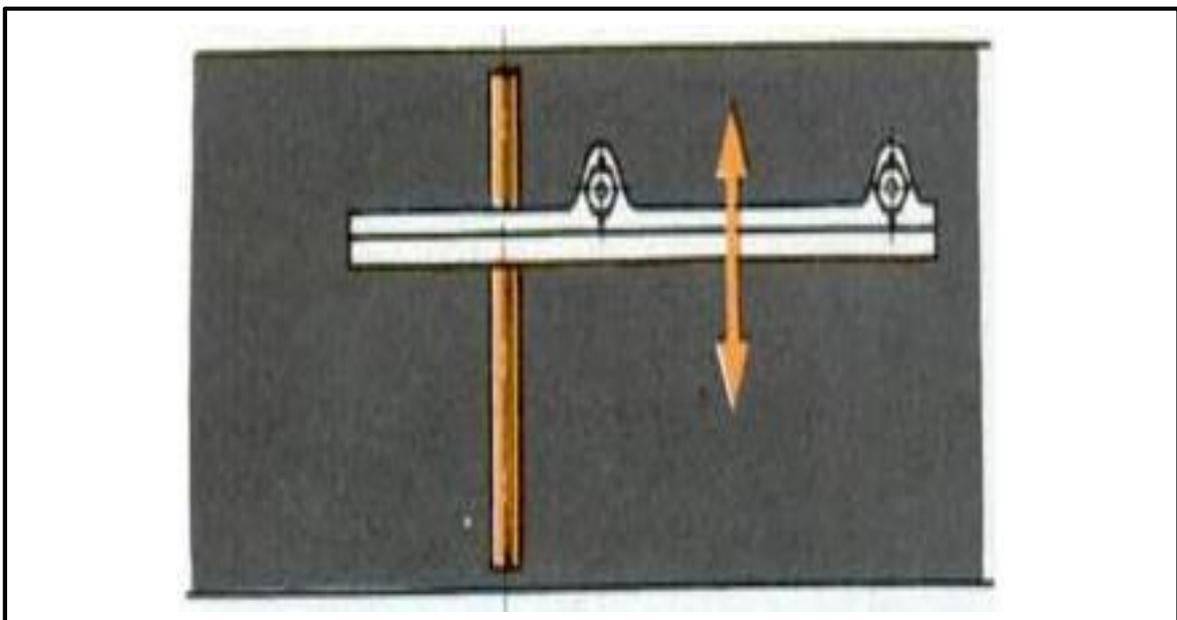
Figura 2.19. Pasos de las cuchillas aumentados: a) Avance demasiado rápido, b) Avance correcto



Fuente: (Höner, 1989)

La parte que no se utiliza del árbol portacuchilla debe ser cubierta. Si las cuchillas recientemente se afilaron y las maderas que hay que aplanar son estrechas, se hace salir la regla de tope hasta que quede libre una buena anchura de trabajo (Figura 2.20). [5]

Figura 2.20. Sugerencias de trabajar con maderas delgadas.



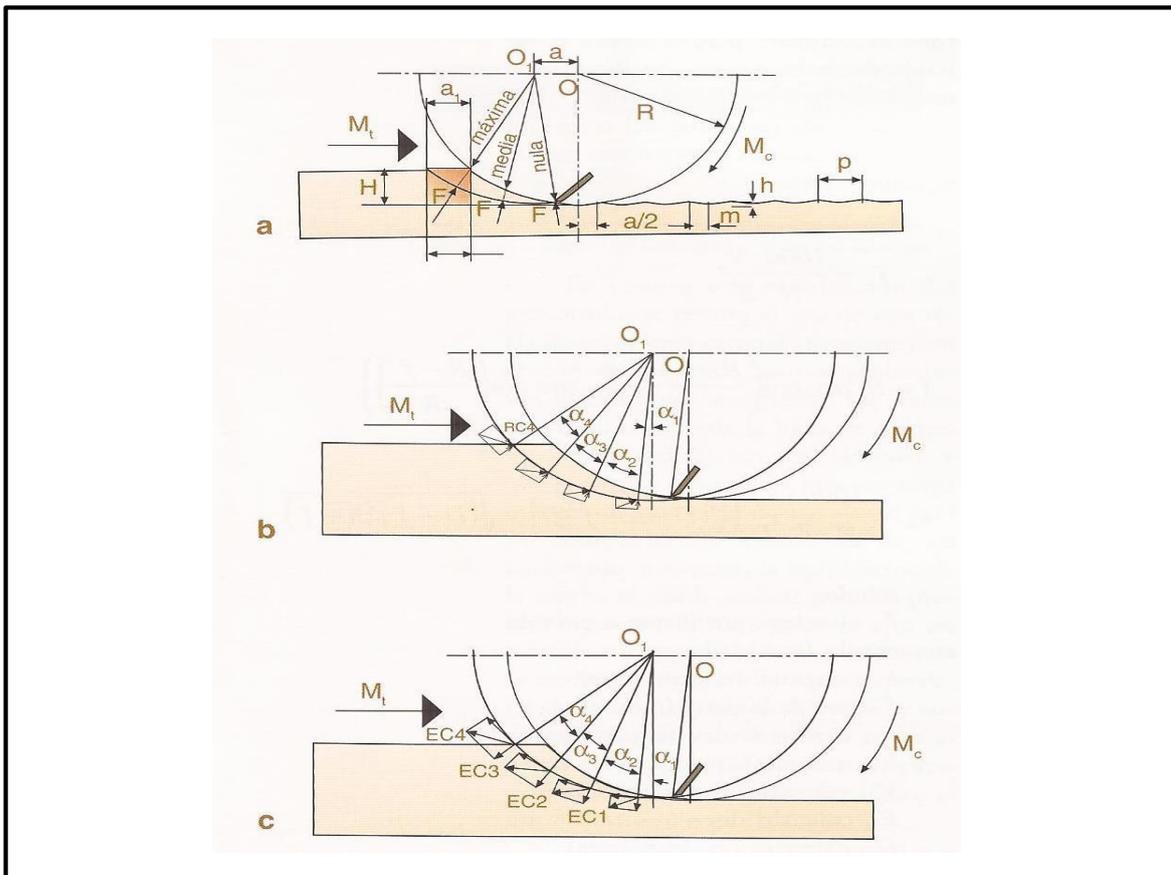
Fuente: (Höner, 1989)

## 2.14. Corte con cuchilla.

A este conjunto pertenecen las máquinas cuya labor se desarrolla mediante cuchillas, siendo esta con un movimiento de la pieza en oposición o en paralelo. Pertenecen a este grupo, la canteadora, la regruisadora, la tupí, etc.

Los movimientos del útil y de la pieza a mecanizar están siempre en oposición. El hecho de que durante el proceso de corte la madera avance, supone una modificación de las fuerzas de penetración. Dicha fuerza aumenta progresivamente con el espesor del corte, dándose la contradicción de que incluso al principio el útil rechaza el corte hasta no alcanzar un espesor suficiente; cuando éste se alcanza, se inicia el corte. En cuanto a la fuerza de avance, también crece, ya que el espesor de corte aumenta hasta que el útil sale de la madera. En definitiva, la variación de los esfuerzos de corte, al pasar de un valor mínimo a otro máximo, provoca una periodicidad del corte. Por tanto, ese intervalo que pasa entre dos aristas de corte consecutivas durante una rotación, se denomina paso del útil. Esa variación o lapso del corte, explica las vibraciones durante algunos mecanizados, ver figura 2.21. [7]

Figura 2.21.a. Geometría, b. Reacción de la madera al ataque del útil, c. Esfuerzo de corte.



Fuente: (Guzmán, 2013)

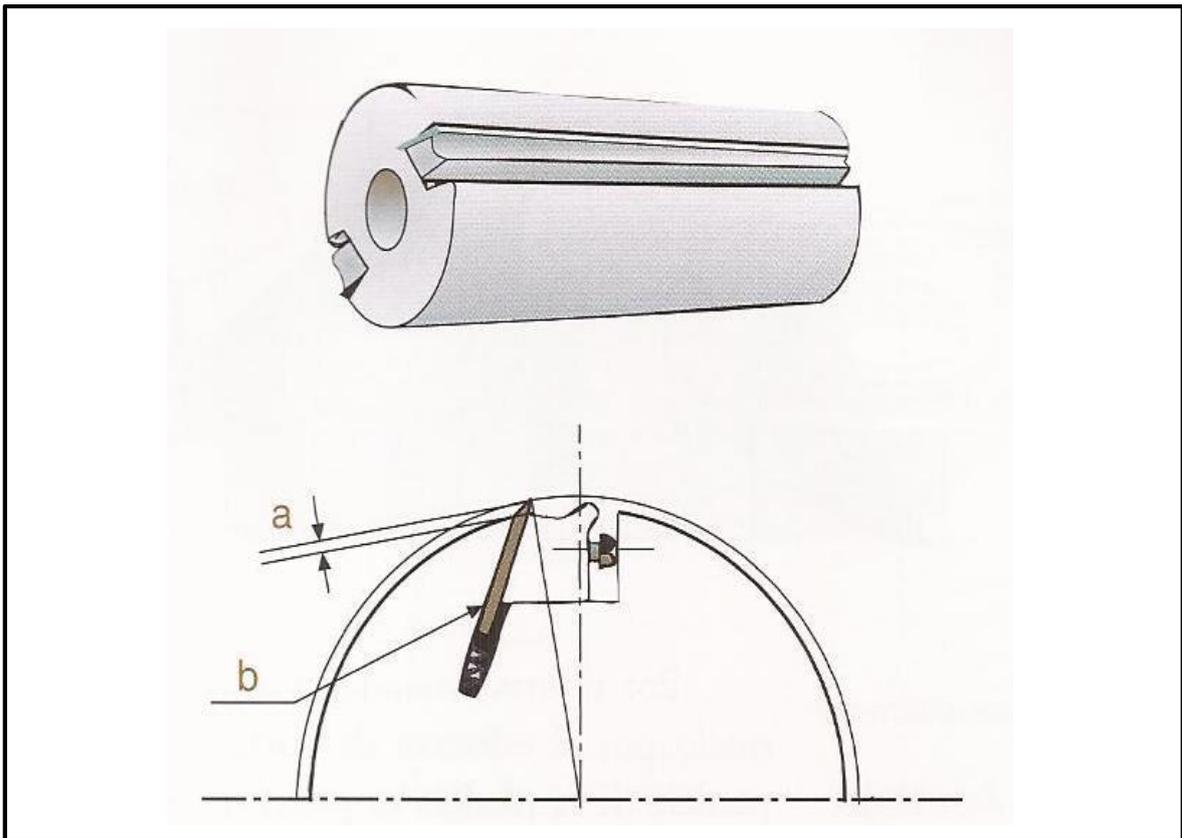
Los elementos de corte se montan sobre un portaútil cuya misión, además de asegurar dichos elementos, es aportar masa y el equilibrio cinético que necesita el corte. Las cuchillas son de acero altamente aleado, por lo general, de cromo molibdeno y cromo tungsteno para especies no abrasivas, y de carburo de tungsteno para especies con alto contenido en sílice. [7]

En cuanto a la geometría de los ángulos, el de corte juega un papel importantísimo en el rendimiento de la máquina, de manera que si es inferior a  $35^\circ$  la madera se corta bien, aunque el esfuerzo de corte requerido exige un gran consumo de energía. Por el contrario, con ángulos de corte superiores a  $45^\circ$  la energía requerida disminuye, pero es probable que la superficie de la madera presente un aspecto escamado. Por otro lado, el ángulo de desahogo suele estar comprendido entre  $12$  y  $15^\circ$ . [7]

Las cuchillas, con un espesor habitual de 3 a 4 mm, se disponen sobre el portaútil con precisiones de 0,03 a 0,05mm. En el caso de que la colocación no sea la correcta, una de las cuchillas cortará más que el resto, dibujando sobre la madera una onda de mecanizado incorrecta. Para lograr una situación correcta de las cuchillas, se debe utilizar un equipo de reglaje que disponga de un comparador micrométrico. Además de dicho equipo, dos son las premisas que se deben cumplir durante la fijación de las cuchillas al portaútil: por un lado, que el eje del portaútil permanezca paralelo a la mesa de planitud de la máquina, y por otro, que las cuchillas sobresalgan del portaútil una altura comprendida entre 0,8 y 1 mm. Alturas superiores a la recomendada provocan vibraciones no deseadas. [7]

En cuanto a los contrahierros, estos sobresalen del perfil de la barra de bloqueo del portaútil. Su eficacia reside en la precisión del reglaje de los hierros y en la precisión de los cortes. Si el contrahierro está demasiado alejado de la arista de corte, el mecanizado de la superficie es defectuoso, mientras que si está demasiado próximo, interviene con demasiada antelación frenando la alimentación de la madera (Figura 2.22). [7]

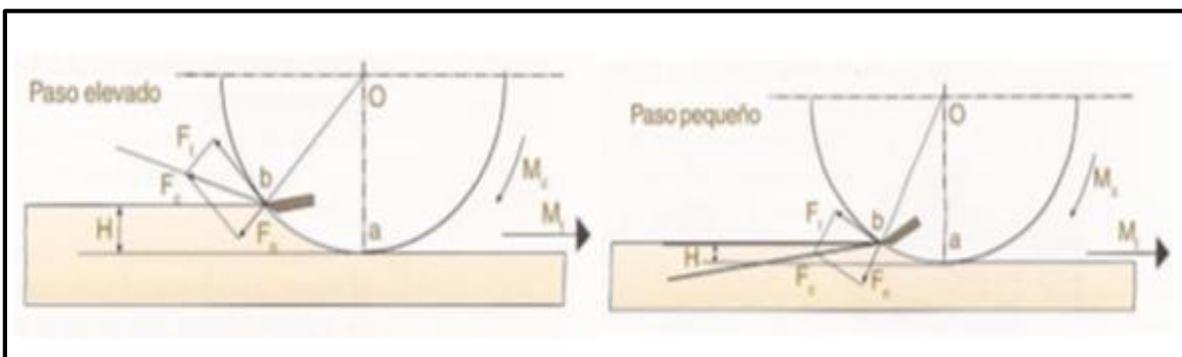
Figura 2.22. Ubicación de los entrehierros a. Profundidad de paso b. Hierros



Fuente: (Guzmán, 2013)

Por último, cuando el ángulo formado por el esfuerzo de corte y la superficie de la madera es positivo, se produce un levantamiento o astillado de las fibras de dicha superficie. En este ángulo influyen dos factores: en primer lugar, el diámetro del cilindro de corte, de manera que cuanto mayor sea el diámetro, menos se favorece el levantamiento de fibras, y en segundo lugar por la altura de corte, también denominada profundidad de paso, de manera que cuanto mayor sea ésta, mayor posibilidad de repelo existe (Figura 2.23). [7]

Figura 2.23. Influencia de la altura del corte en la calidad del mecanizado



Fuente: (Guzmán, 2013)

## **2.15. Acero AISI 1018 (Acero de construcción)**

### **2.15.1. Descripción.**

Este acero de bajo - medio carbono tiene buena soldabilidad y ligeramente mejor maquinabilidad que los aceros con grados menores de carbono. Se presenta en condición de calibrado (acabado en frío). Debido a su alta tenacidad y baja resistencia mecánica es adecuado para componentes de maquinaria. [8]

### **2.15.2. Características.**

Entre el acero al bajo carbono el 1018 es el más versátil, por sus características: Análisis controlado, mejores propiedades mecánicas que otros aceros del mismo tipo por su alto contenido de manganeso, buena soldabilidad, buena maquinabilidad. Cuando se requiere una superficie muy dura pero de centro tenaz este acero cementado cumple perfectamente. Estirado en frío mejora sus valores de resistencia mecánica y maquinabilidad, haciéndose muy popular para un sin número de aplicaciones. [8]

### **2.15.3. Aplicaciones.**

Se usa en la fabricación de partes para maquinaria: Automotriz; línea blanca, equipos de proceso etc. Que no están sujetos a grandes esfuerzos .por su ductilidad es ideal para procesos de transformaciones en frío como: doblar, estampar, recalcar etc. Sus usos típicos son los pines, cuñas, remaches, rodillos, piñones, pasadores, tornillos ya cementado en engranajes y aplicaciones de lámina. [8]

### **2.15.4. Propiedades Mecánicas.**

Normas involucradas: ASTM A 1018

Tabla 2.2. Propiedades mecánicas del acero AISI 1018

Propiedades	Valores
Dureza	126 HB
Esfuerzo de fluencia	370 Mpa
Esfuerzo máximo	440 Mpa
Límite de ruptura	441.3 Mpa
Elongación máxima	15% (en 50mm)
Reducción de área	40%
Módulo de elasticidad	205 GPa

**Fuente:** www.sumiteccr.com

### 2.15.5. Propiedades químicas

Tabla 2.3. Composición química del acero AISI 1018

Carbono	0.15-0.20
Silicio	0.15-0.35
Manganeso	0.60-0.90
P máx.	0.04
S máx.	0.06

**Fuente:** www.sumiteccr.com

### 2.16. Acero ASTM A36 (Estructural).

El acero ASTM A36 es un material que por sus características y propiedades se ha convertido en el más usado por la industria ecuatoriana; este material es el resultado de la composición de elementos químicos, siendo el más importante el hierro y el de menos presencia el carbón, el cual, no supera el 1,2% en peso de la composición, por lo general, alcanza porcentajes entre el 0,2% y el 0,3%, lo que facilita el proceso de moldeo de este acero.

### 2.16.1. Aplicaciones.

Es muy utilizado en la construcción de maquinaria, herramientas, edificios y obras públicas; por la variedad que presenta y sobre todo por la disponibilidad en el mercado. Una ventaja muy importante de este material es que tienen un comportamiento lineal y elástico hasta la fluencia, lo que hace que sea predecible en las estructuras, y por lo tanto el más usado en la industria.

### 2.16.2. Propiedades mecánicas del acero ASTM A36.

Tabla 2.4. Propiedades mecánicas del acero ASTM A36

Propiedades	Valores
Densidad	7850 $\frac{kg}{m^3}$
Límite de fluencia	250-280 Mpa
Resistencia a la tensión	400-550 Mpa
Límite de ruptura	441.3 Mpa
Elongación mínima	20% (8")
Punto de fusión	1538 °C
Módulo de elasticidad	29000 Ksi

**Fuente:** Ciencia de materiales, Selección y Diseño”, de Pat L. Mangonon

### 2.16.3. Propiedades químicas del acero ASTM A36

Tabla 2.5. Composición química del acero ASTM A36

Carbono	0.25 %
Cobre	0.02 %
Hierro	99 %
Manganeso	0.8-1.2 %
P máx.	0.04 %
S máx.	0.05 %

**Fuente:** IPAC

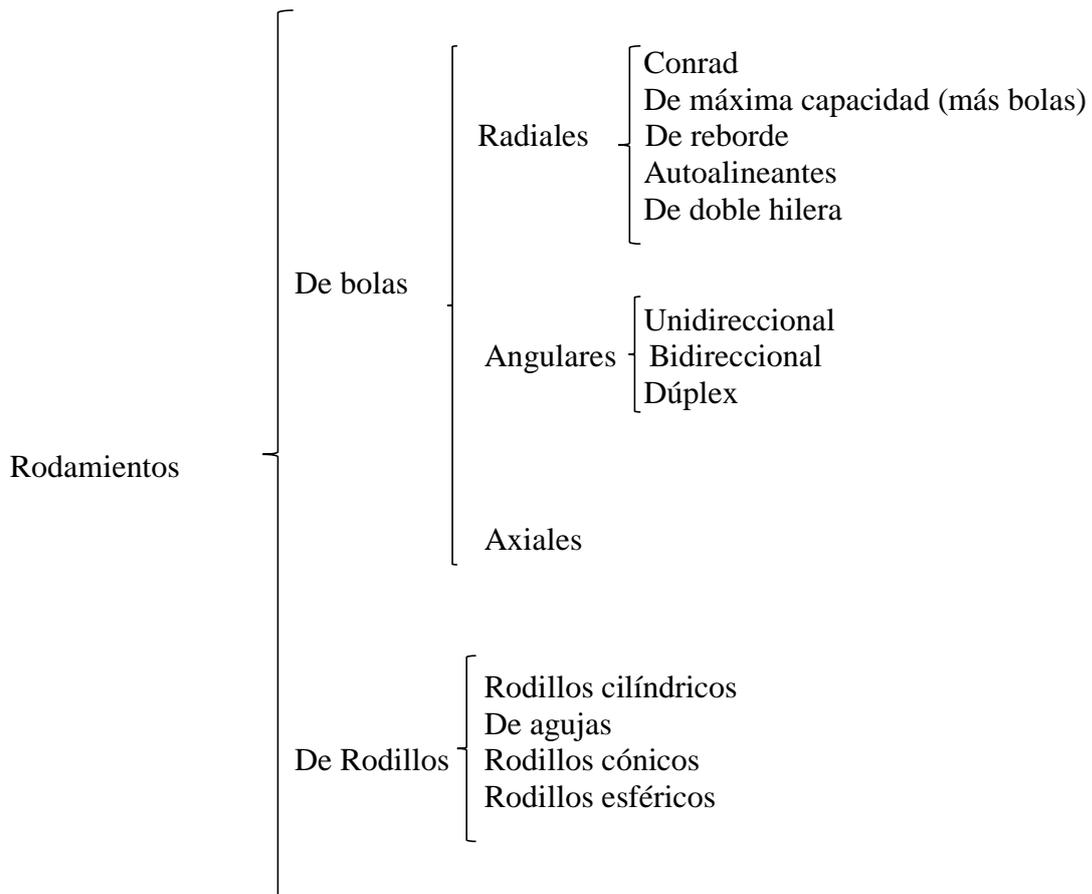
## 2.17. Rodamientos.

El propósito de un cojinete es de soportar una carga y al mismo tiempo permitir el movimiento relativo entre dos elementos de una máquina. El término cojinetes con contacto de rodadura se refiere a una gran variedad de cojinetes llamados rodamientos, los cuales usan bolas esféricas o algún otro tipo de rodillos entre los elementos estacionario y móvil. El tipo más común de cojinete soporta un eje rotatorio, y resiste puramente cargas radiales, o una combinación de cargas radiales y axiales (de empuje). Algunos cojinetes están diseñados para soportar solamente cargas de empuje. La mayoría de los cojinetes se usan en aplicaciones que involucran rotación, pero hay algunos que se usan en aplicaciones de movimiento lineal. [9]

Desde el punto de vista del ingeniero de diseño, el estudio del diseño de los rodamientos difiere en varios aspectos de otros elementos de máquinas, principalmente debido a que se trata más bien de un problema de selección del rodamiento adecuado a una determinada aplicación, puesto que los rodamientos por especificar ya han sido diseñados y fabricados. Por tanto, se trata de seleccionar un rodamiento adecuado a las dimensiones geométricas disponibles, a las velocidades de giro constante o variable, a la cargas externas que ha de transmitir y buscando una duración valorada en ciclos de, horas de funcionamiento o kilómetros recorridos, teniendo en cuenta también aspectos como fatiga, corrosión, lubricación, calentamientos, etc.

Por tanto una idea importante es que la selección de un cojinete de rodamientos se hace con base en catálogos de fabricantes, además estos elementos están normalizados en el sistema métrico desde los inicios de su desarrollo, lo que permite que si tenemos que sustituir un rodamiento de los años 40 de un vehículo automóvil, podemos sin ningún problema encontrar otro rodamiento actual cuyas dimensiones geométricas se correspondan con las del original, si bien probablemente los materiales y características mecánicas del rodamiento hayan mejorado en general debido a los avances y mejoras de los materiales empleados, los procesos de fabricación, etc. Desafortunadamente, los catálogos de los diferentes fabricantes no emplean, necesariamente, los mismos métodos para seleccionar un cojinete, debido, precisamente, a las diferencias de interpretación de los datos de ensayo y de las condiciones de servicio. Sin embargo, la clasificación de los cojinetes se basa en cierta teoría general que modifican las diferentes compañías, de acuerdo con sus propias experiencias. [10]

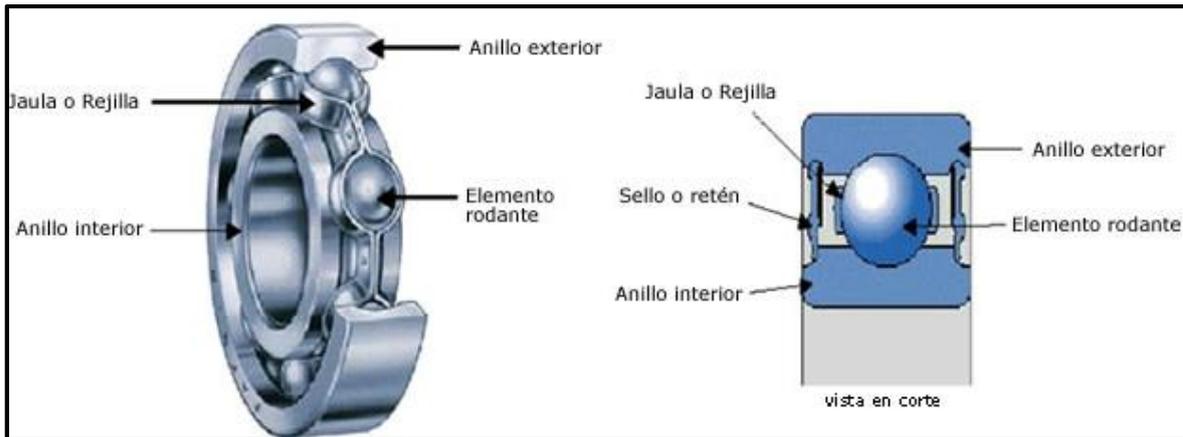
Los rodamientos pueden ser:



### 2.17.1. Componentes.

Los rodamientos normalmente se clasifican según los tipos de elementos rodantes, la dirección de las cargas (radiales o axiales) a soportar para las cuales están diseñados, el número de hileras de los elementos de rodadura, de acuerdo con el trabajo, tipo y combinación de componentes, etc.

Figura 2.24. Partes de un rodamiento.



**Fuente:** Catálogo general NTN

En la figura podemos ver un rodamiento rígido de bolas de una hilera de bolas sobre el que en sección se señalan los cuatro componentes principales de todo rodamiento, como son:

1. Anillo exterior
2. Anillo interior
3. Elemento rodante
4. Jaula o rejilla

Los materiales utilizados en la fabricación de los rodamientos incluyen el acero para los aros y los elementos rodantes, así como diversas clases de materiales para las jaulas, como pueden ser chapa de acero suave, acero al carbono, aleaciones de cobre, plástico y otras resinas sintéticas.

En general, los materiales utilizados deberán tener las siguientes características:

- ✓ Alto límite de elasticidad, para poder soportar tensiones de contacto localizadas.

