

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

EXTENSIÓN LATACUNGA



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MECANISMO DE CORTE CON INTERFACE HMI, PARA UNA MÁQUINA TREFILADORA DE VARILLA, PARA LA EMPRESA MUEBLES ARTE MODERNO Y FERRIECONOMIA”

PROYECTO DE GRADO

TÍTULO DE INGENIERO ELECTROMECAÁNICO

REALIZADO POR:

CORRALES TAPIA WILSON HUMBERTO

GARRIDO HERRERA LUIS RICARDO

AÑO 2012

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICACIÓN

Ing. Miguel Carvajal (DIRECTOR)

Ing. Wilson Sánchez (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MECANISMO DE CORTE CON INTERFACE HMI, PARA UNA MÁQUINA TREFILADORA DE VARILLA, PARA LA EMPRESA MUEBLES ARTE MODERNO Y FERRIECONOMIA”** fue realizado en su totalidad por los señores: WILSON HUMBERTO CORRALES TAPIA y LUIS GARRIDO HERRERA, como requisito parcial para la obtención del título de Ingeniero Electromecánico, el mismo que ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que ayudará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, SI recomiendan su publicación.

Latacunga, 20 de Junio de 2012.

Ing. Miguel Carvajal

DIRECTOR

Ing. Wilson Sánchez

CODIRECTOR

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros:

Wilson Humberto Corrales Tapia

Luis Ricardo Garrido Herrera

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado titulado “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MECANISMO DE CORTE CON INTERFACE HMI, PARA UNA MÁQUINA TREFILADORA DE VARILLA, PARA LA EMPRESA MUEBLES ARTE MODERNO Y FERRIECONOMIA**” ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que consta al pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

En tal virtud, declaramos la autenticidad de este contenido y para los efectos legales y académicos que se desprenden del presente proyecto de grado, es y será de nuestra autoría, responsabilidad legal y académica.

Latacunga, 20 de Junio de 2012.

Wilson Corrales T.

C.I. 050296181-6

Luis Garrido H.

C.I. 171465042-9

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros:

Wilson Humberto Corrales Tapia

Luis Ricardo Garrido Herrera

AUTORIZAMOS:

A La Escuela Politécnica Del Ejército, la publicación en la Biblioteca Virtual y/o revistas de la institución nuestro trabajo "**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MECANISMO DE CORTE CON INTERFACE HMI, PARA UNA MÁQUINA TREFILADORA DE VARILLA, PARA LA EMPRESA MUEBLES ARTE MODERNO Y FERRIECONOMIA**", cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, 20 de Junio de 2012.

Wilson Corrales T.

C.I. 050296181-6

Luis Garrido H.

C.I. 171465042-9

AGRADECIMIENTO

Uno de los gestos más sublimes y nobles de un ser humano es la gratitud.

A Dios por ser mi guía, darme la sabiduría y fortaleza para seguir adelante, un agradecimiento en especial a mis padres que son los pilares fundamentales para la consecución de este objetivo.

A mis profesores que de una u otra manera contribuyeron para mi formación profesional y en particular a mis directores de tesis Ing. Miguel Carvajal e Ing. Wilson Sánchez, por su apoyo para la realización de este proyecto.

A mis familiares por su afecto, apoyo y confianza.

Y a todos quienes a lo largo de mi vida estuvieron apoyando desinteresadamente.

Luis Garrido H.

Uno de los gestos más sublimes y nobles del ser humano es la gratitud.

A la ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO, por los conocimientos brindados a lo largo de la vida universitaria, a los profes guías de mi tesis Ing. Miguel Carvajal e Ing. Wilson Sánchez, por su ayuda incondicional desde el inicio, hasta la culminación del proyecto.

Wilson Corrales T.

DEDICATORIA

A Dios padre todopoderoso por darme la fortaleza, salud y vida, que es la base fundamental para la realización de las metas propuestas y hoy culminar una de ellas.

A mis padres Galo Patricio y Margarita Elena por ser mi apoyo incondicional, por sus principios, me enseñaron a enfrentar los retos, seguir hacia adelante y nunca dejarme vencer, para ustedes este logro.

A mis hermanos Galo Alexander, María Eugenia y Patricia Margarita que siempre estuvieron animándome para continuar adelante.

A Luis Alejandro y Luis Mateo quienes son la luz de mi vida.

Luis Garrido H.

A Dios por darme la fuerza para seguir adelante y en especial a mi MADRE que desde el cielo me bendice y me protege.

Wilson Corrales Tapia.

ÍNDICE

RESUMEN	xv
SUMMARY	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii
OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS	xviii
OBJETIVO GENERAL	xviii
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	xviii
ANTECEDENTES.....	xix
MUEBLE ARTE MODERNO Y FERRIECONOMIA.....	xix
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	xx
DESCRIPCIÓN RESUMIDA DEL PROYECTO.....	xxi
JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	xxiii

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA TREFILADORA

1.1 OPERACIÓN ACTUAL	1
1.2 TÉCNICAS DE CONTROL	3
1.3 MECANISMO DE CORTE, DISEÑO A SER IMPLEMENTADO ...	4
1.3.1 TIPOS DE VARILLAS O SEGUIDORES	5
1.3.2 DISEÑO DEL PERFIL	6
1.3.3 VARILLA CON RODAJA	7
1.3.4 OPERACIONES DE CORTE.....	11
1.3.5 ANÁLISIS DE INGENIERÍA DEL CORTE DE VARILLAS METÁLICAS.....	12
1.4 TÉCNICAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA IMPLEMENTADO	15
1.5 HERRAMIENTA DE CORTE	16
1.5.1 CLASIFICACIÓN DE LOS ACEROS PARA MÁQUINAS CIZALLADORAS.....	16
1.5.2 TENACIDAD DE LAS HERRAMIENTAS Y HERRAMIENTAS DEL EQUIPO PARA CORTE	18
1.5.3 ACEROS PARA HERRAMIENTAS DE CORTE.....	19
1.6 TÉCNICAS DE CONTROL	21
1.7 ESPECIFICACIÓN DE ELEMENTOS Y/O DISPOSITIVOS	21
1.7.1 EL PLC.....	21
a. Introducción a los PLC	21
b. La automatización	22
c. La parte operativa	22
d. La parte de mando	23
e. Objetivos de la automatización.....	23
f. Origen y perspectivas.....	23
g. Campos de aplicación	24
h. Funciones básicas de un PLC.....	25
i. Conceptos de programación	27
1.7.2 EL PANEL VIEW	28

a.	Interface HMI.....	28
1.7.3	EL RELÉ.....	29
a.	Ventajas en el uso de los relés.....	30
1.7.4	EL CONTACTOR	30
1.7.5	ELECTROVÁLVULAS.....	31

CAPÍTULO II DISEÑO

2.1	DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS REQUERIDAS.....	33
2.1.1	CÁLCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA PARA TREFILAR....	33
2.1.2	PARÁMETROS DE DISEÑO.....	35
2.1.3	CÁLCULO DE LA FUERZA DE ROZAMIENTO	38
2.1.4	CÁLCULO DE LA POTENCIA DE TREFILADO	39
2.1.5	CÁLCULO DE LA FUERZA DEL MOTOR.....	39
2.1.6	DISEÑO DEL MECANISMO DE CORTE	41
2.1.7	CÁLCULO DE ESFUERZOS.....	47
2.1.8	CÁLCULO DE LOS ESFUERZOS NORMALES QUE SE PRODUCEN EN LA CUCHILLA.....	49
2.2	ANÁLISIS CINÉTICO DE ESFUERZOS DE LA MÁQUINA	52
2.2.1	ELEMENTOS PRINCIPALES.....	53
2.3	DISEÑO DE LOS ELEMENTOS A CONSTRUIR	77
2.3.1	CÁLCULO DE FUERZAS QUE ACTÚAN EN EL BRAZO PORTA CUCHILLA.....	77
2.3.2	CÁLCULO DE FUERZAS DE LA LEVA DE CORTE	83
2.3.3	MATERIAL DEL SEGUIDOR DE LA LEVA DE CORTE DEL BRAZO PORTA CUCHILLA.....	86
2.3.4	CÁLCULO DE FUERZAS QUE ACTÚAN EN LA LEVA DE RETORNO DEL BRAZO PORTA CUCHILLA	86
2.3.5	CÁLCULO DE FUERZAS QUE ACTÚAN EN LA BRAZO SOPORTE DEL RESORTE.....	90
2.4	ANÁLISIS DE RESULTADOS	95
2.5	DISEÑO DEL CIRCUITO NEUMÁTICO.....	98
2.5.1	CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA NEUMÁTICO.....	98
2.6	MODELADO Y SIMULACIÓN DEL CIRCUITO NEUMÁTICO	99
2.6.1	FLUIDSIM NEUMÁTICA.....	99
2.6.2	CIRCUITO NEUMÁTICO.....	100
2.7	DISEÑO DE CONTROL Y POTENCIA ELÉCTRICO	104
2.7.1	CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	104
2.8	ADECUACIÓN DE ELEMENTOS MECÁNICOS Y NEUMÁTICOS	106
2.8.1	ADECUACIÓN MECÁNICA.....	106
2.8.2	ADECUACIÓN NEUMÁTICA	106

CAPÍTULO III

SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

3.1	SELECCIÓN DE PLC	107
3.1.1	PLC DELTA DVP-12SA.....	108
a.	Características	109
b.	CPU Run / Stop.....	109
3.1.2	PARTES PRINCIPALES DEL PLC SELECCIONADO	110
3.2	VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL PLC DVP-12SA	111
3.2.1	VENTAJAS.....	111
3.2.2	INCONVENIENTES	111
3.3	SELECCIÓN DEL PANEL DEL OPERADOR	112
3.3.1	PANEL VIEW DELTA DOP-AS	112
3.3.2	MEDIDAS DE SEGURIDAD	114
3.3.3	INSTALACIÓN Y CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO	117
3.3.4	INSTALACIÓN	117
3.3.5	BASE DE INSPECCIÓN.....	120
3.3.6	PI DEFINICIÓN DE COMUNICACIÓN SERIAL.....	121
3.4	SELECCIÓN DE ELEMENTOS Y/O DISPOSITIVOS MECÁNICOS, NEUMÁTICOS Y ELÉCTRICOS.....	122
3.4.1	SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LA CUCHILLA DE CORTE ..	122
a.	Propiedades del material K460	124
b.	Tratamiento térmico del material K460.....	124
c.	Propiedades físicas del material K460	125
d.	Material K460(para la mecanización de las cuchillas de corte) ...	126
3.4.2	SELECCIÓN DE ELEMENTOS NEUMÁTICOS.....	126
3.4.3	SELECCIÓN DEL PISTÓN	131
a.	Mini cilindro ISO 6432 Ø20.....	131
b.	Punto de presión	133
3.4.4	ELEMENTOS ELÉCTRICOS	134
a.	El contactor y térmico.....	134
b.	El motor.....	134

CAPÍTULO IV

CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

4.1	CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO	135
4.1.1	CONSTRUCCIÓN DEL BRAZO PORTA CUCHILLA.....	136
4.1.2	CONSTRUCCIÓN DEL MECANISMO DE RETORNO DEL BRAZO PORTA CUCHILLA	136
4.1.3	CONSTRUCCIÓN DE LEVA DE CORTE Y REGRESO DE BRAZO PORTA CUCHILLA	137
4.1.4	CONSTRUCCIÓN DEL SEGUIDOR DE LEVA DE CORTE	137
4.1.5	CONSTRUCCIÓN DE LA CUCHILLA DE CORTE	138
4.1.6	CONSTRUCCIÓN DE LA CUCHILLA GUÍA DE VARILLA	138
4.1.7	CONSTRUCCIÓN DE LA CARCASA PROTECTORA DE LOS PIÑONES	139
4.2	MONTAJE E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO	141

4.3	MONTAJE E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO	143
4.4	MONTAJE E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELECTRÓNICO	145

CAPÍTULO V

PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1	PRUEBAS INDIVIDUALES DE DISPOSITIVOS, ELEMENTOS.	146
5.2	PRUEBAS DEL SISTEMA NEUMÁTICO Y ELECTRÓNICO	146
5.3	PRUEBAS EN CONJUNTO CON EL MECANISMO DE CORTE IMPLANTADO	147
5.3.1	CANTIDAD DE VARILLAS A SER CORTADAS	151
5.3.2	LONGITUD DE VARILLAS	151
5.3.3	CONTADOR	152

CAPÍTULO VI

ESTUDIO FINANCIERO

6.1	PRESUPUESTO.....	153
6.1.1	PRESUPUESTOS DE INVERSIÓN.....	153
6.2	ESTRUCTURA DE FINANCIAMIENTO	156
6.3	RELACIÓN COSTO - BENEFICIO	156
6.4	ANÁLISIS	157

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.....	158
RECOMENDACIONES.....	159

BIBLIOGRAFÍA.....	160
-------------------	-----

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS.....	162
-------------	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1.1	Proceso de movimiento por polea para enderezar varilla	1
Figura 1.2	Proceso de movimiento por polea para el trefilado de varilla...	2
Figura 1.3	Mecanismo de enderezado de varilla.....	2
Figura 1.4	Mecanismo de movimiento de rodillos de trefilación	2
Figura 1.5	Rodillos de trefilación	3
Figura 1.6	Elementos que componen un mecanismo de levas	5
Figura 1.7	Tipos de varillas o seguidores.....	5
Figura 1.8	Leva de movimiento positivo	6
Figura 1.9	Diagrama de desplazamiento varilla con rodaja	8
Figura 1.10	Trayectoria de movimiento de leva descentrada.....	8

Figura 1.11	Trayectoria de movimiento de leva centrada.	9
Figura 1.12	Diagrama de desplazamiento, varilla de rodaja pivoteada. .	10
Figura 1.13	Trayectoria del movimiento del centro de la rodaja.....	10
Figura 1.14	Corte de una varilla metálica entre dos bordes cortantes. ..	11
Figura 1.15	Bordes cortados característicos del material de trabajo.....	12
Figura 1.16	Efecto del claro	13
Figura 1.17	Claro angular.	14
Figura 1.18	PLC	22

CAPÍTULO II

Figura 2.1	Proceso de trefilado	34
Figura 2.2	Velocidad de giro de los rodillos	37
Figura 2.3	Fuerza de rozamiento	38
Figura 2.4	Eje.....	39
Figura 2.5	Esquema general de elementos en conjunto en la máquina..	41
Figura 2.6	Esquema general de elementos en conjunto en la máquina..	41
Figura 2.7	Polea.....	42
Figura 2.8	Engrane	43
Figura 2.9	Engrane Recto	44
Figura 2.10	Leva de Corte	45
Figura 2.11	Soporte seguidor.....	46
Figura 2.12	Dimensiones de la cuchilla y fuerza de corte	49
Figura 2.13	Sección de corte de la cuchilla.....	50
Figura 2.14	Tensión de Von Mises en el eje secundario.....	53
Figura 2.15	Desplazamientos resultantes del eje secundario	54
Figura 2.16	Distribución del factor de seguridad en el eje secundario ...	55
Figura 2.17	Tensión de Von Mises en la polea	57
Figura 2.18	Distribución del factor de seguridad en la polea	58
Figura 2.19	Tensión de Von Mises del piñón módulo 4.5 y 15 dientes. ..	60
Figura 2.20	Distribución del fs del piñón módulo 4.5 y 15 dientes.	61
Figura 2.21	Tensión de Von Mises en el eje principal.....	63
Figura 2.22	Desplazamientos resultantes del eje principal	64
Figura 2.23	Distribución del factor de seguridad en el eje principal	66
Figura 2.24	Tensión Von Mises en el engrane módulo 4.5 y 78 dientes. 68	
Figura 2.25	Distribución del fs en el engrane módulo 4.5 y 78 dientes. ..	69
Figura 2.26	Tensión de Von Mises en el engrane cónico	71
Figura 2.27	Distribución del factor de seguridad en el engrane cónico... 72	
Figura 2.30	Tensión de Von Mises en el pin seguidor	74
Figura 2.31	Distribución del factor de seguridad en el pin seguidor.....	75
Figura 2.32	Fuerzas que actúan sobre el brazo porta cuchilla.....	77
Figura 2.33	Fuerza del resorte	79
Figura 2.34	Asignación de fuerzas mediante SolidWorks	79
Figura 2.35	Esfuerzo de Von Mises en el brazo porta cuchillas.....	80
Figura 2.36	Límites de deflexión recomendados.....	81
Figura 2.37	Deformaciones resultantes del brazo porta cuchillas	82

Figura 2.38	Distribución del esfuerzo de contacto entre superficies cilíndricas.....	83
Figura 2.39	Fuerzas que actúan sobre la leva de retorno del brazo porta cuchilla.....	86
Figura 2.40	Fuerzas que actúan sobre el brazo soporte del resorte	90
Figura 2.41	Sección transversal de la zona crítica.....	92
Figura 2.42	Esfuerzo de Von Mises en el brazo soporte del resorte.....	93
Figura 2.43	Deformaciones resultantes del brazo soporte del resorte ...	95
Figura 2.44	Análisis del movimiento de la máquina trefiladora	96
Figura 2.45	Ventana de inicio del software Festo	101
Figura 2.46	Selección de elementos del arbol de menú	101
Figura 2.47	Selección de electroválvula y sus características	102
Figura 2.48	Selección de presión del compresor	102
Figura 2.49	Construcción del circuito eléctrico del proyecto planteado	103
Figura 2.50	Opción de arranque para la simulación del proyecto	103
Figura 2.51	Simulación correcta del problema planteado	104

CAPÍTULO III

Figura 3.1	DVP-12SA.....	109
Figura 3.2	Partes principales del PLC.....	110
Figura 3.3	DOP-AS	113
Figura 3.4	Instalación del panel operador, Paso 1	118
Figura 3.5	Instalación del panel operador,Paso 2.....	118
Figura 3.6	Instalación del panel operador,Paso 3.....	119
Figura 3.7	Conexión de la alimentación	120
Figura 3.8	Dependencia de la dureza del núcleo	125
Figura 3.9	Curvas de caudal válvula serie 70 1/8”	127
Figura 3.10	Componentes de la electroválvula	129
Figura 3.11	Dimensiones de la electroválvula.....	129
Figura 3.12	Dimensiones de la bobina.....	130
Figura 3.13	Mini cilindro	131

CAPÍTULO IV

Figura 4.1	Brazo porta cuchilla.....	136
Figura 4.2	Mecanismo de retorno	136
Figura 4.3	Levas de corte y posicionamiento	137
Figura 4.4	Seguidor de leva	137
Figura 4.5	Cuchilla de corte	138
Figura 4.6	Cuchilla guía de la varilla	138
Figura 4.7	Vista interior de la carcasa.....	139
Figura 4.8	Vista frontal de la carcasa.....	139
Figura 4.9	Montaje de carcasa en la máquina, vista frontal	140
Figura 4.10	Montaje de carcasa en la máquina, vista lateral	140
Figura 4.11	Electroválvula 5/2.....	141
Figura 4.12	Cilindro doble efecto	141

Figura 4.13	Mangueras 8mm	142
Figura 4.14	Compresor Coleman	142
Figura 4.15	Riel DIN ubicado en el tablero eléctrico.	143
Figura 4.16	Montaje del sistema eléctrico	144
Figura 4.17	PLC DELTA.	145

CAPÍTULO V

Figura 5.1	Pantalla de saludo.....	147
Figura 5.2	Configuración de cantidad de varillas	151
Figura 5.3	Configuración de longitud de varillas	151
Figura 5.4	Contador	152

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

Tabla 1.1	Valor de las tolerancias para los tres grupos de varillas.....	14
Tabla 1.2	Comparación Cualitativa de las Propiedades Esenciales.....	18
Tabla 1.3	Aceros de herramientas para máquinas y herramienta cizalladoras	20
Tabla 1.4	Simbología de electroválvulas	32
Tabla 1.5	Designación según norma para válvulas neumáticas.....	32
Tabla 1.6	Simbología de conexiones para válvulas neumáticas	32
Tabla 2.1	Fuerza máxima de trefilado.	35

CAPÍTULO II

Tabla 2.2	Coeficiente de rozamiento.	36
Tabla 2.3	Clases de carga y factor de seguridad	51
Tabla 2.4	Análisis de los materiales simulados en SolidWorks Simulation en el eje secundario.	56
Tabla 2.5	Análisis de los materiales simulados en SolidWorks Simulation en la polea	59
Tabla 2.6	Análisis de los materiales simulados en SolidWorks Simulation en el piñón módulo 4.5 y 15 dientes.....	62
Tabla 2.7	Análisis de los materiales simulados en SolidWorks Simulation en el eje principal.	67
Tabla 2.8	Análisis de los materiales simulados en SolidWorks Simulation en el engrane módulo 4.5 y 78 dientes.	70
Tabla 2.9	Análisis de los materiales simulados en SolidWorks Simulation en el engranaje cónico.	73
Tabla 2.10	Análisis de los materiales simulados en SolidWorks Simulation en el pin seguidor.....	76
Tabla 2.11	Posibles materiales para el brazo porta cuchillas	81
Tabla 2.12	Posibles materiales para la leva de corte simulado en SolidWork Simulation.....	85

Tabla 2.13 Posibles materiales para la leva de retorno del brazo porta cuchillas	89
Tabla 2.14 Posibles materiales para el brazo soporte del resorte	94

CAPÍTULO III

Tabla 3.1 Comparación entre tipos de controladores	108
Tabla 3.2 Comparación entre tipos de Operadores Gráficos	112
Tabla 3.3 Especificaciones para la alimentación del terminal	119
Tabla 3.4 Especificaciones para la alimentación de comunicación	119
Tabla 3.5 Aceros especiales con tratamientos térmico	123
Tabla 3.6 Propiedades Físicas del material K460.	125
Tabla 3.7 Selección de la electroválvula	126
Tabla 3.8 Datos técnicos de la electroválvula serie 70	127
Tabla 3.9 Características de la electroválvula	129
Tabla 3.10 Características de la bobina	130
Tabla 3.11 Selección del pistón.....	131
Tabla 3.12 Datos técnicos del mini cilindro ISO 6432 Ø20.....	132

CAPÍTULO IV

Tabla 4.1 Listado de Materiales	143
--	-----

CAPÍTULO V

Tabla 5.1 Tabla de pruebas.....	148
Tabla 5.2 Variables de programación.....	149
Tabla 5.3 Cantidad de varillas a ser cortadas y desperdicios.....	150
Tabla 5.4 Ahorro en los cortes de varilla	150

CAPÍTULO VI

Tabla 6.1 Costos de los elementos neumáticos	153
Tabla 6.2 Costos elementos mecánicos.....	154
Tabla 6.3 Gastos varios.....	155

RESUMEN

La función de la máquina enderezadora y trefiladora de varilla es realizar el enderezamiento y corte de varilla hasta de 5.5 mm de diámetro y para que su corte sea satisfactorio.

Para diseñar el mecanismo de corte y la automatización mediante un interface HMI del sistema mecánico, neumático y eléctrico de la máquina enderezadora y trefiladora de varilla para la industria Muebles Artes Moderno y Ferrieconomía intervinieron los siguientes diseños:

Diseño mecánico.- Mediante el manejo del software Solid Works 2011 Simulation, se realizaron los estudios necesarios para el correcto funcionamiento de la máquina.

Diseño neumático.- Mediante el uso del software Fluidsim 4.2 neumática, se establece una división entre la elaboración de un esquema y la simulación de un dispositivo práctico, permitiendo comprobar, calcular y seleccionar elementos mientras se ejecuta el diseño.

El diseño eléctrico.- Basado en la implementación y programación del PLC, el cual, mediante un interface HMI, controlarán las diferentes dimensiones de corte de varilla de la máquina.

SUMMARY

The role of straightening and wire drawing machine rod is to the rod straightening and cutting up to 5.5 mm in diameter and that his court is satisfactory.

To design the cutting and automation through a HMI interface mechanical, pneumatic and electrical wire drawing machine rod straightening and industry Furniture Contemporary Arts involved the following designs:

Mechanical design.- By operating the software Solid Works 2011 Simulation studies were conducted necessary for the proper functioning of the machine.

Tire design.- Using Software 4.2 FluidSIM pneumatics, establishing a division between the development of a scheme and the simulation of a practical device, allowing you to check, calculate and select items while running the design.

The electrical design.- Based on the implementation and programming of the PLC, which, through an HMI interface, control the different dimensions of rod cutting machine.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el avance tecnológico está obligando a las empresas a entrar en un proceso de modernización que involucre el mejoramiento continuo de los procesos con el fin de ser más competitivos.

Debido a la globalización, gran parte de la competitividad que existe entre las grandes industrias; las pequeñas y medianas empresas se han visto en la necesidad de mejorar la producción en la elaboración de sus productos y han puesto mucho énfasis en la gestión de los recursos humanos, ya que éstos agregan valor a las actividades por ellos desempeñadas. Por esto, la formación y educación que se pueda brindar al personal de la empresa incidirá directamente en el incremento o decremento competitivo.

Por lo anterior descrito, la empresa “Muebles Arte Moderno y Ferrieconomía” que siempre se ha caracterizado por ser una organización orientada hacia la calidad y el mejoramiento continuo de procesos de fabricación de una amplia gama de productos que se emplean en la construcción, ha adquirido una máquina trefiladora de varilla con el objetivo de implementar un mecanismo de corte con interface HMI, con el propósito de satisfacer las necesidades de su distinguida clientela, dando beneficios a sí mismos como a la comunidad en la que se desenvuelve.

OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un mecanismo de corte con interface HMI, para una máquina trefiladora de varilla, para la empresa “Muebles Arte Moderno y Ferrieconomía”

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar, seleccionar e implementar, el sistema mecánico, neumático y eléctrico de la máquina trefiladora de varilla.
- Diseñar el mecanismo de corte versátil y fiable que optimice el tiempo de mecanizado, incremente la productividad y calidad en el producto final.
- Implementar un HMI mediante un Display de Texto, con el propósito de brindar fiabilidad de la tarea asignada y un monitoreo estadístico de la productividad.
- Diseñar e implementar un circuito fiable de fuerza y control para la máquina trefiladora de varilla.
- Elaborar un manual de operación y mantenimiento de la máquina trefiladora con dispositivos de corte automático.

ANTECEDENTES

MUEBLE ARTE MODERNO Y FERRIECONOMIA

Es una empresa dedicada a la comercialización y fabricación de artículos de ferretería industrial y de la construcción, además está calificado por el Instituto Nacional de Contratación Pública (INCOP) con el fin de atender las necesidades del sector muebles entre otros.

Este proyecto de tesis está destinado al área “diseño de elementos de máquinas y automatización”, conjuntamente con el equilibrio de producción que demanda diariamente la empresa. La optimización de tiempo, dinero y sobre todo de calidad son las principales aleados de “MUEBLE ARTE MODERNO Y FERRIECONOMIA” las cuales pretendemos elevarlas con la implementación del tema planteado.

Debido a la gran demanda que existe de este tipo de producto (Estribos), y hoy en día mantienen un monopolio muy fuerte a nivel nacional como son: Adelca, Funasa, entre otros, siendo los únicos fabricantes de materia prima para la elaboración de estribos y productos varios.

En cuanto se refiere a la situación para poder servir a la distinguida clientela y poder sobresalir con la gran industria, se encontró con la necesidad de plantear el sistema que garantizará fiabilidad tanto en el funcionamiento y mantenimiento de la máquina, además se implementará un mecanismo de corte automatizado que garantizará seguridad, rentabilidad y calidad en el producto terminado.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad han adquirido una máquina para enderezar y trefilar la varilla de 5.5 milímetros, con el objetivo de tener materia prima para la elaboración de estribos para la construcción civil, la misma que actualmente está fuera de servicio sin dar ningún tipo de rédito a la empresa, la máquina posee un mecanismo para enderezar la varilla y un mecanismo de trefilación con rodillos grafilados, cabe indicar que no existe un mecanismo de corte para complementar el proceso.

Diseñar y construir un mecanismo de corte automatizado con interface HMI para varilla de 5.5 milímetros, implementado en una máquina trefiladora de varilla, para realizar cortes precisos, eficientes, rentables con las seguridades industriales como prioridad.

El constructor artesanal y/o micro empresario, tiene la necesidad de realizar cortes en serie de varilla trefilada de 5.5 milímetros, para la elaboración de diferentes productos, tanto para la construcción civil, así como utensilios en forma de rejilla, entre otros; optimizando el sistema mecánico, neumático y eléctrico de una máquina trefiladora e implementando un mecanismo de corte con interface HMI se seleccionará menús para diferentes tareas de corte a realizar, siendo este fiable y eficiente.

Dichas partes cortadas de varillas trefiladas y/o corrugadas se pondrán a la venta en la empresa, para la elaboración de estribos de diferentes dimensiones, destinados éstos a las construcciones civiles.

DESCRIPCIÓN RESUMIDA DEL PROYECTO

CAPÍTULO I

En este capítulo, se describirá las técnicas de control utilizadas para, poder determinar el funcionamiento de la máquina y los requerimientos que serán necesarios para el diseño y construcción del sistema de corte.

CAPÍTULO II

Se diseñará elementos y/o dispositivos del mecanismo de corte, un análisis cinético de la máquina determinando las cargas requeridas así como también se detallará el diseño de los circuitos de control neumático y eléctrico, así también la adecuación de elementos mecánicos y neumáticos.

CAPÍTULO III

Se seleccionará cada uno de los elementos que se hacen necesarios para la implementación de este proyecto ya sea dispositivos mecánicos, neumáticos y eléctricos.

CAPÍTULO IV

Se indicará la construcción de los elementos diseñados para el correcto funcionamiento de la maquina trefiladora.

CAPÍTULO V

Se realizarán pruebas individuales y en conjunto de todos estos elementos para poner en funcionamiento todo el sistema, ya que se debe calibrar el sistema como tiempos, distancias, etc.

CAPÍTULO VI

Se realizará el análisis técnico y económico, en los beneficios que dará la máquina con un mecanismo de corte con interface HMI.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al concluir este proyecto se plantearán resultados, conclusiones y recomendaciones que ayudará a conservar esta máquina en óptimas condiciones.

BIBLIOGRAFÍA

Proporcionará textos de consulta para un estudio profundo del proyecto.

ANEXOS

Manual de operación y mantenimiento, plano de la máquina, lader de programación, lista de componentes, diagramas de: circuito de fuerza y control, circuito neumático, conexión in out PLC, accionamiento de relés y luces piloto.

JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

En el mercado laboral con el único objetivo de ser cada día más competitivo, gran parte del sector industrial siempre tiene en mente la modernización y automatización de su maquinaria, equipos e instalaciones.

Con la implementación de este proyecto se pretende poner en funcionamiento una máquina que actualmente se encuentra fuera de funcionamiento, el mismo que será ejecutado en base a un estudio técnico-económico, que conjuntamente con la planificación será desarrollado de tal manera que se logre alcanzar la producción requerida para ser más competitivo, logrando así satisfacer la demanda del mercado.

La aplicabilidad de este proyecto aumentará el rédito para el constructor, por la utilización de productos semi-elaborados para la construcción sea esta civil o artesanal.

Al centrarse en los productos semi elaborados como los estribos para la construcción civil, en la actualidad el constructor civil tiene la necesidad de elaborar estribos de: 15cm x 15cm; 15cm x 20cm; 20cm x 20cm; 20cm x 25cm; 25cm x 25cm y especiales de 5.5 milímetros, dar un producto de calidad, satisfaciendo las necesidades del cliente y evitando desperdicios de materia prima.

La importancia de éste proyecto, está basado en satisfacer las necesidades del cliente referente a cortes en serie de varilla trefilada de 5.5 milímetros, para la elaboración y/o construcción de acuerdo a la necesidad.

La investigación, diseño, construcción y automatización de un mecanismo de corte para varilla trefilada, ayudará a indagar en Ecuador, como se

está contribuyendo los conocimientos adquiridos en tan prestigiosa universidad, poniéndoles en práctica en la industria ecuatoriana, automatizando una variedad infinita de procesos, demostrando que en Ecuador se puede superar las limitaciones.

Cuán importante es aplicar los conocimientos, mecánicos, eléctricos y electrónicos al más alto nivel para realizar un proyecto que ayudará a que la empresa tenga un avance tecnológico lo que ayuda a reducir los costos de producción y por lo tanto un menor precio del producto terminado, rompiendo así el monopolio de las grandes empresas que se dedican a la elaboración de estos productos.

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA TREFILADORA

En este capítulo se describe como operará la máquina y que técnicas de control será la más fiable bajo un innovador mecanismo de corte con interface HMI, implementado a la máquina trefiladora de varilla, con lo cual dará la pauta para poder diseñar y enlistar todos los elementos a ser utilizados en la misma para cortar varillas de hasta 5.5 milímetros, enfocándose siempre en los objetivos planteados.

1.1 OPERACIÓN ACTUAL

La empresa “*MUEBLES ARTE MODERNO Y FERRIECONOMIA*”, ha adquirido una máquina para trefilar varilla de hasta 5.5 milímetros en la cual constan los siguientes elementos que se describe a continuación y cabe indicar que el corte se lo pretendía realizar por medio de una cizalla manual.

Como elemento motriz existe un motor de $7\frac{1}{2}$ HP acopladas por medio de bandas a dos mecanismos, el primero para el proceso de enderezado de varilla y el segundo para el sistema de trefilado de la varilla, como se muestra en conjunto en la figura 1.1 y figura 1.2.



Figura 1.1 Proceso de movimiento por polea para enderezar varilla



Figura 1.2 Proceso de movimiento por polea para el trefilado de varilla

El mecanismo de enderezado de varilla se muestra en la figura 1.3.



Figura 1.3 Mecanismo de enderezado de varilla

El enderezado se produce por un desbalance en los bujes de enderezadora, el mecanismo de trefilado de varilla se muestra en la figura 1.4 y figura 1.5.



Figura 1.4 Mecanismo de movimiento de rodillos de trefilación



Figura 1.5 Rodillos de trefilación

El trefilado propiamente dicho consiste en el estirado del alambre en frío, por pasos sucesivos a través de hileras, dados grafilados o trefilas de carburo de tungsteno cuyo diámetro es paulatinamente menor, esta disminución de sección da al material una cierta dureza en beneficio de sus características mecánicas.

La disminución de sección en cada paso es del orden de un 20% a un 25% lo que da un aumento de resistencia entre 10 y 15 kg/mm². Alcanzado cierto límite, variable en función del tipo de acero, no es aconsejable continuar con el proceso de trefilado pues, a pesar que la resistencia a tracción sigue aumentando, se pierden otras características como la flexión.

La varilla de construcción NOVACERO es una sólida barra redonda con corrugaciones de 55° de inclinación, dispuestas de manera alternada y longitudinal, para generar una eficiente adherencia mecánica con el hormigón.

La normativa que debe cumplir la materia prima es:

AISI 1006, AISI1008, AISI1010

1.2 TÉCNICAS DE CONTROL

Las técnicas de control utilizadas en el sistema de funcionamiento de la máquina son mediante relés, botoneras de arranque y paro para el motor.

Este sistema instalado presenta muchas desventajas, ya que no permite hacer cambios en la secuencia de operación como realizar cambios de longitudes de corte, ya que esto tendrá que ser de una forma rápida.

Estos elementos de operación serán remplazados con un Programador Lógico Controlado (PLC), el cual permitirá tener un mejor control del proceso en el que se trabajará.

1.3 MECANISMO DE CORTE, DISEÑO A SER IMPLEMENTADO¹

El mecanismo de corte a ser implementado será por medio de **Levas**.

LEVAS

Los mecanismos de levas se emplean ampliamente en la maquinaria por su facilidad de diseño para producir cualquier movimiento deseado. Los movimientos necesarios en partes de máquinas, comúnmente son de tal naturaleza que sería muy difícil obtenerla por cualquier otro mecanismo de igual simpleza y accesibilidad. Por esto los mecanismos de levas comúnmente se usan para accionar válvulas en las máquinas de combustión interna, en maquinaria para impresión, en maquinaria para fabricar zapatos, en máquinas automáticas para tornillos, en maquinaria para bocatear, en mecanismos de cortes, en relojes, cerraduras, etc. Es difícil encontrar una máquina del tipo denominado “automático” que no emplee uno o más mecanismo de levas.

Todos los mecanismos de levas se componen cuando menos de tres eslabones, como se observa en la figura 1.6:

- a) La leva, que tiene una superficie de contacto curva o derecha;
- b) La varilla cuyo movimiento se produce por el contacto de la superficie de la leva, con el seguidor.
- c) La bancada, que soporta y guía la varilla y la leva.

