



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGIA Y MECANICA

TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECANICO

AUTOR: MENESES BUITRON JOSE ALBERTO

TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA MAQUINA ESTAMPADORA DE HILOS PARA LA EMPRESA IMBATEX

DIRECTOR: ING. JAIME ECHEVERRIA

CODIRECTOR: ING. LUIS ECHEVERRIA

SANGOLQUÍ, ENERO 2014

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA MAQUINA ESTAMPADORA DE HILOS PARA LA EMPRESA IMBATEX” fue realizado en su totalidad por José Alberto Meneses Buitrón, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Ing. Jaime Echeverría

DIRECTOR

Ing. Luis Echeverría

CODIRECTOR

Sangolquí, 2014-01-10

AUTORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **JOSE ALBERTO MENESES BUITRON**

DECLARO QUE

El proyecto de grado titulado **“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA MAQUINA ESTAMPADORA DE HILOS PARA LA EMPRESA IMBATEX”**, ha sido desarrollada con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, 10 de Enero de 2014

José Alberto Meneses Buitrón

AUTORIZACION

Yo, **JOSE ALBERTO MENESES BUITRON**

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, la publicación en la biblioteca virtual de la institución del proyecto de grado titulado “**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA MAQUINA ESTAMPADORA DE HILOS PARA LA EMPRESA IMBATEX**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, 10 de Enero de 2014

José Alberto Meneses Buitrón

DEDICATORIA

A mis padres quienes me dieron la herencia más grande que puede existir, el estudio, y supieron guiarme por el camino correcto para alcanzar el objetivo más valioso de mi vida, a mi hermana, a mi hija Amelia, y a mi futura familia que estoy por formar.

AGRADECIMIENTOS

A Dios que me supo bendecir para alcanzar este sueño que a veces lo mire lejos pero al final lo conseguí.

Durante mis estudios y la elaboración del presente proyecto, agradezco a todos los Ingenieros que supieron brindarme sus conocimientos dentro y fuera de las aulas.

Al Ingeniero Darwin Esparza, propietario de la empresa IMBATEX quien confió en mí y supo ayudarme durante la elaboración del proyecto.

A los Ingenieros Jaime Echeverría y Luis Echeverría, quienes me ayudaron en la elaboración de este proyecto, compartiéndome sus ideas y conocimientos.

A toda mi familia que me apoyo durante mi vida universitaria, y me aconsejo cuando más lo necesitaba.

INDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
CERTIFICACION DE LA ELABORACION DEL PROYECTO	ii
DECLARACION DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACION.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
INDICE DE CONTENIDOS	vii
INDICE DE TABLAS	xvii
INDICE DE FIGURAS.....	xx
INDICE DE ANEXOS.....	xxiv
RESUMEN.....	xxv
CAPITULO 1.....	1
GENERALIDADES.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 JUSTIFICACION.....	2
1.3 ALCANCE.....	3
1.4 OBJETIVOS.....	4
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	4

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
CAPITULO 2	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1 PROCESO DE HILATURA	5
2.1.1 DESCRIPCION DE LOS PROCESOS DE HILATURA EN IMBATEX	7
2.1.1.1 Materia prima	7
2.1.1.2 Proceso de cardado	8
2.1.1.3 Proceso de estirado y doblado.....	9
2.1.1.4 Proceso de estirado y falsa torsión	10
2.1.1.5 Hilado.....	11
2.1.1.6 Proceso de madejado	12
2.1.1.7 Proceso de tinturado	13
2.1.1.8 Proceso de secado.....	14
2.1.1.9 Proceso de enconado	15
2.2 ESTAMPADO DEL HILO	16
2.2.1 COLORANTES.....	16
2.2.1.1 Clases de colorantes.....	16
2.2.1.2 Estructura de colorantes	17
2.2.2 PIGMENTOS	18
2.2.2.1 Propiedades de los pigmentos	18

2.2.2.2	Clasificación de los pigmentos	19
2.2.3	LA ESTAMPACION	20
2.2.3.1	Principios para el proceso de estampado	20
2.2.3.2	Métodos de estampación	21
2.3	ELEMENTOS MECANICOS Y ELECTRICOS.....	22
2.3.1	ELEMENTOS MECANICOS.....	22
2.3.1.1	Perfiles estructurales.....	22
2.3.1.2	Bastidores	24
2.3.1.3	Poleas	25
2.3.1.3.1	Tipos de Poleas	26
2.3.1.4	Bandas	28
2.3.1.4.1	Tipos de bandas	30
2.3.1.5	Ejes	33
2.3.1.6	Rodamientos	34
2.3.1.7	Chumaceras.....	35
2.3.1.8	Levas.....	37
2.3.1.8.1	Tipos de levas.....	37
2.3.1.8.2	Tipos de seguidor	39
2.3.2	ELEMENTOS ELECTRICOS.....	41
2.3.2.1	Generadores de movimiento	41

2.3.2.2 De control y maniobra	41
2.3.3 MOTORES ELÉCTRICOS.....	41
2.4 SISTEMA DE TRANSMISION	43
2.4.1 POTENCIA MECANICA	43
2.4.2 TRANSMISION POR BANDAS Y POLEAS.....	44
2.4.2.1 Sistema de transmisión	44
2.4.2.2 Longitud de la banda.....	45
2.4.2.3 Relación de transmisión	46
2.4.2.4 Ventajas de las bandas	46
2.4.2.5 Mantenimiento de las bandas	47
2.4.3 TRANSMISIÓN POR MEDIO DE RUEDAS DENTADAS Y CADENAS.....	48
2.4.3.1 Sistema de transmisión	49
2.4.3.2 Relación de transmisión	50
2.4.4 TRANSMISIÓN POR MEDIO DE ENGRANAJES.....	50
2.4.4.1 Engranaje.....	50
2.4.4.2 Relación de transmisión	51
2.4.4.3 Ventajas	52
CAPITULO 3.....	53
DISEÑO Y CONSTRUCCION.....	53
3.1 ANALISIS DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL ESTAMPADO.....	53

3.1.1	DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO	53
3.1.2	PARÁMETROS DEL PROCESO.....	54
3.1.2.1	Velocidad del hilo	54
3.1.2.2	Temperatura de fijación.....	54
3.1.2.3	Viscosidad del colorante	55
3.1.2.4	Acides del material colorante	55
3.1.2.5	Descripción del producto final	56
3.2	FUNCIONES DE LA MAQUINA ESTAMPADORA	57
3.3	ANALISIS DE LA ALTERNATIVA ADECUADA	57
3.3.1	ESTRUCTURA PRINCIPAL O BASTIDOR	58
3.3.2	SISTEMA DE TRANSMISION DE MOVIMIENTO	59
3.3.3	MECANISMO DE INYECCION DE COLORANTE	60
3.3.3.1	Biela manivela.....	60
3.3.3.2	Leva	61
3.4	CALCULOS DE LOS ELEMENTOS Y SISTEMAS DE LA MAQUINA ESTAMPADORA	62
3.4.1	ANALISIS DEL BASTIDOR	62
3.4.2	CALCULOS DEL SISTEMA DE TRANSMISION DE MOVIMIENTO	67
3.4.2.1	Diagrama cinemático.....	68
3.4.2.2	Calculo de velocidad de salida de hilo	68

3.4.2.3 Selección de Bandas tipo V	69
3.4.2.4 Calculo distancia entre centros de poleas.....	70
3.4.2.5 Calculo del torque de la polea A, acoplada al eje del motor.....	72
3.4.2.6 Calculo de reacciones en las Poleas A y B.....	72
3.4.2.7 Calculo de reacciones en las poleas C y D	75
3.4.2.8 Calculo de reacciones en las poleas E y F.....	78
3.4.2.9 Calculo de reacciones en las poleas G y H.....	80
3.4.2.10 Calculo de reacciones en las poleas I y J.....	81
3.4.3 CALCULOS DE EJES	84
3.4.3.1 Diseño del eje de transmisión #1	84
3.4.3.1.1 Calculo de Rodamientos del eje de transmisión #1	88
3.4.3.1.2 Calculo del momento flector resultante en el punto crítico.....	90
3.4.3.1.3 Calculo del factor de seguridad del eje de transmisión #1	91
3.4.3.2 Diseño del eje de transmisión #2	93
3.4.3.2.1 Calculo de Rodamientos del eje 2	97
3.4.3.2.2 Calculo del momento flector resultante en el punto crítico.....	98
3.4.3.2.3 Calculo del factor de seguridad del eje de transmisión #2.....	98
3.4.3.3 Diseño del eje de cilindro de salida.....	99
3.4.3.3.1 Calculo del momento flector resultante en el punto crítico.....	103
3.4.3.3.2 Calculo del factor de seguridad del eje del cilindro de salida...	103

3.4.3.3	Calculo de Rodamientos para el eje del cilindro de salida	104
3.4.3.4	Diseño del eje de esponja de tintura	106
3.4.4	ANALISIS DEL MECANISMO DE INYECCION DE COLORANTE	106
3.4.4.1	Análisis de la leva.....	107
3.4.4.1.1	Análisis del movimiento.....	108
3.4.4.2	Calculo del brazo de leva	110
3.4.4.3	Diseño del eje de levas	113
3.4.4.3.1	Diagramas de fuerza cortante y momento flector del eje de levas ...	115
3.4.4.3.2	Factor de seguridad eje de levas	116
3.4.4.3.3	Calculo de Rodamientos para el eje de levas	118
3.4.5	CALCULO DE REACCIONES EN LOS SOPORTES DEL CILINDRO DE PRESION.....	119
3.4.6	DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRICO.....	120
3.5	CONSTRUCCION DE LA MAQUINA ESTAMPADORA DE HILOS ..	123
3.5.1	CONSTRUCCION DEL BASTIDOR	125
3.5.2	CONSTRUCCION DE EJES.....	129
3.5.3	CONSTRUCCION DE LEVAS	132
3.5.4	CONSTRUCCION DE BRAZOS DE LEVAS	134
3.5.5	CONSTRUCCION DE BOCINES	136
3.5.6	CONSTRUCCION GUIAS DE ENTRADA Y SALIDA	137

3.5.7 CONSTRUCCION DE SOPORTES PARA CILINDRO DE PRESION	140
3.5.8 CONSTRUCCION CAJA DE TOL	142
3.5.9 CONSTRUCCION DE SOPORTE PARA RECIPIENTES DE COLORANTE.....	143
3.5.10 ENSAMBLE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINA ESTAMPADORA DE HILOS	144
3.6 MANUAL DE OPERACIÓN	147
3.6.1 SECUENCIA DE OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LA ESTAMPADORA DE HILOS.....	147
3.6.1.1 Ajustes antes de iniciar el funcionamiento.....	147
3.6.1.2 Encendido y apagado de la estampadora	149
CAPITULO 4.....	151
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	151
4.1 FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINA SIN MATERIAL	151
4.2 ALIMENTACION Y SALIDA DEL MATERIAL	152
4.3 PRUEBAS DE INYECCION DEL COLORANTE.....	153
4.3.1 SINCRONIZACION DE LEVAS CON ASPERSORES.....	154
4.3.1.1 Prueba con una pistola de tintura	154
4.3.1.2 Prueba con dos pistolas de tintura	154
4.3.1.3 Prueba con tres pistolas de tintura	155

4.3.2	INPREGNACION DE COLORANTE UTILIZANDO LA ESPONJA DE TINTURA	155
4.4	HILOS PRODUCIDOS.....	156
	CAPITULO 5.....	158
	ANALISIS ECONOMICO.....	158
5.1	COSTOS MAQUINA ESTAMPADORA DE HILO	158
5.1.1	COSTOS DIRECTOS	158
5.1.1.1	Costos de materiales.....	159
5.1.1.2	Costos de materiales por metros.....	160
5.1.1.3	Costos de mano de obra	160
5.1.1.4	Costo total directo.....	161
5.1.2	COSTOS INDIRECTOS.....	161
5.1.3	COSTOS TOTALES	161
5.2	COSTOS DEL PROCESO DE ESTAMPADO	162
5.2.1	COSTO COLORANTES Y AUXILIARES.....	162
5.2.1.1	Costo colorante	163
5.2.1.2	Costo auxiliares	163
5.2.1.3	Costo de colorantes y auxiliares por kilogramo de hilo.....	164
5.2.2	COSTO MANO DE OBRA DIRECTA.....	164
5.2.3	COSTO ENERGIA ELECTRICA.....	165

5.2.4 COSTO TOTAL DE PRODUCCION	166
CAPITULO 6	167
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	167
6.1 CONCLUSIONES	167
6.2 RECOMENDACIONES.....	168
BIBLIOGRAFIA	169
ANEXOS.....	170

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Secciones estándar de banda.....	32
Tabla 2. Escala de selección para matriz de alternativas	58
Tabla 3. Matriz de decisión para estructura del bastidor.....	58
Tabla 4. Escala de selección para matriz de alternativas	59
Tabla 5. Matriz de decisión para transmisión de potencia	60
Tabla 6. Escala de selección para matriz de alternativas	61
Tabla 7. Matriz de decisión para mecanismo de avance e inyección de colorante	61
Tabla 8. Selección de bandas.....	70
Tabla 9. Cuadro de resultados de distancias entre centros de poleas.....	71
Tabla 10. Resultados de las reacciones en las poleas A y B.....	75
Tabla 11. Resultados de las reacciones de las poleas C y D	78
Tabla 12. Resultados de las reacciones en las poleas E y F	79
Tabla 13. Resultados de las reacciones en las poleas G y H	81
Tabla 14. Resultados de las reacciones en las poleas I y J.....	84
Tabla 15. Características del rodamiento SKF 6405.....	89
Tabla 16. Características del rodamiento SKF 6404.....	105
Tabla 17. Elementos eléctricos.....	120
Tabla 18. Nomenclatura para los flujogramas	124
Tabla 19. Partes del bastidor	125
Tabla 20. Operaciones y tiempos de construcción del bastidor.....	126
Tabla 21. Ejes con sus elementos y materiales.....	129
Tabla 22. Operaciones y tiempos de construcción de los ejes	130

Tabla 23. Operaciones y tiempo de construcción de las levas	132
Tabla 24. Operación y tiempos de la construcción del brazo de leva	134
Tabla 25. Operaciones y tiempos de construcción para los bocines, separador de bocines y apoyos para eje de bocines	136
Tabla 26. Operaciones y tiempos de construcción de las guías de entrada y salida	138
Tabla 27. Operaciones y tiempos de construcción de los soportes para el cilindro de presión.....	141
Tabla 28. Operaciones y tiempos de construcción de los soportes para los recipientes de tintura.....	143
Tabla 29. Montaje del bastidor.....	145
Tabla 30. Montaje de ejes.....	145
Tabla 31. Montaje de guías de entrada y salida	146
Tabla 32. Montaje de soportes de cilindro de presión.....	146
Tabla 33. Montaje de base superior de tarros de tintura.....	146
Tabla 34. Montaje del sistema eléctrico.....	146
Tabla 35. Parámetros controlados en la prueba del sistema eléctrico.....	152
Tabla 36. Efecto producido en la prueba con una pistola de tintura	154
Tabla 37. Efecto producido en la prueba con dos pistolas de tintura.....	154
Tabla 38. Efecto producido en la prueba con tres pistolas de tintura.....	155
Tabla 39. Efecto producido en la prueba con la esponja de tintura	155
Tabla 40. Efecto producido mediante la esponja y una pistola de tintura	156
Tabla 41. Costos de materiales	159
Tabla 42. Costos de materiales por metros	160

Tabla 43. Costos de mano de obra	160
Tabla 44. Costo total directo	161
Tabla 45. Costos indirectos	161
Tabla 46. Costos totales	162
Tabla 47. Costos de colorante	163
Tabla 48. Costos de auxiliares.....	163
Tabla 49. Costo total de colorantes y auxiliares.....	164
Tabla 50. Costo de mano de obra directa.....	164
Tabla 51. Costo de energía eléctrica	165
Tabla 52. Costo total de producción	166

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de hilatura en IMBATEX	6
Figura 2. Máquina Mezcladora de la materia prima	8
Figura 3. Máquina para el cardado	9
Figura 4. Máquina Gill Intersentig	10
Figura 5. Máquina finisor	11
Figura 6. Máquina Continua de Hilar	12
Figura 7. (a) Máquina madejadora, (b) Madejas	13
Figura 8. Armarios de tintura.....	13
Figura 9. Centrifugadora de secado de hilo	14
Figura 10. Secado de las fibras al aire libre	14
Figura 11. Máquina de enconado de hilo.....	15
Figura 12. Hilos enconados para entrega	15
Figura 13. Varios tipos de perfiles Estructurales.....	23
Figura 14. Partes de una polea.....	25
Figura 15. Tipos de Poleas	26
Figura 16. Poleas planas	27
Figura 17. Poleas tipo V.....	27
Figura 18. Geometría de una transmisión por bandas y poleas.....	29
Figura 19. Bandas planas	30
Figura 20. (a) Banda V estándar, (b) Banda V.....	31
Figura 21. Ejes de transmisión.....	34
Figura 22. Partes de un rodamiento.....	35

Figura 23. Chumacera	36
Figura 24. Aplicación común de levas visto en el	37
Figura 25. Leva de placa	38
Figura 26. Leva cilíndrica o de tambor.....	38
Figura 27. Leva lineal.....	39
Figura 28. Tipos de seguidor	40
Figura 29. Motores eléctricos.....	42
Figura 30. Transmisión por bandas y poleas	45
Figura 31. Transmisión por ruedas dentadas y cadenas	48
Figura 32. Transmisión por engranes	51
Figura 33. Proceso de estampado del hilo.....	53
Figura 34. Estructura principal de la estampadora de hilos	62
Figura 35. Restricciones fijas del bastidor	63
Figura 36. Puntos de unión del bastidor	64
Figura 37. Icono de mallado	64
Figura 38. Bastidor mallado	65
Figura 39. Resultado de simulación de deformación	65
Figura 40. Resultado del análisis de vibraciones.....	67
Figura 41. Diagrama cinemático transmisión de movimiento.....	68
Figura 42. Perfil de la banda seleccionada	70
Figura 43. Angulo entre la banda y la polea A	72
Figura 44. Diagrama de cuerpo libre Polea A	73
Figura 45. Angulo entre la banda y la polea C	75
Figura 46. Diagrama de cuerpo libre Polea C	76

Figura 47 Diagrama de cuerpo libre Polea E	78
Figura 48. Diagrama de cuerpo libre Polea G	80
Figura 49. Angulo entre la banda y la polea I	82
Figura 50. Diagrama de cuerpo libre Polea I	82
Figura 51. Diagrama de cargas del eje 1 plano x-y.....	85
Figura 52. Diagrama de fuerza cortante del eje 1 plano x-y	85
Figura 53. Diagrama de momento flector del eje 1 plano x-y.....	86
Figura 54. Diagrama de cargas del eje 1plano x-z.....	86
Figura 55. Diagrama de fuerza cortante del eje 1 plano x-z	87
Figura 56. Diagrama de momento flector del eje 1 plano x-z.....	87
Figura 57. Diagrama de cargas del eje 2 plano x-y.....	94
Figura 58. Diagrama de fuerza cortante del eje 2 plano x-y	94
Figura 59. Diagrama de momento flector del eje 2 plano x-y.....	95
Figura 60. Diagrama de cargas del eje 2 plano x-z.....	95
Figura 61. Diagrama de fuerza cortante del eje 2 plano x-z	96
Figura 62. Diagrama de momento flector del eje 2 plano x-z.....	96
Figura 63. Cilindro de presión y rodillo de madera.....	99
Figura 64. Diagrama de cargas del eje de cilindro de salida plano x-y.....	100
Figura 65. Diagrama de fuerza cortante del eje de Cilindro de salida plano x-y.	100
Figura 66. Diagrama de momento flector del eje de cilindro de salida plano x-y.	101
Figura 67. Diagrama de cargas del eje de cilindro de salida plano x-z.	101
Figura 68. Diagrama de fuerza cortante del eje de cilindro de salida plano x-z.	102
Figura 69. Diagrama de momento flector del eje de cilindro de salida plano x-z.	102
Figura 70. Eje #3 con la esponja de tintura.....	106

Figura 71. Movimiento de la leva en base al ángulo	109
Figura 72. Perfil de la leva circular	110
Figura 73. Brazo de leva	111
Figura 74. Deformación del brazo de leva simulado en Solidworks	111
Figura 75. Análisis de esfuerzos del brazo de leva	112
Figura 76. Propiedades físicas de la leva de perfil circular	114
Figura 77. Diagrama de fuerza cortante eje de levas	115
Figura 78. Diagrama de momento flector eje de levas	115
Figura 79. Soportes del cilindro de presión	119
Figura 80. Circuito de control del sistema eléctrico	121
Figura 81. Diagrama de fuerza del sistema eléctrico	122
Figura 82. Hilos producidos	157

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A. CATALOGO DE BANDAS

ANEXO B. PROPIEDADES MECANICAS DE LOS ACEROS

ANEXO C. TABLA PARA COEFICIENTES DEL FACTOR DE SUPERFICIE

ANEXO D. TABLA PARA DETERMINAR EL FACTOR DE CONFIABILIDAD

ANEXO E. TABLA PARA DETERMINAR EL FACTOR DE SENSIBILIDAD A LA MUESCA

ANEXO F. CARACTERISTICAS DE RODAMIENTOS RIGIDOS DE BOLAS

ANEXO G. FACTORES DE VELOCIDAD Y FACTOR DINAMICO

ANEXO H. CARACTERISTICAS DEL COMPRESOR

ANEXO I: PLANOS DE CONSTRUCCION

ANEXO J: FOTOGRAFIAS DE CONTRUCCION Y MONTAJE DE LA MAQUINA
ESTAMPADORA DE HILOS

ANEXO K: TABLA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

RESUMEN

Al conocer la necesidad de la empresa IMBATEX, se diseñó y construyó una máquina estampadora de hilos, ya que no existe en el mercado nacional, e importar del extranjero representa una inversión costosa. El diseño se lo realizó en el programa SOLIDWORKS, ya que es un software que permite realizar un modelado en 3D, para después realizar una simulación de ciertas partes que se creyó podían ser las más críticas o posibles de fallo. Se utilizaron elementos mecánicos y eléctricos para la construcción, para el sistema motriz de la máquina se utilizaron bandas y poleas, para la impregnación del colorante se implementó un mecanismo de levas, mediante este mecanismo se logró accionar las pistolas de tintura, se utilizó un motor eléctrico de 1HP, el cual fue suficiente para transmitir la potencia a todos los elementos utilizados. Los resultados al final obtenidos fueron satisfactorios para la empresa, ya que la máquina puede realizar varios modelos de estampación de colorante sobre el hilo.

Palabras claves:

- Diseño
- Innovación
- Estampado de hilo
- Transmisión de movimiento
- Mecanismo de inyección de colorante

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

La empresa IMBATEX se inicia en el año 2004, con la compra de maquinaria usada, instalación y puesta en marcha para la fabricación de hilos con fibras naturales como lana, alpaca, bamboo, entre otras

Durante el tiempo transcurrido, se ha logrado desarrollar maquinaria y procesos alternativos utilizando materiales y tecnología del medio, es así que se ha construido una máquina para hilar, maquinas para tinturar, se ha adaptado maquinas de acuerdo a los requerimientos para la fabricación de hilos de fantasía; estos hechos han permitido a la empresa conseguir y mantener clientes exclusivos a los cuales se les facilita el desarrollo de nuevos hilos y en lotes pequeños.

En la provincia de Imbabura la actividad textil es la actividad económica más importante, especialmente en las ciudades de Otavalo y Atuntaqui cuyos productos han logrado posicionarse en el mercado nacional e internacional; la empresa IMBATEX, localizada en la ciudad de Ibarra, capital de la región uno del país, esta estratégicamente ubicada para atender eficientemente a sus clientes

Los hilos en fibras naturales que produce la empresa están compuestos por fibras de lana de oveja, pelos de alpaca, fibra reciclada del bambú y son destinados a la elaboración de prendas para invierno, principalmente para mercados europeos. Las prendas de invierno son: sacos, abrigos, gorras, guantes, chales, bufandas y otros accesorios más.

1.2 JUSTIFICACION

El proyecto nace por la necesidad de la empresa IMBATEX, de ofertar hilos de fantasía en función de colores que se puede conseguir mediante el estampado, lo que se puede conseguir mediante una máquina de estampar hilos.

Las máquinas estampadoras de hilos, no son construidas en el país, razón por lo cual esta máquina solo existe en el exterior, principalmente en Europa, a precios que sobrepasan los 120 000 dólares. Para muchas empresas es difícil adquirir estas máquinas importadas, por lo que es adecuado proceder al diseño y construcción de la máquina, para satisfacer al sector textil nacional.

Al haber adquirido los conocimientos respectivos y necesarios en la formación académica dentro de la carrera de Ingeniería Mecánica, con el diseño y construcción de la máquina estampadora, utilizando los recursos del medio,

se lograra desarrollar tecnología aplicada a la industria textil, contribuyendo al desarrollo productivo del país.

1.3 ALCANCE

Diseñar y construir una máquina estampadora de hilos, la cual lograra ser adaptada a la necesidad de la empresa, la máquina estará constituida por un bastidor donde se colocara todos los elementos mecánicos móviles y fijos, un sistema de transmisión de movimiento, un sistema de impregnación de colorante y finalmente un recipiente donde se guardara el hilo estampado.

Los hilos producidos en la estampadora tendrán diferentes modelos mediante los colores aplicados, dando efectos especiales y de agrado a las personas. El proceso de estampado será eficiente, con buena calidad y con un costo adecuado para el cliente.

Lograr que la maquina construida tenga las características de, una estructura básica resistente con materiales adecuados para su tiempo de vida útil, que se pueda realizar su respectivo mantenimiento, que la potencia del motor sea lo suficiente para obtener un trabajo económico en energía eléctrica, que los dispositivos y accesorios de control sean los necesarios para que el proceso sea continuo y no so produzca ningún tipo de desperdicio.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir una máquina estampadora de hilos para la empresa IMBATEX.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar un diseño, en función de la producción requerida, tipos de hilos trabajados y efectos a elaborarse.
- Analizar las características funcionales de la estructura básica, potencia, dispositivos y accesorios a utilizarse.
- Construir la máquina estampadora considerando el diseño y análisis realizado.
- Realizar las respectivas pruebas de estampado y análisis de calidad utilizando diferentes hilos, con diferentes fibras, parámetros del proceso como velocidad de avance de los hilos, presión del colorante expulsado, y temperatura.
- Hacer un análisis económico, en base a la inversión realizada y costos de estampación.

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 PROCESO DE HILATURA

La hilatura es un proceso industrial por medio de operaciones casi complejas, en la cual intervienen las fibras de la materia prima en este caso la lana o productos artificiales, que consiste en crear por medio de distintos procesos el hilo cuyo resultado es la obtención de fibras finas, alargadas, resistentes y flexibles.

El proceso de hilatura de la lana es relativamente complicado, esto se debe a que la fibra por ser de origen natural tiene propiedades textiles muy variadas.

En la **figura 1** se puede observar el diagrama de flujo del proceso de hilatura realizado en la empresa IMBATEX para la obtención de hilo.

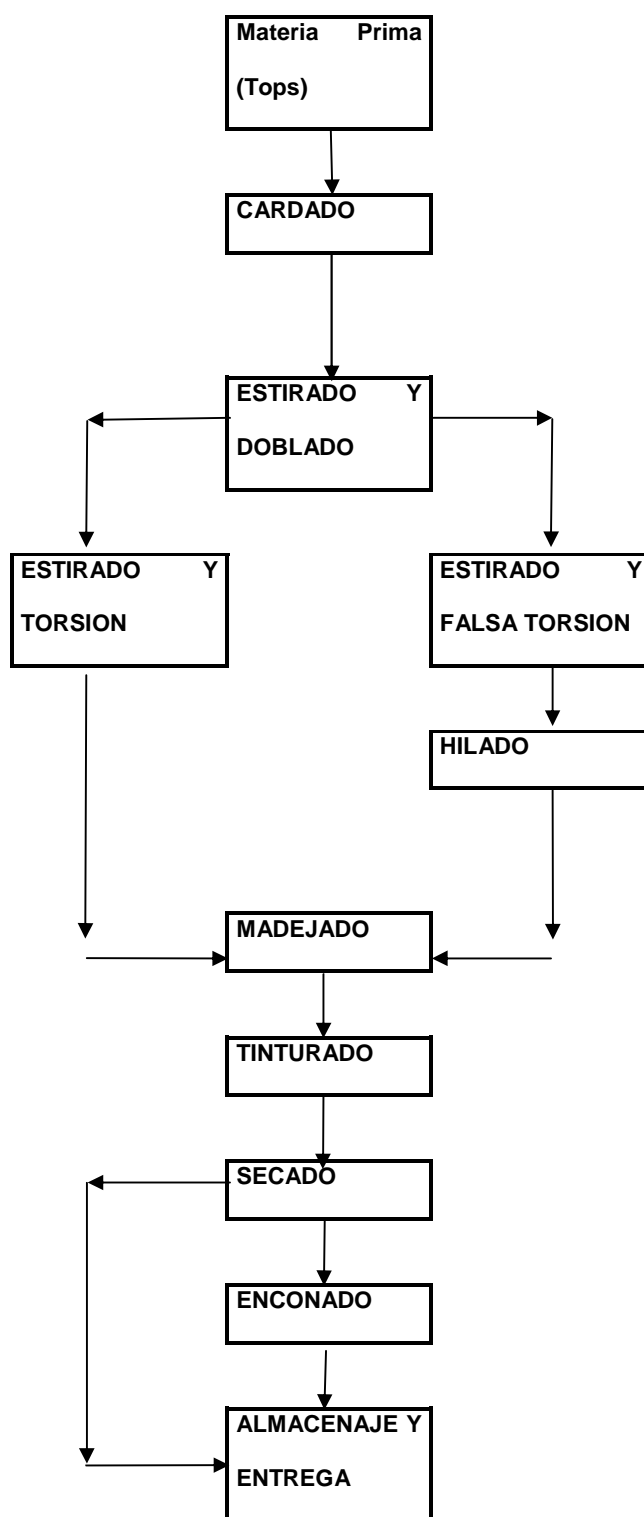


Figura 1. Proceso de hilatura en IMBATEX

2.1.1 DESCRIPCION DE LOS PROCESOS DE HILATURA EN IMBATEX

2.1.1.1 Materia prima

La materia prima que se utiliza en la empresa IMBATEX es lana de oveja o de alpaca la misma que es lavada antes de que ingrese a la máquina mezcladora que se observa en la **figura 2**.

Mediante el lavado de la lana se consigue eliminar las impurezas, las grasas, las sales que segregan las ovejas, tierras, arena, residuos biológicos y otras impurezas que contiene la lana.

Las máquinas utilizadas en el proceso de lavado se denominan leviatanes, cuyo principio se fundamenta en agitar suavemente la fibra de lana en agua con la utilización de detergentes y álcalis, para eliminar las grasas hasta un porcentaje de 0,8% como mínimo.

La apertura y mezcla tiene como objetivos:

- Abrir las fibras que se han enredado o compactado durante el proceso de lavado
- Mezclar las fibras en forma homogénea
- Eliminar las impurezas que todavía acompañan a la fibra.

Si no se desenredan las fibras, estas se romperían en mayor cantidad en el proceso de cardado, lo que afectaría la calidad de los hilados.



Figura 2. Máquina Mezcladora de la materia prima

Como resultado se obtiene una mezcla homogénea de la materia prima para posteriormente seguir el siguiente proceso que es el cardado.

2.1.1.2 Proceso de cardado

Es la acción de abrir, individualizar, paralelizar y limpiar las fibras en una forma sucesiva hasta obtener una masa de fibras ordenadas y limpias en forma de cintas o mechas. Los objetivos del cardado son:

- Abrir, desenredar e individualizar las fibras; así como, eliminar neps, limpiar las fibras y finalmente formar cintas que se recolectan en botes, bobinas (tops) o mechas.

La cinta es una masa de fibras en forma cilíndrica y que tiene un peso de alrededor de 20 g/m. y las mechas son masas de fibras con pesos de 0.8 g/m aproximadamente

Esté el proceso más importante de la hilatura ya que se da una transformación a la fibra, como se puede apreciar en la **figura 3**.



Figura 3. Máquina para el cardado

2.1.1.3 Proceso de estirado y doblado

Es el proceso mediante el cual se procede a paralelizar y homogenizar las fibras, así como, regularizar las cintas a través de estirajes y doblajes con la finalidad de obtener una cinta de mejor calidad. Los objetivos del estirado y doblado son:

- Paralelizar las fibras mediante los estirajes
- Regularizar las cintas por medio de los doblados
- Homogenizar todas las fibras a través de los estirajes y doblados

Para hacer el estirado y doblado de las cintas de lana y cualquier otro tipo de cintas de corte lanero se utilizan las máquinas denominadas Gills, estas máquinas permiten alimentar algunas cintas, estirar las cintas mediante diferencia de velocidades de cilindros controlando la velocidad de las fibras flotantes mediante peines y recolectar las cintas trabajadas en botes.