Elevada resistencia a la fatiga para soportar altas cargas de contacto alternativas o pulsatorias, repetidas. [10]

Templabilidad para asegurar suficiente dureza. [10]

- ✓ Tenacidad para soportar cargas de impacto.
- ✓ Estabilidad dimensional.
- ✓ Resistencia a la corrosión y al calor, para determinadas aplicaciones. [10]

### **2.17.2. Selección de Rodamientos.**

Los árboles, ejes y en general todos aquellos elementos mecánicos que poseen un movimiento de rotación alrededor de un eje geométrico y están sometidos a cargas, precisan de un elemento que facilite su movimiento de rotación, de forma que se sustituya el movimiento de rozamiento por deslizamiento por un movimiento de rodadura. Cada tipo de rodamiento presenta propiedades características que dependen de su diseño y que lo hacen más o menos adecuados para una aplicación determinada.

“Los rodamientos no se diseñan, se seleccionan”.

La elección de un rodamiento se basa en el análisis de los principales parámetros de funcionamiento y las exigencias del usuario. Estos parámetros pueden ser:

- ✓ Duración de vida requerida
- ✓ Importancia de las cargas aplicadas
- ✓ Espacio disponible y el entorno
- ✓ Condiciones de funcionamiento:
  - Velocidad
  - Temperatura
  - Lubricación
  - Juego
  - Vibraciones
  - Choques

### **2.17.3. Selección del tamaño del rodamiento.**

El tamaño del rodamiento necesario para una aplicación determinada se selecciona inicialmente en base a su capacidad de carga comparada con las cargas que previsiblemente tendrá que soportar en servicio y las exigencias en cuanto a duración y fiabilidad requeridas para la aplicación en cuestión. En todos los catálogos se encuentran dos valores para la capacidad de carga, la capacidad de carga estática “ $C_o$ ” y la capacidad de carga dinámica “ $C$ ”.

#### **2.17.4. Capacidad de carga dinámica.**

Es una medida de la potencia de un rodamiento solicitado dinámicamente. Se define como la carga que actúa sobre rodamientos que giran y bajo la cual, el 90% de rodamientos iguales, funcionando a iguales condiciones de servicio alcanzan un tiempo de funcionamiento de 1 millón de revoluciones antes de fallar a causa de fatiga (duración de fatiga).

#### **2.17.5. Capacidad de carga estática.**

Es la sollicitación a la carga sobre un rodamiento en reposo y que origina una deformación permanente en el centro de la superficie de contacto entre cuerpo rodante y camino de rodadura de aproximadamente 1/10000 del diámetro del cuerpo rodante. Esto corresponde a movimientos muy lento de oscilaciones normales.

#### **2.17.6. Vida.**

La vida de un rodamiento se define como el número de revoluciones (o de horas a velocidad determinada) que el rodamiento puede funcionar antes de que manifieste el primer signo de fatiga (generalmente desconchado) en uno de los aros o en los elementos rodantes. Sin embargo numerosos ensayos han demostrado que rodamientos aparentemente idénticos, funcionando en condiciones idénticas, tienen vidas diferentes. Por lo tanto es esencial para el cálculo de la vida de un rodamiento definir un límite de fiabilidad, que se corresponde con el porcentaje de componentes de una población que sobrepasan una vida dada.

Generalmente la capacidad de carga dinámica de un rodamiento se basa en la vida alcanzada por al menos el 90 % de los rodamientos aparentemente idénticos. A esta vida se la denomina vida nominal y está de acuerdo con la definición dada por la norma ISO. La vida media de los rodamientos es aproximadamente cinco veces la vida nominal. Existen otros conceptos de vida, como por ejemplo la “vida en servicio” que es la duración real alcanzada por un rodamiento antes de fallar. El fallo generalmente no se debe en primer lugar a la fatiga sino a desgastes, corrosión, fallo en las obturaciones.

### 2.17.7. Vida nominal requerida.

Para determinar el tamaño de un rodamiento, los cálculos normalmente se realizan en base a una vida nominal ( $L_{10}$ ) del rodamiento, por lo cual es esencial conocer la “vida nominal requerida” para la aplicación considerada. Este nivel de vida depende generalmente del tipo de elemento que se considere y de las exigencias en lo referente a la vida en servicio, responsabilidad del componente y la fiabilidad del mismo.

Tabla 2.6. Duración en horas para diferentes tipos de máquinas.

<b>Tipos de máquinas</b>	<b>Horas de servicio (<math>L_{10}</math>)</b>
Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos y aparatos de uso médico	300 a 3.000
Máquinas usadas intermitentemente o por cortos periodos: máquinas-herramientas portátiles, aparatos elevadores para talleres, máquinas para la construcción.	3.000 a 8.000
Máquinas para trabajar con alta fiabilidad de funcionamiento por cortos periodos o intermitente: ascensores, montacargas, grúas y transportadores para mercancías embaladas.	8.000 a 12.000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario no totalmente utilizadas: transmisiones por engranajes para uso general, motores eléctricos para uso industrial, trituradoras giratorias	10.00 a 25.000
Máquinas para 8 horas de trabajo totalmente utilizadas: máquinas-herramienta, máquinas para trabajar madera, máquinas para la industria mecánica en general, grúas para materiales a granel, ventiladores, cintas transportadoras, equipos de imprenta, separadores y máquinas centrífugas.	20.000 a 30.000
Máquinas para trabajar continuo, 24 horas día: caja de engranajes para laminadoras, maquinarias eléctricas de tamaño medio, compresores, máquinas de extracción para minas, bombas, maquinaria textil.	40.000 a 50.000
Maquinaria para abastecimiento de agua, hornos giratorios, máquinas cableadoras, maquinaria de propulsión en transatlánticos.	60.000 a 100.000

---

Maquinaria eléctrica de gran tamaño, centrales eléctricas, > 100.000 ventiladores y bombas para minas, rodamientos para aplicación en marina mercante.

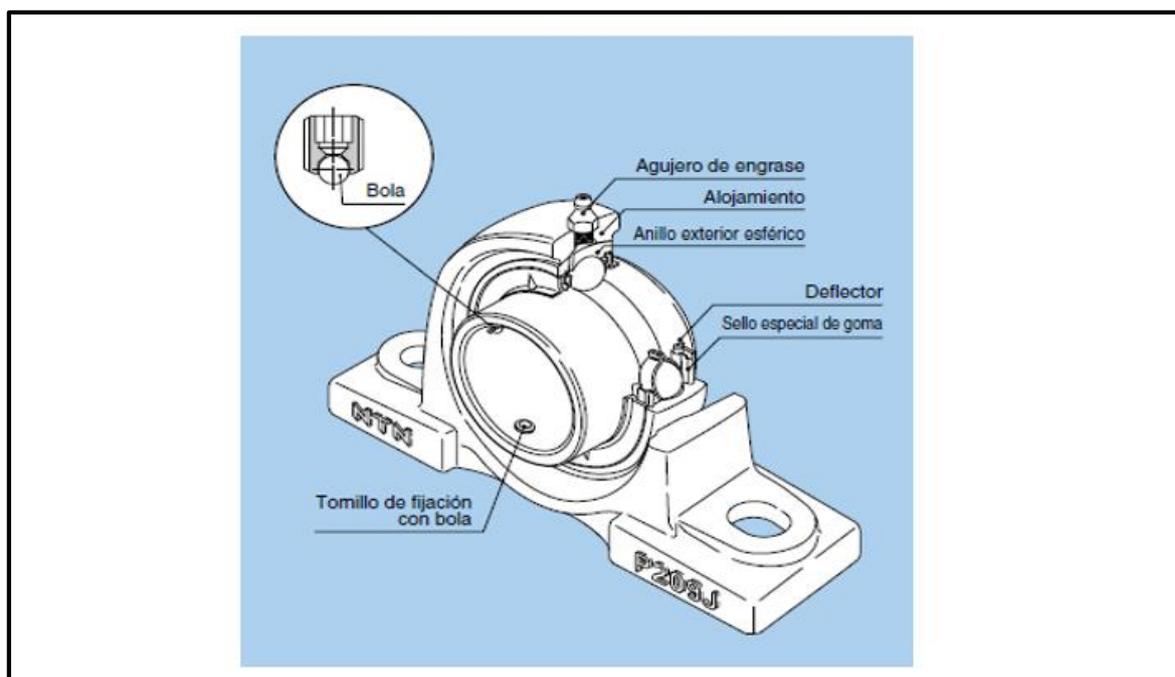
---

**Fuente:** (Cortizo Rodríguez, y otros, 2004)

## 2.18. Chumaceras.

Las chumaceras son unidades compuestas de un rodamiento de bolas insertado en varios tipos de alojamientos. El alojamiento puede ser apernado a la estructura de la maquinaria y el anillo interior, puede ser montado sobre los ejes fácilmente por medio de tornillos de fijación. Esto significa que la chumacera puede soportar equipos rotativos sin poseer un diseño especial para permitir su montaje. Una variedad de alojamientos estandarizados de diferentes formas se encuentra disponible, incluyendo los de tipo pie o puente y los de tipo brida. El diámetro exterior del rodamiento es esférico, tal como lo es el diámetro interior del alojamiento, permitiéndose la posibilidad de un autoalineamiento con el eje. Para la lubricación, la grasa está contenida y sellada dentro del rodamiento y la intromisión de partículas contaminantes se evita por medio de un doble sello. **Fuente:** Catálogo general NTN

Figura 2.25. Partes de una chumacera



**Fuente:** Catálogo general NTN

**CAPITULO III**  
**MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **3.1. Localización.**

El tema de investigación, “Diseño de una canteadora para madera de cuatro cuchillas con sistema de chumaceras para la “Ebanistería Hermanos Congo”, que se ejecuta en la ciudad de Quevedo. Ubicada en la vía El Empalme kilómetro 2,5.

### **3.2. Tipo de investigación.**

La investigación es de tipo diagnóstica, basándose en que existen diseños de canteadoras solamente con tres cuchillas y con rodamientos encajados. Fundamentado en la teoría de las cepilladoras que actualmente existen con cuatro cuchillas, haciendo en relevancia la diferencia de acabados.

### **3.3. Métodos de investigación.**

#### ✓ Método inductivo

El método inductivo, permite recopilar toda la información necesaria sobre las actuales canteadoras y el déficit de las mismas. Obteniendo de esta manera, la teoría necesaria de la implementación de un nuevo diseño de esta máquina, que cumpla con los estándares de calidad de la empresa.

#### ✓ Método deductivo

El diseño de la canteadora de cuatro cuchillas con sistema de chumaceras, se basa en la práctica de la canteadora de tres cuchillas. Donde se trata de implementar un nuevo esquema a la necesidad de la empresa, por ende la necesidad de su aplicación.

#### ✓ Método analítico

El estudio de las cuchillas según la cantidad y el número de revoluciones del eje portacuchillas tendrá influencia para el análisis del diseño de la canteadora de cuatro cuchillas.

### **3.4. Fuente de recopilación de información.**

- ✓ La principal información se recopila de la misma empresa, dirigida por el Sr. Jorge Congo Arce, de donde se sustenta el conocimiento de la canteadora que se dispone y se proyecta mejorar.
- ✓ La continuidad de la investigación, se basa de libros, tesis disponibles de otros tipos de máquinas de labrar madera y de toda la información necesaria de la web.

### **3.5. Diseño de la investigación.**

El diseño de investigación adoptada para la presente investigación, es un diseño “experimental”, porque se pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula desde el funcionamiento de la canteadora de cuatro cuchillas.

Es una secuencia de pasos tomados de antemano (planeados) para asegurar que los datos se obtendrán adecuadamente, lo que permitirá un análisis objetivo, conducente a conclusiones válidas del problema investigado.

Creswell (2009) denomina a los experimentos como estudios de intervención, porque un investigador genera una situación para tratar de explicar cómo afecta a quienes participan en ella en comparación con quienes no lo hacen. Es posible experimentar con seres humanos, seres vivos y ciertos objetos.

### **3.6. Instrumentos de investigación.**

- ✓ Entrevista
- ✓ Observación directa
- ✓ Procedimientos experimentales

### **3.7. Tratamientos de los datos.**

Se utilizó el programa Excel.

### **3.8. Recursos humanos y materiales.**

#### **3.8.1. Recursos humanos.**

- ✓ Autor
- ✓ Director del proyecto

#### **3.8.2. Recursos de investigación.**

- ✓ Computadora
- ✓ Impresora
- ✓ Libros
- ✓ Sitios web
- ✓ Calculadora
- ✓ Lápices
- ✓ Cuaderno
- ✓ Hojas A4
- ✓ Empaste
- ✓ Anillados

#### **3.8.3. Recursos materiales para el diseño.**

- ✓ Eje AISI 1018 (acero de construcción)
- ✓ Chumacera tipo puente de 2" <sup>1</sup>/<sub>4</sub>
- ✓ U de 200x50x6 mm
- ✓ Angulo de 2"
- ✓ Angulo de 1" <sup>1</sup>/<sub>2</sub>
- ✓ Plancha de acero de 3/16 de pulgadas de espesor
- ✓ Electrodo 6011 y 7018
- ✓ Pernos
- ✓ Pintura

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**



$P_{motor} = 4$  Hp, potencia de motor

$W_{motor} = 3600$  rpm, velocidad angular del motor, anexo C.

#### 4.1.1.2. Determinación de la fuerza de corte en cabezal:

La fuerza de corte, es la que se requiere para poder cortar la madera en forma de viruta, se la obtiene con la siguiente fórmula:

$$F_{corte} = f_c * A \quad Ec. (4.1.) [11]$$

Donde:

$F_{corte}$  = fuerza de corte (kgf)

$f_c$  = fuerza específica de corte ( $\frac{kgf}{mm^2}$ )

$A$  = sección cortada ( $mm^2$ )

Los valores de fuerza específica de corte se dan entre 1,5 a 2,5 ( $\frac{kgf}{mm^2}$ ), para los cálculos se toma el mayor valor. [12]

$$A = e_m * b \quad Ec. (4.2.) [11]$$

Donde:

$e_m$  = espesor medio de viruta (mm)

$b$  = longitud de corte instantánea (mm)

La longitud de corte  $b$ , es la suma de las longitudes en contacto de cada cuchilla en un instante dado.

$$b = l * z'' \quad Ec. (4.3.) [11]$$

Donde:

$l$  = longitud de contacto de cada cuchilla (mm)

$z''$  = número de cuchillas que están en contacto en instante dado

Con la fórmula siguiente, se determina el número de cuchillas que cortan en un instante dado.

$$z'' = z * \frac{\phi}{2 * \pi}$$

Ec. (4.4.) [11]

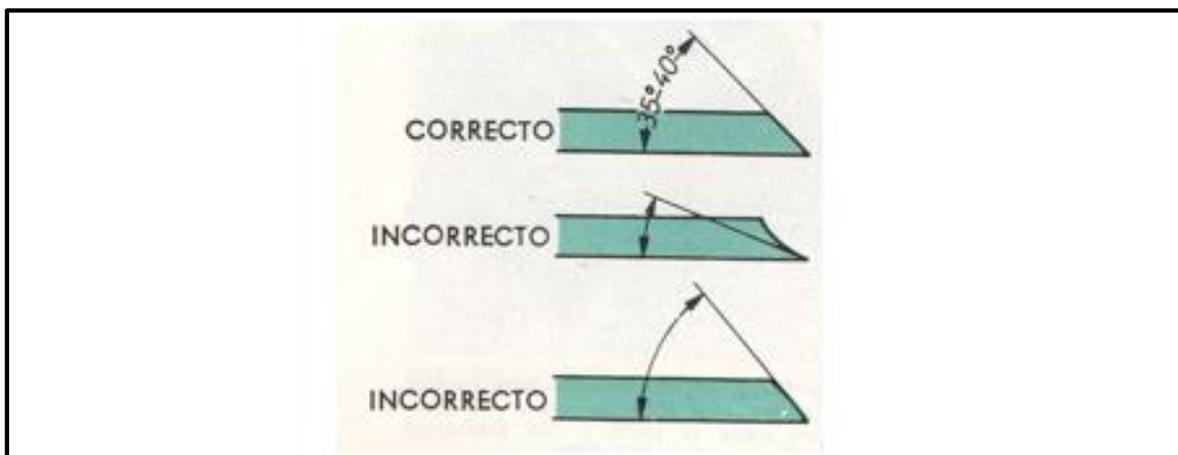
Donde:

$z$  = número de cuchillas

$\phi$  = ángulo de contacto (rad)

Para el sistema a diseñarse, el ángulo de contacto es de 40 grados o 0.698 (rad), como se muestra en la figura 4.2.

Figura 4.2. ángulo de contacto de las cuchillas



Fuente: (Höner, 1989)

De la ecuación 4.4. se obtiene:

$$z'' = 4 * \frac{0.698}{2 * \pi}$$

$$z'' = 0.44 \text{ cuchilla}$$

Reemplazando en la ecuación 4.3. se obtiene la longitud de corte instantánea:

$$b = 300mm * 0.44$$

$$b = 132 \text{ mm}$$

El espesor medio de viruta está dado por la siguiente ecuación:

$$e_m = a_z * \sqrt{\frac{P_r}{D} * \left(1 - \frac{P_r}{D}\right)} \quad \text{Ec. (4.5.) [11]}$$

Donde:

$e_m$  = espesor medio de viruta (mm)

$a_z$  = avance por cuchilla (mm)

$P_r$  = profundidad de pasada; (3 mm) [5]

$D$  = diámetro del eje portacuchillas (mm)

El avance por cuchilla se determina con la ecuación 4.6.

$$a_z = \frac{s}{n * z} \quad \text{Ec. (4.6.) [11]}$$

Donde:

$s$  = avance de cuchilla;  $\left(4 \frac{m}{min}\right)$  [5]

$n$  = revoluciones por minuto del cabezal de corte

$z$  = número de cuchillas

$$a_z = \frac{4000 \frac{mm}{min}}{5000 \frac{rev}{min} * 4}$$

$$a_z = 0.2 \text{ mm}$$

Reemplazando los valores obtenidos anteriormente en la ecuación 4.5. se tiene:

$$e_m = 0.2mm * \sqrt{\frac{3mm}{101.6mm} * \left(1 - \frac{3mm}{101.6mm}\right)}$$

$$e_m = 0.034mm$$

Para la sección cortada instantánea, en la ecuación 4.2. resulta:

$$A = 0.034mm * 132mm$$

$$A = 4.49 \text{ mm}^2$$

Finalmente aplicando la ecuación 4.1. se obtiene la fuerza de corte en el cabezal:

$$F_{corte} = 2.5 \frac{kgf}{mm^2} * 4.49mm^2$$

$$F_{corte} = 11.2 kgf$$

$$F_{corte} = 109.76 N$$

#### 4.1.1.3. Cálculo del par de torsión del cabezal

El par de torsión que se opone al sentido de giro del cabezal, se determina con la ecuación 4.7.:

$$T_{cabezal} = F_{corte} * r_{cabezal} \quad \text{Ec. (4.7.)}$$

$$T_{cabezal} = 109.76 N * 0.0508m$$

$$T_{cabezal} = 5.58 N m$$

Este es el *torque total* que se opone al sentido de giro del eje y con esto es necesario calcular los esfuerzos al que se someterá el eje. La potencia del motor a seleccionar es de 3600 rpm, valores que recomienda Heinrinh Höner (1989). El diámetro de la polea del cabezal igual a 80mm.

$$W_{motor} * d_{pm} = W_{cabezal} * d_{pcabezal}$$

$$d_{pm} = \frac{W_{cabezal} * d_{pcabezal}}{W_{motor}} \quad \text{Ec. (4.8.)}$$

$$d_{pm} = \frac{(5000rpm) * (80mm)}{3600rpm}$$

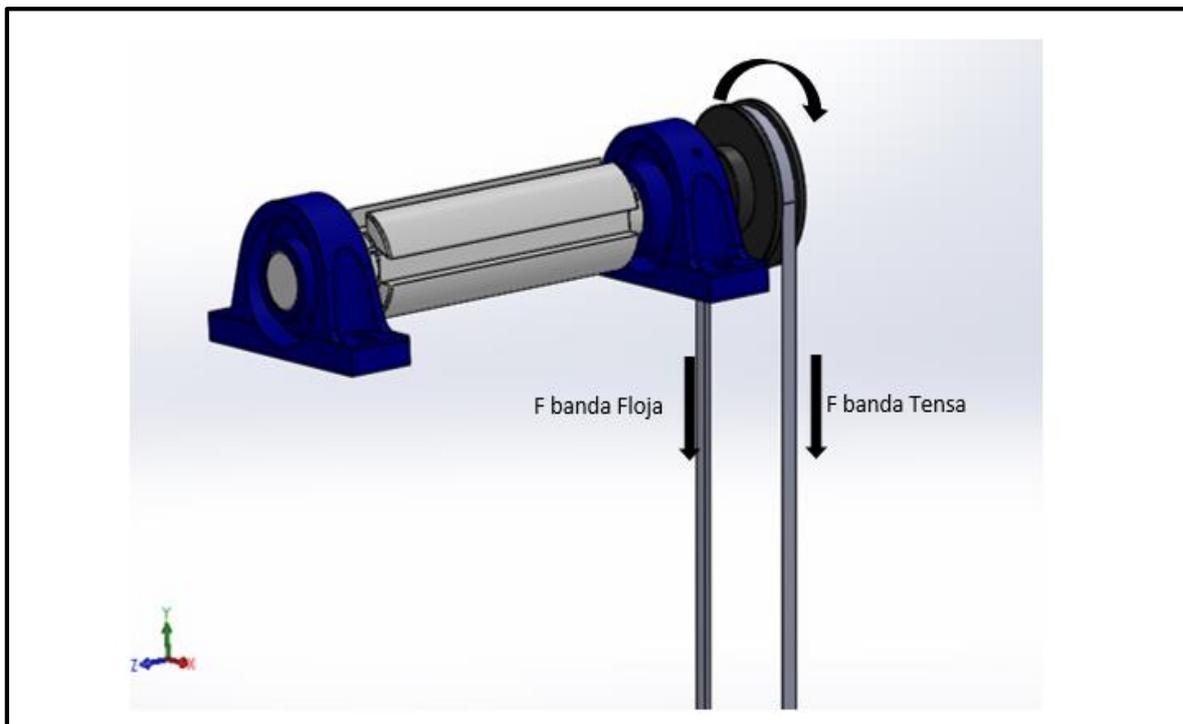
$$d_{pm} = 111 mm$$

En el anexo D. se pueden observar las medidas de poleas que se encuentran en el mercado, del cálculo obtenido teóricamente se procede a escoger la medida superior 120mm para conservar la velocidad en el eje.

#### 4.1.1.4. Cálculo de fuerzas producidas por las bandas

De tal manera se observa en la figura 4.3. que existen dos fuerzas, siendo estas que provocan la tensión de la banda:

Figura 4.3. Fuerzas producidas por la transmisión de potencia por poleas



**Fuente:** Solidworks

**Elaborado:** Autor, 2015

$$T_{cabezal} = F_{banda\ tensa} * r_{pe} - F_{banda\ floja} * r_{p\ cabezal}$$

$$T_{cabezal} = (F_{banda\ tensa} - F_{banda\ floja})r_{p\ cabezal}$$

Para fines prácticos se toma en cuenta que la fuerza de la banda floja es un 20% de la banda tensa, donde:

$$F_{banda\ floja} = 0.2F_{banda\ tensa}$$

$$T_{cabezal} = (F_{banda\ tensa} - 0.2F_{banda\ floja})r_{p\ cabezal}$$

$$T_{cabezal} = 0.8F_{banda\ tensa} * \frac{0.08m}{2}$$

$$F_{banda\ tensa} = \frac{T_{cabezal} * 2}{0.8 * 0.08}$$

$$F_{banda\ tensa} = \frac{5.58\ N\ m * 2}{0.8 * 0.08\ m}$$

$$F_{banda\ tensa} = 174.38\ N$$

$$F_{banda\ floja} = 0.2 * 174.38\ N$$

$$F_{banda\ floja} = 34.88\ N$$

Entonces:

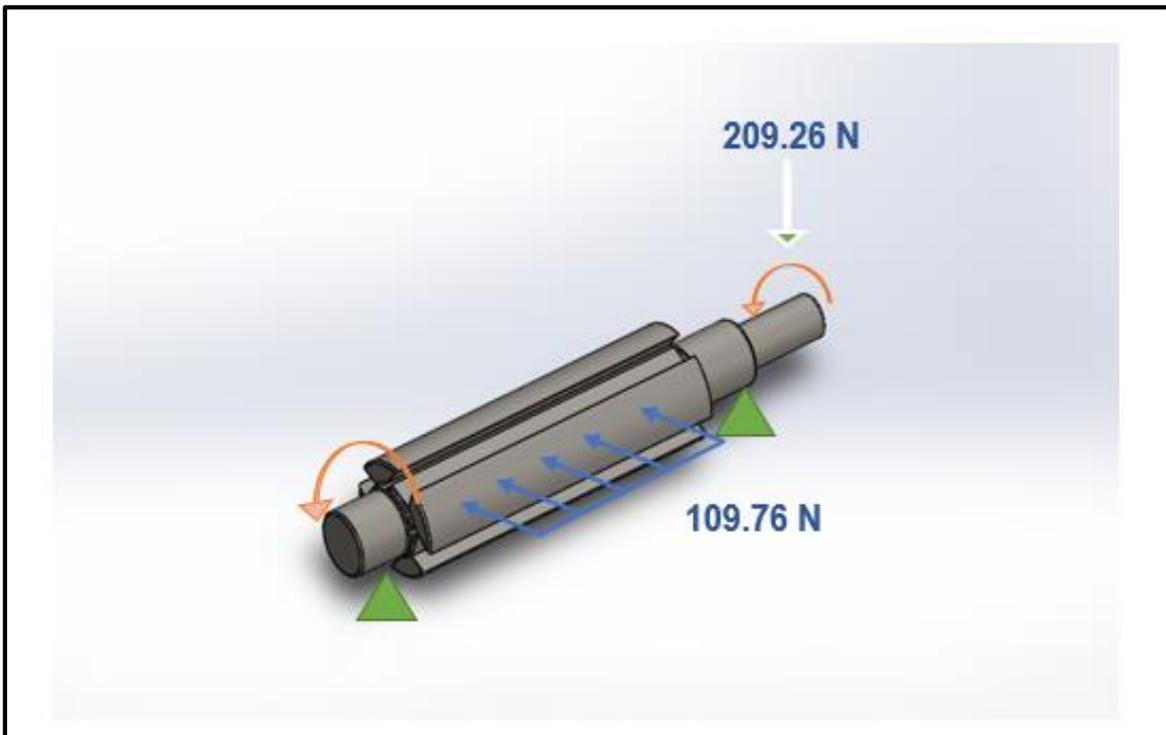
$$F_{total} = F_{banda\ tensa} + F_{banda\ floja} \quad Ec. (4.9)$$

$$F_{total} = 174.38\ N + 34.88\ N$$

$$F_{total} = 209.26\ N$$

Con la fuerza producida por la banda y la fuerza total de corte, se realiza el análisis mecánico en el eje que se muestra en la siguiente figura:

Figura 4.4. Fuerzas aplicadas en el eje

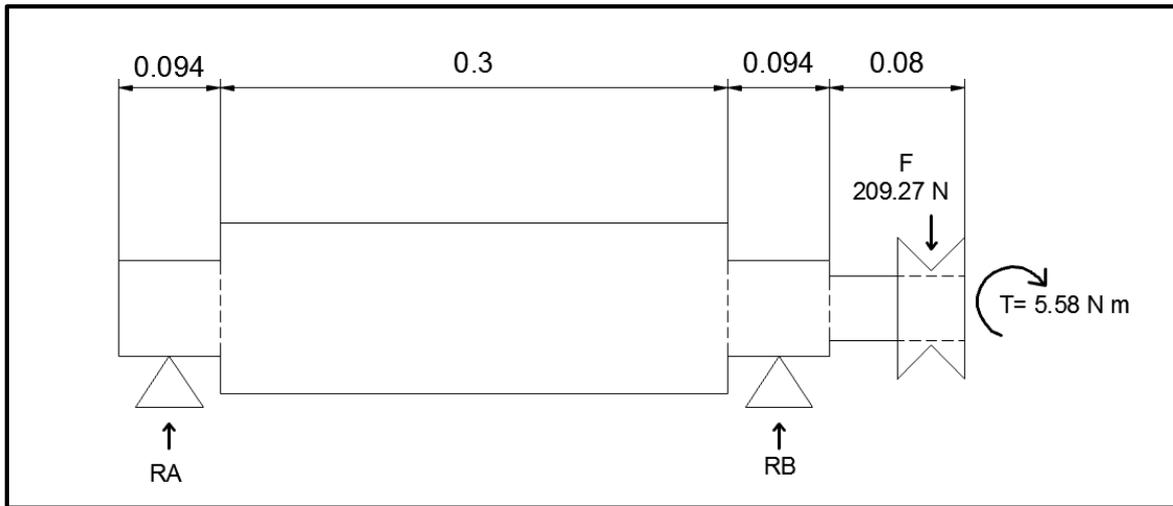


**Fuente:** Solidworks

**Elaborado:** Autor, 2015

#### 4.1.1.4.1. Cálculo de reacciones en el plano x-y

Figura 4.5. Diagrama de cuerpo libre de plano x-y



**Fuente:** AutoCAD

**Elaborado:** Autor, 2015

Se efectúa el análisis de cuerpo libre con sumatoria de momento:

$$\sum^+ M_A = 0$$

$$R_B * 0.488 - 209.27 * 0.568 - 5.58 = 0$$

$$R_B = \frac{124.45 \text{ Nm}}{0.488 \text{ m}}$$

$$R_B = 255.01 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_A + R_B = 209.27 \text{ N}$$

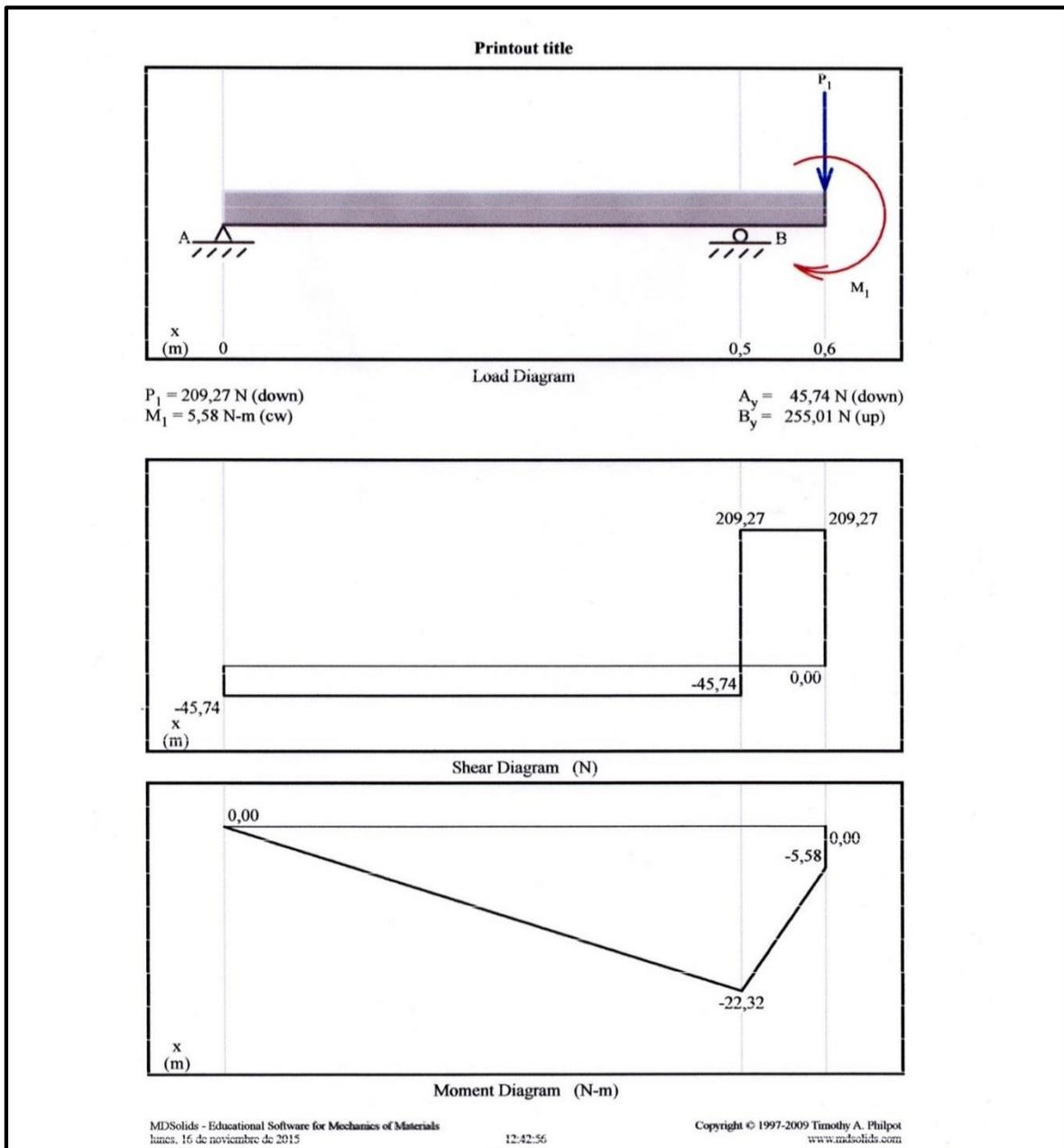
$$R_A = 209.27 \text{ N} - R_B$$

$$R_A = 209.27 \text{ N} - 255.01 \text{ N}$$

$$R_A = -45.75 \text{ N}$$

#### 4.1.1.4.2. Diagrama de cortante y momento flector en el programa MDsolids.

Figura. 4.6. Diagrama de cortante y momento flector en el plano x-y



Fuente: MDSolids

Elaborado: Autor, 2015

Cortante máximo según la gráfica es:

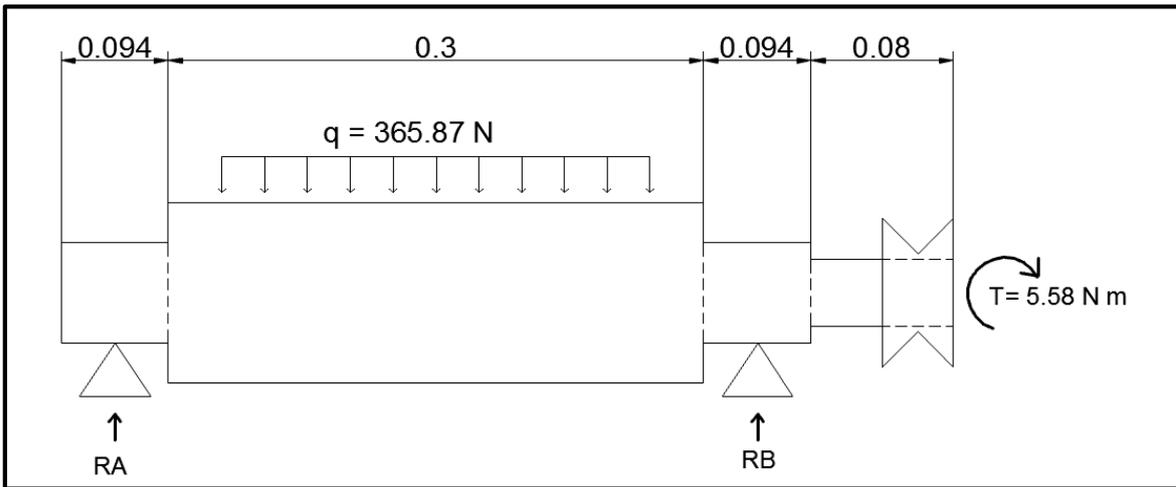
$$V = 209.27N$$

Momento flector máximo es:

$$M = 22.32 \text{ N m}$$

#### 4.1.1.4.3. Cálculo de reacciones en el plano x-z

Figura 4.7. Diagrama de cuerpo libre de plano x-z



Fuente: AutoCAD

Elaborado: Autor, 2015

Se efectúa el análisis de cuerpo libre con sumatoria de momento:

$$\sum M_A = 0$$

$$-(365.87 * 0.3)(0.094 + 0.15) + R_B * 0.488 - 5.58 = 0$$

$$R_B = \frac{109.76 * 0.244 + 5.58}{0.488}$$

$$R_B = 66.31 \text{ N}$$

Se realiza el análisis de cuerpo libre con sumatoria de fuerza:

$$\sum F_y = 0$$

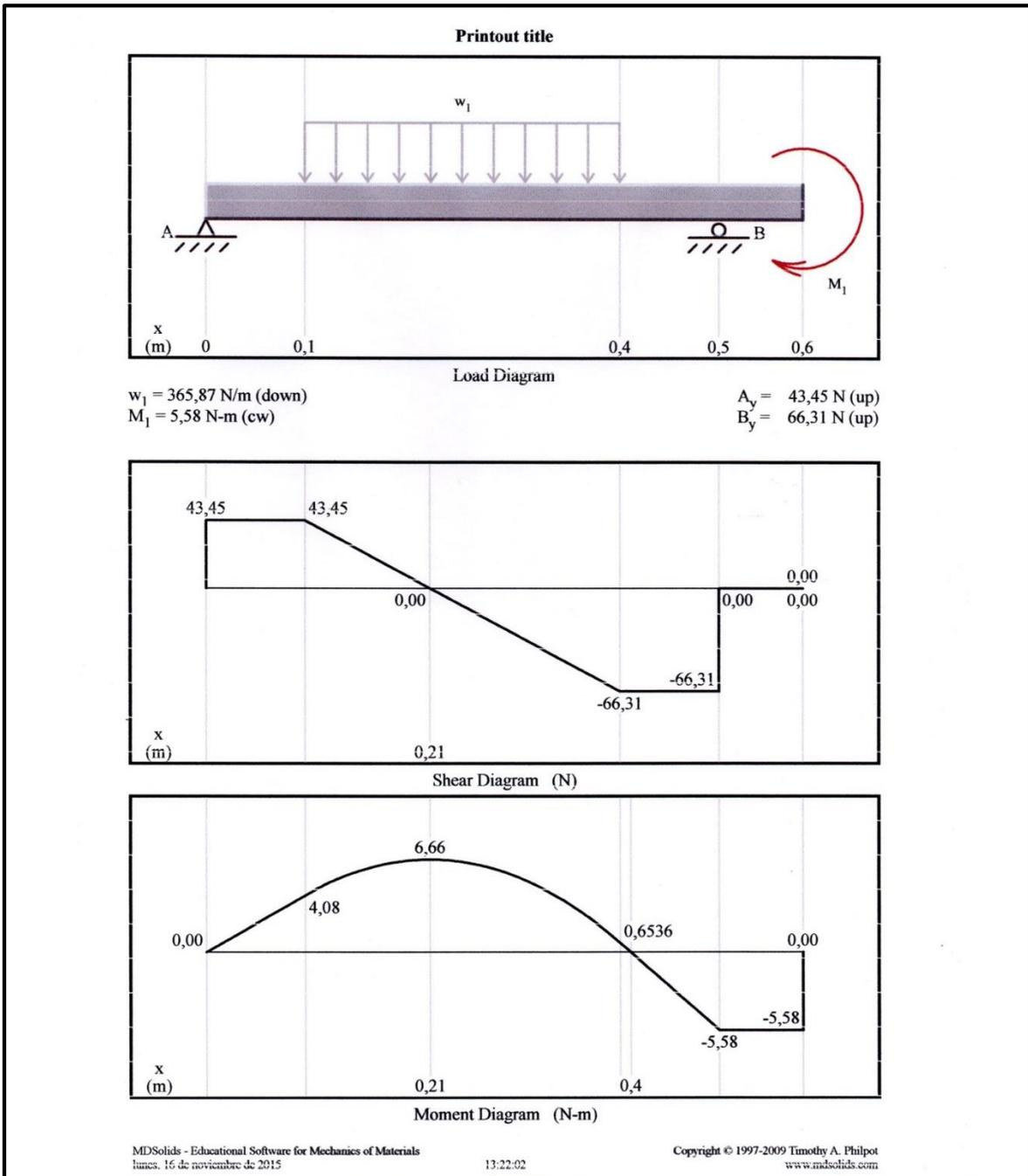
$$R_A + R_B - (365.87 * 0.3) = 0$$

$$R_A = 109.76 - 66.31$$

$$R_A = 43.45 \text{ N}$$

**4.1.1.4.4. Diagrama de cortante y momento flector en el programa MDsolids.**

Figura. 4.8. Diagrama de cortante y momento flector en el plano x-



**Fuente:** MDsolids

**Elaborado:** Autor, 2015

El cortante máximo según la gráfica:

$$V = 43.45 \text{ N}$$

Momento flector máximo es:

$$M = 6.66 \text{ N m}$$

Como se puede apreciar donde existe mayor cantidad de momento flexionante es en la reacción (B), siendo que la sumatoria daría el máximo momento flector, por lo cual:

$$M_B = \sqrt{(M_{Bx-y})^2 + (M_{Bx-z})^2} \quad \text{Ec. (4.10.)}$$
$$M_B = \sqrt{(22.32 \text{ Nm})^2 + (6.66 \text{ Nm})^2}$$
$$M_B = 23.29 \text{ Nm}$$

De las gráficas obtenidas es evidente que el mayor esfuerzo del eje es en la reacción B. En este punto se alojará la polea para la transmisión del eje. Con el cálculo del momento máximo se deduce que a partir de ahí la deformación será a causa de la fuerza total producida por la banda. Donde se procede a calcular los esfuerzos normales en el eje:

$$\sigma = \frac{M \cdot c}{I} \quad \text{Ec. (4.11.)}$$

Dónde:

$\sigma$  = esfuerzo normal en  $MP_a$

$M$  = Momento flector en  $N_m$

$c = \frac{L}{2}$ ; centroide del eje en  $m$

$I = \frac{\pi d^4}{64}$ ; Momento de Inercia para una area circular el  $m^4$

$L$  = largo del eje 0.568 m

$d$  = diámetro del eje 4" = 0.1016 m

$$c = \frac{L}{2} \quad \text{Ec. (4.12.)}$$
$$c = \frac{0.568m}{2}$$
$$c = 0.284m$$
$$I = \frac{\pi d^4}{64} \quad \text{Ec. (4.13.)}$$

$$I = \frac{\pi(0.1016m)^4}{64}$$

$$I = 5.23 * 10^{-6}m^4$$

Entonces, para el momento máximo, el esfuerzo normal es:

$$\sigma = \frac{(23.29 Nm)(0.284m)}{5.23 * 10^{-6}m^4}$$

$$\sigma = 1.26 * 10^{-6}Pa \left( \frac{1MP_a}{1 * 10^6Pa} \right)$$

$$\sigma = 1.26 MP_a$$

Ahora para obtener el esfuerzo cortante, a partir de la torsión a la que se encuentra sometido el eje:

$$\tau = \frac{Tc}{J} \quad \text{Ec. (4.14.)}$$

Dónde:

$\tau$ = Esfuerzo cortante en  $MP_a$

T= Par de torsión en  $N_m$

$c = \frac{L}{2}$ ; *centroide* del eje  $m$

L= largo del eje 0.568 m

$J = \frac{\pi d^4}{32}$ ; *Momento polar de inercia para el area circular* del eje en  $m^4$

d = diámetro del eje 4" = 0.1016 m

$$J = \frac{\pi d^4}{32} \quad \text{Ec. (4.15.)}$$

$$J = \frac{\pi(0.1016m)^4}{32}$$

$$J = 9.85 * 10^{-6}m^4$$

Para determinar el esfuerzo cortante, es a partir de la torsión a la que se encuentra sometido el eje, reemplazando los valores anteriores en la ecuación 4.14. se tiene:

$$\tau = \frac{(5.58 Nm)(0.284m)}{9.85 * 10^{-6}m^4}$$

$$\tau = 1.61 * 10^{-5} P_a \left( \frac{1 MP_a}{1 * 10^6 P_a} \right)$$

$$\tau = 0.161 MP_a$$

No existen esfuerzos axiales debido a que en el sistema (sobre el eje), no actúan fuerzas en la sección transversal.

Esfuerzos principales y cortante máximo

$$\sigma_1, \sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}\right)^2 + (\tau_{xy})^2}$$

$$\tau_{max,min} = \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}\right)^2 + (\tau_{xy})^2} \quad Ec. (4.16.)$$

Previamente se obtuvieron los esfuerzos normales, donde solo existen los siguientes:

$$\sigma_x = 1.26 MP_a$$

$$\sigma_y = 0$$

$$\tau_{xy} = 0.161 MP_a$$

Entonces:

$$\sigma_1 = \frac{1.26 MP_a}{2} + \sqrt{\left(\frac{1.26 MP_a}{2}\right)^2 + (0.161 MP_a)^2}$$

$$\sigma_1 = 1.28 MP_a$$

$$\sigma_2 = \frac{1.26 MP_a}{2} - \sqrt{\left(\frac{1.26 MP_a}{2}\right)^2 + (0.161 MP_a)^2}$$

$$\sigma_2 = 0.02 MP_a$$

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{1.26 MP_a}{2}\right)^2 + (0.161 MP_a)^2}$$

$$\tau_{max} = 0.65 MP_a$$

Entonces el esfuerzo máximo a soportar es de:  $\tau_{max} = 0.65 MP_a$

Para este diseño, se selecciona un eje AISI 1018 con un esfuerzo máximo de 370 MPa. y un límite de ruptura máximo de 441.3 MPa. ver anexo A.

#### 4.1.1.5. Selección de rodamientos para el eje.

En los apoyos existen momentos, se utilizarán rodamientos de bolas oscilantes, de esta forma absorben algo de flexión del árbol portacuchillas.

Cálculo de carga en los apoyos:

$$F_A = \sqrt{(R_{Ay}^2 + R_{Az}^2)}$$
$$F_A = \sqrt{((-45.74)^2 + (43.45)^2)}$$
$$F_A = 63.09 \text{ N}$$
$$F_B = \sqrt{(R_{By}^2 + R_{Bz}^2)}$$
$$F_B = \sqrt{((255.01)^2 + (-66.31)^2)}$$
$$F_B = 263.49 \text{ N}$$

Se seleccionará el rodamiento para el apoyo más cargado, y este mismo se utilizará para el otro apoyo. En este caso el apoyo B es el más cargado.

$$F_B = F_e$$
$$F_e = 263.49 \text{ N}$$
$$F_e = 0.26 \text{ KN}$$

Capacidad básica de carga

$$C_R = \frac{F_L}{F_n * F_h} * F_e \quad \text{Ec. (4.17.)}$$

En el anexo E. se obtienen los valores correspondientes:

$F_L$  = Factor de esfuerzos 2.71 para 5000 rpm

$F_n$  = Factor de velocidad 0.19

En los anexos F y G. se obtienen los valores de  $F_h$ ,  $F_S$  correspondientemente:

$F_h$  = Factor de dureza que depende de la temperatura de servicio 2.9 para 5000 rpm

$F_S$  = factor de seguridad 2

Reemplazando los valores obtenidos de las tablas en la ecuación 4.17. donde se obtiene:

$$C_R = \frac{2.71}{0.19 * 2.9} * 0.26 \text{ KN}$$

$$C_R = 1.28 \text{ KN}$$

Carga estática requerida  $C_o$

$$C_o = C_R * F_S \quad \text{Ec. (4.18.)}$$

$$C_o = 1.28 \text{ KN} * 2$$

$$C_o = 2.56 \text{ KN}$$

Se tiene la condición de que el diámetro interior sea igual a 55 mm. De acuerdo al catálogo general SKF página 936, el soporte de pie con rodamiento en Y “SY 55 TF/VA201” que tiene una capacidad de carga estática 29 KN. (Anexo H.). Esta carga estática es mayor que la requerida ( $29 \text{ KN} < 2.56 \text{ KN}$ ). Por lo tanto la selección no fallará.

#### **4.1.2. Determinación de la sección apropiada de bandas.**

De acuerdo a la gráfica de perfil de correas, para la selección es necesario tener los siguientes parámetros: velocidad en rpm del motor, como también la potencia.

Donde:

$$P_{motor} = 4 \text{ Hp}$$

$$N_2 = 3600 \text{ RPM}$$

Con los valores de la potencia en (*hp*) y la velocidad en (*RPM*), se determina que el perfil de la correa es tipo A, dato obtenido del anexo I.

Se selecciona una correa trapezoidal o correa en V, por ser las más usuales en la industria, adaptables a cualquier transmisión. Son de larga duración, fáciles de instalar y remover, silenciosas y de bajo mantenimiento. También permiten la absorción de vibraciones de los ejes.

#### 4.1.2.1. Longitud de la banda.

Según el Manual de Diseño Mecánico SHIGLEY J. la longitud de la banda se calcula mediante la Ecuación. 4.19.

$$L_b = 2C + \frac{\pi}{2}(d_{pm} + d_{pcabezal}) \frac{(d_{pm} - d_{pcabezal})^2}{4C} \quad \text{Ec. (4.19.)}$$

Donde:

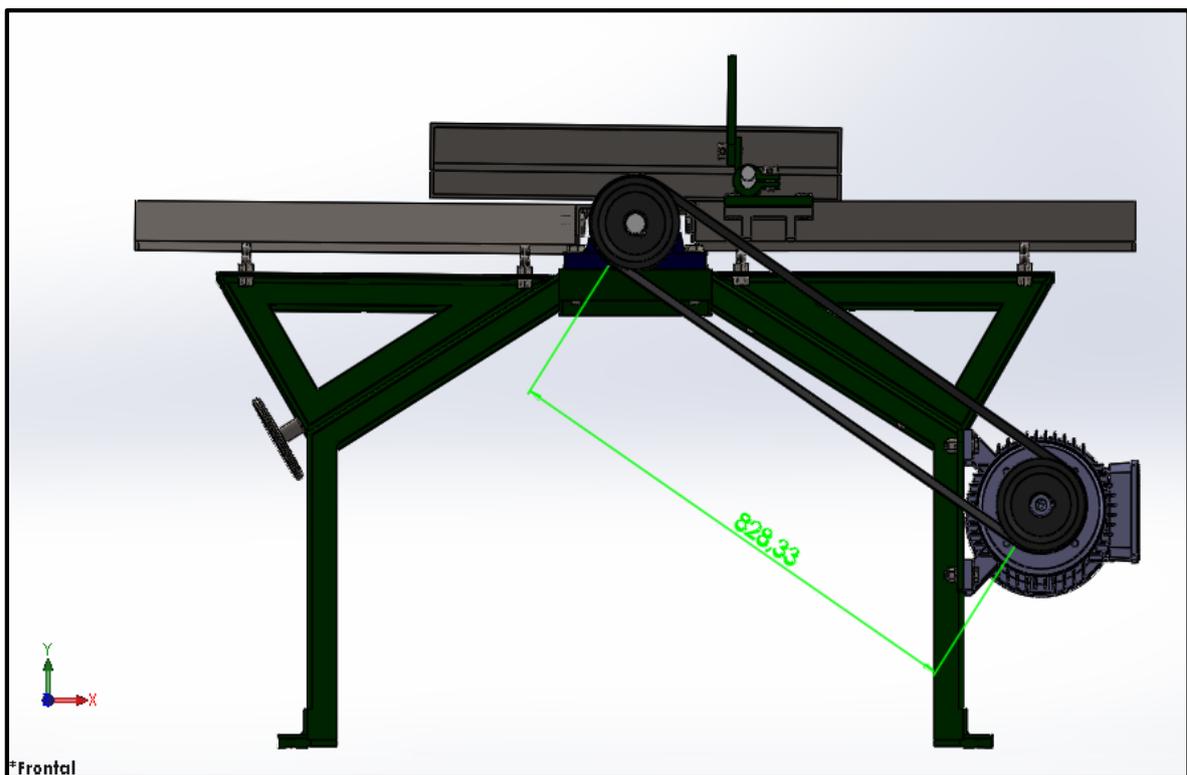
$L_b$  = Longitud de paso (o efectiva) de la banda (m)

$d_{pm}$  = Diámetro de la polea del motor. (m)

$d_{pcabezal}$  = Diámetro de la polea del cabezal (eje). (m)

$C$  = Distancia entre centros de la polea. (m)

Figura 4.9. Esquema del dimensionamiento de centros entre poleas



Fuente: Solidworks

Elaborado: Autor, 2015

Aplicando la Ecuación 4.19. se obtiene la longitud de la banda:

$$L = 2 * 828.33 + \frac{\pi}{2} (120 + 80) \frac{(120 - 80)^2}{4 * 828.33}$$

$$L = 1.8 \text{ m}$$

#### 4.1.2.2. Determinación del número de bandas.

Para determinar el número de bandas se usa la siguiente fórmula:

$$N_b = \frac{P_{\text{diseño}}}{P_a} \quad \text{Ec. (4.20.) [13]}$$

Donde

$P_{\text{diseño}}$  = potencia de diseño

$P_a$  = potencia transmisible por la banda

$$P_a = (P_b + P_d) * C_r * C_l \quad \text{Ec. (4.21.) [13]}$$

$P_a$  = Potencia transmisible por la banda

$P_b$  = Prestación base en CV

$P_d$  = Prestación adicional en CV

$C_r$  = Factor de corrección por el arco de contacto

$C_l$  = Factor de corrección en función del tipo de correa

Para el anexo J.  $D=80\text{mm}$ ,  $i=0,72$ ,  $n1=5000 \text{ rpm}$ . Resulta:

$$P_b = 1.85 \text{ Kw}$$

$$P_b = 2.48 \text{ CV.}$$

Del anexo K. el ángulo de contacto  $\theta = 177^\circ$ , dicho producto es  $C_r = 1$

Y el anexo L. La correa A 80. Se da  $C_l = 1.04$

Reemplazando estos valores en la ecuación 4.21. dónde resulta:

$$P_a = (2.48 \text{ CV} + 0) * 1 * 1.04$$

$$P_a = 2.58 \text{ CV}$$

$$P_a = 2.54 \text{ Hp}$$

Reemplazando los valores obtenidos en la ecuación 4.20. se obtiene:

$$N_b = \frac{4}{2.54}$$

$$N_b = 1.57$$

$$N_b = 2 \text{ Bandas.}$$

#### **4.1.3. Selección de cuchilla para la canteadora.**

La elección del tipo de cuchilla se la realiza en función del trabajo a desempeñar, dureza del material a trabajar, espacio disponible, etc.