¹www.rincondelosmecanismos.com

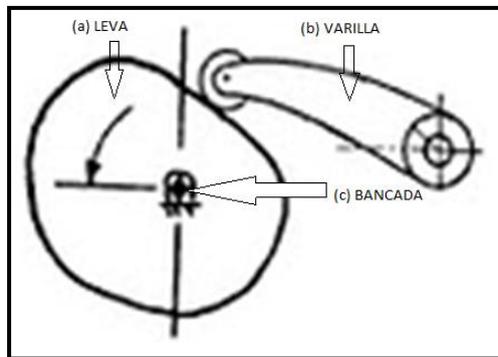


Figura 1.6 Elementos que componen un mecanismo de levas

1.3.1 TIPOS DE VARILLAS O SEGUIDORES

Debe tomarse en cuenta que la varilla o seguidor, puede hacerse mover en una línea recta o se puede pivotear para obtener movimientos oscilatorios en cualquiera de los tipos de leva mencionados. Los diferentes tipos de varillas o seguidores se muestran en la figura 1.7.

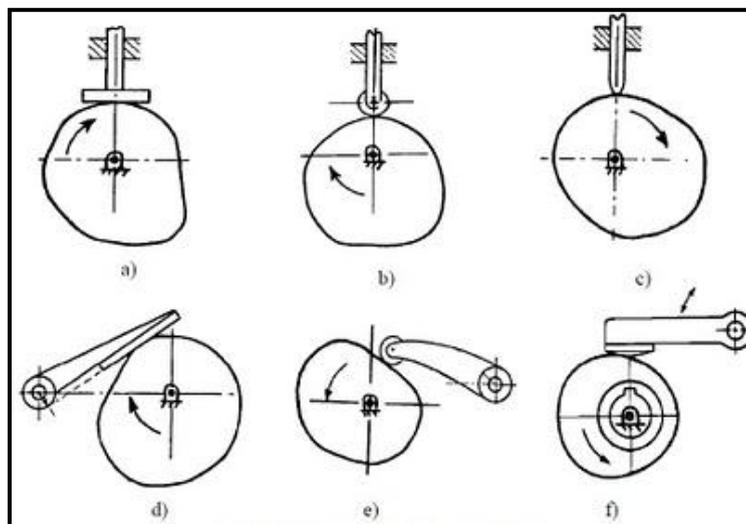


Figura 1.7 Tipos de varillas o seguidores. Movimiento lineal: a) Cara plana b) Con rodajas c) Punzón; Movimiento angular: d) Cara plana e) Con rodaja f) Cara esférica

En el mecanismo ilustrado se debe notar que la forma de la leva es tal que no constriñe completamente el movimiento de la varilla, ya que no se ha indicado el medio de mantener contacto entre la leva y la varilla. El contacto continuo se

efectúa usualmente por el empleo de las fuerzas de gravedad o la presión de un resorte.

El mecanismo de la leva de movimiento positivo (Fig. 1.8) es aquel en el cual la varilla es obligada a moverse en una trayectoria definida por el constreñimiento de la superficie y sin la aplicación de fuerzas externas. Si no efectúa lo anterior se deberá únicamente a la rotura de alguna parte.

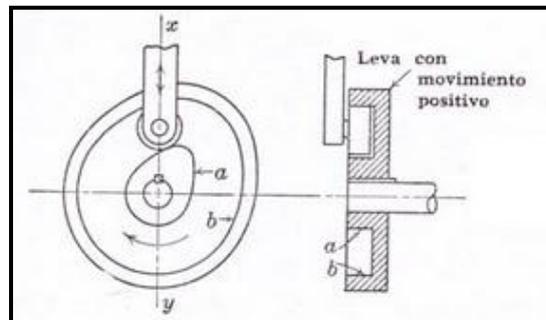


Figura 1.8 Leva de movimiento positivo

1.3.2 DISEÑO DEL PERFIL

La forma del perfil de una leva está regida por los requerimientos relativos al movimiento de la varilla.

Estos requerimientos dependen de la función que el mecanismo ejecuta en la máquina en la cual se va a aplicar. El ciclo de posiciones de la varilla, determinado por tales consideraciones, puede o no necesitar ciertos periodos de “reposo” durante el cual la varilla no tiene movimiento, y ciertos periodos de movimiento de una naturaleza específica. Generalmente resulta conveniente empezar con el problema del diseño de la leva haciendo primeramente una representación gráfica del movimiento de la varilla a la cual se llamará diagrama de desplazamiento. Esta es una curva lineal, en la cual las abscisas representan el desplazamiento de la leva y las ordenadas representan el desplazamiento de la varilla. Como los dos miembros pueden tener movimiento lineal o angular, estos desplazamientos pueden tener movimiento lineal o angulares, dependiendo únicamente de la forma peculiar del mecanismo bajo

consideración. El desplazamiento lineal de la varilla comúnmente se denomina la “alzada” aunque algunas veces el movimiento no es en una dirección vertical.

Frecuentemente en aplicaciones prácticas, las varillas se mueven exacta o aproximadamente de acuerdo con una de las siguientes condiciones:

- a) Movimiento con velocidad constante
- b) Movimiento con aceleración o desaceleración constante
- c) Movimiento armónico simple
- d) Cicloidal

Los correspondientes diagramas de desplazamiento para estos cuatro casos, junto con algunas modificaciones se considerarán a continuación.

La flecha de excéntricos, donde la leva tiene movimiento angular, se considerará que gira a una velocidad constante. La discusión que sigue está basada en esta suposición. De esta manera la curva de desplazamiento es una en la cual la base representa tiempo, así como también desplazamiento de la leva, ya que las dos cantidades son proporcionales la una a la otra.

1.3.3 VARILLA CON RODAJA

Comúnmente la varilla se guía para que se mueva con movimiento coplanario o se pivotea para que gire alrededor de un punto fijo. El método general se puede aplicar para ambos casos. El centro de la rodaja se emplea como punto de referencia y se determina primero su trayectoria y de esta se localiza en varias posiciones la superficie de contacto de la varilla o sea la circunferencia de la rodaja.

Varilla con rodaja con movimiento coplanario.

El diagrama de desplazamiento, Fig. 1.9, especifica las necesidades del movimiento.

Primero se traza el círculo base Fig. 1.10 y se localiza la rodaja en su posición inicial tocando este círculo. Se traza la trayectoria del centro de la rodaja AA', después localizamos un radian de 0°, por conveniencia paralelo a AA' y se proyectan intervalos angulares de 30° a partir de éste y con centro en O. Conservando la leva estacionaria, se localiza entonces la posición del centro de la rodaja A, después de 30° de desplazamiento de la varilla.

El diagrama de desplazamientos indica un desplazamiento x a 30°; esa distancia se traslada a lo largo de AA', obteniéndose el punto 1. Con centro en O y con radio O-1, se describe un arco 1-1' en sentido opuesto del movimiento de la leva, y de tal longitud que subtienda un ángulo de 30° en O. El punto 1 se puede localizar más fácilmente haciendo la cuerda 1-1' igual a la cuerda LM o sea 1L igual a 1'M.

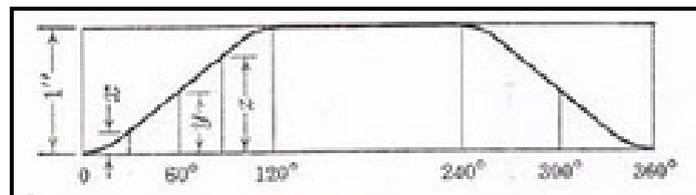


Figura 1.9 Diagrama de desplazamiento varilla con rodaja con movimiento coplanario.

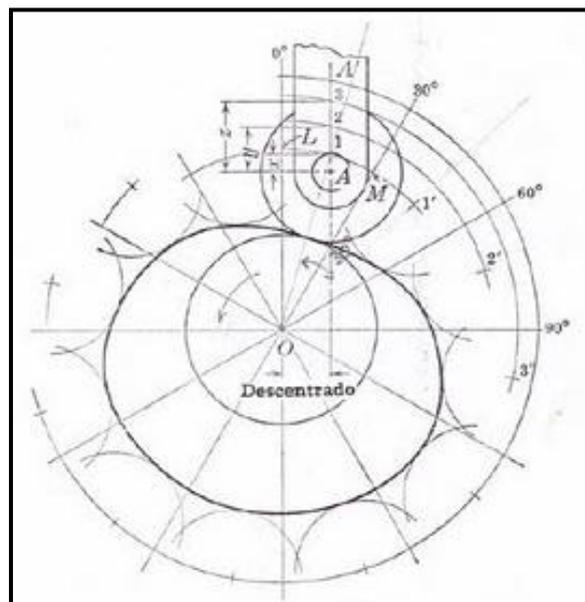


Figura 1.10 Trayectoria de movimiento de leva descentrada.

Los puntos 1',2',3',4', etc., se localizan de la misma manera. Empleando estos puntos como centros y con el radio de la rodaja, se dibujan los perfiles correspondientes de la superficie de contacto de la varilla. El perfil requerido de la leva evidentemente es una curva trazada tangente a cada uno de estos círculos. Esta curva se dibuja lo más uniformemente posible.

En la Fig. 1.10, la línea AA' no pasa por el eje del excéntrico; por esto se dice que la varilla esta "descentrada". Algunas veces se procura el trazado descentrado para reducir el empujé lateral durante el periodo de la alzada.

La fig. 1.11, ilustra una leva obtenida cuando la varilla está centrada, es decir cuando AA' pasa a través de O. Los puntos 1',2',3', caen respectivamente en los radianes de 30°, 60° y 90°.

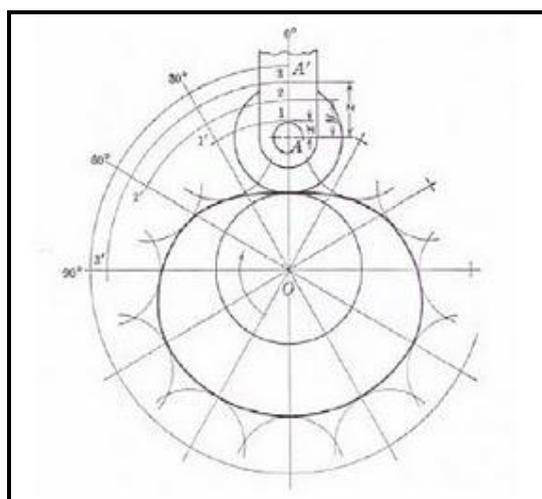


Figura 1.11 Trayectoria de movimiento de leva centrada.

Varilla de rodaja pivoteada.

Aquí se considera que el movimiento angular de la varilla queda detallado siendo su desplazamiento total ϕ° . Se traza un diagrama de desplazamiento para el movimiento angular de la varilla el cual también nos servirá como el diagrama de

desplazamiento lineal, para el movimiento del centro de la rodaja A, puesto que estas dos cantidades están en proporción directa una a la otra ($s = \phi r$). Esta consideración es la base para la construcción que sigue. Suponemos que el círculo base, el diámetro de la rodaja, el largo de la varilla y la posición de pivoteo son datos conocidos. En la figura 1.13, primero se traza el mecanismo con la rodaja tocando el círculo base. Un arco AA' con centro en B y radio BA y de tal longitud que subtienda el ángulo ϕ° en B, es la trayectoria del movimiento del centro de la rodaja.

Luego se traza el diagrama de desplazamiento, Fig. 1.12, empleando la distancia AA' rectificada para representar el ángulo ϕ . El método para efectuar esto es exactamente el mismo que el usando cuando los desplazamientos de la varilla son lineales o angulares.

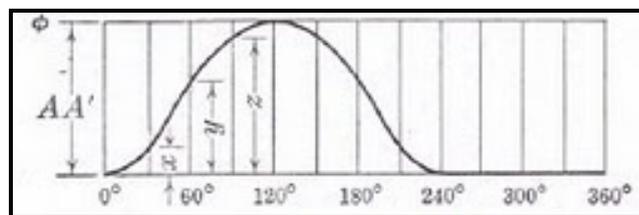


Figura 1.12 Diagrama de desplazamiento, varilla de rodaja pivoteada.

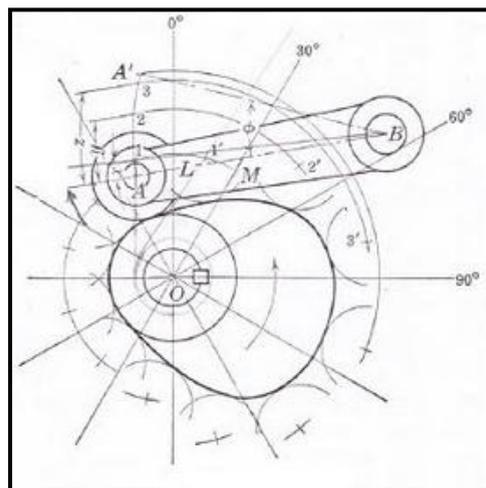


Figura 1.13 Trayectoria del movimiento del centro de la rodaja.

1.3.4 OPERACIONES DE CORTE

El corte de varilla se realiza por una acción del mecanismo de corte entre dos bordes afilados. La acción del corte se describe en los cuatro pasos esquematizados en la figura 1.14, donde el borde superior de corte (el punzón) se mueve hacia abajo sobrepasando el borde estacionario inferior de corte (el dado).

Cuando el punzón empieza a empujar el material de trabajo, ocurre una deformación plástica en las superficies de la varilla, conforme éste se mueve hacia abajo ocurre la penetración, en la cual comprime la varilla y corta el metal. Esta zona de penetración es generalmente una tercera parte del espesor de la varilla. A medida que el punzón continúa su viaje dentro del trabajo, se inicia la fractura del material de trabajo entre los dos bordes de corte. Si el claro entre el punzón y el dado es correcto, las dos líneas de fractura se encuentran y el resultado es una separación limpia del material de trabajo en dos piezas.

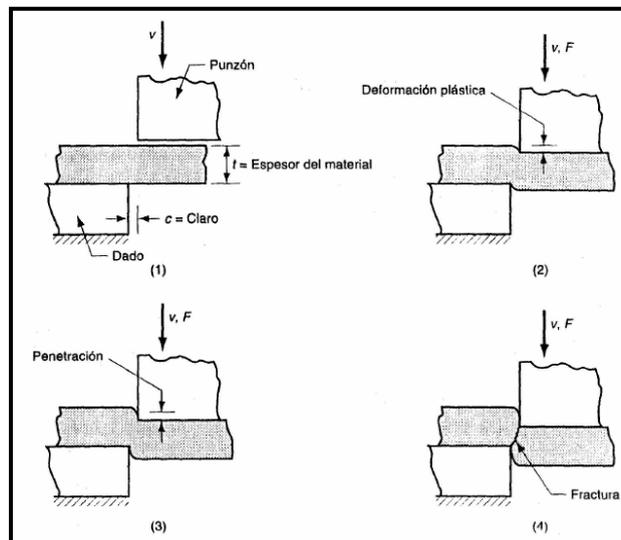


Figura 1.14 Corte de una varilla metálica entre dos bordes cortantes:

- (1) inmediatamente antes de que el punzón entre en contacto con el material, (2) el punzón comienza a comprimir el material de trabajo causando deformación plástica, (3) el punzón comprime y penetra en el material de trabajo formando una superficie lisa de corte y (4) se inicia la fractura entre los dos bordes de corte

opuestos que separan la varilla. Los símbolos v y F indican velocidad y fuerza aplicada, respectivamente.

Los bordes cortados de la varilla tienen formas características que se muestran en la figura 1.15.

Finalmente al fondo del borde está la rebaba, un filo causado por la elongación del metal durante la separación final de las dos piezas.

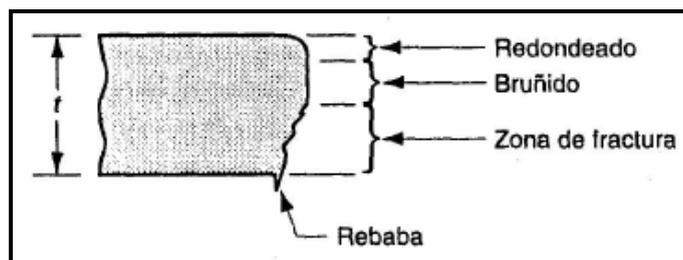


Figura 1.15 Bordes cortados característicos del material de trabajo.

1.3.5 ANÁLISIS DE INGENIERÍA DEL CORTE DE VARILLAS METÁLICAS

Los parámetros importantes en el corte de varillas son el claro entre el punzón y el dado, el espesor del material, el tipo de metal y su resistencia, y la longitud del corte.

A continuación se examinan algunos aspectos relacionados, **Claro:** En una operación de corte, el claro c es la distancia entre el punzón y el dado, tal como se muestra en la figura 1.16 (1). Los claros típicos en el prensado convencional fluctúan entre 4 y 8% del espesor de la varilla t . El efecto de los claros inapropiados se ilustra en la figura 1.16.

Si el claro es demasiado pequeño, las líneas de fractura tienden a pasar una sobre otra, causando un doble bruñido y requiriendo mayor fuerza de corte. Si el claro es demasiado grande, los bordes de corte pellizcan el metal y resulta una

rebaba excesiva. En operaciones especiales que requieren bordes muy rectos como en el rasurado y el perforado, el claro es solamente el 1 % del espesor del material.

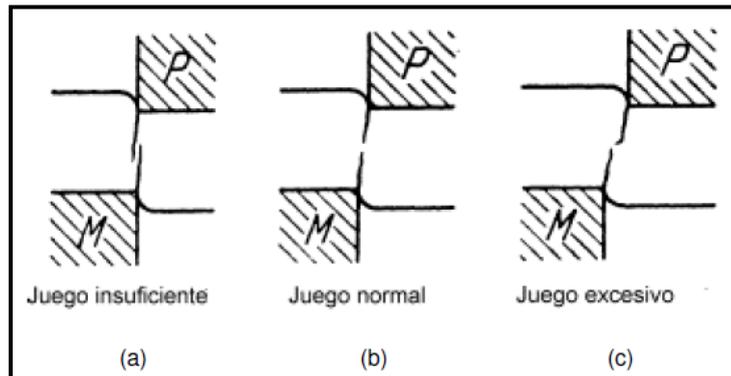


Figura 1.16 Efecto del claro

(a) un claro demasiado pequeño ocasiona una fractura poco menos que óptima y fuerzas excesivas, (b) claro normal ocasiona un corte óptimo (c) un claro demasiado grande ocasiona rebaba más grande.

El claro correcto depende del tipo de varilla y de su espesor. El claro recomendado se puede calcular por la siguiente fórmula.

$$c = at \quad (\text{Ec. 1.1})$$

Dónde:

c = claro, (mm);

a = tolerancia;

t = espesor del material (mm)

La tolerancia se determina de acuerdo al tipo de metal, Los metales se clasifican por conveniencia en tres grupos dados en la tabla 1.1 con un valor de a asociado a cada grupo.

Tabla 1.1 Valor de las tolerancias para los tres grupos de varillas

Grupo metálico	<i>a</i>
Aleaciones de aluminio, todos los temple 11005 y 5052S	0.045
Aleaciones de aluminio 2024ST y 6061ST; latón, todos los temple; acero suave laminado en frío; acero inoxidable frío	0.060
Acero laminado en frío, dureza media; acero inoxidable dureza media y alta	0,075

Los tamaños del dado y del punzón para un agujero redondo de diámetro D_h se determinan como sigue:

Diámetro del punzón para corte de agujeros = D_h (Ec. 1.2)

Diámetro del dado para corte de agujeros = $D_h + 2c$ (Ec. 1.3)

Para que las formas o la pedacería caigan a través del dado, la abertura del dado debe tener un claro angular entre 0.25° y 1.5° de cada lado. El claro angular se muestra en la figura 1.17.

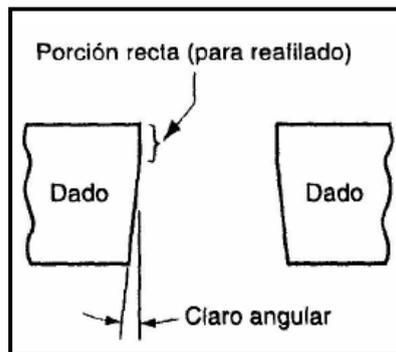


Figura 1.17 Claro angular.

1.4 TÉCNICAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA IMPLEMENTADO

La siguiente es una breve descripción del funcionamiento del nuevo sistema de corte de varilla para la realización de estribos, basado en los elementos para optimizar el proceso entonces se tendría que la secuencia del nuevo sistema de corte a ser implementado es como se describe a continuación.

- El operador alimenta de varilla a la máquina, en la parte del enderezador ajusta en los jaladores a diferentes alturas, luego abastece a los rodillos de trefilación, en este momento presiona por medio de un regulador con contratuerca.
- Una vez realizado este procedimiento inicia el encendido del motor en cual dará el movimiento a la parte de enderezamiento y trefilado por medio de bandas.
- En el PANEL VIEW selecciona la longitud a la que va a realizar los cortes y la cantidad de varillas a ser cortadas.
- En el mismo PANEL VIEW pulsa iniciar proceso y automáticamente comienza el ciclo que se describe a continuación.

El PLC registra el número de pulsos que envía el relé, mediante operaciones matemáticas internas el PLC compara estos pulsos con los datos ingresados en el PANEL VIEW.

Cuando esta comparación es igual se activa una salida del PLC que comanda al electro válvula que provoca el primer corte, al quedar memorizado el relé de tiempo realizará el resto de cortes hasta terminar con los programados.

Cada corte será registrado por medio de un contador que enviará señales al PANEL VIEW para indicarnos el número de varillas que están siendo cortadas.

Cuando el número de cortes es igual al programado anteriormente se para la secuencia y se puede programar nuevamente desde el PANEL VIEW una nueva cantidad de varillas a ser cortadas como también las longitudes de las mismas.

Si por alguna circunstancia ocurriera un fallo en el proceso el operador puede activar un PARO DE EMERGENCIA y luego iniciar nuevamente.

1.5 HERRAMIENTA DE CORTE

Las herramientas utilizadas para el corte son muy variadas de acuerdo a la aplicación de la herramienta, las aplicaciones van desde el cortar cartón hasta el corte de aceros especiales en la industria metalmecánica. A continuación se realiza un análisis de los materiales más utilizados en estas herramientas.

1.5.1 CLASIFICACIÓN DE LOS ACEROS PARA MÁQUINAS CIZALLADORAS

En este grupo se incluyen teóricamente todos los aceros que pueden emplearse para la fabricación de herramientas cizalladoras. Sin embargo, en la práctica, la aplicación de este término queda limitada a los aceros especiales de gran calidad utilizados en la fabricación de útiles o herramientas para las cizalladoras destinados a trabajar los materiales especiales por corte.

El herramental de una cizalladora se convierte en una parte crítica de la maquinaria, este herramental requiere de características especiales de acuerdo a la función de la cizalladora. Hay diversos procedimientos que pueden servir para agrupar los aceros de herramientas. Uno de ellos los clasifica en función del medio de temple utilizado: así se tiene aceros para herramental para cizallado de temple en agua, aceros para herramental para cizallado de temple en aceite y aceros para herramental para cizallado de temple al aire. El contenido en elementos de aleación también puede servir para agrupar los aceros para este tipo de herramientas.

Los aceros de herramientas más comúnmente utilizados para máquinas y herramental de cizalladoras han sido clasificados en seis grupos principales, y dentro de ellos en subgrupos, todos los cuales se identifican por una letra en la forma siguiente:

- Aceros de temple al agua W
- Aceros para trabajos de choque S
- **Aceros para trabajos en frío O**
- Aceros de temple en aceite A
- Aceros de media aleación temple aire D
- Aceros altos en cromo y en carbono
- Aceros para trabajos en caliente H Aceros del tipo H
- Aceros rápidos T
- Aceros al tungsteno M Aceros al molibdeno
- Aceros para usos especiales L
- Aceros de baja aleación F
- Aceros al tungsteno P Aceros para moldes

Se podrá observar en forma gráfica las características de las propiedades esenciales de materiales para la elaboración de la herramienta de corte que se implementará en el proyecto, por lo que a continuación se muestra en la tabla 1.2.

Tabla 1.2 Comparación Cualitativa de las Propiedades Esenciales

Nuance / Marca BÖHLER	Résistance à l'usure (abrasive)	Résistance à l'usure (adhésive)	Ténacité	Usinabilité	Stabilité dimensionnelle lors du traitement thermique
	Resistencia al desgaste (abrasiva)	Resistencia al desgaste (adhesiva)	Tenacidad	Maquinabilidad	Estabilidad dimensional en el tratamiento térmico
K100	■	■	■	■	■
K105	■	■	■	■	■
K107	■	■	■	■	■
K110	■	■	■	■	■
K190 MICROCLEAN	■	■	■	■	■
K245	■	■	■	■	■
K305	■	■	■	■	■
K306	■	■	■	■	■
K329	■	■	■	■	■
K340 ISODUR	■	■	■	■	■
K360 ISODUR	■	■	■	■	■
K390 MICROCLEAN	■	■	■	■	■
K455	■	■	■	■	■
K460	■	■	■	■	■
K510	■	■	■	■	■
K600	■	■	■	■	■
K605	■	■	■	■	■
K720	■	■	■	■	■

1.5.2 TENACIDAD DE LAS HERRAMIENTAS Y HERRAMIENTAS DEL EQUIPO PARA CORTE

En el caso de los aceros de herramientas, el término tenacidad se refiere más a la capacidad de sufrir golpes sin rotura que a la facultad de absorber energía durante la deformación. La mayor parte de las herramientas de cizallado tienen que ser piezas rígidas, y por lo general cualquier deformación que presenten, por pequeña que sea, las hace inservibles. Los aceros de herramientas con

contenidos en carbono medios y bajos, son los que presentan mejor tenacidad y constituyen el material utilizado en la fabricación de herramientas resistentes al choque que soporta durante el proceso de corte.

1.5.3 ACEROS PARA HERRAMIENTAS DE CORTE

En la mayoría de los casos se encuentra con que son varios los tipos e incluso las familias de aceros que pueden resolver satisfactoriamente un determinado problema de herramientas, lo que hace que la selección se base en otros factores, tales como productividad prevista, facilidad de fabricación y costo. En última instancia es el costo de las herramientas por unidad de producto fabricado el que determina la selección de un determinado acero.

Los aceros de herramientas, además de utilizarse para la fabricación de elementos de máquinas cizalladoras, se emplean para la fabricación de útiles destinados a modificar la forma, tamaño y dimensiones de los materiales por arranque de viruta, cortadura, conformado, embutición, extrusión, laminación y choque.

De todo lo dicho se deduce que, en la mayoría de los casos, la dureza, tenacidad, resistencia al desgaste y dureza en caliente constituyen los factores más importantes a considerar en la selección de los aceros de herramientas. No obstante, en cada caso en particular hay que considerar también otros muchos factores, tales como la deformación máxima que puede admitirse en la herramienta; la descarburización superficial tolerable; la templabilidad o penetración de la dureza que se puede obtener; las condiciones en que tiene que efectuarse el tratamiento térmico, así como las temperaturas, atmósferas e instalaciones que requiere dicho tratamiento; y, finalmente, la maquinabilidad.

**Tabla 1.3 Aceros de herramientas para máquinas y herramental
cizalladoras**

DENOMINACIÓN DEL ACERO	APLICACIÓN	EQUIVALENCIAS
ASSAB DF-2 EMPRESA IVAN BOHMAN C.A.	Se recomienda para herramientas de estampado y corte, como cizallas cortas para trabajar materiales delgados.	AISI/SAE 01 WERKSTOFF 1.2510 DIN 100MnCrW4 AFNOR 90MCW5 BS B01 BOFORS RT 1733
CALMAX EMPRESA IVAN BOHMAN	Acero adecuado para trabajos de corte en frío como corte y conformado de chapa gruesa, embutición, rodillos y cizallas.	
ASSAB XW-5 EMPRESA IVAN BOHMAN	Se recomienda para aplicaciones que exigen máxima resistencia al desgaste, tales como herramientas de estampado y cizallado.	AISI/SAE D6(D3) WERKSTOFF 1.2436 DIN X210CrW12 AFNOR Z200CW12 BS (BD3) BOFORS RT 60
S 600 SUPER RAPID EMPRESA BOHLER	Especialmente indicado para herramientas con elevadas exigencias de tenacidad. Matrices de corte, dados de trefilación, cizallas.	AISI M2 DIN S 6-5-2
W 302 US ULTRA 2 EMPRESA BOHLER	Herramientas para trabajar en caliente matrices para extrucción, cuchillas para corte en caliente.	AISI H13 DIN X40 CrMo V51
K 460 AMUTIT S EMPRESA BOHLER	Especialmente para dispositivos de roscar como también para punzones y cizallas para chapa delgada, herramientas para trabajar en frío.	AISI 01 DIN 100MN Cr W4 W.No 1 2510

Los aceros antes mencionados son utilizados de acuerdo a las necesidades del herramental como de las cizallas, es importante incluso escoger el material de

acuerdo al medio en el cual la maquina va a trabajar, ello evitará elementos como la corrosión y por ende el fin adelantado de la vida útil de la máquina.

1.6 TÉCNICAS DE CONTROL

Las técnicas de control utilizadas con este nuevo sistema son como se describe anteriormente, esto quiere decir mediante un Programador Lógico Controlado (PLC) previamente programado el circuito LADER, y conectado a los elementos de control dará las señales por medio del interface HMI el cual tendrá diferentes selecciones de longitudes de varilla para su corte; lo que facilitará al operador el cambio de variables necesarios para el proceso.

1.7 ESPECIFICACIÓN DE ELEMENTOS Y/O DISPOSITIVOS

1.7.1 EL PLC

El componente principal del sistema de automatización será el PLC ya que por sus múltiples funciones que presenta es el más común utilizado en las empresas.

Previa la descripción y selección de éste dispositivo que en sí será la parte medular del proyecto, se detalla algunos conceptos que serán de gran utilidad para comprender de mejor manera los componentes necesarios para la automatización de los procesos.

a. Introducción a los PLC²

Un autómeta programable industrial (API) o Programable Logic Controller (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

² <http://www.grupo-maser.com>

Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.

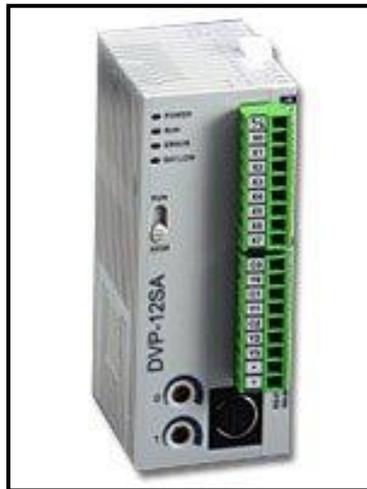


Figura 1.18 PLC

b. La automatización

Los sistemas de fabricación diseñados con el fin de usar las capacidades de las máquinas para llevar a cabo determinadas tareas anteriormente efectuadas por seres humanos, y para controlar la secuencia de las operaciones sin intervención humana. El término automatización también se ha utilizado para describir sistemas no destinados a la fabricación en los que los dispositivos programados o automáticos pueden funcionar de forma independiente o semi-independiente del control humano.

Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

c. La parte operativa

Es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores, y los captadores como fotodiodos, finales de carrera.

d. La parte de mando

Suele ser un autómata programable (tecnología programada), ya que hasta hace muy poco tiempo se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos. En un sistema de fabricación automatizado el autómata programable está en el centro del sistema este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes del sistema automatizado.

e. Objetivos de la automatización

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- Integrar la gestión y producción.

f. Origen y perspectivas³

Hasta no hace mucho tiempo el control de procesos industriales se venía haciendo de forma cableada por medio de contactores y relés. Al operario que se encontraba a cargo de este tipo de instalaciones, se le exigía tener altos conocimientos técnicos para poder realizarlas y posteriormente mantenerlas. Además cualquier variación en el proceso suponía modificar físicamente gran parte de las conexiones de los montajes, siendo necesario para ello un gran esfuerzo técnico y un mayor desembolso económico.

³ <http://olmo.pntic.mec.es>

En la actualidad no se puede entender un proceso completo de alto nivel desarrollado por técnicas cableadas. El ordenador y los autómatas programables ha intervenido de forma considerable para que este tipo de instalaciones se hayan visto sustituidas por otras controladas de forma programada.

El autómata Programable Industrial (API) nació como solución al control de circuitos complejos de automatización. Por lo tanto se puede decir que un API no es más que un aparato electrónico que constituye los circuitos auxiliares o de mando de los sistemas automáticos. A él se conectan los captadores (finales de carrearera, pulsadores, etc.) por una parte, y los actuadores (bobinas de contactores, lámparas, pequeños receptores, etc.) por otra.

El autómata programable satisface las exigencias tanto de procesos continuos como discontinuos. Regula presiones, temperaturas niveles y caudales así como todas las funciones asociadas de temporización, cadencia, conteo y lógica. También incluye una tarjeta de comunicación adicional, el autómata se transforma en un proceso satélite dentro de una red de control distribuida.

El autómata programable es un aparato electrónico programable por un usuario programador y destinado a gobernar, dentro de un entorno industrial, máquinas o procesos lógicos secuenciales.

g. Campos de aplicación⁴

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su

⁴ <http://www.grupo-maser.com>

aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, la extrema facilidad del montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido
- Procesos de producción periódicamente cambiantes
- Procesos secuenciales
- Maquinaria de procesos variables
- Instalaciones de procesos complejos y amplios
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso

Ejemplos de aplicaciones generales:

- Maniobra de máquinas
- Maquinaria industrial de plástico
- Máquinas transfer
- Maquinaria de embalajes
- Maniobra de instalaciones: Instalación de aire acondicionado, calefacción.
- Instalaciones de seguridad
- Señalización y control: Chequeo de programas, señalización del estado de procesos.

h. Funciones básicas de un PLC

a. Detección

Lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación.

b. Mando

Elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los accionadores y preaccionadores.

c. Dialogo hombre máquina

Mantener un diálogo con los operarios de producción, obedeciendo sus consignas e informando del estado del proceso.

d. Programación

Para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómeta. El dialogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómeta controlando la máquina.

e. Redes de comunicación

Permiten establecer comunicación con otras partes de control. Las redes industriales permiten la comunicación y el intercambio de datos entre autómetas a tiempo real. En unos cuantos milisegundos pueden enviarse telegramas e intercambiar tablas de memoria compartida.

f. Sistemas de supervisión

También los autómetas permiten comunicarse con ordenadores provistos de programas de supervisión industrial. Esta comunicación se realiza por una red industrial o por medio de una simple conexión por el puerto serie del ordenador.

g. Control de procesos continuos

Además de dedicarse al control de sistemas de eventos discretos los autómetas llevan incorporadas funciones que permiten el control de procesos continuos. Disponen de módulos de entrada y salida analógicas y la posibilidad de ejecutar reguladores PID que están programados en el autómeta.

h. Entradas y salidas distributivas

Los módulos de entrada salida no tienen por qué estar en el armario del autómeta. Pueden estar distribuidos por la instalación, se comunican con la unidad central del autómeta mediante un cable de red.

i. Buses de campo

Mediante un solo cable de comunicación se pueden conectar al bus captadores y accionadores, reemplazando al cableado tradicional. El autómeta consulta cíclicamente el estado de los captadores y actualiza el estado de los accionadores.

i. Conceptos de programación

a. La programación

El sistema de programación permite mediante las instrucciones de autómeta, realizar el programa del usuario. Posteriormente el programa realizado, se transfiere a la memoria del programa del usuario.

Una memoria típica permite almacenar como mínimo hasta mil instrucciones con datos de bit, y es del tipo lectura/escritura, permitiendo la modificación del programa cuantas veces sea necesario.

La programación del autómeta consiste en el establecimiento de una sucesión ordenada de instrucciones escritas en un lenguaje de programación concreto, estas funciones están disponibles en el sistema de programación y resuelven el control de un proceso determinado.

b. Lenguaje de programación

Cuando se habla de los lenguajes de programación se refiere a diferentes formas de poder escribir el programa usuario.

Los software actuales permiten traducir el programa usuario de un lenguaje a otro, pudiendo así escribir el programa en el lenguaje que más conviene.

Existen varios tipos de lenguaje de programación:

Mnemónico o Lista de instrucciones.

Esquema de contactos.

Se podría decir que el PLC es el corazón de este sistema, ya que este controla en su totalidad todo el proceso por lo que se hace necesario una selección bastante detallada.

1.7.2 EL PANEL VIEW

El Panel View permite realizar una interface HMI, mediante una pantalla que se visualiza las opciones de corte, siendo ésta programada por medio de un software que facilita seleccionar la función con la cual operará el mecanismo de corte.

a. Interface HMI

HMI significa, la interfaz hombre-máquina y se utiliza como un panel de control del operador, en lugar de utilizar una cantidad excesiva de hardware, facilitando la automatización de la maquina trefiladora de varilla.

Características y Beneficios de una Interfaz HMI.

- Toma el lugar de botones físicos
- Permite al operador iniciar y detener los ciclos de operación de la máquina.
- Elimina el excesivo cableado de interconexión directa en el PLC.
- Fácil de reprogramar, para agregar casi cualquier función que existe actualmente en el PLC sin necesidad de cables adicionales o cambios de diseño.