Figura 4. Máquina Gill Intersentig

2.1.1.4 Proceso de estirado y falsa torsión

La elaboración de hilos utilizando este proceso, permite obtener hilos con características de gran volumen, en este proceso se utilizan fibras con un cierto grado de cohesión inter fibra como fibras largas, con rizos; no se pueden utilizar fibras cortas y sin rizos. Los objetivos de este proceso son:

- Disminuir el diámetro de la cinta proveniente de los gills, lo que se consigue por medio de los estirajes

- Dar falsa torsión al material estirado para que tenga la suficiente consistencia con la finalidad de poder ser transportado el material a los siguientes procesos, el material producido se denomina mecha.
- Y recolectar las mechas en canillas formando bobinas de 3 a 6 Kg.

Las máquinas utilizadas para este proceso son las llamadas frotadores o finisores.



Figura 5. Máquina finisor

2.1.1.5 Hilado

El hilado es el proceso final de formación del hilo. Los principios de este proceso son:

- Dar el título definitivo al hilo;
- Dar las torsiones definitivas;
- Formar bobinas.

Para hacer este proceso existen diferentes métodos y máquinas con las que se pueden producir hilos con diferentes características, en el proceso de hilatura lanera se utiliza generalmente las máquinas continuas de hilar.

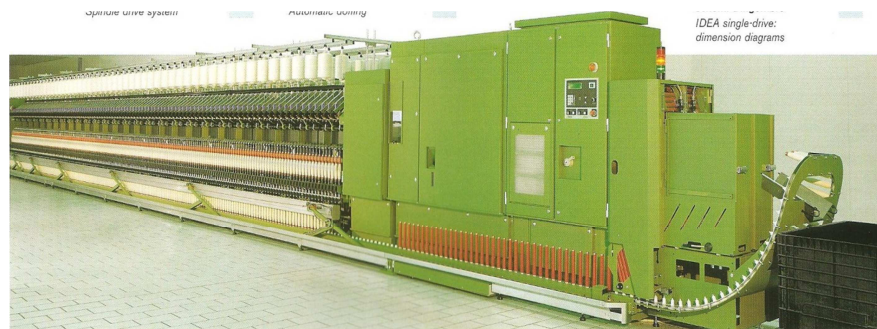


Figura 6. Máquina Continua de Hilar

2.1.1.6 Proceso de madejado

Este es un proceso a través del cual se pasa los hilos procedentes de los conos de las bobinadoras a madejas cruzadas con la finalidad de permitir al hilo ser tinturado. La máquina utilizada en este proceso se denomina madejadora.

En la **figura 7(a)** se observa la máquina llamada madejadora, en donde los hilos de las bobinas obtenidos en los procesos anteriores pasan a ser madejas como se observa en la **figura 7(b)**, con las dimensiones y peso adecuadas para que puedan ser introducidas en una máquina de tintura para dar el color.

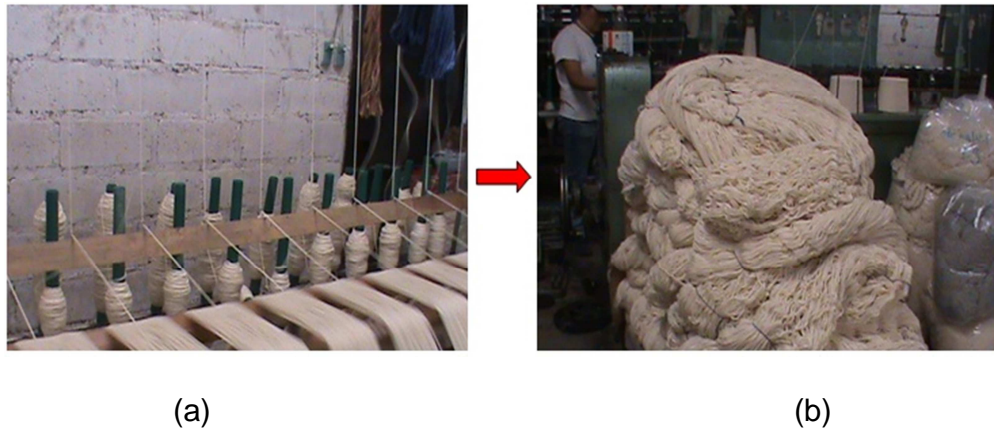


Figura 7. (a) Máquina madejadora, (b) Madejas

2.1.1.7 Proceso de tinturado

Las madejas son recolectas para pasar al proceso de tinturado, éstas son colocadas en los armarios de tintura como se observa en la **figura 8**, la cantidad de madejas ingresadas en los armarios no debe pasar la capacidad máxima de 20kg.



Figura 8. Armarios de tintura

2.1.1.8 Proceso de secado

El proceso de secado se realiza después de retirar la fibra de lana de la etapa de tintura, se retira el exceso de líquido y se la coloca dentro de una secadora ó centrifugadora cuya capacidad máxima es de 10 kilos.



Figura 9. Centrifugadora de secado de hilo

Luego se coloca la fibra de lana al aire libre donde con la ayuda del sol y con determinado tiempo las fibras queden totalmente secas y libre de humedad.



Figura 10. Secado de las fibras al aire libre

2.1.1.9 Proceso de enconado

En este proceso los hilos ya tinturados y secos pasan por una máquina de enconado en donde se tiene una presentación del hilo en forma de cono, para su respectiva venta y distribución.



Figura 11. Máquina de enconado de hilo



Figura 12. Hilos enconados para entrega

2.2 ESTAMPADO DEL HILO

2.2.1 COLORANTES

Para dar color a diferentes artículos, se puede realizar colorante de varias procedencias, pero antes es necesario, explicar ciertos términos:

Color: es una característica de la sensación visual que permite al ojo distinguir diferenciación espectral de la luz. También se aplica directamente al estímulo o fuente primaria o secundaria que da origen a la sensación.

La cantidad de claridad u oscuridad que muestran las cosas y colores de la naturaleza y que se entiende por “**tono**”, se ve influenciada según la luz que recibe.

Se conoce como colorante a cualquier sustancia que al ser aplicada a un cuerpo es capaz de efectuar una modificación persistente del color original, y que en varias formas de aplicación puede ser disuelto o dispersado en un fluido, diferenciándose de este modo dentro del cuerpo a colorear.

2.2.1.1 Clases de colorantes

A los colorantes se los puede clasificar de la siguiente manera:

- **NATURALES:**

- **Animales.-** cochinilla, caracol purpura.
- **Vegetales.-** palo de Campeche, palo de Brasil, añil, guarango, manzanilla, chilca, etc.
- **Minerales.-** cadmio, cobre, sulfato de zinc, etc.

- **ARTIFICIALES:**

- Ácidos
- Básicos
- Directos
- Indantrenos
- Mordentados
- Naftolados
- Reactivos
- Sulfurosos

2.2.1.2 Estructura de colorantes

Los colorantes textiles poseen las siguientes estructuras:

- **Colorante textil cromóforo:** Imparten color a la molécula
- **Colorante textil auxocromo:** Intensifican el color y mejoran la afinidad del colorante por la fibra

En general, la intensidad es directamente proporcional a la resonancia molecular y las propiedades de resistencias del colorante están relacionadas a la estabilidad física y química de la molécula y a las fuerzas externas tales como calor, luz, pH, etc.

2.2.2 PIGMENTOS

Un pigmento es una sustancia que cambia el color de la luz que refleja, como resultado de la absorción selectiva del color. Cuando este es puro permite que muy poca luz blanca escape, produciendo un color altamente saturado, y una gran gama cromática en el material sobre el que se aplica. Para introducirnos en el tema comencemos por conocer los principios básicos de la acción de la luz sobre los pigmentos textiles.

Los pigmentos producen sus colores debido a que selectivamente reflejan y absorben ciertas ondas luminosas. La luz blanca es aproximadamente igual a una mezcla de todo el espectro visible de luz. Cuando esta luz se encuentra con un pigmento, algunas ondas son absorbidas por los enlaces químicos y sustituyentes del pigmento, mientras otras son reflejadas. Este nuevo espectro de luz reflejado crea la apariencia del color

2.2.2.1 Propiedades de los pigmentos

Los siguientes son algunos atributos de los pigmentos que determinan su idoneidad para ciertos procesos de manufactura y aplicaciones:

- Estabilidad térmica
- Toxicidad
- Poder teñidor
- Resistencia a la exposición a la luz
- Dispersión
- Opacidad o transparencia
- Resistencia a álcalis y ácidos
- Reacciones e interacciones entre pigmentos

2.2.2.2 Clasificación de los pigmentos

Los pigmentos textiles se pueden clasificar por su naturaleza química en orgánicos e inorgánicos, y dentro de cada uno de ellos, se agrupan en: aquellos que son extraídos de la naturaleza y los que son fabricados por síntesis química.

a) Pigmentos orgánicos

Como dijimos en el párrafo anterior, los pigmentos de origen orgánico se clasifican en dos grandes grupos: pigmentos orgánicos naturales y pigmentos orgánicos sintéticos.

Los pigmentos orgánicos naturales pueden ser a su vez clasificados según su procedencia: de origen vegetal y de origen animal.

b) Pigmentos inorgánicos

Los pigmentos inorgánicos están formados por minerales de composición definida, y se obtienen de tierras, fósiles, etc. bajo diferentes formas químicas, como silicatos, carbonatos y sales de diferentes metales, entre los que el más importante es el hierro.

2.2.3 LA ESTAMPACION

El estampado es un proceso mediante el cual se coloca un diseño de colores a la superficie de un género textil, en el caso de la máquina estampadora se va a colocar sobre la superficie de los hilos un diseño en base a colores para conseguir efectos especiales que darán apertura a nuevos mercados.

2.2.3.1 Principios para el proceso de estampado

El principio de estampado se basa en tres fases:

- 1. Adsorción o transferencia del color:** transferencia de la molécula de colorante del medio externo, a la superficie del substrato a teñir, la fibra.

2. **Absorción:** para llevar a cabo esta etapa se suministra una cantidad de energía para elevar la temperatura del medio y facilitar la difusión hacia el interior de la fibra.

3. **Fijación o unión:** toda estampa necesita de un posterior proceso de fijado o curado. Él mismo depende del tipo de pasta de estampa se emplee. Para los estampados realizados con colorantes, es necesario un posterior proceso de vaporizado para ayudar el proceso de fijación del colorante en el interior de la fibra. Aquellas estampas realizadas con pastas realizadas con pigmentos o tintas al agua o especiales, necesitan de un curado en horno o plancha (termofijado) para terminar de fijar la pasta en la superficie del tejido.

2.2.3.2 Métodos de estampación

Los métodos de estampación se clasifican en directos o indirectos

- **Estampación directa:** se estampa directamente el color/pasta sobre la tela, luego se seca y se vaporiza o termofija según los casos.
- **Estampación indirecta:** se estampa el tejido a través de un sustrato (papel, layer, etc) que es previamente preparado para ser transferido al tejido por medio de calor y presión de planchado.

2.3 ELEMENTOS MECANICOS Y ELECTRICOS

2.3.1 ELEMENTOS MECANICOS

Una máquina está compuesta por una serie de elementos más simples que la constituyen, pudiendo definir como elementos mecánicos a todas aquellas piezas o elementos más sencillos que correctamente ensamblados constituyen una máquina completa y en funcionamiento.

Estos elementos de máquinas, no tienen que ser necesariamente sencillos, pero si ser reconocibles como elemento individual, fuera de la máquina de la que forma parte, o de las máquinas de las que puede formar parte.

2.3.1.1 Perfiles estructurales

Los perfiles de acero son las secciones transversales de los miembros de acero, cada forma y tamaño que tiene el perfil cumple con diversas necesidades de la obra, normalmente el ingeniero deberá escoger los “**perfiles comerciales**” que son los que están más disponibles en el mercado, en lugar de requerir la fabricación de piezas con un perfil de dimensiones y propiedades especiales, esto es porque casi siempre será más económico el uso de un perfil comercial, aunque en ocasiones eso implique usar más material. La categoría más grande de perfiles estándar es la de los “**perfiles rolados en caliente**”.



Figura 13. Varios tipos de perfiles Estructurales

Los perfiles rolados en caliente más comunes son:

- **Perfil W**
- **Perfil S**
- **Perfiles**
- **El perfil C**
- **T estructural:**

Las normas que rigen a los perfiles de acero son:

- ISO-9001:2000.
- ISO-14001.
- OHSAS 18001.
- ASTM A-6 (Especificación general para dimensiones y tolerancias).
- AISC (Especificaciones y propiedades de diseño).
- ASTM A-36 (Acero estructural para construcción de naves industriales, edificios, etc.).

- ASTM A-572-50 (Acero calidad estructural (HSLA) para construcción de edificios, puentes y estructuras de alta resistencia, etc.).
- ASTM A-992 (Acero calidad estructural, cuya relación límite elástico / última tensión, deberá ser menor o igual que 0.85 y el carbón equivalente de 0.45 máx.).
- A-36/A-572-50 (Grado dual para aceros calidad estructural de alta resistencia y baja aleación).

2.3.1.2 Bastidores

El bastidor, en el sentido clásico de la palabra, es la armazón metálica que sirve para fijar y relacionar entre sí los distintos órganos y grupos mecánicos.

Tiene la doble finalidad de asegurar la unión entre los grupos mecánicos que constituyen la máquina y soportar la carga. Además, el bastidor debe asegurar que la posición relativa de unos órganos respecto a otros permanezca fija o varíe dentro de posiciones preestablecidas para su correcto funcionamiento.

De lo anteriormente expuesto se deducen las principales características que debe cumplir el bastidor:

- Gran rigidez, es decir, ha de poder soportar los esfuerzos que se producen en la marcha, sin deformarse, en cualquier sentido
- Elevada resistencia a la fatiga
- Peso relativamente pequeño, para mantener baja la relación peso/potencia por una parte y abaratar el coste por otra.

2.3.1.3 Poleas

Las poleas son ruedas que tienen el perímetro exterior diseñado especialmente para facilitar el contacto con las bandas. En toda polea se distinguen tres partes: cuerpo, cubo y garganta.

Una polea, es una máquina simple, un dispositivo mecánico de tracción, que sirve para transmitir una fuerza. Se trata de una rueda, o disco, generalmente maciza y rallada en su borde, que con el acople de una cuerda o cable que se hace pasar por el canal ("garganta"), se usa como elemento de transmisión para cambiar la dirección del movimiento en máquinas y mecanismos.

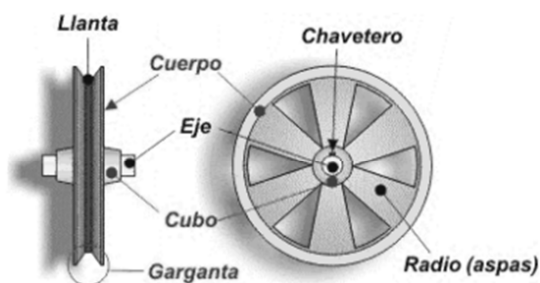


Figura 14. Partes de una polea

Las que más se emplean son las poleas de fundición, con la particularidad de que las de pequeño diámetro se fabrican en forma de cilindro continuo; en las de diámetro mediano el cubo se une con el cuerpo mediante un disco; en las poleas de gran diámetro, mediante radios.

Las poleas con radios son más ligeras, pero constan de un gran número de piezas y por eso son más complejas de fabricar que las poleas con discos.

Las gargantas típicas para alojamiento de las correas trapezoidales se conforman por arranque de material o por laminación, aunque también pueden ser moldeados con la polea.

2.3.1.3.1 Tipos de Poleas

Las poleas empleadas para tracción y elevación de cargas tienen el perímetro acanalado en forma de semicírculo (para alojar cuerdas), mientras que las empleadas para la transmisión de movimientos entre ejes suelen tenerlo trapezoidal, plano, estriadas o dentadas.



Figura 15. Tipos de Poleas

Las bandas planas exigen poleas con el perímetro ligeramente bombeado o acanalado, siendo las primeras las más empleadas como se muestra en la **figura 16**.

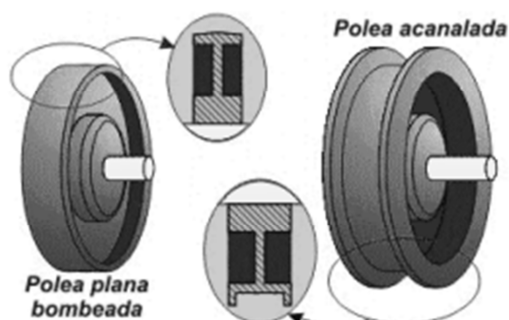


Figura 16. Poleas planas

Las bandas trapezoidales son las más empleadas existiendo una gran variedad de tamaños y formas como ya se ha indicado anteriormente. Su funcionamiento se basa en el efecto cuña que aparece entre la banda y la polea (a mayor presión mayor será la penetración de la banda en la polea y, por tanto, mayor la fuerza de agarre entre ambas). Esto obliga a que la banda no apoye directamente sobre la llanta de la garganta, sino solamente sobre las paredes laterales en forma de "V".

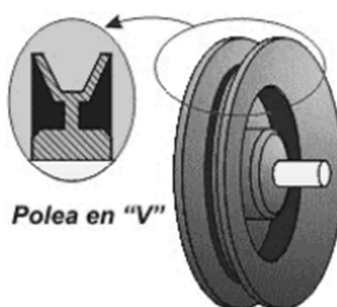


Figura 17. Poleas tipo V

2.3.1.4 Bandas

Las bandas son elementos de máquina que usan la fricción como agente benéfico.

Una banda proporciona un medio conveniente para transmitir potencia de un eje a otro. Las bandas son con frecuencia, necesarias para reducir las altas velocidades angulares de los motores eléctricos a los bajos valores requeridos en el equipo mecánico.

La banda se instala al colocarlas alrededor de las dos poleas, mientras se reduce la distancia entre centros entre ellas. A continuación se separan las poleas y se pone la banda en una tensión inicial bastante alta. Cuando la banda transmite la potencia, la fricción hace que se agarre a la polea impulsora, e incrementa la tensión en un lado, que es el “lado tenso” de la transmisión.

La fuerza de tensión en la banda ejerce una fuerza tangencial en la polea conducida, con lo que se aplica un par torsional al eje conducido. El lado contrario de la banda se encuentra todavía en tensión, pero con un valor menor. Por lo tanto, se dice que es el “lado flojo”¹.

¹ ROBERT L. MOTT, Diseño de Elementos de Máquinas, página 268, cuarta edición, México, 2006.

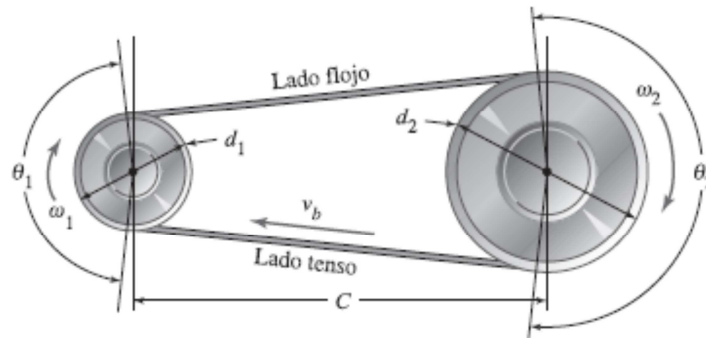


Figura 18. Geometría de una transmisión por bandas y poleas

Las bandas se utilizan para transmitir potencia entre dos ejes paralelos. Tales ejes deben estar situados a cierta distancia mínima, dependiendo del tipo de banda utilizada, para trabajar con la mayor eficiencia. Las bandas tienen las siguientes características:

- Pueden utilizarse para grandes distancias entre centros.
- Debido a los efectos de deslizamiento y estirado que se producen en las bandas, la razón entre las velocidades angulares de los dos ejes no es constante, ni exactamente igual a la razón entre los diámetros de las poleas.
- Cuando se utilizan bandas planas puede obtenerse acción de embrague si se pasa la banda de una polea libre a una polea de fuerza.
- Cuando se emplean bandas en V o trapeciales es posible obtener alguna variación en la variación en la relación de velocidad angular, si se emplea una polea menor con lados cargados por resortes. Por tanto, el diámetro de la polea es función de la tensión de la banda y puede modificarse cambiando la distancia entre centros.

- Generalmente es necesario algún ajuste de esta distancia cuando se utilizan las bandas.
- El ejemplo de poleas escalonadas es un medio económico para cambiar la relación de velocidad.

2.3.1.4.1 Tipos de bandas

- **Bandas planas:** Generalmente, las bandas planas están hechas de cuero curtido con corteza de roble, o de tela, como de algodón o rayón, impregnada de caucho o hule. Tienen su mayor aplicación donde las distancias entre centros son bastante grandes. Las bandas planas son muy útiles en instalaciones de transmisión de potencia o grupos de máquinas y son muy eficientes para altas velocidades, pueden transmitir grandes potencias, son muy flexibles, no requieren poleas de gran diámetro y pueden transmitir potencia al otro lado de una esquina.

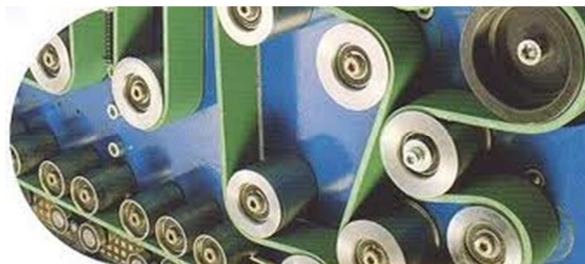
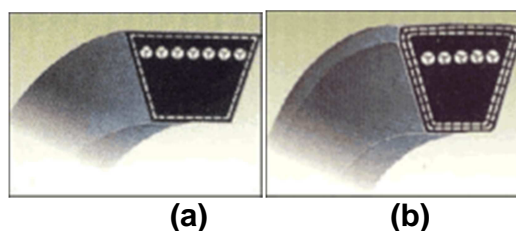


Figura 19. Bandas planas

- **Bandas V (De sección trapezoidal):** la banda V de rayón y hule es ampliamente usada para la transmisión de potencia. Tales bandas se fabrican en dos series: la banda V estándar mostrada en la **figura 20 (a)** y la banda V de alta capacidad mostrada en la **figura 20 (b)**, estas pueden usarse con distancias cortas a su centro y se fabrican continuas para evitar dificultades con los empalmes².



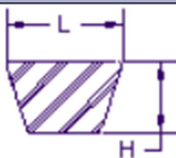
(a) (b)
Figura 20. (a) Banda V estándar, (b) Banda V estándar de alta capacidad

Los fabricantes estandarizaron las dimensiones de la sección transversal de las bandas en V, y designaron cada sección con una letra del alfabeto para los tamaños en pulgadas, de diseño más reciente son las bandas tipo L para trabajo ligero y las que tienen designación con números son las de alta capacidad.

La **tabla 1** nos muestra las dimensiones principales para las diferentes secciones estándar de banda que existen:

² M.F. SPOTTS, Elementos de Máquinas, página 326, séptima edición, México, 1999

Tabla 1. Secciones estándar de banda



SECCIÓN	L (pulg)	H (pulg)
3L	3/8	7/32
4L	1/2	5/16
5L	21/32	3/8
3V	3/8	5/16
5V	5/8	17/32
8V	1	29/32
A	1/2	5/16
B	21/32	13/32
C	7/8	17/32
D	1 1/4	3/4
E	1 1/2	29/32

Fuente: Transmisión mecánica de potencias, Bandas y Poleas;

<http://www.techniforum.com>

- **Banda V eslabonada:** Se compone de un gran número de eslabones de tela impregnada de goma unidos por sujetadores de metal apropiado. Este tipo de bandas puede abrirse en cualquier punto y ajustarse a una longitud determinada quitando alguno de los eslabones. Lo anterior elimina la necesidad de distancia ajustable entre centros y simplifica la instalación. Permite cambiar la tensión para obtener la eficiencia máxima, y también reduce el inventario de tamaños de bandas que abrían de tenerse en existencia en el almacén.

- **Banda sincronizante:** Es una banda patentada, hecha de tela impregnada de goma o caucho y alambres de acero; está provista de dientes que se ajustan a

ranuras formadas en la periferia de las poleas. Las bandas sincronizantes no se estiran ni resbalan y, en consecuencia, transmite potencia con relación constante de velocidad angular.

El hecho de que la banda sea dentada proporciona varias ventajas sobre las bandas ordinarias que son:

- Una de ellas es que no necesitara tensión inicial, de modo que pueden utilizarse transmisiones de centros fijos.
- Se elimina la restricción de las velocidades (los dientes hacen posible que se pueda mover la banda a casi cualquier velocidad, baja o alta).

Las desventajas son:

- El costo inicial de la banda
- La necesidad de ranurar las poleas.

2.3.1.5 Ejes

Principalmente se conocen dos clases de ejes designados como:

- a) **Árbol:** Es un elemento generalmente cilíndrico que tiene como finalidad particular transmitir una potencia por medio de un giro.
- b) **Eje:** Se llama eje a toda barra de forma cilíndrica en la cual se apoya un elemento que gira.

En la práctica en la mayoría de los casos se emplea la palabra eje para designar indistintamente los árboles o ejes. Obedeciendo a este principio se puede dar el siguiente concepto de ejes.

Los ejes de transmisión son, elementos cilíndricos que pueden ser huecos o macizos, los mismos que pueden estar fijos o estar girando y sobre los que se montan otros elementos mecánicos tales como: engranajes, poleas, volantes, ruedas de cadena, manivelas, manubrios, entre los más comunes. Los ejes principalmente se construyen de acero de alto carbono, acero suave o semiduro, los diámetros dependen del esfuerzo de trabajo que estos realicen dentro de la máquina.



Figura 21. Ejes de transmisión

2.3.1.6 Rodamientos

Es el conjunto de esferas que se encuentran unidas por un anillo interior y uno exterior, el rodamiento produce movimiento al objeto que se coloque sobre este y se mueve sobre el cual se apoya.

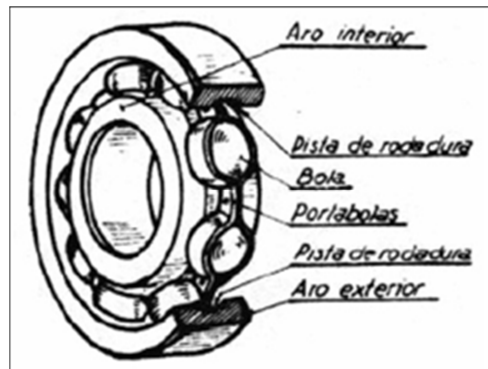


Figura 22. Partes de un rodamiento

Se los puede clasificar de la siguiente manera:

- Rodamientos rígidos de bolas
- Rodamientos de rodillos cónicos
- Rodamientos de rodillos cilíndricos
- Rodamientos de rodillos a rotula
- Rodamientos de bolas con contacto angular
- Rodamientos de bolas a rotula
- Rodamientos de agujas
- Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos
- Rodamientos axiales de rodillos a rotula
- Rodamientos axiales de bolas

2.3.1.7 Chumaceras

Las chumaceras son soportes especiales que pueden ser de una o dos piezas y deben estar fabricados con gran exactitud para que no deforme el

rodamiento que en ella se monta. Las chumaceras se construyen en la mayoría de los casos de fundición y constituyen el soporte fundamental del rodamiento.

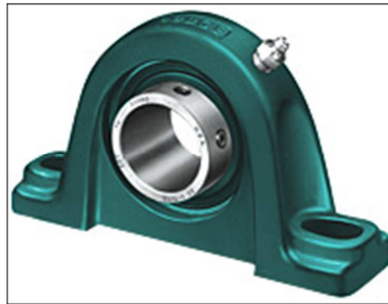


Figura 23. Chumacera

Existen chumaceras para los distintos tipos de rodamientos y para las distintas formas de uso, pueden ser: chumaceras de caja, chumaceras de piso o chumaceras de pared.

La finalidad práctica de una chumacera es la de soportar, facilitar el montaje y mantener en la posición adecuada de trabajo al rodamiento. Las chumaceras deben tener la suficiente resistencia y al mismo tiempo permitir la correcta lubricación del rodamiento.

La lubricación se la hace a través de unos pequeños agujeros llamados graseros o engrasadores colocados en la parte superior de la caja de la chumacera. Es de vital importancia controlar que la chumacera esté correctamente sellada para así impedir el ingreso de polvo, virutas y otros

elementos que perjudiquen el normal funcionamiento y evitar el desgaste prematuro del rodamiento.

2.3.1.8 Levas

Son elementos de máquinas que pueden tener forma cilíndrica o plana y que tallados en forma apropiada pueden imprimir una función de salida especificada en un seguidor. La característica única de una leva es que puede impartir movimientos muy diferentes a su seguidor, de hecho las levas sirven para obtener movimiento inusual o irregular que sería difícil obtener con el uso de otros eslabonamientos

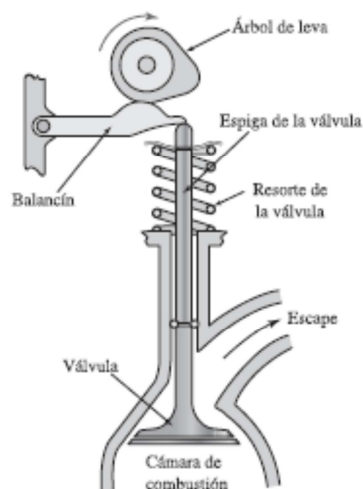


Figura 24. Aplicación común de levas visto en el árbol de levas de un motor

2.3.1.8.1 Tipos de levas

La mayoría de levas se agrupa en los siguientes grupos:

➤ **Levas de placa o disco:** son el tipo de levas más simples y comunes.

Este tipo de leva se moldea sobre un disco o una placa.

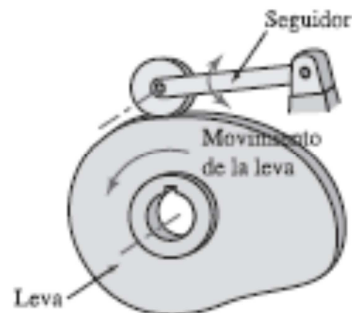


Figura 25. Leva de placa

- **Leva cilíndrica o de tambor:** esta clase de leva se moldea sobre un cilindro, se corta una ranura en el cilindro con un emplazamiento variable a lo largo de su eje de giro, engançando un seguidor que se mueve en la ranura

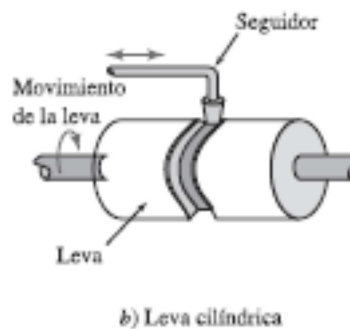


Figura 26. Leva cilíndrica o de tambor

- **Leva lineal:** este tipo de leva se moldea sobre un bloque de traslación, se corta una ranura en el bloque con una distancia que varía desde el plano de traslación.