Las cuchillas de acero rápido (HSS), compuestas de material con aleación de cobalto, cromo, molibdeno y vanadio; recomendado para trabajos de cepillado, planeado y machihembrado en maderas blandas y semiduras, en las que se pueden obtener buenos acabados, propiedades que se encuentran en el anexo M.

La madera presenta una dureza brinell de 1-7 (HB), anexo N. determinando la selección apropiada de cuchillas con rango mayor de dureza, tomando en consideración estos factores se elige la de las siguientes características, ver anexo O.:

Cuchillas de: HSS

L = 310 mm

H = 25 mm

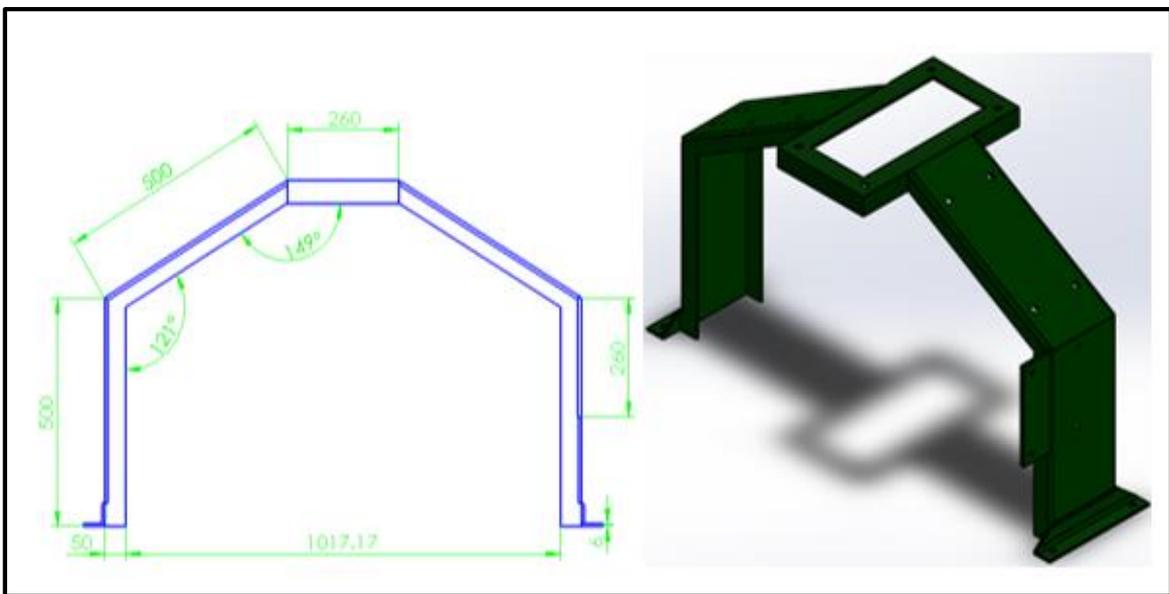
S = 3 mm

Considerando el espesor de la cuchilla seleccionada, se dimensiona en el eje el espacio necesario para su alojamiento, considerando el juego para la correcta fijación y apriete necesario con la contra hierro (seguro de apriete de cuchillas).

#### 4.1.4. Diseño del bastidor de la máquina.

En el diseño y dimensionamiento del bastidor de la máquina se utiliza el software de Solidworks, el mismo que brinda la ayuda de realizar la selección adecuada del material. Para el análisis del bastidor se indica la selección del perfil U de 200x50x6 mm y de un ángulo de 50x 6 mm, especificaciones que se encuentran en el Anexo P y Q. respectivamente, y la designación del material ASTM A36 (acero estructural), composición que se detalla en los anexos R y S.

Figura 4.10. Dimensiones del bastidor



**Fuente:** Solidworks

**Elaborado:** Autor, 2015

El software de diseño, estima que el peso aproximado de los componentes es de 476.24 kilogramos, que soportará de cada uno de los componentes.

Tabla 4.1. Pesos de los diferentes componentes del bastidor

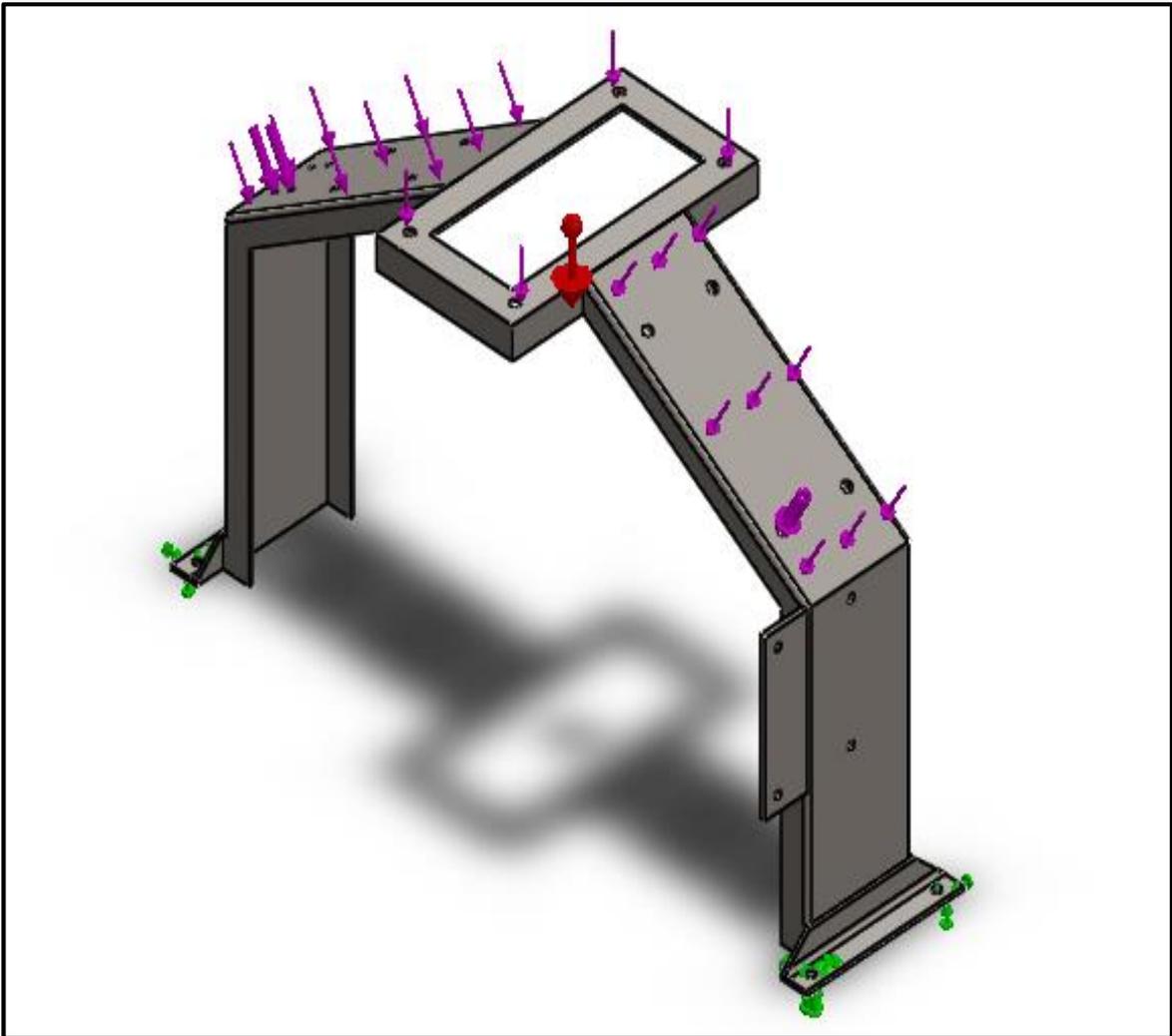
Pesos de los diferentes componentes del bastidor			
Componentes	Cantidad	Masa c/u (kg)	Masa total (kg)
Eje porta cuchillas	1	186	186
Carro fijo	1	14.3	14.3
Carro móvil	1	13.4	13.4
Mesa fija	1	18.9	18.9
Mesa móvil	1	16.4	16.4
Base de telera	1	3.7	3.7
Unión de mesa	2	1.3	2.6
Telera	1	7	7
Eje de telera	1	1.8	1.8
Perno de telera	2	0.07	0.14
Tuerca de mando móvil	1	0.3	0.3
Mando móvil	1	1.1	1.1
Cubre banda	1	8.2	8.2
Cuchillas	4	1.8	7.2
Contra hierro	4	6.6	26.4
Chumaceras	2	60.8	121.6
Motor	1	34	34
Polea de 3"	1	1.2	1.2
Polea de 5"	1	3	3
Pernos	40	0.15	6
Tuercas	50	0.06	3
		Total	476.24 Kg
			4667.15 N

Fuente: Solidworks

#### 4.1.4.1. Análisis del bastidor

Aquí se detalla el análisis que se hace referencia del software de solidworks:

Figura 4.11. Detalles de las cargas

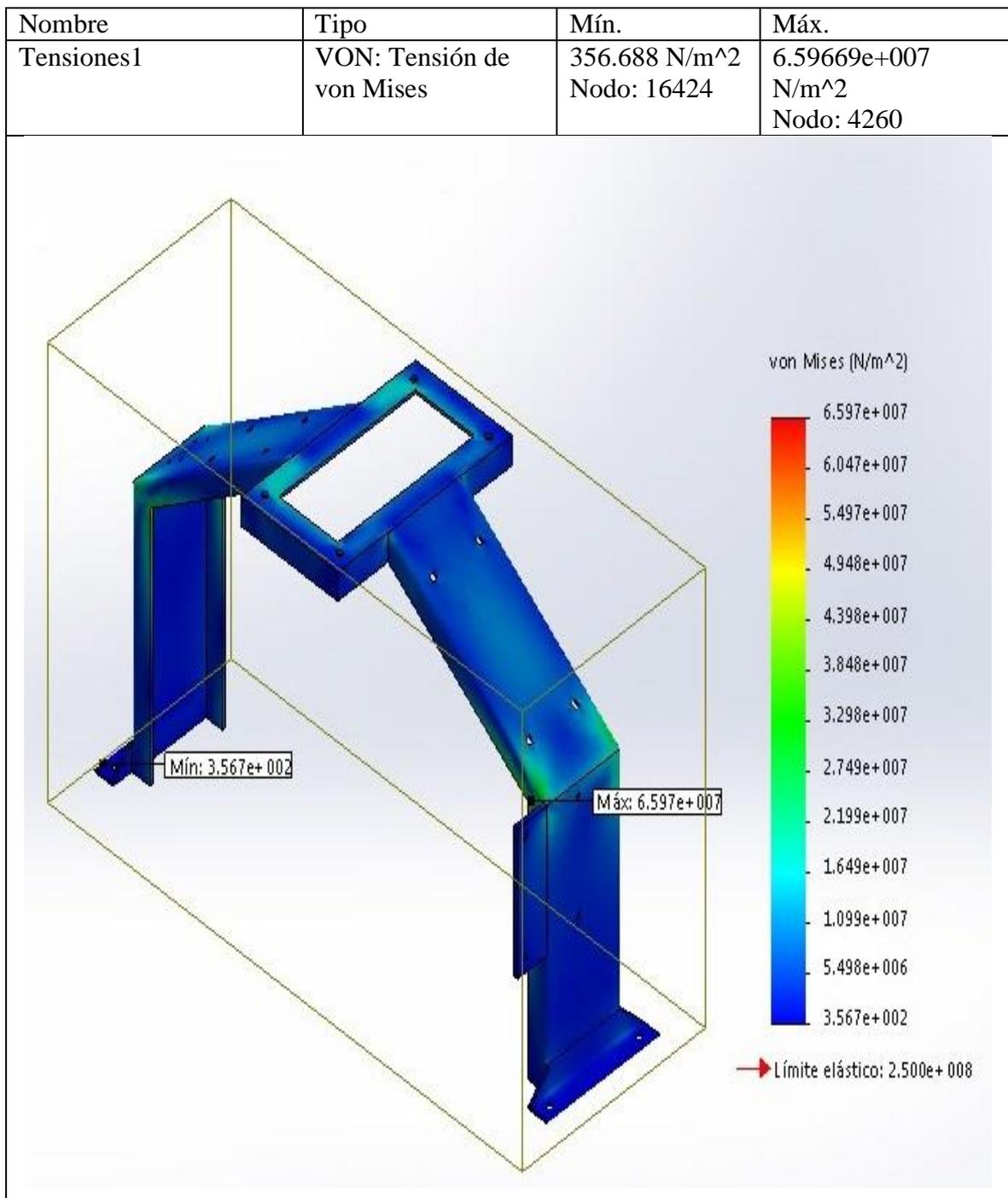


**Fuente:** Solidworks

**Elaborado:** Autor, 2015

La simulación del bastidor, se ha llevó a cabo con el peso total de cada uno de los componentes que lo integran, para este caso no se consideró las vibraciones del motor y la fuerza ejercida por las bandas, siendo estas parte la deformación del elemento.

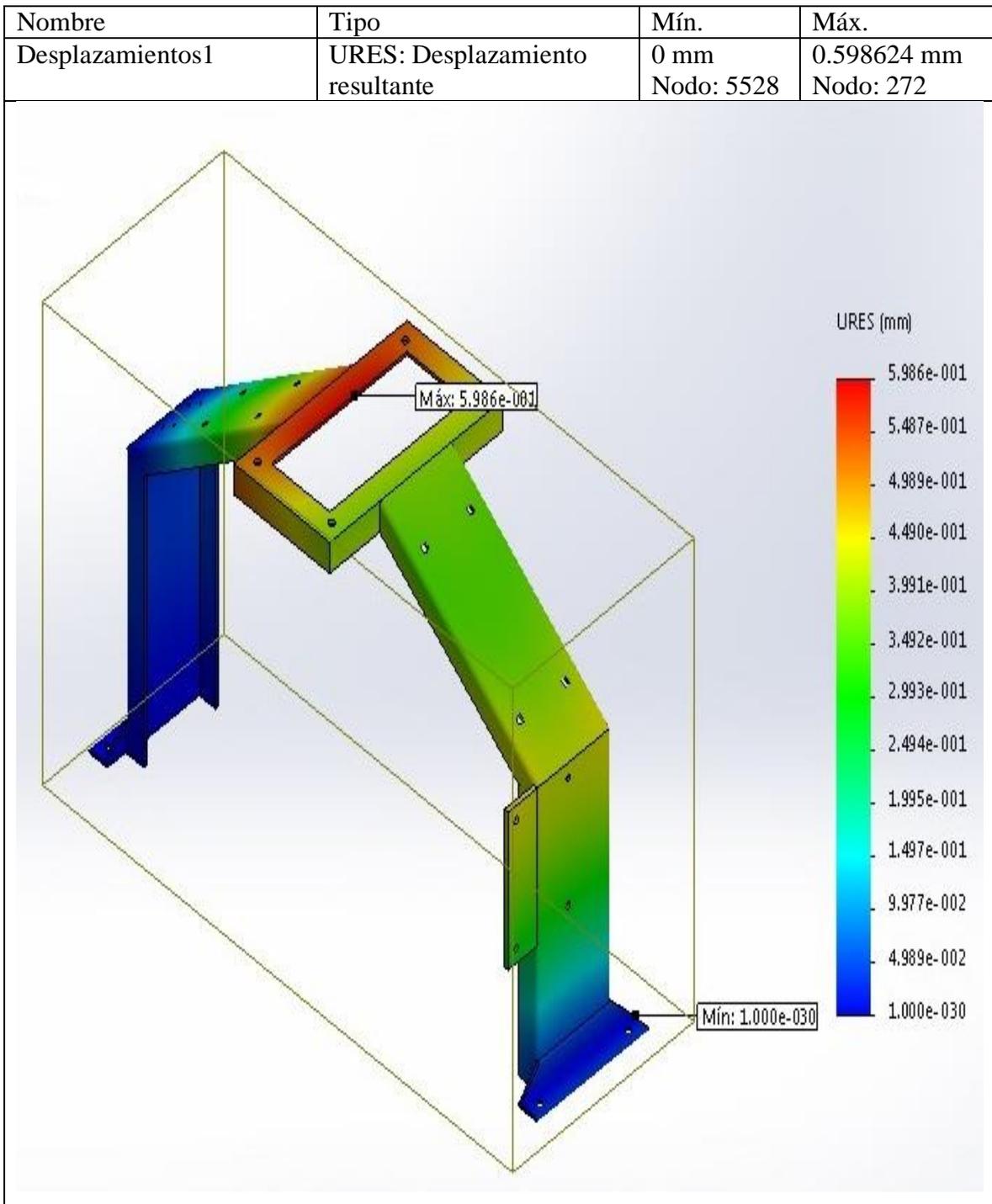
Figura 4.12. Análisis estático de tensión de von Mises



**Fuente:** Solidworks

**Elaborado:** Autor, 2015

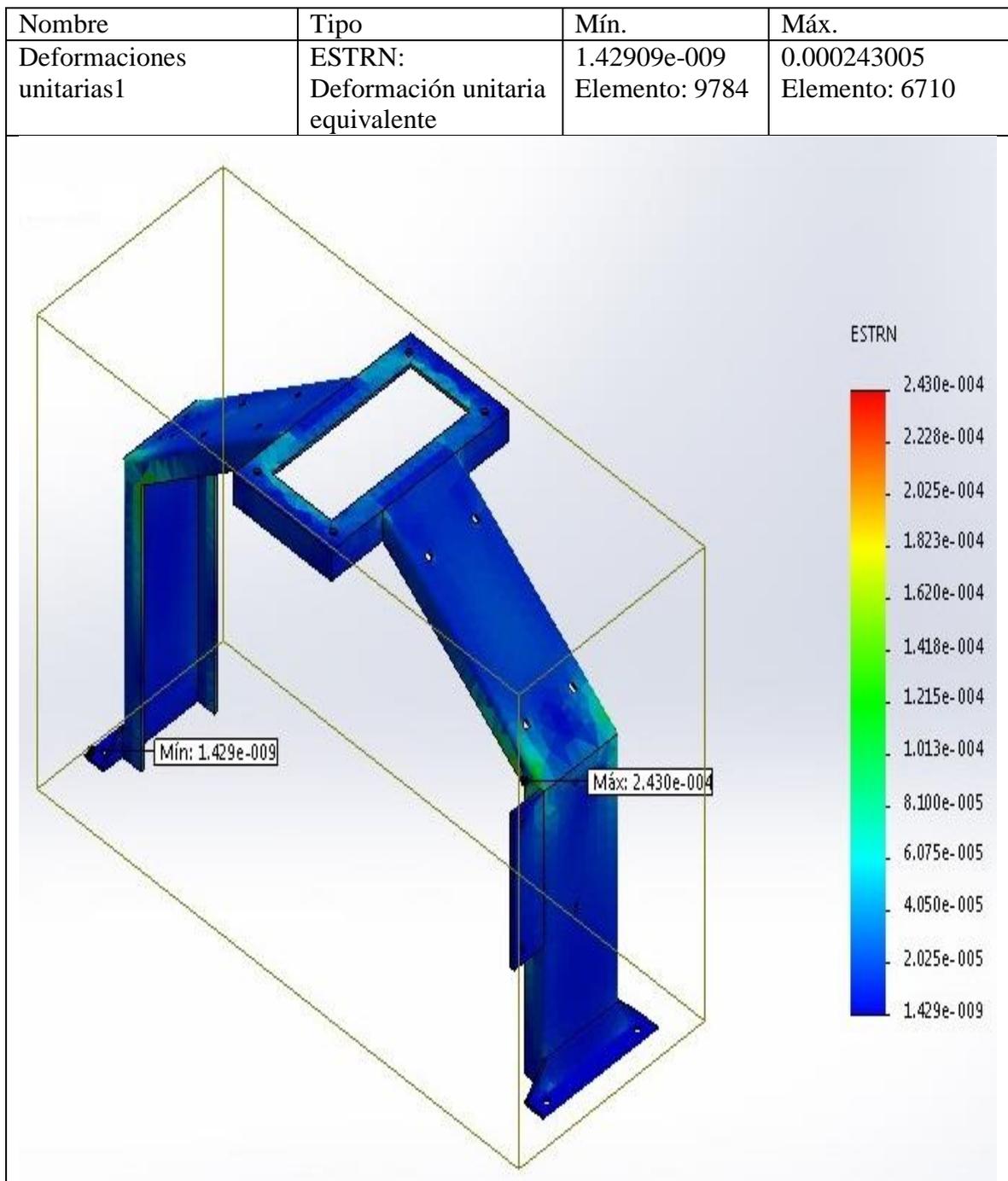
Figura 4.13. Análisis estático de desplazamiento



**Fuente:** Solidworks

**Elaborado:** Autor, 2015

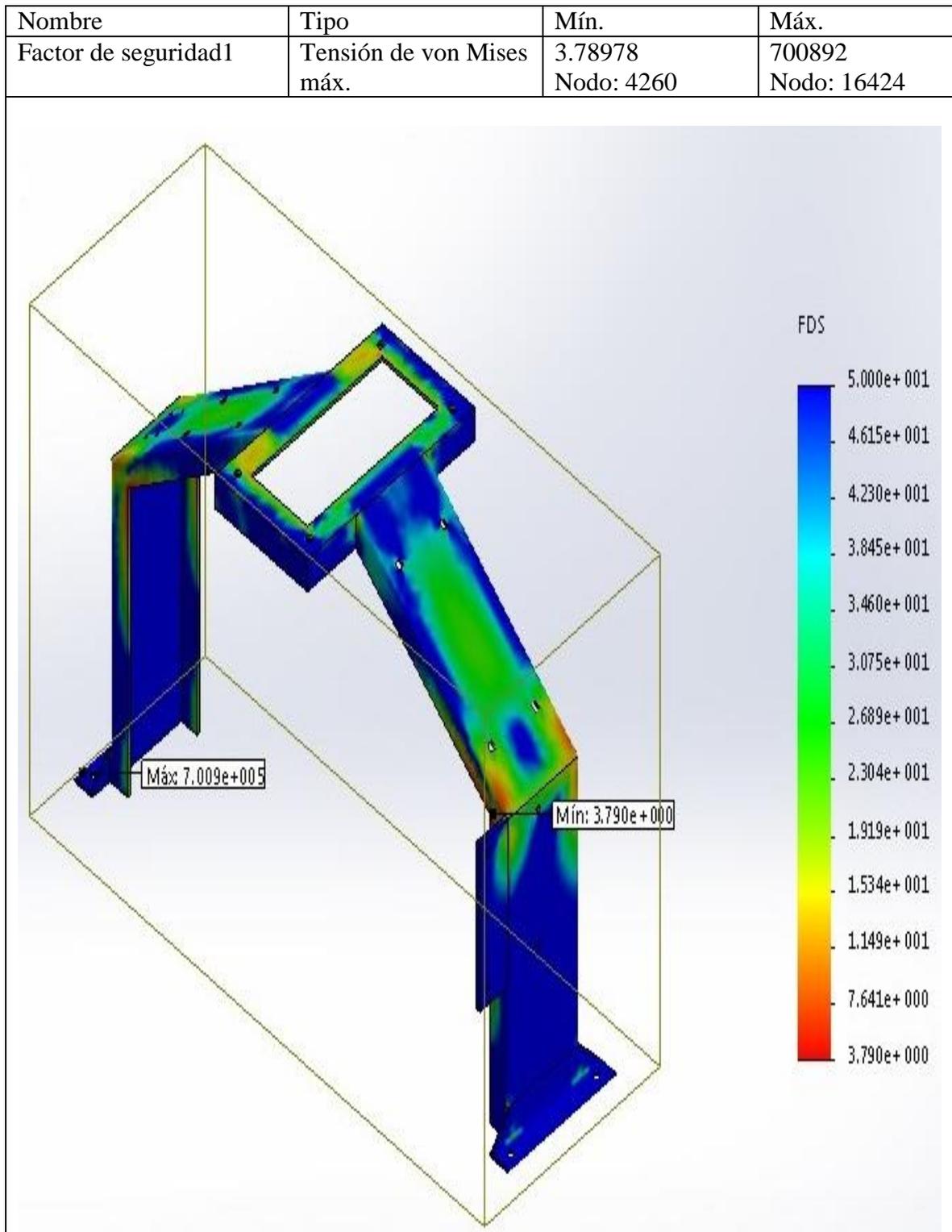
Figura 4.14. Análisis estático deformaciones unitarias



**Fuente:** Solidworks

**Elaborado:** Autor, 2015

Figura 4.15. Análisis estático factor de seguridad



**Fuente:** Solidworks

**Elaborado:** Autor, 2015

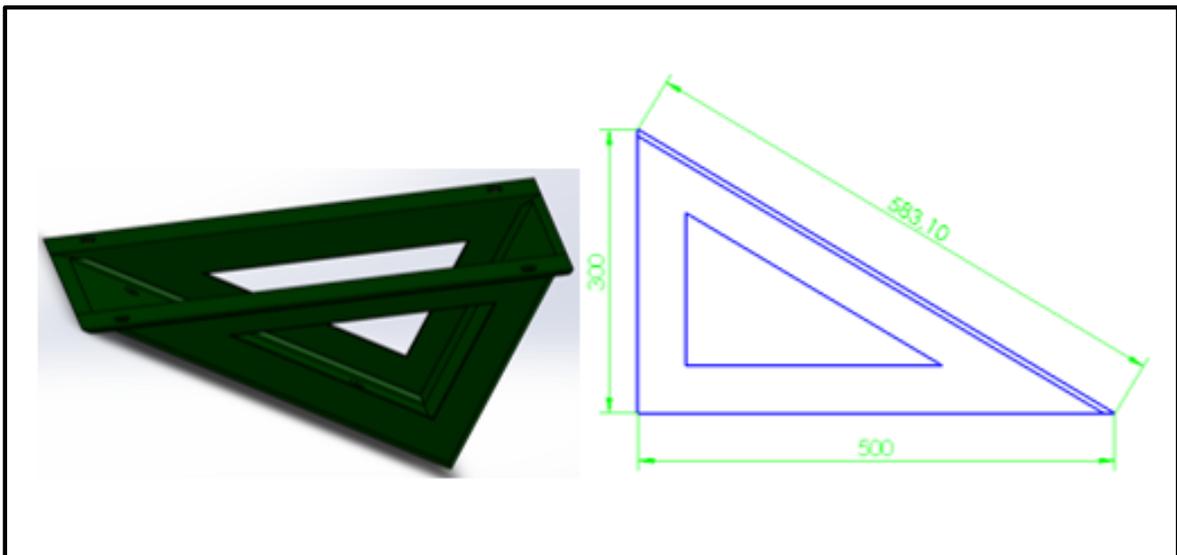
Se puede concluir, que la estructura del bastidor aplicando las cargas de los elementos móviles y fijos y la carga del peso del motor de 4 (HP), se obtiene un factor de seguridad de 3.7 por lo cual no fallará la estructura.