- Borrar y personalizar las pantallas del operador, para facilitar la solución de problemas.
- Funciones ilimitadas
- Alarma de control HMI
- Contador
- La protección por contraseña para bloquear a operarios no asignados para trabajar.
- Visualización de datos numéricos del PLC
- Carga imágenes fácilmente.
- El HMI se puede conectar a múltiples PLC
- El código de colores permite una fácil identificación del trabajo en curso.

1.7.3 EL RELÉ

Son dispositivos que permiten la conexión y desconexión de elementos como son contactores, electro válvulas, luces piloto, etc.

Estos dispositivos son utilizados especialmente en la parte de control ya que manejan corrientes relativamente bajas hasta los 5 amperios, pero son el lazo que une la parte de control con la parte de fuerza.

Los elementos que lo constituyen son:

- *Circuito magnético.*
- *Núcleo, martillo y yunque.*
- *Elementos mecánicos.*
- *Contactos N/A Y N/C*

Dependiendo de la necesidad y su aplicación encontramos en el mercado de una gran variedad como son:

- *Relés neumáticos*
- *Relés térmicos.*
- *Electrónicos.*

- *ON DELAY (retardo al encendido)*
- *OFF DELAY (retardo al apagado)*
- *Relés cíclicos.*
- *Relés de pulso.*

a. Ventajas en el uso de los relés

La gran ventaja de los relés electromagnéticos es la completa separación eléctrica entre la corriente de accionamiento, la que circula por la bobina del electroimán, y los circuitos controlados por los contactos, lo que hace que se puedan manejar altos voltajes o elevadas potencias con pequeñas tensiones de control. También ofrecen la posibilidad de control de un dispositivo a distancia mediante el uso de pequeñas señales de control.

1.7.4 EL CONTACTOR

Son dispositivos que permiten la conexión y desconexión de elementos de fuerza como calefones, para arranque de motores de gran potencia como hornos eléctricos, motores, etc.

Estos dispositivos manejan elevadas corrientes dependiendo de la capacidad para lo que hayan sido construidos, es así que encontramos desde uno hasta miles de amperios.

Los elementos que lo constituyen son:

- *Circuito magnético*
- *Núcleo (martillo, yunque)*
- *Bobinado de excitación*
- *Elementos mecánicos*
- *Muelle de contactos*
- *Elementos eléctricos*
- *Contactos de fuerza y auxiliares*

Se clasifican de acuerdo al tipo de excitación que necesitan para entrar en operación es así que tenemos:

a. Excitación de CC

En este tipo de contactores el núcleo es macizo y el conductor que crea el campo magnético es delgado y con un gran número de vueltas.

El flujo se incrementa cuando el entrehierro se reduce provocando saturación, esto se limita reduciendo la corriente con una resistencia limitadora.

b. Excitación de CA

En este tipo de contactores utilizan un núcleo de hierro laminado y su bobina es con un menor número de vueltas.

Necesitan de una espira de sombra para evitar la disminución de la fuerza de atracción cuando la corriente pasa por cero, cuando estos manejan elevados voltajes se deben tener en cuenta que se puede presentar la disrupción que no es más que el efecto cuando el medio que es aislado o aislante empieza a conducir, en nuestro medio se puede producir disrupción a $E=30\text{Kv/cm}$.

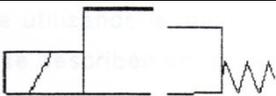
1.7.5 ELECTROVÁLVULAS

La misión de la válvula de vías es bloquear, abrir o desviar vías de circulación del aire comprimido.

En el mercado existe una gran variedad de combinaciones y número de entradas y salidas dependiendo de la necesidad del trabajo a realizarse.

En cuanto a su simbología esta varía de acuerdo al accionamiento y número de entradas y salidas como se puede observar en la tabla 1.4.

Tabla 1.4 Simbología de electroválvulas

DESCRIPCION	SIMBOLOGÍA
Accionamiento eléctrico y retorno por resorte.	
Accionamiento neumático y retorno por resorte.	
Accionamiento neumático y retorno neumático	

La mayor cantidad de fabricantes por no decir en su totalidad identifica las conexiones de estas válvulas mediante cifras según la norma ISO5599/II.

En la tabla 1.5 se cita un ejemplo de designación para válvulas 5/2 y 5/3 vías.

Tabla 1.5 Designación según norma iso5599/ii para válvulas neumáticas

SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
2.4	Conexiones de utilización
3.5	Descargas
12.14	Tomas de mando
81.91	Toma de pilotaje

En la actualidad todavía se sigue utilizando la identificación de las conexiones mediante letras como se describe en la tabla 1.6.

Tabla 1.6 Simbología de conexiones para válvulas neumáticas

SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
A, B, C	Conexiones de utilización
P	Tomas de aire comprimido
R, S, T	Escape de descarga
X, Y, Z	Tomas de mando

CAPÍTULO II

DISEÑO

Para realizar el diseño del sistema en general se requiere de condiciones de funcionamiento las cuales se describen en este capítulo, además de condiciones exigidas por el operador de la máquina.

Es importante dentro de este proceso de adquisición de los equipos definir con claridad ciertas condiciones que influyen directamente en el funcionamiento, así que es básico definir todos los parámetros estándares del trabajo entre las cuales se podrá citar voltaje y frecuencia de la red, presión de aire existente, situación geográfica de la fábrica, grados permisibles de la contaminación y otras de acuerdo al tipo específico del equipo que se esté cotizando.

2.1 DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS REQUERIDAS

Cabe indicar que para la determinación de las cargas requeridas, se tomará como dato la potencia del motor que es de 7 ½ HP.

Se calculará la potencia requerida para la trefilación y la potencia restante de los 7 ½ HP, será la potencia de corte requerida para realizar los cortes de varilla de 5.5 mm de material AISI 1006.

2.1.1 CÁLCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA PARA EL TREFILADO

El trefilado es un proceso de conformado en frío que consiste en la reducción de sección de un alambre o varilla, debido a su estirado en frío y a las fuerzas de compresión aplicadas a través de un juego de rodillos que giran a la misma velocidad pero en sentido contrario, figura 2.1.

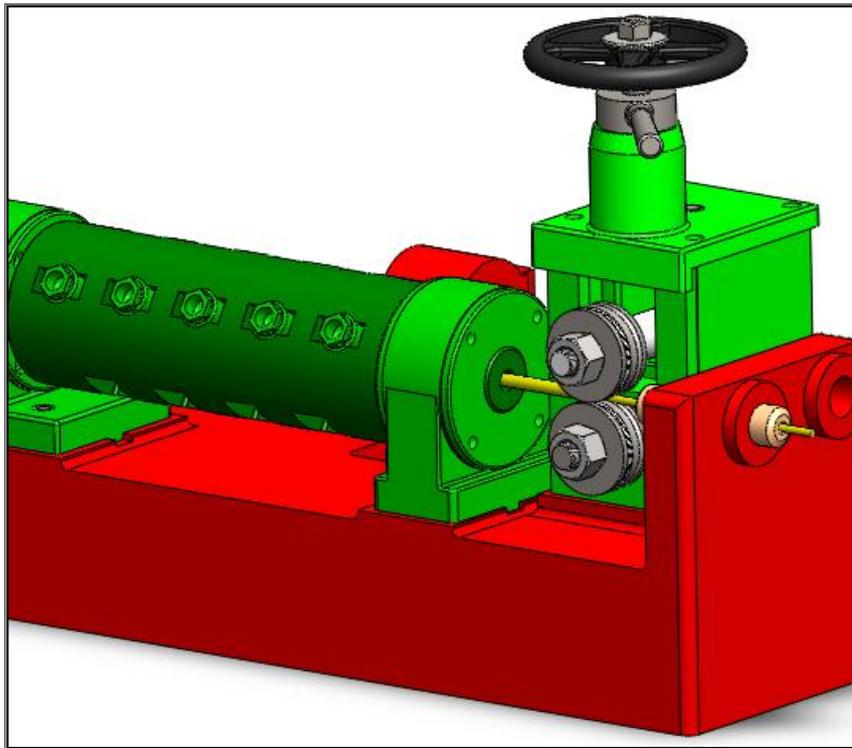


Figura 2.1 Proceso de trefilado

Esta disminución de sección da al material una cierta acritud (aumento de su dureza, fragilidad como consecuencia de su forjado en frío) en beneficio de sus características mecánicas.

La disminución de sección en cada paso es del orden de un 20% a un 25% lo que da un aumento de resistencia entre 10 y 15 kg/mm². Pero alcanzado cierto límite, variable en función del tipo de acero, no es aconsejable continuar con el proceso de trefilado pues, a pesar que la resistencia a tracción sigue aumentando, se pierden otras características como la flexión.

Las ventajas que aporta el trefilado propias del conformado en frío son las siguientes: buena calidad superficial, precisión dimensional, aumento de resistencia y dureza.

2.1.2 PARÁMETROS DE DISEÑO

Para poder calcular la potencia requerida en la operación de trefilado es necesario tomar en cuenta los siguientes parámetros de funcionamiento de la máquina:

- **Fuerza máxima de trefilado (F)**

Esta fuerza es regulada por medio del volante y el tornillo de potencia del sistema de trefilado y se transmite desde el rodillo móvil (superior) a la varilla, permitiendo tanto la disminución de su diámetro por compresión como el arrastre de la misma a través de los dados del tambor de enderezado.

De la tabla 2.1 se determina que para varillas de acero dulce de 6,4 mm de diámetro⁵ (mayor que los 5.5 mm de nuestra trefiladora) la fuerza de trefilado máxima homologada es de **F= 816 Kg**.

Tabla 2.1 Fuerza máxima de trefilado.

Modelo	Cabrestante Diámetro, pulgadas [mm]	Fuerza de Trefilado Máxima Homologada [kg]	Diám. Máx. de Aleación, pul [mm]	Acero Dulce Diám. Máx. [mm]	Cabezal Alimentador
25	508	816	3.2	6.4	NA
31	508	1406	6.4	8.0	NA
38	610	2270	7.9	9.5	NA
43	711	2950	9.5	11.0	NA
58	914	3850	12.7	14.7	NA
63	914	5660	14.3	16.0	OPCIONAL
73	1118	7250	17.5	19.0	OPCIONAL
90	1118	9060	19.0	22.9	ESTÁNDAR
100	1372	11300	22.0	25.4	ESTÁNDAR

⁵ Trefilec S. A. PDF.

- **Coefficiente de rozamiento (μ).**- La fricción que se produce entre los rodillos y la varilla permite el arrastre de la misma a través de los dados del tambor de enderezado, por lo que es necesario determinar el coeficiente de fricción acero-acero.

En la tabla 2.2 se observa que el coeficiente de rozamiento⁶ para acero-acero es $\mu = 0.3$.

Tabla 2.2 Coeficiente de rozamiento.

Concrete to Soil / Rock	0.30
Concrete to Steel	0.45
Steel to Steel	0.30
Steel to Teflon Plate	0.10
Brick Masonry on moist clay	0.33
Brick Masonry on dry clay	0.50
Brick Masonry on sand	0.40
Brick Masonry on gravel	0.60
Brick Masonry to Brick	0.70
Brick Masonry on rock	0.75
Granite on Granite	0.60
Limestone on Limestone	0.75
Cement Blocks on Cement Blocks	0.65
Cement concrete on dry clay	0.40
Cement concrete on wet clay	0.20
Cement concrete on wet sand	0.40
Cement concrete on dry sand	0.50 - 0.60
Cement concrete on dry gravel	0.50 - 0.60
Cement concrete on dry rock	0.60 - 0.70
Cement concrete on wet rock	0.50
Brick on Brick	0.65
Wood on Wood	0.48
Note: Friction is more on dry surfaces of the same material compared to wet surface.	

- **Velocidad de trefilado (V).**- Es la velocidad de arrastre de la varilla y se puede determinar a partir de la velocidad de giro de los rodillos y el diámetro de los mismos ($\varnothing = 33 \text{ mm}$).

⁶ Coeficientes de Rozamiento, PDF.

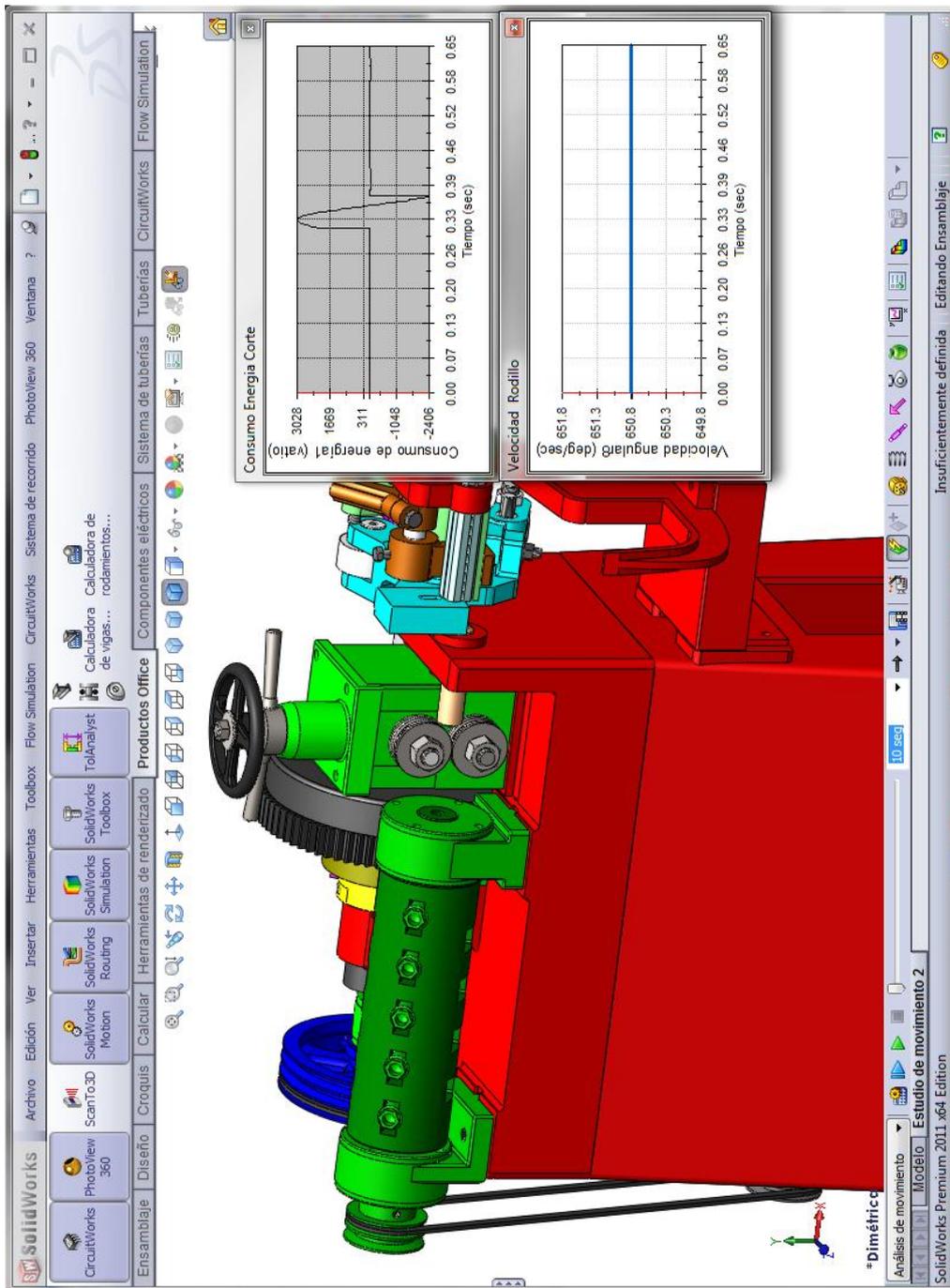


Figura 2.2 Velocidad de giro de los rodillos

La velocidad de giro de los rodillos se obtiene del análisis de movimiento de la máquina en Solid Works, figura 2.2.

$$\omega = 650 \frac{deg}{s} \times \frac{1 rad}{57.3 deg} = 11.3 \frac{rad}{s}$$

Por lo tanto, la velocidad de avance de la varilla es:

$$V = \omega \times \frac{\phi}{2} \quad (\text{Ec. 2.1})$$

$$V = 11.3 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \times \frac{0.033}{2} \text{m}$$

$$V = 0.37 \text{ m/s}$$

2.1.3 CÁLCULO DE LA FUERZA DE ROZAMIENTO

La fuerza de rozamiento se determina a partir de la fuerza de trefilado y el coeficiente de fricción entre la varilla y los rodillos.

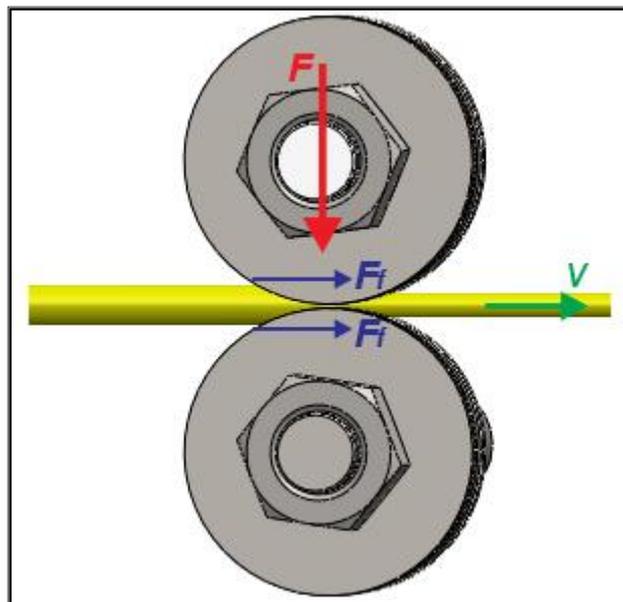


Figura 2.3 Fuerza de rozamiento

De acuerdo con la figura 2.3, la fuerza de rozamiento entre la varilla y los rodillos viene dado por:

$$F_f = \mu \times N = \mu \times F \quad (\text{Ec. 2.2})$$

$$F_f = 0.3 \times 816 \text{ kg} \times \left(\frac{9.8 \text{ N}}{1 \text{ kg}} \right)$$

$$F_f = 2400 \text{ N}$$

2.1.4 CÁLCULO DE LA POTENCIA DE TREFILADO

La potencia requerida en el motor eléctrico tanto para trefilar la varilla como para arrastrar la misma a través de los dados del tambor y enderezarla, se obtiene a partir de la fuerza de rozamiento y la velocidad de arrastre y viene dado por (figura 2.3):

$$\begin{aligned}Pot &= 2 \times F_f \times V && \text{(Ec. 2.3)} \\Pot &= 2 \times 2400 \text{ N} \times 0.37 \text{ m/s} \\Pot &= 1776 \text{ W} = 2.38 \text{ hp}\end{aligned}$$

2.1.5 CÁLCULO DE LA FUERZA DEL MOTOR

Con la potencia restante se calcula la fuerza del motor, la distancia del eje del motor al radio medio de la polea de este es 41.5mm figura 2.4.

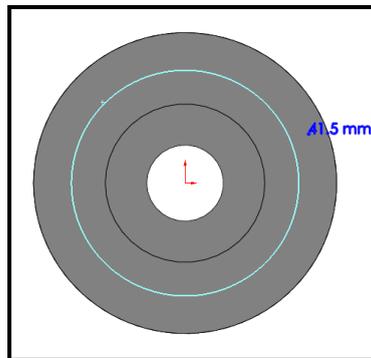


Figura 2.4. Eje

Dónde:

$$\begin{aligned}P_1 &= \text{Potencia Restante} = 7.5 \text{ HP} - 2.38 \text{ HP} = 5.12 \text{ HP} \\d_1 &= \text{Distancia del eje del motor al centro medio a su polea} \\W_1 &= \text{Velocidad angular del motor RPM} \\F_1 &= \text{Fuerza del motor}\end{aligned}$$

Cálculo:

$$d_1 = 41.5 \text{ mm} \times \left(\frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \right)$$

$$r_1 = 0.0415 \text{ m}$$

$$W_1 = 1740 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \times \left(\frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \right) \times \left(\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} \right)$$

$$W_1 = 182.21 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

$$P_1 = 5.12 \text{ HP} \times \left(\frac{746 \text{ watt}}{1 \text{ HP}} \right)$$

$$P_1 = 3819.52 \text{ watt} = 3819.52 \frac{\text{Nm}}{\text{seg}}$$

$$P_1 = F_1 \times d_1 \times W_1 \quad (\text{Ec. 2.4})$$

$$F_1 = \left(\frac{P_1}{d_1 \times W_1} \right)$$

$$F_1 = \left(\frac{3819.52 \frac{\text{Nm}}{\text{seg}}}{0.0415 \text{ m} \times 182.21 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}} \right)$$

$$F_1 = 505.11 \text{ N}$$

2.1.6 DISEÑO DEL MECANISMO DE CORTE

Determinación de fuerzas en los elementos mecánicos de la máquina, mostrado en el esquema general de cómo están acoplados los diferentes elementos del diseño del mecanismo de corte, mostrados en la figura 2.5 y figura 2.6.

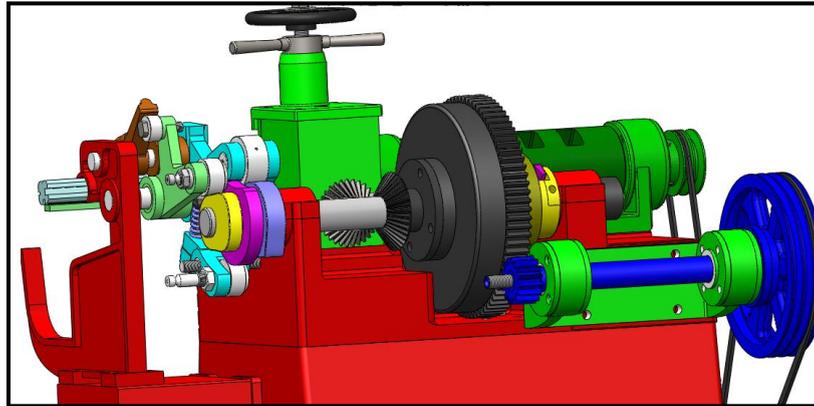


Figura 2.5 Esquema general de elementos en conjunto en la máquina.

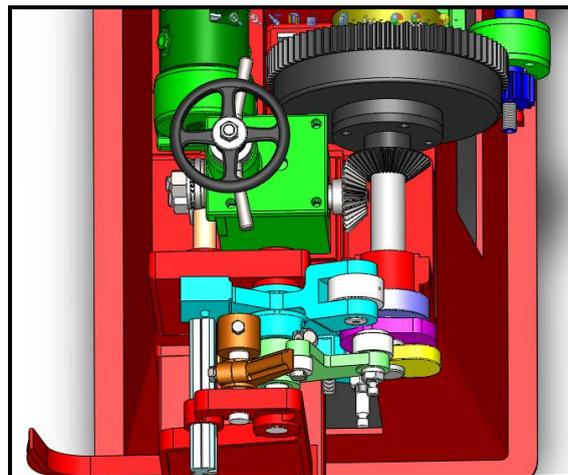


Figura 2.6 Esquema general de elementos en conjunto en la máquina.

FUERZA TANGENCIAL TRANSMITIDA A LA POLEA

En la figura 2.7 se muestra la polea que comienza el movimiento del mecanismo de corte.

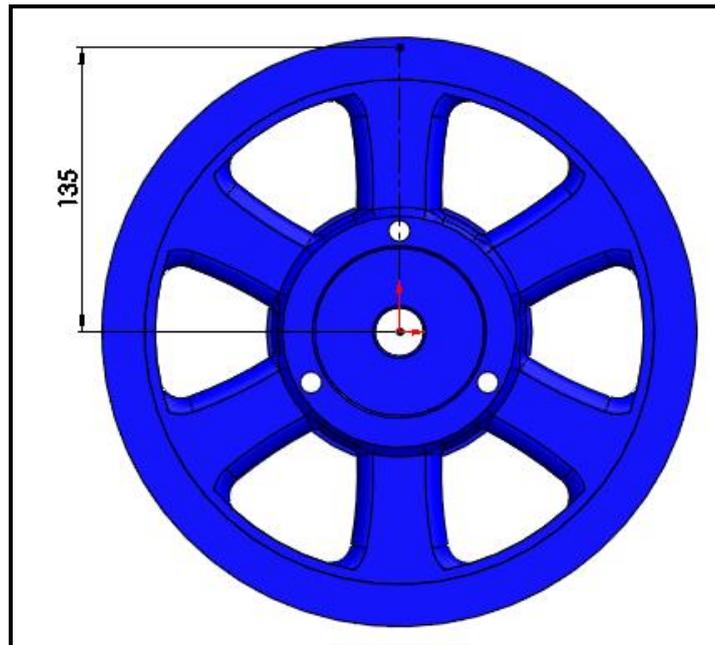


Figura 2.7 Polea

Dónde:

$F_1 = F_{tp}$ = Fuerza tangencial transmitida a la polea

d_2 = Distancia del eje al centro medio de la polea

Cálculo:

$$T_1 = F_1 \times d_2$$

(Ec.2.5)

$$T_1 = (505.11 \text{ N} \times 0.135 \text{ m})$$

$$T_1 = 68.19 \text{ Nm}$$

TORQUE TRANSMITIDO AL EJE

En la figura 2.8 se muestra el engrane que transmite el movimiento al piñón de 75 dientes.

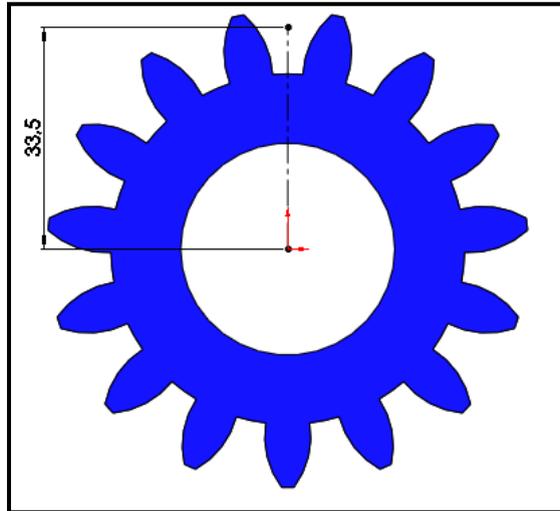


Figura 2.8 Engrane

Dónde:

$T_1 =$ Torque transmitido al eje

$d_3 =$ Diámetro medio del engranaje

Cálculo:

$$T_1 = F_2 \times d_3 \quad (\text{Ec. 2.6})$$

$$F_2 = \frac{T_1}{d_3}$$

$$F_2 = \frac{68.19 \text{ Nm}}{0.0335 \text{ m}}$$

$$F_2 = 2035.52 \text{ N}$$

FUERZA TANGENCIAL TRANSMITIDA DEL ENGRANE RECTO DE 78 DIENTES Y AL PIÑÓN DE 15 DIENTES

En la figura 2.9 se muestra el engrane de 78 dientes, que da el movimiento al mecanismo de corte.

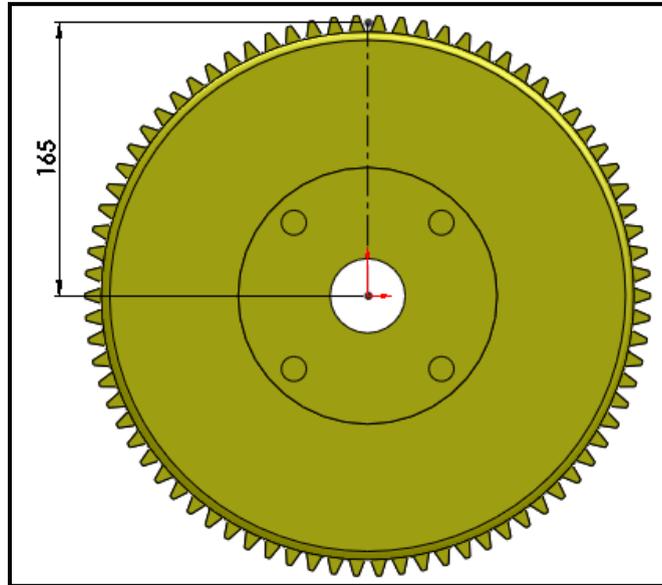


Figura 2.9 Engrane Recto

Dónde:

$F_2 =$ Fuerza tangencial transmitida al engranaje recto

$d_4 =$ Diámetro medio del piñón

Cálculo:

$$T_2 = F_2 \times d_4 \quad (\text{Ec 2.7})$$

$$T_2 = 2035.52N \times 0.165 m$$

$$T_2 = 335.86 Nm$$

TORQUE QUE TRANSMITE LA LEVA DE CORTE AL EJE

En la figura 2.10 se muestra la leva de corte, que mueve al mecanismo de corte.

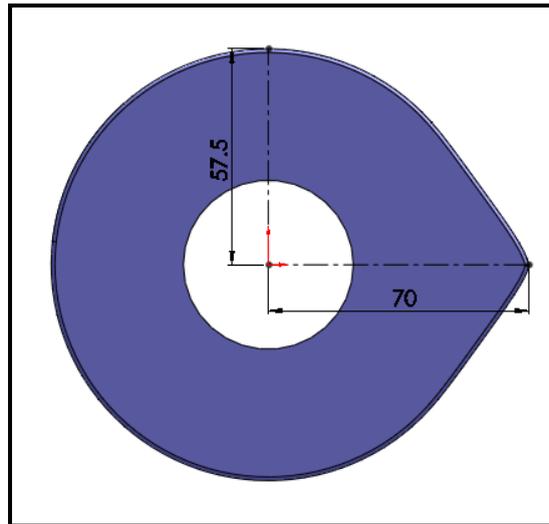


Figura 2.10 Leva de Corte

Dónde:

$T_2 =$ Torque que transmite la leva de corte

$d_5 =$ Distancia del eje al punto máximo de la leva de corte

Cálculo:

$$T_2 = F_3 \times d_5 \quad (\text{Ec. 2.8})$$

$$F_3 = \frac{T_2}{d_5}$$

$$F_3 = \frac{335.86 \text{ Nm}}{0.07 \text{ m}}$$

$$F_3 = 4798.03 \text{ N}$$

SOPORTE SEGUIDOR

En la figura 2.11 se muestra el soporte seguidor, parte principal del mecanismo de corte.

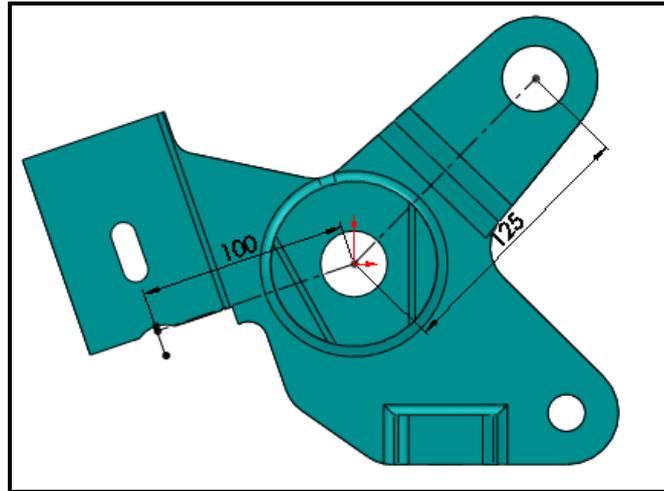


Figura 2.11 Soporte seguidor

Dónde:

$$F_3 = F_c = \text{Fuerza de corte}$$

$$T_3 = \text{Torque del porta cuchilla}$$

$$d_6 = \text{Distancia del eje seguidor al empujador}$$

$$d_7 = \text{Distancia del eje seguidor a la cuchilla}$$

Cálculo de la fuerza de corte F_c :

$$T_3 = F_3 \times d_6 \quad (\text{Ec. 2.9})$$

$$T_3 = F_c \times d_7$$

$$F_3 \times d_6 = F_c \times d_7$$

$$F_c = \left(\frac{F_3 \times d_6}{d_7} \right)$$

$$F_c = \left(\frac{4798.03 \text{ N} \times 0.125 \text{ m}}{0.1 \text{ m}} \right)$$

$$F_c = 5997.54 \text{ N}$$

2.1.7 CÁLCULO DE ESFUERZOS

Dónde:

$\sigma_c =$ Esfuerzo cortante calculada

$F_c =$ Fuerza de corte calculada

$Fr =$ Fuerza de corte requerida

$A =$ Área

$\tau =$ Resistencia de la varilla

$\phi =$ Diámetro de la varilla

$n =$ factor de seguridad

La fuerza de corte calculada, con una potencia restante de 5.12 HP es de:

$$F_c = 5997.54 \text{ N}$$

Cálculo de resistencia de la varilla:

$$\tau = \frac{S_{sy}}{n} \quad (\text{Ec. 2.10})$$

$$n = 1$$

$$\tau = \frac{Sy}{2n}$$

$$\tau = \frac{220 \text{ MPa}}{2(1)}$$

$$\tau = 110 \text{ MPa}$$

Cálculo de la fuerza requerida:

Para cortar varilla de 5.5 mm, con $\tau = 110 \text{ MPa}$

$$\tau = \frac{Fr}{A} \quad (\text{Ec. 2.11})$$

$$Fr = \tau \times A$$

$$Fr = \frac{110 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times \pi \times (0.0055\text{m})^2}{4}$$

47

$$Fr = 2613.41 N$$

En donde la fuerza de corte calculada es $F_c = 5997.54 N$, que es mayor que la fuerza requerida para realizar los cortes de varilla, siendo esta fuerza, $Fr = 2613.41 N$.

El diámetro de la varilla a cortar es de 5.5 mm, por lo que posterior se calculará el área y el esfuerzo cortante.

Cálculo del área:

$$\text{Área} = \frac{\phi^2}{4} \times \pi \quad (\text{Ec. 2.12})$$

$$A = \frac{(5.5\text{mm})^2}{4} \times \pi$$

$$A = 23.76 \text{ mm}^2$$

$$A = 23.76 \text{ mm}^2 \times \left(\frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}}\right)^2$$

$$A = 2.376 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

Cálculo del esfuerzo cortante:

$$\text{Esfuerzo cortante } \tau_c (\text{Calculado}) = \frac{F_c}{A} \quad (\text{Ec 2.13})$$

$$\tau_c = \frac{5997.54 N}{2.376 \times 10^{-5} \text{ m}^2}$$

$$\tau_c = 252.42 \text{ MPa}$$

El esfuerzo cortante calculado es de 252.42 MPa, con una fuerza de corte de 5997.54 N, para poder cortar una varilla de 5.5 mm de diámetro.

$$\tau_c \geq \frac{S_{sy}}{n} \quad (\text{Ec. 2.14})$$

$$252.42 \text{ MPa} \geq 110 \text{ MPa}$$

Entonces el corte es efectivo, porque el esfuerzo cortante calculado σ_c es mayor que el S_{sy} del material AISI 1006 de la varilla.

2.1.8 CÁLCULO DE LOS ESFUERZOS NORMALES QUE SE PRODUCEN EN LA CUCHILLA

Los esfuerzos (normales) a los que se encuentra sometido la cuchilla de corte se determina en función de la fuerza de corte F_c y el área transversal mínima de la cuchilla (figura 2.12).

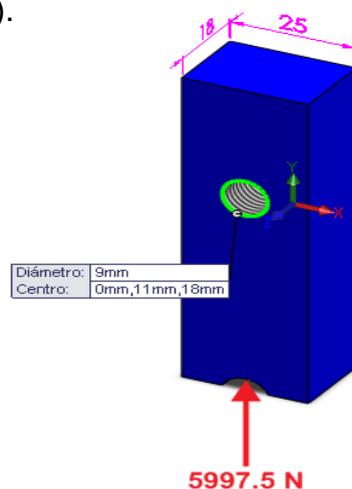


Figura 2.12 Dimensiones de la cuchilla y fuerza de corte

De la figura 2.12 anterior se determina que el área transversal mínima de la cuchilla donde se encuentra una sección destinada al corte de varilla como se muestra en la figura 2.13 siguiente viene dado por:

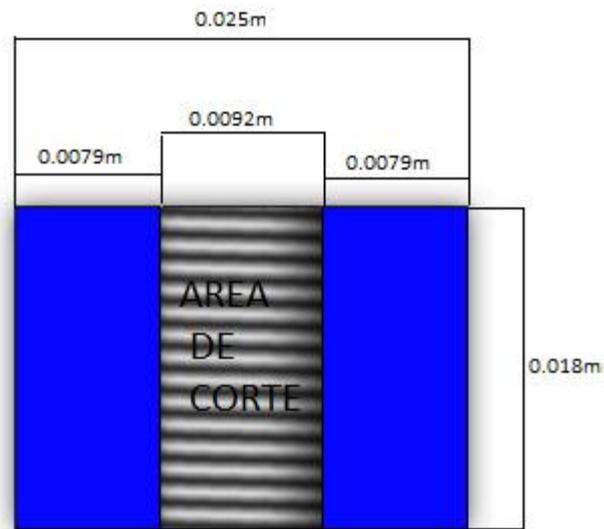


Figura 2.13 Sección de corte de la cuchilla

$$A_C = 0.018 \times (0.025 - 2(0.0079))m^2$$

$$A_C = 0.0001656 m^2$$

Por lo tanto, el *esfuerzo normal de compresión* que soporta la cuchilla es:

$$\sigma_{normal} = \frac{F_C}{A_C} \quad (\text{Ec. 1.15})$$

$$\sigma_{normal} = \frac{5997.54 N}{0.0001654 m^2}$$

$$\sigma_{normal} = 36.21 \times 10^6 Pa = 36.21 MPa$$

Cabe indicar que el *esfuerzo normal* es igual al *esfuerzo de diseño*:

$$\sigma_{normal} = \sigma_{diseño} = 36.21 MPa$$

Cálculo de esfuerzos y factores de seguridad para la cuchilla de corte:

Cuando se investiga o declara un coeficiente de seguridad N, se basará en la resistencia de fluencia o en la resistencia máxima y esto dependerá del tipo de carga a la cual trabajara la cuchilla.