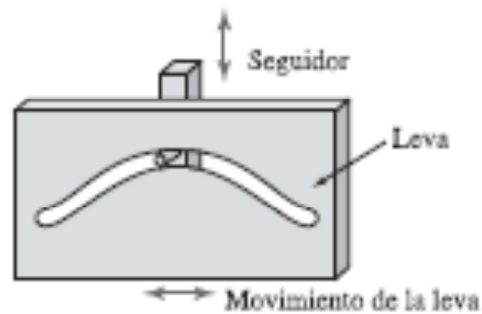


Figura 27. Leva lineal

2.3.1.8.2 Tipos de seguidor

Los seguidores se clasifican por su movimiento, su forma y posición

- **Por su movimiento** pueden ser:

- **Seguidores de traslación:** están restringidos el movimiento en línea recta
- **Seguidores con brazo oscilante o con pivote:** están restringidos a movimiento giratorio

- **Por su forma** pueden ser:

- **Seguidor de cuña:** consiste en un seguidor formado por un punto, que se arrastra sobre el borde de la leva.
- **Seguidor de rodillo:** es el seguidor más usado, conforme la leva gira el rodillo se mantiene girando sobre la superficie de esta.
- **Seguidor de cara plana:** consiste en un seguidor formado por una superficie grande y plana de contacto con la leva

- **Seguidor de cara esférica:** consiste en un seguidor formado con un radio de la cara que entra en contacto con la leva

- Por su posición pueden ser:

- **Seguidor en línea:** tiene un movimiento en línea recta, de modo que la línea de traslación se extiende a través del centro de rotación de la leva
- **Seguidor descentrado:** tiene movimiento en línea recta, pero la línea de movimiento no pasa por el centro de rotación de la leva

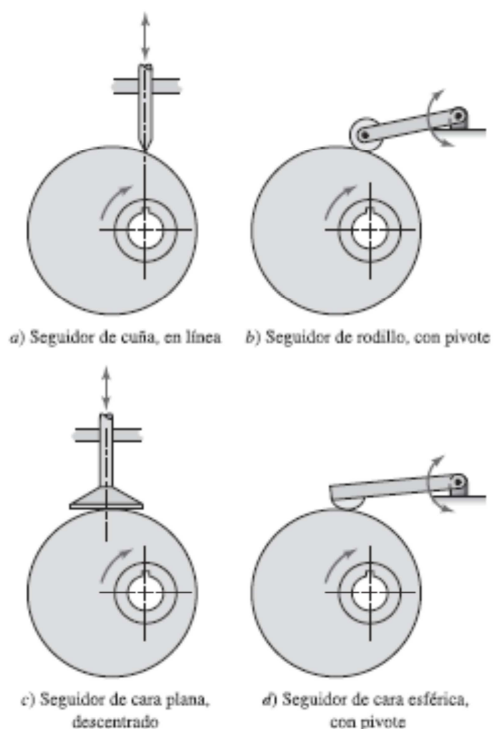


Figura 28. Tipos de seguidor

2.3.2 ELEMENTOS ELECTRICOS

Son los elementos que se basan en la tecnología eléctrica, y que podríamos dividir:

2.3.2.1 Generadores de movimiento

Son los que alimentándose por una corriente eléctrica dan lugar a un movimiento mecánico:

- Motores: que dan lugar a un movimiento giratorio
- Solenoides: que dan lugar a un movimiento lineal, de longitud limitada

2.3.2.2 De control y maniobra

Permiten la regulación de otros elementos eléctricos:

- Pulsador
- Interruptor
- Conmutador
- Relé
- Contactor

2.3.3 MOTORES ELÉCTRICOS

Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de campos electromagnéticos variables. Algunos de los motores eléctricos son reversibles, pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores. Los motores eléctricos de tracción usados en locomotoras o en

automóviles híbridos realizan a menudo ambas tareas, si se los equipa con frenos regenerativos.



Figura 29. Motores eléctricos

Son muy utilizados en instalaciones industriales, comerciales y particulares. Pueden funcionar conectados a una red de suministro eléctrico o baterías. En diversas circunstancias presenta muchas ventajas respecto a los motores de combustión:

- A igual potencia, su tamaño y peso son más reducidos.
- Se pueden construir de cualquier tamaño.
- Tiene un par de giro elevado y, según el tipo de motor, prácticamente constante.
- Su rendimiento es muy elevado (típicamente en torno al 75%, aumentando a medida que se incrementa la potencia de la máquina).
- Este tipo de motores no emite contaminantes, aunque en la generación de energía eléctrica de la mayoría de las redes de suministro sí emiten contaminantes.

2.4 SISTEMA DE TRANSMISION

Las bandas, engranajes y cadenas se emplean para la transmisión de potencia entre ejes que giran y que no están directamente acopladas. Todos los sistemas tienen su fuente de poder de movimientos desde un motor eléctrico.

Ningún tipo de transmisión es ideal para todas las condiciones de servicio. En esta sección se revisarán estos medios de transmisión y sus condiciones más favorables de aplicación de cada una de ellas y así poder realizar una selección óptima según el caso particular de aplicación.

2.4.1 POTENCIA MECANICA

La transmisión de movimiento trata del conocimiento teórico y práctico de los métodos y mecanismos empleados para transmitir la fuerza motriz (potencia mecánica) desde la fuente que la produce hasta el momento en que la utiliza en la producción de un TRABAJO determinado.

La potencia mecánica se define como la rapidez con que se realiza un trabajo, se mide en Watts, su expresión matemática es:

$$P = \frac{T}{t} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

P = Potencia en watts (W)

T = Trabajo realizado en Joules (J)

t = tiempo que realiza un trabajo en segundos (s)

La potencia también puede ser expresada de la siguiente manera:

$$P = F v \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

P = Potencia en watts (W)

F = Fuerza en Newtons (N)

v = velocidad en metros por segundo (m/s)

Esta expresión permite calcular la potencia si se conoce la velocidad que adquiere el cuerpo, misma que tendrá un sentido y dirección igual a la fuerza que recibe.

2.4.2 TRANSMISION POR BANDAS Y POLEAS

La transmisión de potencia mecánica en este sistema depende directamente de la fricción entre la superficie de la polea y la banda.

2.4.2.1 Sistema de transmisión

Está conformado por poleas y bandas, la transmisión de potencia por medio de poleas (planas, escalonadas, en V o dentadas) accionadas por correas o bandas (planas, en V, síncronas o nervadas). Este sistema es conocido también como elemento de transmisión de máquinas de estructura flexible, son empleadas principalmente para transmitir potencias a grandes distancias.

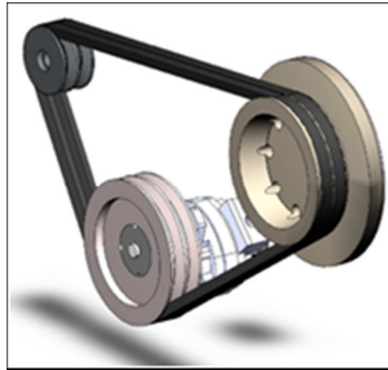


Figura 30. Transmisión por bandas y poleas

Una transmisión de movimiento por medio de poleas y bandas se emplea para transmitir potencia de un eje a otro cuando no se necesita de una razón de velocidad exacta entre los dos ejes. En la mayor parte de las transmisiones por polea y banda, las pérdidas de potencia por deslizamiento y patinaje están en un rango de 3 a 5%.

Por lo general el sistema de transmisión de potencia por poleas y bandas sustituye a grupos de engranajes simplificando la instalación mecánica de la máquina disminuyendo además los costos.

Este sistema de transmisión tiene como ventaja fundamental reducir en su mayoría las cargas de choque y el amortiguamiento de los efectos de vibración.

2.4.2.2 Longitud de la banda

Para encontrar la longitud desarrollada de la banda, se debe tomar en consideración los diámetros tanto de la polea motriz (d) como de la polea conducida (D) y la longitud entre ejes (e).

2.4.2.3 Relación de transmisión

Una relación de transmisión por poleas y bandas está dada por la relación del diámetro de la polea motora o conductora al diámetro de la polea conducida, controlando así la relación de velocidades y el arco de contacto de la banda sobre la polea conducida a la polea más pequeña de las dos.

En teoría el número de revoluciones de las poleas unidas por una banda están en razón inversa de sus diámetros, se dice teóricamente ya que en la práctica siempre hay pérdidas de revoluciones en la polea movida debido al deslizamiento. La proporción o relación de velocidades queda expresada en la siguiente fórmula:

$$\frac{D}{d} = \frac{n}{N} \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

D = diámetro de la rueda mayor

d = diámetro de la rueda pequeña

n = rpm de la rueda pequeña

N = rpm de la rueda mayor

2.4.2.4 Ventajas de las bandas

Las principales ventajas de las transmisiones de bandas son: flexibilidad, absorción de impactos, una transmisión eficiente de potencia a altas velocidades, resistencia a atmósferas abrasivas y un costo comparativamente

bajo. Otras de las ventajas son: no necesitan lubricación puesto que no existe el contacto de metal con metal entre las poleas y las bandas; pero es necesario que se les aplique periódicamente productos humectantes que le confieran flexibilidad especialmente a las correas de cuero, las transmisiones por banda trabajan más silenciosas que las cadenas y engranajes, las bandas se pueden utilizar cuando la distancia entre centros sea demasiado largo, lo que no resulta procedente con el uso de cadenas, las bandas planas pueden operar en poleas relativamente pequeñas.

2.4.2.5 Mantenimiento de las bandas

Una vez seleccionadas las bandas requieren un mínimo de mantenimiento, pero la acción de ciertos procedimientos correctos puede ayudar a reducir el tiempo de paro de la máquina y aumentar la seguridad.

- En una transmisión de bandas múltiples es aconsejable reemplazar todas las bandas, caso contrario si se mezclan; las bandas nuevas absorben la mayor parte de la carga, aumentando la posibilidad de fallas antes de tiempo.
- El método más práctico de colocar una banda es utilizar el ajuste de transmisión para acercar las poleas, o de otro modo aflojando las poleas tensoras en caso de haberlas.
- Quitar todo tipo de polvo u otras materias que se encuentren en las caras de las poleas o en los canales de las poleas en V y de los rieles tensores, esto ayudará a tener una transmisión más eficiente.

- Se debe dar la tensión apropiada a las bandas, esto se verifica cuando la banda no resbala a plena carga. Demasiada tensión acorta la vida de la banda, muy poca tensión hará que resbale y se salga, lo cual conduce a una falla prematura.
- Hacer funcionar la transmisión durante 15 a 20 min. Y observar los resultados para enseguida corregir si existen anomalías.
- Poner atención a los sonidos tales: como golpeteos, rechinado de las bandas, los mismos que pueden ser causados por, bandas mal tensadas, colocación inapropiada, bandas flojas o presencia de materias extrañas en la superficie y ranuras de las poleas.
- Cuando se observe bandas dañadas, debe quitar la banda dañada y examinarla con cuidado para identificar la posible causa que originó el daño y corregir en lo posible.

2.4.3 TRANSMISIÓN POR MEDIO DE RUEDAS DENTADAS Y CADENAS

Su objetivo principal es el de transmitir el movimiento sin deslizamiento entre árboles próximos o distantes. Un sistema de transmisión de cadenas y ruedas es más compacto que un sistema de transmisión por poleas y correas.



Figura 31. Transmisión por ruedas dentadas y cadenas

2.4.3.1 Sistema de transmisión

Un sistema de transmisión de potencia de este tipo está formado por ruedas dentadas unidas por medio de una cadena sin fin. Las transmisiones de cadena conforman uno de los métodos más eficientes empleados para transmitir potencia mecánica, entre dos o más árboles giratorios que no pueden acoplarse directamente.

Una transmisión por cadena es comúnmente un medio flexible y su instalación es menos difícil que muchos otros medios de transmisión de fuerza y potencia. Sin embargo hay que poner mucho cuidado durante su instalación para evitar posteriores perjuicios.

Las cadenas pueden usarse cuando se requieran transmitir movimientos con altas cargas de arrastre y en donde se necesite mantener relaciones precisas de velocidad y resistir las cargas producidas por los choques ocasionales.

La disposición de un sistema de transmisión de potencia mecánica formado por cadenas y ruedas dentadas, juega un papel muy importante, por tal razón hay que realizar y escoger una disposición adecuada del sentido del sistema con la dirección preferida de rotación, con el fin de obtener una vida óptima y duradera de los elementos de la transmisión.

2.4.3.2 Relación de transmisión

La relación de transmisión en un sistema de cadena esta dado por la relación de la velocidad de salida (n_2), para la velocidad de entrada (n_1). La misma que para realizar su cálculo se emplea la siguiente fórmula:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{Nt_1}{Nt_2} \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

Nt1, Nt2 = número de dientes de la rueda a la entrada y a la salida respectivamente.

2.4.4 TRANSMISIÓN POR MEDIO DE ENGRANAJES

Los engranajes son muy empleados para transmitir potencia mecánica, en toda máquina se observan estos elementos que cumplen funciones específicas dentro de ellas, funciones tales como: reductor de velocidad, incrementadores de velocidad, dan orientación al eje o árbol, entre otras.

2.4.4.1 Engranaje

Un engranaje es un mecanismo formado por dos o más ruedas dentadas llamadas engranes, montados en ejes acoplados de tal forma que los dientes de los unos se introduzcan en los espacios vacíos de los otros, sin que se produzcan efectos de choques, transmitiendo el movimiento y la potencia de una rueda a la otra, no por rozamiento sino por empuje directo. Sin embargo en

el lenguaje común el nombre de engranaje se toma como sinónimo de rueda dentada. Al engrane mayor del sistema de transmisión se le conoce como rueda y el engrane menor lleva el nombre de piñón.

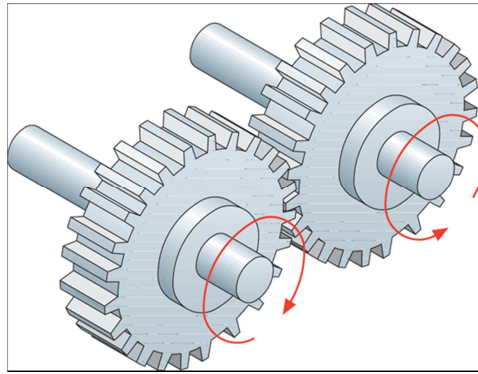


Figura 32. Transmisión por engranes

Los engranajes de todos los tipos tienen la característica común de proporcionar una transmisión teóricamente suave del movimiento a través del acople sucesivo de sus dientes. La exactitud del acople de estos es un requisito fundamental en los engranajes, para desarrollar un trabajo de transmisión eficiente, los factores que influyen directa o indirectamente son: velocidad de operación y el tamaño del engrane.

2.4.4.2 Relación de transmisión

Para que dos engranes se acoplen correctamente y mantengan una relación de velocidad constante, estos deben tener el mismo paso, o sea: los dientes de un engranaje debe estar construido de tal manera que la medida tomada entre los centros de dos dientes consecutivos, coincida siempre.

La transmisión por engranajes se emplea ampliamente donde se requiere cambios de velocidad, entre el elemento motriz principal y los demás elementos de la máquina.

La relación de transmisión del mecanismo queda determinada por el número de dientes de los engranes, según la expresión:

$$i = \frac{Z}{z} \quad \text{Ec. 5}$$

Donde:

i = relación de transmisión

Z = número de dientes de la rueda conductora

z = número de dientes de la rueda conducida

2.4.4.3 Ventajas

La transmisión por engranajes brinda algunas ventajas siempre y cuando su acoplamiento sea adecuado, así las ventajas que se pueden tener son: economía de funcionamiento, posibilidad de una larga duración, conservación de la potencia y espacio del montaje requerido, mantenimiento mínimo requerido, funcionamiento seguro, los engranajes pueden trabajar a velocidades mucho más altas que en una transmisión de cadenas, es más aplicable cuando se necesitan de una combinación de alta velocidad con alta potencia, se emplean engranajes cuando la limitación de espacio demanda de una distancia pequeña entre centros de los ejes.

CAPITULO 3

DISEÑO Y CONSTRUCCION

3.1 ANALISIS DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL ESTAMPADO

Antes de proceder al diseño y construcción de la maquina estampadora es necesario conocer ciertos parámetros de funcionamiento y proceso de dicha maquina que a continuación se describe.

3.1.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

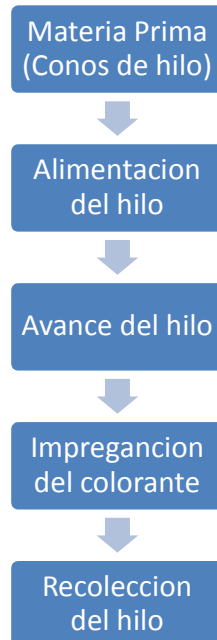


Figura 33. Proceso de estampado del hilo

3.1.2 PARÁMETROS DEL PROCESO

3.1.2.1 Velocidad del hilo

La velocidad de los hilos se mide en m/min, es un parámetro que va influir en la cantidad de colorante que es inyectado al hilo mediante los atomizadores.

La relación de la velocidad con la cantidad de colorante aplicado es inversa, es decir a mayor velocidad menor colorante aplicado. La velocidad del hilo también va a influir en la longitud de cada uno de los colores aplicados por los atomizadores en un tiempo determinado. Con lo enunciado anteriormente se puede establecer que la velocidad va influir en la cantidad de colorante aplicado al hilo y la longitud del efecto del color en el hilo, con este parámetro se podría obtener diferentes formas o diseños en la forma del hilo estampado.

Por requerimiento de la empresa la velocidad de salida del hilo debe estar en el rango de 5 - 25 m/min.

3.1.2.2 Temperatura de fijación

La temperatura es un factor importante en la fijación del colorante a la fibra, a mayor temperatura se obtiene mayor fijación; en el caso del proceso seguido en la maquina a construirse se va a trabajar únicamente a temperatura ambiente, que no da óptimos resultados, pero con el parámetro de acides se compensaría este problema de fijación, y al trabajar a temperatura ambiente se estaría haciendo un proceso de estampado con menores costos.

3.1.2.3 Viscosidad del colorante

La viscosidad es la oposición que presentan los líquidos al fluido, en el caso del proceso de estampado es necesario que el colorante este disuelto en agua, el mismo que tendría una viscosidad baja y esta mezcla al colocarse en el hilo tendría problemas por cuanto esta solución se dispersaría sin control entre las fibras de hilos; con la finalidad de solucionar el problema de dispersión del color sin control se procede a darle mayor viscosidad a la solución agua-colorante, mediante un producto espesante. A mayor viscosidad de la solución se puede dar forma al color aplicado en el hilo.

3.1.2.4 Acides del material colorante

Las soluciones tienen una acidez o alcalinidad dependiendo de la presencia de ácidos o álcalis en esto, así por ejemplo si existe en la solución cualquier ácido como ácido sulfúrico, acético, fórmico, entre otros, esta sería una solución ácida, y si existe en la solución un álcali como por ejemplo carbonato de sodio o hidróxido de sodio, esta sería una solución básica. La acidez o alcalinidad se mide mediante el PH, que es una escala que va de 0 a 12 en donde el rango 7 representa un PH neutro es decir que no es ni ácida ni básica.

En el caso de los colorantes para lana estos se fijan a la fibra en una solución ácida generalmente que van entre 4 y 6; a mayor acidez se tendría una mejor fijación, es por eso que en el caso del proceso de estampado con

colorantes ácidos para lana se trabajaría con una acides a un PH entre 2 y 3, que ayudaría a mejorar el proceso a temperatura ambiente. Generalmente en los procesos textiles de tintura o estampado de lana se usan los ácidos fórmico, acético, cítrico.

3.1.2.5 Descripción del producto final

El hilo es una masa compuesta por fibras de lana dispuestas de una manera ordenada y compactadas entre sí mediante giros sobre su propio eje, dándoles una resistencia y cohesión a las fibras formando así el hilo.

En los procesos textiles los hilos son producidos normalmente en forma normal sin efectos en cuanto a forma y color, en el caso del proceso de estampado se trata de dar efectos a estos hilos normales mediante el color aplicado en diferentes formas, cantidades y colores.

El hilo producido en la maquina diseñada y construida tiene características especiales en cuanto al color en su forma y diseño que no se podría lograr con ninguna maquina de tintura convencional, lo que le daría un valor agregado y exclusividad al hilo producido.

El hilo estampado en la maquina estampadora de hilos tiene efectos en base a tres colores y a sus mezclas dados mediante los atomizadores, colores que están ubicados en forma alternada, regular o irregular; adicional a estos tres colores se impregna otro color mediante el rodillo de fricción.

3.2 FUNCIONES DE LA MAQUINA ESTAMPADORA

- Alimentación del hilo.
- Transporte del hilo mediante los peines de entrada-salida y los cilindros productores (inferior y superior)
- Inyección del colorante mediante atomizadores
- Impregnación del colorante mediante el cilindro de fricción
- Recolección del hilo producido

3.3 ANALISIS DE LA ALTERNATIVA ADECUADA

Para la selección de la mejor alternativa se realizarán matrices de decisión en las cuales encontraran consideraciones de diseño y construcción importantes como:

- Funcionalidad, resistencia
- Seguridad, confiabilidad
- Costo, vida útil, disponibilidad del material en el mercado, etc.

Una de las prioridades del proyecto es reducir costos tanto en la construcción de la máquina como los costos de operación que tendrá la misma. Para poder lograr el correcto funcionamiento de la maquina existen algunas opciones que a continuación, basándose en criterios de diseño antes expuestos y creando una calificación que va a ir en una escala de valores de 1 a 10, las cuales dependiendo del criterio a analizar serán bajas, altas, exagerados, etc.

3.3.1 ESTRUCTURA PRINCIPAL O BASTIDOR

La estructura principal o bastidor será diseñada y construida de manera tal permita el alojamiento de los elementos mecánicos que pueden ser: poleas, bandas, rodamientos, cojinetes, ejes, soportes, levas, motor eléctrico, etc.

Tabla 2. Escala de selección para matriz de alternativas

	2	4	6	8	10
COSTO	Bajo	Mediano	Alto	Muy Alto	Excesivo
DISPONIBILIDAD MATERIAL	Fácil	Difícil	Complicado	Muy complicado	Importar de otro país
FACILIDAD DE CONSTRUCCION	Muy fácil	Fácil	Mediano	Cierta complicación	Complicado
FACILIDAD DE SUJECION DE LOS ELEMENTOS	Excelente	Regular	Muy Buena	Buena	Mala
PESO DEL MATERIAL	Despreciable	Liviano	Mediano	Alto	Excesivo

Fuente: Autor

En la **tabla 3**, se observa la matriz de decisión con los parámetros para la selección de la mejor alternativa.

Tabla 3. Matriz de decisión para estructura del bastidor

	PERFILES	TUBO CUADRADO	TUBO REDONDO
COSTO	4	6	6
DISPONIBILIDAD MATERIAL	2	2	2
FACILIDAD DE CONSTRUCCION	4	2	6
FACILIDAD DE SUJECION DE LOS ELEMENTOS	2	6	4
PESO DEL MATERIAL	8	6	6
TOTAL	20	22	24

Fuente: Autor

De las tres opciones planteadas la de menor calificación será tomada en cuenta, en este caso se utilizara perfiles como alternativa más idónea en el diseño del bastidor, las dimensiones de dichos perfiles se los determinara de acuerdo al requerimiento del diseño

3.3.2 SISTEMA DE TRANSMISION DE MOVIMIENTO

En la **tabla 4**, se encuentra la escala de decisión, para tomar la alternativa más idónea se escogerá la opción que tenga menor valor, ya que mediante este sistema, se pretende que sea de menor costo, fácil mantenimiento, ruido bajo, y transmisión de movimiento excelente.

Tabla 4. Escala de selección para matriz de alternativas

	2	4	6	8	10
COSTO	Bajo	Mediano	Alto	Muy Alto	Excesivo
MANTENIMIENTO	Fácil	Difícil	Complicado	Muy complicado	
RUIDO	Bajo	Mediano	Alto	Muy alto	Excesivo
TRANSMISION DE MOVIMIENTO	Excelente	Muy bueno	Bueno	Malo	

Fuente: Autor

En la **tabla 5** se observa la matriz de decisión correspondiente al sistema de transmisión de potencia, en el cual se plantea criterios de diseño correspondientes a ventajas y desventajas que cada uno de los sistemas de transmisión posee.

Tabla 5. Matriz de decisión para transmisión de potencia

	BANDAS	CADENAS	ENGRANAJES
COSTO	2	6	6
MANTENIMIENTO	2	6	8
RUIDO	4	6	6
TRANSMISION DE MOVIMIENTO	2	6	6
TOTAL	10	24	26

Fuente: Autor

De las tres opciones planteadas se determino que se utilizara el sistema de transmisión por bandas y poleas, dichos cálculos se presentaran más adelante, junto con las dimensiones de los diámetros de las poleas, longitudes de banda, diámetros de ejes y selección de rodamientos.

3.3.3 MECANISMO DE INYECCION DE COLORANTE

Mediante este mecanismo a seleccionar dependerá la sincronización en cuanto al avance del hilo con la inyección del colorante. El colorante será inyectado por medio de pistolas de tintura.

Para los desplazamientos horizontales y verticales se pueden utilizar los siguientes mecanismos:

3.3.3.1 Biela manivela

Se obtiene el movimiento de avance de hilo e inyección de colorante de manera armónica mediante un acoplador o seguidor.

3.3.3.2 Leva

Se obtiene el movimiento de avance de hilo e inyección de colorante con gran amplitud en el diseño del movimiento.

En la **tabla 6**, se encuentra la escala de decisión, para tomar la alternativa más idónea se escogerá la opción que tenga menor valor, ya que este mecanismo, se pretende que sea de menor costo, fácil mantenimiento, fácil construcción y precisión de movimiento excelente.

Tabla 6. Escala de selección para matriz de alternativas

	2	4	6	8	10
COSTO	Bajo	Mediano	Alto	Muy Alto	Excesivo
MANTENIMIENTO	Fácil	Difícil	Complicado	Muy complicado	
FACILIDAD DE CONSTRUCCION	DE Muy Fácil	Fácil	Mediano	Cierta complicación	Complicado
PRECISION DEL MOVIMIENTO	DEL Excelente	Muy Buena	Buena	Mala	

Fuente: Autor

Tabla 7. Matriz de decisión para mecanismo de avance e inyección de colorante

	LEVA DE CIRCULAR	PERFIL	BIELA-MANIVELA
COSTO	2		4
MANTENIMIENTO	2		4
FACILIDAD DE CONSTRUCCION	4		6
PRECISION DEL MOVIMIENTO	2		6
TOTAL	10		20

Fuente: Autor

La acción de avance de hilo e inyección de colorante se realizara por medio de una leva de perfil circular.

3.4 CALCULOS DE LOS ELEMENTOS Y SISTEMAS DE LA MAQUINA ESTAMPADORA

3.4.1 ANALISIS DEL BASTIDOR

Para el análisis del bastidor, se usará el programa SOLIDWORKS, el cual se encargará de simular en base a un diseño preliminar, el estado de carga del bastidor de la máquina, y las vibraciones que posiblemente podrían generarse.

El diseño del bastidor o estructura principal de la maquina estampadora de hilos se lo observa en la **figura 34**.



Figura 34. Estructura principal de la estampadora de hilos

Por medio del complemento “SolidWorks simulation” que tiene incorporado el programa SolidWorks, se procede a realizar el estudio de deformación del bastidor, para lo cual se realizan los siguientes pasos:

- Se coloca las restricciones donde estará fijo el bastidor como se observa en la **figura 35**.

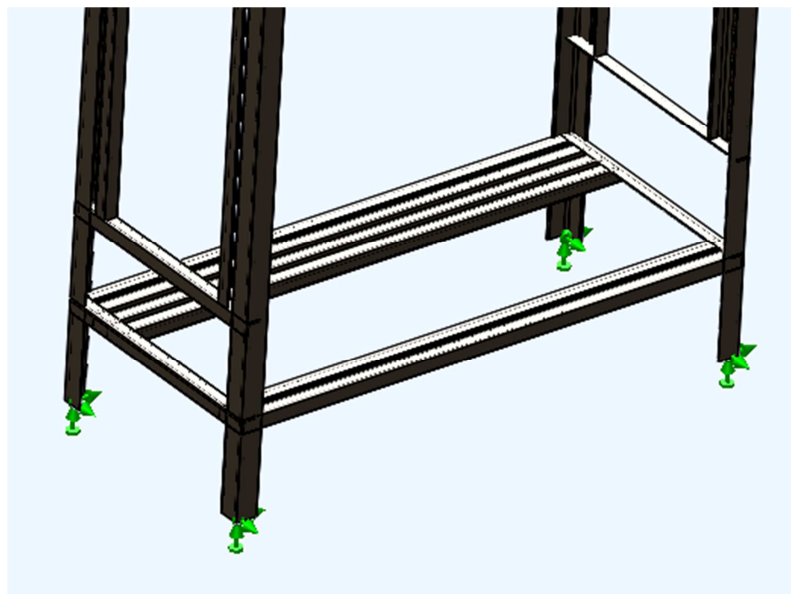


Figura 35. Restricciones fijas del bastidor

- Se coloca las restricciones en los nodos o puntos de unión como se observa en la **figura 36**.

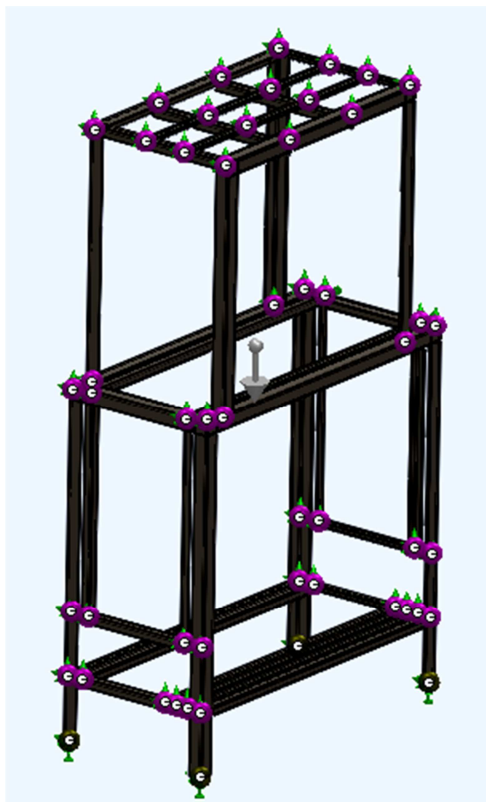


Figura 36. Puntos de unión del bastidor

- Se crea un mallado, de todo el bastidor como se indica en la figura 56, y el mallado obtenido se observa en la **figura 37**.

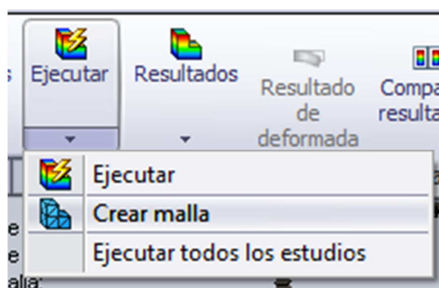


Figura 37. Icono de mallado

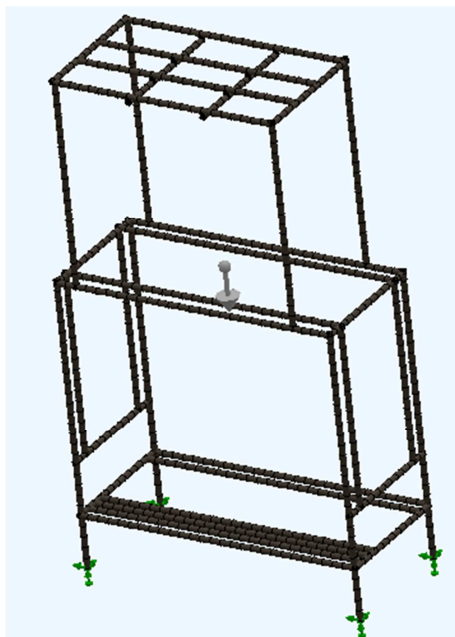


Figura 38. Bastidor mallado

- Una vez realizados los pasos anteriores se ejecuta el análisis, y el resultado es el siguiente:

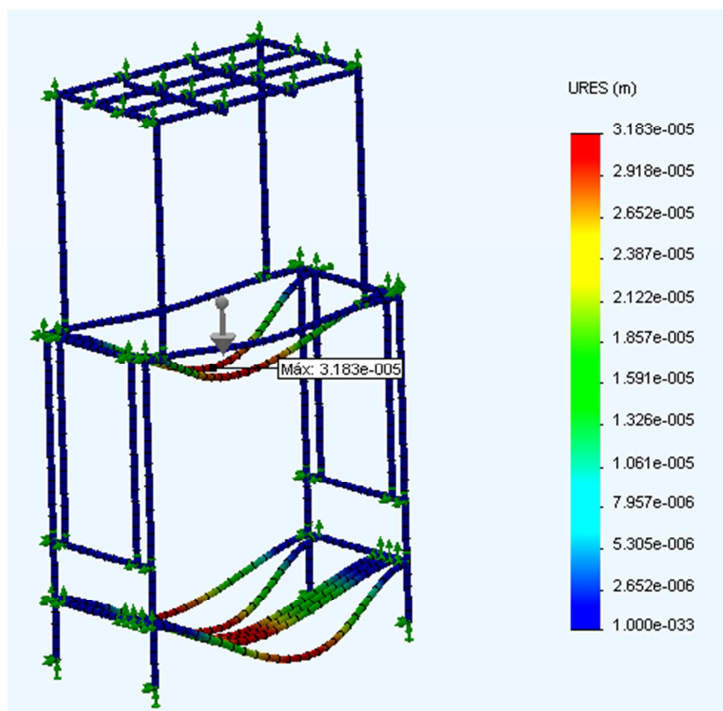


Figura 39. Resultado de simulación de deformación

El siguiente análisis que se realiza es el de vibraciones mediante el cual se obtienen todos los modos que podrían vibrar a causa del motor, los resultados obtenidos se observa en las siguientes figuras.