#### 4.1.5. Diseño del carro de la máquina

Este diseño se realiza con el dimensionamiento del eje portacuchillas, el mismo que hace referencia a un ancho de 300 milímetros. El largo total será definido por el software de solidworks, la designación del material ASTM A36 (acero estructural), composición que se detalla en los anexos D y E, donde se obtendrán los análisis respectivos.

##### 4.1.5.1. Análisis del carro de la mesa

Figura 4.16. Dimensiones del carro de la mesa

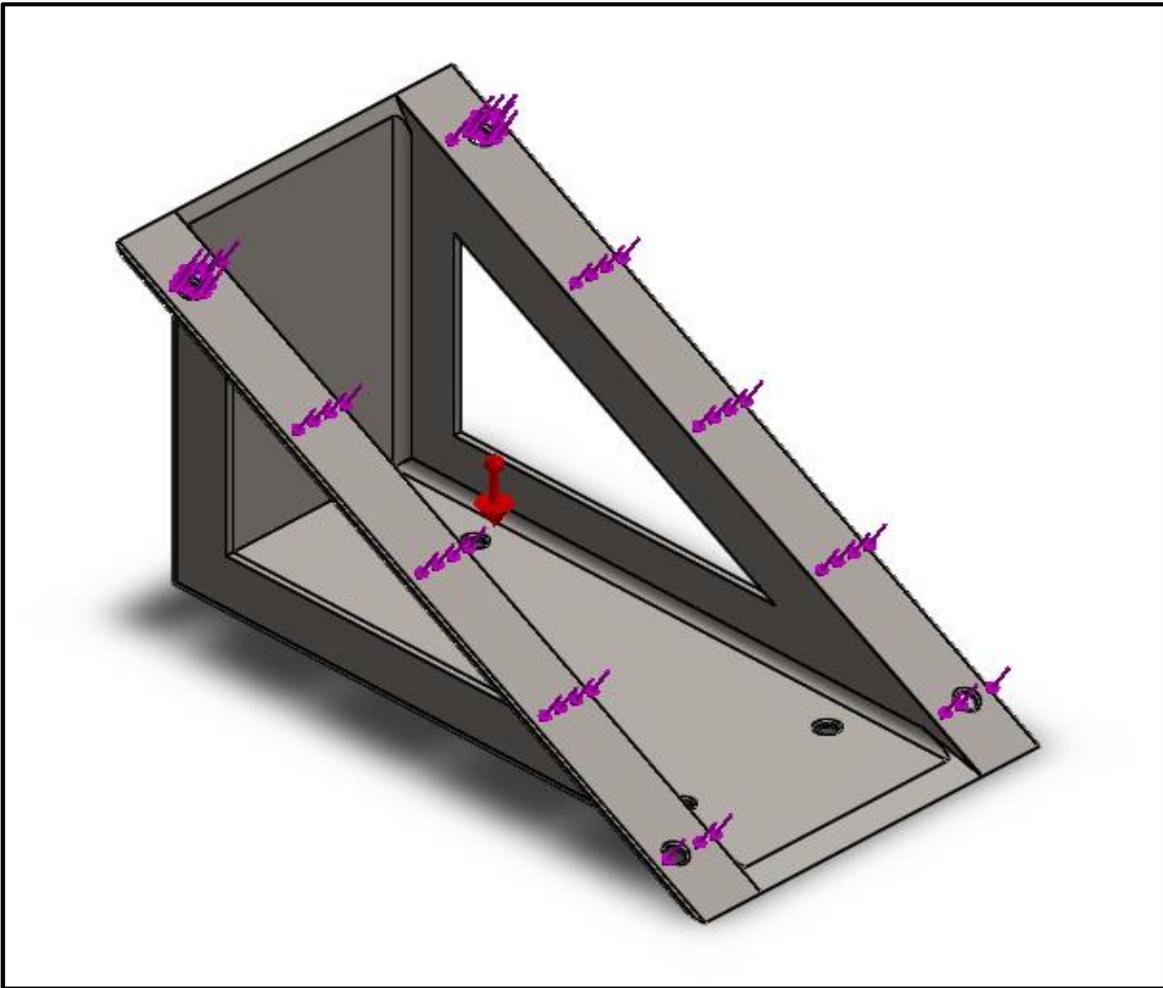


**Fuente:** Solidworks

**Elaborado:** Autor, 2015

En esta sección se detallan los análisis realizados por el software de solidworks:

Figura 4.17. Detalles de las cargas

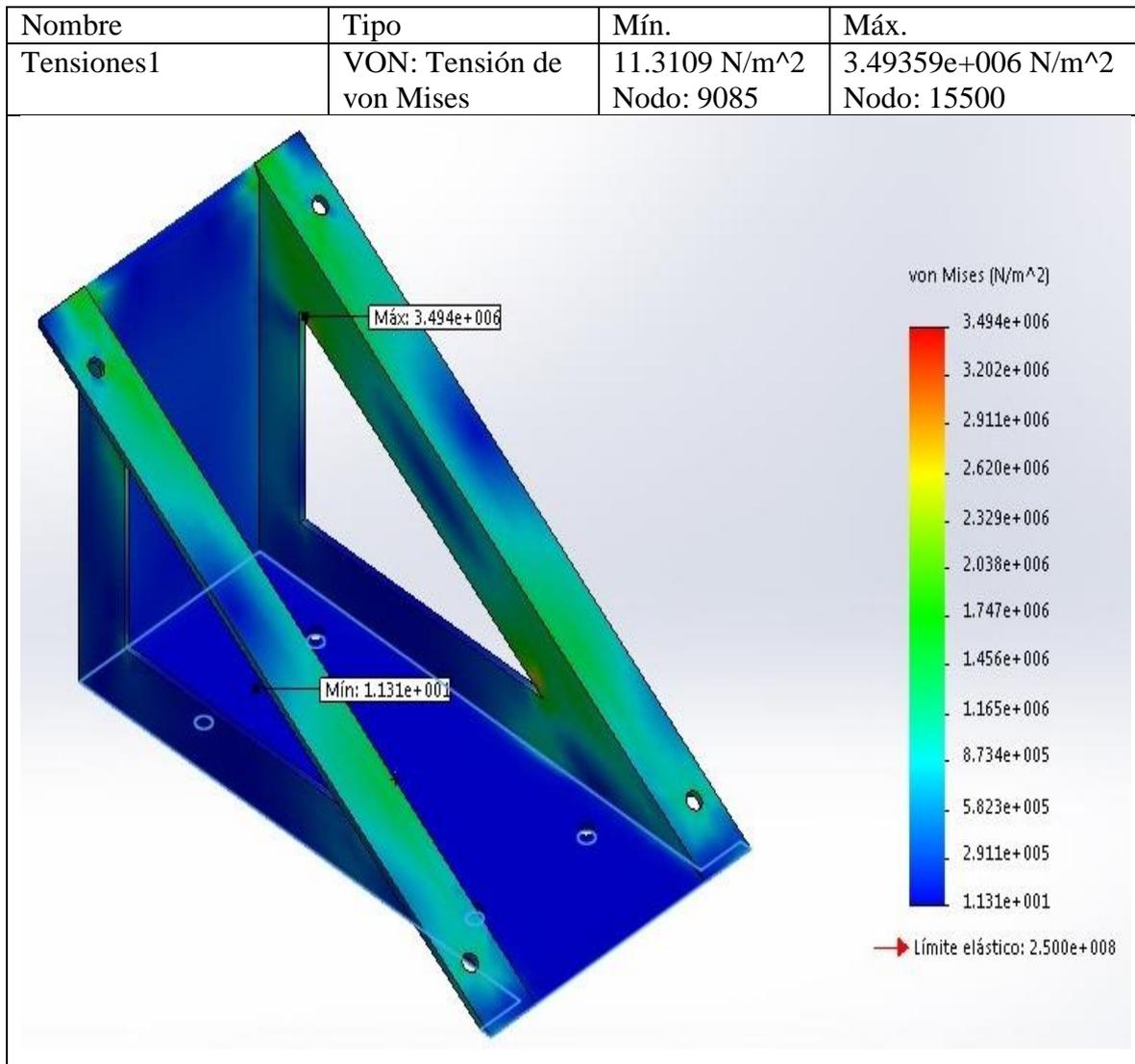


**Fuente:** Solidworks

**Elaborado:** Autor, 2015

Determinadas las cargas y las condiciones del modelo, a continuación se efectúa el mallado del diseño que son considerados por el programa, inmediatamente se ejecuta el análisis.

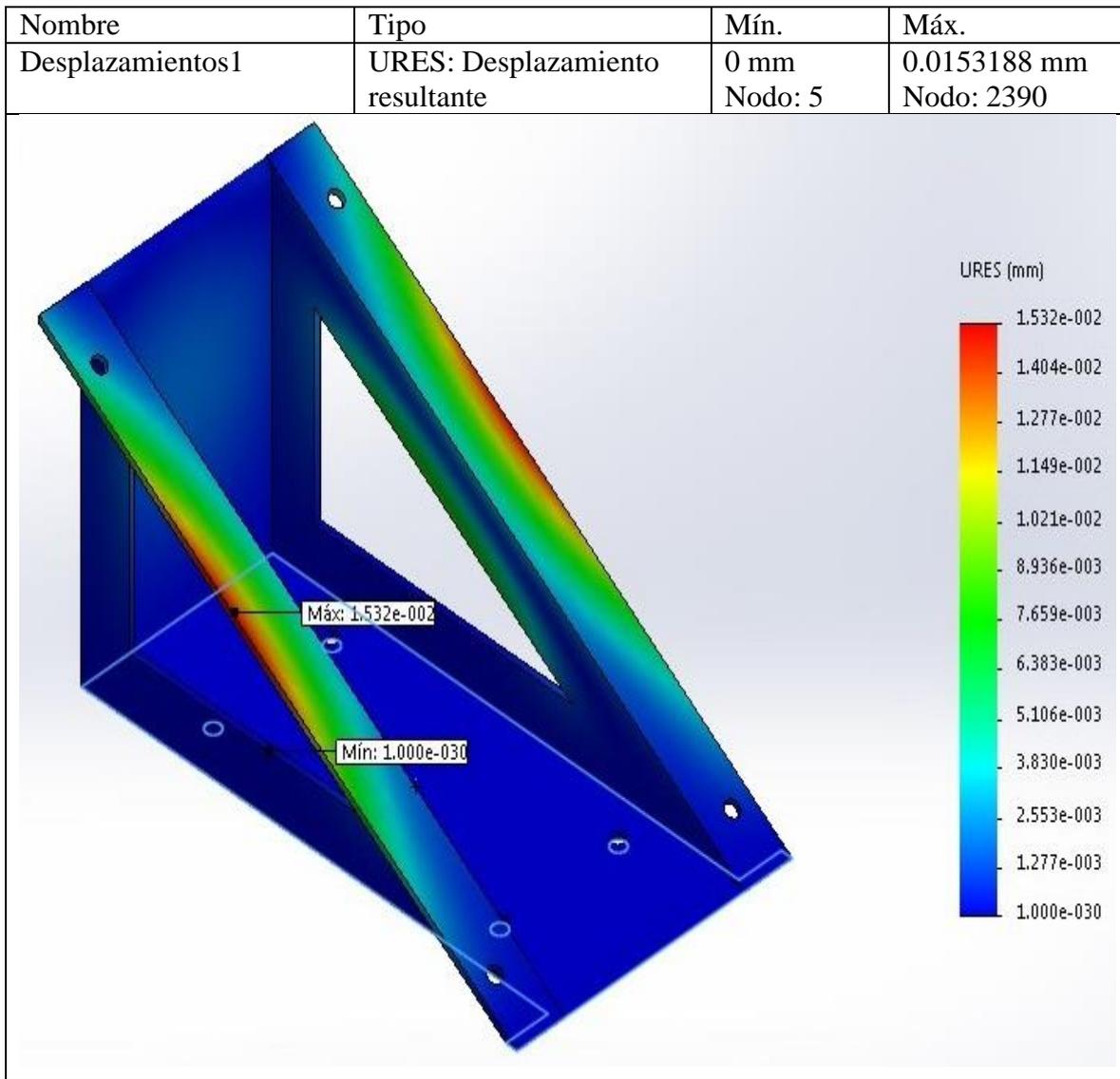
Figura 4.18. Análisis estático de tensión de von Mises



**Fuente:** Solidworks

**Elaborado:** Autor, 2015

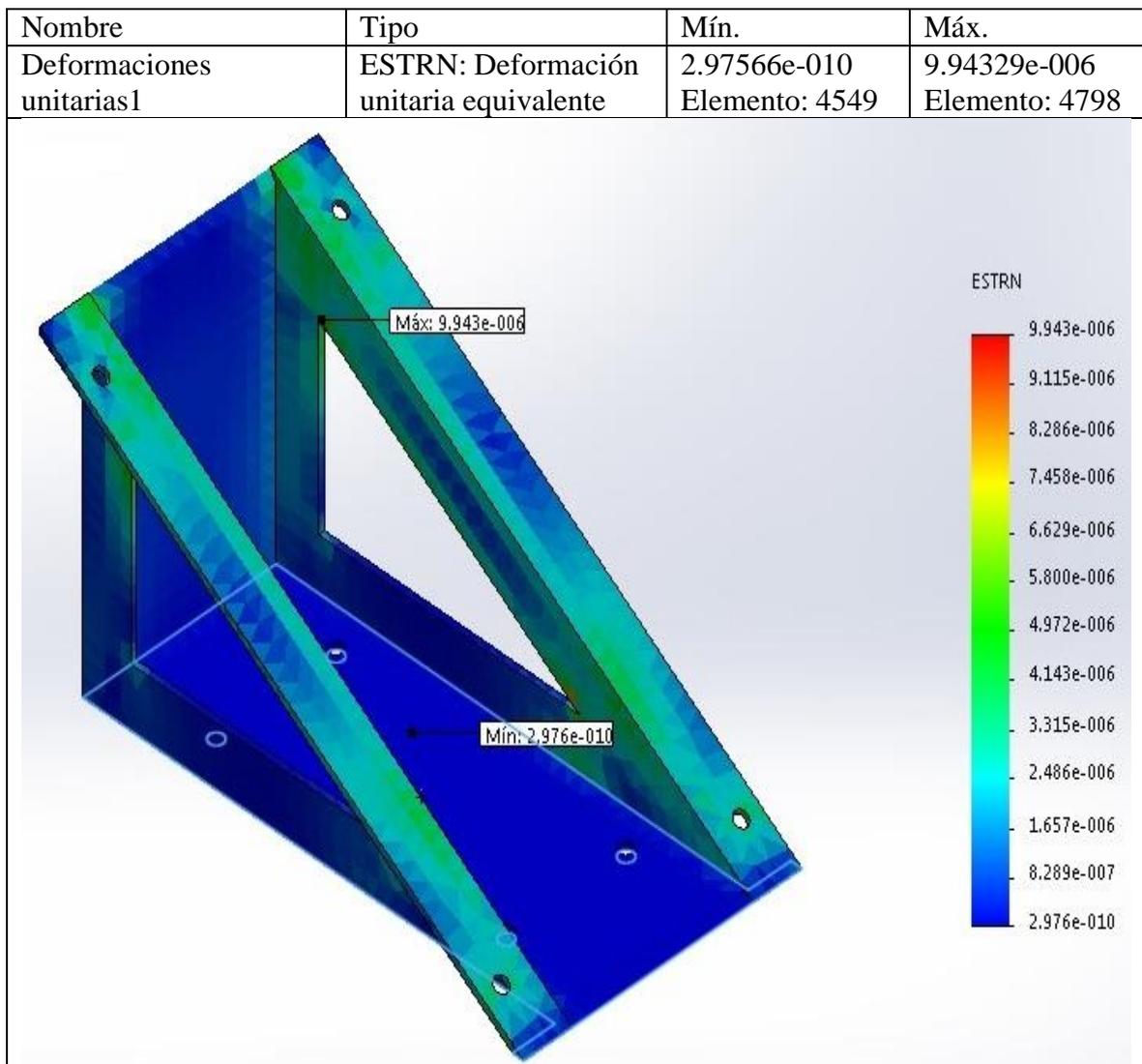
Figura 4.19. Análisis estático de desplazamiento



**Fuente:** Solidworks

**Elaborado:** Autor, 2015

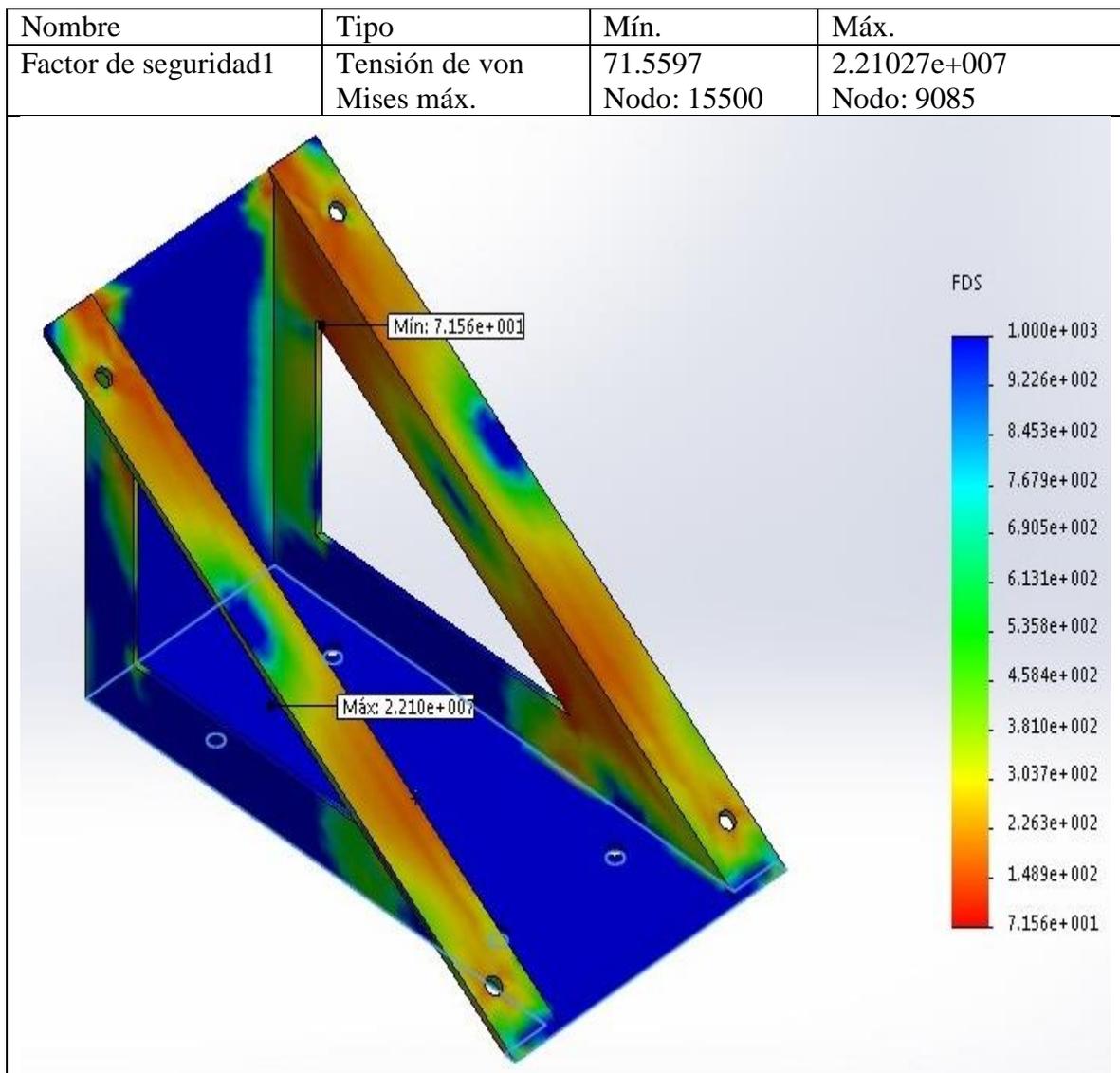
Figura 4.20. Análisis estático deformaciones unitarias



**Fuente:** Solidworks

**Elaborado:** Autor, 2015

Figura 4.21. Análisis estático factor de seguridad



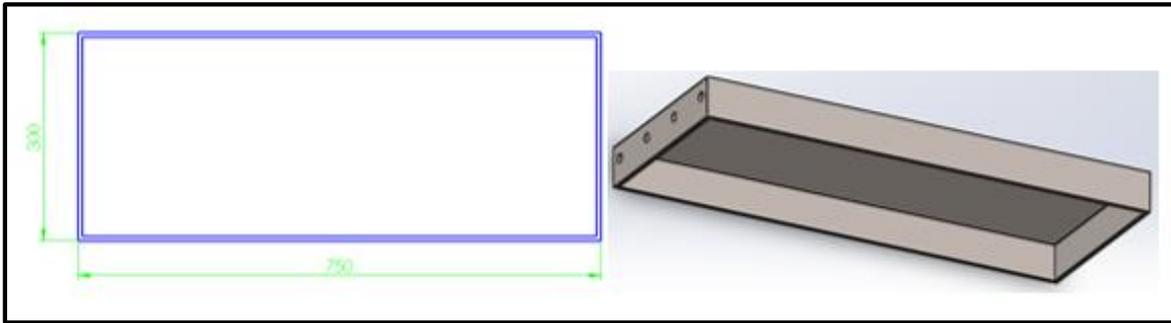
**Fuente:** Solidworks

**Elaborado:** Autor, 2015

Donde se deduce, la selección correcta del material para el diseño de la máquina.

#### 4.1.6. Diseño de la mesa

Figura 4.22. Dimensiones de la mesa

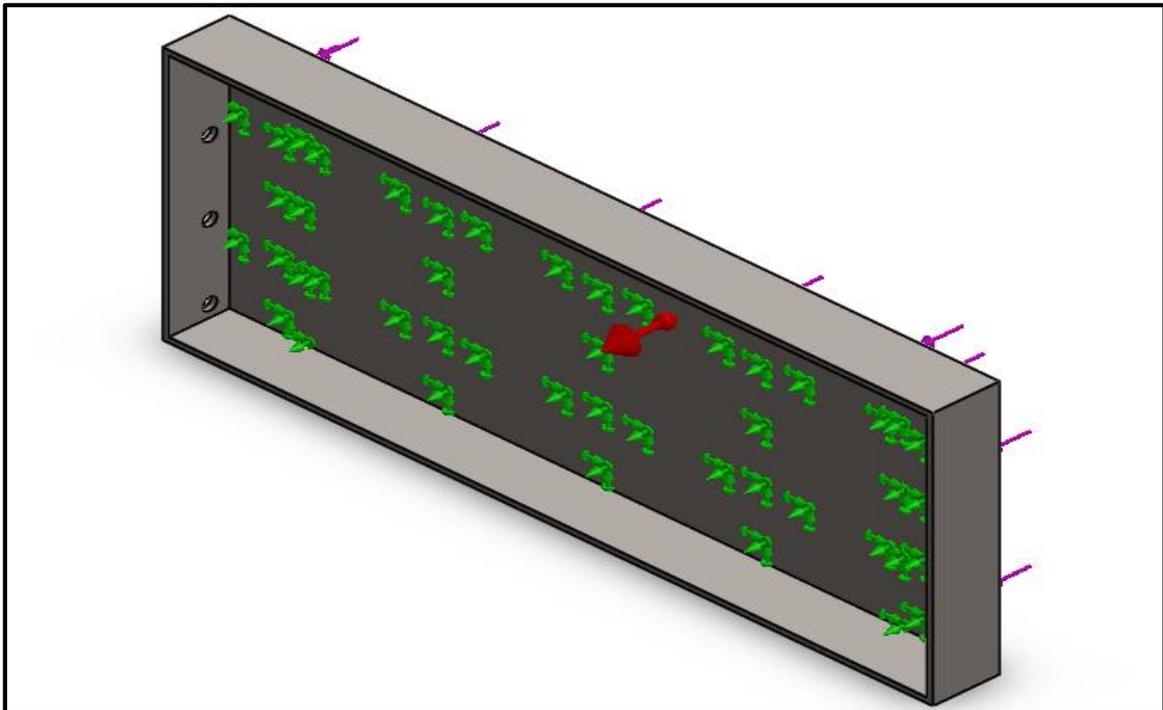


Fuente: Solidworks

Elaborado: Autor, 2015

#### 4.1.6.1. Análisis de la mesa

Figura 4.23. Detalles de las cargas

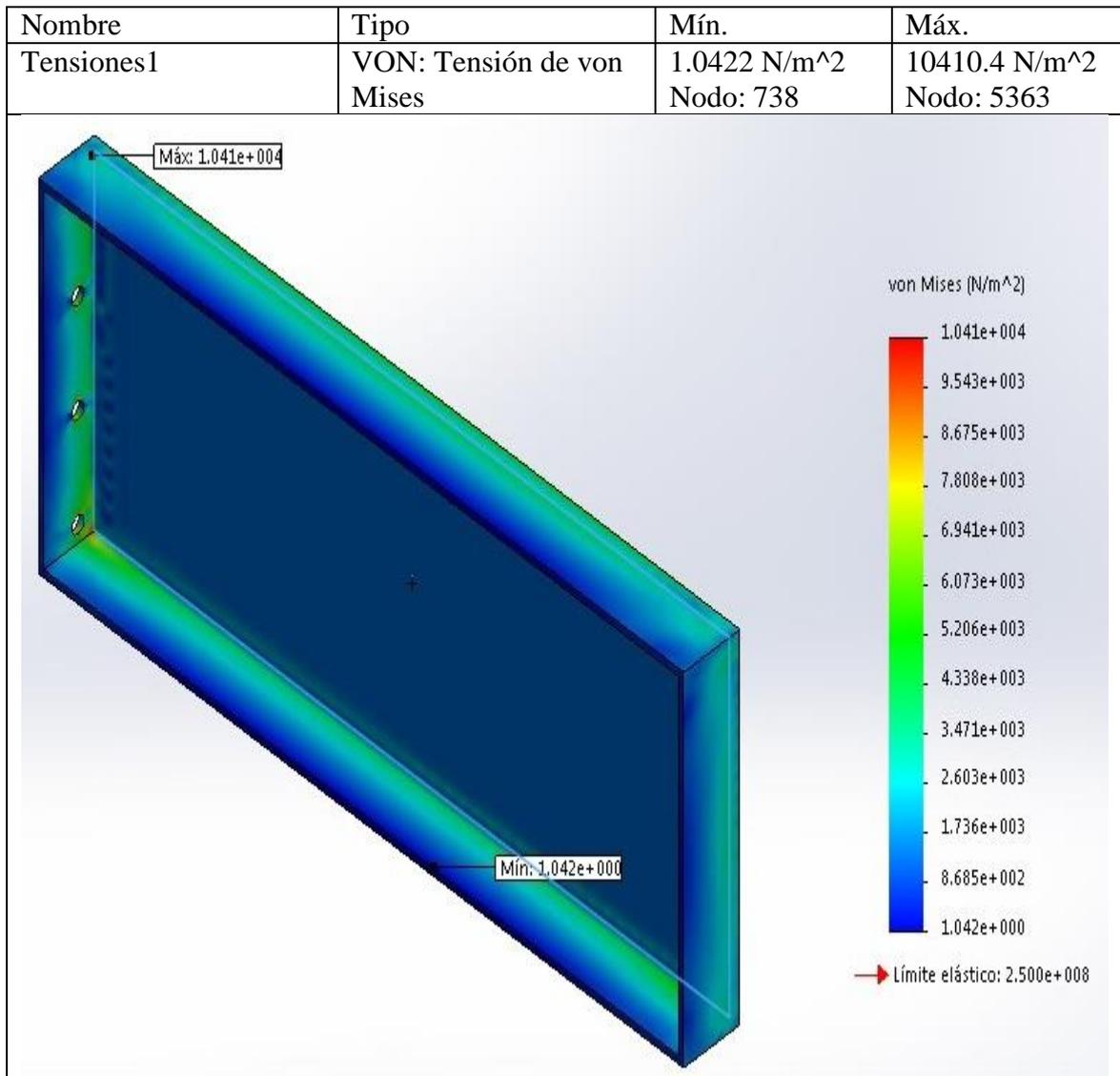


Fuente: Solidworks

Elaborado: Autor, 2015

Con las cargas establecidas y los detalles del modelo, se procede a realizar el mallado. Conjuntamente con la respectiva ejecución del programa, dando los siguientes resultados.