La definición fundamental del coeficiente de seguridad es:

$$\text{Coeficiente de seguridad} = \frac{\text{carga que podría originar la rotura}}{\text{carga real aplicada en el elemento}}$$

En la cuchilla de corte, el factor de seguridad se basara en la resistencia máxima para metales dúctiles, tomando en cuenta que la clase de carga es de choque.⁷ En la que trabajara la cuchilla de corte. Se toma un factor de seguridad de 15 tomado de la tabla 2.3.

Tabla 2.3 Clases de carga y factor de seguridad

CLASE DE CARGA	ACERO METALES DÚCTILES	
	Basado en la resistencia máxima	Basa en la resistencia de la fluencia
Carga permanente, N=	3-4	1.5-2
Repetida, una dirección gradual (choque suave) N=	6	3
Repetida, invertida, gradual (choque suave) N=	8	4
Choque N=	10-15	5-7

⁷ Diseño de elementos de máquinas, V. M. FAIRES, pág. 24.

Cálculo de la resistencia última de la cuchilla (S_u):

Dónde:

Factor de seguridad ($N=15$)

Esfuerzo de diseño es igual a 36.21 MPa.

Entonces:

$$\text{Esfuerzo de diseño } (\sigma_{\text{diseño}}) = \frac{\text{resistencia última } (S_U)}{\text{factor de seguridad } (N)}$$

$$S_U = N \times \sigma_D \quad (\text{Ec. 2.16})$$

$$\sigma_{\text{normal}} = \sigma_{\text{diseño}}$$

$$S_U = 15 \times 36.21 \text{ MPa}$$

$$S_U = 543.15 \text{ MPa}$$

Con este valor se procede a seleccionar el material de la cuchilla, que se determinará mas adelante.

2.2 ANÁLISIS CINÉTICO DE ESFUERZOS DE LA MÁQUINA

Una vez calculadas las fuerzas antes mencionadas en los lugares indicados en los elementos anteriores se procede a realizar el análisis de esfuerzos de los principales elementos mecánicos que sufrirán estas fuerzas en su trabajo en el programa SolidWorks Simulation, obteniéndose los siguientes resultados:

2.2.1 ELEMENTOS PRINCIPALES

Eje secundario (anexo).

Esfuerzo de Von Mises

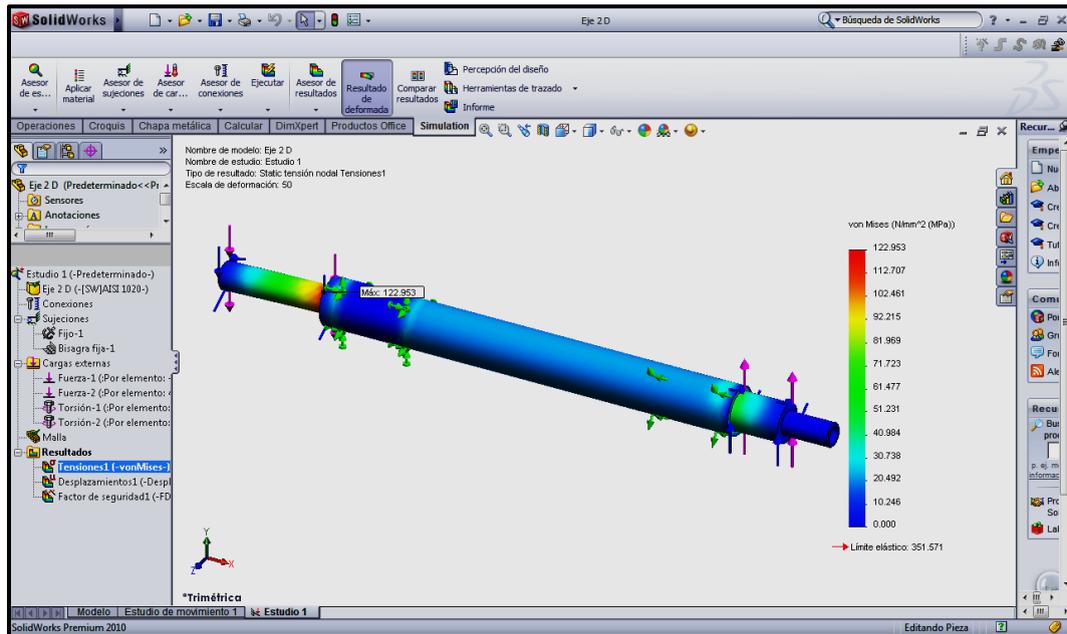


Figura 2.14 Tensión de Von Mises en el eje secundario

Al analizar la figura 2.14, se observa que la máxima tensión de Von Mises en la estructura del eje es de 122.95 MPa, aquí se genera el movimiento que es producido por el motor mediante bandas, para de aquí transmitirlo al mecanismo de corte, sin embargo esta tensión es menor que el límite elástico del acero estructural AISI 1020 que es de 351.57MPa, por lo tanto el eje resiste ésta tensión máxima sin fallar.

Desplazamientos resultantes⁸

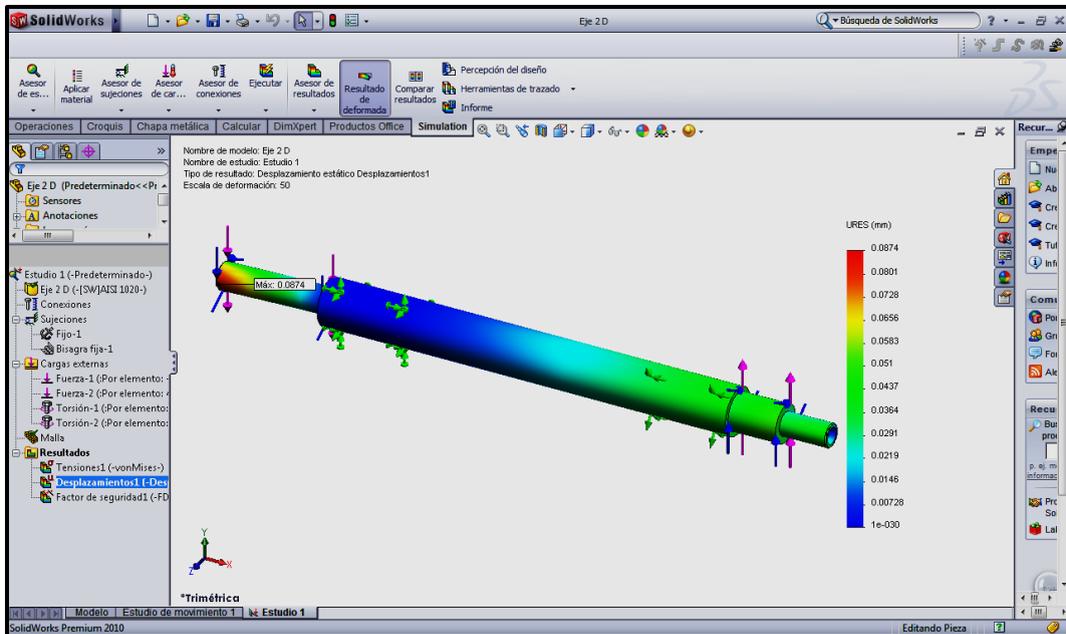


Figura 2.15 Desplazamientos resultantes del eje secundario

En la figura 2.15, se observa que el desplazamiento máximo ocurre en la parte donde se transmite la potencia del motor hacia la polea y su valor es de 0.087mm.

Este desplazamiento está dentro de los límites de flexión recomendados para máquina que trabaja bajo presión moderada:

Dónde:

$$y_{\text{máx}} = \text{límite máximo de flexión recomendado}$$

$$y_{\text{máx}} = \frac{0.0005 \text{ mm}}{\text{mm de longitud}} \times 525 \text{ mm} = 0.2625 \text{ mm}$$

$$y_{\text{mín}} = \text{límite mínimo de flexión recomendado}$$

$$y_{\text{mín}} = \frac{0.00001 \text{ mm}}{\text{mm de longitud}} \times 525 \text{ mm} = 0.00525 \text{ mm}$$

⁸ Resistencia de Materiales, MOTT, pág. 459

Factor de seguridad⁹

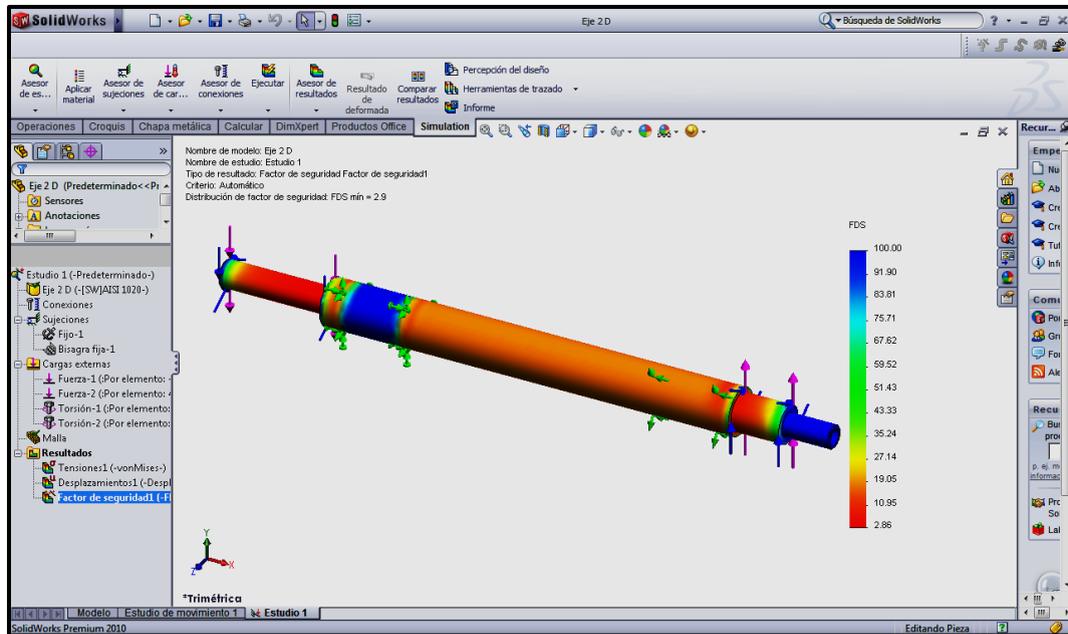


Figura 2.16 Distribución del factor de seguridad en el eje secundario

Con respecto a la distribución del factor de seguridad en la figura 2.16, se observa que las zonas críticas se encuentran en el lugar donde se genera la velocidad por medio del motor y en el lugar donde se transmite la potencia.

Gracias al software SolidWorks Simulation, se puede realizar un análisis rápido y factible para estimar el material que está construido cada elemento de la máquina y además se verifica si está dentro de los límites de factores de seguridad, ver en la tabla 2.4, el análisis de los materiales simulados en SolidWorks Simulation en el eje secundario.

⁹ Diseño de elementos de Máquinas, MOTT, pág. 185

Tabla 2.4 Análisis de los materiales simulados en SolidWorks Simulation en el eje secundario¹⁰.

EJE SECUNDARIO				
MATERIAL	VON MISES (MPa)	LÍMITE ELÁSTICO (MPa)	DESPLAZAMIENTO MÁXIMO (mm)	FACTOR DE SEGURIDAD
ASTM A -36	122.95	250	0.0874	2.03
<i>AISI 1020</i>	122.95	351.57	0.0874	2.86
AISI 1045	122.95	530	0.0874	4.31

Se selecciona el material AISI 1020 de la tabla 2.4, ya que el valor mínimo del factor de seguridad es de 2.9, por lo que está en el rango de los límites de factor de seguridad de 2.5 a 4, para materiales dúctiles, en el diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas.

¹⁰ Resistencia de Materiales, MOTT, Tablas Propiedades de los Materiales

Polea del sistema de corte (anexo).

Esfuerzo de Von Mises

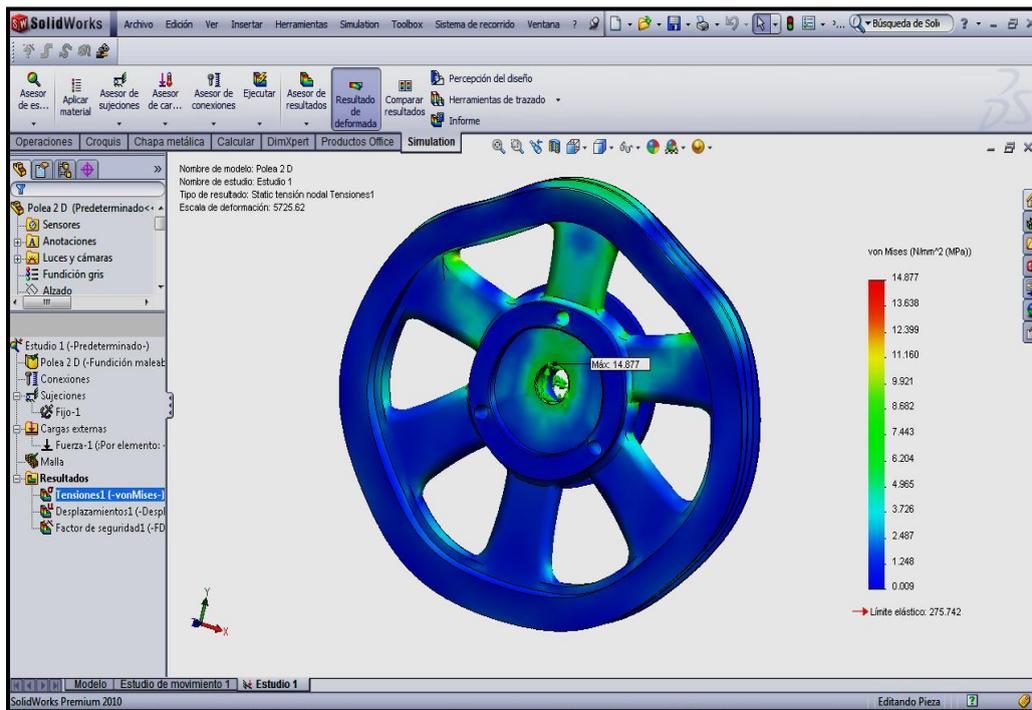


Figura 2.17 Tensión de Von Mises en la polea

Al analizar la figura 2.17, se observa que la máxima tensión de Von Mises es en el orificio donde entra el eje anterior descrito y es de 14.87 MPa se produce por la transmisión de la potencia del motor, sin embargo esta tensión es menor que el límite elástico de la Fundición Maleable que es de 275.74 MPa, por lo tanto la polea resiste ésta tensión máxima sin fallar.

Factor de seguridad¹¹

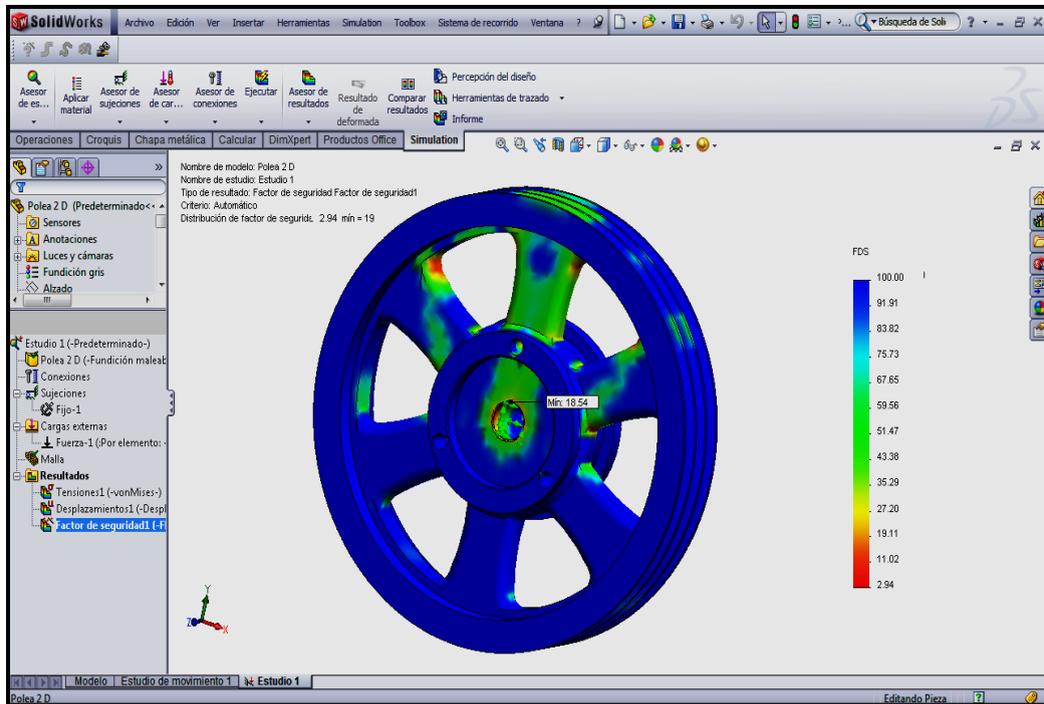


Figura 2.18 Distribución del factor de seguridad en la polea

Con respecto a la distribución del factor de seguridad en la figura 2.18 se observa que las zonas críticas se encuentran en el orificio de contacto con el eje al que transmite la potencia.

Gracias al software SolidWorks Simulation, se puede realizar un análisis rápido y factible para estimar el material que está construido cada elemento de la máquina y además se verifica si está dentro de los límites de factores de seguridad, ver en la tabla 2.5, el análisis de los materiales simulados en SolidWorks Simulation en la polea.

¹¹ Diseño de elementos de Máquinas, MOTT, pág. 185

Tabla 2.5 Análisis de los materiales simulados en SolidWorks Simulation en la polea¹²

POLEA				
MATERIAL	VON MISES (MPa)	LÍMITE ELASTICO (MPa)	DESPLAZAMIENTO MÁXIMO (mm)	FACTOR DE SEGURIDAD
ASTM A -36	14.87	250	0.0534	2.04
<i>Fundición Maleable</i>	14.87	275.74	0.0534	2.9
AISI 1045	14.87	530	0.0534	4.31

Se selecciona el material Fundición Maleable de la tabla 2.5, sin embargo, ya que el valor mínimo del factor de seguridad es de 2.9, por lo que está en el rango de los límites de factor de seguridad de 2.5 a 4, para diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas por lo que el diseño de la polea es seguro.

¹² Resistencia de Materiales, MOTT, Tablas Propiedades de los Materiales

Piñón módulo 4.5 y 15 dientes (anexo).

Esfuerzo de Von Mises

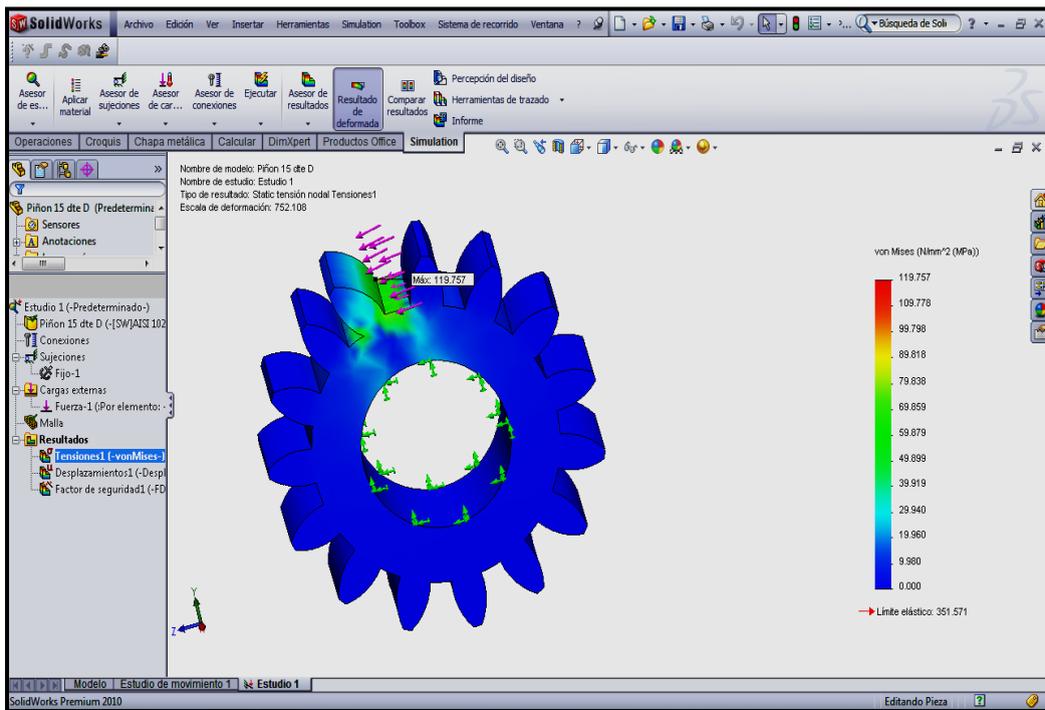


Figura 2.19 Tensión de Von Mises del piñón módulo 4.5 y 15 dientes.

Al analizar la figura 2.19, se observa que la máxima tensión de Von Mises en la estructura superior es de 119.75 MPa se produce en los dientes del engrane de 15 dientes ya que estos transmiten la potencia hacia engrane recto de 78 dientes, sin embargo esta tensión es menor que el límite elástico del acero estructural AISI 1020 que es de 351.57 MPa, por lo tanto el eje resiste ésta tensión máxima sin fallar.

Factor de seguridad¹³

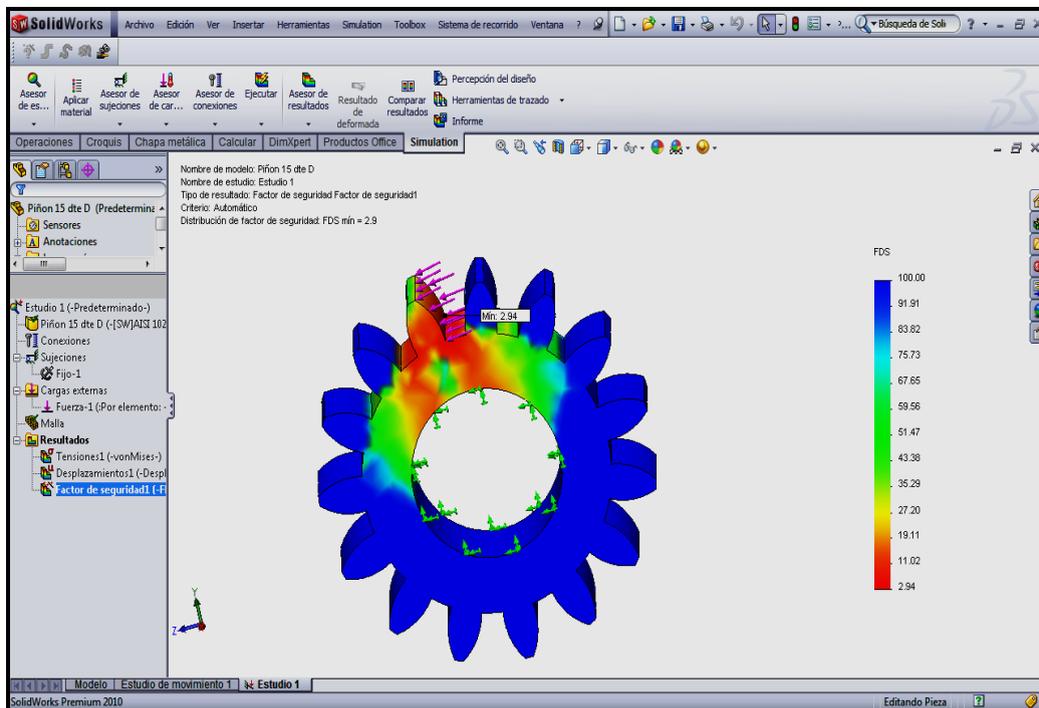


Figura 2.20 Distribución del factor de seguridad del piñón módulo 4.5 y 15 dientes.

Con respecto a la distribución del factor de seguridad en la figura 2.20, se observa que las zonas críticas se encuentran en toda la parte de los dientes del engrane de 15 dientes por el movimiento que da hacia el engrane recto de 78 dientes.

Gracias al software SolidWorks Simulation, se puede realizar un análisis rápido y factible para estimar el material que está construido cada elemento de la máquina y además se verifica si está dentro de los límites de factores de seguridad, ver en la tabla 2.6, el análisis de los materiales simulados en SolidWorks Simulation en el piñón módulo 4.5 y 15 dientes.

¹³ Diseño de elementos de Máquinas, MOTT, pág. 185

Tabla 2.6 Análisis de los materiales simulados en SolidWorks Simulation en el piñón módulo 4.5 y 15 dientes¹⁴

PIÑÓN MÓDULO 4.5 Y 15 DIENTES.				
MATERIAL	VON MISES (MPa)	LÍMITE ELÁSTICO (MPa)	DEZPLAZAMIENTO MÁXIMO (mm)	FACTOR DE SEGURIDAD
ASTM A -36	119.75	250	0.096	2.09
<i>AISI 1020</i>	<i>119.75</i>	<i>351.57</i>	<i>0.096</i>	<i>2.94</i>
AISI 1045	119.75	530	0.096	4.43

Se selecciona el material AISI 1020 de la tabla 2.6, ya que el valor mínimo del factor de seguridad es de 2.9, por lo que está en el rango de los límites de factor de seguridad de 2.5 a 4, para diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas.

¹⁴ Resistencia de Materiales, MOTT, Tablas Propiedades de los Materiales

Eje principal (anexo).

Esfuerzo de Von Mises

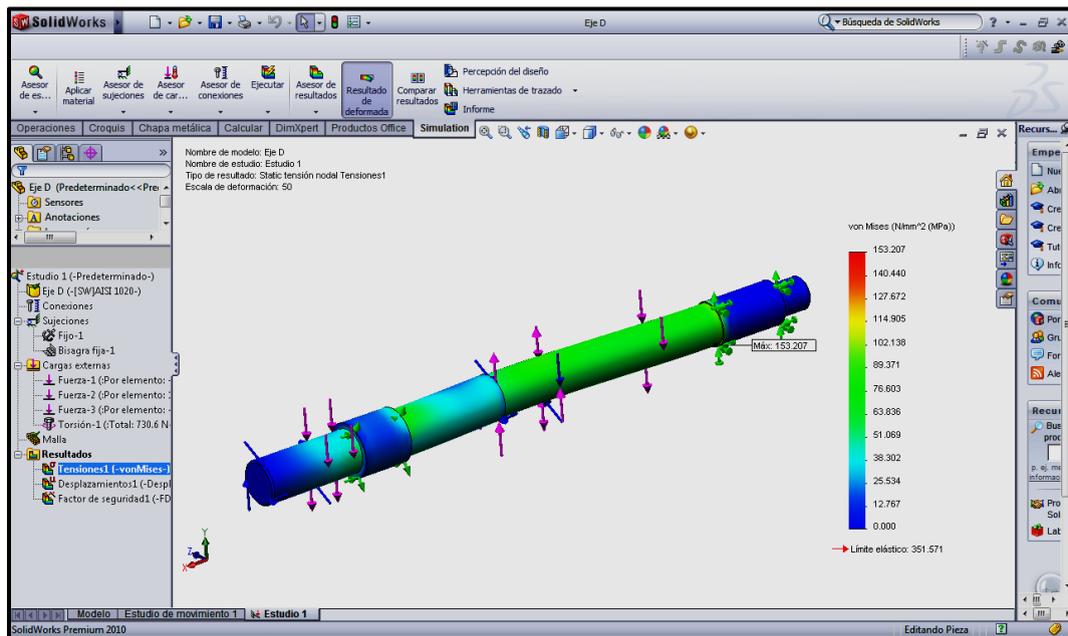


Figura 2.21 Tensión de Von Mises en el eje principal

Al analizar la figura 2.21, se observa que la máxima tensión de Von Mises en la estructura superior es de 153.20 MPa se produce en el eje principal que es el que transporta al mecanismo de corte, este eje a su vez gira por el movimiento que es transmitido el engrane recto de 78 dientes, sin embargo esta tensión es menor que el límite elástico del acero estructural AISI 1020 que es de 351.57MPa, por lo tanto el eje resiste ésta tensión máxima sin fallar.

Desplazamientos resultantes¹⁵

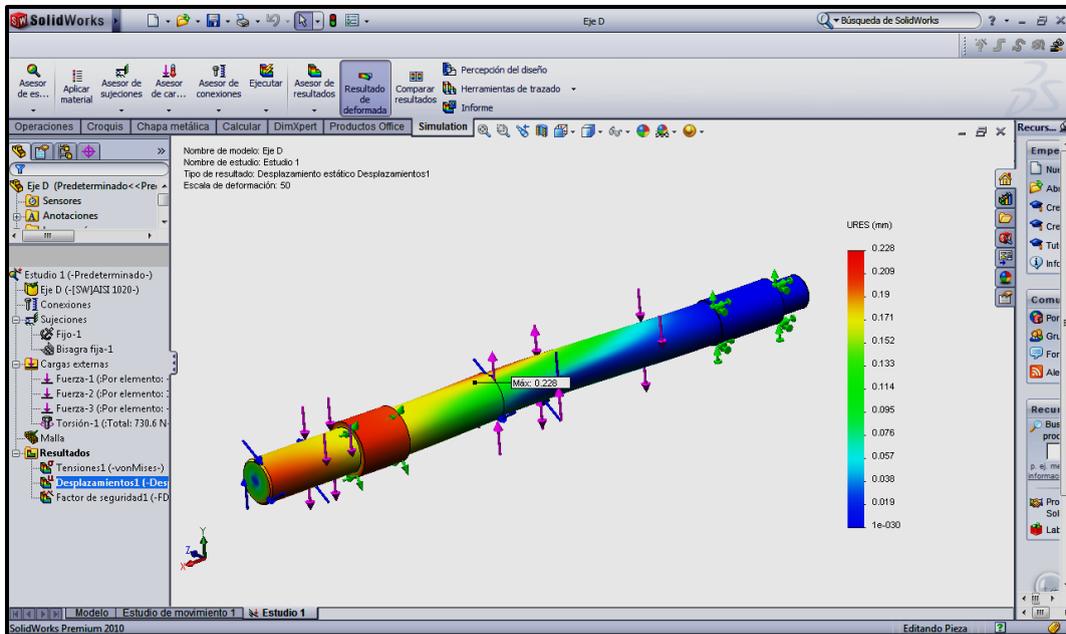


Figura 2.22 Desplazamientos resultantes del eje principal

En la figura 2.22 se observa que el desplazamiento máximo ocurre en el lugar donde está ubicado el engrane recto de 78 dientes que da el movimiento al mecanismo de corte y su valor es de 0.22mm.

Este desplazamiento está dentro de los límites de flexión recomendados para máquina que trabaja bajo presión moderada:

Dónde:

$$y_{\text{máx}} = \text{límite máximo de flexión recomendado}$$

$$y_{\text{máx}} = \frac{0.0005 \text{ mm}}{\text{mm de longitud}} \times 680 \text{ mm} = 0.34 \text{ mm}$$

$$y_{\text{mín}} = \text{límite mínimo de flexión recomendado}$$

$$y_{\text{mín}} = \frac{0.00001 \text{ mm}}{\text{mm de longitud}} \times 680 \text{ mm} = 0.0068 \text{ mm}$$

¹⁵ Resistencia de Materiales, MOTT, pág. 459

Cabe indicar que el límite de la suma del movimiento del eje principal y eje secundario, que portan los engranajes acoplados en el lugar donde van montados, no sea más de 0.13 mm, pero este sería para límites de flexión de alta precisión como engranajes rectos de mínimas dimensiones, como por ejemplo en relojes y micro mecanismos con engranajes rectos.

Para este caso el valor es despreciable para el trabajo con un engranaje de módulo 4.5, de 78 dientes y otro engranaje de módulo 4.5, 15 dientes, ya que la suma del movimiento del eje principal y eje secundario que portan los engranajes antes mencionados es de 0.307 mm, teniendo en cuenta que está dentro de los límites de flexión recomendados para que un elemento de una máquina trabaje a presión moderada, sin tener generación de ruido, capacidad de potencia reducida y mayor desgaste, tomando en cuenta el módulo y el número de dientes antes mencionado.

Factor de seguridad¹⁶

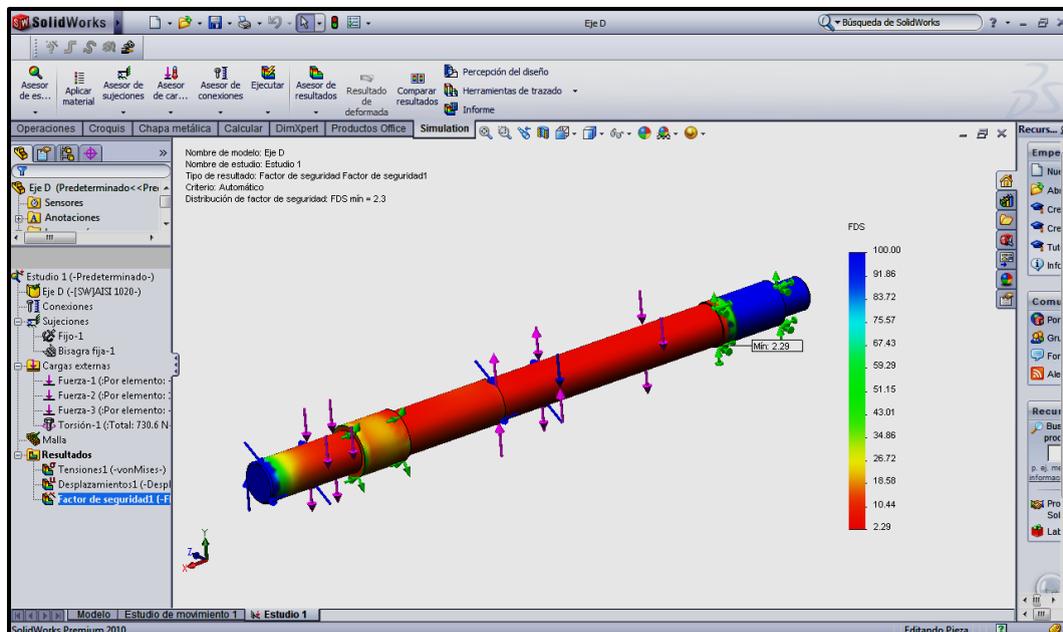


Figura 2.23 Distribución del factor de seguridad en el eje principal

Con respecto a la distribución del factor de seguridad en la figura 2.23 se observa que las zonas críticas se encuentran en el lugar donde están los elementos que dan el movimiento al mecanismo de corte.

Gracias al software SolidWorks Simulation, se puede realizar un análisis rápido y factible para estimar el material que está construido cada elemento de la máquina y además se verifica si está dentro de los límites de factores de seguridad, ver en la tabla 2.7, el análisis de los materiales simulados en SolidWorks Simulation en el eje principal.

¹⁶ Diseño de elementos de Máquinas, MOTT, pág. 185

Tabla 2.7 Análisis de los materiales simulados en SolidWorks Simulation en el eje principal¹⁷.

EJE PRINCIPAL				
MATERIAL	VON MISES (MPa)	LÍMITE ELASTICO (MPa)	DESPLAZAMIENTO MÁXIMO (mm)	FACTOR DE SEGURIDAD
ASTM A -36	153.2	250	0.22	1.63
AISI 1020	153.2	351.57	0.22	2.29
AISI 1045	153.2	530	0.22	3.46

Se selecciona el material AISI 1020 de la tabla 2.7, ya que el valor mínimo del factor de seguridad es de 2.3, por lo que está en el rango de los límites de factor de seguridad de 2 a 2.5, para diseño de elementos de máquinas bajo cargas dinámicas.