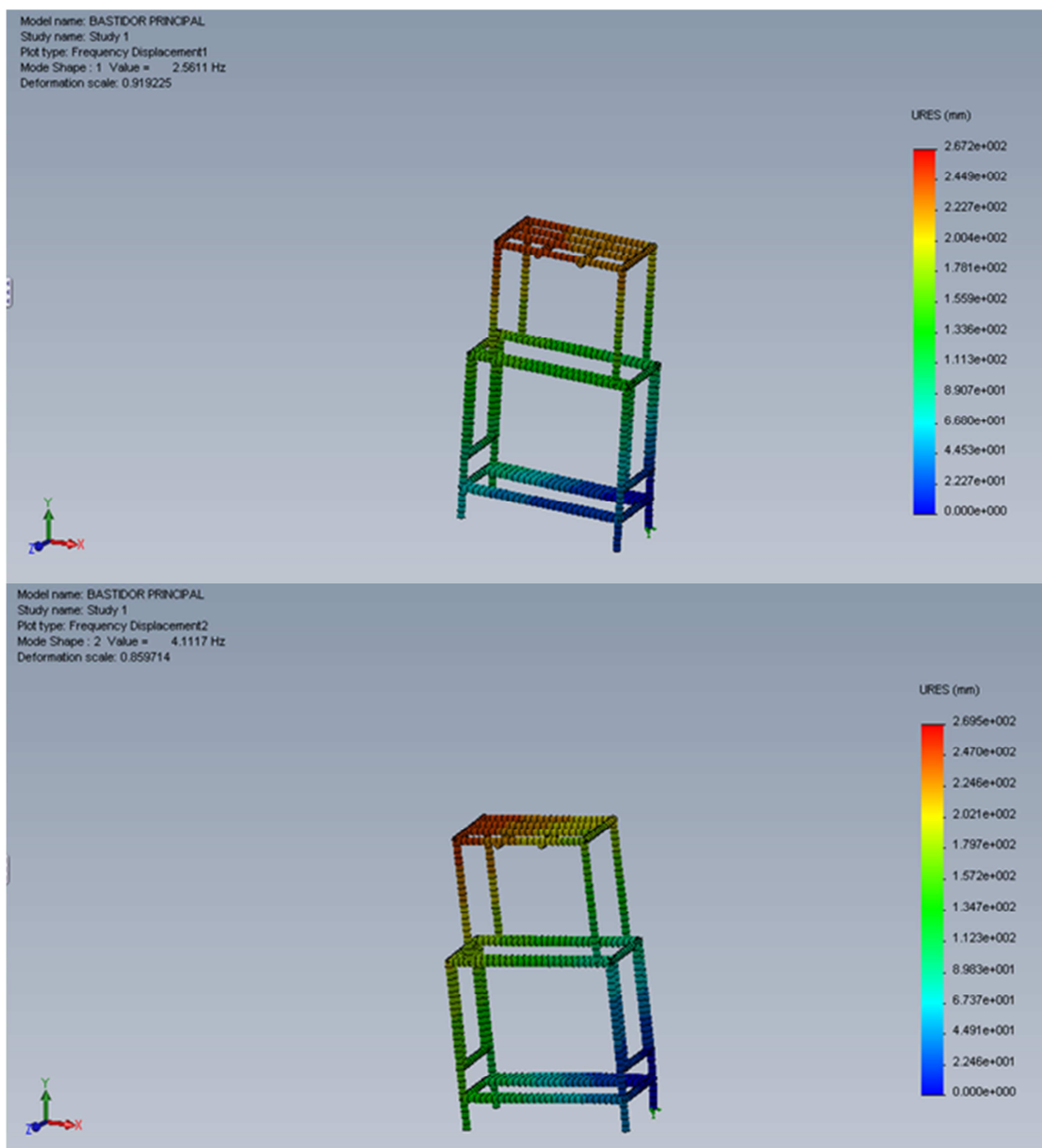




Figura 40. Resultado del análisis de vibraciones

Como se puede observar en los resultados, el bastidor no sufrirá ningún tipo de vibración exagerado, dicho resultado se verificara el momento de poner en funcionamiento la maquina estampadora, verificando que no existe vibración en todo el sistema.

3.4.2 CALCULOS DEL SISTEMA DE TRANSMISION DE MOVIMIENTO

El sistema de transmisión inicia con un motor eléctrico que gira a 1740 rpm, con una potencia de 1 hp, dicho motor trasmitirá la potencia a las bandas y poleas, para lo cual en la **figura 41**, se observa el diagrama cinemático.

3.4.2.1 Diagrama cinemático

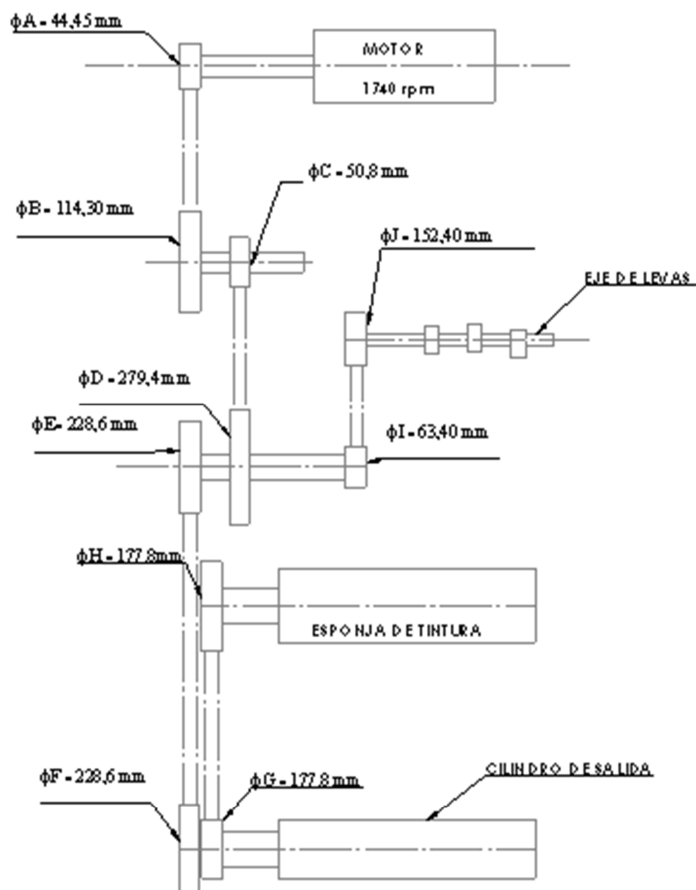


Figura 41. Diagrama cinemático transmisión de movimiento

3.4.2.2 Calculo de velocidad de salida de hilo

Para calcular la velocidad de salida del hilo aplicamos la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{---}}{\text{---}}$$

Ec. 6

Donde:

Vsalida = Velocidad de salida del hilo en (m/min)

n_{motor} = Revoluciones del motor (rpm)

∅A = Diámetro de la Polea A (44,45mm)

∅B = Diámetro de la Polea B (114,30mm)

∅C = Diámetro de la Polea C (50,8mm)

∅D = Diámetro de la Polea D (279,4mm)

∅E = Diámetro de la Polea E (228,6 mm)

∅F = Diámetro de la Polea F (228,6mm)

D_{madera} = Diámetro exterior del cilindro de madera (54mm)

La velocidad de salida que se obtiene mediante este mecanismo de transmisión de movimiento es de 20,87 m/min

De ser el caso que la empresa requiera otra velocidad de salida del hilo, se procede a cambiar una polea, la cual se le llamara polea de cambio y por facilidad de montaje y desmontaje la polea a cambiar será la B.

3.4.2.3 Selección de Bandas tipo V

Las bandas a utilizar son de tipo A, las cuales se las selecciono de un catálogo, que se encuentra en el **ANEXO A**.

Tabla 8. Selección de bandas

TIPO DE BANDA	DIAMETRO POLEA MOTORA (mm)	DIAMETRO POLEA CONDUCTORA (mm)
A37	44,45	114,30
A54	50,8	279,4
A80	228,6	228,6
A38	177,8	177,8
A34	63,4	152,4

Fuente: Autor

El perfil de la banda seleccionada se lo puede observar en la **figura 42**.

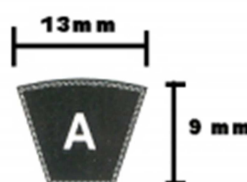


Figura 42. Perfil de la banda seleccionada

3.4.2.4 Cálculo distancia entre centros de poleas

Para determinar la distancia entre centros de las poleas se aplica las siguientes formulas, en donde depende de varios parámetros y de igual manera se hace referencia a ciertos catálogos de selección como es el caso para seleccionar las bandas.

Ec. 7

Donde:

L = Longitud de banda tomada del Anexo A

ϕm = Diámetro polea motora (mm)

ϕc = Diámetro polea conductora (mm)

Una vez encontrado el valor de B, para cada banda se procede a calcular la distancia entre centros a través de la siguiente fórmula:

$$C = \frac{B + \sqrt{B^2 - 32(\phi c - \phi m)^2}}{16} \quad \text{Ec. 8}$$

Donde:

C = Distancia entre centros de las poleas (mm)

Los resultados obtenidos se observa a continuación en la **tabla 9**:

Tabla 9. Cuadro de resultados de distancias entre centros de poleas

L (Longitud de banda)	ϕm (Diámetro polea motora mm)	ϕc (Diámetro polea conductora mm)	B (mm)	C (distancia entre centros mm)
940	44,45	114,30	2762	343
1375	50,8	279,4	3425,29	412
2036	228,6	228,6	5271	659
767	177,8	177,8	833	104
864	63,4	152,4	2100	258

Fuente: Autor

3.4.2.5 Cálculo del torque de la polea A, acoplada al eje del motor.

Para el cálculo del torque se aplica la siguiente fórmula:

Ec. 9

Donde:

T_A = Torque que genera el motor sobre su eje (N mm)

P_{motor} = Potencia del motor (1HP)

n_{motor} = Revoluciones del motor (rpm)

Aplicando la siguiente transformación de unidades obtiene lo siguiente:

El torque que genera la polea A es de 4008 N mm.

3.4.2.6 Cálculo de reacciones en las Poleas A y B

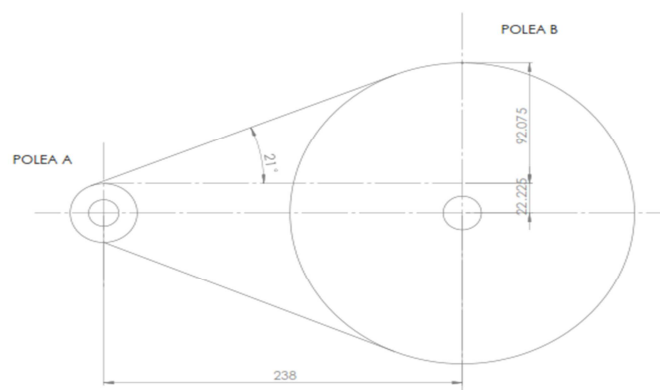


Figura 43. Angulo entre la banda y la polea A

Al realizar el diagrama de cuerpo libre de la polea A, se obtiene la descomposición de las tensiones tanto del lado tenso y del lado flojo de la banda, en la **figura 44** se observa dicha descomposición.

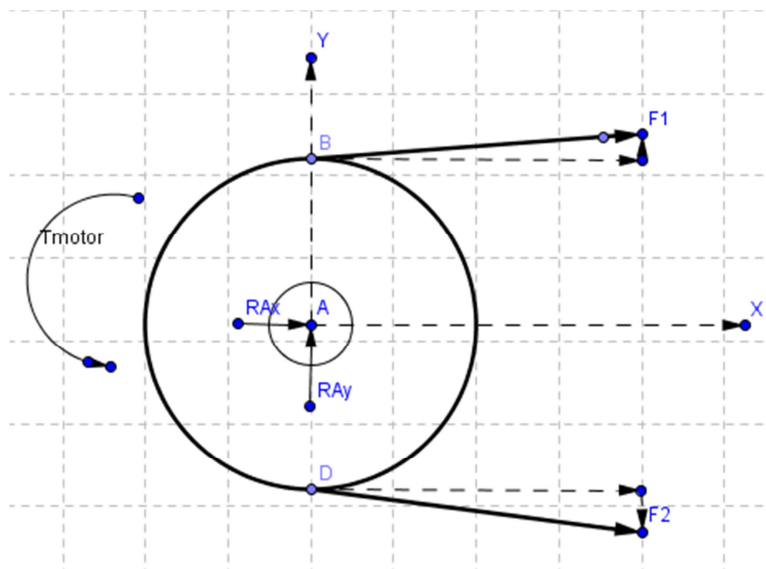


Figura 44. Diagrama de cuerpo libre Polea A

Aplicando las ecuaciones siguientes se obtiene:

Ec.10

Ec.11

Ec.12

$$\frac{F_1}{F_2} = 3 \quad \text{Ec.13}$$

Donde:

F1 = Fuerza del lado tenso de la banda A37

F2 = Fuerza del lado flojo de la banda A37

RAx = Reacción que se genera sobre el eje a lo largo de x

RAy = Reacción que se genera sobre el eje a lo largo de y

α1 = Angulo de descomposición entre la banda y polea (Ver figura 43)

∅A = Diámetro de la Polea A (44,45mm)

En la **tabla 10** se encuentra el resultado del sistema de ecuaciones

La polea B tendrá los mismos valores de reacciones que la polea A, con diferente sentido, pero no el mismo torque, dichos resultados se observa en la **tabla 10**.

Para calcular el torque se aplica la relación de transmisión de la siguiente manera:

$$T_B = T_A \frac{\emptyset B}{\emptyset A} \quad \text{Ec. 14}$$

Donde:

T_B = Torque de la polea B (N mm)

T_A = Torque de la polea A (N mm)

∅A = Diámetro de la Polea A (44,45mm)

∅B = Diámetro de la Polea B (114,30mm)

El valor que se obtiene es de 10306 N mm.

Tabla 10. Resultados de las reacciones en las poleas A y B

POLEAS	TORQUE	TENSIONES		REACCIONES	
	T (N mm)	F1 (N)	F2 (N)	Rx (N)	Ry (N)
A	4008	290	97	-361	-69
B	10306	290	97	361	69

Fuente: Autor

3.4.2.7 Cálculo de reacciones en las poleas C y D

En la **figura 45**, se observa el ángulo de contacto entre la banda y polea, dicho ángulo es importante para la descomposición de las fuerzas en el eje x y en el eje y.

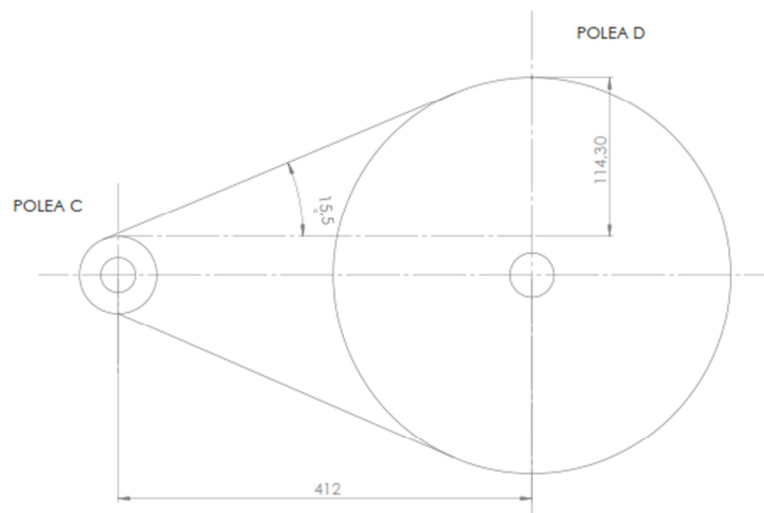


Figura 45. Ángulo entre la banda y la polea C

En la **figura 46**, se observa el diagrama de cuerpo libre de la polea C, el torque que transmite la polea C es igual al torque de la polea B, ya que se encuentran montadas sobre el mismo eje

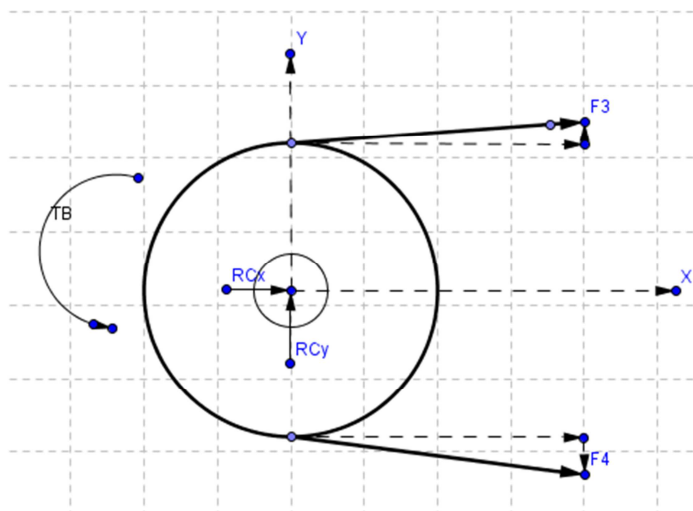


Figura 46. Diagrama de cuerpo libre Polea C

Aplicando las ecuaciones siguientes se obtiene:

Ec. 15

Ec. 16

Ec. 17

Ec. 18

Donde:

F3 = Fuerza del lado tenso de la banda A54

F4 = Fuerza del lado flojo de la banda A54

RCx = Reacción que se genera sobre el eje a lo largo de x

RCy = Reacción que se genera sobre el eje a lo largo de y

$\alpha 2$ = Angulo de descomposición entre la banda y polea (Ver **figura 45**)

ϕC = Diámetro de la Polea C (50,8mm)

En la **tabla 11** se encuentra el resultado del sistema de ecuaciones

La polea D tendrá los mismos valores de reacciones que la polea C, en sentido contrario, pero no el mismo torque, dichos resultados se observa en la **tabla 11**.

Para calcular el torque se aplica la relación de transmisión de la siguiente manera:

$$T_D = T_C \frac{\phi D}{\phi C} \quad \text{Ec. 19}$$

Donde:

T_D = Torque de la polea D (N mm)

ϕD = Diámetro de la Polea D (279,4mm)

ϕC = Diámetro de la Polea C (50,8mm)

El valor que se obtiene es de 56683 N mm.

Tabla 11. Resultados de las reacciones de las poleas C y D

POLEAS	TORQUE	TENSIONES		REACCIONES	
	T (N mm)	F3 (N)	F4 (N)	Rx (N)	Ry (N)
C	10306	633	211	-813	-113
D	56683	633	211	813	113

Fuente: Autor

3.4.2.8 Cálculo de reacciones en las poleas E y F

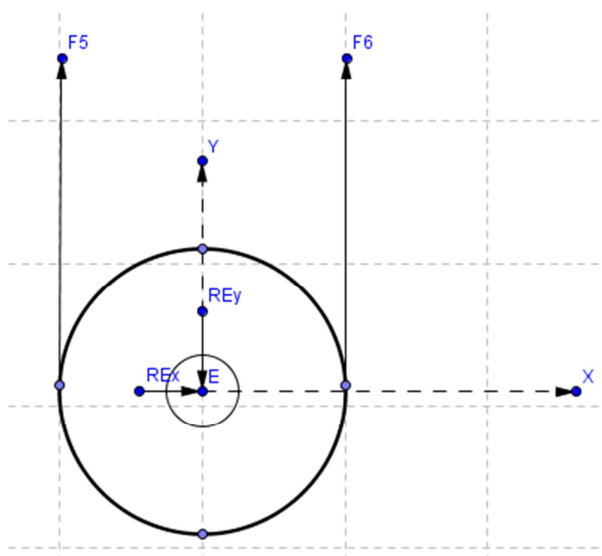


Figura 47 Diagrama de cuerpo libre Polea E

Aplicando las ecuaciones siguientes se obtiene:

$$\sum Fy = 0$$

$$F5 + F6 - REy = 0 \quad \text{Ec. 21}$$

$$\sum M_E = 0$$

$$T_D - F5 \frac{\phi E}{2} + F6 \frac{\phi E}{2} = 0 \quad \text{Ec. 22}$$

$$\frac{F5}{F6} = 3 \quad \text{Ec. 23}$$

Donde:

F5 = Fuerza del lado tenso de la banda A80

F6 = Fuerza del lado flojo de la banda A80

REx = Reacción que se genera sobre el eje a lo largo de x

Rey = Reacción que se genera sobre el eje a lo largo de y

ϕE = Diámetro de la Polea E (228,6mm)

En la **tabla 12** se encuentra el resultado del sistema de ecuaciones, la polea F tendrá los mismos valores de reacciones con sentido contrario y torque que la polea E.

Tabla 12. Resultados de las reacciones en las poleas E y F

POLEAS	TORQUE	TENSIONES		REACCIONES	
	T (N mm)	F5 (N)	F6 (N)	Rx (N)	Ry (N)
E	56683	744	248	0	-992
F	56683	744	248	0	992

Fuente: Autor

El signo nos indica la dirección en la que se encuentra la carga.

3.4.2.9 Cálculo de reacciones en las poleas G y H

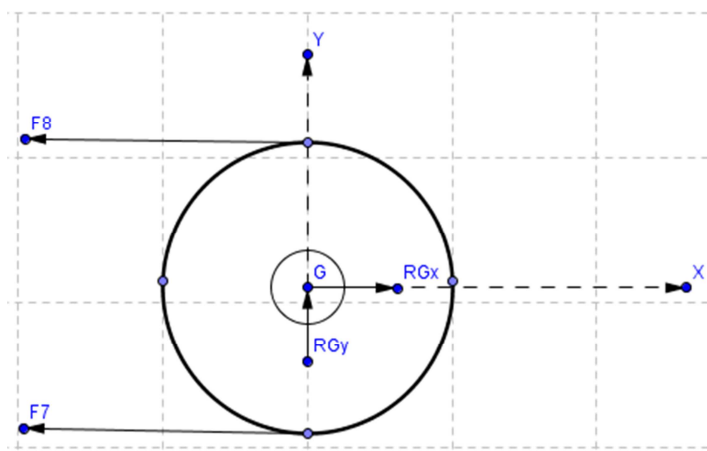


Figura 48. Diagrama de cuerpo libre Polea G

Aplicando las ecuaciones siguientes se obtiene:

Ec. 24

Ec. 25

Ec. 26

Ec. 27

Donde:

F7 = Fuerza del lado tenso de la banda A38

F8 = Fuerza del lado flojo de la banda A38

RGx = Reacción que se genera sobre el eje a lo largo de x

RGy = Reacción que se genera sobre el eje a lo largo de y

$\varnothing G$ = Diámetro de la Polea G (177.8mm)

En la **tabla 13** se encuentra el resultado del sistema de ecuaciones, la polea H tendrá los mismos valores de reacciones con sentido contrario y torque que la polea G.

Tabla 13. Resultados de las reacciones en las poleas G y H

POLEAS	TORQUE	TENSIONES		REACCIONES	
	T (N mm)	F7 (N)	F8 (N)	Rx (N)	Ry (N)
G	56683	956	319	1275	0
H	56683	956	319	-1275	0

Fuente: Autor

El signo nos indica la dirección en la que se encuentra la carga.

3.4.2.10 Cálculo de reacciones en las poleas I y J

En la **figura 49**, se observa el ángulo de contacto entre la banda y polea, dicho ángulo es importante para la descomposición de las fuerzas en el eje x y en el eje y.

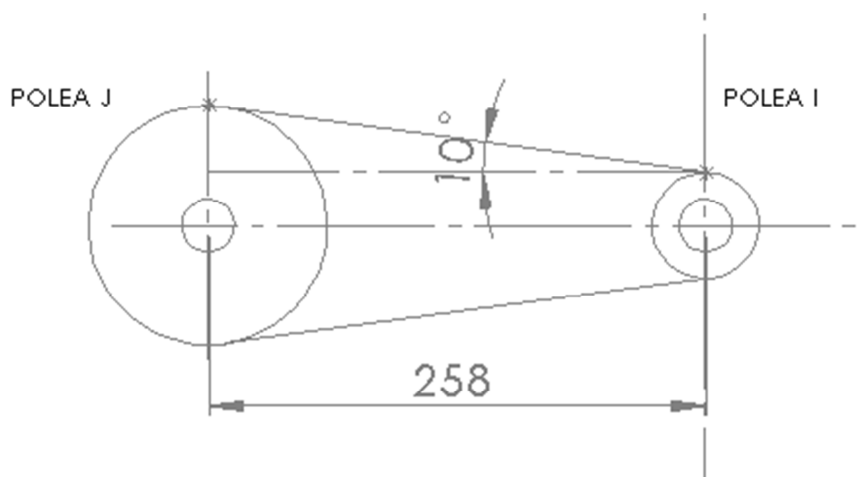


Figura 49. Angulo entre la banda y la polea I

En la **figura 50**, se observa el diagrama de cuerpo libre de la polea I, el torque que transmite la polea I es igual al torque de la polea E, ya que se encuentran montadas sobre el mismo eje

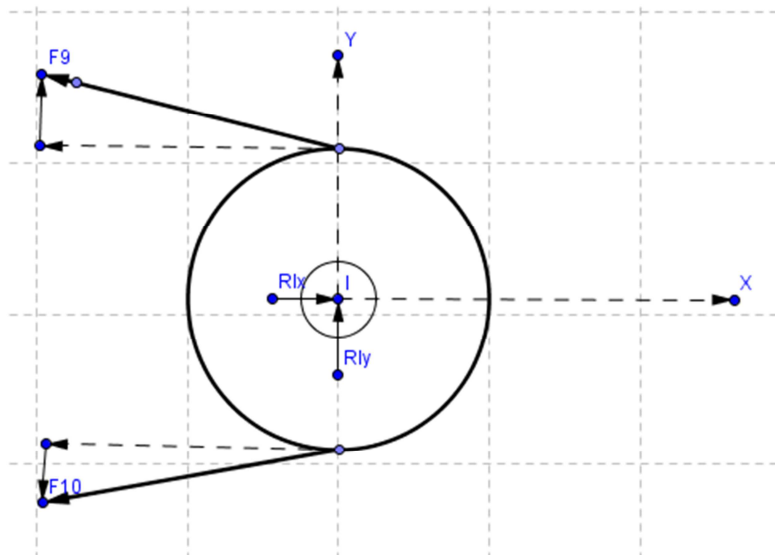


Figura 50. Diagrama de cuerpo libre Polea I

Aplicando las ecuaciones siguientes se obtiene:

$$\sum F_x = 0$$

$$-F_9 \cos \alpha_3 - F_{10} \cos \alpha_3 + R_{Ix} = 0 \quad \text{Ec. 28}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_9 \sin \alpha_3 - F_{10} \sin \alpha_3 + R_{Iy} = 0 \quad \text{Ec. 29}$$

$$\sum M_I = 0$$

$$T_E + F_9 \cos(\alpha_3) \frac{\phi_I}{2} - F_{10} \cos(\alpha_3) \frac{\phi_I}{2} = 0 \quad \text{Ec. 30}$$

$$\frac{F_9}{F_{10}} = 3 \quad \text{Ec. 31}$$

Donde:

F₉ = Fuerza del lado tenso de la banda A34

F₁₀ = Fuerza del lado flojo de la banda A34

R_{Ix} = Reacción que se genera sobre el eje a lo largo de x

R_{Iy} = Reacción que se genera sobre el eje a lo largo de y

α₃ = Angulo de descomposición entre la banda y polea (Ver **figura 49**)

φ_I = Diámetro de la Polea I (63,4mm)

En la **tabla 14** se encuentra el resultado del sistema de ecuaciones, la polea J tendrá los mismos valores de reacciones pero en sentido contrario y torque diferente:

Tabla 14. Resultados de las reacciones en las poleas I y J

POLEAS	TORQUE	TENSIONES		REACCIONES	
	T (N mm)	F9 (N)	F10 (N)	Rx (N)	Ry (N)
I	56683	2723	907	3574	-315
J	136253	2723	907	-3574	315

Fuente: Autor

El signo nos indica la dirección en la que se encuentra la carga.

3.4.3 CALCULOS DE EJES

Por medio de la ayuda del software MDSOLIDS 3.5, se procede a calcular las reacciones que soportaran los rodamientos, los diagramas de fuerza cortante y momento flector, una vez determinados los puntos críticos se procederá hacer un análisis por fatiga para determinar el factor de seguridad.

3.4.3.1 Diseño del eje de transmisión #1

Para observar las distancias entre centros de rodamientos y poleas sobre el eje se debe observar el plano de montaje EH-04 de los elementos acoplados al eje #1.

Para realizar los diagramas de fuerza cortante y momento flector se utilizara el software MDSOLIDS 3.5, mediante este programa se procede a calcular las reacciones que deben soportar los rodamientos en el plano x-y.

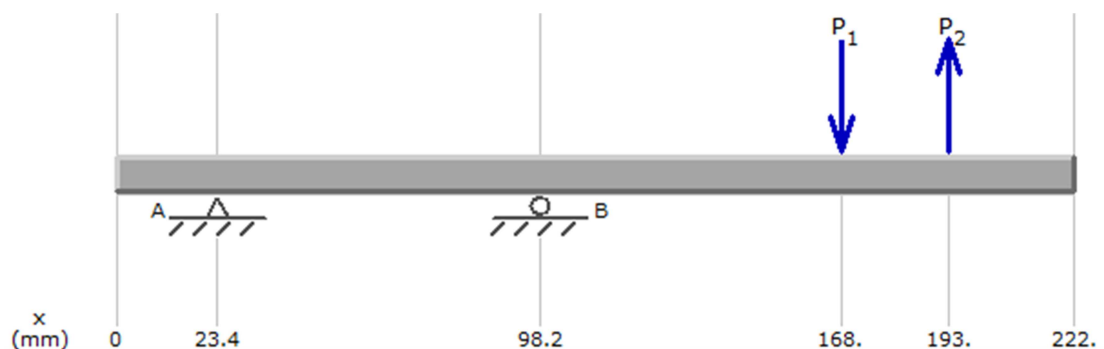


Figura 51. Diagrama de cargas del eje 1 plano x-y

La nomenclatura utilizada en este diagrama es la siguiente:

$$P_1 = R_{Cy} = -113 \text{ N}$$

$$P_2 = R_{By} = 69 \text{ N}$$

En la **figura 52**, se observa el diagrama de fuerza cortante en el plano x-y.

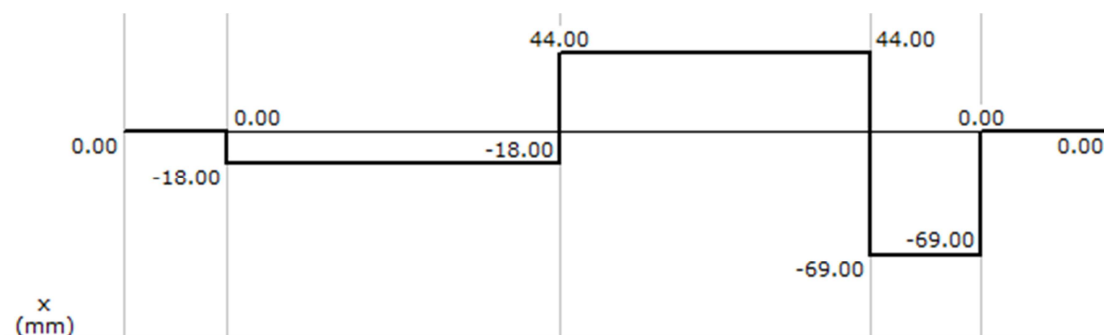


Figura 52. Diagrama de fuerza cortante del eje 1 plano x-y

Las cargas que soportan los rodamientos en el eje 1 en el plano x-y son las siguientes:

En la **figura 53**, se observa el diagrama de momento flector en el plano x-y.

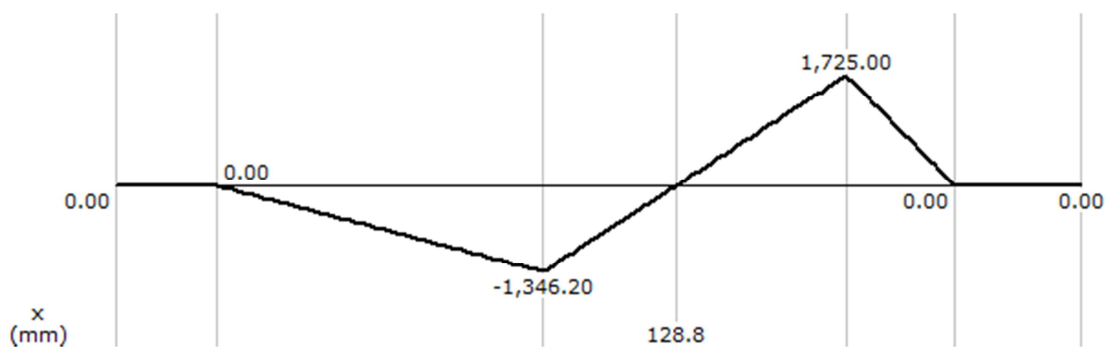


Figura 53. Diagrama de momento flector del eje 1 plano x-y

En la **figura 54**, se observa las cargas que se generan en el plano x-z.