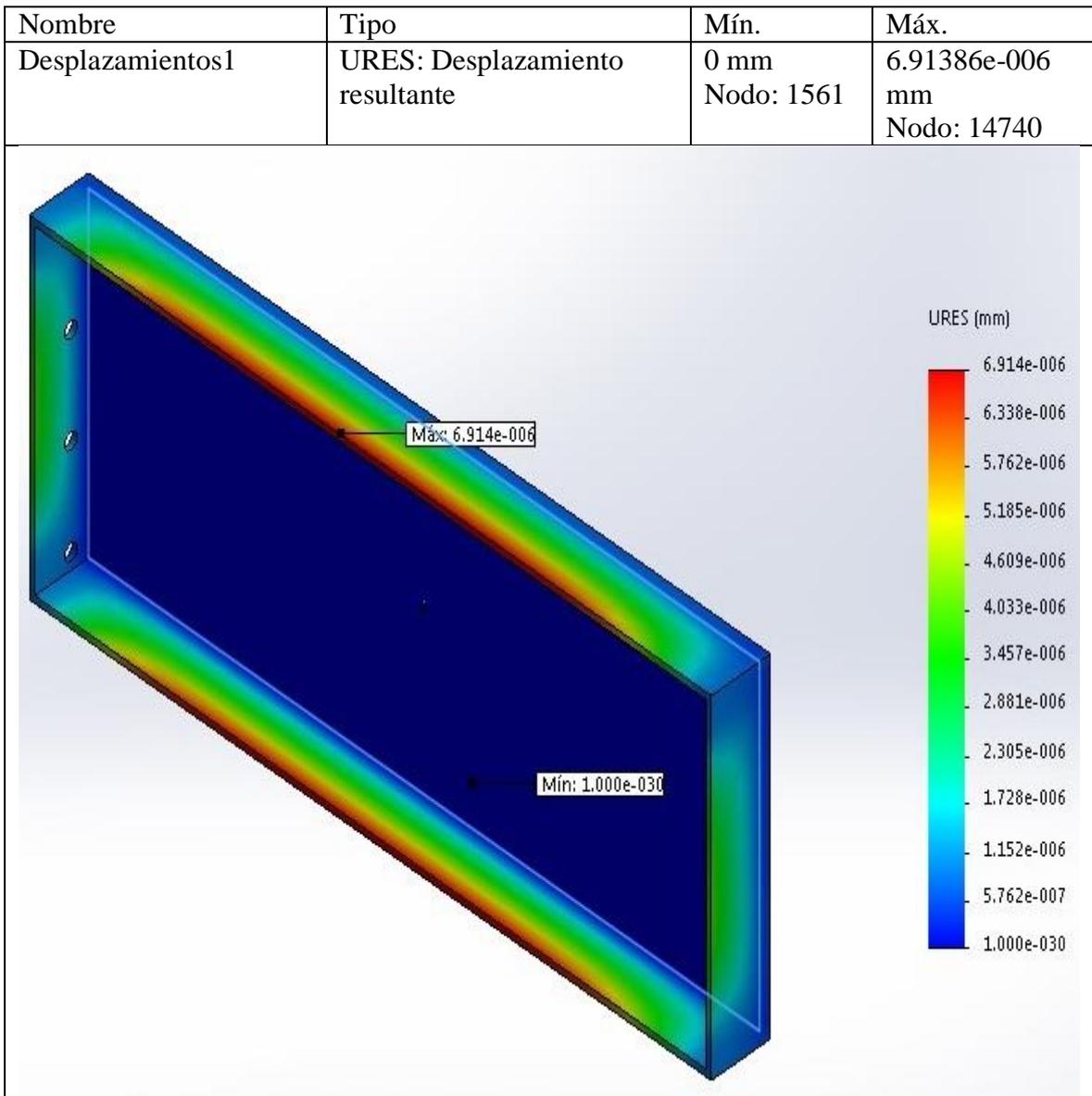
Figura 4.24. Análisis estático de tensión de von Mises



**Fuente:** Solidworks

**Elaborado:** Autor, 2015

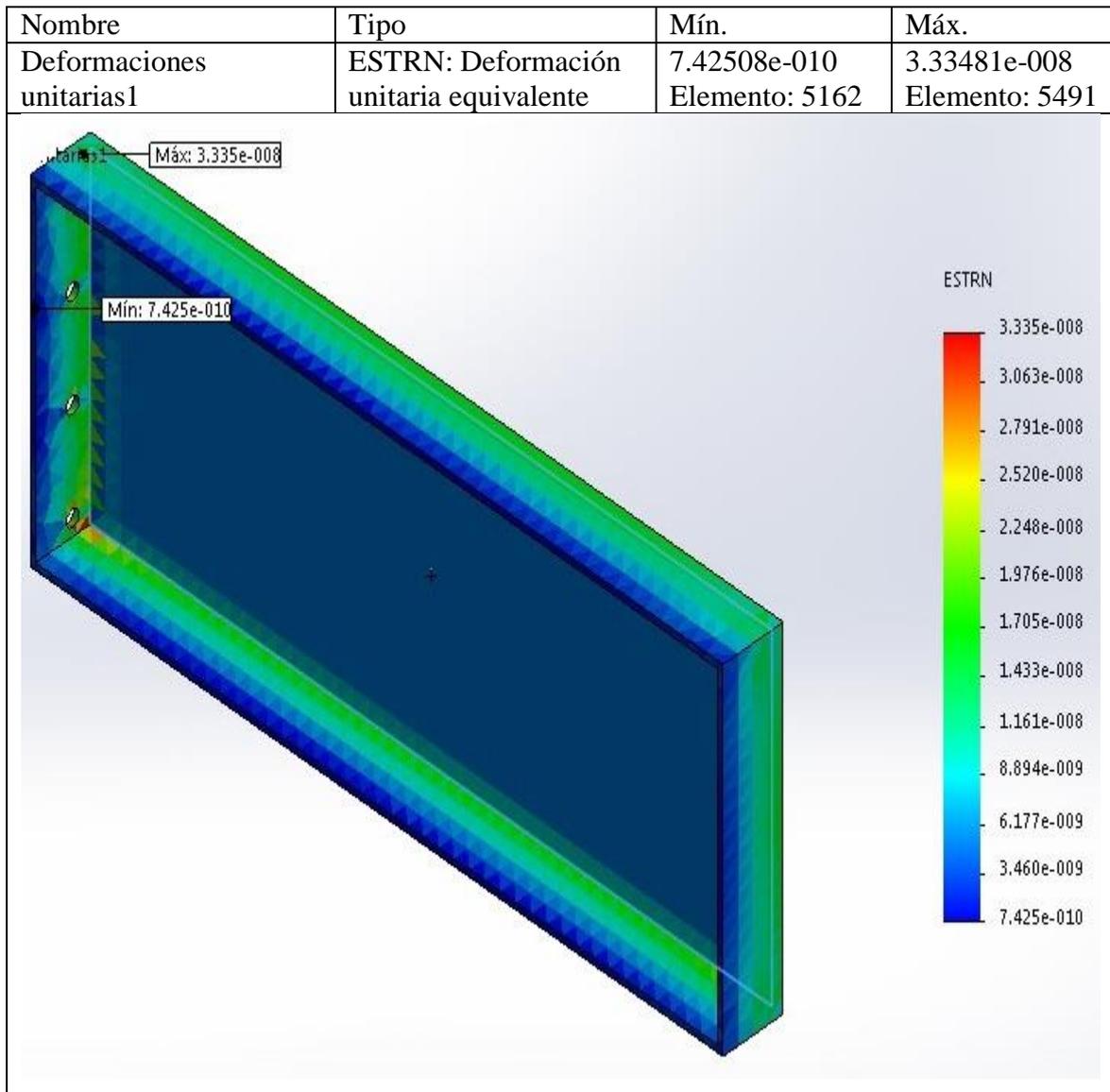
Figura 4.25. Análisis estático de desplazamiento



**Fuente:** Solidworks

**Elaborado:** Autor, 2015

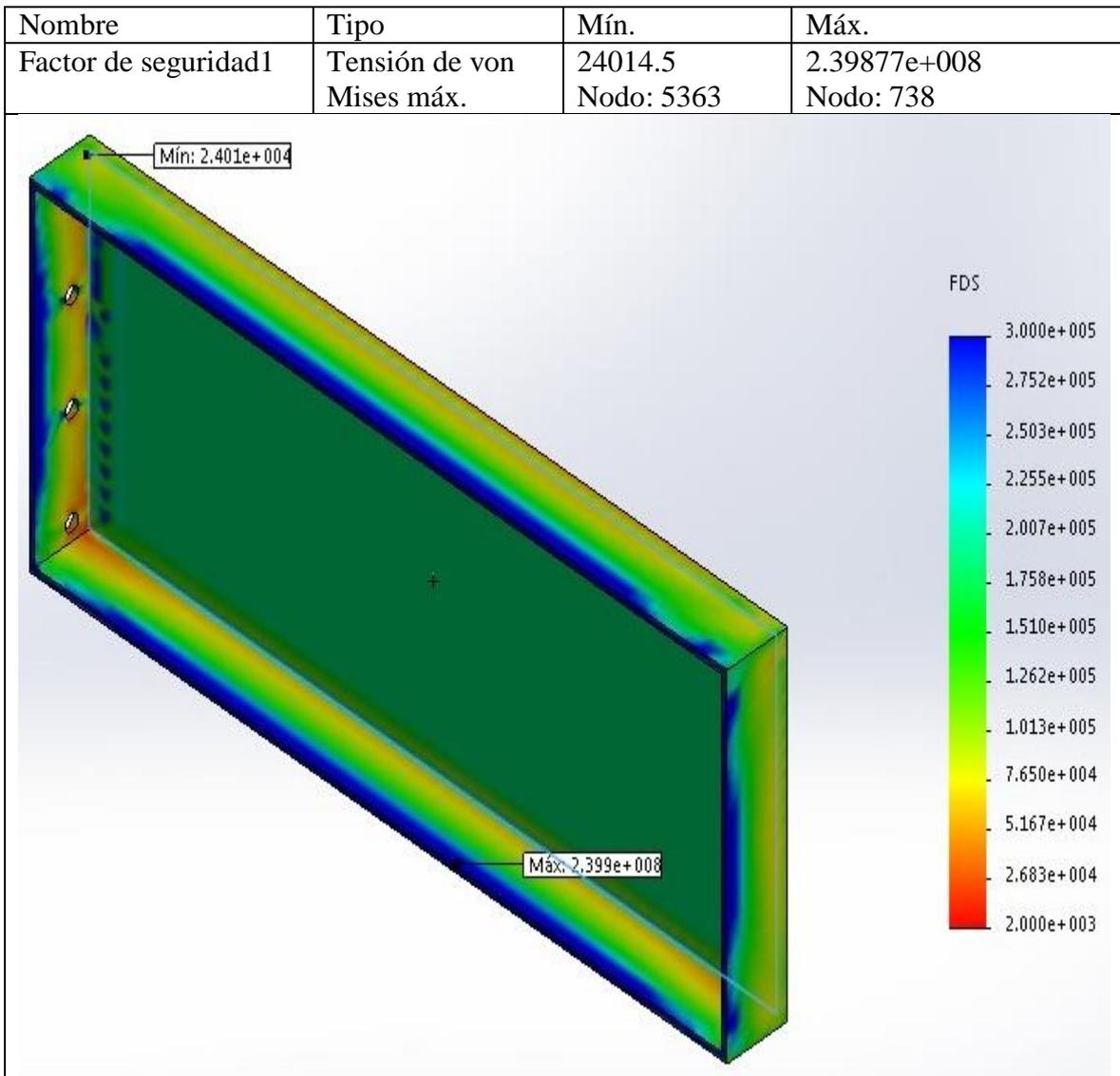
Figura 4.26. Análisis estático deformaciones unitarias



**Fuente:** Solidworks

**Elaborado:** Autor, 2015

Figura 4.27. Análisis estático factor de seguridad



**Fuente:** Solidworks

**Elaborado:** Autor, 2015

Los resultados, indican que la selección es recomendable para el diseño.

#### 4.1.7. Estudio técnico-económico del proyecto.

En esta sección se presenta un presupuesto general de los costos de materiales a utilizar, mano de obra y maquinaria con el objetivo de tener una idea general de esta máquina.

#### 4.1.7.1. Costos de materiales

Tabla 4.2. Costos de materiales

<b>Materiales</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V. Unitario</b>	<b>Total</b>
		\$	\$
<b>Eje Aisi 1018 4", L=570mm</b>	1	130	130
<b>Eje Aisi 1018 1", L=800mm</b>	1	40	40
<b>Eje Aisi 1018 1.5", L=50mm</b>	1	8	8
<b>Eje Aisi 1018 3/4", L=200mm</b>	1	12	12
<b>U 200x50x6</b>	0.6	80	48
<b>Ángulo estructural 2"x1/4"</b>	0.4	40	16
<b>Ángulo estructural 1.5"x1/4"</b>	0.6	35	21
<b>Plancha ASTM A36 4mm</b>	0.3	86	25.8
<b>Chumacera SKF Y "SY 55 TF/VA201"</b>	2	86	172
<b>Pernos Varios</b>		30	30
<b>Electrodos E7018</b>	2Kg	6	6
<b>Disco de corte y pulir</b>	4	3	12
<b>Pintura</b>	1Gl.	20	20
<b>Motor</b>		350	350
<b>Otros</b>		60	60
			\$ 950.8

Fuente: Dipac

#### 4.1.7.2. Costo de maquinaria

Tabla 4.3. Costos de máquinas

<b>Máquinas</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Horas</b>	<b>V. Unitario</b>	<b>Total operación</b>
		\$	\$
<b>Torno</b>	8	5	40
<b>Fresa</b>	16	7	112
<b>Cepillo</b>	1	3	3
<b>Taladro pedestal</b>	1	3	3
<b>Suelda eléctrica</b>	5	5	25
<b>Oxicorte</b>	1	2	2
<b>Amoladora</b>	1	2	2
<b>Compresor de aire</b>	1	2	2
			\$ 189

Fuente: Mecánica “CHARITO”

#### 4.1.7.3. Costo de mano de obra

Tabla 4.4. Costos de mano de obra

<b>Mano de obra</b>				
	<b>Ítem</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V. Unitario</b>	<b>Total</b>
			\$	\$
<b>Maquinado</b>	hora/hombre	34	2.5	85
<b>Ensamblaje</b>	hora/hombre	10	2.5	25
				\$ 110

Fuente: Mecánica “CHARITO”

#### 4.1.7.4. Costos de ingeniería.

Son aquellos costos que se derivan del tiempo y el conocimiento que un ingeniero invierte en el diseño de máquinas en este caso de la canteadora de madera quien desarrolla las siguientes actividades:

- ✓ Definición del problema
- ✓ Diseño y selección de elementos de máquinas
- ✓ Elaboración y verificación de planos.

Tabla 4.5. Costos de ingeniería

<b>Costos de Ingeniería</b>				
<b>Aplicación</b>	<b>Operación</b>	<b>Costos de horas</b>	<b>Tiempo total</b>	<b>Total</b>
		\$		\$
<b>Labrado de madera</b>	Diseño de una canteadora de madera	8	160	1280

Fuente: Autor, 2015

#### 4.1.7.5. Estudio económico

##### 4.1.7.5.1. Flujo de efectivo

Tabla 4.6. Criterio de análisis TIR y VAN

<b>Criterio</b>	<b>Aceptación</b>	<b>Rechazo</b>
<b>VAN</b>	> 0	< 0
<b>TIR</b>	> TMAR	< TMAR
<b>PRI</b>	< 5 años	> 5 años
<b>B/C</b>	> 1	< 1

Fuente: Baca Urbina, 2010

#### 4.1.7.5.2. Análisis comparativo

Máquina canteadora actual de la “Ebanistería Hermanos Congo”

Tabla 4.7. Costos de canteadora de la ebanistería

Canteadora de la ebanistería				
Procesos	Cantidad	Gastos Semanal \$	Gastos Mensual \$	Gastos Anuales \$
Mano de obra	1	20	80	960
Energía		12	48	576
Mantenimiento		10	40	480
Afilado de cuchillas		3	12	144
	Total			2160

**Fuente:** Autor, 2015

Costos adicionales por el proceso de lijado, para el afinamiento de la madera.

Tabla 4.8. Costos del proceso de lijado

Proceso de lijado				
Procesos	Cantidad	Gastos Semanal \$	Gastos Mensual \$	Gastos Anuales \$
Mano de obra	1	8	32	384
Energía		4.8	19.2	230.4
Mantenimiento		4	16	192
Lija de proceso		5	20	240
	Total de gastos			1046.4

**Fuente:** Autor, 2015

Tabla 4.9. Flujo de caja.

<b>ANÁLISIS ECONÓMICO PARA EL DISEÑO DE UNA CANTEADORA DE CUATRO CUCHILLAS PARA MADERA CON SISTEMA DE CHUMACERAS PARA LA EBANISTERIA "HERMANOS CONGO"</b>						
	0	2016	2017	2018	2019	2020
<b>BENEFICIOS</b>						
<b>Ahorro al suprimir proceso de lijado</b>		1046.4	1098.72	1153.66	1211.34	1271.91
<b>Capacitación de Equipos de protección personal</b>		300	315	330.75	347.29	364.65
<b>TOTAL BENEFICIOS</b>		1496.4	1571.22	1649.78	1732.27	1818.88
<b>EGRESOS O COSTOS</b>						
<b>Inversión</b>	2529.8					
<b>O&amp;M</b>		422.4	443.52	465.70	488.98	513.43
<b>TOTAL AHORRO</b>	-2529.8	1124	1180.2	1239	1301	1366.23

Fuente: Autor, 2015

#### 4.1.7.5.3. La tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR).

Antes de tomar cualquier decisión, todo inversionista, ya sea persona física, empresa, gobierno, o cualquier otro, tiene el objetivo de obtener un beneficio por el desembolso que va a realizar. [14]

Se ha partido del hecho de que todo inversionista deberá tener una tasa de referencia sobre la cual basarse para hacer sus inversiones. La tasa de referencia es la base de la comparación

y el cálculo en las evaluaciones económicas que haga. Si no se obtiene cuando menos esa tasa de rendimiento, se rechazará la inversión. [14]

Todo inversionista espera que su dinero crezca en términos reales. Como en todos los países hay inflación, aunque su valor sea pequeño, crecer en términos reales significa ganar un rendimiento superior a la inflación, ya que si se gana un rendimiento igual a la inflación el dinero no crece, sino que mantiene su poder adquisitivo. Es ésta la razón por la cual no debe tomarse como referencia la tasa de rendimiento que ofrecen los bancos, pues es bien sabido que la *tasa bancaria* de rendimiento es siempre menor a la inflación. Si los bancos ofrecieran una tasa igualo mayor a la inflación implicaría que, o no ganan nada o que transfieren sus ganancias al ahorrador, haciéndolo rico y descapitalizando al propio banco, lo cual nunca va a suceder. [14]

Donde, la TMAR se la puede explicar cómo:

TMAR = tasa de inflación + premio al riesgo *Ec. (4.22.)*

El *premio al riesgo* significa el verdadero crecimiento del dinero, y se le llama así porque el inversionista siempre arriesga su dinero (siempre que no invierta en el banco) y por arriesgarlo merece una ganancia adicional sobre la inflación. Como el premio es por arriesgar, significa que a mayor riesgo se merece una mayor ganancia. [14]

Tasa de inflación = 3.67%

**Fuente:** [www.ecuadorencifras.gob.ec](http://www.ecuadorencifras.gob.ec)

Premio al riesgo = 4.50%

**Fuente:** Banco central del Ecuador/Estadísticas macroeconómicas

TMAR = 8.17%

#### **4.1.7.5.4. Valor Actual Neto (VAN).**

El valor actual neto (VAN) significa traer del futuro al presente las cantidades monetarias a su valor equivalente. En términos formales de evaluación económica, cuando se trasladan cantidades del presente al futuro se dice que se utiliza una tasa de interés, pero cuando se

expresan cantidades del futuro en el presente, como en el cálculo del VAN, se dice que se utiliza una tasa de descuento; por ello, a los flujos de efectivo ya trasladados al presente se les llama flujos descontados. [14]

$$VAN = -I + \frac{FNE}{(1+i)^n} + \frac{FNE}{(1+i)^{n-1}} + \frac{FNE}{(1+i)^{n-2}} + \frac{FNE}{(1+i)^{n-3}} \quad Ec. (4.23.)$$

Donde:

$I =$  Inversión inicial  
 $FNE =$  Flujos de efectivo por periodo  
 $i =$  Rendimiento mínimo aceptable (costo de recursos)  
 $n =$  Periodos

$$VAN = -2529.8 + \frac{1124}{(1 + 0.12)^1} + \frac{1180.2}{(1 + 0.12)^2} + \frac{1239}{(1 + 0.12)^3} + \frac{1301}{(1 + 0.12)^4} + \frac{1366.23}{(1 + 0.12)^5}$$

$$VAN = \$ 1898.8$$

Cuando el (VAN) es positivo, la inversión es aceptable y si es negativo, se rechaza. En nuestro caso tenemos un VAN de \$ 1898.8

#### 4.1.7.5.5. Tasa Interna de Retorno (TIR).

Es la ganancia anual que tiene cada inversionista llamada tasa interna de rendimiento (TIR), esta tasa hace que el VAN se iguale a cero, como también es la tasa que iguala la suma de los flujos de descuento a una inversión inicial.

$$TIR = -I + \frac{FNE}{(1+i)^n} + \frac{FNE}{(1+i)^{n-1}} + \frac{FNE}{(1+i)^{n-2}} + \frac{FNE}{(1+i)^{n-3}} \quad Ec. (4.24.)$$

$I =$  Inversión inicial  
 $FNE =$  Flujos de efectivo por periodo  
 $i =$  Rendimiento mínimo aceptable (costo de recursos)

$n =$  Periodos

$$0 = -2529.8 + \frac{1124}{(1 + 0.38167)^1} + \frac{1180.2}{(1 + 0.38167)^2} + \frac{1239}{(1 + 0.38167)^3} + \frac{1301}{(1 + 0.38167)^4} + \frac{1366.23}{(1 + 0.38167)^5}$$

$$0 = 0$$

#### 4.1.7.5.6. Índice de beneficio/costo (B/C).

Este índice es el complemento del (VAN), es el resultado de dividir el VAN de ingresos para el VAN de egresos.

**VAN de egresos**

$$VAN_{beneficio} = \frac{FNE}{(1+i)^n} + \frac{FNE}{(1+i)^{n-1}} + \frac{FNE}{(1+i)^{n-2}} + \frac{FNE}{(1+i)^{n-3}}$$

Donde:

$I =$  Inversión inicial

$FNE =$  Flujos de efectivo por periodo

$i =$  Rendimiento mínimo aceptable (costo de recursos)

$n =$  Periodos

$$VAN_{beneficio} = \frac{1546.4}{(1 + 0.12)^1} + \frac{1623.72}{(1 + 0.12)^2} + \frac{1704.91}{(1 + 0.12)^3} + \frac{1790.15}{(1 + 0.12)^4} + \frac{1879.66}{(1 + 0.12)^5}$$

$$VAN_{beneficio} = \$ 6092.89$$

$$VAN_{costo} = -I + \frac{FNE}{(1+i)^n} + \frac{FNE}{(1+i)^{n-1}} + \frac{FNE}{(1+i)^{n-2}} + \frac{FNE}{(1+i)^{n-3}}$$

$$VAN_{costo} = 2906,8 + \frac{422.4}{(1 + 0.12)^1} + \frac{443.52}{(1 + 0.12)^2} + \frac{465.70}{(1 + 0.12)^3} + \frac{488.98}{(1 + 0.12)^4} + \frac{513.43}{(1 + 0.12)^5}$$

$$VAN_{costo} = \$ 4194.08$$

$$B/C = \frac{VAN BENEFICIO}{VAN COSTOS}$$

$$B/C = \frac{6092.89}{4194.08}$$

$$B/C = 1.45$$

El índice de beneficio costo de la investigación, indica que es de \$ 1.45. Donde por cada \$ 1 de inversión se tendrá como ganancia \$ 0.45

#### 4.1.7.5.7. Indicadores económicos.

Tabla 4.10. Indicadores económicos

VAN	\$ 1898.8
TIR	38%
B/C	1.45

**Fuente:** Autor, 2015

Donde:

- ✓ (VAN) valor presente neto es de \$ 1898.8, haciendo que la investigación sea viable.
- ✓ (TIR) tasa interna de retorno es del 38%, mayor que la tasa interna de oportunidad 12%.
- ✓ (B/C) índice de beneficio/costo muestra que por cada dólar de inversión se generará 45/100 dólares.