¹⁷ Resistencia de Materiales, MOTT, Tablas Propiedades de los Materiales

Engrane módulo 4.5 y 78 dientes (anexo).

Esfuerzo de Von Mises

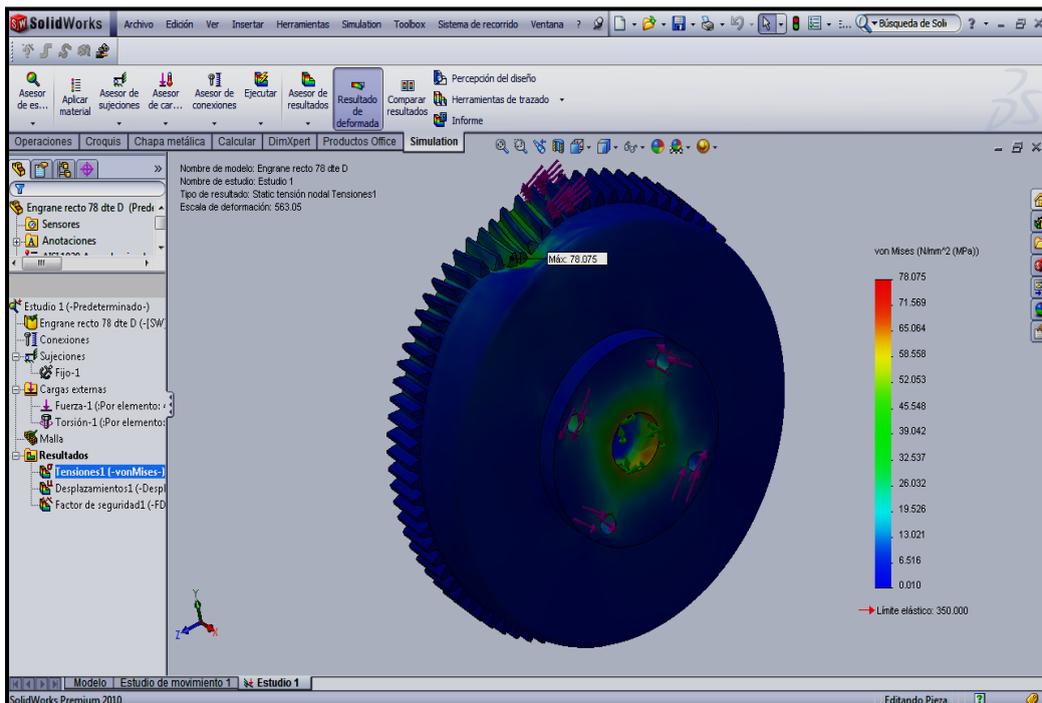


Figura 2.24 Tensión de Von Mises en el engrane módulo 4.5 y 78 dientes.

Al analizar la figura 2.24, se observa que la máxima tensión de Von Mises en la estructura superior es de 78.07 MPa se produce en los dientes del engrane que son los que tienen contacto con los dientes del engrane pequeño que le da el movimiento, sin embargo esta tensión es menor que el límite elástico del acero estructural AISI 1020 acero laminado en frío, que es de 350 MPa, por lo tanto el engranaje resiste ésta tensión máxima sin fallar.

Factor de seguridad¹⁸

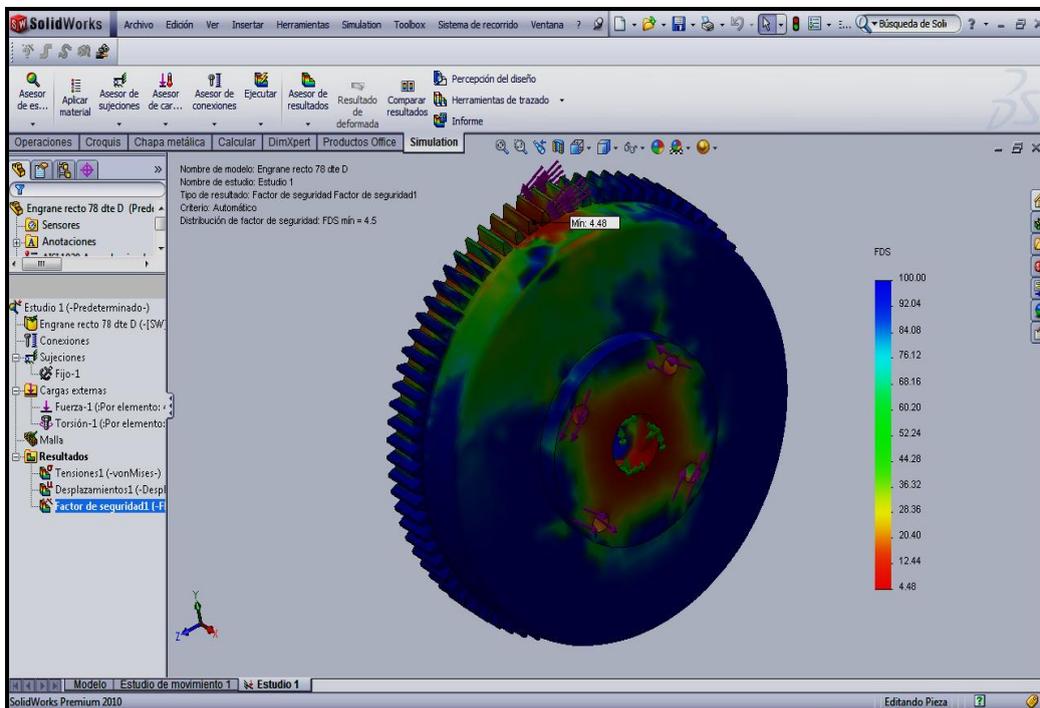


Figura 2.25 Distribución del factor de seguridad en el engrane módulo 4.5 y 78 dientes.

Con respecto a la distribución del factor de seguridad en la figura 2.25 se observa que las zonas críticas se encuentran los dientes del engrane.

Gracias al software SolidWorks Simulation, se puede realizar un análisis rápido y factible para estimar el material que está construido cada elemento de la máquina y además se verifica si está dentro de los límites de factores de seguridad, ver en la tabla 2.8, el análisis de los materiales simulados en SolidWorks Simulation en el engrane módulo 4.5 y 78 dientes.

¹⁸ Diseño de elementos de Máquinas, MOTT, pág. 185

Tabla 2.8 Análisis de los materiales simulados en SolidWorks Simulation en el engrane módulo 4.5 y 78 dientes.

ENGRANE MÓDULO 4.5 Y 78 DIENTES.				
MATERIAL	VON MISES (MPa)	LÍMITE ELÁSTICO (MPa)	DEZPLAZAMIENTO MÁXIMO (mm)	FACTOR DE SEGURIDAD
ASTM A -36	78.07	250	0.0664	3.2
<i>AISI 1020</i>	<i>78.07</i>	<i>351.57</i>	<i>0.0664</i>	<i>4.48</i>
AISI 1045	78.07	530	0.0664	6.79

Se selecciona el material AISI 1020 de la tabla 2.8, ya que el valor mínimo del factor de seguridad es de 4.5, por lo que está en el rango de los límites de factor de seguridad de 4 o más, para diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas.

Engranaje cónico (anexo).

Esfuerzo de Von Mises

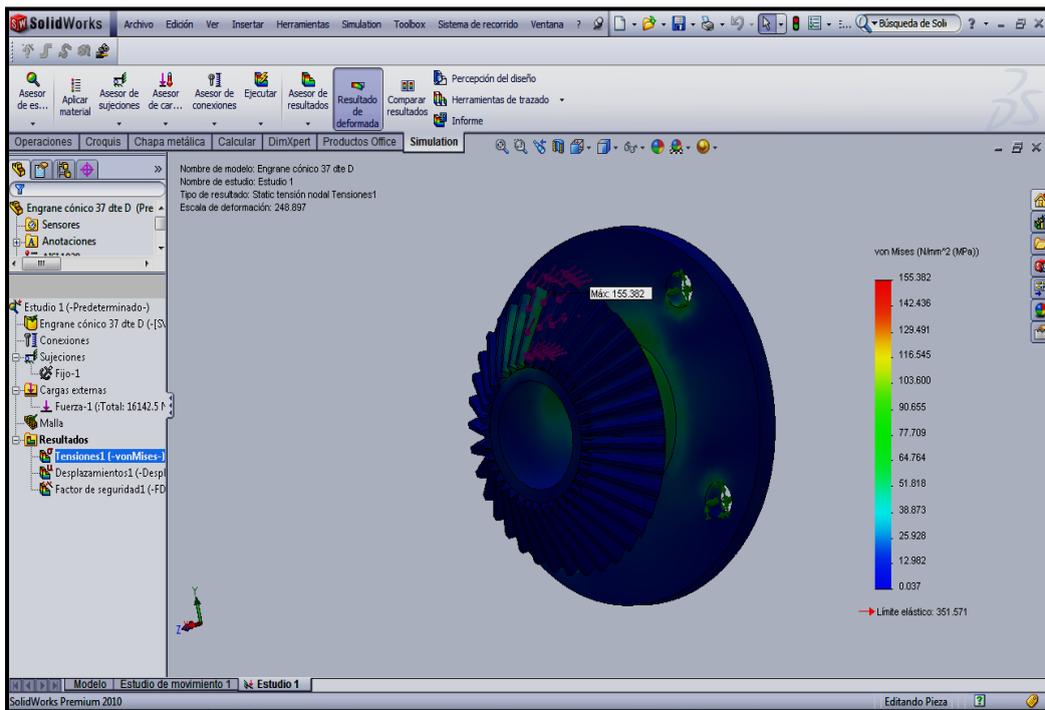


Figura 2.26 Tensión de Von Mises en el engrane cónico

Al analizar la figura 2.26, se observa que la máxima tensión de Von Mises en la estructura superior es de 155.38 MPa se produce en los dientes del engrane cónico ya que éstos se conectan con otros dientes del engrane conectado a los rodillos jaladores de varilla, sin embargo esta tensión es menor que el límite elástico del acero estructural AISI 1020 que es de 351.57 MPa, por lo tanto el engranaje cónico resiste ésta tensión máxima sin fallar.

Factor de seguridad¹⁹

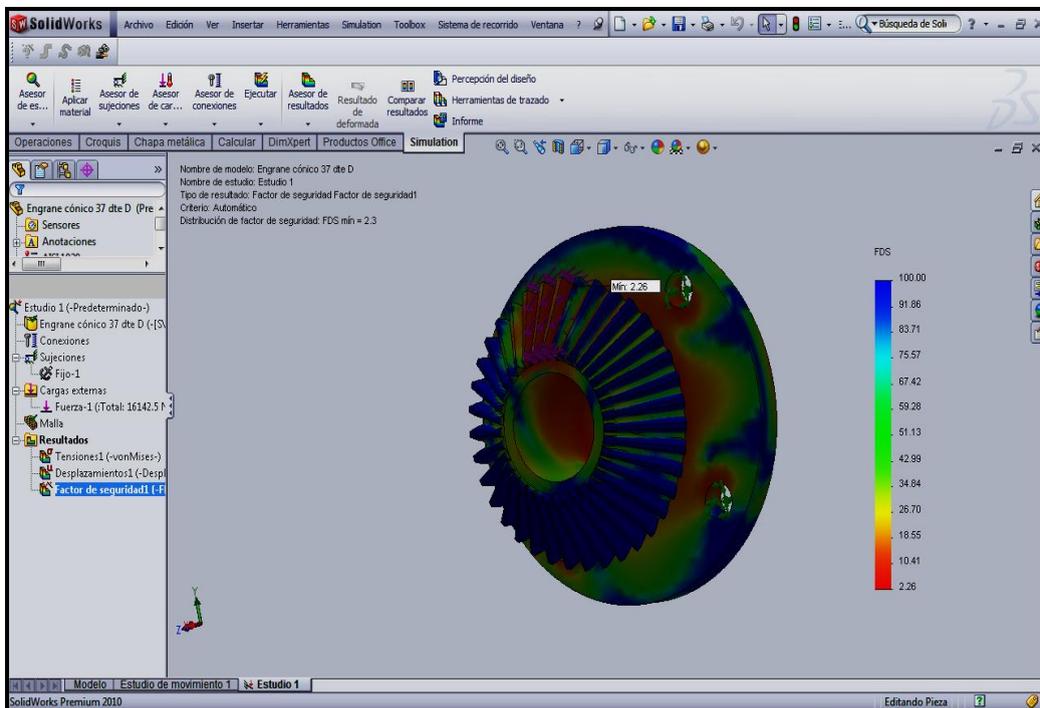


Figura 2.27 Distribución del factor de seguridad en el engrane cónico

Con respecto a la distribución del factor de seguridad en la figura 2.27 se observa que las zonas críticas se encuentran en la partes de rozamiento de los dientes del engranes cónicos.

Gracias al software SolidWorks Simulation, se puede realizar un análisis rápido y factible para estimar el material que está construido cada elemento de la máquina y además se verifica si está dentro de los límites de factores de seguridad, ver en la tabla 2.9, el análisis de los materiales simulados en SolidWorks Simulation en el engranaje cónico.

¹⁹ Diseño de elementos de Máquinas, MOTT, pág. 185

Tabla 2.9 Análisis de los materiales simulados en SolidWorks Simulation en el engranaje cónico²⁰.

ENGRANAJE CÓNICO				
MATERIAL	VON MISES (MPa)	LÍMITE ELASTICO (MPa)	DESPLAZAMIENTO MÁXIMO (mm)	FACTOR DE SEGURIDAD
ASTM A -36	155.38	250	0.0657	1.61
<i>AISI 1020</i>	<i>155.38</i>	<i>351.57</i>	<i>0.0657</i>	<i>2.26</i>
AISI 1045	155.38	530	0.0657	3.41

Se selecciona el material AISI 1020 de la tabla 2.9, ya que el valor mínimo del factor de seguridad es de 2.3, por lo que está en el rango de los límites de factor de seguridad de 2 a 2.5, para diseño de elementos de máquinas bajo cargas dinámicas.

²⁰ Resistencia de Materiales, MOTT, Tablas Propiedades de los Materiales

Pin seguidor (anexo).

Esfuerzo de Von Mises

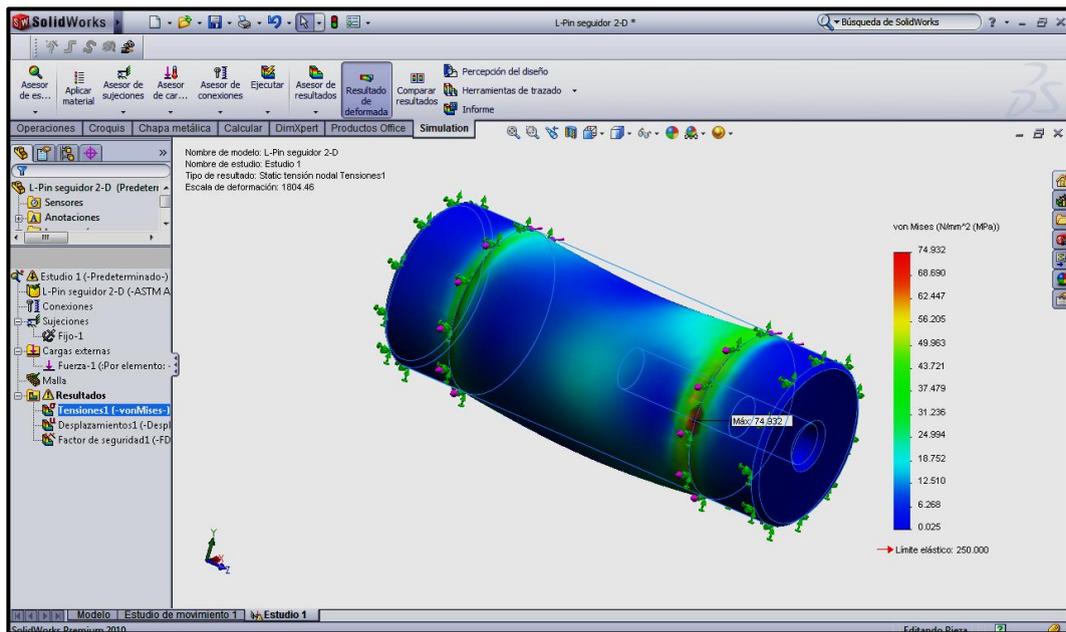


Figura 2.30 Tensión de Von Mises en el pin seguidor

Al analizar la figura 2.30, se observa que la máxima tensión de Von Mises en la estructura superior es de 74.93 MPa se produce en la parte donde gira el seguidor que tendrá su movimiento cuando la leva se lo transmita, sin embargo esta tensión es menor que el límite elástico del acero estructural ASTM A-36, que es de 250MPa, por lo tanto el pin seguidor resiste ésta tensión máxima sin fallar.

Factor de seguridad²¹

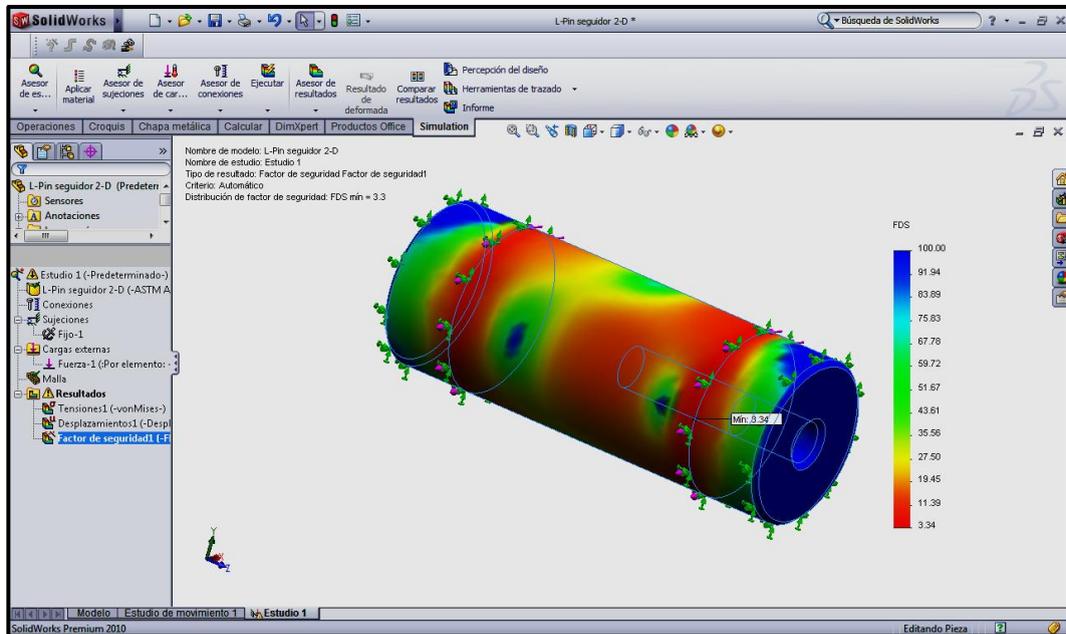


Figura 2.31 Distribución del factor de seguridad en el pin seguidor

Con respecto a la distribución del factor de seguridad en la figura 2.31 se observa que las zonas críticas se encuentran en el lugar donde se da el movimiento al seguidor cuando este se encuentre en pleno funcionamiento.

Gracias al software SolidWorks Simulation, se puede realizar un análisis rápido y factible para el material que está construido el elemento de la máquina y además se verifica si está dentro de los límites de factores de seguridad, ver en la tabla 2.10, el análisis de los materiales simulados en SolidWorks Simulation en el pin seguidor.

²¹ Diseño de elementos de Máquinas, MOTT, pág. 185

Tabla 2.10 Análisis de los materiales simulados en SolidWorks Simulation en el pin seguidor²²

PIN SEGUIDOR				
MATERIAL	VON MISES (MPa)	LÍMITE ELASTICO (MPa)	DESPLAZAMIENTO MÁXIMO (mm)	FACTOR DE SEGURIDAD
<i>ASTM A -36</i>	<i>74.93</i>	<i>250</i>	<i>0.00466</i>	<i>3.34</i>
AISI 1020	74.93	351.57	0.00466	4.69
AISI 1045	74.93	530	0.00466	7.07

Se selecciona el material ASTM A-36 de la tabla 2.10, ya que el valor mínimo del factor de seguridad es de 3.34, por lo que está en el rango de los límites de factor de seguridad de 2.5 a 4, para diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas.

²² Resistencia de Materiales, MOTT, Tablas Propiedades de los Materiales

2.3 DISEÑO DE LOS ELEMENTOS A CONSTRUIR

2.3.1 CÁLCULO DE FUERZAS QUE ACTÚAN EN EL BRAZO PORTA CUCHILLA

El brazo porta cuchilla es el encargado de ejecutar el corte de la varilla trefilada gracias a la fuerza de rozamiento (F_f), que por el efecto de palanca, es transmitida desde la leva de corte al seguidor del brazo porta cuchilla, tal como se muestra en la figura 2.32.

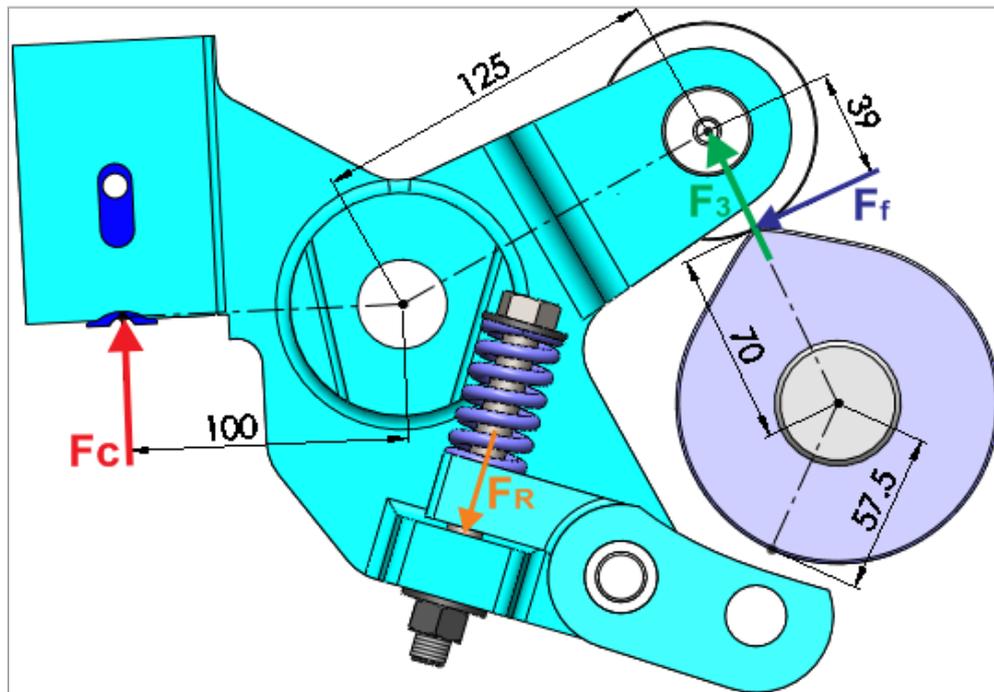


Figura 2.32 Fuerzas que actúan sobre el brazo porta cuchilla

Por lo tanto, el brazo porta cuchillas se encuentra sometido a las siguientes fuerzas:

- **Fuerza de corte (F_C).**-Se produce en forma repetitiva gradual en una sola dirección y es la fuerza necesaria para realizar el corte de la varilla trefilada. El valor máximo de esta fuerza se alcanza durante el corte de la varilla y es de 5997.54 N (determinada en la sección 2.1.6). La fuerza de corte produce en el lado izquierdo del brazo porta cuchillas esfuerzos normales por flexión y esfuerzos de corte.

- **Fuerza de empuje (F_3).**-Se genera en una sola dirección en forma repetitiva cada ciclo de corte de la máquina y es la fuerza de empuje que transmite la leva de corte al seguidor del brazo porta cuchilla. El valor máximo de esta fuerza es de 4798.03 N (determinada en la sección 2.1.6).

La fuerza de empuje transmite al lado derecho del brazo porta cuchillas esfuerzos normales por flexión y esfuerzos de corte.

- **Fuerza de rozamiento (F_f).**-Es una fuerza repetitiva que se produce por efecto de la fricción que tiene lugar entre la leva de corte y el rodillo seguidor del brazo porta cuchilla. Su valor máximo se origina durante el corte de la varilla. Viene dado por:

$$F_f = \mu \cdot N = \mu \cdot F_3 \quad (\text{Ec. 2.17})$$

$$F_f = 0.3 \cdot 4798.03 \text{ N}$$

$$F_f = 1439.4 \text{ N}$$

Dónde: $\mu = 0.3$ (coeficiente de fricción entre acero-acero)

Esta fuerza provoca en el lado derecho del brazo porta cuchillas esfuerzos normales por tracción.

- **Fuerza del resorte (F_R).**- Esta es una fuerza repetitiva gradual en una sola dirección que transmite el resorte helicoidal de compresión a la parte inferior de brazo porta cuchillas, provocando que este venza la fuerza de fricción entre la cuchilla y la varilla cortada y le retorne a su posición inicial luego de haber realizado el corte. Su valor máximo se produce luego de haber realizado el corte y viene dado por (figura 2.33):

$$\frac{\Delta L}{(67.5 - 52.5)} = \frac{55}{50}$$

$$\Delta L = 16.5 \text{ mm}$$

$$F_R = k \cdot \Delta L$$

$$F_R = 50 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \cdot 16.5 \text{ mm}$$

$$F_R = 825.0 \text{ N}$$

Dónde:

$k = 50 \text{ N/mm}$ (Constante del resorte)

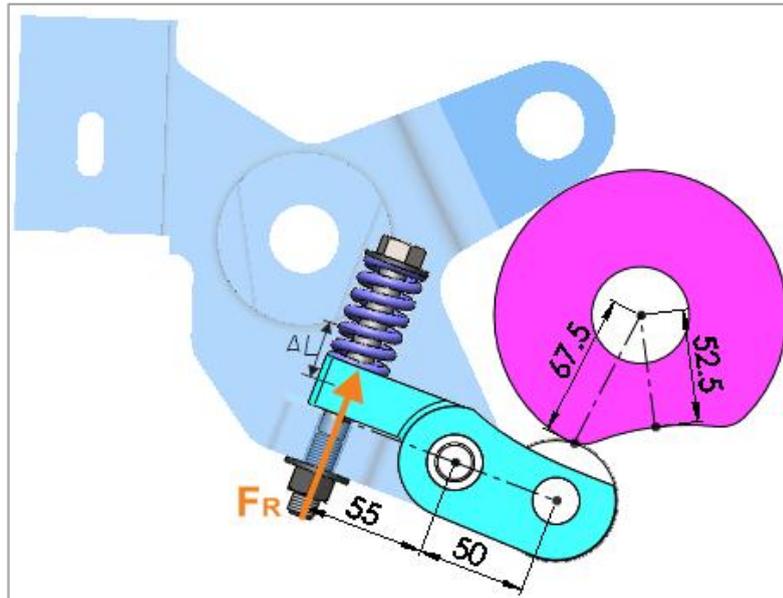


Figura 2.33 Fuerza del resorte

Esta fuerza genera en la parte inferior del brazo porta cuchillas esfuerzos normales por tracción y flexión.

En el módulo de análisis de esfuerzos de SolidWorks Simulation se asigna cada una de las fuerzas calculadas, tal como se muestra en la siguiente figura:

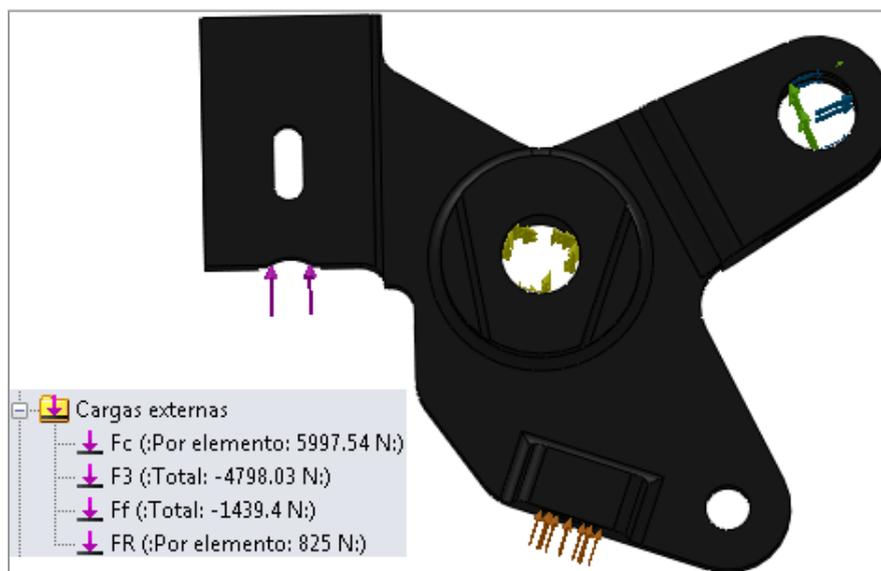


Figura 2.34 Asignación de fuerzas mediante SolidWorks

Ejecutando los Solvers de análisis de SolidWorks Simulation se obtienen los siguientes valores de esfuerzos combinados (esfuerzo de Von Mises):

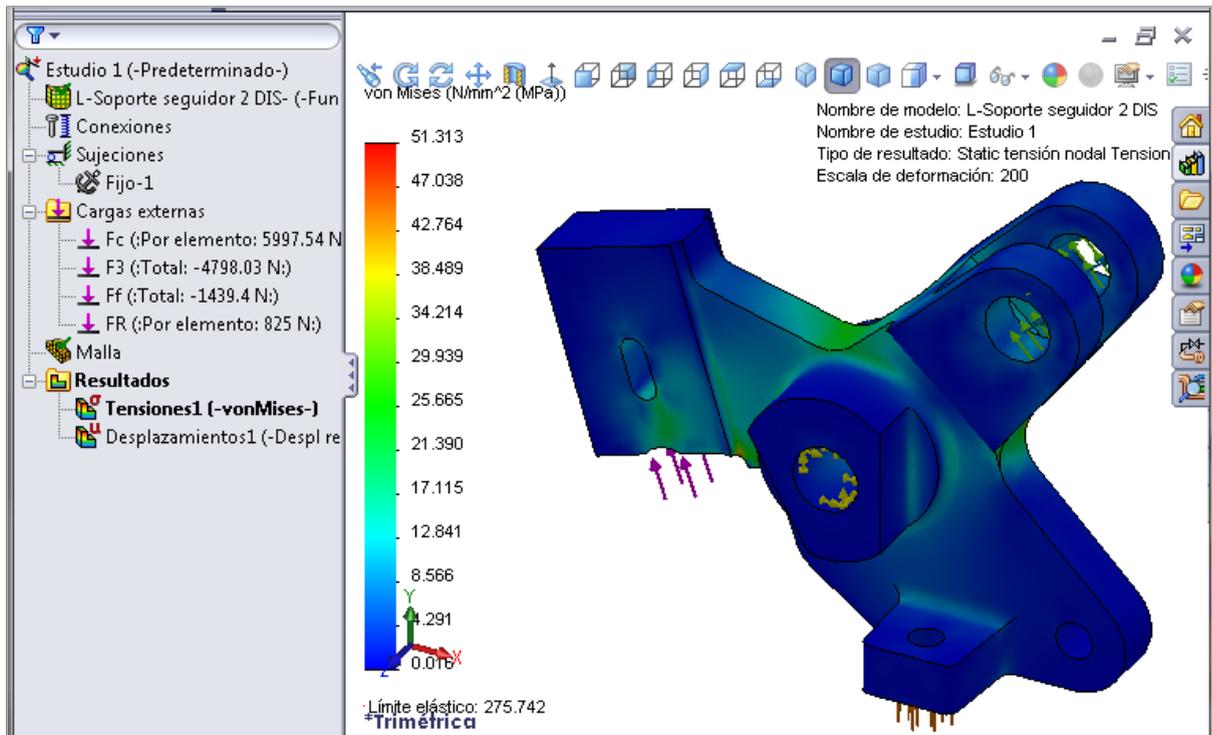


Figura 2.35 Esfuerzo de Von Mises en el brazo porta cuchillas

Debido a que en este elemento se sujeta directamente la cuchilla, el brazo porta cuchillas está sometido a cargas de choque repetitivas en una dirección, por lo tanto, de acuerdo con la tabla 2.3, el factor de seguridad recomendado se encuentra entre 5 a 7 (basado en la resistencia de fluencia).

Mediante la teoría de diseño de la *Energía de Distorsión* se determina el límite elástico del material con el que se fabricará el brazo porta cuchilla, a partir de la siguiente ecuación:

$$\sigma' = \frac{S_y}{N}$$

$$S_y = N \cdot \sigma' \quad (\text{Ec. 2.18})$$

$$S_{y_{min}} = 5 \cdot 51.34 \text{ MPa} = 256.7 \text{ Mpa}$$

$$S_{y_{max}} = 7 \cdot 51.34 \text{ MPa} = 359.4 \text{ Mpa}$$

Dónde:

El esfuerzo de Von Mises máximo (σ')= 51.31MPa.

A partir de este valor se procede a seleccionar el material del brazo porta cuchillas de entre los materiales de la siguiente tabla:

Tabla 2.11 Posibles materiales para el brazo porta cuchillas²³

MATERIAL	MÁXIMO ESFUERZO DE VON MISES (MPa)	LÍMITE DE FLUENCIA (MPa)	FACTOR DE SEGURIDAD
<i>AISI 1020</i>	<i>51.31</i>	<i>420.0</i>	<i>8.18</i>
<i>AISI 1015</i>	<i>51.31</i>	<i>325.0</i>	<i>6.33</i>
<i>Fundición maleable</i>	<i>51.31</i>	<i>275.7</i>	<i>5.37</i>

Debido a la forma geométrica compleja que tiene este elemento, resulta más adecuado fabricarlo mediante un proceso de fundición. Por lo tanto, ya que el factor de seguridad se encuentra dentro del rango recomendado, se selecciona la fundición maleable como el material más idóneo para su fabricación.

Tomando en cuenta los valores de deflexión recomendados para piezas de maquinas en general (figura 2.36)²⁴, se determina el rango de deformación que es aceptado para este tipo de máquinas, a partir de las siguientes igualdades:

Límites de deflexión recomendados. Es responsabilidad del diseñador especificar la máxima deflexión permisible de una viga de máquina, chasis o estructura. El conocimiento de la aplicación debe servir de guía. En ausencia de esta guía, en las referencias 2 y 3 se sugieren los límites siguientes:	
Pieza general de máquina:	$y_{\text{máx}} = 0.0005$ a 0.003 plg/plg o mm/mm de longitud de viga.
Precisión moderada:	$y_{\text{máx}} = 0.00001$ a 0.0005 plg/plg o mm/mm de longitud de viga.
Alta precisión:	$y_{\text{máx}} = 0.000001$ a 0.00001 plg/plg o mm/mm de longitud de viga.

Figura 2.36 Límites de deflexión recomendados

²³ Resistencia de Materiales, MOTT, Tablas Propiedades de los Materiales

²⁴ Resistencia de Materiales, MOTT, pág. 459

$$y_{max} = (0.0005 \text{ a } 0.003) \frac{mm}{mm} \cdot L$$

Remplazando tenemos:

$$y_{max1} = 0.0005 \frac{mm}{mm} \cdot 125 \text{ mm}$$

$$y_{max1} = 0.0625 \text{ mm}$$

$$y_{max2} = 0.003 \frac{mm}{mm} \cdot 125 \text{ mm}$$

$$y_{max2} = 0.375 \text{ mm}$$

Dónde: L es la longitud máxima de la viga = 125 mm

De los resultados de deformación proporcionados por SolidWorks (figura 2.37), se determina que la deformación máxima se produce en las orejas que sujetan al seguidor del brazo porta cuchilla (que tiene una longitud de 125 mm desde el eje central) y su valor es de 0.02772 mm . Por lo tanto, debido a que este valor es menor al rango de deflexión máxima recomendada, se concluye que el diseño del brazo porta cuchillas es correcto.