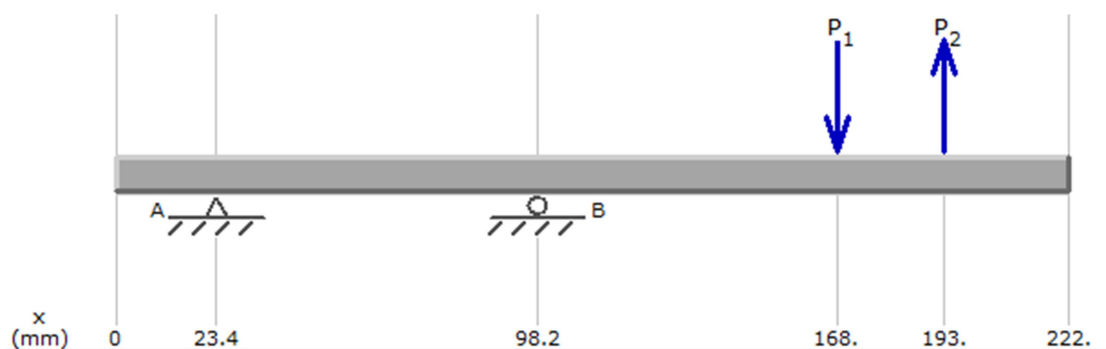


Figura 54. Diagrama de cargas del eje 1 plano x-z

La nomenclatura usada para este diagrama es la siguiente:

$$P_1 = RC_x = -813 \text{ N}$$

$$P_2 = RB_x = 361 \text{ N}$$

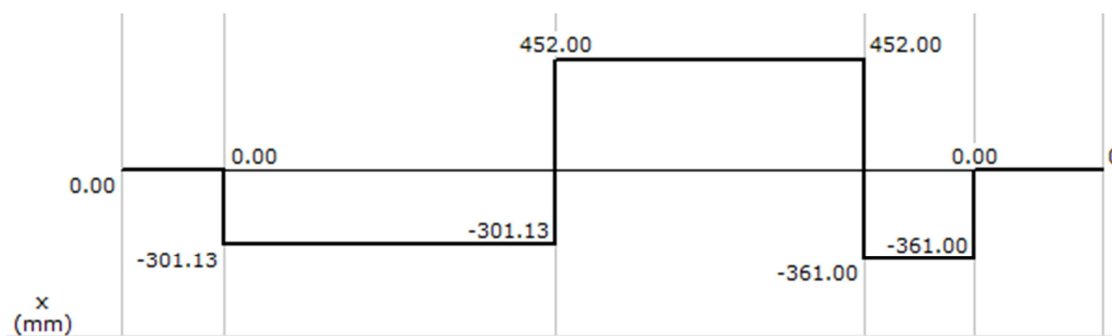


Figura 55. Diagrama de fuerza cortante del eje 1 plano x-z

Las cargas que soportan los rodamientos en el eje 1 en el plano x-z son las siguientes:

En la **figura 56**, se observa el diagrama de momento flector en el plano x-z.

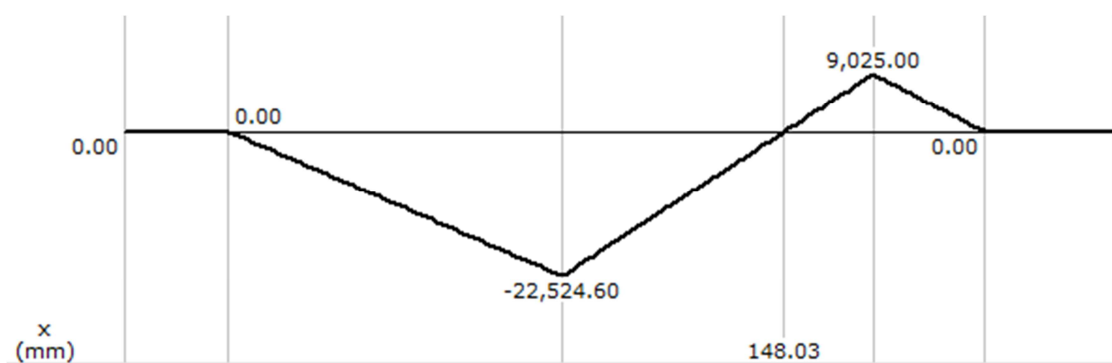


Figura 56. Diagrama de momento flector del eje 1 plano x-z

3.4.3.1.1 Cálculo de Rodamientos del eje de transmisión #1

Una vez obtenido las reacciones se procede a calcular la fuerza resultante en el punto A y en el punto B con las siguientes fórmulas:

$$F_{RA} = \sqrt{R_{AXY}^2 + R_{AXZ}^2} \quad \text{Ec. 32}$$

$$F_{RB} = \sqrt{R_{BXY}^2 + R_{BXZ}^2} \quad \text{Ec. 33}$$

Donde:

F_{RA} = Fuerza resultante del rodamiento en el punto A

F_{RB} = Fuerza resultante del rodamiento en el punto B

R_{AXY} = Reacción en el punto A en el plano xy (18 N valor obtenido de la **figura 52**)

R_{AXZ} = Reacción en el punto A en el plano xz (301,13 N valor obtenido de la **figura 55**)

R_{BXY} = Reacción en el punto B en el plano xy (62 N valor obtenido de la **figura 52**)

R_{BXZ} = Reacción en el punto B en el plano xz (753,13 N valor obtenido de la **figura 55**)

Reemplazando los valores, se obtiene lo siguiente:

$$F_{RA} = 301,66 \text{ N}$$

$$F_{RB} = 755,67 \text{ N}$$

La elección de los rodamientos se realiza en base a la carga radial que debe soportar el rodamiento. Debido a que ya se tiene definido el diámetro del eje 1 (ver PLANO EH-03), se procede a seleccionar un rodamiento SKF 6405, cuyas características son las siguientes:

Tabla 15. Características del rodamiento SKF 6405

d	25mm
D	80mm
C	34,5 KN
Co	17,5 KN

Fuente: Autor

Donde:

D = Diámetro interior del rodamiento

D = Diámetro externo del rodamiento

C = Capacidad de carga dinámica

Co = Capacidad de carga estática

La carga dinámica máxima que soportan los rodamientos es:

$$P_B = 0,755 \text{ KN}$$

Al aplicar la ecuación del esfuerzo dinámico se tiene lo siguiente:

$$C_{req} = \frac{f_l}{f_n} P \quad \text{Ec. 34}$$

Donde

Creq = Carga dinámica requerida (KN)

P = Carga dinámica máxima (0.755 KN)

f_l = Factor de esfuerzo dinámico (1.53 ANEXO G)

f_n: Factor de velocidad de giro (0.461 ANEXO G)

Al remplazar los valores se tiene que:

$$C_{req} = 2,50 \text{ KN}$$

Por lo tanto el rodamiento seleccionado para la chumacera, resiste las cargas presente en el punto B, el cual es el máximo debido a que $C_{req} \leq C$

3.4.3.1.2 Cálculo del momento flector resultante en el punto crítico

De las **figuras 53 y 56**, se puede observar que el punto crítico del eje es en el punto B, para lo cual se tiene los siguientes valores:

$$M_{BXY} = 1346,20 \text{ N mm}$$

$$M_{BXZ} = 22524,60 \text{ N mm}$$

Al aplicar la siguiente fórmula se obtiene el momento flector resultante en el punto crítico

$$M_R = \sqrt{M_{BXY}^2 + M_{BXZ}^2} \quad \text{Ec. 35}$$

De donde el valor obtenido es:

$$M_R = 22564,80 \text{ N mm}$$

3.4.3.1.3 Cálculo del factor de seguridad del eje de transmisión #1

- Propiedades del material a utilizar

Acero rolado en frío AISI/SAE 1020 cuyas propiedades mecánicas son las siguientes

$$S_{ut} = 469 \text{ MPa (Valor tomado del Anexo B)}$$

$$S_y = 393 \text{ MPa (Valor tomado del Anexo B)}$$

- Límite de Resistencia a la fatiga

$$Se' = 0,5(S_{ut}) \quad \text{Ec. 36}$$

$$Se' = 0,5(469)\text{MPa}$$

$$Se' = 234,5 \text{ MPa}$$

$$Se = K_{carga}K_{tamaño}K_{superficie}K_{temperatura}K_{confiabilidad}Se' \quad \text{Ec. 37}$$

Donde:

K_{carga} = Factor de carga debido a flexión (1)

$K_{tamaño}$ = Factor de tamaño

$K_{superficie}$ = Factor de superficie

$K_{temperatura}$ = Factor de temperatura (1, para $T \leq 450 \text{ °C}$)

$K_{confiabilidad}$ = Factor de confiabilidad (0,814 para una confiabilidad del 99%, valor tomado del Anexo D)

- Cálculo factor de tamaño

$$K_{\text{tamaño}} = 1,189(d)^{-0,097} \quad \text{Ec. 38}$$

Donde:

D = Diámetro del eje 1 (25,4 mm, ver PLANO EH-03)

- Cálculo factor de superficie

$$K_{\text{superficie}} = A(S_{ut})^b \quad \text{Ec. 39}$$

Donde:

A = Coeficiente del factor de superficie (4,51 valor tomado del Anexo C)

B = Coeficiente del factor de superficie (-0,265 valor tomado del Anexo C)

Reemplazando todos los factores en la Ecuación 37, tenemos el siguiente resultado.

Se = 145,97 MPa

Para determinar el factor de seguridad del eje 1 se aplica el procedimiento propuesto por la ANSI/ASME B106.1M-1985³, con la siguiente fórmula:

$$FS = \frac{\pi d^3}{32} \left[\left(Kf \frac{M_R}{Se} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(Kfm \frac{T_M}{S_y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ec. 40}$$

³ ASME: American Society of Mechanical Engineers; ANSI: American National Standards Institute)

Ya que el punto crítico se encuentra en el punto B, se tiene un momento flector constante y no existe torque, de donde la Ecuación 40 se reduce a lo siguiente:

$$FS = \frac{\pi d^3}{32} \left[\left(K_f \frac{M_R}{S_e} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}}$$

Donde:

FS = Factor de seguridad

D = Diámetro del eje 1 (25,4 mm, ver PLANO EH-03)

M_R = Momento resultante en el punto crítico

S_e = Límite de Resistencia a la fatiga

Remplazando los valores en la ecuación, tenemos el siguiente resultado

FS = 10,41

De lo cual quiere decir que el diámetro seleccionado del eje 1 no va a fallar ya que se encuentra sobredimensionado.

3.4.3.2 Diseño del eje de transmisión #2

Para observar las distancias entre centros de rodamientos y poleas sobre el eje se debe observar el plano de montaje EH-06

Las cargas que se presenta en la **figura 57** se las obtuvo en las secciones 3.4.2.7, 3.4.2.8 Y 3.4.2.10 para lo cual mediante la utilización del software MDSOLIDS 3.5, se procede a calcular las reacciones que deben soportar los rodamientos en el plano x-y.

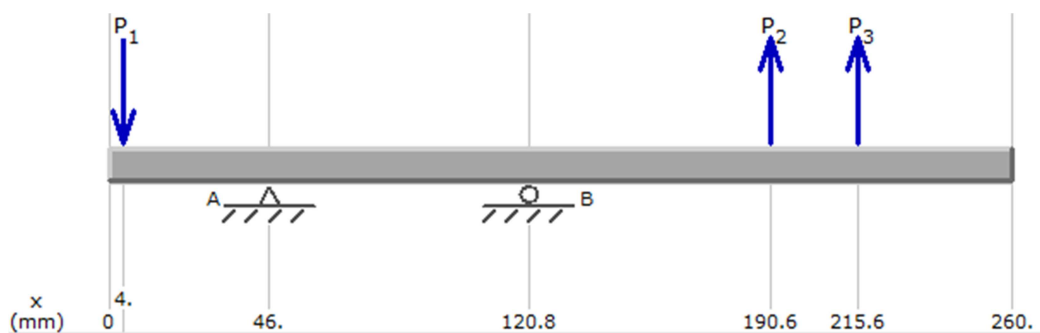


Figura 57. Diagrama de cargas del eje 2 plano x-y

La nomenclatura utilizada en este diagrama es la siguiente:

$$P1 = R_{ly} = -315 \text{ N}$$

$$P2 = R_{Dy} = 113 \text{ N}$$

$$P3 = R_{Ey} = 992 \text{ N}$$

En la **figura 58**, se observa el diagrama de fuerza cortante en el plano x-y.

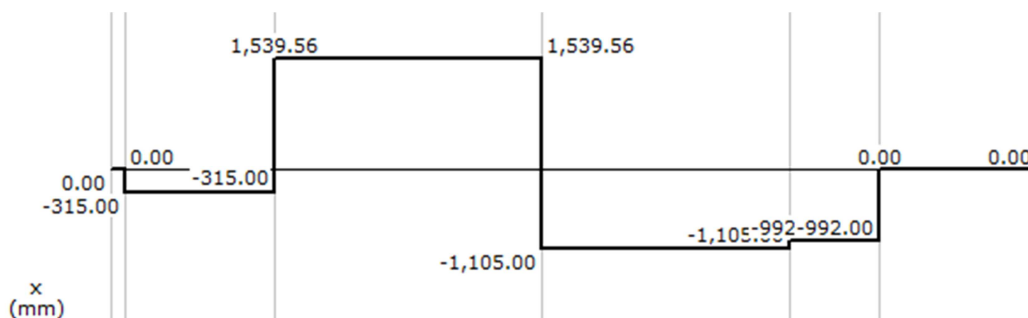


Figura 58. Diagrama de fuerza cortante del eje 2 plano x-y

Las cargas que soportan los rodamientos en el eje 2 en el plano x-y son las siguientes:

En la **figura 59**, se observa el diagrama de momento flector en el plano x-y.

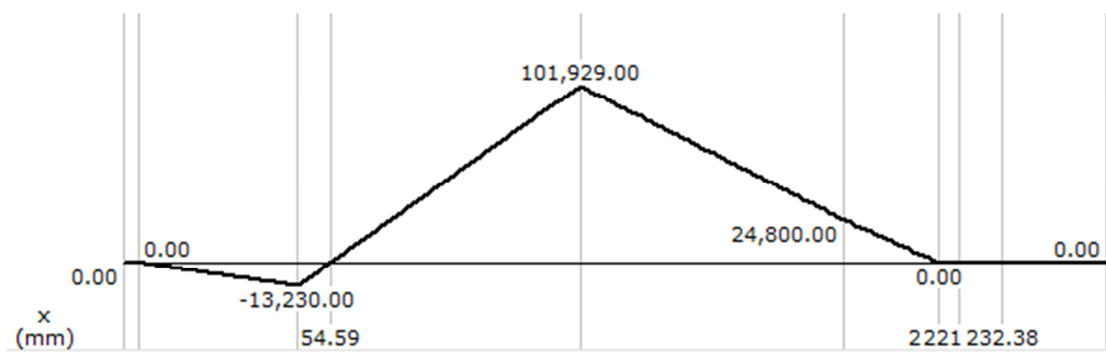


Figura 59. Diagrama de momento flector del eje 2 plano x-y

En la **figura 60**, se observa las cargas que se generan en el plano x-z.

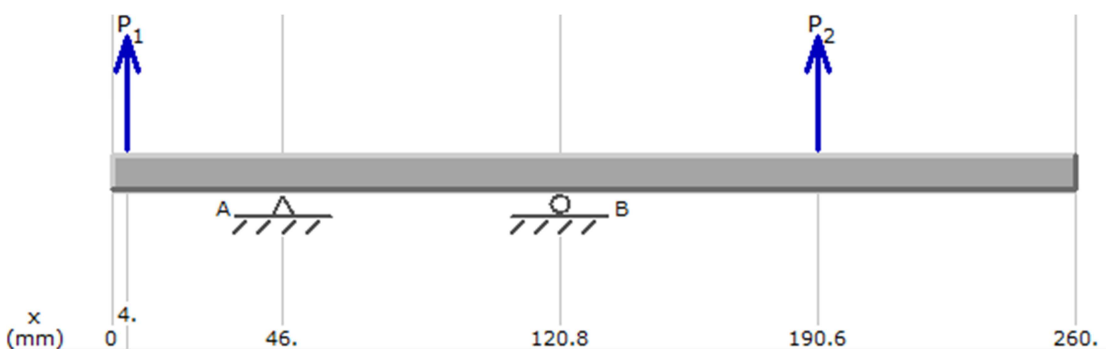


Figura 60. Diagrama de cargas del eje 2 plano x-z

La nomenclatura utilizada en este diagrama es la siguiente:

$$P1 = R_{1x} = 3574 \text{ N}$$

$$P2 = R_{Dx} = 813 \text{ N}$$

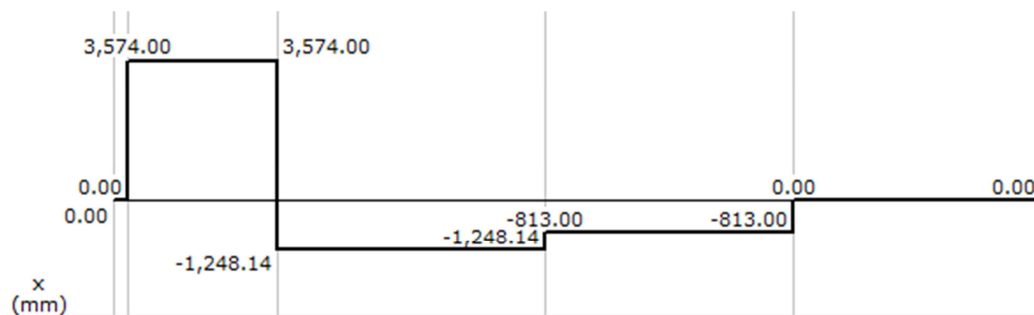


Figura 61. Diagrama de fuerza cortante del eje 2 plano x-z

Las cargas que soportan los rodamientos en el eje 2 en el plano x-z son las siguientes:

En la **figura 62**, se observa el diagrama de momento flector en el plano x-z.

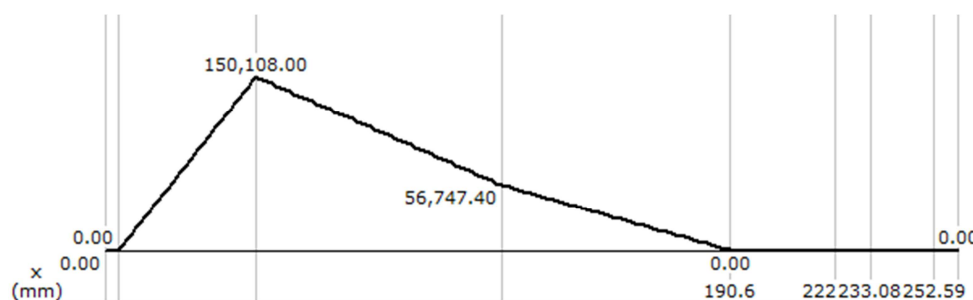


Figura 62. Diagrama de momento flector del eje 2 plano x-z

3.4.3.2.1 Cálculo de Rodamientos del eje 2

Una vez obtenido las reacciones se procede a calcular la fuerza resultante en el punto A y en el punto B con la ecuación 32 y ecuación 33.

De donde se obtiene lo siguiente:

$$F_{RA} = 5166,47 \text{ N}$$

$$F_{RB} = 2680,12 \text{ N}$$

La elección de las chumaceras se realiza en base a la carga radial que debe soportar el rodamiento. Debido a que ya se tiene definido el diámetro del eje 2 (ver PLANO EH-05), se procede a seleccionar un rodamiento SKF 6405

La carga dinámica máxima que soportan los rodamientos es:

$$P_B = 5,166 \text{ KN}$$

Al aplicar la ecuación 34 se tiene lo siguiente:

$$C_{req} = 12,12 \text{ KN}$$

Por lo tanto el rodamiento seleccionado para la chumacera, resiste las cargas presente en el punto A, el cual es el máximo debido a que $C_{req} \leq C$

3.4.3.2.2 Cálculo del momento flector resultante en el punto crítico

De las **figuras 59** y **62**, se puede observar que el punto crítico del eje es en el punto A, para lo cual se tiene los siguientes valores:

$$M_{AXY} = 13230 \text{ N mm}$$

$$M_{AXZ} = 150108 \text{ N mm}$$

Al aplicar la ecuación 35 se obtiene el momento flector resultante en el punto crítico, el cual es:

$$M_R = 150689 \text{ N mm}$$

3.4.3.2.3 Cálculo del factor de seguridad del eje de transmisión #2

➤ Propiedades del material a utilizar

Acero rolado en frío AISI/SAE 1020 cuyas propiedades mecánicas son las siguientes

$$S_{ut} = 469 \text{ MPa (Valor tomado del Anexo B)}$$

$$S_y = 393 \text{ MPa (Valor tomado del Anexo B)}$$

➤ Límite de Resistencia a la fatiga

Al aplicar la ecuación 36 y la ecuación 37 el resultado es el siguiente:

$$Se = 145,97 \text{ MPa}$$

Ya que el punto crítico se encuentra en el punto B, se tiene un momento flector constante y no existe torque, al aplicar la ecuación 40, el resultado es el siguiente:

$$FS = 1,55$$

De lo cual quiere decir que el diámetro seleccionado del eje 2 no va a fallar ya que se encuentra sobredimensionado.

3.4.3.3 Diseño del eje de cilindro de salida.

En la **figura 63**, se observa el rodillo de madera acoplado a un eje, el cual gira por el accionamiento de la polea F, sobre este se encuentra el cilindro de presión, el cual gira ya que se encuentra en contacto con el rodillo de madera.

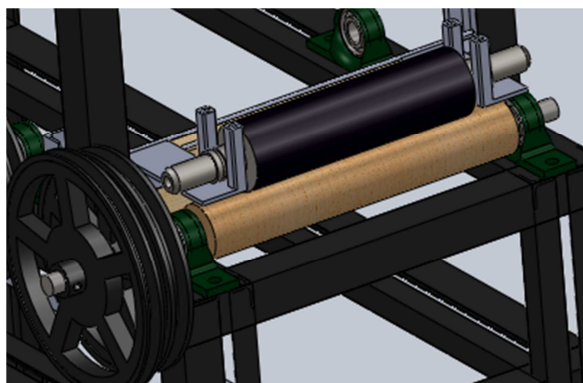


Figura 63. Cilindro de presión y rodillo de madera

Una vez determinados el peso del cilindro de madera y las reacciones que genera la polea F y G sobre el eje, se realiza los diagramas de fuerza cortante y momento flector.

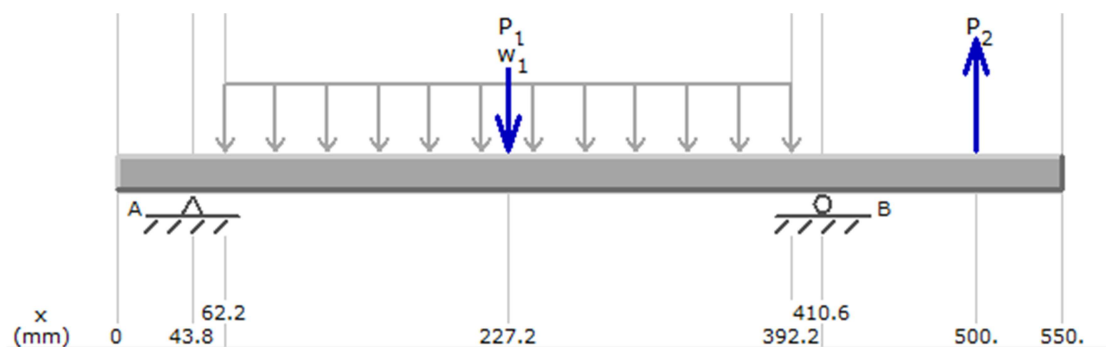


Figura 64. Diagrama de cargas del eje de cilindro de salida plano x-y

Donde:

w_1 : carga distribuida del cilindro de madera (0.003 N/mm)

$P_1 = 41$ N (Peso del cilindro de presión)

$P_2 = R_{Fy} = 992$ N

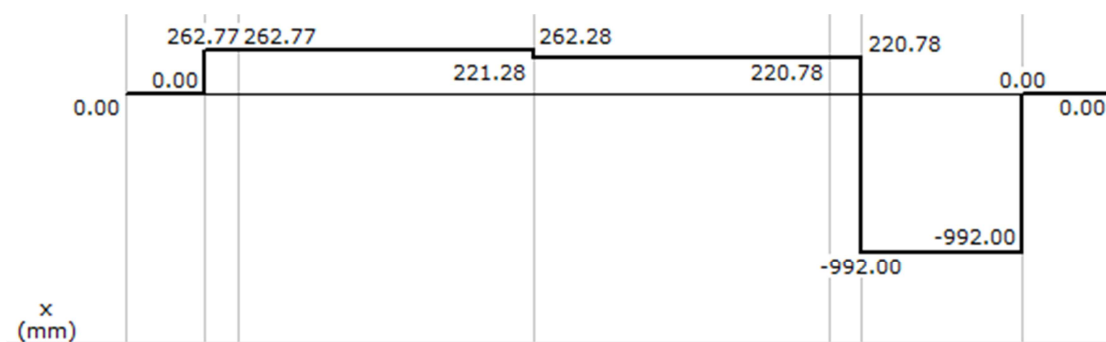


Figura 65. Diagrama de fuerza cortante del eje de Cilindro de salida plano x-y.

Del diagrama de fuerza cortante que se observa en la **figura 65**, se tiene los siguientes resultados:



Figura 66. Diagrama de momento flector del eje de cilindro de salida plano x-y.

Del diagrama de momento flector que se observa en la **figura 66**, se observa que el momento máximo se da en el punto B, y tiene un valor de:

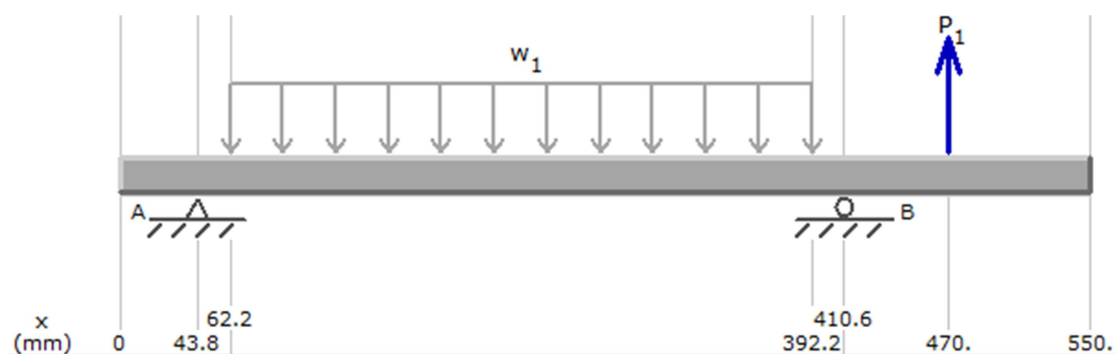


Figura 67. Diagrama de cargas del eje de cilindro de salida plano x-z.

Donde:

w_1 : carga distribuida del cilindro de madera (0.003 N/mm)

$P_1 = RG_x = 1275 \text{ N}$

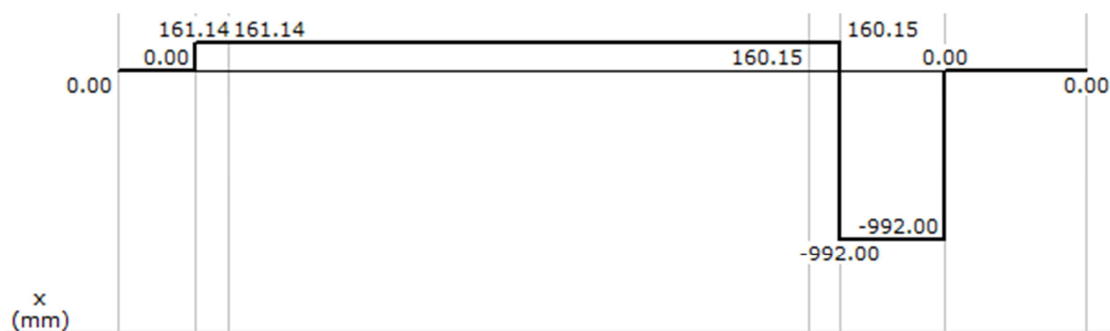


Figura 68. Diagrama de fuerza cortante del eje de cilindro de salida plano

x-z.

Del diagrama de fuerza cortante que se observa en la **figura 69**, se tiene los siguientes resultados:

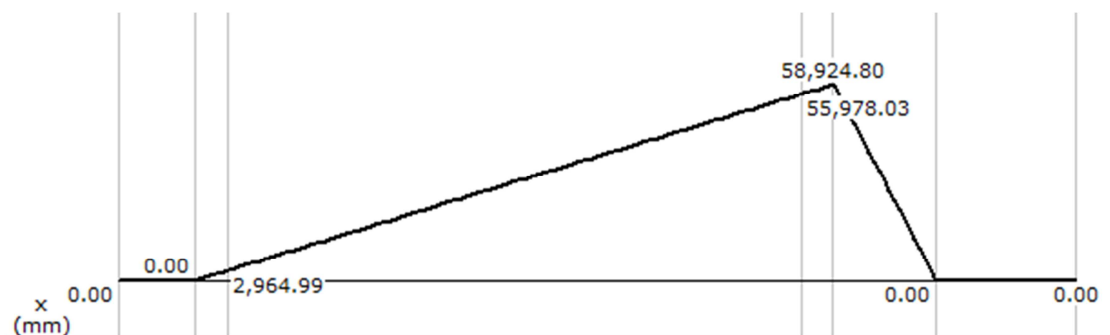


Figura 69. Diagrama de momento flector del eje de cilindro de salida plano

x-z.

Del diagrama de momento flector que se observa en la **figura 69**, se observa que el momento máximo se da en el punto B, y tiene un valor de:

$$M_{\text{BXZ}} = 58924,80 \text{ N mm}$$

3.4.3.3.1 Cálculo del momento flector resultante en el punto crítico

De las **figuras 66 y 69**, se puede observar que el punto crítico del eje es en el punto B, para lo cual se tiene los siguientes valores:

$$M_{\text{BXY}} = 88684 \text{ N mm}$$

$$M_{\text{BXZ}} = 58924 \text{ N mm}$$

Al aplicar la ecuación 35 se obtiene el momento flector resultante en el punto crítico, el cual es

$$M_{\text{R}} = 106474 \text{ N mm}$$

3.4.3.3.2 Cálculo del factor de seguridad del eje del cilindro de salida

- Propiedades del material a utilizar

Acero rolado en frío AISI/SAE 1020 cuyas propiedades mecánicas son las siguientes

$$S_{ut} = 469 \text{ MPa (Valor tomado del Anexo B)}$$

$$S_y = 393 \text{ MPa (Valor tomado del Anexo B)}$$

- Limite de Resistencia a la fatiga

Se utiliza la ecuación 36 y ecuación 37, donde el resultado es el siguiente

$$Se' = 234,5 \text{ MPa}$$

$$Se = 150.72 \text{ MPa}$$

Ya que el punto crítico se encuentra en el punto B, se tiene un momento flector constante y no existe torque, al aplicar la ecuación 40, el resultado es el siguiente:

$$\mathbf{FS = 1,54}$$

De lo cual quiere decir que el diámetro seleccionado del eje no va a fallar ya que se encuentra sobredimensionado.

3.4.3.3.3 Calculo de Rodamientos para el eje del cilindro de salida

Una vez obtenido las reacciones se procede a calcular la fuerza resultante en el punto A y en el punto B con la ecuación 32 y ecuación 33.

De donde se obtiene lo siguiente:

$$F_{RA} = 6642,43 \text{ N}$$

$$F_{RB} = 4800,50 \text{ N}$$

La elección de las chumaceras se realiza en base a la carga radial que debe soportar el rodamiento. Debido a que ya se tiene definido el diámetro del eje (ver PLANO EH-07), se procede a seleccionar un rodamiento SKF 6404, cuyas características son las siguientes:

Tabla 16. Características del rodamiento SKF 6404

d	20mm
D	72mm
C	28,5 KN
Co	13,9 KN

Fuente: Autor

Donde:

D = Diámetro interior del rodamiento

D = Diámetro externo del rodamiento

C = Capacidad de carga dinámica

Co = Capacidad de carga estática

La carga dinámica máxima con la que se calculara la carga dinámica requerida es:

$$P_B = 6,64 \text{ KN}$$

Al aplicar la ecuación 34 se tiene lo siguiente:

$$C_{req} = 18,14 \text{ KN}$$

Por lo tanto el rodamiento seleccionado para la chumacera, resiste las cargas presente en el punto A, el cual es el máximo debido a que $C_{req} \leq C$

3.4.3.4 Diseño del eje de esponja de tintura

En la **figura 70**, se observa la esponja de tintura acoplada al eje 3, debido a que sobre el eje no se encuentran cargas que puedan generar alguna falla, no se realiza un análisis como en los casos anteriores, se utilizarán los mismos rodamientos del eje del cilindro de salida ya que es del mismo diámetro.