#### **4.1.8. Manual de operación.**

Para poder laborar correctamente en la máquina canteadora, se debe seguir las siguientes recomendaciones. Estas brindarán al operador una óptima funcionalidad y su respectiva seguridad.

##### **Medidas de seguridad:**

- ✓ Use casco, anteojos de protección, orejeras y cualquier otro equipo de protección que se requiera.
- ✓ No usar ropa o artículos de joyería holgados que puedan engancharse en la madera o parte de la máquina.
- ✓ Asegúrese de que todos los protectores de la máquina estén colocados en su lugar.
- ✓ Mantenga el motor libre de sustancias extrañas. Quite basura, herramientas o cualquier artículo que impida el correcto funcionamiento.
- ✓ No permita que personas no autorizadas permanezcan en la máquina

##### **Antes de puesta en marcha:**

- ✓ Alinear la mesa colocación con respecto a la altura de corte que se desea realizar.
- ✓ De acuerdo al espesor de la madera y lado de labrado, recorrer la regla tope hacia un mínimo uso de las cuchillas. Esto puede evitar futuras lesiones graves de operador.

##### **Calibración de la máquina:**

- ✓ Las cuchillas deben de estar reguladas a la altura de las mesas, estas no deben de sobrepasar más de 3mm.
- ✓ El eje tiene que ser alineado horizontalmente a las mesas.
- ✓ La mesa de salida, esta calibrada a la altura del eje principal. Está fija.
- ✓ La mesa de colocación o móvil, regula la profundidad de corte de la madera.
- ✓ Regla tope, inclinada a 45° realiza los biseles. 90° labra la madera para realizar el emparejamiento de las mismas.

### **Puesta en marcha:**

- ✓ Revisar si existen algún objeto en la máquina.
- ✓ Conectar a toma principal.
- ✓ Encender.
- ✓ Trabajar o labrar la madera.
- ✓ Apagar.
- ✓ Desconectar de la toma principal.
- ✓ Realizar la respectiva limpieza.

### **Peligros provenientes de la máquina**

- ✓ Antes de empezar con todo trabajo de mantenimiento, de reparación y de limpieza, la máquina debe de estar parada y asegurada contra todo arranque imprevisto.
- ✓ La llegada de la corriente debe de ser desconectada de la máquina para todas las manipulaciones sobre el dispositivo eléctrico.
- ✓ No quitar ni desconectar ningún dispositivo de seguridad.

#### **4.1.9. Plan de mantenimiento.**

Tabla 4.11. Plan de mantenimiento de la máquina

Canteadora	Elemento	Periodo de mantenimiento				Observación
		Diario	Semanal	Mensual	Anual	
Partes móviles	Superficie de la mesa	X				Limpieza de polvo y viruta
	Mesa de nivelación		X			Limpieza y lubricar
	Zona de evacuación	X				Despejar desperdicio de virutas
	Cumaceras			X		Lubricar
Potencia	Motor				X	Verificar estado
	Correas de transmisión			X		Verificar, tender o cambiar
	Poleas				X	
Mal acabado	Cuchillas del sistema		X			Verificar
	Cuchillas para afilar		X			Verificar, afilar y reemplazar

**Fuente:** Autor, 2015

#### **4.1.10. Estudio de los diferentes mecanismos que conforman la máquina.**

De acuerdo a la investigación realizada y los resultados obtenidos, para el correcto desempeño se seleccionan cada uno de los elementos que se describen a continuación:

- ✓ Motor de 4 Hp marca Weg de 3600 rpm
- ✓ Chumaceras SKF “SY 55 TF/VA201”
- ✓ La designación del material para el eje AISI 1018
- ✓ La estructura total, con material de construcción ASTM A36
- ✓ Poleas de transmisión de hierro fundido de 3 y 5 pulgadas
- ✓ Bandas de transmisión 2 en total
- ✓ Las cuchillas de material de acero rápido (HSS)

## 4.2. Discusión.

El diseño de la máquina, cumple los parámetros que se derivan de los resultados, obteniendo los respectivos planos de cada una de sus partes y el análisis correspondiente en el software de solidworks que determina su resistencia a las deformaciones.

Heinrich Höner (1989), sugiere un motor de 3-4 CV. Para el diseño se selecciona el motor con potencia de 4 Hp. La selección de las chumaceras se da por el peso a soportar de 2.56 KN designando de esta manera una que soportará 29 KN de marca SKF “SY 55 TF/VA201”, la madera tiene una dureza brinell (HB) aproximada de 1 a 7, por lo tanto la selección de las cuchillas HSS con una dureza brinell (HB) de 320 siendo las recomendables para el trabajo de arranque de viruta de la madera. Para la estructura de la máquina, la selección del acero estructural ASTM A36 cumple con las normas de diseño, siendo este el más usual y comercial para los diseños de máquinas. En el eje portacuchillas se usa el acero AISI 1018, por tener excelente composiciones en cuanto a maleabilidad, flexibilidad, entre otras.

El eje de la máquina se diseñó correctamente, siguiendo las sugerencias de la “Hebanistería Hermanos Congo” y detallando que el mismo tendrá un trabajo de 209.26 N. Los diagramas de momento cortante y de flector, calculados mediante el software de Mdsolids, demostraron que la mayor deformación será en el punto donde se situará la polea, punto a considerar crítico.

El estudio técnico-económico de esta investigación, indica la viabilidad del proyecto. El manual de operación y el plan de mantenimiento, dos modelos a seguir cuidadosamente porque de ellos depende la vida útil de la máquina y el factor humano respectivamente.

**CAPITULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **5.1. Conclusiones.**

La máquina canteadora se diseñó con el software de Solidworks, dimensionada de ancho 300 mm y de largo 1700 mm, con la capacidad de trabajar los diferentes tipos de madera.

Los componentes seleccionados para el diseño, detallan un motor de 5 Hp, chumaceras SKF “SY 55 TF/VA201”, dos poleas de 3 y 5 pulgadas, dos bandas para la transmisión, cuchillas de acero rápido (HSS), el eje material AISI 1018 y la estructura de la máquina acero estructural ASTM A36, donde se cumplirán los requerimiento de funcionalidad.

El estudio técnico- económico demostró que la implementación de este proyecto es viable con un Valor Actual Neto de \$ 1898.8 y una Tasa Interna de Retorno del 38%, y una relación de Beneficio-Costo de \$1.45, lo que demuestra que tiene aceptación.

Se presentó el respectivo manual de operación y plan de mantenimiento, con el fin de prolongar la vida útil de la máquina, pero tiene un efecto de mayor importancia, que es, el de evitar daños al recurso más valioso como es el humano, material y ambiental.

## **5.2. Recomendaciones.**

Se debe realizar la selección de las cuchillas acorde a las dimensiones del diseño, un sobredimensionamiento de las mismas ocasionaría el desbalance del eje y vibraciones en la máquina. Se debe tener en cuenta que en cualquier tipo de diseño.

Realizar un estudio sobre las exigencias de la preparación de la madera. La mesa regulable, permite tener la profundidad adecuada de corte, la misma que debe de estar debidamente limpia de viruta que facilite su desplazamiento.

Se debe implementar, este proyecto en la “Ebanistería Hermanos Congo”, por su gran rentabilidad, beneficio y aceptación a fin de mejorar la productividad.

Seguir el manual de operación y mantenimiento que se propone para mejorar el funcionamiento y alargar el periodo de vida de la máquina canteadora de madera. Capacitando al operador sobre la operatividad, uso adecuado y su respectivo mantenimiento. En el campo ecológico se debe fortalecer y hacer cumplir las leyes de reforestación, especialmente en aquellas empresas que se dedican a la tala indiscriminada de árboles.

Para mayor seguridad de la máquina, se debe aislar de vibraciones y fijarla en el lugar de trabajo con pernos expansivos. De esta manera se evitará la deformación de algunas de sus partes.

**CAPITULO VI**  
**BIBLIOGRAFÍA**

- [1] W. Nutsch, *Tecnología de la Madera y el Mueble*, Barcelona: Reverté S.A., 2000.
- [2] J. Rondeux, *Medición de árboles y masas forestales*, Madrid: Mundi-Prensa, 2010.
- [3] X. L. Aucay Velásquez y E. S. Mena Campaña, *Diseño y Construcción de un Sistema de Aserradero y Lijado para la Producción de Muebles de Madera*, Quito, 2013.
- [4] F. Habicht, *Las Máquinas Herramientas Modernas*, México: Continental, 1965.
- [5] H. Höner, *Alrededor del Trabajo de la Madera*, Barcelona: Reverté S.A., 1989.
- [6] T. C. P. Franco, *"Diseño de una Máquina para Cepillar y Machihembrar Madera"*, Guayaquil, 2009.
- [7] R. A. C. Guzman, *Diseño de una Canteadora-Fresadora para Madera*, Xalapa, 2013.
- [8] J. Moreno, F. Romero y E. Muso, «Informe de Pruebas del Acero AISI-SAE 1018.,» ESPE. Ingeniería Mecatrónica. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/219766605/aisi-1018>, Quito, 2013.
- [9] R. Mott, *Diseño de Elementos de Máquinas*. Cuarta Edición, México: Pearson Educación, 2006.
- [10] J. Cortizo Rodriguez, J. Fernandez Rico, M. d. R. Fernandez Rodriguez, E. Rodriguez Ordoñez, J. Sierra Velasco y R. Vijande Díaz, *Elementos de Máquinas: Teoría y Problemas*, Asturias: Universida de Oviedo, 2004.
- [11] Edebé, T. Vidondo y C. Álvarez, *Tecnología Mecánica*, tomo 4, Barcelona: ediciones Don Bosco, primera edición, 1981.
- [12] Hütte, *Manual del Ingeniero Mecánico*, tomo I, Barcelona: Edición Gustavo Gili, 1962.
- [13] R. Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*, novena edición, México: Mc. Graw Hill.
- [14] G. Baca Urbina, *Fundamentos de Ingeniería Económica*. Quinta edición, Mexico: Mexicana, 2010.
- [15] S. VIGNOTE PEÑA y I. MARTÍNEZ ROJAS, *Tecnología de la madera*, Madrid: AEDOS S.A., 2005.
- [16] Truper, *Instructivo Cateadora 152.4 mm 6" Jointer.*, Truper S.A., 2008.

- [17] J. K. N. Richard J. Budynas, *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*, México: Mc Graw-Hill Interamericana, 2008.
- [18] N. Larburu Arrizabalaga, *Máquinas de Prontuario*, España: Paraninfo, S.A., 1989.
- [19] F. Jiménez Boulanger, C. L. Espinoza Gutiérrez y L. Fonseca Renata, *Ingeniería Económica*, Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica, 2007.
- [20] J. Hernann, *Tablas para la industria metalúrgica*, España: Reverté.
- [21] G. I. Guijarro Paguay y H. X. Paguay Ocaña, *Diseño y Construcción de una Máquina Picadora de Bagazo de Caña de Azúcar*, Riobamba, 2011.
- [22] E.P.N, *Código de Dibujo Técnico Mecánico*, Quito, 1989.
- [23] P. F. T. Cristobal, *Diseño de una Máquina para Cepillar y Machihembrar Madera*, Guayaquil, 2009.
- [24] Consejo de Educación Técnico Profesional, «Guía de Apoyo Curricular para Tecnología de la Madera y Taller de Carpintería. Primera edición,» 2013.

**CAPITULO VII**  
**ANEXOS**

Anexo 1A. Canteadora actual de la “Ebanistería Hermanos Congo”



**Fuente:** Campo

## Anexo 2A. Canteadora actual de la “Ebanistería Hermanos Congo”



**Fuente:** Campo

## Anexo A. Propiedades mecánicas del acero AISI 1018

Propiedades	Valores
Dureza	126 HB
Esfuerzo de fluencia	370 Mpa
Esfuerzo máximo	440 Mpa
Límite de ruptura	441.3 Mpa
Elongación máxima	15% (en 50mm)
Reducción de área	40%
Módulo de elasticidad	205 GPa

**Fuente:** [www.sumiteccr.com](http://www.sumiteccr.com)

## Anexo B. Composición química del acero AISI 1018

Carbono	0.15-0.20
Silicio	0.15-0.35
Manganeso	0.60-0.90
P máx.	0.04
S máx.	0.06

Fuente: www.sumiteccr.com

## Anexo C. Selección del motor.

Motores Trifásicos Cerrados - Inverter Duty																		
Alta Eficiencia																		
Potencia		Carcasa IEC	RPM	Corriente nominal en 220V A	Corriente a rotor bloqueado Ip / In	Par Nominal Cn (NM)	Par a rotor bloqueado Cp / Cn	Momento máximo Cmax. Cn	220 V						Factor de servicio F.S.	Momento de inercia J kgm <sup>2</sup>	Tiempo max. con rotor bloqueado en caliente / frío (s)	Peso aprox. (kg)
									Rendimiento η%			Factor de Potencia Cos φ						
kW	HP								50	75	100	50	75	100				
<b>II Polos - 3600 rpm</b>																		
0,12	0,16	63	3420	0,751	5,3	0,33	4	4	47	55	61,7	0,52	0,62	0,68	1,15	0,0001	21/46	6,5
0,18	0,25	63	3380	0,996	4,7	0,52	3	3	55	61	65	0,55	0,65	0,73	1,15	0,00012	14/31	7
0,25	0,33	63	3390	1,3	5	0,68	3,2	3	56	62	66,4	0,58	0,7	0,76	1,15	0,00014	12/26	7
0,37	0,5	63	3380	1,68	5,5	1,04	3	3	57	70	72,2	0,55	0,7	0,8	1,15	0,00019	10/22	7,5
0,37	0,5	71	3450	1,6	6,8	1,02	3	3,2	65	71	74	0,62	0,75	0,82	1,15	0,00033	7/15	10
0,55	0,75	71	3400	2,35	6,2	1,55	2,9	3,1	65	71	74	0,62	0,75	0,83	1,15	0,00037	8/18	10
0,75	1	71	3440	2,92	7,8	2,04	3,9	3,9	75	79,5	81,2	0,65	0,76	0,83	1,15	0,00052	10/22	10
0,55	0,75	80	3415	2,177	6,5	1,54	2,6	2,8	73	76,5	77	0,68	0,79	0,85	1,15	0,00067	15/33	0
0,75	1	80	3410	2,82	7	2,06	3	3,4	75	80	81,1	0,74	0,83	0,86	1,15	0,00079	11/24	14
1,1	1,5	80	3400	4	7,5	3,1	3,1	3	81	82,2	83	0,71	0,81	0,87	1,15	0,00096	11/24	14
1,5	2	80	3400	5,6	7,7	4,13	3,3	3,1	81,3	83,3	83,7	0,66	0,78	0,84	1,15	0,00096	11/24	15
1,1	1,5	90S	3450	4,14	7	3,05	2,5	3	78,5	81	83	0,68	0,79	0,84	1,15	0,00157	12/26	18
1,5	2	90S	3450	5,53	8	4,07	2,9	3,1	80	83	83,8	0,7	0,8	0,85	1,15	0,00181	9/20	19
2,2	3	90S	3440	8,08	7,8	6,13	2,6	3	83	85	85,1	0,68	0,79	0,84	1,15	0,00205	6/13	19,5
2,2	3	90L	3440	8,08	7,8	6,13	2,6	3	83	85	85,1	0,68	0,79	0,84	1,15	0,00205	6/13	19,5
3	4	90L	3430	10,8	7,8	8,19	2,4	3	84	85,3	86	0,71	0,8	0,85	1,15	0,00266	4/9	23
3	4	100L	3490	10,4	8,7	8,05	2,8	3,2	84,3	86	86	0,75	0,84	0,88	1,15	0,0056	8/18	31
3,7	5	100L	3500	12,7	9	10,03	3	3,2	84	86	87,6	0,73	0,83	0,87	1,15	0,00672	10/22	34
3,7	5	112M	3500	12,7	8,7	10,03	2,7	3,3	84,2	86,6	87,6	0,74	0,83	0,87	1,15	0,00727	15/33	40
4,5	6	112M	3475	15,1	8	12,13	2,6	3,2	85	87	88,1	0,76	0,85	0,89	1,15	0,00727	16/35	40
5,5	7,5	112M	3500	18,9	8	15,05	2,6	3	85,5	87,5	88,7	0,74	0,82	0,86	1,15	0,00842	15/33	50,9
4,5	6	132S	3530	15,976	8,8	11,94	2,8	3,5	83	86,5	88,1	0,68	0,78	0,84	1,15	0,0176	25/55	58
5,5	7,5	132S	3520	19,4	7,5	14,97	2,4	3,2	85,5	87,5	88,6	0,68	0,78	0,84	1,15	0,01776	21/46	58
7,5	10	132S	3515	25	7,5	19,98	2,3	3	88	89	89,6	0,77	0,85	0,88	1,15	0,0243	20/44	76,2
7,5	10	132M	3515	25	7,5	19,98	2,3	3	88	89	89,6	0,77	0,85	0,88	1,15	0,0243	20/44	65

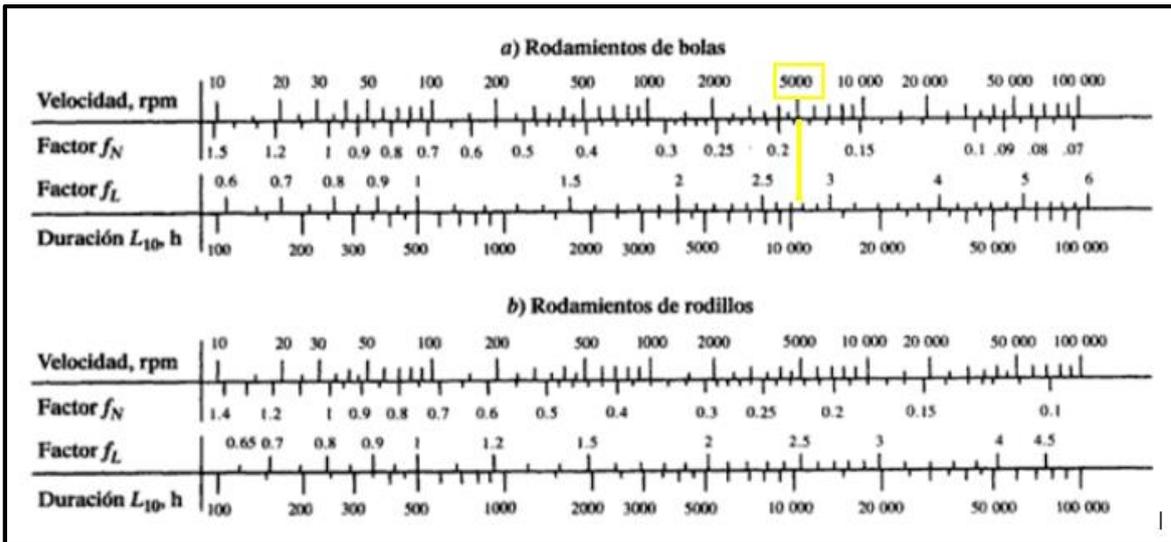
Fuente: Catalogo general de motores Weg

Anexo D. Dimensiones de poleas en “V” de hierro fundido

Dimens m.m.	N° de Canales							
	1		2		3		4	
E	H	C	H	C	H	C	H	C
50	18	35	35	35	50	-	65	-
60	18	35	35	40	50	50	65	-
70	18	40	35	45	50	50	65	55
80	18	45	35	45	50	60	65	60
90	18	45	35	45	50	60	65	65
100	18	45	35	45	50	60	65	70
110	18	45	35	50	50	65	65	70
120	18	45	35	50	50	65	65	70
130	18	50	35	50	50	65	65	70
140	18	50	35	55	50	65	65	70
150	18	50	35	55	50	70	65	75
160	18	50	35	55	50	70	65	75
170	18	55	35	60	50	70	65	75
180	18	55	35	60	50	75	65	80
190	18	55	35	60	50	75	65	75
200	18	55	35	60	50	75	65	85
210	18	70	35	70	50	80	65	-
220	18	70	35	70	50	80	65	85
230	18	70	35	75	50	-	65	-
240	18	70	35	75	50	80	65	90
250	18	70	35	75	50	80	65	95

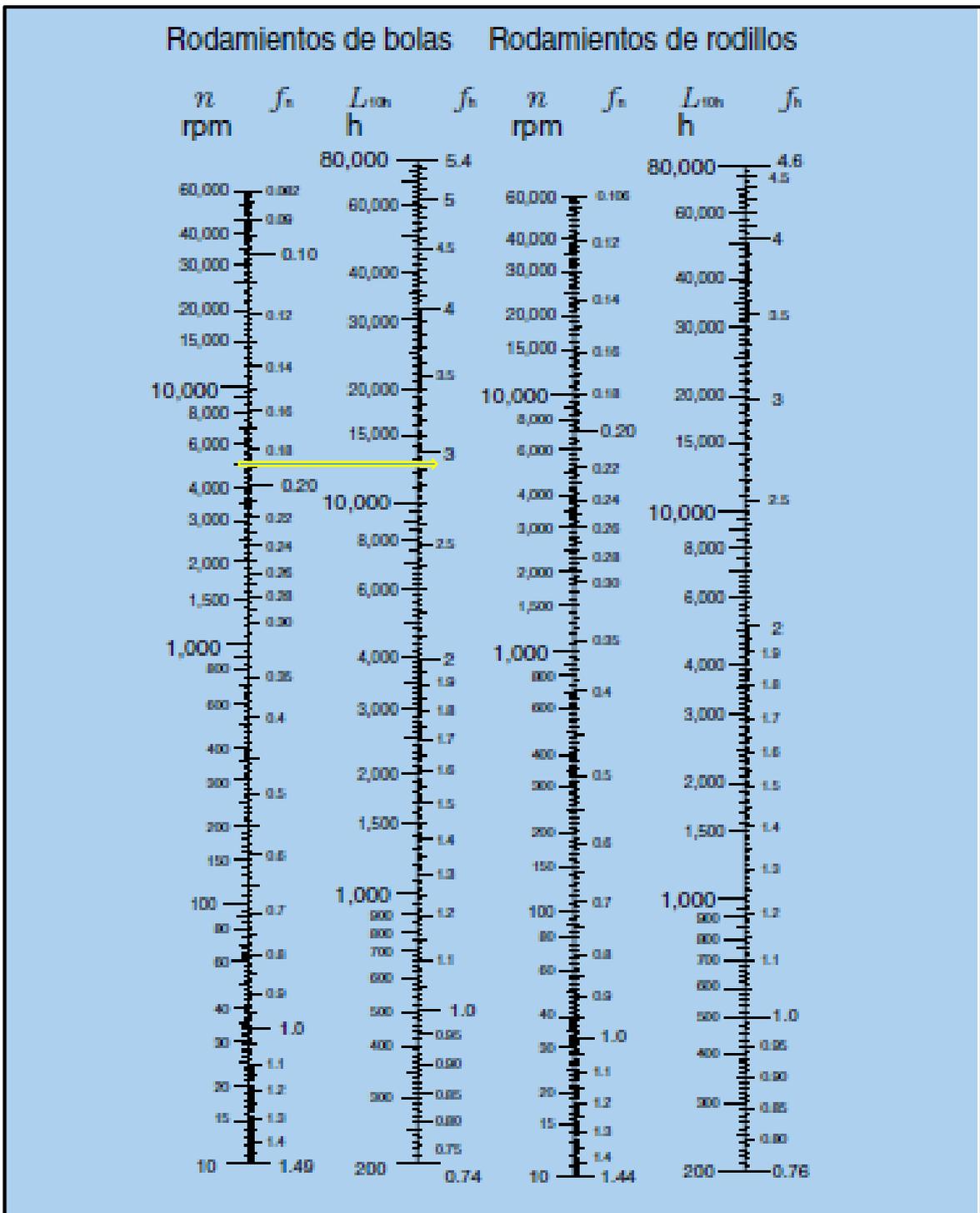
Fuente: Catalogo de poleas Ducasse

Anexo E. Factores de duracion y por velocidad para rodamiento de bolas y de rodillos



Fuente: (Mott R., 2006)

Anexo F. Escala para el cálculo de vida nominal básica de los rodamientos



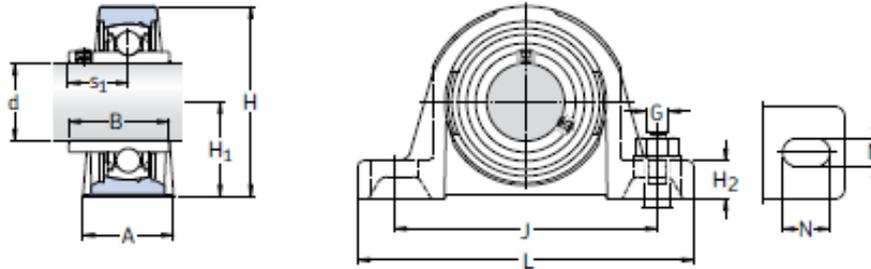
Anexo G. Valores mínimo factor de seguridad

Condiciones de operación	Rodtos. de bolas	Rotos. de rodillos
Requerimiento de alta precisión rotacional	2	3
Requerimiento de precisión rotacional normal (Aplicación universal)	1	1.5
Permite ligero deterioro de la precisión rotacional (Baja velocidad, altas cargas, etc.)	0.5	1