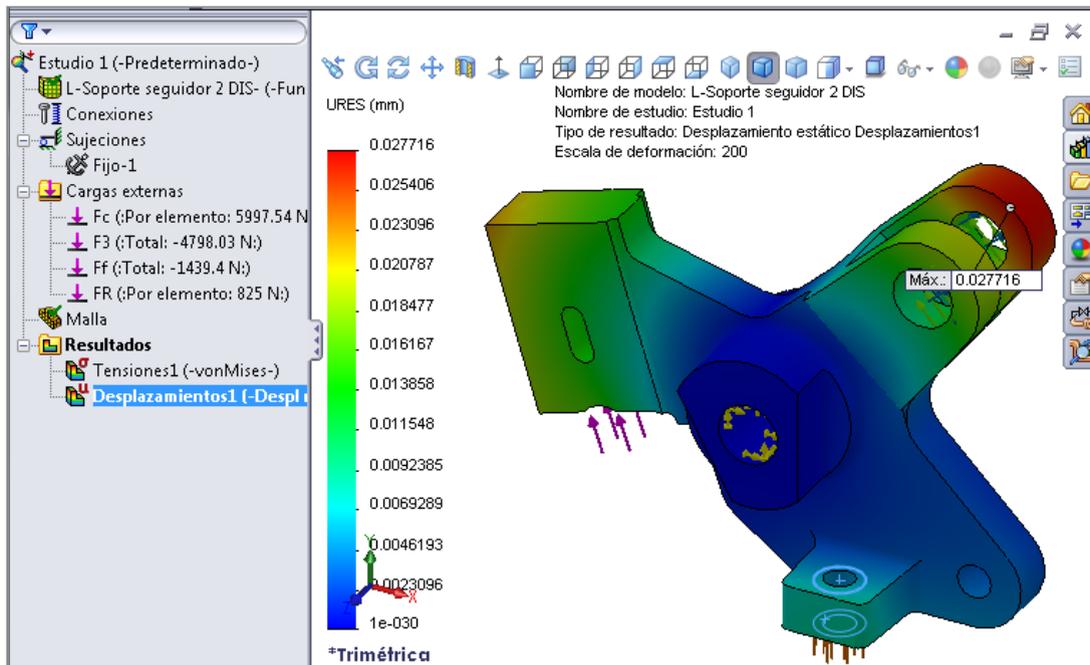


Figura 2.37 Deformaciones resultantes del brazo porta cuchillas

2.3.2 CÁLCULO DE FUERZAS DE LA LEVA DE CORTE

De la figura 2,32, se realiza los cálculos de la fuerza que actúa en la leva de corte y se tiene, la fuerza resultante es:

$$F_r = \sqrt{F_3^2 + F_f^2} = 5009.28 \text{ N} \quad (\text{Ec. 2.19})$$

Al aplicar la fuerza resultante (F_r), a la leva y el seguidor, éstos se deforman y la línea de contacto se convierte en una huella rectangular de ancho (w) y largo (b). La distribución de esfuerzos normales de compresión es no uniforme (figura 2.38)²⁵, alcanzado su valor máximo en la línea central de la huella a lo largo de la longitud b y tiende a cero hacia los bordes.

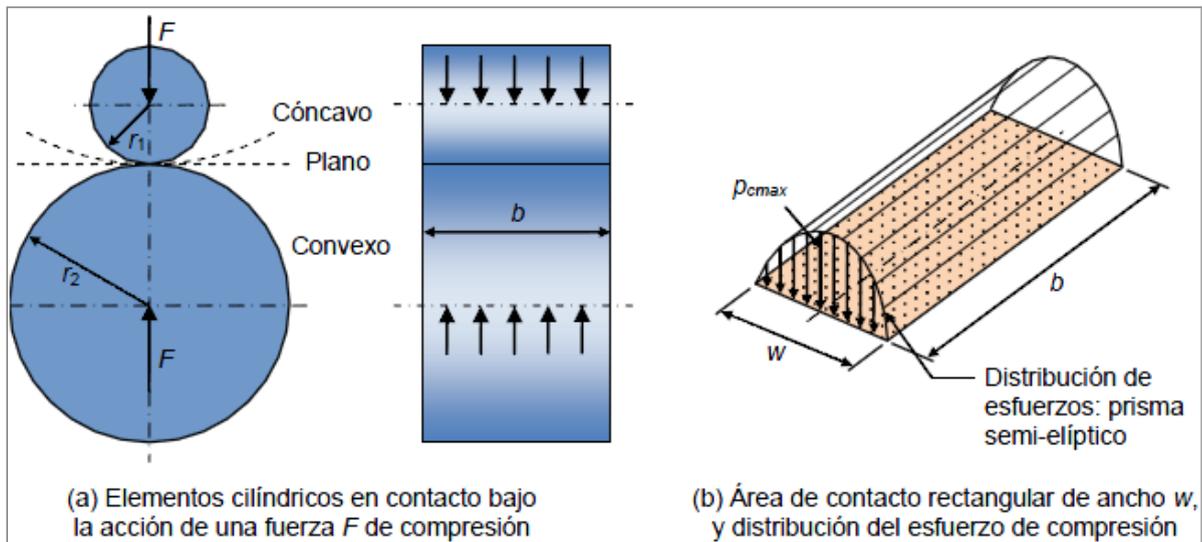


Figura 2.38 Distribución del esfuerzo de contacto entre superficies cilíndricas

Para leva y seguidor de acero, el ancho de la huella de contacto se calcula a partir de la siguiente ecuación²⁶:

$$w = 2.15 \sqrt{\frac{F_r}{b} \cdot \frac{1/E_1 + 1/E_2}{1/R_1 + 1/R_2}} \quad (\text{Ec. 2.20})$$

²⁵ Diseño de Máquinas, NORTON, pág. 493

²⁶ Diseño de Máquinas, NORTON, pág. 493,494

$$w = 2.15 \sqrt{\frac{5009.28}{0.032} \cdot \frac{1/207e9 + 1/207e9}{1/0.07 + 1/0.039}}$$

$$w = 2.15 \sqrt{3.7867e - 8}$$

$$w = 0.000418 \text{ m}$$

Dónde: Los módulos de elasticidad del seguidor y la leva (E_1 y E_2) = 207 GPa

Los radios de la leva y el seguidor respectivamente (R_1 y R_2)

El ancho de la leva y el seguidor (b) = 32mm = 0.032 m

A partir del ancho de la huella de contacto se calcula la presión máxima, p_{cmax} , (esfuerzo compresivo máximo)

$$p_{cmax} = \frac{4 \cdot F_r}{\pi \cdot w \cdot b} \quad (\text{Ec. 2.21})$$

$$p_{cmax} = \frac{4 \cdot 5009.28}{\pi \cdot 0.000418 \cdot 0.032}$$

$$p_{cmax} = 476.82 \text{ Mpa}$$

A partir de este valor se determina el esfuerzo cortante máximo, τ_{max} y la profundidad a la cual ocurre, z_s .

$$\tau_{max} = 0.304 \cdot p_{cmax} \quad (\text{Ec. 2.22})$$

$$\tau_{max} = 0.304 \cdot 476.82$$

$$\tau_{max} = 144.9 \text{ MPa}$$

$$z_s = 0.4 \cdot w \quad (\text{Ec. 2.23})$$

$$z_s = 0.4 \cdot 0.0004 \text{ m}$$

$$z_s = 0.16 \text{ m}$$

Como ya se indicó anteriormente este elemento soporta cargas cíclicas de incremento gradual en una sola dirección con choque suave, que producen principalmente esfuerzos de contacto, por lo se requiere de una superficie dura resistente al desgaste (templado superficial).

El endurecimiento de la superficie de contacto ocasiona que el material se haga frágil por lo que para el diseño de la leva se utilizará la teoría del *Esfuerzo Normal Máximo* basado en la resistencia última del material. De acuerdo con la tabla 2.3, el factor de seguridad mínimo recomendado es 6. Por lo que:

$$\tau_{max} = \frac{S_u}{N} \quad (\text{Ec. 2.24})$$

$$S_u = N \cdot \tau_{max}$$

$$S_u = 6 \cdot 144.9 \text{ MPa} = 869.4 \text{ Mpa}$$

Tomando en cuenta que se requiere proveerle a la leva una superficie resistente al desgaste, es necesario seleccionar un material existente en el mercado que sea susceptible a los tratamientos térmicos.

Tabla 2.12 Posibles materiales para la leva de corte simulado en SolidWork Simulation²⁷

MATERIAL	ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	RESISTENCIA ÚLTIMA (MPa)	FACTOR DE SEGURIDAD
AISI 1040	133.75	590.0	4.41
AISI 1080	133.75	770.0	5.75
AISI 1095	133.75	830.0	6.20

De acuerdo con la tabla 2.3 el factor mínimo de seguridad recomendado es 6, por lo tanto, ya que el único material que cumple con el factor de seguridad mínimo recomendado es el acero AISI 1095, se selecciona a éste como el material más idóneo para su fabricación.

²⁷ Resistencia de Materiales, MOTT, Tablas Propiedades de los Materiales

2.3.3 MATERIAL DEL SEGUIDOR DE LA LEVA DE CORTE DEL BRAZO PORTA CUCHILLA

Este seguidor tiene una forma cilíndrica y como se observa en la figura 2.32 soporta las mismas cargas y esfuerzos que la leva pero en sentido contrario, por lo que el material más idóneo para su fabricación es el acero AISI 1095 al igual que la leva.

2.3.4 CÁLCULO DE FUERZAS QUE ACTÚAN EN LA LEVA DE RETORNO DEL BRAZO PORTA CUCHILLA

Esta leva de retorno es la encargada de transmitir al resorte (figura 2.39), la fuerza necesaria para que el brazo porta cuchillas venza la fuerza de rozamiento (F_f), producida entre la cuchilla y la varilla cortada, y regrese a su posición inicial.

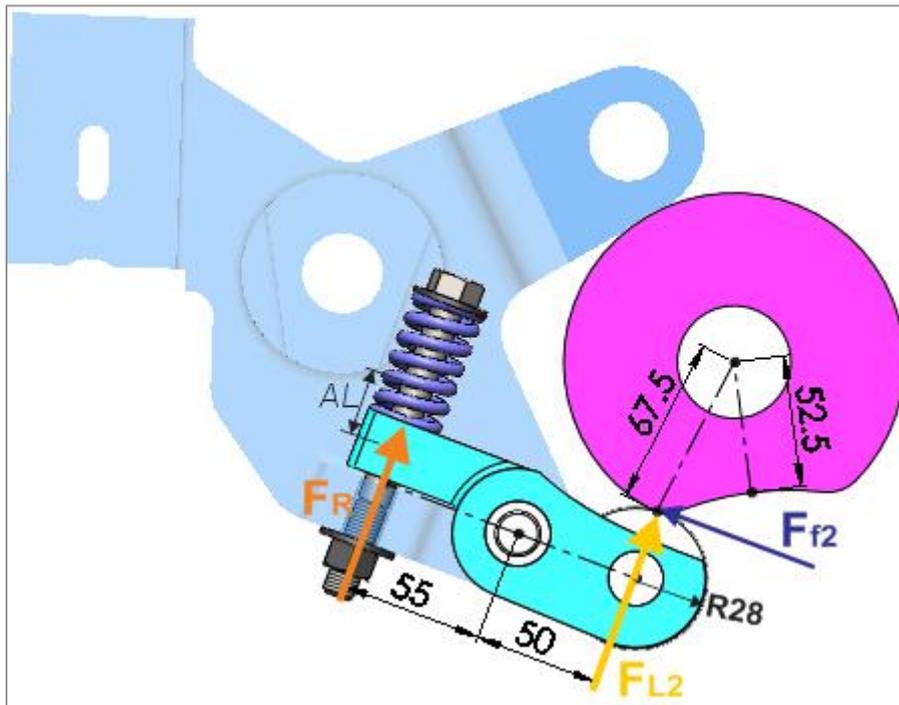


Figura 2.39 Fuerzas que actúan sobre la leva de retorno del brazo porta cuchilla

A partir de la figura 2.39, se determina que la leva de retorno del brazo porta cuchilla se encuentra sometida a las siguientes fuerzas:

- **Fuerza de empuje sobre la leva de retorno (F_{L2}).**-Es la fuerza necesaria que transmite la leva a fin de deformar el resorte la cantidad suficiente para que el brazo porta cuchilla venza la fuerza de fricción entre la cuchilla y la varilla cortada y retorne a su posición inicial luego realizar el corte de la varilla. Debido a que existe desplazamiento relativo entre los elementos en contacto (leva-seguidor) y a que la zona de contacto se desplaza continuamente, esta carga es cíclica y de incremento gradual en una sola dirección, por lo que los esfuerzos que surgen son alternativos. Su valor máximo viene dado por:

$$F_R \cdot 55 \text{ mm} = F_{L2} \cdot 50 \text{ mm} \quad (\text{Ec. 2.25})$$

$$F_{L2} = 825 \text{ N} \cdot \frac{55}{50}$$

$$F_{L2} = 907.5 \text{ N}$$

- **Fuerza de rozamiento (F_{f2}).**-Es una fuerza repetitiva que se produce por efecto de la fricción que tiene lugar entre la leva de retorno del brazo porta cuchilla y el rodillo seguidor. Su valor máximo viene dado por:

$$F_{f2} = \mu \cdot N = \mu \cdot F_{L2} \quad (\text{Ec. 2.26})$$

$$F_{f2} = 0.3 \cdot 907.5 \text{ N}$$

$$F_{f2} = 272.25 \text{ N}$$

La fuerza resultante es:

$$F_r = \sqrt{F_{L2}^2 + F_{f2}^2} = 947.5 \text{ N} \quad (\text{Ec. 2.27})$$

Al aplicar la fuerza resultante (F_r), a la leva y el seguidor, éstos se deforman y la línea de contacto se convierte en una huella rectangular de ancho (w) y largo (b). La distribución de esfuerzos normales de compresión es no uniforme (figura 2.38), alcanzado su valor máximo en la línea central de la huella a lo largo de la longitud b y tiende a cero hacia los bordes.

Para leva y seguidor de acero, el ancho de la huella de contacto se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$w = 2.15 \sqrt{\frac{F_r}{b} \cdot \frac{1/E_1 + 1/E_2}{1/R_1 + 1/R_2}} \quad (\text{Ec. 2.28})$$

$$w = 2.15 \sqrt{\frac{947.5}{0.02} \cdot \frac{1/207e9 + 1/207e9}{1/0.0675 + 1/0.028}}$$

$$w = 2.15 \sqrt{9.05e - 9}$$

$$w = 0.0002 \text{ m}$$

Dónde: Los módulos de elasticidad del seguidor y la leva (E_1 y E_2) = 207 GPa

Los radios de la leva y el seguidor respectivamente (R_1 y R_2)

El ancho de la leva y el seguidor (b) = 20 mm = 0.02 m

A partir del ancho de la huella de contacto se calcula la presión máxima, p_{cmax} , (esfuerzo compresivo máximo)

$$p_{cmax} = \frac{4 \cdot F_r}{\pi \cdot w \cdot b} \quad (\text{Ec. 2.29})$$

$$p_{cmax} = \frac{4 \cdot 947.5}{\pi \cdot 0.0002 \cdot 0.02}$$

$$p_{cmax} = 301.6 \text{ Mpa}$$

A partir de este valor se determina el esfuerzo cortante máximo, τ_{max} y la profundidad a la cual ocurre, z_s .

$$\tau_{max} = 0.304 \cdot p_{cmax} \quad (\text{Ec. 2.30})$$

$$\tau_{max} = 0.304 \cdot 301.6$$

$$\tau_{max} = 91.6 \text{ MPa}$$

$$z_s = 0.4 \cdot w \quad (\text{Ec. 2.31})$$

$$z_s = 0.4 \cdot 0.0002 \text{ m}$$

$$z_s = 0.08 \text{ m}$$

Como ya se indico anteriormente este elemento soporta cargas cíclicas de incremento gradual en una sola dirección con choque suave, que producen principalmente esfuerzos de contacto, por lo se requiere de una superficie dura resistente al desgaste (templado superficial).

El endurecimiento de la superficie de contacto ocasiona que el material se haga frágil por lo que para el diseño de la leva se utilizará la teoría del *Esfuerzo Normal Máximo* basado en la resistencia última del material. De acuerdo con la tabla 2.3, el factor de seguridad mínimo recomendado es 6. Por lo que:

$$\tau_{max} = \frac{S_u}{N} \quad (\text{Ec. 2.32})$$

$$S_u = N \cdot \tau_{max}$$

$$S_u = 6 \cdot 91.6 \text{ MPa} = 549.6 \text{ Mpa}$$

Tomando en cuenta que se requiere proveerle a la leva una superficie resistente al desgaste, es necesario seleccionar un material existente en el mercado que sea susceptible a los tratamientos térmicos.

Tabla 2.13 Posibles materiales para la leva de retorno del brazo porta cuchillas²⁸

MATERIAL	ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	RESISTENCIA ÚLTIMA (MPa)	FACTOR DE SEGURIDAD
AISI 1015	91.60	390.0	4.25
AISI 1020	91.60	470.0	5.13
AISI 1040	91.60	590.0	6.44

Por lo tanto, ya que el único material que cumple con el factor de seguridad mínimo recomendado es el acero AISI 1040, se selecciona a éste como el material más idóneo para su fabricación.

²⁸ Resistencia de Materiales, MOTT, Tablas Propiedades de los Materiales

2.3.5 CÁLCULO DE FUERZAS QUE ACTÚAN EN LA BRAZO SOPORTE DEL RESORTE

Como se observa en la figura 2.40, este brazo pivotea en el brazo porta cuchillas y es el encargado de sujetar al resorte helicoidal de compresión y al seguidor de la leva de retorno.

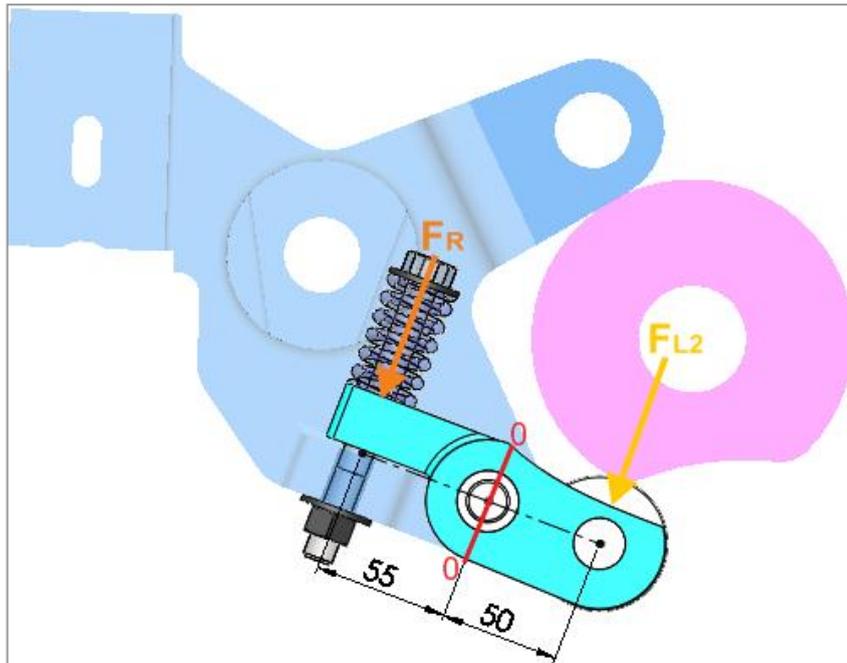


Figura 2.40 Fuerzas que actúan sobre el brazo soporte del resorte

El brazo soporte del resorte se encuentra sometido a las siguientes fuerzas:

- **Fuerza de empuje sobre la leva de retorno (F_{L2}).**- Fue calculada en la sección anterior y su valor máximo es:

$$F_{L2} = 907.5 \text{ N}$$

Esta fuerza actúa en el extremo izquierdo del brazo y genera esfuerzos normales por flexión cuyos valores máximos se producen en la sección 0-0.

- **Fuerza del resorte (F_R).**- Es la fuerza necesaria para que el brazo porta cuchilla venza la fuerza de fricción entre la cuchilla y la varilla cortada y

retorne a su posición inicial luego de haber realizado el corte. Su valor máximo es (figura 2.33):

$$F_R = 825.0 \text{ N}$$

Esta fuerza actúa en el extremo derecho del brazo soporte del resorte y genera esfuerzos normales por flexión cuyos valores máximos ocurren en la sección 0-0.

El momento flector máximo que generan cada una de estas fuerzas viene dado por:

$$M_{max1} = F_{L2} \cdot L_1 \quad (\text{Ec. 2.33})$$

$$M_{max1} = 907.5 \text{ N} \cdot 0.050 \text{ m}$$

$$M_{max1} = 45.38 \text{ Nm}$$

$$M_{max2} = F_R \cdot L_2 \quad (\text{Ec. 2.34})$$

$$M_{max2} = 825.0 \text{ N} \cdot 0.055 \text{ m}$$

$$M_{max2} = 45.38 \text{ Nm}$$

Tomando en cuenta que los dos momentos máximos son iguales y que en la zona crítica (0-0) el brazo tiene dos secciones rectangulares iguales con $B = 22 \text{ mm}$ y $H = 13 \text{ mm}$ (figura 2.41), el esfuerzo normal máximo por flexión es:

$$\sigma_{flex} = \frac{M_{max}}{B \cdot H^2 / 6} \quad (\text{Ec. 2.35})$$

$$\sigma_{flex} = \frac{6 \cdot 45.38 \text{ Nm}}{(0.022 \cdot 0.013^2) \text{ m}^3}$$

$$\sigma_{flex} = 73.2 \text{ MPa}$$

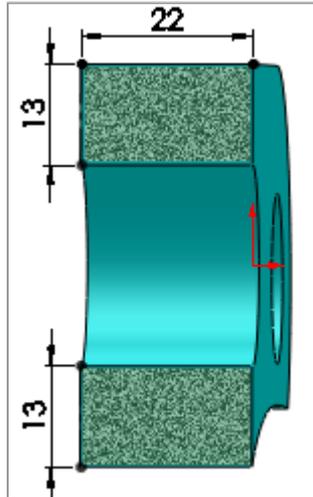


Figura 2.41 Sección transversal de la zona crítica

Reemplazando este valor en el círculo de Mohr para el cálculo de esfuerzos combinados se obtiene los siguientes esfuerzos principales:

$$\sigma_1 = 73.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = 0$$

$$\tau_{xy} = 36.6 \text{ MPa}$$

El esfuerzo de Von Mises²⁹ máximo que soporta el brazo viene dado por:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2 + \sigma_2^2} \quad (\text{Ec. 2.36})$$

$$\sigma' = 73.2 \text{ MPa}$$

Asignando cada una de las cargas que actúan sobre el brazo y ejecutando los Solvers de análisis de SolidWorks Simulation, se obtienen los siguientes valores de esfuerzos de Von Mises:

²⁹ Diseño de Máquinas, NORTON, pág. 498

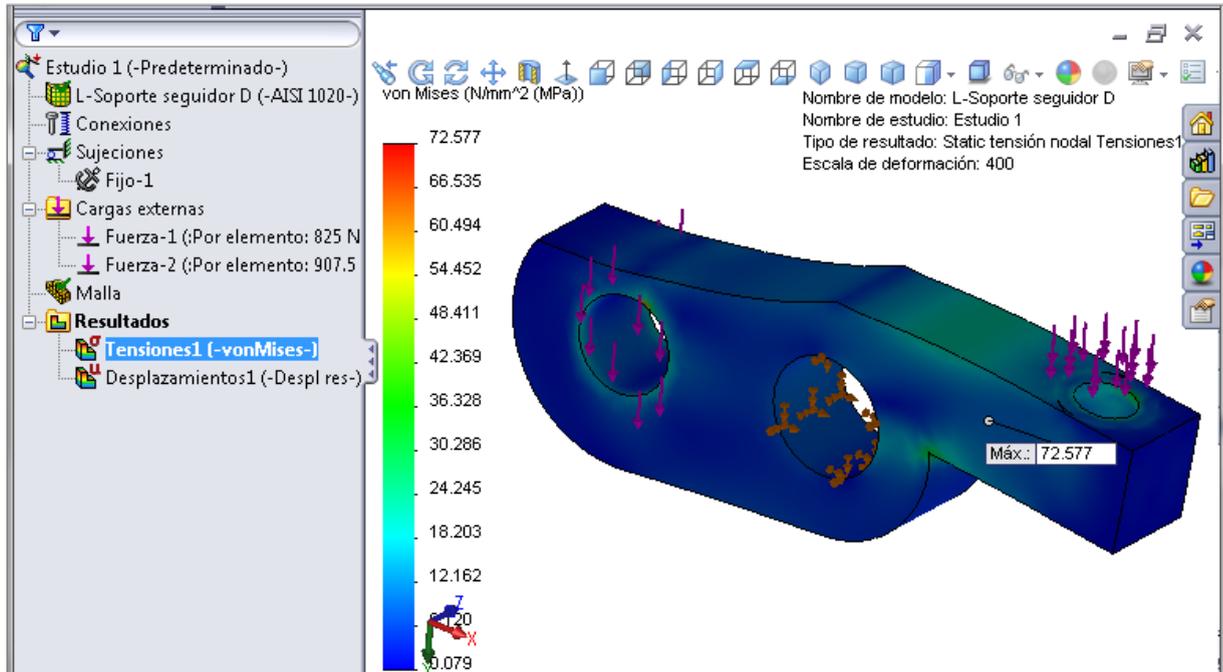


Figura 2.42 Esfuerzo de Von Mises en el brazo soporte del resorte

El valor calculado del esfuerzo de Von Mises es muy similar a los valores que entrega SolidWorks, por lo tanto se concluye que el análisis de esfuerzos es correcto.

Debido a que en este elemento será fabricado de material dúctil, su diseño se basará en la resistencia a la fluencia, por lo que de la tabla 2.3, se determina que el factor de seguridad mínimo recomendado es de 3 (para carga gradual cíclica en una dirección con choque suave).

Mediante la teoría de diseño de la *Energía de Distorsión* se determina el límite elástico del material con el que se fabricará este brazo:

$$S_y = N \cdot \sigma' \quad (\text{Ec. 2.37})$$

$$S_y = 3 \cdot 73.2 \text{ MPa} = 219.6 \text{ MPa}$$

A partir de este valor se procede a seleccionar el material con el que se fabricará el brazo de entre los materiales de la siguiente tabla:

Tabla 2.14 Posibles materiales para el brazo soporte del resorte³⁰

MATERIAL	MÁXIMO ESFUERZO DE VON MISES (MPa)	LÍMITE DE FLUENCIA (MPa)	FACTOR DE SEGURIDAD
AISI 1015	73.2	325.0	4.43
AISI 1020	73.2	420.0	5.73
ASTM A36	73.2	250.0	3.41

Debido a que el valor del factor de seguridad de 3.41, es el que más se acerca al valor recomendado, se selecciona el acero estructural ASTM A36 como el material más idóneo para la fabricación del brazo.

La deflexión máxima recomendada para este tipo de piezas (figura 2.42), debe estar dentro del siguiente rango:

$$y_{max} = (0.0005 \text{ a } 0.003) \frac{mm}{mm} \cdot L$$

Remplazando tenemos:

$$y_{max1} = 0.0005 \frac{mm}{mm} \cdot 105 \text{ mm}$$

$$y_{max1} = 0.0525 \text{ mm}$$

$$y_{max2} = 0.003 \frac{mm}{mm} \cdot 105 \text{ mm}$$

$$y_{max2} = 0.315 \text{ mm}$$

Dónde: L es la longitud total de la pieza = 105 mm

De los resultados de deformación proporcionados por SolidWorks (figura 2.43), se determina que la deformación máxima se produce en el extremo donde actúa el resorte y su valor es de 0.0173mm. Por lo tanto, debido a que este valor es menor al rango de deflexión máxima recomendada, se concluye que el diseño del brazo es correcto.

³⁰ Resistencia de Materiales, MOTT, Tablas Propiedades de los Materiales

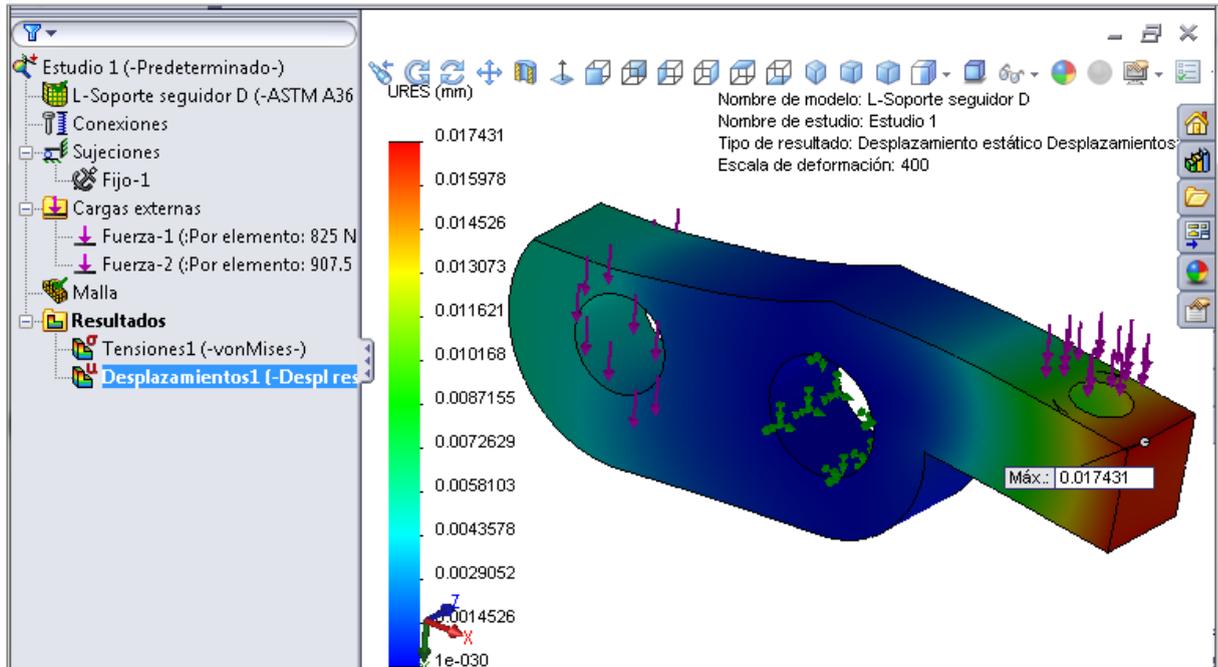


Figura 2.43 Deformaciones resultantes del brazo soporte del resorte

2.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez simulado el movimiento del mecanismo de corte en SolidWorks Simulation se procede a generar los resultados de consumo de energía, aceleración angular, velocidad traslacional, velocidad angular del alimentador de alambre, velocidad angular del seguidor como se muestra en la figura 2.44, para su posterior análisis.

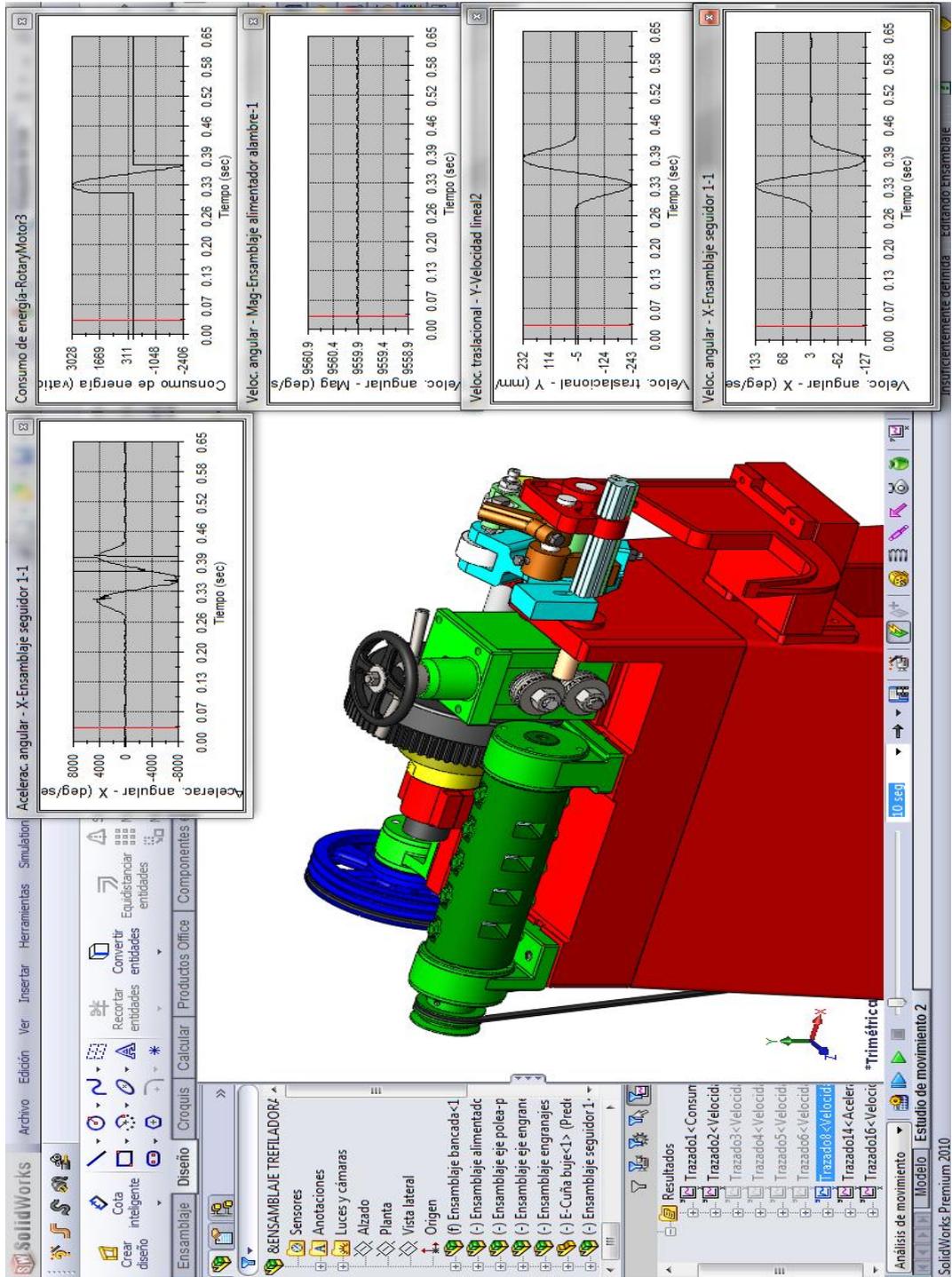


Figura 2.44 Análisis del movimiento de la máquina trefiladora

De los resultados en la figura 2.44, se observa que el máximo consumo de energía del motor es de 3026 vatios (4.06 hp) que es una potencia aceptable.

La velocidad angular del seguidor de la leva llega a un punto máximo de 4000 rad/seg en un tiempo de 0.30 seg y un mínimo de -8000 rad/seg en un tiempo de 0.36 seg.

La velocidad angular del alimentador de alambre que es el principal para el funcionamiento de la máquina tiene una constante de 9559.9 rad/seg en un tiempo de 0.65 seg.

La velocidad traslacional de la máquina trefiladora es de 232 mm/seg esta velocidad se da en el eje de la Y, para que el funcionamiento este correctamente y no exista ningún problema en el correcto manejo de la máquina.

La velocidad angular es de 133 rad/seg esta velocidad se da en el eje de las X. que sería en movimiento de la cuchilla ya que ésta se mueve en esa posición para realizar los cortes de varilla.

2.5 DISEÑO DEL CIRCUITO NEUMÁTICO

La parte neumática es una de las partes más importantes del proyecto, por lo que se tomará muy en cuenta en la modificación y en la implementación de este conjunto.

2.5.1 CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA NEUMÁTICO

Las condiciones para el funcionamiento del sistema neumático deben ser sobre la base de los requerimientos técnicos generales (presión y caudal constante) y específicas (tiempo de avance) que garantice un correcto funcionamiento del sistema.

Tomando en cuenta lo anteriormente descrito se requiere las siguientes condiciones:

- a. El sistema neumático debe ser de fácil operación y garantizar un ambiente de trabajo seguro y agradable al operador familiarizándose rápidamente con el equipo.
- b. Se debe garantizar un sistema de aire comprimido libre de impurezas y debidamente refrigerado que no dañe la válvula y los cilindros neumáticos.
- c. Se debe garantizar una presión constante en el tiempo de operación, la presión mínima requerida será de 6 Bares, con esto se garantiza que la fuerza necesaria que se necesita para cada corte sea siempre constante.
- d. Se debe garantizar un caudal constante en el tiempo, con esto se consigue que el tiempo de avance del pistón sea constante en cada corte logrando así longitudes de varilla uniformes en cada corte.
- e. Para que el sistema neumático de los resultados esperados, el tiempo de avance como de retorno del pistón debe ser lo más rápido posible, para que se el próximo corte con las mismas longitudes del primero.

- f. La alimentación de presión para la válvula y el pistón dispuestos deben ser de acople rápido para facilitar el mantenimiento de todo el sistema neumático.

2.6 MODELADO Y SIMULACIÓN DEL CIRCUITO NEUMÁTICO

Para el modelado del circuito neumático es necesario describir el funcionamiento del programa con el que se va a realizar la simulación.