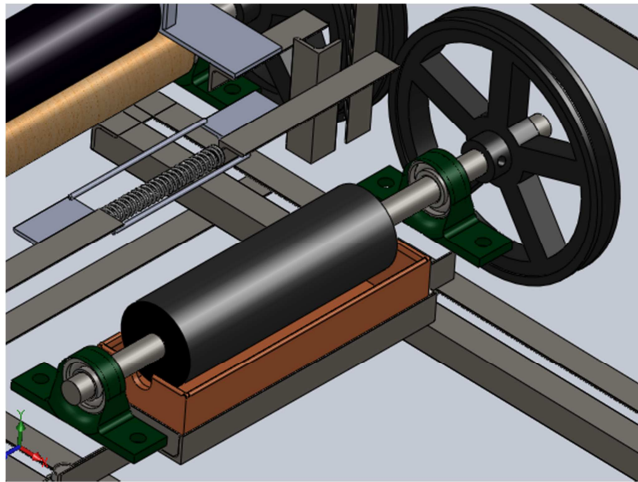


Figura 70. Eje #3 con la esponja de tintura

Para mayor detalle del montaje y diámetro del eje se encuentra en los planos EH-10 y EH-11.

3.4.4 ANALISIS DEL MECANISMO DE INYECCION DE COLORANTE

Este mecanismo está compuesto de las siguientes partes:

- Leva de perfil circular excéntrica
- Brazo de leva acoplado al seguidor de contacto

- Bocines de Bronce
- Eje de levas
- Porta Pistolas de Tintura
- Pistolas de Tintura
- Alambre

La inyección del colorante se produce cuando cada brazo de leva acciona los gatillos de las pistolas de tintura, los cuales están unidos por alambre de freno de moto.

Para la impregnación del colorante sobre los hilos se requiere de un flujo de aire comprimido que es originado en un compresor de 2 HP, en el Anexo H se indica el compresor que se utiliza.

A continuación se procede a realizar los cálculos de diseño de las partes más representativas, para lo cual se realizara un análisis estático, ya que dicho mecanismo no se encuentra girando a altas revoluciones.

3.4.4.1 Análisis de la leva

Para accionar las pistolas de tintura es necesario implementar un mecanismo el cual está compuesto por tres levas excéntricas de perfil circular, las cuales por no tener el eje en el centro de la leva, genera un accionamiento dependiendo de la altura que alcanza en su punto máximo.

Cada pistola de tintura será accionada por una leva excéntrica, basándose para el diseño de esta como si fuera un árbol de levas, el desfase que existe entre cada leva dependerá del diseño del hilo a producir en la empresa, por lo que más adelante en el capítulo de pruebas se observara el resultado obtenido al colocar distintos ángulos entre levas.

3.4.4.1.1 Análisis del movimiento

La leva excéntrica realizara el siguiente movimiento:

- Tomando como referencia de 0 a 90°, la leva excéntrica subirá 60mm, el mismo que representa la subida del brazo de leva con el seguidor
- De 90° a 180°, la leva descenderá 60mm, la misma que representa el descenso del brazo de leva, el cual accionara las pistolas de tintura.
- De 180° a 360°, la leva repetirá lo descrito anteriormente, por lo que en un giro de la leva accionara dos veces las pistolas de tintura.

Tomando en cuenta las consideraciones de movimiento descritas anteriormente, las levas excéntricas fabricadas son de perfil circular, con un diámetro de 80mm, se las diseño completamente circulares ya que la manufactura y la construcción son fáciles de realizar.

El análisis realizado es para una leva de movimiento uniforme y se lo realizo en Mathcad, a continuación se presentan las ecuaciones y resultados obtenidos.

$$h := 60$$

$$R_b := 40 \quad \text{mm Radio de la leva circular}$$

$$R_r := 10 \quad \text{mm Radio del rodillo}$$

$$\theta := 0, 1 \dots 360$$

$$\beta_1 := 90$$

$$\beta_2 := 90$$

$$R_p := R_b + R_r$$

EC. 41

$$R_p = 50$$

$$s_1(\theta) := \frac{h}{\beta_1} \cdot (\theta)$$

EC. 42

$$s_2(\theta) := h \cdot \left[1 - \left(\frac{\theta - \beta_1}{\beta_2} \right) \right]$$

EC. 43

$$s_3(\theta) := \text{if}(\theta \geq \beta_1, s_2(\theta), s_1(\theta))$$

$$s_4(\theta) := 0$$

$$s(\theta) := \text{if}(\theta \geq \beta_1 + \beta_2, s_2(\theta), s_3(\theta))$$

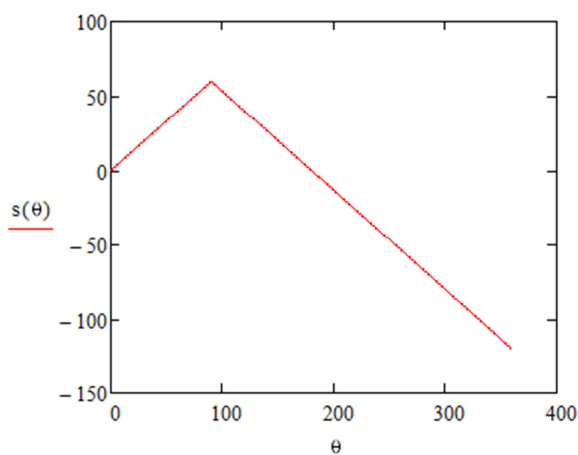


Figura 71. Movimiento de la leva en base al ángulo

Finalmente el perfil de leva es el siguiente, el cual es totalmente circular, y no necesita de un perfil irregular para realizar el accionamiento sobre las pistolas de tintura.

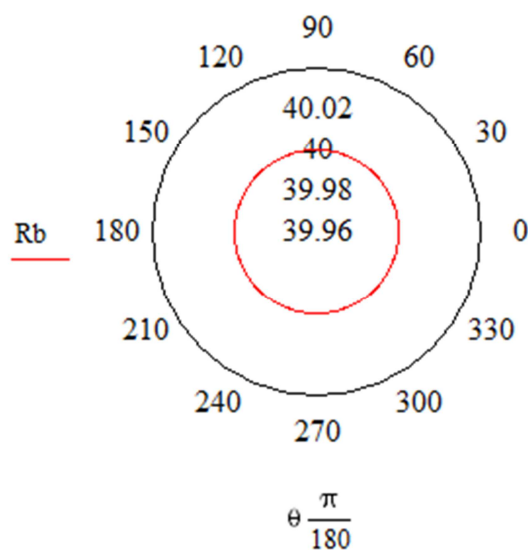


Figura 72. Perfil de la leva circular

3.4.4.2 Cálculo del brazo de leva

En la **figura 73**, se observa el brazo de leva, con la ayuda de SOLIDWORKS, se realizara una simulación estática para establecer la tensión de Von Mises y la máxima deformación que puede sufrir el brazo de leva al estar sometida a un peso de 6kg.

El brazo de leva esta unido al bocín por medio de soldadura, y el seguidor se encuentra soldado a cierta distancia del brazo (plano EH-16).

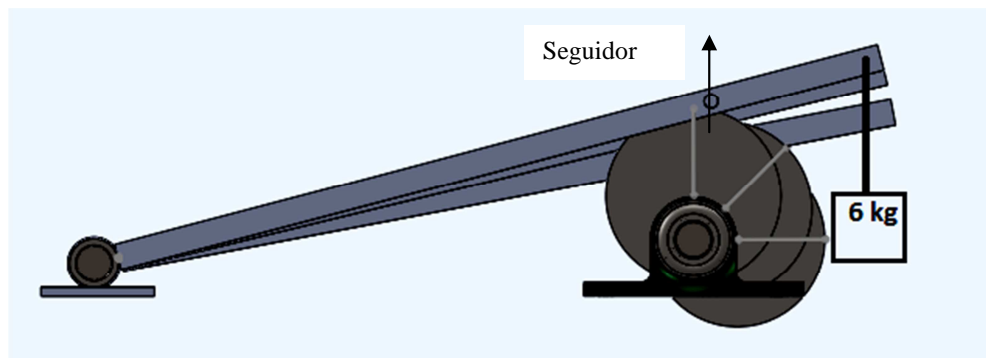


Figura 73. Brazo de leva

En la **figura 74**, se observa la deformación del brazo de leva que se puede producir debido al peso de 6kg, la máxima deformación que se produce es de 0.0573 mm.

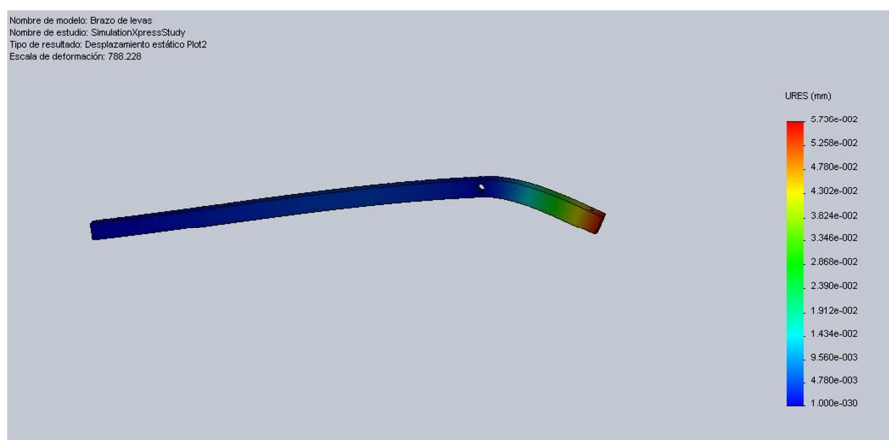


Figura 74. Deformación del brazo de leva simulado en Solidworks

En la figura 75, se observa que el punto crítico del brazo de leva es en el agujero donde se encuentra soldado el seguidor, para lo cual se determina el

factor de seguridad para garantizar que el esfuerzo que se genera ahí no debe ser mayor a lo calculado.

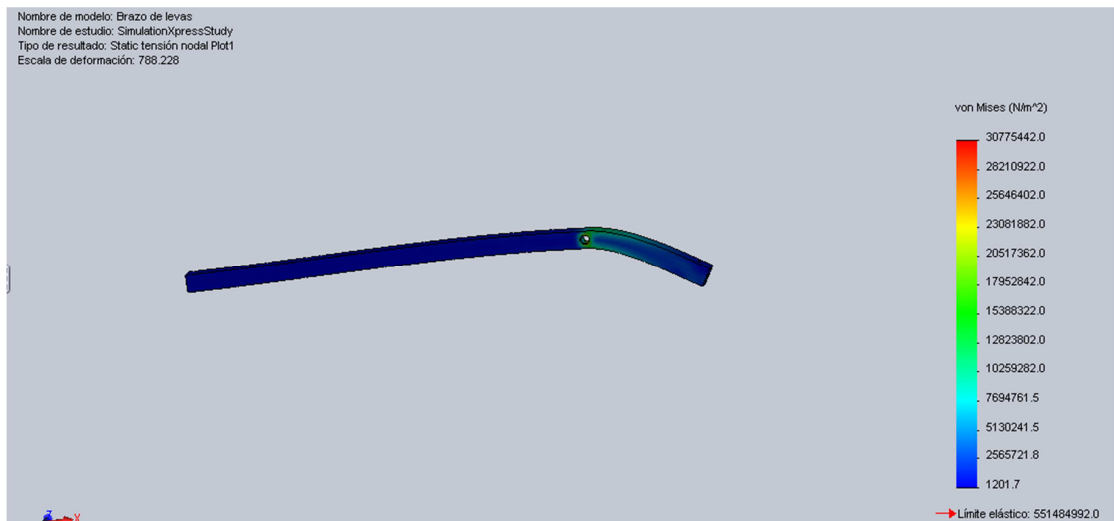


Figura 75. Análisis de esfuerzos del brazo de leva

Para determinar el factor de seguridad del brazo de leva, se aplica la siguiente formula

$$\text{---} \quad \text{Ec. 44}$$

Donde

$$S_y = 551 \text{ MPa}$$

$$= 30,77 \text{ MPa}$$

Al remplazar los valores se obtiene un factor de seguridad de 17,92.

3.4.4.3 Diseño del eje de levas

Para determinar la velocidad de giro del eje de levas se aplica la siguiente ecuación:

$$n_{ejelevas} = n_{motor} \frac{\phi A \phi C \phi H}{\phi B \phi D \phi I} \quad \text{Ec.45}$$

Donde:

$n_{ejelevas}$ = Velocidad del eje de levas (rpm)

n_{motor} = Velocidad del motor (1740 rpm)

ϕA = Diámetro polea A (44,45mm)

ϕB = Diámetro polea B (114,30mm)

ϕC = Diámetro polea C (50,8mm)

ϕD = Diámetro polea D (279,4mm)

ϕH = Diámetro polea H (63,5mm)

ϕI = Diámetro polea A (152,40mm)

Al remplazar todos los valores nos da un valor de 51,26 rpm, por lo que se realizara un análisis estático para determinar el factor de seguridad del eje de levas.

Al ser una análisis estático solo se considera el peso de los elementos montados sobre el eje, como es el caso del peso del brazo de leva, el peso de las levas excéntricas, el peso de la polea J es despreciable ya que son hechas de aluminio, también se debe considerar la reacción que genera la polea J.

Para determinar el peso de la leva de perfil circular, se utiliza el programa Solidworks, para determinar las propiedades físicas, el material con las que se fabricara es de acero aleado.

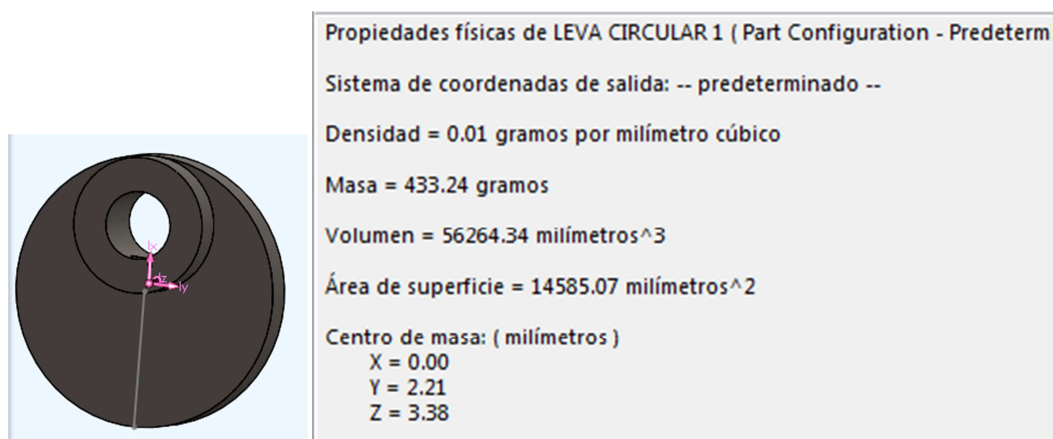


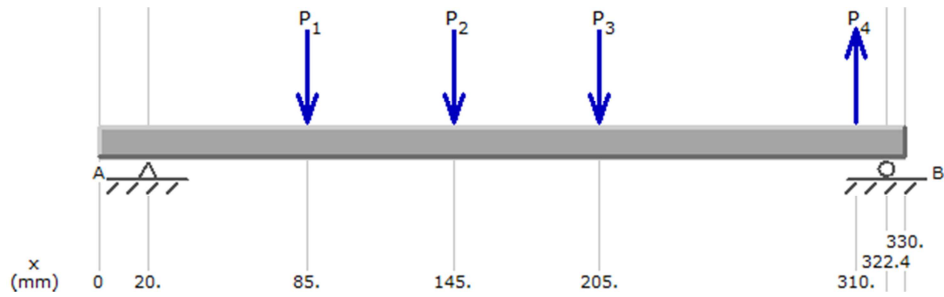
Figura 76. Propiedades físicas de la leva de perfil circular

De la figura 3.31 se tiene la masa de la leva, y con la siguiente fórmula se determina el peso de la leva

Ec. 46

Al estar actuando un peso de 6 Kg sobre el brazo de leva, el peso total del brazo de leva es el siguiente

3.4.4.3.1 Diagramas de fuerza cortante y momento flector del eje de levas



$= 63,1 \text{ N}$

$P_4 = R_{Jy} = 315 \text{ N}$

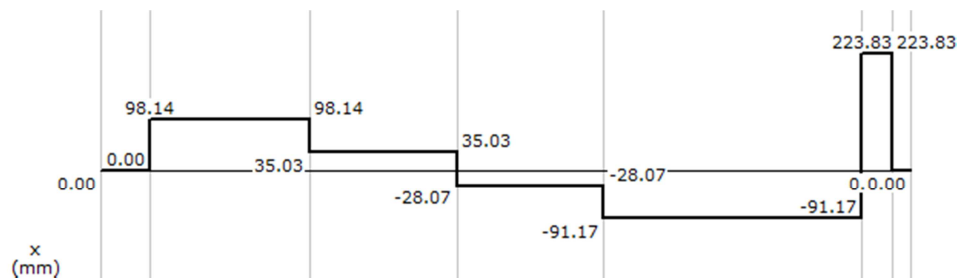


Figura 77. Diagrama de fuerza cortante eje de levas

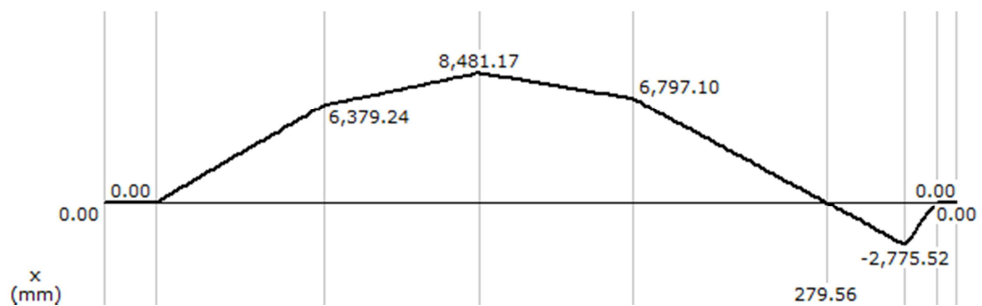


Figura 78. Diagrama de momento flector eje de levas

De los diagramas de las **figuras 77 y 78** se obtienen el momento máximo y la fuerza cortante máxima.

$$M_{\max} = 8481,17 \text{ N mm}$$

$$V_{\max} = 223,83 \text{ N}$$

3.4.4.3.2 Factor de seguridad eje de levas

Se calcula el esfuerzo de flexión normal con la siguiente fórmula:

$$\sigma = \frac{My}{I} \quad \text{Ec.47}$$

Donde:

σ = Esfuerzo de flexión normal (MPa)

M = Momento máximo

Y = distancia del plano medio hacia el extremo del eje (10mm)

I = Inercia del eje que se calcula con la siguiente fórmula:

$$I = \frac{\pi}{64} d^4 \quad \text{Ec.48}$$

$$I = 7853 \text{ mm}^4$$

Al remplazar todos los datos se obtiene lo siguiente:

$$\sigma = 10,79 \text{ MPa}$$

Se calcula el esfuerzo cortante producido por la torsión con la siguiente fórmula:

$$\tau = \frac{T\rho}{J} \quad \text{Ec. 49}$$

Donde:

τ = Esfuerzo cortante por torsión (MPa)

T = Torque del eje de levas (136253 N mm, calculado en la sección 3.4.2.10)

ρ = Radio del eje (10mm)

J = Momento de inercia polar que se calcula con la siguiente fórmula:

$$J = \frac{\pi}{32} d^4 \quad \text{Ec. 50}$$

$$J = 15707 \text{ mm}^4$$

Al remplazar todos los datos se obtiene lo siguiente:

$$\tau = 86,75 \text{ MPa}$$

Se utilizo un material acero rolado en frio AISI/SAE 1040 cuyas propiedades mecánicas son las siguientes:

$S_{ut} = 586 \text{ MPa}$ (Valor tomado del Anexo B)

$S_y = 490 \text{ MPa}$ (Valor tomado del Anexo B)

Se calcula el esfuerzo cortante máximo con la siguiente fórmula:

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2} \quad \text{Ec. 51}$$

$$\tau_{max} = 86,91 \text{ MPa}$$

Al aplicar la siguiente formula se obtiene el factor de seguridad para el eje de levas

$$FS = \frac{0,5 S_y}{\tau_{max}} \quad \text{Ec. 52}$$

$$FS = 2,81$$

3.4.4.3.3 Cálculo de Rodamientos para el eje de levas

Las reacciones que se generan en los apoyos de los rodamientos son las siguientes:

$$R_A = 98,14 \text{ N}$$

$$R_B = 91,17 \text{ N}$$

La elección de las chumaceras se realiza en base a la carga radial que debe soportar el rodamiento. Debido a que ya se tiene definido el diámetro del eje de levas, se procede a seleccionar un rodamiento SKF 6404.

La carga dinámica máxima con la que se calculara la carga dinámica requerida es:

$$P_A = 0,098 \text{ KN}$$

Al aplicar la ecuación 34 se tiene lo siguiente:

$$C_{req} = 0.17 \text{ KN}$$

Por lo tanto el rodamiento seleccionado para la chumacera, resiste las cargas presente en el punto A, el cual es el máximo debido a que $C_{req} \leq C$

3.4.5 CALCULO DE REACCIONES EN LOS SOPORTES DEL CILINDRO DE PRESION

En la **figura 79**, se observa el cilindro de presión, el cual se encuentra sobre el soporte izquierdo y derecho.

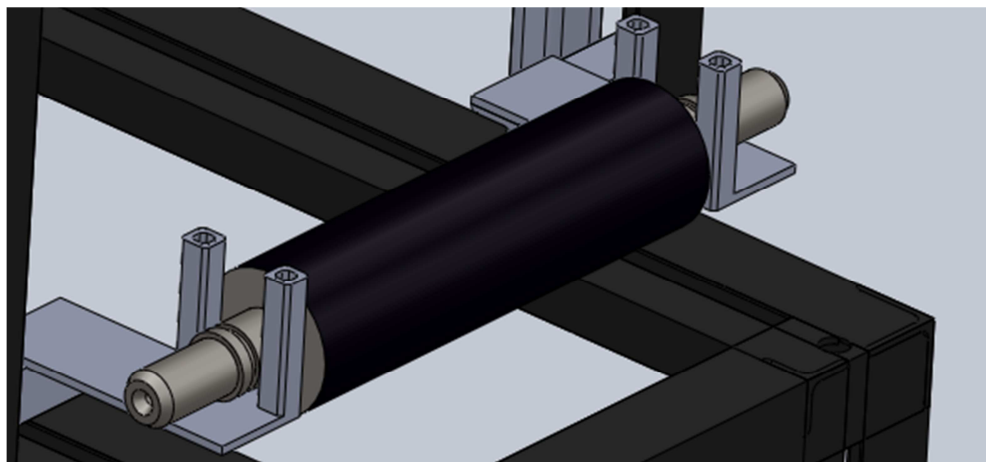


Figura 79. Soportes del cilindro de presión

En la sección 3.4.3.3, se observa que el peso del cilindro de presión se encuentra sobre el cilindro de madera, y no sobre los soportes, por lo que los soportes solo son guías para que el cilindro se encuentre apoyado como se muestra en la figura.

Realizar un cálculo de las reacciones que se genera en los soportes no es necesario ya que no se encuentran ninguna fuerza que actué sobre ellas.

3.4.6 DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRICO

El diseño consta de un circuito de fuerza y un circuito de control con su respectiva protección.

Los elementos que conforman el circuito deben cumplir con los siguientes requerimientos:

- Voltaje =220 V.
- Frecuencia= 60HZ,
- Corriente = 15 A
- Potencia de 1 Hp

Los elementos seleccionados que conforman el diagrama eléctrico se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 17. Elementos eléctricos

CANTIDAD	DESCRIPCION
1	CONTACTOR
1	TEMPORIZADOR
1	RELE TERMICO
1	ELECTROVALVULA

Fuente: Autor

A continuación se presenta el diagrama eléctrico para la instalación del motor.

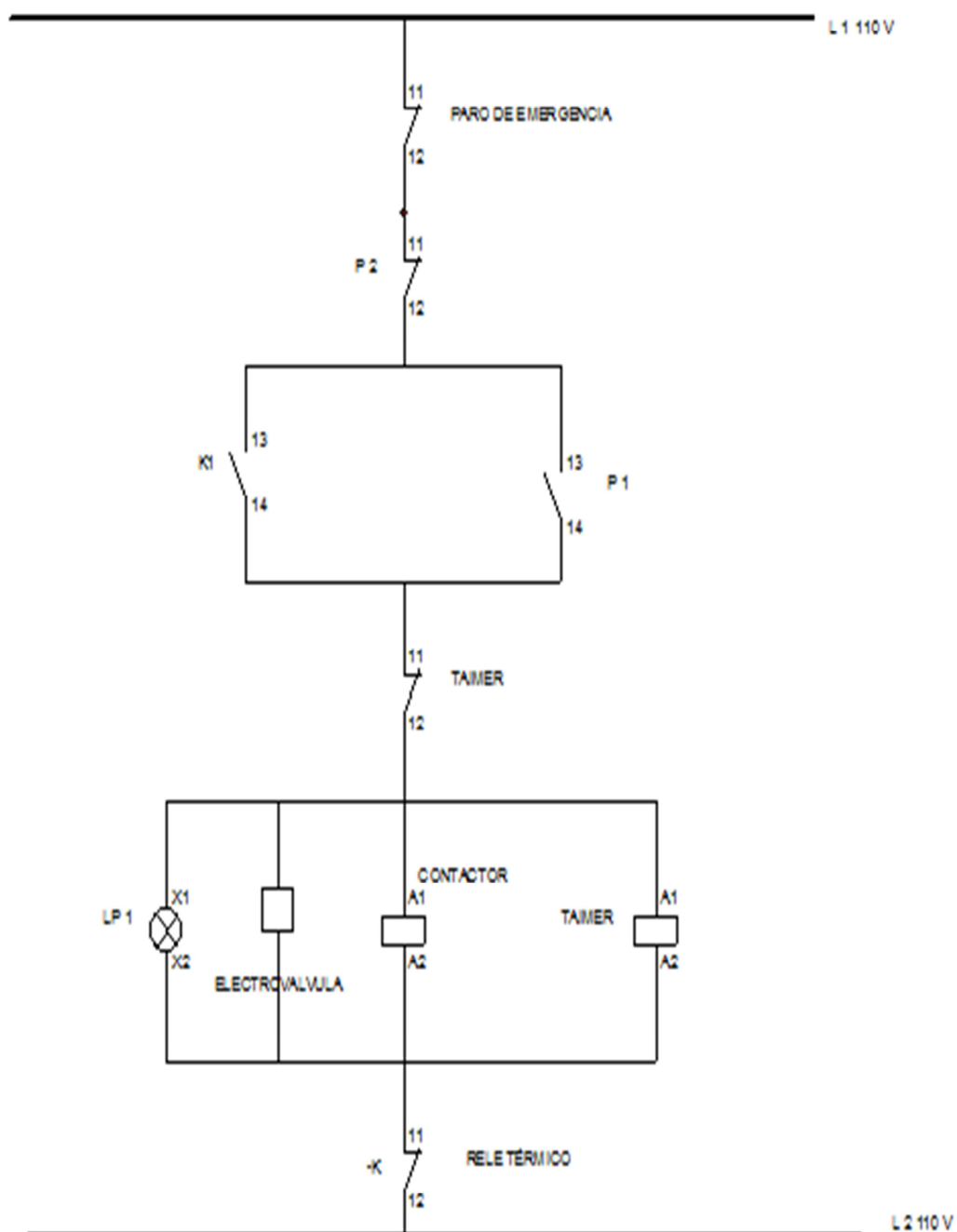


Figura 80. Circuito de control del sistema eléctrico

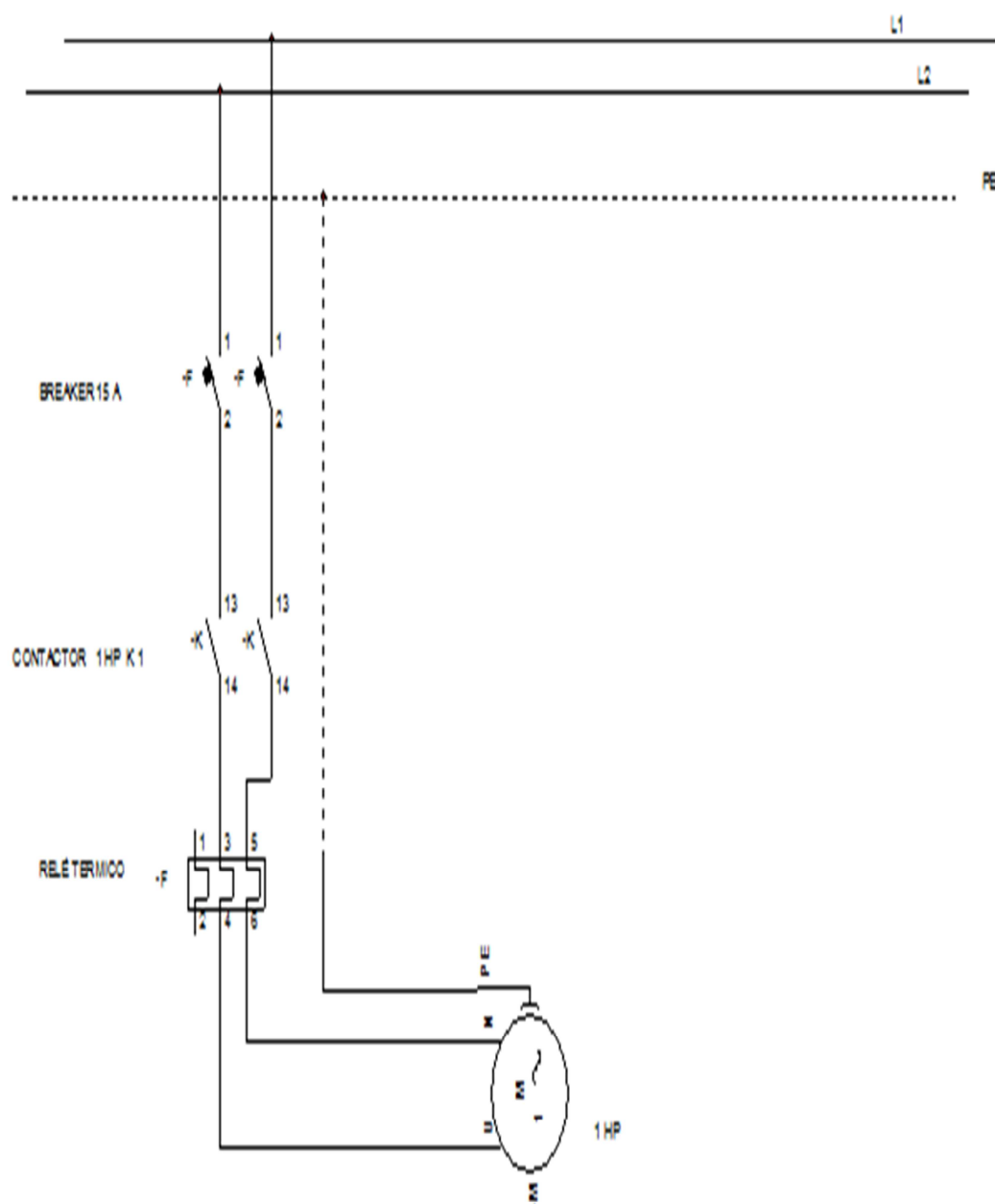


Figura 81. Diagrama de fuerza del sistema eléctrico

3.5 CONSTRUCCION DE LA MAQUINA ESTAMPADORA DE HILOS

Una vez realizados los planos de construcción que se encuentran en el ANEXO I, se realiza la construcción de las partes a fabricar, y de igual manera se realiza los diferentes montajes para al final obtener el ensamble total de la maquina estampadora de hilos.

En el ANEXO J, se presentan imágenes captadas en el proceso de construcción y montaje de la maquina.

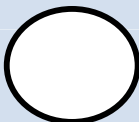



En el proceso de construcción, montaje e instalación de la maquina estampadora de hilos se utilizará las siguientes máquinas herramientas las cuales se muestran a continuación:

- Flexómetro
- Arco de sierra
- Soldadora eléctrica
- Moladora
- Taladro de mano
- Taladro pedestal
- Torno
- Calibrador pie de rey
- Cuchillas para tornear

- Entenalla
- Escuadra
- Limas
- Dobladora de tol
- Llaves
- Brocas
- Machuelos
- Destornilladores

Se realizara flujogramas donde se presentan las operaciones tecnológicas que se realiza para la construcción de la maquina estampadora de hilos, para mayor comprensión de los flujogramas a continuación se detalla la nomenclatura utilizada.