Fuente: Catalogo general NTN

Anexo H. Nomenclatura de los rodamientos SKF

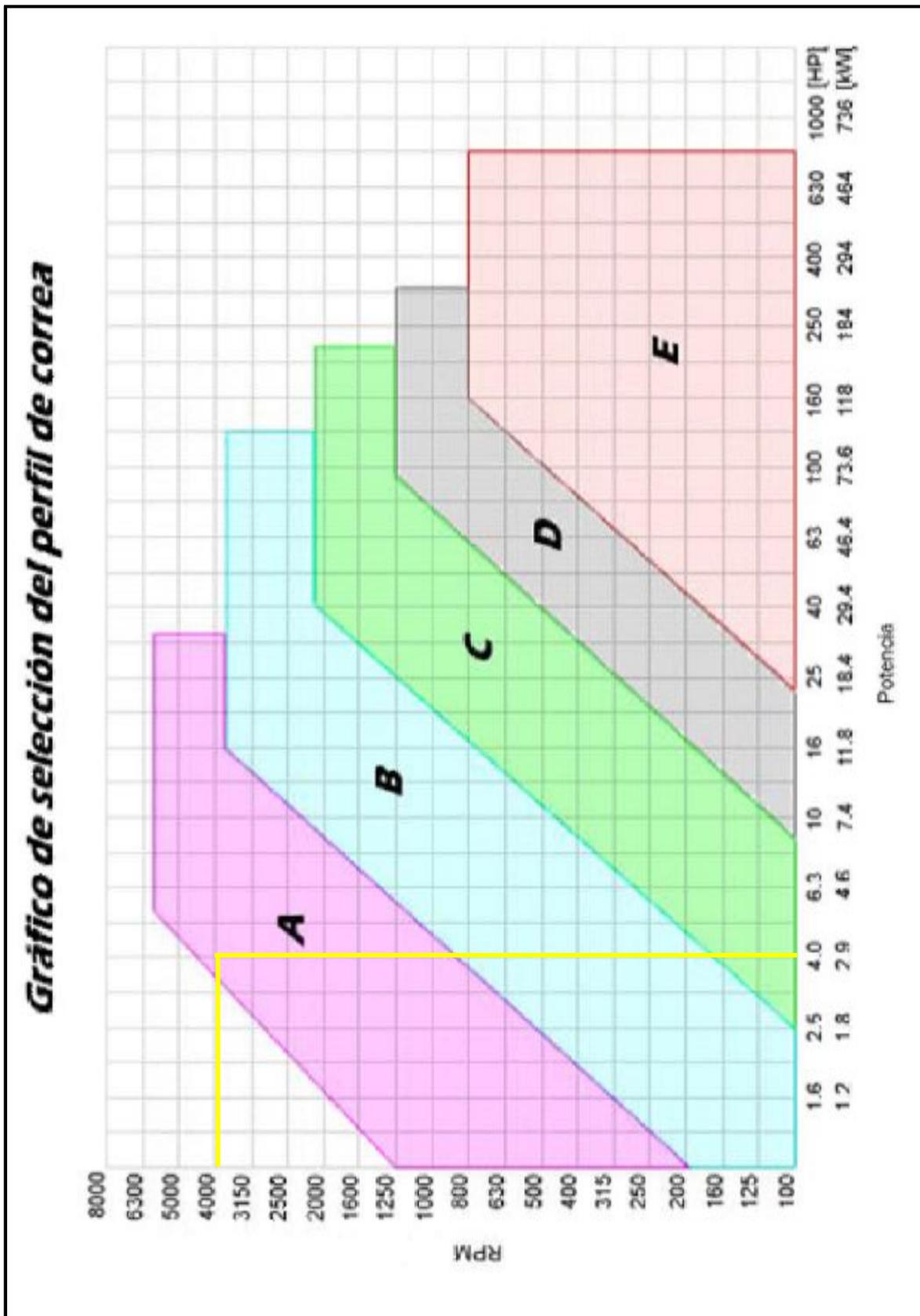
**Soportes de pie con rodamientos Y para altas temperaturas  
y ejes métricos  
d 20 – 60 mm**



Dimensiones													Capacidad de carga estática $C_0$	Masa kg	Designaciones		
d	A	B	H	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	J	L	N	N <sub>1</sub>	G	s <sub>1</sub>	Unidad de rodamiento Y con jaula de chapa de acero			jaula enteriza de grafito de tipo corona		
mm													kN		–		
20	32	31	64	33,3	14	97	127	20,5	11,5	10	18,3	6,55	0,57	SY 20 TF/VA201	SY 20 TF/VA228		
25	36	34,1	70	36,5	16	102	130	19,5	11,5	10	19,8	7,8	0,73	SY 25 TF/VA201	SY 25 TF/VA228		
30	40	38,1	82	42,9	16,5	117,5	152	23,5	14	12	22,2	11,2	1,10	SY 30 TF/VA201	SY 30 TF/VA228		
35	45	42,9	93	47,6	19	126	160	21	14	12	25,4	15,3	1,45	SY 35 TF/VA201	SY 35 TF/VA228		
40	48	49,2	99	49,2	19	135,5	175	24,5	14	12	30,2	19	1,80	SY 40 TF/VA201	SY 40 TF/VA228		
45	48	49,2	107	54	20,6	143,5	187	22,5	14	12	30,2	21,6	2,20	SY 45 TF/VA201	SY 45 TF/VA228		
50	54	51,6	114	57,2	22	157	203	26	18	16	32,6	23,2	2,70	SY 50 TF/VA201	SY 50 TF/VA228		
55	60	55,6	127	63,5	23,8	171,5	219	27,5	18	16	33,4	29	3,60	SY 55 TF/VA201	SY 55 TF/VA228		
60	60	65,1	139,7	69,9	26	190,5	240	29	18	16	39,7	36	4,45	SY 60 TF/VA201	SY 60 TF/VA228		

Fuente: Catálogo general SKF

Anexo I. Selección del perfil de la correa



Fuente: Catalogo reflex de correas trapezoidales

Anexo J. Prestaciones de las correas trapeciales OLEOSTATIC PIRELLI

Veloc. lin m/seg	N. Rev	Pol. Men	PRESTACION BASE																	Prestaciones adicio para relaciones de transm. de													
			Diámetros primitivos de la polea menor																	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
			65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	1.02	1.05	1.11	1.18	1.25	1.38	1.57	1.94	3.38	47.43			
200	0.15	0.18	0.21	0.23	0.26	0.29	0.32	0.35	0.38	0.41	0.44	0.47	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.67	0.70	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04		
400	0.24	0.30	0.36	0.41	0.47	0.52	0.58	0.63	0.68	0.74	0.79	0.85	0.90	0.95	1.00	1.06	1.11	1.16	1.21	1.26	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07		
600	0.32	0.41	0.49	0.57	0.65	0.73	0.80	0.88	0.96	1.04	1.12	1.19	1.27	1.34	1.42	1.50	1.57	1.65	1.73	1.81	0.01	0.03	0.05	0.06	0.07	0.09	0.09	0.09	0.10	0.11	0.11		
800	0.39	0.50	0.60	0.71	0.81	0.91	1.01	1.12	1.22	1.32	1.42	1.52	1.61	1.71	1.81	1.91	2.00	2.10	2.20	2.30	0.02	0.04	0.07	0.08	0.10	0.11	0.11	0.12	0.14	0.16	0.17		
950	0.44	0.56	0.68	0.81	0.93	1.04	1.16	1.28	1.40	1.52	1.63	1.75	1.86	1.97	2.09	2.20	2.31	2.42	2.53	2.64	0.02	0.05	0.08	0.10	0.12	0.14	0.15	0.16	0.18	0.19	0.21		
1000	0.45	0.58	0.71	0.84	0.98	1.09	1.21	1.33	1.46	1.58	1.70	1.82	1.94	2.06	2.18	2.29	2.41	2.53	2.65	2.77	0.02	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.19	0.21	0.23		
1160	0.50	0.64	0.79	0.93	1.08	1.21	1.36	1.50	1.64	1.78	1.92	2.05	2.19	2.32	2.46	2.59	2.72	2.85	2.98	3.11	0.03	0.08	0.12	0.15	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30		
1200	0.51	0.66	0.81	0.96	1.10	1.25	1.40	1.54	1.68	1.83	1.97	2.11	2.25	2.39	2.52	2.66	2.79	2.93	3.06	3.19	0.03	0.08	0.12	0.15	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30		
1400	0.55	0.73	0.90	1.07	1.24	1.41	1.57	1.74	1.90	2.06	2.22	2.38	2.54	2.69	2.85	3.00	3.16	3.31	3.46	3.61	0.03	0.09	0.13	0.17	0.20	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.33		
1425	0.56	0.74	0.91	1.08	1.25	1.42	1.59	1.76	1.93	2.09	2.25	2.41	2.57	2.73	2.89	3.04	3.20	3.35	3.50	3.65	0.04	0.10	0.14	0.18	0.22	0.25	0.27	0.30	0.32	0.34	0.37		
1600	0.59	0.79	0.98	1.17	1.36	1.55	1.74	1.92	2.10	2.28	2.46	2.64	2.81	2.98	3.16	3.32	3.49	3.66	3.83	4.00	0.04	0.11	0.15	0.19	0.22	0.25	0.27	0.30	0.33	0.35	0.37		
1750	0.62	0.83	1.04	1.25	1.45	1.65	1.85	2.05	2.24	2.44	2.63	2.82	3.00	3.19	3.37	3.55	3.73	3.90	4.08	4.26	0.04	0.11	0.15	0.19	0.22	0.25	0.27	0.30	0.33	0.35	0.37		
1800	0.63	0.85	1.06	1.27	1.48	1.69	1.89	2.09	2.29	2.49	2.68	2.88	3.07	3.25	3.44	3.62	3.80	3.98	4.16	4.34	0.04	0.11	0.15	0.19	0.22	0.25	0.27	0.30	0.33	0.35	0.37		
2000	0.68	0.90	1.13	1.36	1.59	1.81	2.03	2.25	2.47	2.68	2.88	3.08	3.28	3.47	3.66	3.84	4.02	4.20	4.38	4.56	0.04	0.11	0.15	0.19	0.22	0.25	0.27	0.30	0.33	0.35	0.37		
2200	0.69	0.94	1.20	1.44	1.69	1.93	2.17	2.40	2.63	2.86	3.08	3.30	3.52	3.73	3.94	4.14	4.35	4.54	4.74	4.93	0.05	0.13	0.20	0.25	0.30	0.34	0.37	0.41	0.44	0.48	0.51	0.54	
2400	0.71	0.99	1.25	1.52	1.78	2.04	2.29	2.54	2.78	3.02	3.26	3.49	3.72	3.94	4.16	4.37	4.57	4.77	4.97	5.17	0.05	0.14	0.22	0.27	0.32	0.37	0.40	0.45	0.48	0.51	0.54	0.57	0.60
2600	0.73	1.02	1.31	1.59	1.86	2.14	2.40	2.67	2.92	3.17	3.42	3.65	3.87	4.10	4.32	4.54	4.76	4.97	5.17	5.37	0.06	0.15	0.23	0.29	0.36	0.41	0.44	0.49	0.52	0.55	0.59	0.62	0.65
2800	0.74	1.05	1.35	1.65	1.94	2.23	2.51	2.78	3.03	3.27	3.50	3.73	3.95	4.17	4.38	4.59	4.79	4.99	5.19	5.39	0.06	0.16	0.24	0.29	0.36	0.41	0.44	0.49	0.52	0.55	0.59	0.62	0.65
3000	0.75	1.07	1.39	1.70	2.01	2.30	2.58	2.85	3.11	3.36	3.60	3.84	4.07	4.29	4.50	4.71	4.91	5.11	5.31	5.51	0.07	0.18	0.26	0.33	0.40	0.46	0.50	0.55	0.59	0.63	0.67	0.71	0.75
3200	0.75	1.09	1.42	1.75	2.08	2.37	2.69	2.97	3.25	3.52	3.78	4.04	4.29	4.52	4.74	4.95	5.15	5.34	5.53	5.72	0.07	0.19	0.26	0.35	0.43	0.49	0.54	0.59	0.64	0.68	0.72	0.76	
3400	0.75	1.10	1.45	1.79	2.11	2.43	2.74	3.04	3.33	3.60	3.87	4.12	4.37	4.60	4.81	5.02	5.21	5.39	5.57	5.75	0.07	0.19	0.29	0.36	0.43	0.49	0.54	0.59	0.64	0.68	0.72	0.76	
3600	0.75	1.10	1.45	1.79	2.12	2.44	2.76	3.05	3.34	3.62	3.89	4.14	4.38	4.61	4.83	5.03	5.22	5.39	5.57	5.75	0.07	0.19	0.29	0.36	0.43	0.49	0.54	0.59	0.64	0.68	0.72	0.76	
3800	0.74	1.11	1.47	1.81	2.15	2.48	2.79	3.10	3.39	3.67	3.93	4.18	4.42	4.64	4.85	5.04	5.22	5.38	5.56	5.74	0.08	0.21	0.31	0.39	0.47	0.54	0.59	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90
4000	0.73	1.11	1.48	1.84	2.18	2.51	2.83	3.14	3.43	3.71	3.97	4.22	4.45	4.66	4.86	5.03	5.19	5.35	5.51	5.67	0.08	0.21	0.31	0.39	0.47	0.54	0.59	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90
4200	0.71	1.10	1.42	1.78	2.11	2.43	2.74	3.04	3.33	3.60	3.87	4.12	4.37	4.60	4.81	5.02	5.21	5.39	5.57	5.75	0.08	0.21	0.31	0.39	0.47	0.54	0.59	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90
4400	0.68	1.07	1.47	1.85	2.21	2.55	2.87	3.17	3.45	3.71	3.95	4.16	4.35	4.54	4.72	4.89	5.06	5.22	5.38	5.54	0.09	0.23	0.35	0.43	0.52	0.60	0.65	0.72	0.78	0.84	0.90	0.96	1.01
4600	0.63	1.05	1.45	1.83	2.19	2.53	2.85	3.15	3.42	3.67	3.89	4.08	4.26	4.43	4.60	4.76	4.91	5.06	5.21	5.36	0.09	0.24	0.36	0.45	0.55	0.63	0.68	0.75	0.80	0.86	0.91	0.97	1.02
4800	0.59	1.01	1.42	1.81	2.17	2.51	2.82	3.11	3.37	3.60	3.80	3.98	4.15	4.31	4.46	4.60	4.74	4.87	5.00	5.12	0.10	0.26	0.40	0.50	0.60	0.69	0.74	0.82	0.88	0.93	0.99	1.04	1.09
5000	0.54	0.97	1.38	1.77	2.13	2.47	2.77	3.05	3.29	3.51	3.70	3.88	4.04	4.19	4.33	4.46	4.58	4.70	4.81	4.91	0.10	0.28	0.41	0.52	0.62	0.71	0.78	0.86	0.93	0.99	1.04	1.09	1.14
5200	0.49	0.93	1.34	1.73	2.08	2.41	2.70	2.97	3.20	3.39	3.56	3.72	3.87	4.00	4.12	4.23	4.33	4.42	4.50	4.58	0.11	0.29	0.43	0.54	0.65	0.74	0.81	0.89	0.97	1.03	1.09	1.14	1.19
5400	0.43	0.87	1.29	1.67	2.02	2.34	2.62	2.87	3.08	3.25	3.40	3.54	3.67	3.79	3.89	3.98	4.06	4.13	4.19	4.25	0.12	0.31	0.46	0.56	0.67	0.77	0.84	0.92	1.00	1.06	1.11	1.16	1.21
5600	0.37	0.81	1.22	1.60	1.94	2.25	2.52	2.75	2.94	3.10	3.24	3.37	3.48	3.58	3.67	3.75	3.82	3.88	3.93	3.97	0.12	0.32	0.48	0.60	0.72	0.83	0.90	0.98	1.07	1.14	1.21	1.27	1.33
5800	0.30	0.74	1.15	1.52	1.86	2.15	2.40	2.61	2.78	2.92	3.04	3.15	3.25	3.34	3.42	3.49	3.55	3.60	3.64	3.68	0.12	0.33	0.50	0.63	0.75	0.86	0.93	1.03	1.10	1.17	1.24	1.31	1.38
6000	0.22	0.66	1.07	1.43	1.75	2.03	2.26	2.45	2.61	2.74	2.85	2.95	3.04	3.12	3.19	3.25	3.30	3.34	3.38	3.41	0.12	0.33	0.50	0.63	0.75	0.86	0.93	1.03	1.10	1.17	1.24	1.31	1.38

Para las transmisiones indicadas en la parte coloreada es aconsejable el uso de la sección inferior

NOTA: Para valores de transmisión inferiores a 1.02 la prestación adicional es nula

Fuente: Correas trapeciales oleostatic pirelli

Anexo K. Factores de corrección  $C_T$  para arcos de contacto inferiores a 180°.

Arco de contacto sobre la polea menor	180	175	170	165	160	155	150	145	140	135	130	125	120	115	110	105	100	90
Transmisión trap / trap	1	0.99	0.98	0.96	0.95	0.93	0.92	0.90	0.89	0.87	0.86	0.84	0.82	0.80	0.78	0.76	0.74	0.69
Transmisión trap / plana	0.75	0.76	0.77	0.79	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.84	0.82	0.80	0.76	0.76	0.74	0.69

Fuente: Correas trapeciales oleostatic pirelli

Anexo L. Factores de corrección  $C_I$  en función del tipo de correa.

	Z	A	B	C	D	E	F
16	0.80						
24	0.83						
28	0.86	0.82					
35	0.92	0.87	0.81				
42	0.95	0.90	0.85				
48	0.98	0.93	0.88				
53	1.00	0.95	0.90	0.80			
66		1.00	0.94	0.84			
75		1.02	0.97	0.87			
81		1.04	0.98	0.89			
90		1.06	1.00	0.91			
105		1.10	1.04	0.94			
128		1.14	1.08	0.98	0.87		
144		1.17	1.11	1.00	0.80		
180		1.23	1.16	1.05	0.94	0.91	
240			1.22	1.11	1.00	0.96	0.87
330			1.28	1.19	1.07	1.03	0.97
420				1.24	1.12	1.09	1.03
540					1.18	1.14	1.06
720					1.24	1.21	1.09

Fuente: Correas trapeciales oleostatic pirelli

### Anexo M. Características de las cuchillas para cepillar madera

Cuchillas de Cepillar HSS 18% W		
Composición	Carbono	0.70 %
	Cromo	4.1 %
	Wolframio	18%
	Vanadio	1.1 %
Dureza	Recocido blando	Máx. 270 HB
	Estirado en frio	Máx. 320 HB
	Laminado en frio	Máx. 320 HB
Aplicaciones	Brocas	
	Machuelos de roscar	
	Cuchillas textiles	
	Cuchillas para madera	
	Cuchillas para papel	
	Fresa	

**Fuente:** www.erasteel.com

### Anexo N. Resistencia al corte de algunas maderas

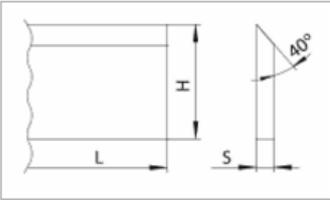
Resistencia al corte de la madera según el tipo		
Dureza Brinell 1-7 (HB)		
Teca	$89.81 \frac{kg}{cm^2}$	aproximadamente
Fernán Sánchez	$62.81 \frac{kg}{cm^2}$	aproximadamente
Guayacán	$125.81 \frac{kg}{cm^2}$	aproximadamente
Laurel	$73.81 \frac{kg}{cm^2}$	aproximadamente

**Fuente:** www. ecuadorforestal.org

## Anexo O. Medidas de las cuchillas para cepillar madera

L x H x S					
L x 35 x 3.0	L x 30 x 3.0	L x 25 x 3.0	L x 20 x 3.0	L x 25 x 2.5	L x 20 x 2.5
100x35x3.0	100x30x3.0	100x25x3.0	100x20x3.0	100x25x2.5	100x20x2.5
120x35x3.0	120x30x3.0	120x25x3.0	120x20x3.0	120x25x2.5	120x20x2.5
130x35x3.0	130x30x3.0	130x25x3.0	130x20x3.0	130x25x2.5	130x20x2.5
150x35x3.0	150x30x3.0	150x25x3.0	150x20x3.0	150x25x2.5	150x20x2.5
180x35x3.0	180x30x3.0	180x25x3.0	180x20x3.0	180x25x2.5	180x20x2.5
210x35x3.0	210x30x3.0	210x25x3.0	210x20x3.0	210x25x2.5	210x20x2.5
240x35x3.0	240x30x3.0	240x25x3.0	240x20x3.0	240x25x2.5	240x20x2.5
260x35x3.0	260x30x3.0	260x25x3.0	260x20x3.0	260x25x2.5	260x20x2.5
310x35x3.0	310x30x3.0	310x25x3.0	310x20x3.0	310x25x2.5	310x20x2.5
400x35x3.0	400x30x3.0	400x25x3.0	400x20x3.0	400x25x2.5	400x20x2.5
410x35x3.0	410x30x3.0	410x25x3.0	410x20x3.0	410x25x2.5	410x20x2.5
450x35x3.0	450x30x3.0	450x25x3.0	450x20x3.0	450x25x2.5	450x20x2.5
500x35x3.0	500x30x3.0	500x25x3.0	500x20x3.0	500x25x2.5	500x20x2.5
510x35x3.0	510x30x3.0	510x25x3.0	510x20x3.0	510x25x2.5	510x20x2.5
530x35x3.0	530x30x3.0	530x25x3.0	530x20x3.0	530x25x2.5	530x20x2.5
610x35x3.0	610x30x3.0	610x25x3.0	610x20x3.0	610x25x2.5	610x20x2.5
640x35x3.0	640x30x3.0	640x25x3.0	640x20x3.0	640x25x2.5	640x20x2.5
710x35x3.0	710x30x3.0	710x25x3.0	710x20x3.0	710x25x2.5	710x20x2.5
810x35x3.0	810x30x3.0	810x25x3.0	810x20x3.0	810x25x2.5	810x20x2.5
910x35x3.0	910x30x3.0	910x25x3.0	910x20x3.0	910x25x2.5	910x20x2.5
1000x35x3.0	1000x30x3.0	1000x25x3.0	1000x20x3.0	1000x25x2.5	1000x20x2.5
1010x35x3.0	1010x30x3.0	1010x25x3.0	1010x20x3.0	1010x25x2.5	1010x20x2.5
1050x35x3.0	1050x30x3.0	1050x25x3.0	1050x20x3.0	1050x25x2.5	1050x20x2.5
1220x35x3.0	1220x30x3.0	1220x25x3.0	1220x20x3.0	1220x25x2.5	1220x20x2.5

Descripción: L-longitud [mm], H-anchura [mm], S-grosor [mm]



Fuente: [www.pilana.com](http://www.pilana.com)

Anexo P. Perfiles estructurales “Canales U”



## PERFILES LAMINADOS

### U

#### Especificaciones Generales

<b>Calidad</b>	ASTM A36
<b>Otras calidades</b>	Previa Consulta
<b>Largo normal</b>	6.00m y 12.00m
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta
<b>Acabado</b>	Natural
<b>Otro acabado</b>	Previa Consulta



DIMENSIONES			PESOS			TIPOS						
A	B	e	6metros	1 metro	SECCION	EJE X-X			EJE Y-Y			
mm	mm	mm	kg	kg	cm2	I	W	I	I	W	I	x
						cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm	cm
150	80	12	157.80	26.30	32.47	1012.95	135.06	5.59	189.27	35.31	2.41	2.64
200	50	2	27.66	4.61	5.87	316.00	31.60	7.34	11.80	2.88	1.42	0.92
200	50	3	40.98	6.83	8.70	462.00	46.20	7.29	17.10	4.23	1.40	0.96
200	50	4	54.06	9.01	11.50	600.00	60.00	7.23	22.10	5.52	1.39	1.00
200	50	5	66.60	11.10	14.20	729.00	72.90	7.17	26.70	6.75	1.37	1.05
200	50	6	80.70	13.45	16.81	850.82	85.08	7.11	31.18	7.97	1.36	1.09
200	60	5	71.46	11.91	15.18	853.31	85.33	7.50	45.29	9.72	1.73	1.34
200	60	6	86.52	14.42	18.01	963.76	96.37	7.31	53.04	11.50	1.71	1.39
200	60	8	112.80	18.80	23.50	1218.58	121.85	7.20	66.96	14.96	1.68	1.53
200	80	6	96.04	16.34	20.42	1189.65	118.96	7.63	120.77	20.61	2.43	2.14
200	80	8	128.10	21.35	26.69	1513.67	151.36	7.53	153.94	26.27	2.40	2.14
200	80	10	156.96	26.16	32.71	1303.27	180.32	7.42	183.91	31.87	2.37	2.23
200	80	12	186.96	31.16	38.47	2060.24	206.02	7.32	210.38	37.04	2.34	2.32
200	100	6	109.56	18.26	22.82	1415.55	141.55	7.87	225.25	31.19	3.14	2.78
200	100	8	143.46	23.91	29.89	1808.75	180.87	7.77	289.60	40.61	3.11	2.87
200	100	10	176.16	29.36	36.71	2164.60	216.46	7.67	348.64	49.59	3.08	2.97
200	100	12	210.30	35.05	43.28	2484.70	284.47	7.58	420.78	60.72	3.12	3.07

Fuente: Dipac

## Anexo Q. Perfiles estructurales (Ángulo)

CIOS



**DIPAC**®  
PRODUCTOS DE ACERO

### PERFILES IMPORTADOS ANGULOS

#### Especificaciones Generales

<b>Calidad</b>	ASTM A36 SAE 1008
<b>Otras calidades</b>	Previa Consulta
<b>Largo normal</b>	6.00m
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta
<b>Acabado</b>	Natural
<b>Otro acabado</b>	Previa Consulta



DENOMINACION	DIMENSIONES		PESO		AREA
	mm		kg/m	kg/5m	cm2
	a	e			
AL 20X2	20	2	0.80	3.62	0.76
AL 20X3	20	3	0.87	5.27	1.11
AL 25X2	25	2	0.75	4.56	0.96
AL 25X3	25	3	1.11	6.68	1.41
AL 25X4	25	4	1.45	8.75	1.84
AL 30X3	30	3	1.38	8.13	1.71
AL 30X4	30	4	1.77	10.63	2.24
AL 40X3	40	3	1.81	11.00	2.31
AL 40X4	40	4	2.39	14.34	3.04
AL 40X6	40	6	3.49	21.34	4.44
AL 50X3	50	3	2.29	13.65	2.91
AL 50X4	50	4	3.02	18.33	3.84
AL 50X6	50	6	4.43	26.58	5.64
AL 60X6	60	6	5.37	32.54	6.84

Fuente: Dipac

#### Anexo R. Propiedades mecánicas del acero ASTM A36

Propiedades	Valores
Densidad	$7850 \frac{kg}{m^3}$
Límite de fluencia	250-280 Mpa
Resistencia a la tensión	400-550 Mpa
Límite de ruptura	441.3 Mpa
Elongación mínima	20% (8")
Punto de fusión	1538 °C
Módulo de elasticidad	29000 Ksi

**Fuente:** Ciencia de materiales, Selección y Diseño”, de Pat L. Mangonon

#### Anexo S. Composición química del acero ASTM A36

Carbono	0.25 %
Cobre	0.02 %
Hierro	99 %
Manganeso	0.8-1.2 %
P máx.	0.04 %
S máx.	0.05 %

**Fuente:** IPAC

## **Planos**