2.6.1 FLUIDSIM NEUMÁTICA³¹

FluidSIM Neumática es un software de simulación para la obtención de los conocimientos básicos de neumática y funciona en el entorno Microsoft Windows. Puede utilizarse en combinación con el hardware de entrenamiento Festo Didactic KG, pero también de manera independiente. FluidSIM se desarrolló en colaboración con la Universidad de Paderborn, la empresa Festo Didactic KG y Art Systems, Paderborn.

Una característica importante de FluidSIM es su estrecha relación con la función y simulación CAD. FluidSIM permite, por una parte, crear el esquema del circuito de un fluido según DIN; por otra parte, posibilita la ejecución - sobre la base de descripciones de componentes físicos - de una simulación plenamente explicativa. Con esto se establece una división entre la elaboración de un esquema y la simulación de un dispositivo práctico.

La función CAD de FluidSIM está especialmente ideada para el campo de la técnica de fluidos. Puede, por ejemplo, comprobar *mientras se diseña*, si ciertas conexiones entre componentes son realmente posibles.

Otra característica de FluidSIM es su bien pensado concepto didáctico: FluidSIM soporta el aprendizaje, la formación y la visualización de los conceptos de la

³¹©Festo Didactic GmbH & Co. KG y Art Systems · FluidSIM

técnica neumática. Los componentes neumáticos se explican con descripciones textuales, figuras y animaciones que ilustran los principios de funcionamiento subyacentes; ejercicios y vídeos didácticos aportan conocimientos sobre los circuitos esenciales y el uso de los componentes neumáticos.

En el desarrollo del programa se ha dado especial importancia al empleo intuitivo y de ágil aprendizaje de FluidSIM. Esta concepción de uso le ofrece la posibilidad de, tras un breve período de toma de contacto, diseñar y simular circuitos de fluidos.

2.6.2 CIRCUITO NEUMÁTICO

Los elementos utilizados en el circuito neumático serán:

- Pistón neumático marca FESTO, el cual es proporcionado por la misma empresa ya que este elemento está en óptimas condiciones para su funcionamiento.
- Una electroválvula 5/2 con las características de una bobina y una resorte de regreso automático.
- Un compresor de 100 Bares, que será proporcionado por la empresa ya que se ocupa en trabajos de carpintería.

Pasos para la realización y el funcionamiento del circuito neumático.

1. Abrir el programa festo, figura 2.45.

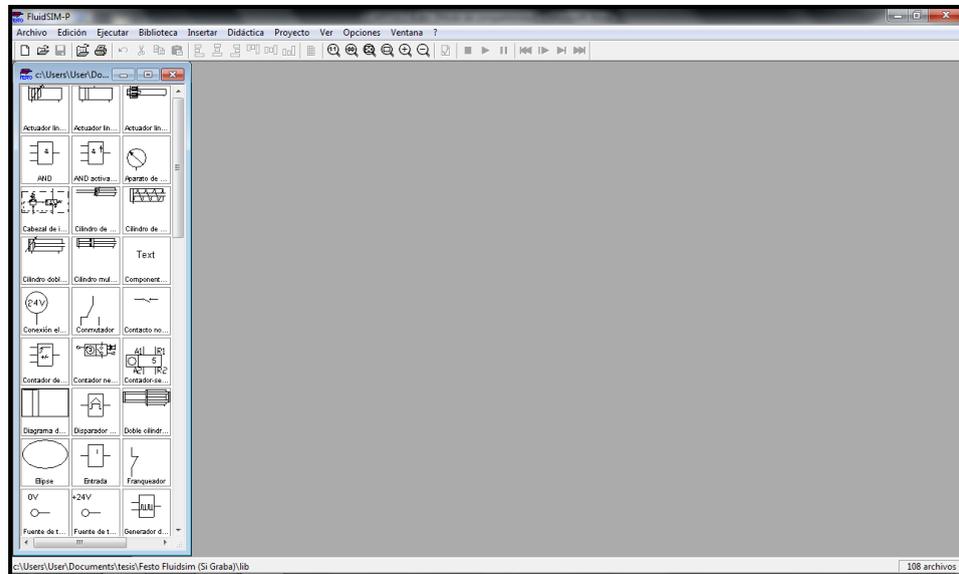


Figura 2.45 Ventana de inicio del software Festo

2. Seleccionar los elementos del árbol del menú, figura 2.46.

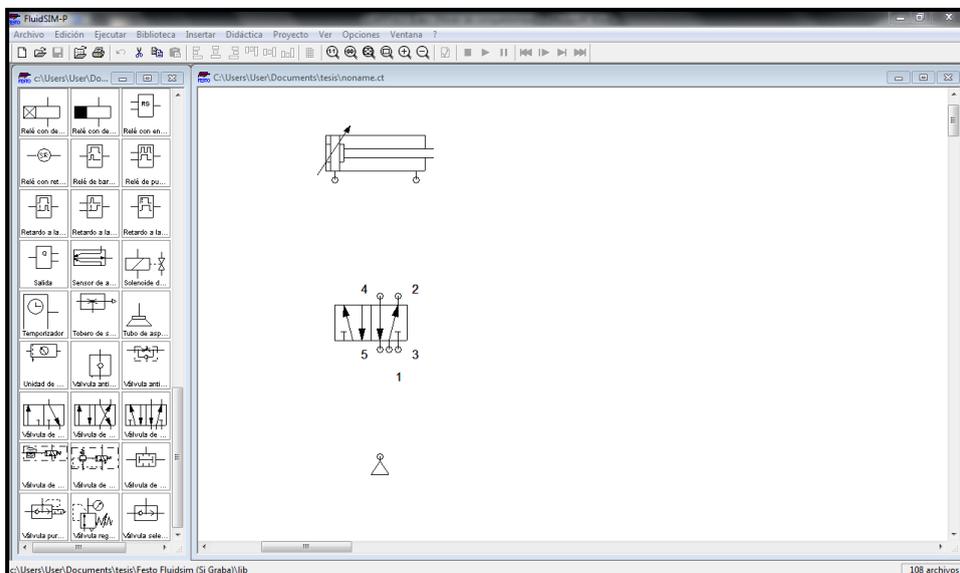


Figura 2.46 Selección de elementos del árbol de menú

3. Seleccionar la electroválvula, dar un click derecho y propiedades, seleccionar las opciones que se desea que tenga la electroválvula y dar un clic en aceptar, figura 2.47.

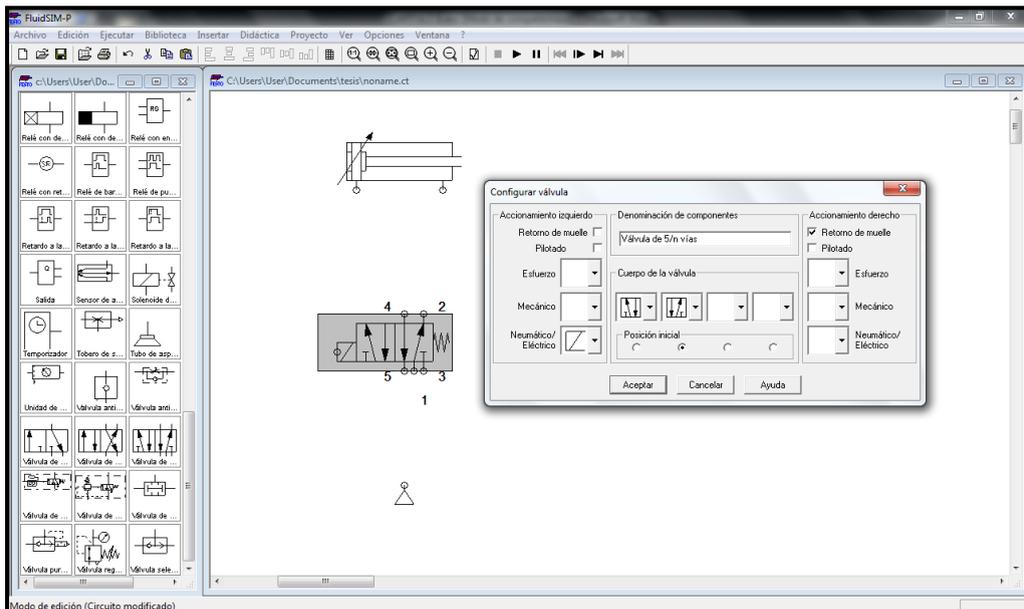


Figura 2.47 Selección de electroválvula y sus características

4. Seleccionar la presión del compresor, figura 2.48.

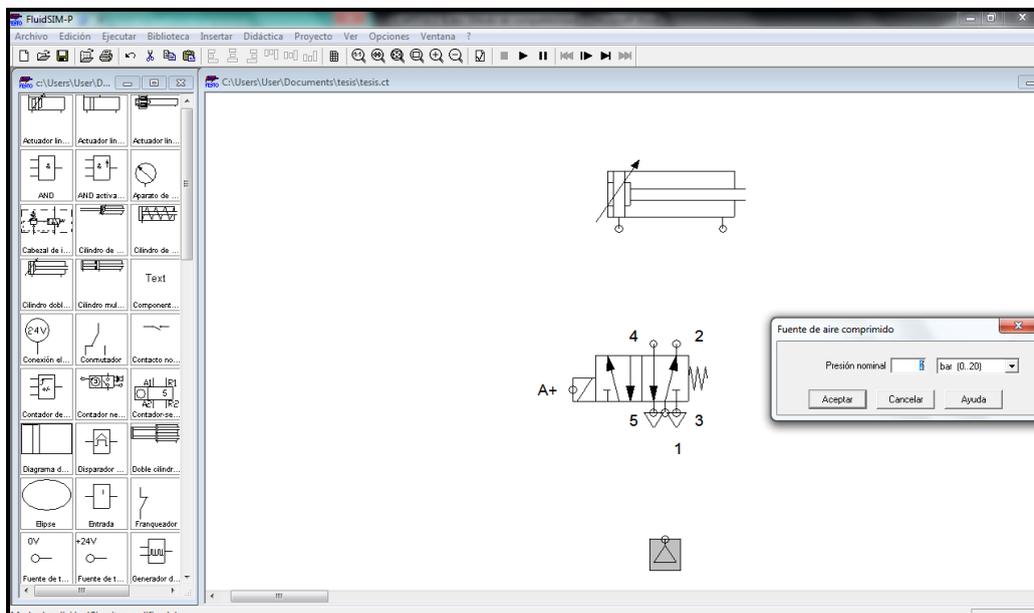


Figura 2.48 Selección de presión del compresor

5. Unir por medio de vias los puntos de conexión de todos los elementos. Y construir el circuito eléctrico, para realizar el funcionamiento, figura 2.49.

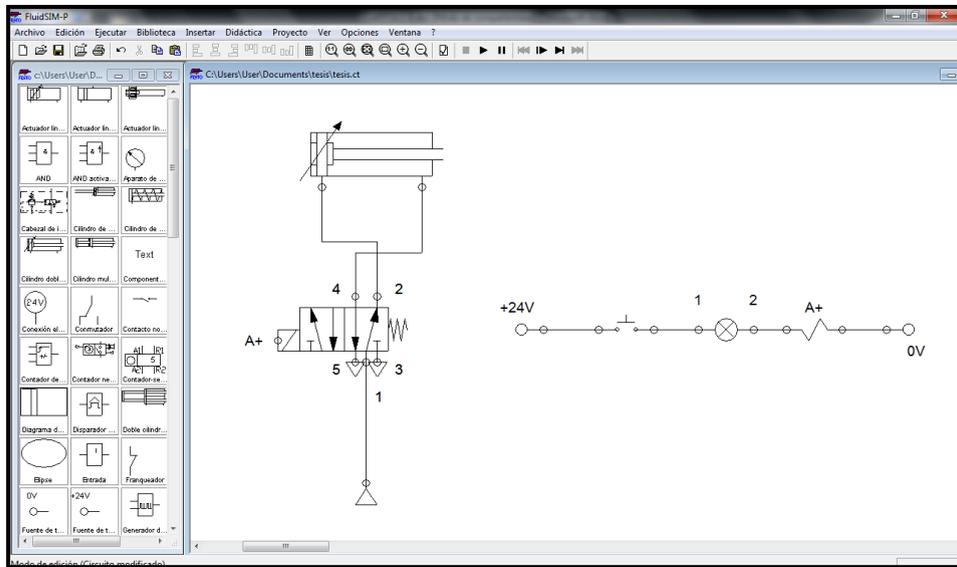


Figura 2.49 Construcción del circuito eléctrico del proyecto planteado

6. Dar un clic en el botón de inicio de animación, figura 2.50.

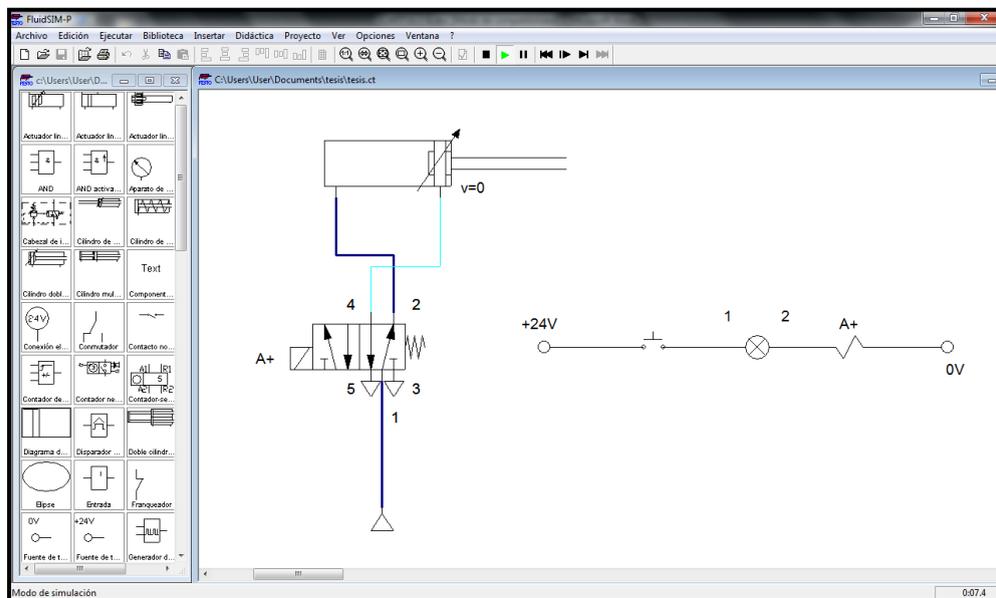


Figura 2.50 Opción de arranque para la simulación del proyecto planteado

7. Presionar el interruptor del circuito electrico para la simulacion del funcionamiento y se observa el correcto funcionamiento de la electroválvula y el pistón utilizado, figura 2.51.

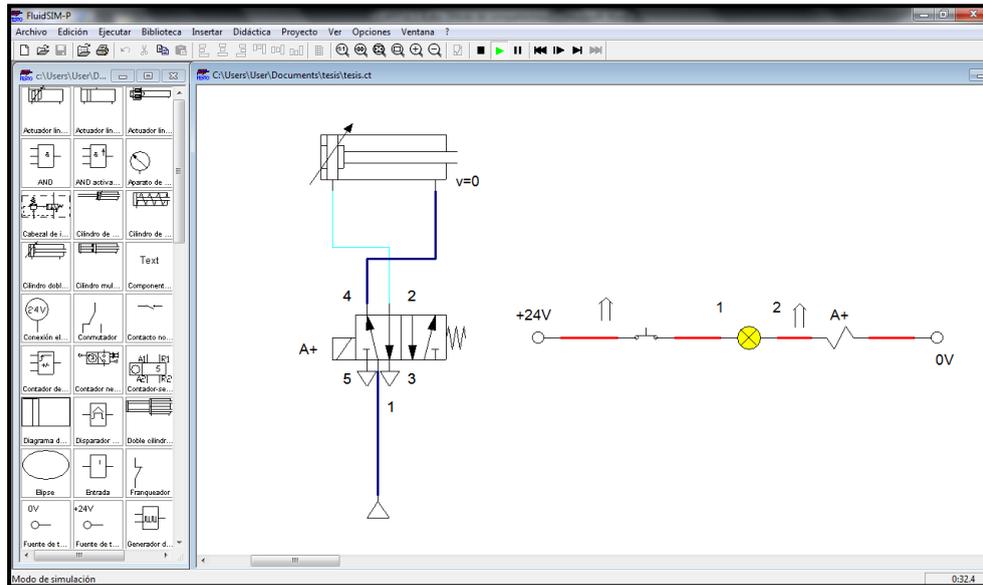


Figura 2.51 Simulación correcta del problema planteado

2.7 DISEÑO DE CONTROL Y POTENCIA ELÉCTRICO

Para el diseño de control y potencia eléctrica en general se debe tener en cuenta las condiciones exigidas por el personal que va a operar el sistema.

Este sistema debe ser de fácil operación, garantizar un ambiente de trabajo seguro y agradable al operador para que este se familiarice rápidamente con el equipo.

2.7.1 CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO

Para el diseño general de la parte eléctrica se debe tomar en cuenta condiciones de funcionamiento del sistema que se va a citar en este capítulo, estas condiciones son las siguientes:

- a. Para el funcionamiento de elementos neumáticos, el PLC y el PANEL VIEW se requieren de una tensión de 110V, además de una tensión continua de 24VDC.
- b. La tensión general de alimentación disponible será de 110 y 220V.
- c. El modo de funcionamiento debe ser automático.
- d. Los elementos deben ser robustos para soportar condiciones que se presenten en el medio ambiente, ya que estos pueden ser: humedad, trabajo continuo y vibraciones.
- e. Se necesita de un encendido total general.
- f. Para apagar el sistema se podrá hacerlo de una forma total o parcial, esto se hará por medio del circuito de mando.
- g. El motor será controlado por medio de un contactor y protegido con un relé térmico y un breaker para brindar una protección contra cortocircuitos y sobre intensidad.
- h. Se debe tener un control continuo de la presión de aire del sistema para garantizar el correcto funcionamiento.

Para cumplir con todas estas condiciones exigidas anteriormente para un perfecto funcionamiento del sistema se tomará las siguientes acciones que se detallan a continuación:

- a. Se instalará en el sitio una alimentación 220V más el neutro del cual se alimentará el motor del funcionamiento de la máquina así como también el circuito de control y fuerza de todo el sistema.
- b. Como la tensión general de alimentación es de 220V y 110V tanto para el circuito de fuerza como para el circuito de control respectivamente se requiere alimentación de 24 VDC, para alimentar al PLC y el PANEL VIEW.
- c. Mediante un breaker se podrá encender todo el conjunto pero no se podrá encender el sistema si no se digita una tecla del panel operador para luego de esto comenzar con el funcionamiento de la máquina.
- d. Los pulsantes que se necesitan para todo el control son los siguientes:

- d.1 Paro total general de tipo hongo o paro de emergencia N.C.
- d.2 Pulsante de encendido de la máquina.
- d.3 Pulsante de apagado de la máquina.
- e. Para poder identificar el funcionamiento y apagado de la máquina, el paro de emergencia se necesitarán dos luces piloto.
- f. El contactor de protección del motor será de 12 ACM.
- g. En cuanto al relé térmico los rangos serán de 5.8 A
- h. Cabe anotar que todos estos elementos anteriormente descritos enviarán primero información al PLC, para que este según el diseño del LADER pueda tomar las correctivas al sistema.
- i. Para el panel operador no se necesita de un circuito adicional sino más bien este programa ya sea mediante un software exclusivo para el panel, ya que esto depende de la marca que se seleccione el PANEL VIEW.

2.8 ADECUACIÓN DE ELEMENTOS MECÁNICOS Y NEUMÁTICOS

2.8.1 ADECUACIÓN MECÁNICA

En cuanto a la adecuación de partes mecánicas se realizó un mantenimiento general de todos los mecanismos que componen la máquina trefiladora, se realizó el mantenimiento de las levas para el mecanismo de corte de varilla, ya que estaba fuera de funcionamiento la máquina.

2.8.2 ADECUACIÓN NEUMÁTICA

En la adecuación neumática se realizó el análisis de las condiciones necesarias para el correcto funcionamiento del sistema y circuito neumático, anteriormente descrito, siendo esto lo principal para el funcionamiento del mecanismo de corte.

De este circuito neumático depende el correcto corte de varilla, controlando la variable de tiempo de accionamiento según la necesidad de longitud.

CAPÍTULO III

SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Se seleccionarán los componentes necesarios para la adecuación correcta en el sistema, se describe el funcionamiento de cada elemento; así como el papel que desempeñarán para el funcionamiento correcto en el sistema.

Para mantener la compatibilidad en estos dos elementos de mucha importancia para el proyecto se tomará en cuenta para la selección la misma marca en el PLC como en el PANEL VIEW, el cual dará respaldo técnico y garantía para el funcionamiento óptimo de la máquina.

3.1 SELECCIÓN DE PLC

Dentro de los criterios para escoger el controlador adecuado para el proceso, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

1. Indagar que la marca del controlador sea una marca reconocida y que exista en el mercado para fácil adquisición.
2. En función de la cantidad de entradas/salidas digitales y entradas/salidas análogas.
3. De acuerdo al proceso a realizar, verificar las limitaciones en cuanto a la cantidad de variable internas con que cada PLC puede operar.
4. Capacidad de comunicación con otros dispositivos.
5. Software gratuito para la fácil instalación en cualquier sistema operativo.
6. Posibilidad de capacitación gratuita para programación y configuración.
7. Manuales con información y manual de programación (Escrito o PDF) de simple lectura y con ejemplos de ayuda.

Para abarcar todas las características, las necesidades de control y con la ayuda de los criterios expuestos anteriormente, la selección del controlador se basará

en el funcionamiento, prestaciones, precio, modelos y facilidades que ofrecen las marcas conocidas de controladores.

En la Tabla 3.1, se encuentra una recopilación de los tipos de controladores más comunes, que existen en el mercado acompañadas de sus características básicas.

Tabla 3.1 Comparación entre tipos de controladores

Marca	Tipo			Módulos		E/S Análoga	E/S Digital	Costo
	Modular	Compacto	Micro	Bloque	Tarjetas			
Allan Bradley		√			√	√	√	Elevado
Delta		√	√		√	√	√	Moderado
Siemens		√		√	√	√	√	Elevado
Telemecanique			√	√		√	√	Elevado

En base a los requerimientos del proceso, el dispositivo apto para satisfacer las necesidades pertenece al tipo de controlador DELTA DVP-12SA, debido principalmente al costo moderado que presenta y a las características necesarias para cubrir el proyecto.

3.1.1 PLC DELTA DVP-12SA³²

La Serie de PLC's de Delta DVP figura 3.1, están diseñados para un alto rendimiento, alta flexibilidad, y facilidad de programación. Se cuenta con PLC modulares ultra pequeños hasta los PLC grandes estilo ladrillo la línea de productos DVP ofrece numerosas funciones, incluyendo velocidad de 0,24 microsegundos por instrucción, dos ejes lineales síncronos / interpolación de Arco, conectividad Ethernet, Web Server, Multi-lazo de control de temperatura, PID auto-ajustable, y 500kHz pulsos de salida. Estas características, junto el

³² http://www.scadaautomatizacion.com/sitio_scada_delta/dvp-ss.html

DVP facilita la integración con todos los productos de automatización de Delta, crea un sistema que cumple con muchas de las aplicaciones más difíciles en el mercado de hoy.



Figura 3.1 DVP-12SA

a. Características

- Modbus RTU / ASCII de comunicación
- RS-232, RS-485 puertos de comunicación
- Estándar ASCII protocolo que permite la comunicación con cualquier controlador de diseño de Micro-modular (sin necesidad de bastidor).

b. CPU Run / Stop

- Hasta 256 capacidad I / O
- En la CPU de 8 entradas, 4 salidas, más 8/16 puntos de entrada / salida de unidades, adicionales
- 8 módulos de ampliación (analógico / temperatura) la conectividad (E / S no está ocupada)
- Módulos especiales, RS-485 del puerto de comunicación
- 13 x 32 bits, 30kHz, de una fase, fase dual de 7 kHz contador de entrada de alta velocidad
- Solo 2 ejes hasta 50 kHz, 10 kHz salida de pulsos de alta velocidad de doble eje

- 16 Estaciones de enlace PLC
- 2 Potenciómetros incorporados en analógico
- Función de contraseña de protección para la CPU

3.1.2 PARTES PRINCIPALES DEL PLC SELECCIONADO

Leds de control que indicarán la alimentación, el estado del programa y si existe algún error en el sistema.

Selector de estado de programa, donde se activará el operador manualmente poniendo en marcha o en paro del programa.

Conexión de comunicación HMI mediante RS232 al panel VIEW, como se muestra en la figura 3.2.

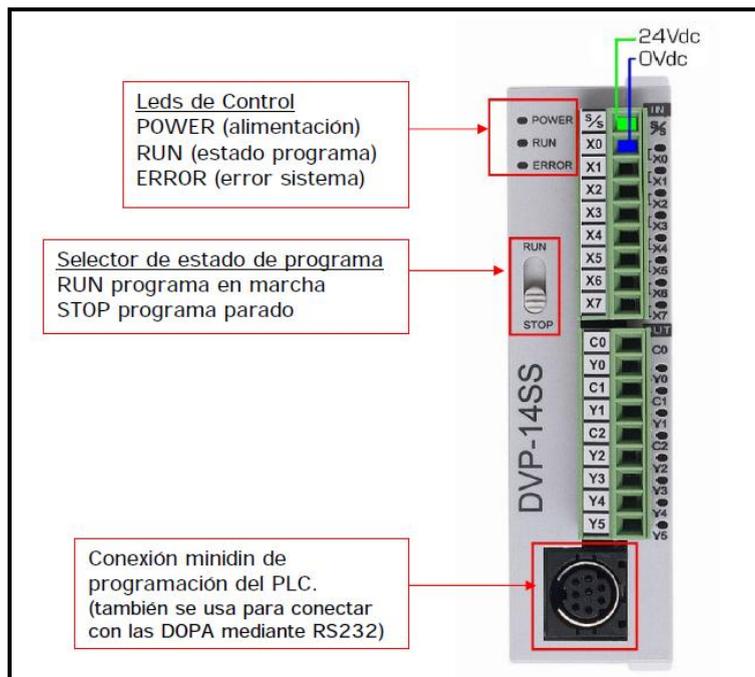


Figura 3.2 Partes principales del PLC

3.2 VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL PLC DVP-12SA

3.2.1 VENTAJAS

- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:
- No es necesario dibujar el esquema de contactos
- No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
- La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente se elimina parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor coste de mano de obra de la instalación.
- Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden indicar y detectar averías.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo cableado.
- Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

3.2.2 INCONVENIENTES

Como inconvenientes se podría hablar, en primer lugar, de que hace falta un programador, lo que obliga a adiestrar a uno de los técnicos en tal sentido, pero hoy en día ese inconveniente está solucionado porque las universidades ya se encargan de dicho adiestramiento.

El costo inicial también puede ser un inconveniente.

3.3 SELECCIÓN DEL PANEL DEL OPERADOR³³

El criterio de selección del operador gráfico necesario para manejar el proceso, se basa principalmente en la compatibilidad con el controlador previamente escogido, el costo de adquisición es otro de los parámetros que se debe considerar y la facilidad de manejo conjuntamente con la función de Datta Logger, esencial para los objetivos planteados. El mercado ofrece una gama extensa de operadores gráficos que se visualiza en la Tabla 3.2, en ésta se ha seleccionado el de mayor aceptación en la industria.

Tabla 3.2 Comparación entre tipos de Operadores Gráficos

Fabricante	Tipo	Comunicación	Compatibilidad	Data Logger	Costo
Delta	DOP-AS35THTD	RS-232, RS 422, RS-485, USB, Ethernet.	Todos los controladores	√	Moderado
Siemens	Simatic	RS-232, RS-485, USB, Ethernet.	Siemens	√	Elevado
Allan Bradley	Panel View	RS-232, RS-485, USB, Ethernet.	Allan Bradley	√	Elevado

3.3.1 PANEL VIEW DELTA DOP-AS

El complemento de la automatización es el PANEL VIEW, el cual dará la facilidad al operador de dar órdenes a la máquina por medio de instrucciones directas dadas a través de su pantalla táctil, así comenzará el funcionamiento de la máquina, figura 3.3.

³³Manual, DELTA ELECTRONICS, INC.

Por la facilidad en su programación este elemento está siendo utilizado en las grandes industrias automatizadas.



Figura 3.3 DOP-AS

La serie DOP-AS está pensada para aquellas aplicaciones donde se necesite una pantalla táctil de bajo coste sin renunciar a las más altas prestaciones.

Entre sus múltiples ventajas se encuentran:

- Software de programación gratuito, y descargable desde Internet, con constantes actualizaciones: Screen Editor
- Programación fácil e intuitiva y carga muy rápida de los programas.
- Cable de programación USB estándar, se puede adquirir en cualquier comercio de informática.
- Posibilidad de insertar tarjeta de memoria SMC (Smart Media Card) y USB (memory stick, pendrive etc.; sólo en las DOP-AE y DOP-AS).
- Reloj de tiempo real incluido.
- Dos puertos serie con las interfaces RS232, RS422 y RS485, más un puerto USB (sólo en las DOP-AE y DOP-AS).
- Botones de función programables.
- Capacidad para insertar módulos adicionales, añadiendo a sus prestaciones básicas capacidades como comunicación Ethernet, E/S digitales o puerto paralelo para impresoras (sólo en las DOP-AE y DOP-AS).
- Instalar el producto en un lugar limpio y seco libre de gases corrosivos e inflamables o líquidos.

- Asegurarse de que todas las instrucciones de cableado y recomendaciones son seguidas.
- Asegurarse de que HMI está correctamente conectado a tierra. El método de puesta a tierra debe cumplir con la norma eléctrica del país.
- No modificar o eliminar el cableado de energía se aplica al operador.
- No tocar la fuente de alimentación durante la operación, de lo contrario, podría producirse una descarga eléctrica.
- Para la información sobre el funcionamiento del software HMI, instalación de software y el cableado de hardware, consulte el manual del software HMI.

3.3.2 MEDIDAS DE SEGURIDAD

Cuidadosamente tener en cuenta y observar las siguientes precauciones de seguridad cuando se recibe, inspección, instalación, operación, mantenimiento y reparación. Las siguientes palabras, PELIGRO, ADVERTENCIA y STOP se utilizan para marcar las precauciones de seguridad cuando se usa el producto del Delta de operador. El incumplimiento de estas precauciones puede anular la garantía.

Instalación



- Cumplir con la guía de inicio rápido para la instalación. De lo contrario, puede causar daño al equipo.
- No instale el producto en un lugar que esté fuera de lo especificado por el operador. El incumplimiento de esta precaución puede ocasionar una descarga eléctrica, incendio o lesiones personales.

Cableado



- Conecte los terminales de tierra a una clase-3 de tierra (puesta a tierra). Conexión a tierra incorrecta puede dar lugar a error de comunicación, descargas eléctricas o incendios.

Operación



- Los usuarios deben utilizar Delta pantalla Editor de software para llevar a cabo la edición de productos de Delta de operador. Para llevar a cabo la edición y confirmar los programas de operador sin necesidad de utilizar Delta pantalla Editor de software en el producto de Delta operador puede dar lugar a un funcionamiento anormal.



- No modifique el cableado durante la operación. De lo contrario, podría producirse una descarga eléctrica o lesiones personales.
- No utilice nunca un objeto puntiagudo para golpear la pantalla, esto puede dañar la pantalla y que no responda en absoluto

Mantenimiento e inspección



- No toque las piezas internas expuestas en el panel de operador que podría provocar descargas eléctricas.
- No retire el panel de operación mientras está encendido. De lo contrario podrían producirse descargas eléctricas.

- Espere al menos 10 minutos después del encendido se ha eliminado antes de tocarlos terminales de operador o de realizar el cableado y/o inspección como una carga eléctrica todavía puede permanecer en el panel de operador con voltajes peligrosos incluso después de que el poder se ha eliminado.
- Apague la unidad antes de cambiar la batería de copia de seguridad y compruebe la configuración del sistema después de terminar el cambio. (todos los datos se borrarán después de cambiarla batería).
- Asegúrese de que los orificios de ventilación no estén obstruidos durante el funcionamiento. De lo contrario puede provocar un mal funcionamiento debido a la mala ventilación o problemas de sobre calentamiento.

Método de cableado



- Retire el bloque de terminales del operador antes de cablear.
- No introduzca más de un cable en un terminal del bloque de terminales.
- Si el cableado está en el error, realice el cableado de nuevo con las herramientas adecuadas.
- Nunca usar la fuerza para eliminar los terminales o cables. De lo contrario, puede provocar un mal funcionamiento o daños.
- Para la línea de energía que obligó a tomar, asegúrese de comprobar el cableado de nuevo y reiniciar.

Comunicación de cableado



- Cumplir con la especificación de comunicación de conexión para el cableado.
- Longitud de cableado debe cumplir con lo especificado por el operador.
- Adecuada conexión a tierra para evitar la mala calidad de la comunicación.

3.3.3 INSTALACIÓN Y CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

El producto debe ser guardado en la caja de envío antes de la instalación. Con el fin de mantener la cobertura de la garantía, el operador debe ser almacenado adecuadamente cuando no se va a utilizar durante un largo período de tiempo. Algunas sugerencias de almacenamiento son:

- Conservar en un lugar limpio y seco, sin luz solar directa.
- Rango de temperatura ambiente de -20°C a $+60^{\circ}\text{C}$ (-4°F a 140°F).
- Rango de humedad relativa de 10% a 90% y ausencia de condensación.
- No guarde el panel de operador en un lugar expuesto a los gases y líquidos corrosivos.
- Correctamente embalado y colocado sobre una superficie sólida y duradera.
- No monte el panel de operador junto a elementos de calor o luz solar directa.
- No monte el panel de operador en un lugar sometido a gases corrosivos, líquidos o polvo en el aire o partículas metálicas.
- No monte el panel de operador en un lugar donde la temperatura y la humedad superen las especificaciones.
- No monte el panel de operador en un lugar donde la vibración superior a la especificación.
- No monte el panel de operador en un lugar donde será sometido a altos niveles de radiación electromagnética.

3.3.4 INSTALACIÓN

La instalación incorrecta puede provocar averías y reducir considerablemente la vida del HMI. Asegúrese de seguir las directrices de esta guía de inicio rápido cuando se instala el panel de operador.

A fin de garantizar que el HMI está bien ventilada, asegúrese de que los orificios de ventilación no estén obstruidos y debe proporcionar suficiente espacio libre alrededor del operador.

Para el uso en una superficie plana de un tipo 4X "sólo uso en interiores" caja o equivalente.

Método de instalación

Paso1:

Asegúrese de poner junta impermeable en el HMI y luego insertar el operador en el corte del panel figura 3.4.

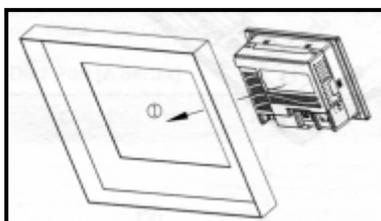


Figura 3.4 Paso 1

Paso2:

Asegúrese de insertar a los sujetadores en las ranuras de inserción de la HMI y girar el tornillo hasta que corte los tornillos del panel táctil figura 3.5.

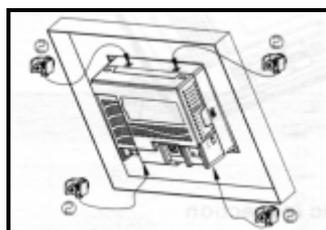


Figura 3.5 Paso 2

Paso3:

Gire el tornillo menos de 0,7nm para evitar daños a la caja de plástico. Torque: 6.17 pulgadas (0.7N-M) figura 3.6.

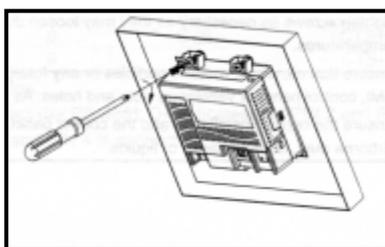


Figura 3.6 Paso 3

Instalación de la línea

Las especificaciones para el cableado de alimentación del terminal se muestran en la tabla 3.3 siguiente:

Tabla 3.3 Especificaciones para la alimentación del terminal

Tipo	Calibre de alambre (AWG)	Longitud de pelado	Torque
Solido	28 – 12	7 – 8 mm	5 kg-cm (4.3 lb-in)
Trabado	28 – 12	7 – 8 mm	5 kg-cm (4.3 lb-in)

Las especificaciones para el cableado de terminales de comunicación se muestran en la tabla 3.4. (Únicamente en la serie):

Tabla 3.4 Especificaciones para la alimentación de comunicación

Tipo	Calibre de alambre (AWG)	Longitud de pelado	Torque
Solido	30 -16	5 -6 mm	2 kg-cm (1.7 lb-in)
Trabado	30 -16	5 -6 mm	2 kg-cm (1.7 lb-in)

Asegúrese de conectar la línea de alimentación al panel de operador de acuerdo a la siguiente dirección de la flecha figura 3.7.