Tabla 18. Nomenclatura para los flujogramas

SIMBOLO	SIGNIFICADO
	OPERACION
	TRANSPORTE
	INSPECCION
	ALMACENAMIENTO

Fuente: Autor

3.5.1 CONSTRUCCION DEL BASTIDOR

Para la construcción del bastidor se utilizara los siguientes perfiles:

- L 2" x 2" x 1/8"
- L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

En la **tabla 19** se muestra las partes constitutivas del bastidor, sus elementos y el material del cual se construye.

Tabla 19. Partes del bastidor

ELEMENTO	CANTIDAD	MATERIAL
Estructura principal	1	Acero Estructural ASTM A36
Base móvil del bastidor	1	Acero Estructural ASTM A36
Perfil vertical	5	Acero Estructural ASTM A36
Perfil para sujeción de los porta pistolas de tintura	1	Acero Estructural ASTM A36
Perfil vertical soporte de válvula	2	Acero Estructural ASTM A36
Perfil para sujeción de la válvula	2	Acero Estructural ASTM A36
Tubo cuadrado	2	Acero Estructural ASTM A36
Placa transversal	1	Acero Estructural ASTM A36

Fuente: Autor

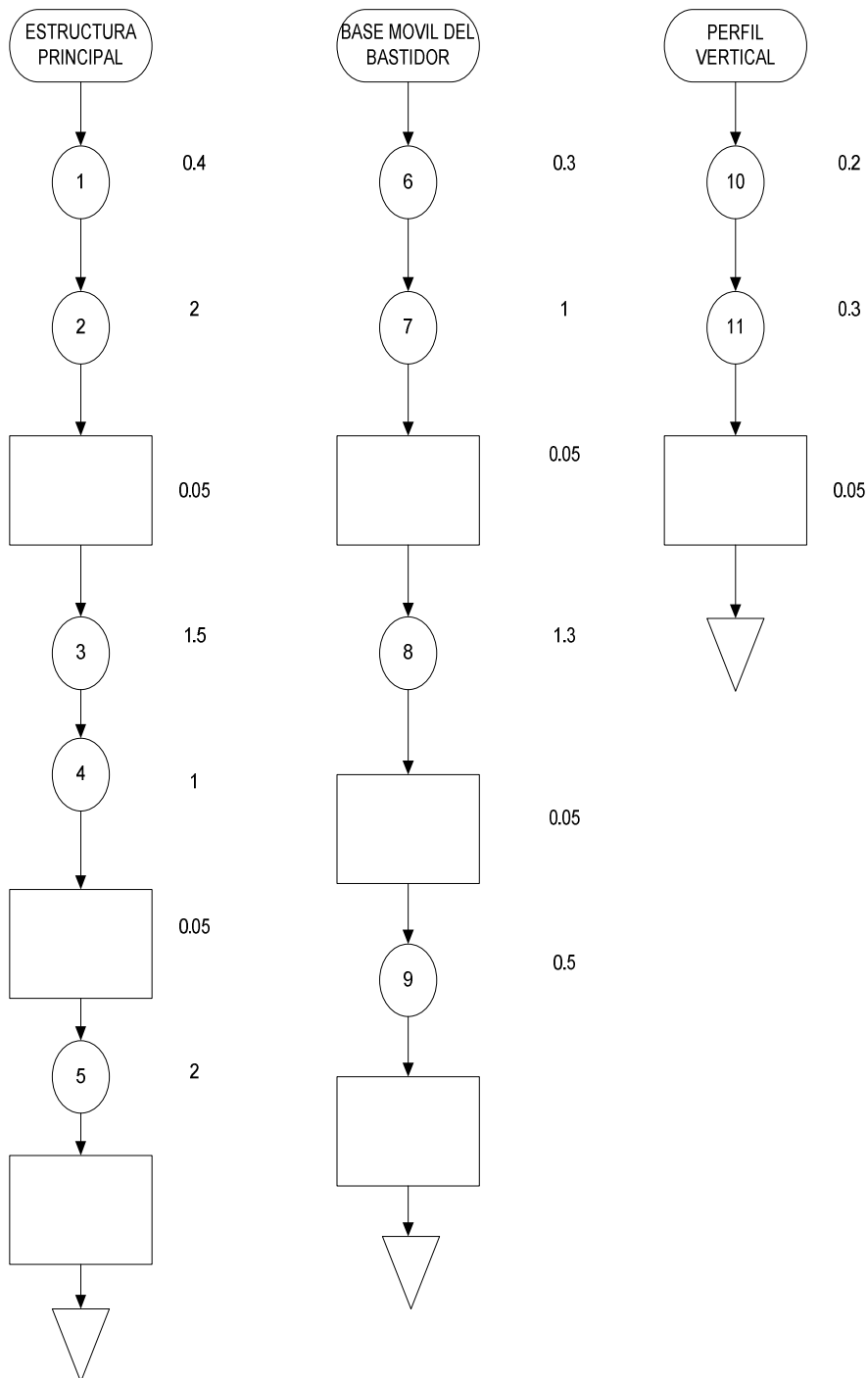
En la **tabla 20** se detalla la operación y el tiempo que se demora en construir cada elemento que conforma el bastidor.

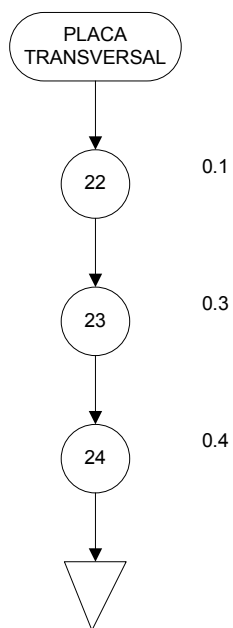
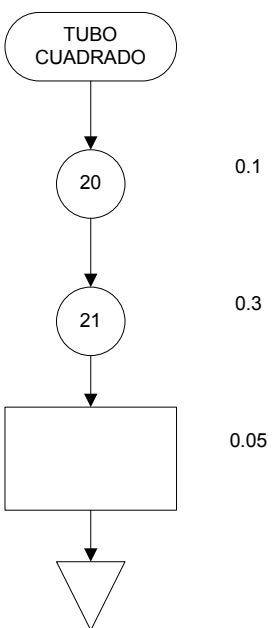
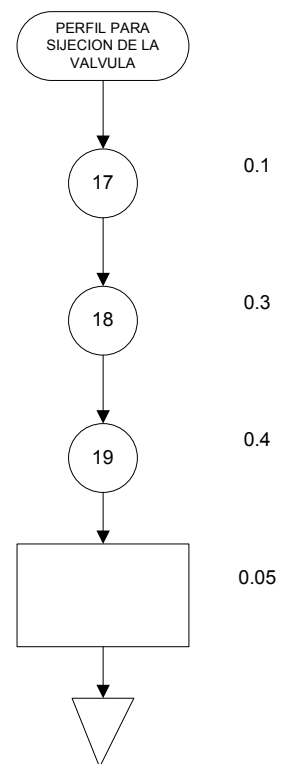
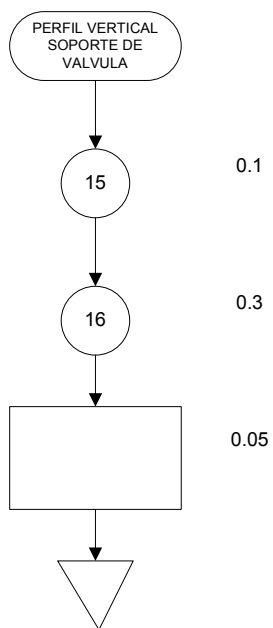
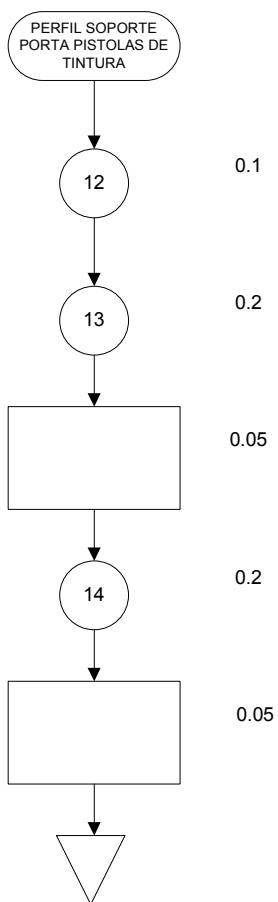
Tabla 20. Operaciones y tiempos de construcción del bastidor

ELEMENTO	#	OPERACIÓN	TIEMPO (h)
Estructura principal	1	Toma de medidas	0.4
	2	Corte	2
	3	Pre-soldado	1.5
	4	Escuadrado	1
	5	Soldadura	2
Base móvil del bastidor	6	Toma de medidas	0.3
	7	Corte	1
	8	Soldadura	1.3
	9	Perforación de agujeros	0.5
Perfil vertical	10	Toma de medidas	0.3
	11	Corte	1
Perfil soporte porta pistolas de tintura	12	Toma de medidas	0.1
	13	Corte	0.2
	14	Perforación de agujeros	0.2
Perfil vertical soporte de válvula	15	Toma de medidas	0.1
	16	Corte	0.3
Perfil para sujeción de la válvula	17	Toma de medidas	0.1
	18	Corte	0.3
	19	Perforación de agujero	0.4
Tubo cuadrado	20	Toma de medidas	0.1
	21	Corte	0.3
Placa transversal	22	Toma de medidas	0.1
	23	Corte	0.3
	24	Perforación de agujeros	0.4
SUBTOTAL			14.2

Fuente: Autor

En los siguiente flujogramas se presenta los diferentes elementos y operaciones para la construcción del bastidor





3.5.2 CONSTRUCCION DE EJES

En la **tabla 21**, se indica todos los ejes con sus respectivos materiales y elementos montados sobre cada uno de ellos, los planos de montaje de cada uno de ellos se encuentran detallados en el ANEXO I.

Tabla 21. Ejes con sus elementos y materiales

EJE	ELEMENTOS	CANTIDAD	MATERIAL
EJE DE TRANSMISION #1	Eje #1	1	AISI/SAE 1020 Acero rolado en frio
	Polea de 4 1/2"	1	Normalizada de Aluminio
	Polea de 2"	1	Normalizada de Aluminio
	Rodamientos de bolas	1	SKF
EJE DE TRANSMISION #2	Eje #2	1	AISI/SAE 1020 Acero rolado en frio
	Polea de 9"	1	Normalizada de Aluminio
	Polea de 11"	1	Normalizada de Aluminio
	Polea de 2 1/2"	1	Normalizada de Aluminio
EJE DEL CILINDRO DE SALIDA	Rodamientos de bolas	2	SKF
	Eje #3	1	AISI/SAE 1020 Acero rolado en frio
	Polea de 9"	1	Normalizada de Aluminio
	Polea de 7"	1	Normalizada de Aluminio
	Cilindro de salida	1	Madera
EJE DE ESPONJA DE TINTURA	Rodamientos de bolas	2	SKF
	Eje #4	1	AISI/SAE 1020 Acero rolado en frio
	Polea de 7"	1	Normalizada de Aluminio
	Esponja de tintura	1	Normalizada
EJE DE BOCINES	Rodamientos de bolas	2	SKF
	Eje #5	1	AISI/SAE 1020 Acero rolado en frio
	Bocines	3	Bronce
	Separador de bocines	4	Acero
EJE DE LEVAS	Apoyos eje de bocines	2	Acero
	Eje #6	1	AISI/SAE 1020 Acero rolado en frio
	Polea de 6"	1	Normalizada de Aluminio
	Levas excéntricas de perfil circular	3	Acero
	Rodamientos de bolas	2	SKF

Fuente: Autor

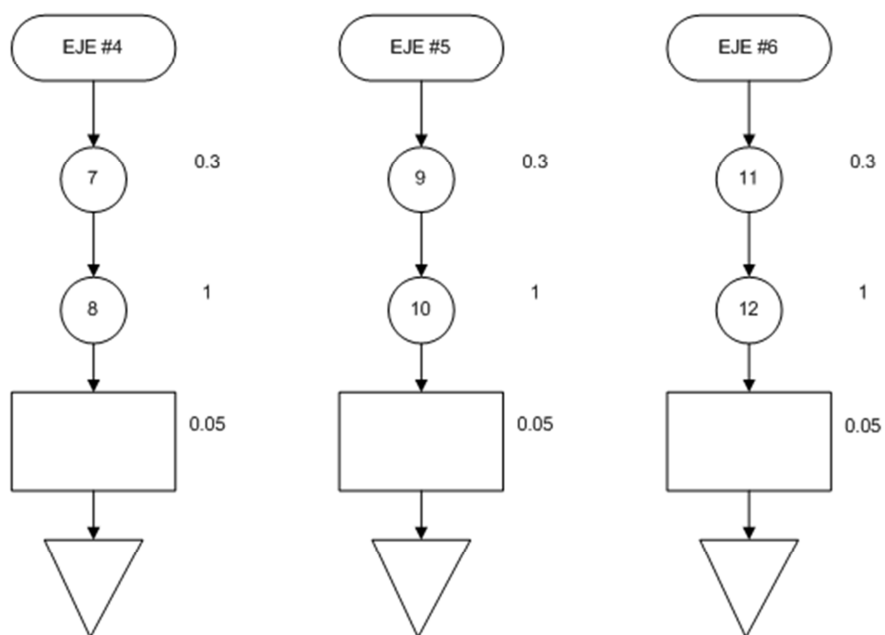
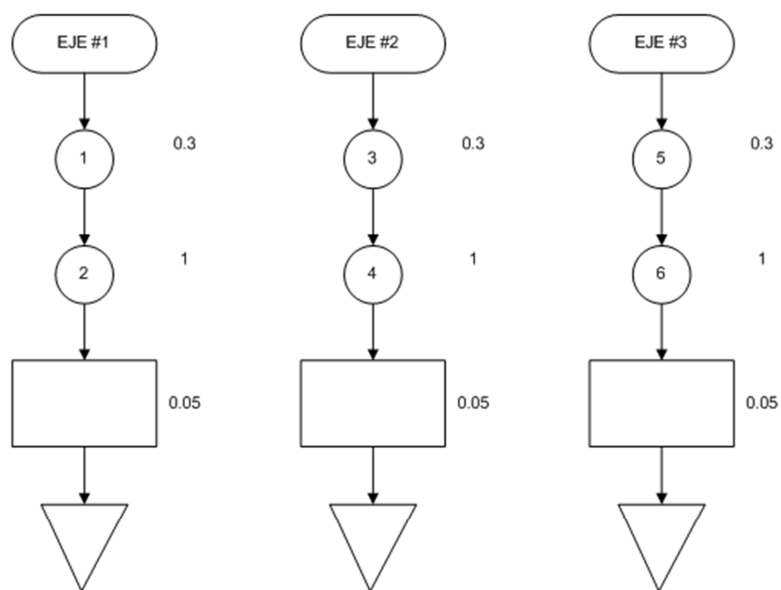
En la **tabla 22** se detalla la operación y el tiempo que se demora en construir cada eje que se utilizan en la maquina estampadora de hilos.

Tabla 22. Operaciones y tiempos de construcción de los ejes

EJE	ELEMENTO	#	OPERACIÓN	TIEMPO (h)
EJE DE TRANSMISION #1	Eje #1	1	Corte	0.3
		2	Torneado	1
EJE DE TRANSMISION #2	Eje #2	3	Corte	0.3
		4	Torneado	1
EJE DE CILINDRO DE SALIDA	Eje #3	5	Corte	0.3
		6	Torneado	1
EJE DE ESPONJA DE TINTURA	Eje #4	7	Corte	0.3
		8	Torneado	1
EJE DE BOCINES	Eje #5	9	Corte	0.3
		10	Torneado	1
EJE DE LEVAS	Eje #6	11	Corte	0.3
		12	Torneado	1
SUBTOTAL				7.8

Fuente: Autor

En los siguiente flujogramas se presenta las operaciones para la construcción de los diferentes ejes.



3.5.3 CONSTRUCCION DE LEVAS

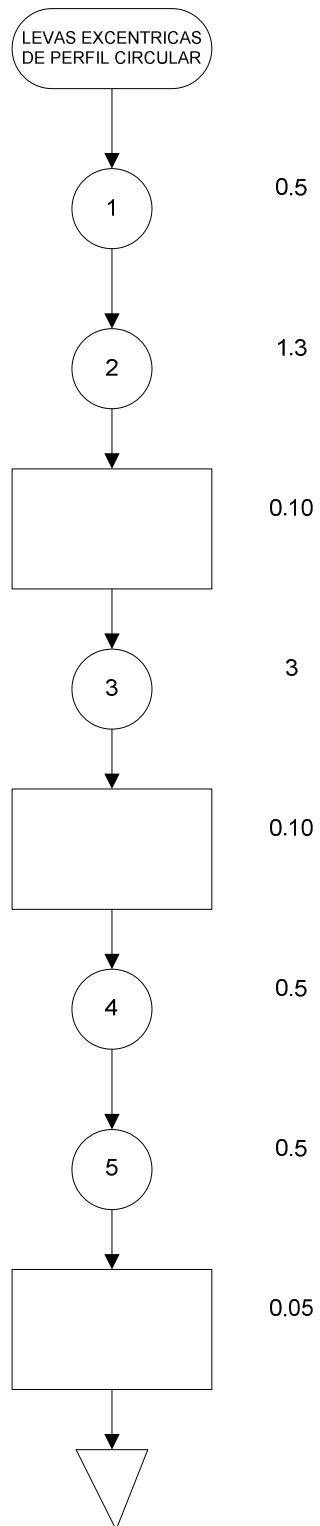
Las levas diseñadas son excéntricas de perfil circular, para lo cual se las manufacturo en un torno, en la **tabla 23**, se detalla la operación y el tiempo que se demora en construir cada leva.

Tabla 23. Operaciones y tiempo de construcción de las levas

ELEMENTO	#	OPERACIÓN	TIEMPO (h)
LEVA EXCENTRICA DE PERFIL CIRCULAR	1	Medir y trazar referencias	0.5
	2	Cortar	1.3
	3	Torneado de leva excéntrica	3
	4	Perforación de agujero	0.5
	5	Rosca con machuelo	0.5
SUBTOTAL			5.8

Fuente: Autor

El flujograma se indica a continuación.



3.5.4 CONSTRUCCION DE BRAZOS DE LEVAS

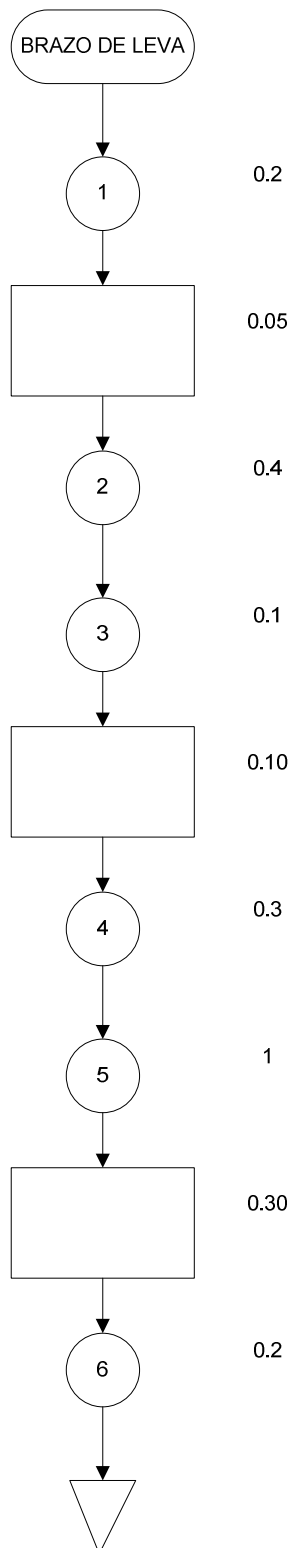
Los brazos de levas fueron diseñadas para soportar un peso de 6kg, para lo cual se utilizó un tubo cuadrado de 30 x 30 x 3.2 mm, a continuación se presenta una tabla con las operaciones realizadas para la fabricación y de igual manera el flujograma respectivo.

El seguidor que se encuentra soldado sobre el brazo de leva, es un accesorio que se lo sacó de una máquina fuera de funcionamiento de la empresa, por lo cual no se presenta un plano detallado ya que no fue fabricado.

Tabla 24. Operación y tiempos de la construcción del brazo de leva

ELEMENTO	#	OPERACIÓN	TIEMPO (h)
BRAZO DE LEVA	1	Medir	0.2
	2	Cortar	0.4
	3	Esmerilar	0.1
	4	Taladrado	0.3
	5	Soldar seguidor en agujero	1
	6	Perforación de agujero	0.2
SUBTOTAL			2.2

Fuente: Autor



3.5.5 CONSTRUCCION DE BOCINES

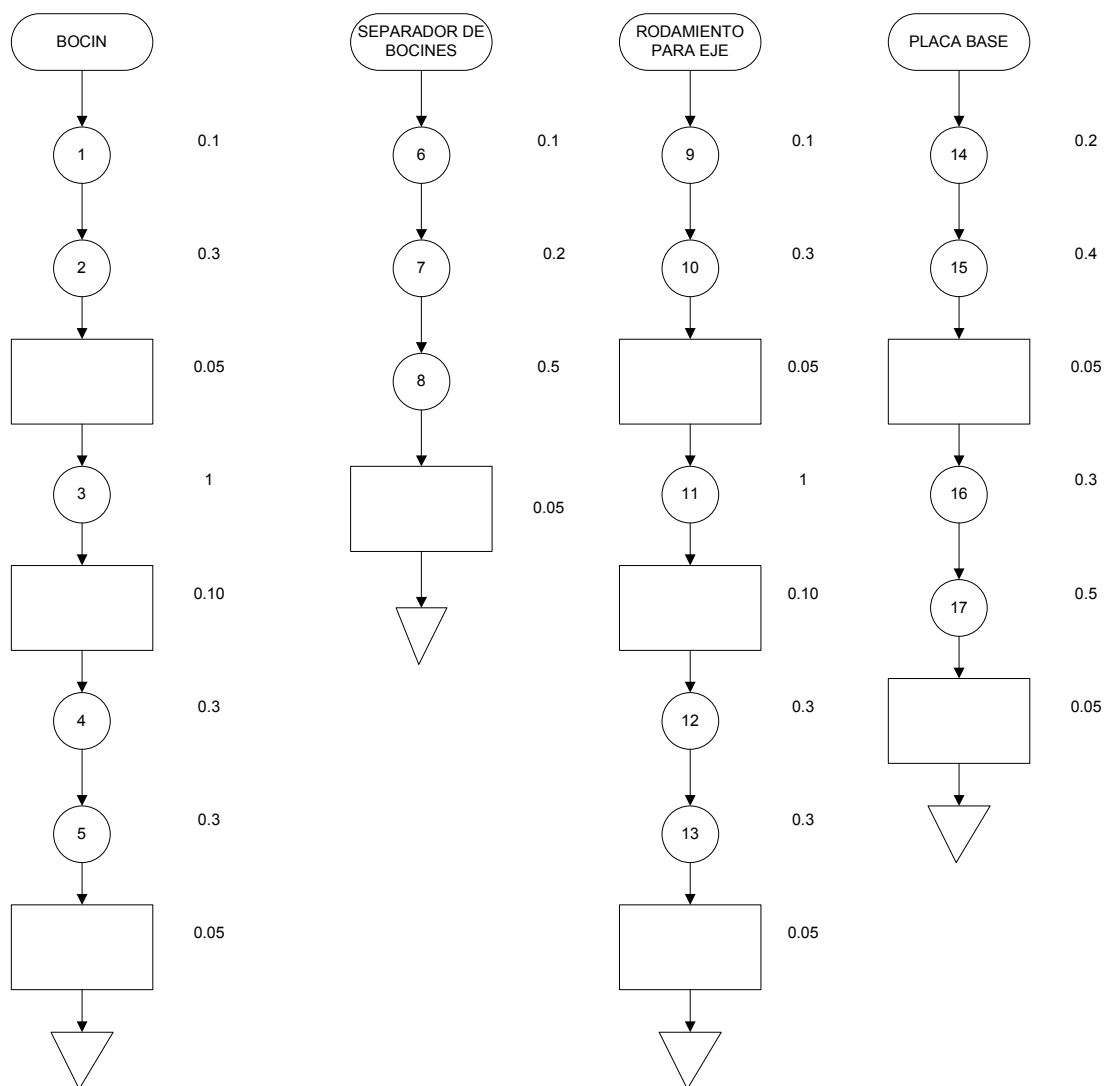
Los bocines fabricados son de bronce, los cuales serán montados sobre el eje de bocines, a continuación se detalla las operaciones y flujogramas para las siguientes partes:

- Bocines
- Separador de bocines
- Apoyos para eje de bocines

Tabla 25. Operaciones y tiempos de construcción para los bocines, separador de bocines y apoyos para eje de bocines

ELEMENTO	#	OPERACIÓN	TIEMPO (h)
BOCIN(Bronce)	1	Medir	0.1
	2	Cortar	0.3
	3	Tornear	1
	4	Perforación de agujero	0.3
	5	Rosca con machuelo	0.3
Separador de bocines (Acero)	6	Medir	0.1
	7	Cortar	0.2
Apoyo para eje de bocines (Acero)	8	Tornear	0.5
	9	Medir	0.1
	10	Cortar	0.3
	11	Tornear	1
	12	Perforación de agujero	0.3
	13	Rosca con machuelo	0.3
	14	Medir	0.2
Placa base	15	Cortar	0.4
	16	Perforación de agujeros	0.3
	17	Soldar a rodamiento para eje	0.5
SUBTOTAL			5.9

Fuente: Autor



3.5.6 CONSTRUCCION GUIAS DE ENTRADA Y SALIDA

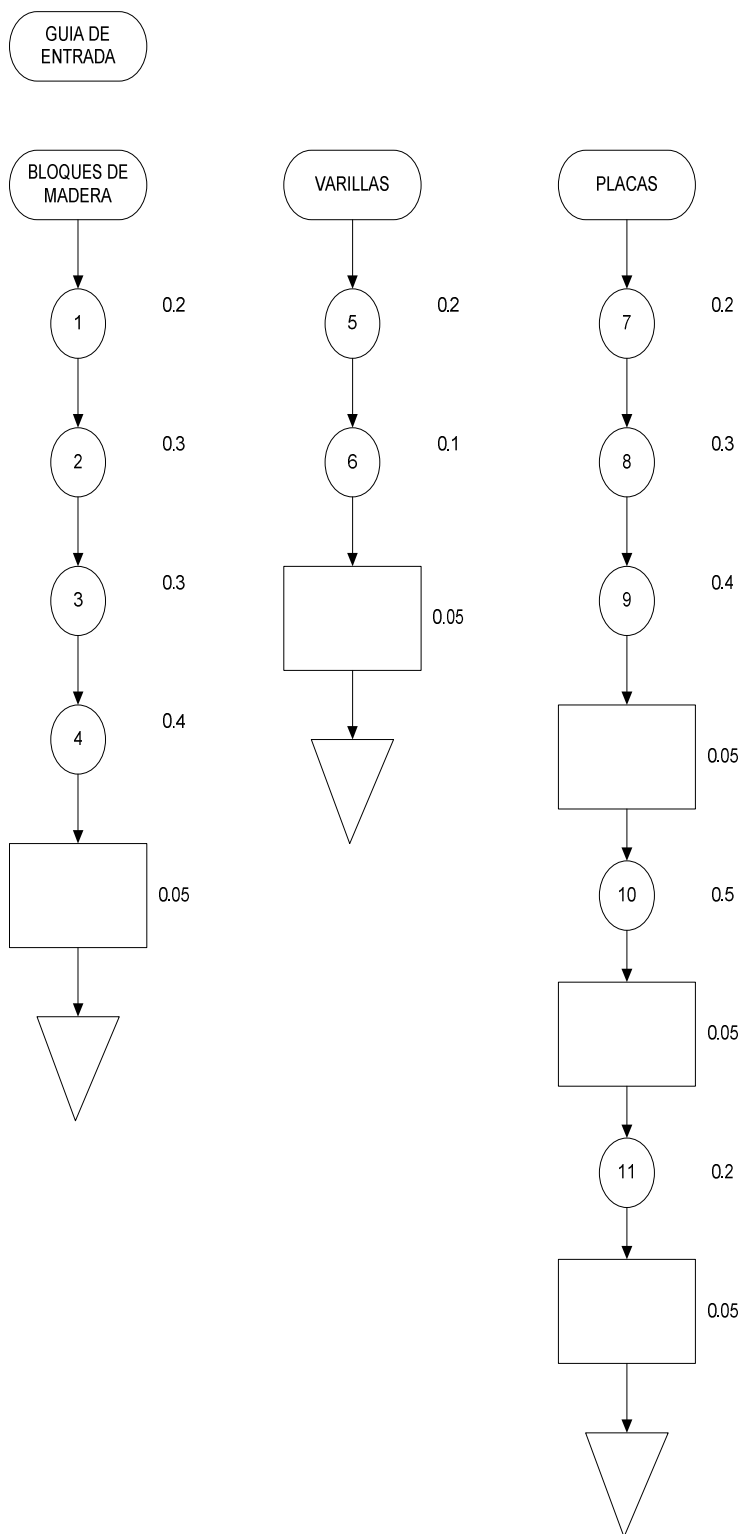
Las guías de entrada y salida, sirven para que el hilo circule de una manera uniforme a lo largo del avance por la maquina estampadora, se fabrico una guía en donde inicia el proceso de estampado y otra al final donde el hilo ya cae a los botes de almacenamiento.

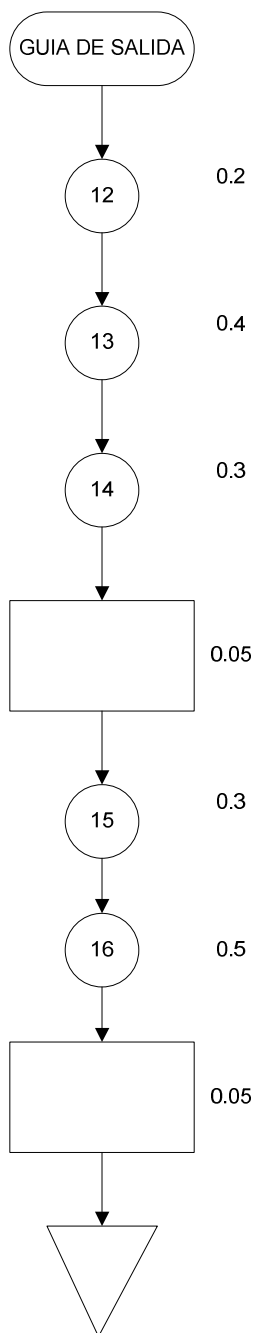
En la **tabla 26**, se indica las operaciones y tiempos de construcción, de igual manera se presenta el flujograma para la fabricación.

Tabla 26. Operaciones y tiempos de construcción de las guías de entrada y salida

ELEMENTO		#	OPERACIÓN	TIEMPO (h)
GUIA DE ENTRADA	Bloques de madera	1	Medir	0.2
		2	Cortar	0.3
		3	Perforación de agujeros	0.3
		4	Rosca con machuelos	0.4
Varillas	5	Medir	0.2	
	6	Cortar	0.1	
Placas	7	Medir	0.2	
	8	Cortar	0.3	
	9	Perforación de agujero	0.4	
	10	Soldar varillas a placas	0.5	
		11	Ajustar a bloques de madera	0.2
GUIA DE SALIDA		12	Medir	0.2
		13	Cortar	0.4
		14	Perforación de agujeros	0.3
		15	Cortar varillas	0.3
		16	Soldar	0.5
SUBTOTAL				4.8

Fuente: Autor





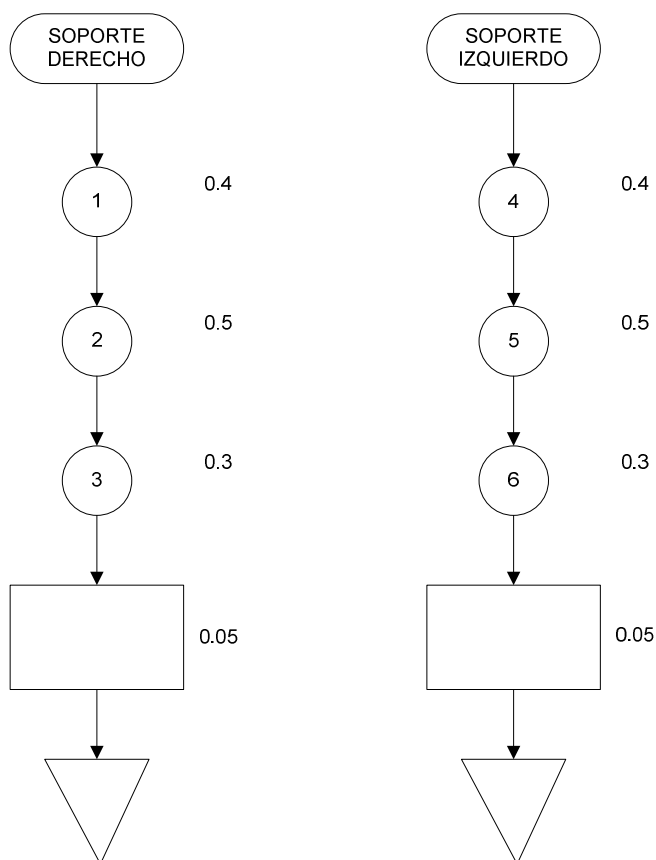
3.5.7 CONSTRUCCION DE SOPORTES PARA CILINDRO DE PRESION

En la **tabla 27** se indica las operaciones para la fabricación de los soportes, de igual manera en el flujograma se observa el proceso de fabricación.

Tabla 27. Operaciones y tiempos de construcción de los soportes para el cilindro de presión

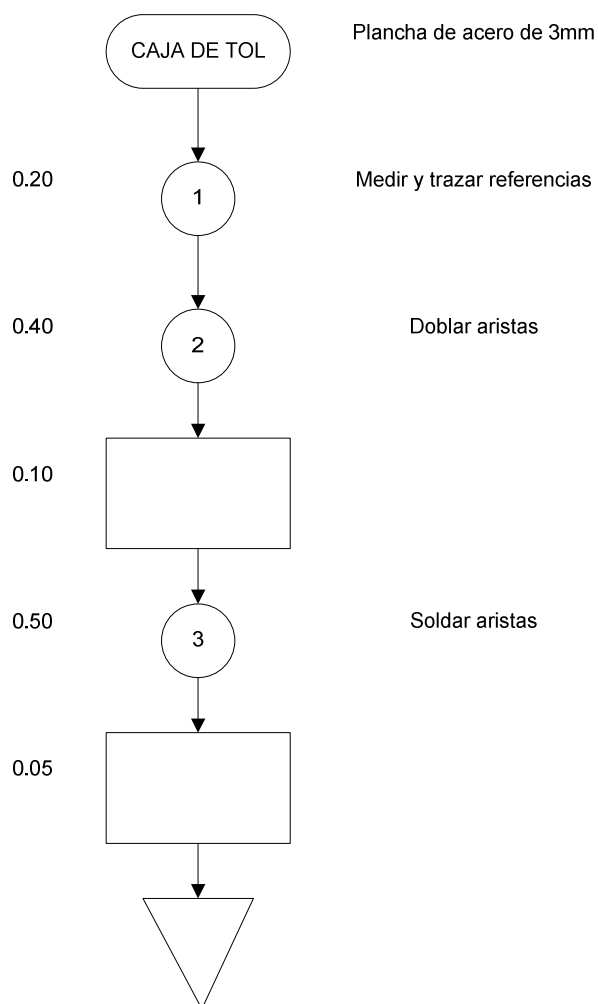
ELEMENTO	#	OPERACIÓN	TIEMPO (h)
SOPORTE LADO DERECHO	1	Medir y trazar referencias	0.4
	2	Cortar	0.5
	3	Soldar	0.3
SOPORTE LADO IZQUIERDO	4	Medir y trazar referencias	0.4
	5	Cortar	0.5
	6	Soldar	1
SUBTOTAL			3.1

Fuente: Autor



3.5.8 CONSTRUCCION CAJA DE TOL

La construcción de la caja permite que el colorante expulsado por las pistolas no caiga al piso ni ensucie al operario, el procedimiento es básico y consiste en realizar la operación de doblado en una maquina dobladora de tol, a continuación se detalla el flujograma de proceso.



3.5.9 CONSTRUCCION DE SOPORTE PARA RECIPIENTES DE COLORANTE

Para poder sujetar los recipientes de colorante que se utilizara en la maquina estampadora de hilos, se construyo soportes los cuales son los siguientes:

- Base superior tarros de tintura
- Soporte recipiente de colorante esponja de tintura.

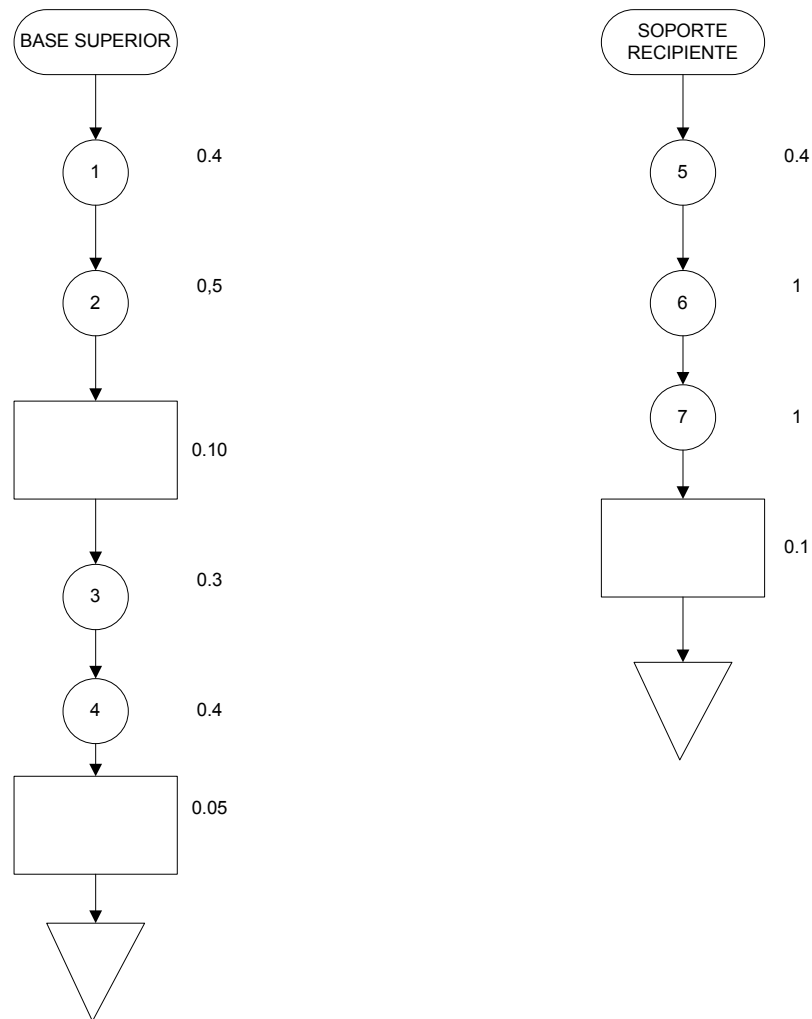
Para la construcción de la base superior, se utilizo madera, y para el soporte del recipiente de colorante se utilizo perfiles tipo L 1 ½" x 1 ½" x 1/8".

En la **tabla 28** se indica las operaciones y tiempos para fabricar los soportes donde estarán sujetos dichos recipientes, de igual manera se indica los flujo gramas de fabricación de dichos soportes

Tabla 28. Operaciones y tiempos de construcción de los soportes para los recipientes de tintura

ELEMENTO	#	OPERACIÓN	TIEMPO (h)
BASE SUPERIOR TARROS DE TINTURA	1	Medir y trazar referencias	0.4
	2	Cortar	0.5
	3	Perforación de agujeros	0.3
	4	Roscar agujeros	0.4
SOPORTE RECIPIENTE DE COLORANTE ESPONJA DE TINTURA	5	Medir y trazar referencias	0.4
	6	Cortar	1
	7	Soldar	1
SUBOTOTAL			4

Fuente: Autor



3.5.10 ENSAMBLE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINA ESTRAMPADORA DE HILOS

Una vez que se han comprado y fabricado todas las partes que conforman la maquina estampadora de hilos se realiza el ensamble total para luego ponerla en funcionamiento. En la siguientes tablas se indica los diferentes sub montajes y tiempos que se realizo para realizar el montaje final de la maquina estampadora.

Tabla 29. Montaje del bastidor

MONTAJE DEL BASTIDOR		
OPERACIÓN	SIMBOLO	TIEMPO (h)
Montaje de la estructura principal	M1	10
Montaje de la base móvil del bastidor	M2	0.4
Ajuste de pernos	M3	0.3
Montaje de los perfil verticales	M3	1
Montaje del perfil soporte porta pistolas de tintura	M4	0.5
Montaje de los perfiles verticales soporte de válvula	M5	1
Montaje del perfil para sujeción de la válvula	M6	0.5
Montaje tubos cuadrados	M7	0.4
Montaje placa transversal	M8	1
SUBTOTAL		15.1

Fuente: Autor

Tabla 30. Montaje de ejes

MONTAJE DE EJES			
OPERACIÓN	SIMBOLO	TIEMPO (h)	OBSERVACION
Montaje eje de transmisión #1	M9	1	Ver plano de montaje EH-04
Montaje eje de transmisión #2	M10	1	Ver plano de montaje EH-05
Montaje eje de cilindro de salida	M11	4	Ver plano de montaje EH-06
Montaje eje de esponja de tintura	M12	1	Ver plano de montaje EH-07
Montaje eje de bocines	M13	3	Ver plano de montaje EH-08
Ajuste de pernos	M14	2	Ver plano de montaje EH-09
SUBTOTAL		12	

Fuente: Autor

Tabla 31. Montaje de guías de entrada y salida

MONTAJE DE GUIAS DE ENTRADA Y SALIDA		
OPERACIÓN	SIMBOLO	TIEMPO (h)
Montaje guía de entrada	M15	1
Montaje guía de salida	M16	1
Ajuste de pernos	M17	0.4
SUBOTOTAL		2.4

Fuente: Autor

Tabla 32. Montaje de soportes de cilindro de presión

MONTAJE DE SOPORTES DE CILINDRO DE PRESION		
OPERACIÓN	SIMBOLO	TIEMPO (h)
Montaje soporte lado derecho	M18	1
Montaje soporte lado izquierdo	M19	1
SUBOTOTAL		2

Fuente: Autor

Tabla 33. Montaje de base superior de tarros de tintura

MONTAJE DE BASE SUPERIOR TARROS DE TINTURA		
OPERACIÓN	SIMBOLO	TIEMPO (h)
Ajuste de pernos	M20	0.3
SUBOTOTAL		0.3

Fuente: Autor

Tabla 34. Montaje del sistema eléctrico

MONTAJE DEL SISTEMA ELECTRICO		
OPERACIÓN	SIMBOLO	TIEMPO (h)
Montaje del motor eléctrico	M21	0.5
Montaje de la caja de mando	M22	1
Ajuste de pernos	M23	0.4
SUBOTOTAL		1.9

Fuente: Autor

El tiempo de montaje total de la maquina estampadora de hilos es de 33.7 horas y si a esto se suma el tiempo de 49.05 horas que corresponde a la fabricación de los elementos que conforman la maquina, se tiene el tiempo total que es de 82.75 horas, considerando que el horario de trabajo son 8 horas diarias, la maquina será ensamblada en aproximadamente 10 días.

3.6 MANUAL DE OPERACIÓN

Una vez realizado el montaje de la maquina estampadora de hilos, se recomienda utilizar el manual de operación con el fin de cumplir ciertos parámetros y precauciones de funcionamiento para el operario que la utilizara.

3.6.1 SECUENCIA DE OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LA ESTAMPADORA DE HILOS

Es necesario tomar en cuenta que los siguientes procedimientos de operación y funcionamiento se realicen, para asegurar que esta parte del proceso sea ejecutada correctamente.

3.6.1.1 Ajustes antes de iniciar el funcionamiento

Antes de encender la maquina se debe realizar lo siguiente:

- Asegurarse que el lugar donde se encuentre la maquina estampadora se encuentre nivelado.

- Tener precaución que la fuente de alimentación sea de 220 V.
- Verificar que el cable de alimentación no tenga desperfectos, a fin de evitar cualquier descarga eléctrica que cause accidentes.
- Realizar una inspección visual, sobre las bandas y poleas para evitar problemas de funcionamiento.
- Asegurarse que las pesas que se encuentran sobre los brazos de levas estén colocados de forma correcta y no choquen entre sí.
- La maquina estampadora puede realizar dos formas de tinturado de colorante, uno realizado por la esponja de tintura y otro por las pistolas de tintura para lo cual se debe considerar lo siguiente:
 - **IMPREGNACION DEL COLORANTE POR ROZAMIENTO CON LA ESPONJA**
 - Si el hilo a producir se lo realiza por el rozamiento de la esponja de tintura se debe regular la altura de las guías de entrada y salida para que se produzca el rozamiento del hilo con la superficie del hilo.
 - Asegurar el recipiente donde se colocara el colorante.
 - **IMPREGNACION DEL COLORANTE CON LAS PISTOLAS DE TINTURA**
 - Si el hilo a tinturar se lo realiza por las pistolas de tintura, se debe subir las guías de entrada y salida para que no exista contacto del hilo con la esponja de tintura.

- Regular los porta pistolas de tintura, para ubicar la salida del colorante en la dirección correcta de los hilos que pasan.
 - Llenar los tarros de tintura con el colorante a utilizar, esto depende del diseño y color del hilo a tinturar.
 - Encender el compresor y verificar que no exista fuga de aire, tanto de las mangueras como de la válvula.
 - Regular la presión de aire desde el compresor.
- Alimentar los hilos en la fileta.
 - El operario debe colocar los hilos de forma que estén alineados tanto en la guía de entrada como en la guía de salida.
 - Colocar los botes de almacenamiento donde caerá el hilo producido.

3.6.1.2 Encendido y apagado de la estampadora

Para encender la maquina estampadora se debe realizar lo siguiente:

- Pulsar el botón verde en la caja de mando.
- Una vez encendida la estampadora tener cuidado en no meter las manos a los cilindros de salida y de presión
- Si existe alguna emergencia pulsar el botón PARO DE EMERGENCIA, que se encuentra en la caja de mando.
- Una vez realizado el proceso de estampación del hilo, apagar la maquina con el botón rojo de la caja de mando.
- Apagar el compresor.

Una vez finalizado la jornada de trabajo se debe realizar su respectiva limpieza, y también se recomienda llevar a cabo un control del mantenimiento preventivo de las partes que posiblemente podrían dañarse, en el ANEXO K se presenta una tabla con los trabajos a realizar.

CAPITULO 4

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Estas pruebas se realizan de tres maneras:

- Se realiza una prueba de funcionamiento de la maquina sin material para verificar que el sistema eléctrico, sistema de movimiento y partes de trabajo estén funcionando adecuadamente
- Las pruebas de alimentación y salida del material se realiza para determinar la cantidad de hilos, la velocidad, la alimentación y la recolección sean correctos.
- Las pruebas de inyección del colorante se realiza para ver las opciones en que puede trabajar la maquina con sus respectivos producidos.

4.1 FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINA SIN MATERIAL

Para iniciar con el funcionamiento de la maquina en vacio (sin material), se inicia con el sistema eléctrico de la siguiente manera:

- **Pruebas del sistema eléctrico:**

Tabla 35. Parámetros controlados en la prueba del sistema eléctrico

ELEMENTOS ELECTRICOS	DESCRIPCION/ COLOR	FUNCION	OBSERVACION
PULSADOR DE ENCENDIDO	Verde	Accionar el motor	Funciona correctamente
PARO DE EMERGENCIA	Rojo	Parar el funcionamiento en caso de que algún accidente	Funciona correctamente
PULSADOR DE APAGADO TIMER	Rojo	Apaga el motor	Funciona correctamente
		Regular el tiempo de trabajo, según el requerimiento del peso del hilo por paradas.	Funciona correctamente

Fuente: Autor

➤ **Pruebas del sistema de movimiento:**

Accionado el motor se observa que todo el sistema de movimiento y las partes de trabajo funcionan correcta y sincronizadamente, con la velocidad predeterminada.

Mediante la utilización del tacómetro se mide velocidad en el cilindro de salida, la cual es de 21,56 m/min, y la velocidad calculada teórica es de 20,87 m/min.

4.2 ALIMENTACION Y SALIDA DEL MATERIAL

Esta prueba se la realiza con el material, alimentando los conos de hilo en la fileta, luego cada uno de los hilos es colocado en las guías de transporte,

entrada y salida, luego se coloca los hilos entre el cilindro de salida y el cilindro presión, y finalmente se direcciona los hilos hacia los botes de recolección, todas estas actividades se las realiza apagada la maquina por el operario.

Para verificar que los hilos a ser procesados estén colocados correctamente, se procede a realizar un encendido preliminar de la maquina, sin colocar el colorante.

En dos pruebas realizadas la alimentación y salida del hilo, no tuvo ningún inconveniente.

4.3 PRUEBAS DE INYECCION DEL COLORANTE

Las pruebas se realizan utilizando las dos formas, mediante la sincronización de levas con aspersores y con el rozamiento del hilo con la esponja.

Se realizan las siguientes pruebas:

- Mediante la utilización de la esponja
- Utilizando las tres pistolas de tintura
- Utilizando dos pistolas de tintura
- Utilizando una pistola de tintura
- Utilizando la esponja y una pistola de tintura.

4.3.1 SINCRONIZACION DE LEVAS CON ASPERSORES

Para la sincronización de las levas con las pistolas de tintura, se debe colocar las levas de acuerdo al ángulo que se requiera, esto depende del diseño de hilo a obtener.

4.3.1.1 Prueba con una pistola de tintura

Tabla 36. Efecto producido en la prueba con una pistola de tintura

Leva	Angulo	Material	Gramos por metro del hilo (g/m)	Color	Observaciones	Efecto producido
1	90°	Lana	0.66	Rosado	El hilo es habano	El hilo tiene manchas irregulares
	90°	Lana	0.66	Negro	El hilo es totalmente blanco	El hilo tiene manchas irregulares blanco y negro.

Fuente: Autor

4.3.1.2 Prueba con dos pistolas de tintura

Tabla 37. Efecto producido en la prueba con dos pistolas de tintura

Leva	Angulo	Material	Gramos por metro del hilo (g/m)	Color	Observaciones	Efecto producido
1	90°	Lana	0.66	Rojo	El hilo es totalmente blanco	Se observa un tono irregular.
2	270°	Lana	0.66	Plomo		
1	90°	Alpaca	0,66	Negro	El hilo tiene un color determinado que es jean	Sobre el fondo del hilo se observa manchas oscuras y rojizas
2	180°	Alpaca	0,66	Vino		

Fuente: Autor

4.3.1.3 Prueba con tres pistolas de tintura

Tabla 38. Efecto producido en la prueba con tres pistolas de tintura

Leva	Angulo	Material	Gramos por metro del hilo (g/m)	Color	Observaciones	Efecto producido
1	60°	Lana	0,66	Celeste	El hilo es completamente blanco	Se observa un efecto similar a una tela jean
2	180°			Jean		
3	300°			Azul		

Fuente: Autor

4.3.2 INPREGNACION DE COLORANTE UTILIZANDO LA ESPONJA DE TINTURA

Para este tipo de prueba se realizan dos pruebas, una con hilo blanco y la otra con hilo pretinturado, en las siguientes tablas se indica las condiciones del proceso y los resultados obtenidos.

Tabla 39. Efecto producido en la prueba con la esponja de tintura

Prueba #	Color	Material	Gramos por metro del hilo (g/m)	Observaciones	Efecto producido
1	Negro	Lana	0,66	El hilo de fondo es blanco	La tonalidad del color es más llamativa

Fuente: Autor

Para complementar y observar el efecto producido utilizando los dos tipos de sistema de impregnación de colorante, de esponja y de pistola se realiza la siguiente prueba:

Tabla 40. Efecto producido mediante la esponja y una pistola de tintura

Sistema utilizado	Material	Gramos por metro del hilo (g/m)	Color	Observaciones	Efecto producido
Pistola y esponja	Lana	0,66	Negro	El hilo es completamente blanco	El hilo tiene partes mas oscuras que claras

Fuente: Autor

4.4 HILOS PRODUCIDOS

Una vez realizadas las diferentes pruebas, en las siguientes figuras se observa los hilos producidos.





Figura 82. Hilos producidos

CAPITULO 5

ANALISIS ECONOMICO

El análisis económico tiene como objetivo determinar el factor económico necesario para la construcción de la maquina estampadora, mediante este análisis se realizara el costo de la maquina construida y los costos que influyen en el proceso de estampado propiamente dicho.

5.1 COSTOS MAQUINA ESTAMPADORA DE HILO

Para determinar el costo total del proyecto, es necesario considerar todos aquellos costos que incurrieron a lo largo del proyecto. Los elementos de costo de un producto o sus componentes son:

- Costos directos
- Costos indirectos
- Costo total (costos directos + costos indirectos)

5.1.1 COSTOS DIRECTOS

Estos costos intervienen directamente en la construcción de la maquina, como son costos de materiales, mano de obra, equipos, herramientas, etc.

5.1.1.1 Costos de materiales

Tabla 41. Costos de materiales

CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO (USD)	PRECIO TOTAL (USD)
1	Polea de 1 3/4"	8.00	8.00
1	Polea de 2"	8.00	8.00
1	Polea de 2 1/2"	8.00	8.00
1	Polea de 4 1/2"	12.00	12.00
1	Polea de 6"	12.00	12.00
2	Polea de 7"	14.00	28.00
2	Polea de 9"	16.00	32.00
1	Polea de 11"	16.00	16.00
1	Plancha de Tol 1220x1440x3mm	13.60	13.60
1	Platina de acero A36 50mm x 2m, espesor 5mm	12.50	12.50
1	Madera	10.00	10.00
4	Recipientes de plástico	3.25	13.00
3	Mangueras de 1/4"	2.50	7.50
3	Pistolas de aire con manguera marca TRUPER	24.85	74.55
1	Banda tipo V, A 37	6.50	6.50
1	Banda tipo V, A 54	11.55	11.55
1	Banda tipo V, A 80	15.90	15.90
1	Banda tipo V, A 38	6.50	6.50
1	Banda tipo V, A 34	6.30	6.30
50	Pernos, arandelas y tuercas	0.25	12.50
8	Prisioneros	0.15	1.20
10	Tornillos	0.15	1.50
10	Rodamientos SKF	9.80	98.00
3	Varillas de acero inoxidable 5mm	5.00	15.00
1	Elementos neumáticos	41.55	41.55
1	Elementos eléctricos	145.00	145.00
1	Alambre de freno	5.00	5.00
1	Motor Monofásico 1 HP, 110/220 V, 1740 rpm	162.50	162.50
SUBOTOTAL			784.15

Fuente: Autor

5.1.1.2 Costos de materiales por metros

Tabla 42. Costos de materiales por metros

DESCRIPCION	LONGITUD (m)	PRECIO POR METRO (USD)	PRECIO TOTAL (USD)
Eje de Acero AISI 1020 - 3/4"	2.5	12.00	30.00
Eje de Acero AISI 1020 - 1"	2	16.00	24.00
Perfil Estructural L 2"x2"x1/8"	12.0	10.00	120.00
Perfil Estructural L 1 1/2"x1 1/2"x1/8"	10.0	10.00	100.00
Eje de bronce 1 1/2"	1.00	8.00	8.00
Eje de Acero A36 de 1 1/2"	1.0	6.50	6.50
Tubo cuadrado 30x30x2 mm	5.0	8.50	42.50
		SUBTOTAL	331.00

Fuente: Autor

5.1.1.3 Costos de mano de obra

Tabla 43. Costos de mano de obra

DESCRIPCION	SALARIO POR HORA (USD)	HORAS- HOMBRE	COSTO TOTAL (USD)
Ayudante	2.1	15	31.50
Tornero	2.35	11.5	27.03
Soldador	1.8	4.5	8.10
Electricista	2.5	8	20.00
		SUBTOTAL	86.63

Fuente: Autor

5.1.1.4 Costo total directo

Tabla 44. Costo total directo

COSTO DE MATERIALES	784.15
COSTO DE MATERIALES POR METROS	331
COSTOS DE MANO DE OBRA	86.63
COSTO TOTAL DIRECTO	1201.78

Fuente: Autor

5.1.2 COSTOS INDIRECTOS

No forman parte de la maquina directamente, pero fueron necesarios para la elaboración del proyecto, aquí intervienen los costos ingenieriles, en los cuales están involucrados la supervisión y diseño de la maquina estampadora de hilos.

Tabla 45. Costos indirectos

DESCRIPCION	CANTIDAD (horas)	PRECIO POR HORA (USD)	PRECIO TOTAL (USD)
Supervisión	82.75	7.5	620.62
Diseño	240	7.5	1800
SUBTOTAL			2420.62

Fuente: Autor

5.1.3 COSTOS TOTALES

Es la suma de los costos directos más los costos indirectos

Tabla 46. Costos totales

COSTOS DIRECTOS	1201.78
COSTOS INDIRECTOS	2420.62
TOTAL (USD)	3622.40

Fuente: Autor

El costo para la construcción de la maquina estampadora de hilos es de \$3622.41.

5.2 COSTOS DEL PROCESO DE ESTAMPADO

Los costos que intervienen en el proceso de estampado, se los obtiene para determinar el precio y ganancia del diseño de hilo a producir, en las que intervienen el costo de colorantes y auxiliares que es variable para cada una, costo de energía eléctrica, costo de mano de obra que son costos fijos en el proceso.

5.2.1 COSTO COLORANTES Y AUXILIARES

Para determinar el costo de colorantes y auxiliares requeridos en el estampado de los hilos se ha calculado en base a la utilización de estos productos en 1 litro de solución, el mismo que alcanza para estampar 10 kilogramos por color utilizando la pistola y 1 litro de la misma solución alcanza para estampar 2 kilogramos utilizando la esponja.

5.2.1.1 Costo colorante

Tabla 47. Costos de colorante

PRECIO (USD/Kg)	CANTIDAD (Kg)	TOTAL (USD)
20	0.005	0.1

Fuente: Autor

En la **tabla 47**, se detalla los costos del colorante utilizado en cada kilogramo de solución, la cual tiene un rendimiento de 1 litro de solución para 10 kilogramos de hilo estampado para un color, en donde la cantidad de colorante es un promedio que se obtuvo al realizar las pruebas con diferentes colores.

5.2.1.2 Costo auxiliares

Tabla 48. Costos de auxiliares

PRODUCTO	PRECIO (USD/Kg)	CANTIDAD (Kg)	TOTAL (USD)
Acido	2.5	0.075	0.19
Espesante	5.5	0.007	0.04
SUBTOTAL			0.23

Fuente: Autor

En la **tabla 48**, se detalla los costos de auxiliares utilizados en cada kilogramo de solución, la cual tiene un rendimiento de 1 litro de solución para 10 kilogramos de hilo estampado para un color, en donde la cantidad de auxiliares es un promedio que se obtuvo al realizar las pruebas con diferentes colores

5.2.1.3 Costo de colorantes y auxiliares por kilogramo de hilo

Tabla 49. Costo total de colorantes y auxiliares

PRODUCTO	COSTO DE SOLUCION (USD)	COSTO DEL PRODUCTO (USD/Kg)	COSTO DEL PRODUCTO (USD/Kg)
		Estampado con pistola	Estampado con esponja
Acido	0.19	0.019	0.095
Espesante	0.04	0.004	0.02
Colorantes	0.1	0.01	0.05
TOTAL		0.03	0.17

Fuente: Autor

El costo total de colorantes, acido y espesante resultante para la estampación utilizando una pistola por cada kilogramo de hilo es 0.03 USD y utilizando la esponja es 0.17 USD.

5.2.2 COSTO MANO DE OBRA DIRECTA

Tabla 50. Costo de mano de obra directa

TRABAJADOR	SALARIO (USD)	PRODUCCION (Kg/mes)	COSTO (USD/kg)
1	400	1219	0.16

Fuente: Autor

La producción que se obtiene del proceso de estampado para un hilo con un grosor de 0.66 gramos/metro, a la velocidad que trabaja la máquina de 21.56 m/min, a un 80% de eficiencia y con 10 hilos se calcula con la siguiente fórmula:

$$PRODUCCION = \frac{V_{salida\ real} P_{hilo} Ef N_{hilos} T 60}{1000} \quad \text{Ec. 53}$$

Donde:

PRODUCCION = Producción de la maquina estampadora (Kg/mes)

Vsalida real = Velocidad de salida real de maquina estampadora (21.87 m/min)

Philo = Peso del hilo por metro (0.66 g/m)

Ef = Eficiencia de trabajo (80%)

Nhilos = Conos de hilos (10 hilos)

T = tiempo de trabajo al mes (176 h)

La producción obtenida en un mes de trabajo es de 1219 kilogramos.

5.2.3 COSTO ENERGIA ELECTRICA

Tabla 51. Costo de energía eléctrica

EQUIPO	POTENCIA (HP)	Kwatts	Tiempo de trabajo (h)	USD/Kwatts h	PRODUCCION	Precio total (USD)
MOTOR	1	0.745	176	0.1	1219	0.01
COMPRESOR	0.75	0.56	132	0.1	1219	0.01
TOTAL						0.02

Fuente: Autor

5.2.4 COSTO TOTAL DE PRODUCCION

Tabla 52. Costo total de producción

DESCRIPCION	COSTO (USD/Kg)	
	Estampado con pistola	Estampado con esponja
Costo de Colorantes y auxiliares	0.03	0.17
Costo de mano de obra	0.16	0.16
Costo de Energía eléctrica	0.02	0.02
TOTAL	0.21	0.35

Fuente: Autor

El costo total de producción realizado para un diseño de hilo con un solo color utilizando la pistola es de 0.21 USD, utilizando la esponja es de 0.35 USD.

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- Se cumplió con el objetivo general de diseñar y construir una maquina estampadora de hilos, la misma que se encuentra funcionando adecuadamente y cumpliendo con los requerimientos de la empresa.
- Mediante la utilización de bandas y poleas tipo V, se logro diseñar un sistema de transmisión de movimiento, el mismo que tiene un bajo costo, un bajo mantenimiento, no produce ruido y una transmisión de movimiento para tener una producción alrededor de 1219 kilogramos al mes.
- Mediante la utilización del programa Solidworks, se simulo la estructura principal para determinar las posibles fallas que puede producirse, una vez construida la maquina y puesta en funcionamiento, se observa que la maquina cumple satisfactoriamente con los parámetros analizados en la simulación.
- Las pruebas se realizaron utilizando un solo tipo de hilo, 100% lana de 0.66 g/m, con el cual se procedió a realizar 7 diseños de estampado utilizando los sistemas de impregnación de colorante con las pistolas y la esponja, lográndose obtener diseños con diferentes efectos que dan a los hilos un aspecto original y muy diferentes a los obtenidos en procesos normales de tintura.

- El costo de construcción de la maquina estampadora de hilos es de 3622.41 USD, valor que es relativamente bajo ya que ciertos materiales fueron reutilizados de maquinas que se encontraban sin funcionamiento en la empresa.
- El costo de producción del estampado de hilo mediante la utilización de las pistolas de impregnación de colorante es de 0.21 USD por kilogramo, y el costo del estampado mediante la utilización de la esponja es de 0.35 USD, los cuales daran una utilidad dentro de la empresa.

6.2 RECOMENDACIONES

- Se sugiere automatizar la maquina instalando electroválvulas en cada uno de las pistolas accionadas, mediante un PLC para tener un mayor número de opciones de diseños.
- Se sugiere implementar un sistema de recolección del hilo denominado madejadora, la cual permitirá eliminar el paso de recolección en el bote ya que el producto se vende por madejas.
- Colocar la maquina en un lugar adecuado, teniendo en cuenta las precauciones necesarias para el operario que la operara.
- Limpiar la maquina al final de la jornada laboral ya que el auxiliar ocupado es acido fórmico, el cual es corrosivo, para que la maquina esté en condiciones de trabajo adecuadas.

BIBLIOGRAFIA

Catalogo de Rodamientos FAG. (s.f.).

DIPAC. (s.f.). *DIPAC.* Obtenido de DIPAC: www.dipac.com.ec

Ducasse. (s.f.). *Catalogo de poleas Americanas .*

Esparza, D. (2010). *Hilatura lanera.* Ibarra: UTN.

Gonzales, S. G. (2008). *El gran libro de SOLIDWORKS.* México: Marcombo.

INEN. (1989). *Código de dibujo técnico mecánico.*

Larburu, N. (1990). *Prontoario de máquinas.*

McMaster-Carr. (s.f.). Obtenido de www.mcmaster.com

Myszca. (s.f.). *Maquinas y Mecanismos.*

Norton, R. L. (2009). *Diseño de Maquinaria.*

Perfiles y tubos . (s.f.). Obtenido de www.arquitecturaenacero.org

Sandor, E. . (s.f.). *Diseño de Mecanismos, Analisis y Sintesis.*

Shigley. (2004). *Diseño en Ingenieria Mecanica.* Mexico: McGRAW-HILL.

Wikipedia. (s.f.). *Wikipedia.* Obtenido de Wikipedia: www.wikipedia.com

ANEXOS