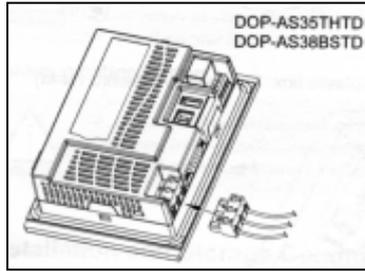


Figura 3.7 Conexión de la alimentación

3.3.5 BASE DE INSPECCIÓN

Inspección general

Inspeccione periódicamente los tornillos de la conexión entre el operador y el dispositivo. Apriete los tornillos según sea necesario, ya que pueden aflojarse debido a la vibración y temperaturas variables.

Asegúrese de que el petróleo, agua, partículas metálicas o cualquier objeto extraño no entran dentro de las ranuras de operador, panel de control o ventilación y orificios. Ya que podrían causar daños.

Asegurarla correcta instalación y el panel de control. Debe estar libre de polvo en el aire, gases o líquidos nocivos.

Inspección antes de la operación (energía no se aplica)

Asegúrese de que todos los terminales de los cables estén correctamente aislados.

Una inspección visual para asegurarse de que no hay ningún tornillo sin usar, las tiras de metal, cualquier material conductor o inflamable en el interior de operador.

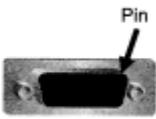
Asegúrese de reducir la interferencia electromagnética cuando los dispositivos están influenciados por él.

Inspección antes de la operación (la energía se aplica)

- Compruebe el poder de luces LED.
- Compruebe si la comunicación entre los dispositivos es normal.

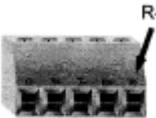
3.3.6 PINDEFINICIÓN DE COMUNICACIÓN SERIAL

COM1 y COM3 (AS38BSTD, Serie AS35THTD)

PUERTO COM		PIN	MODO1	MODO2
			RS-232	RS-232*2
	COM1	1		
		2	RXD	RXD1
		3	TXD	TXD1
		4		
		5	GND	
	COM2	6		
		7	RTS	TXD2
		8	CTS	RXD2
		9		

Nota: En blanco=Sin conexión.

Puerto COM2 (AS38BSTD, Serie AS35THTD)

PUERTO COM	PIN	MODO1	MODO2
		RS-422	RS-485
	R-	RSD-	D-
	R+	RXD+	D+
	T-	TXD-	D-
	T+	TXD+	D+
	G	GND	

Nota1: Cuando se selecciona Modo 2 (para RS-485), indica que D+ R+ y T+ está conectado, y D-indica que R y T está conectado.

Comunicación de control de flujo de cada serie

COM1

RS232Apoyode control de flujo, y cuando está activo, el puerto COM3 no se puede utilizar.

COM2

No apoyar el control del flujo de RS422

COM3

RS232 Apoyo de control de flujo, y cuando está activo, el puerto COM3 no se puede utilizar.

3.4 SELECCIÓN DE ELEMENTOS Y/O DISPOSITIVOS MECÁNICOS, NEUMÁTICOS Y ELÉCTRICOS.

En esta parte del capítulo se seleccionará los elementos mecánicos, neumáticos y eléctricos, que son el complemento del todo el sistema en conjunto del proyecto

3.4.1 SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LA CUCHILLA DE CORTE

La selección del material de la cuchilla de corte se realiza mediante el cálculo de la resistencia última del material de la cuchilla y el esfuerzo ultimo mínimo del material a ser seleccionado para la cuchilla de corte. Ver tabla 3.5 de Aceros especiales con tratamiento térmico.

Tabla 3.5 Aceros especiales con tratamientos térmico

DENOMINACIÓN DEL ACERO	APLICACIÓN	HRC (Kg/mm²)	Resistencia ultima mínima. (MPa)
W 302 US ULTRA 2 EMPRESA BOHLER	Herramientas para trabajar en caliente matrices para extrucción, cuchillas para corte en caliente.	52 - 56	509.6-548.8
K 460 AMUTIT S EMPRESA BOHLER	Especialmente para dispositivos de roscar como también para punzones y cizallas para chapa delgada, herramientas para trabajar en frío.	63 - 66	617.4-646.8
S 600 SUPER RAPID EMPRESA BOHLER	Especialmente indicado para herramientas con elevadas exigencias de tenacidad. Matrices de corte, dados de trefilación, cizallas.	64 - 66	627.2-646.8

Se seleccionara un material para la cuchilla el cual con tratamiento térmico tenga una resistencia ultima mínima, mayor a la carga de 543.15 MPa que originará rotura del material de la cuchilla.

Se selecciona de la tabla 3.6 el material para la cuchilla al acero especial Bohler K460, porque tiene una resistencia última mínima con tratamiento térmico, de 617.4 MPa. Siendo su resistencia ultima mínima, mayor a la carga 543.15 MPa, que originaría rotura en el material de la cuchilla.

No se selecciona de la tabla 3.6 el material para la cuchilla al acero especial Bohler W302, porque tiene una resistencia última mínima con tratamiento térmico, de 509.6 MPa. Siendo su resistencia última mínima, menor a la carga 543.15 MPa que originaría rotura en el material de la cuchilla.

No se selecciona de la tabla 3.6 el material para la cuchilla al acero especial Bohler S600, porque tiene una resistencia última mínima con tratamiento térmico, de 627.2 MPa. Siendo su resistencia última mínima, mayor a la carga que originaría rotura en el material de la cuchilla que es 543.15 MPa con 84.05 MPa, que es muy alto este valor, ya que se tomó un factor de seguridad de 15 que es el mayor valor para clase de carga choque, ver tabla 2.3. Además el precio aumenta proporcionalmente a las características mecánicas y si se seleccionaría este material se produciría un costo elevado innecesario.

a. Propiedades del material K460

- Dureza elevada.
- Gran resistencia al desgaste.
- Excelente conservación de filo.
- Acero de herramientas.
- Buena tenacidad.
- Elevada resistencia a la compresión.
- Resistencia al impacto.
- Escasa variación dimensional en el tratamiento térmico.
- Máquinabilidad uniforme.

b. Tratamiento térmico del material K460

- Temperatura de temple: 780 - 820°C
- Medio de temple: Enfriamiento en aceite o en baño isotérmico (200 a 250°C).
- Tiempo de permanencia después del calentamiento a fondo: 15 - 30

minutos.

- Espesores superiores a 20 mm, exigen medio minuto adicional por cada milímetro de espesor.
- Dureza obtenible: 63 - 65 HRC

En la figura 3.8 se muestra dependencia de la dureza del núcleo y de la penetración del temple en función del diámetro de la pieza.

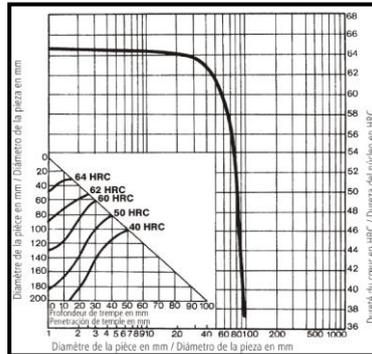


Figura 3.8 Dependencia de la dureza del núcleo

c. Propiedades físicas del material K460

El material K460 tiene las siguientes propiedades físicas mostradas en la tabla 3.6.

Tabla 3.6 Propiedades Físicas del material K460.

Densidad	20 °C	7,85	Kg/dm ³
Conductividad Térmica	20 °C	30	W/ m.k
Calor Específico	20 °C	460	J/ kg.k
Resistencia Eléctrica Específica	20 °C	0,35	Ohm.mm ² / m
Módulo de Elasticidad	20 °C	210x10 ³	N/ mm ²

d. Material K460³⁴ (para la mecanización de las cuchillas de corte)

Un acero de mediana aleación (Cr-W) y temple al aceite, que toma dureza segura y uniforme. De mínima variación de medida, excelente resistencia al corte, alta resistencia al desgaste y buena tenacidad. Se mecaniza muy bien y es el acero más universal para la fabricación de herramientas y moldes no expuestos a temperaturas que deben ser indeformables. Es utilizado en su mayoría para fabricar herramientas de viruta miento y de corte y estampado.

3.4.2 SELECCIÓN DE ELEMENTOS NEUMÁTICOS

Selección de la electroválvula neumática

La selección de la electroválvula tendrá como principal característica que tenga accionamiento eléctrico y retorno por resorte, la que se elegirá por medio de una comparación con otra electroválvula del mercado, como se indica en la tabla 3.7, además

Tabla 3.7 Selección de la electroválvula

Marca	Serie	Accionamiento	Diámetro Ø	Costo
Metal Work	70 SOV	Eléctrico y retorno por resorte	1/8"	Moderado
Namur	6519	Eléctrico	1/8"	Alto

Curvas de caudal

La presión disponible de presión de aire es de 6 Bares, por lo tanto tenemos un caudal de 850 NI/min con una variación de presión de 1 Bar, como se muestra en la figura 3.9 de curvas de caudal para la electroválvula monoestable 5/2, serie 70 1/8´.

³⁴PDF. BOHLER ACEROS ESPECIALES

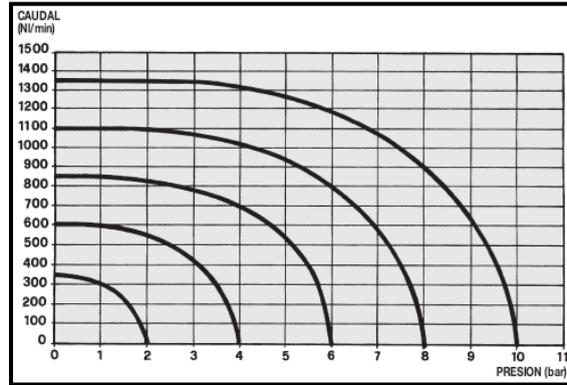


Figura 3.9 Curvas de caudal válvula serie 70 1/8"

Electroválvula neumática METAL WORK Serie 70 SOV 1/8"

La electroválvula seleccionada es la serie 70 de 1/8", en la tabla 3.8, se muestran los datos técnicos.

Tabla 3.8 Datos técnicos de la electroválvula serie 70

DATOS TÉCNICOS	1/8"
Fluido	Aire comprimido filtrado sin lubricación; la lubricación, en caso de utilizarse, debe ser continua
Roscas	G 1/8
Presión de trabajo:	
• Monoestable	2.5÷10 bar
• Biestable	1÷10 bar
• Asistida	Vacío ÷ 10 bar
Presión mínima de pilotaje	2.5 bar
Temperatura de trabajo	-10°C÷+60°C
Diámetro nominal	5 mm
Conductancia C	121.43 NI/min

Relación crítica b	0.32 bar
Capacidad a 6 bar ΔP 0.5 bar	800NI/min
Capacidad a 6 bar ΔP 1 bar	850NI/min
Instalación	En cualquier posición (para las biestables, si están sujetas a vibraciones, se desaconseja el montaje en vertical)
Lubricante aconsejado	ISO y UNI FD 22
Fuerza máx. tuerca bobina	1 Nm

Componentes de la electroválvula

- 1.- CUERPO VALVULA: aluminio
- 2.- MANDO/CASQUILLO: HOSTAFORM
- 3.- CORREDERA: aluminio niquelado químicamente
- 4.- DISTANCIADORES: material plástico
- 5.- JUNTAS: caucho NBR
- 6.- PISTON: HOSTAFORM
- 7.- JUNTAS PISTÓN: caucho NBR
- 8.- FILTRO: bronce sinterizado
- 9.- RESORTE: acero especial
- 10.- OPERADOR: tubo de latón-núcleo de inoxidable

Los componentes principales de la válvula electroneumática se muestran en la figura 3.10.

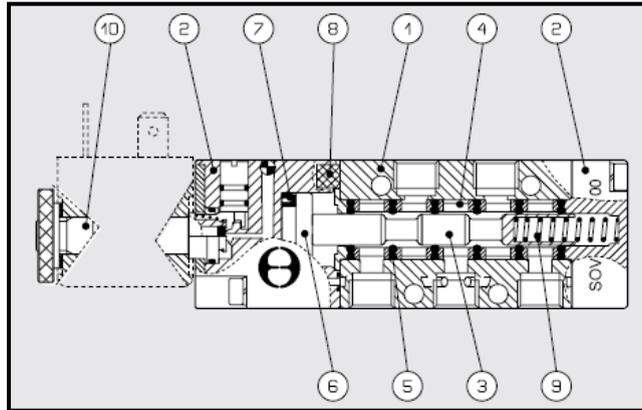


Figura 3.10 Componentes de la electroválvula

Dimensiones de la electroválvula monoestable 5/2 1/8"

Las dimensiones de la electroválvula se muestran en la figura 3.11 y en la tabla 3.9, se muestran algunas características.

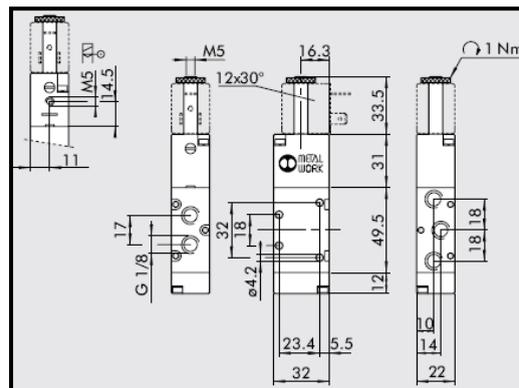


Figura 3.11 Dimensiones de la electroválvula

Tabla 3.9 Características de la electroválvula

Símbolo	Referencia	Código	Peso [g]
	SOV 25 SOS OO	7010021100	128

Bobina para la electroválvula serie 70 SOV 1/8"

- Tolerancia de tensión: -10% +15%
- Tipo de aislamiento: F155
- Grado de protección: IP65 EN60529 con conector
- No exponer continuamente a los agentes atmosféricos
- Temp. max bobina a ED 100%: 70°C a 20° ambiente
- A normativa ATEX 94/9/CE, grupo II categoría 3GD

En la figura 3.12, se muestran las dimensiones de la bobina para la válvula electroneumática y en la tabla 3.10, algunas características.

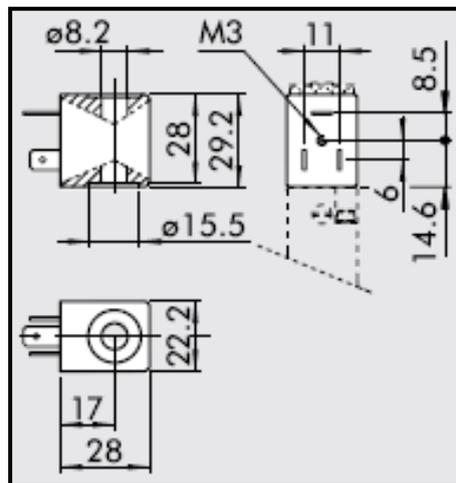


Figura 3.12 Dimensiones de la bobina.

Tabla 3.10 Características de la bobina

Tensión Nominal	Absorción	Referencia	Código
24 Vcc	2W	Bobina 22 8 BA 2W-12VDC	W0215000151

3.4.3 SELECCIÓN DEL PISTÓN

La selección será a través de la comparación con otros cilindros existentes en el mercado tal como se muestra en la tabla 3.11.

Tabla 3.11 Selección del pistón

Marca	Serie	Carrera estándar	Presión de arranque	Diámetro Ø (mm)	Costo
Metal Work	ISO 6432	Doble Efecto	0.6 bar	20	Moderado
Raisa	72472-CN25	Doble Efecto	0.6 bar	20	Alto

a. Mini cilindro ISO 6432 Ø20

En la figura 3.13, se muestra el mini cilindro realizado según la norma ISO 6432, con camisa inox prensada.



Figura 3.13 Mini cilindro

En algunas medidas se han reducido el tamaño de las cabezas así que se pueden utilizar en situaciones de espacio reducido.

Posible utilización con diferentes topologías de sensores.

Tabla 3.12 Datos técnicos del mini cilindro ISO 6432 Ø20

DATOS TÉCNICOS	POLIURETANO	NBR	FKM/FPM	Baja Temp.
Presión de trabajo			máx 10 bar (máx 1 MPa)	
Temperatura de trabajo	– 10°C÷+80°C	– 10°C÷+80°C	– 10°C÷+150°C (Cil. non magnéticos)	– 35°C÷+80°C
Fluido	Aire sin lubricación, si se utiliza aire lubricado la lubricación debe ser continua			
Diámetros	Ø 8 ; Ø 10 ; Ø 12 ; Ø 16 ; Ø 20 ; Ø 25			
Carreras estándar	Simple efecto: para diámetros 08÷25 carreras de 0 a 50 mm			
	Doble efecto: para diámetros 08÷10 carreras de 0 a 100 mm			
	para diámetros 012÷15 carreras de 0 a 200 mm			
	para diámetros 020÷25 carreras de 0 a 500 mm			
	Doble efecto amortiguado: para diámetros 016 carrera de 0 a 300 mm			
	para diámetros 020÷25 carrera de 0 a 500 mm			
	Carreras máximas aconsejables, valores superiores pueden crear problemas de funcionamiento.			

Versiones	Doble efecto, Doble efecto amortiguado, Simple efecto vástago retraído, Vástago pasante,
	Vástago pasante amortiguado, Versión con bloqueo de vástago, Bloqueo de vástago amortiguado
Imanes para sensores	Todas las versiones con detección magnética. A petición, se suministra sin detección
Presión de arranque	de Ø 8 a Ø 12: 0,8 bar - de Ø 16 a Ø 25: 0,6 bar

Vida de los cilindros

La vida de los cilindros depende de muchos factores:

- Cargas axiales y radiales
- Velocidad
- Frecuencia de la utilización
- Temperatura
- Choques o golpes
- Valores de pérdida neumática (límite admitido)

Sin cargas radiales

- Cilindros ISO 6432, cilindros SSC y cilindros compactos con juntas en poliuretano: 30 millones de ciclos
- Cilindros ISO 6432, cilindros SSC y cilindros compactos con juntas en NBR: 15 millones de ciclos

b. Punto de presión

Características del aire comprimido a utilizar

Los cilindros han sido proyectados para su utilización, con aire sin lubricación.

El aire a emplear, según la norma ISO/DIN 8573-1, es del tipo 3-4-3 o lo que es lo mismo:

- Residuo de aceite: 1 mg/m³
- Residuo en polvo: filtraje 40 um; 10 mg/m³
- Residuo de agua: punto de rocío -20o C; 0.88 mg/m³

3.4.4 ELEMENTOS ELÉCTRICOS

a. El contactor y relé térmico

CONTACTOR	
MARCA	LG
SERIE	GMC-65
RELÉ TÉRMICO	
MARCA	LG
SERIE	GTK-85

b. El motor

MOTOR	
MARCA	TECO
TIPO	AEEC - 3PHASE/INDUCTION
FRAME	132 S
POLES	4
OUTPUT	7 1/2 HP
VOLTS	220/380 V
AMP	20/11.6 A
FRECUENCIA	60 Hz
RPM	1740
WEIGHT	64KG

CAPÍTULO IV

CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

Para ello, se usaron varios materiales y herramientas las que permitieron realizar la construcción de varias piezas necesarias para la adecuación del mecanismo de corte de varilla, entre las cuales tenemos:

- Calibrador.
- Flexómetro.
- Juego de llaves y copas
- Combo.
- Suelda eléctrica.
- Torno.
- Fresadora.
- Taladro.
- Oxicorte.
- Pulidora.
- Tol.
- Ángulos
- Malla
- Pernos.
- Tuercas.
- Escuadra.

4.1 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO

Utilizando adecuadamente los materiales y herramientas de la empresa se construyeron los siguientes elementos de acuerdo a las necesidades del proyecto.

4.1.1 CONSTRUCCIÓN DEL BRAZO PORTA CUCHILLA

El brazo porta cuchilla, luego de los análisis y simulación con SolidWorks Simulation, previo el diseño y selección del material se construyó en la empresa de fundición Pérez, figura 4.1.



Figura 4.1 Brazo porta cuchilla

4.1.2 CONSTRUCCIÓN DEL MECANISMO DE RETORNO DEL BRAZO PORTA CUCHILLA

Luego de los análisis realizados y simulación con SolidWorks Simulation, se selecciona el acero estructural ASTM A36 como el material más idóneo para la fabricación del brazo, figura 4.2.



Figura 4.2 Mecanismo de retorno

4.1.3 CONSTRUCCIÓN DE LEVA DE CORTE Y REGRESO DE BRAZO PORTA CUCHILLA

Luego de los análisis realizados y simulación con SolidWorks Simulation, se selecciona el acero, por criterio de diseño y considerando que las dos levas forman un solo cuerpo, se toma este acero AISI 1095, como el material más idóneo para la fabricación de las levas de corte y de retorno de brazo porta cuchilla, figura 4.3.



Figura 4.3 Levas de corte y posicionamiento

4.1.4 CONSTRUCCIÓN DEL SEGUIDOR DE LEVA DE CORTE

Luego de los análisis realizados y simulación con SolidWorks Simulation, se selecciona el acero AISI 1095, como el material más idóneo para la fabricación de este elemento, figura 4.4.



Figura 4.4 Seguidor de leva

4.1.5 CONSTRUCCIÓN DE LA CUCHILLA DE CORTE

La construcción de la cuchilla es del material K460 el cual se diseño y seleccionó de acuerdo con los cálculos de fuerza que se necesita para realizar los cortes de varilla, figura 4.5.



Figura 4.5 Cuchilla de corte

4.1.6 CONSTRUCCIÓN DE LA CUCHILLA GUÍA DE VARILLA

La construcción de la cuchilla guía de varilla, se realiza del mismo material de la elaboración de la cuchilla de corte, ya que estos dos elementos soportaran la misma fuerza para realizar los cortes, figura 4.6.



Figura 4.6 Cuchilla guía de la varilla

4.1.7 CONSTRUCCIÓN DE LA CARCASA PROTECTORA DE LOS PIÑONES

La carcasa protectora se construyó de tol negro de 1/8" de espesor la cual fue elaborada para brindar protección y seguridad al operador, se observa la vista interior, frontal, figura 4.7 y figura 4.8 respectivamente.



Figura 4.7 Vista interior de la carcasa



Figura 4.8 Vista frontal de la carcasa

El montaje de la carcasa se observa en las figura 4.9 y figura 4.10.



Figura 4.9 Montaje de carcasa en la máquina, vista frontal



Figura 4.10 Montaje de carcasa en la máquina, vista lateral

4.2 MONTAJE E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO

Colocación de la electroválvula 5/2, la cual debe ser en el interior de la máquina, figura 4.11.

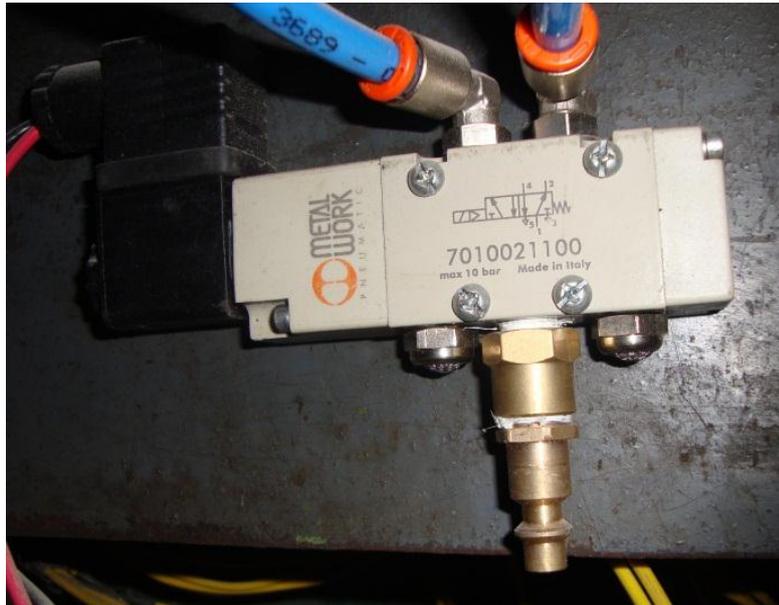


Figura 4.11 Electroválvula 5/2

Colocación del cilindro neumático doble efecto, figura 4.12.

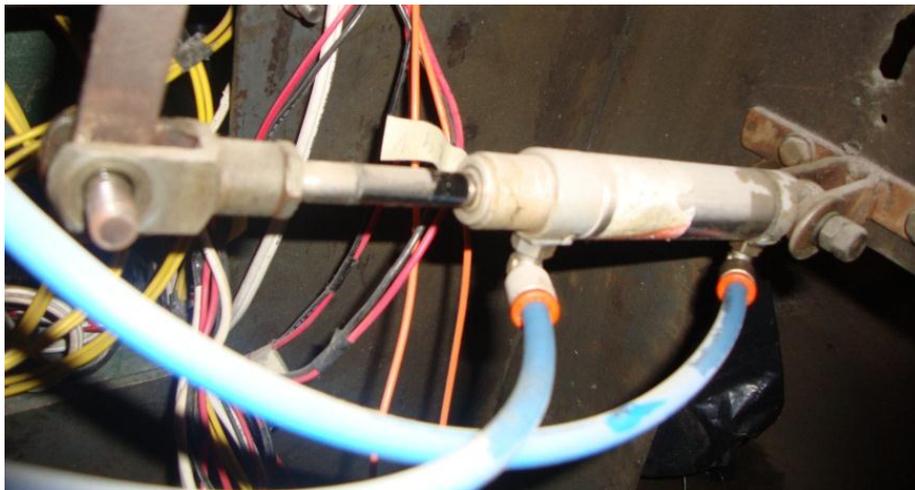


Figura 4.12 Cilindro doble efecto

Ubicación de las mangueras de 8mm, figura 4.13, conexión entre la electroválvula 5/2 y el cilindro.

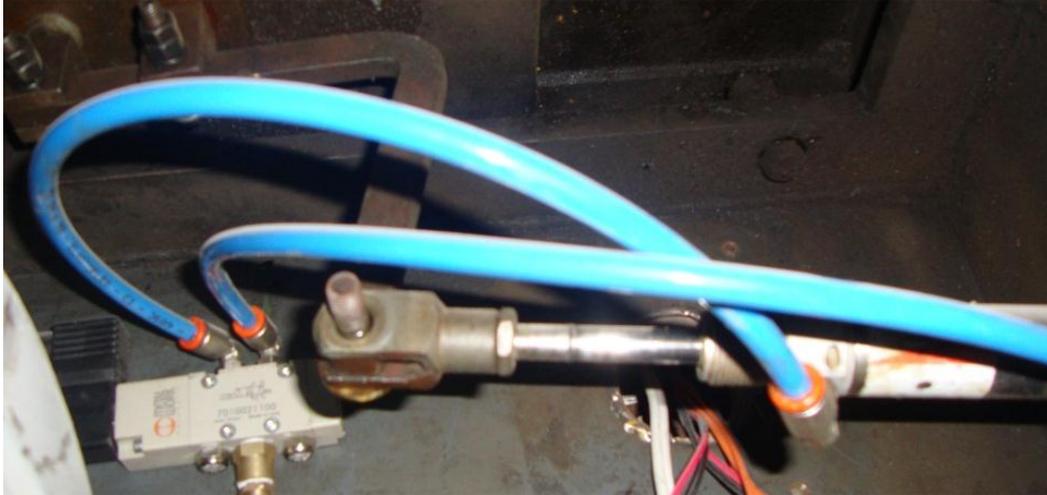


Figura 4.13 Mangueras 8mm

Ubicación de la fuente de aire comprimido, figura 4.14.



Figura 4.14 Compresor COLEMAN

4.3 MONTAJE E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO

El sistema eléctrico de una máquina comprende: los circuitos de control y de potencia, donde cada uno de estos cumple una función específica:

Tabla 4.1 Listado de Materiales

Cant.	Descripción	Características
2	Relé	RH-024C-10A-24VDC
2	Diodo	IN4007
4	Resistencia	200 OHM
2	Circuito integrado	NOC 3011
2	Triac	2N6071
1	Contactador	LS-45A- 220VAC
1	Relé térmico	LS-45A- 220VAC
2	Pulsadores	110V
1	Pulsador tipo hongo	110V
2	Lámparas de luz piloto	110V
2	Riel DIN	35mm
2	Canaleta ranurada	50x50
2	Canaleta ranurada	40x40
100m	Conductor flexible	16AWG
100	Amarras	2.5mm
50	Terminales	-
10m	Cinta espiral	8mm x 10m

Para la instalación de todos los materiales nombrados primero se colocará la riel, figura 4.15.



Figura 4.15 Riel ubicado en el tablero eléctrico

Ya ubicados los elementos en forma ordenada y de acuerdo a los planos eléctricos empezamos el cableado por los elementos de potencia, figura 4.16.

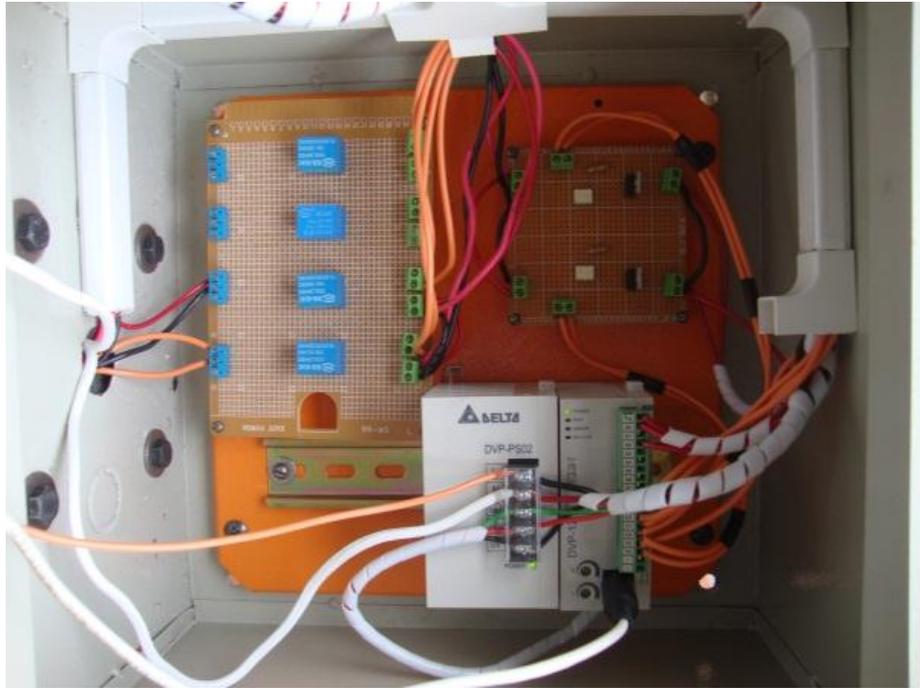


Figura 4.16 Montaje del sistema eléctrico

4.4 MONTAJE E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

Se refiere al conjunto de circuitos que interactúan entre sí para obtener un resultado.

1. Procedemos al montaje y conexión del PLC DELTA, mismo que se encargará de procesar las señales de entrada y salida, figura 4.17.

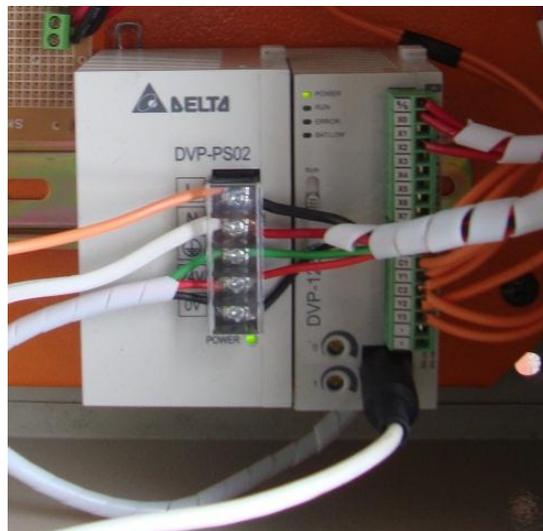


Figura 4.17 PLC DELTA.

CAPÍTULO V

PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1 PRUEBAS INDIVIDUALES DE DISPOSITIVOS Y/O ELEMENTOS

Las pruebas individuales de los elementos que componen el proyecto serán de gran ayuda ya que certificará que cada uno de éstos está apto para trabajar en conjunto y poder calibrar ya que en el terreno los tiempos son los que gobernarán todo el proceso.

Cabe señalar que todos los tiempos que comandarán el proceso podrán ser cambiados desde el Panel Operador, lo que facilitará cualquier permutación de los tiempos sin tener que ingresar al programa en Ladder para luego ser descargado a la CPU.

Las pruebas individuales realizadas en este proyecto fueron del Panel Operador, conectándolo a la CPU antes de que este sea montado en el Tablero de Control.

5.2 PRUEBAS DEL SISTEMA NEUMÁTICO Y ELECTRÓNICO

De igual manera que se hizo con el PLC, el Panel Operador, se realizó pruebas del sistema neumático, luego de cambiar palanca manual, y con la implementación de los elementos neumáticos como son la electroválvula 5/2, el cilindro doble efecto y las respectivas mangueras de 8mm de alimentación de aire.

Las pruebas del sistema electrónico se realizaron comprobando los circuitos y elementos montados en un proto, para luego construir la placa que será implementada en el panel del operador.

5.3 PRUEBAS EN CONJUNTO CON EL MECANISMO DE CORTE IMPLANTADO

Luego de probar uno a uno los elementos involucrados en el proceso a realizar pruebas de todo el conjunto en donde se comprueba la efectividad del proyecto.

Cabe anotar que el PANEL VIEW DELTA DOP-AS está programado de una forma tal que cualquier variable en cuanto se refiere a tiempos de ejecución del programa se pueda variar sin tener necesidad de ingresar al computador y modificar las variables.

En la figura 5.1 se muestra la disposición del panel del operador en donde se comprobaría la efectividad del proyecto que se describen a continuación.

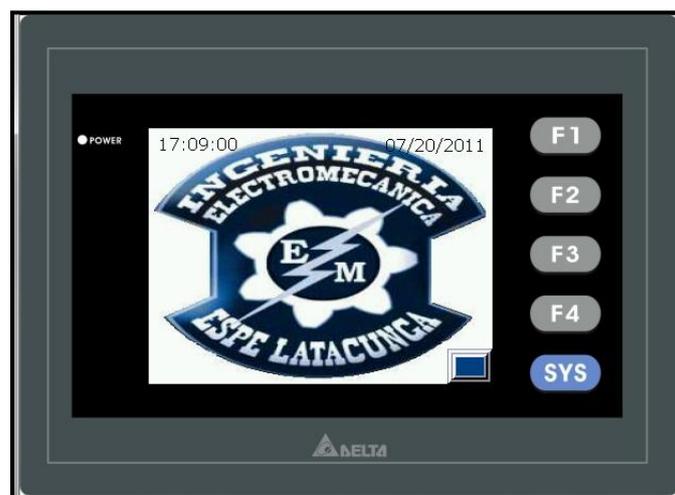


Figura 5.1 Pantalla de saludo

A continuación se detallará los parámetros que se podrán variar desde el PANEL VIEW DELTA DOP-AS.

La utilización de las variables de programación, serán de acuerdo de la necesidad del cliente, tal como se muestra en la tabla 5.1.

Tabla 5.1 Tabla de pruebas.

NÚMERO DE CORTES	VARIABLE DE PROGRAMACIÓN	LONGITUD REAL (CENTÍMETROS)	LONGITUD IDEAL (CENTÍMETROS)
5	K5	30	30
5	K6	36	35
5	K8	42	40
5	K9	49	50
5	K11	55	55
5	K12	62	60
5	K14	68	70
5	K17	81	80
5	K20	93	90
5	K23	106	110

Las longitudes ideales de utilización para los cortes de varilla serán medidas de 60, 70, 80, 90, 110 centímetros, las cuales tienen una tolerancia de error admisible de ± 0.1 centímetros.

En la siguiente tabla 5.2 se indica la cantidad de varillas a ser cortadas y las variables de programación para las diferentes longitudes de varillas.

Tabla 5.2 Variables de programación y cantidad de varillas a ser cortadas

LOTES		VARIABLES DE PROGRAMACIÓN				TOLERANCIA (% FALLA)	
		K 14	K17	K20	K23		
		LONGITUD IDEAL (Cm)	70	80	90		110
		LONGITUD REAL (Cm)	68	81	93		106
CANTIDAD DE VARILLAS A SER CORTADAS	PORCENTAJE DE FALLA (%)						
A	10	20%	20%	20%	20%	0.4 Cm	
B	20	10%	10%	10%	10%	0.2 Cm	
C	30	6.66%	6.66%	6.66%	6.66 %	0.13 Cm	
D	40	5%	5%	5%	5%	0.1 Cm	
E	50	4%	4%	4%	4%	0.08 Cm	

$$(100\% \times 2) / 10 = 20\%$$

2= varillas que fallan al inicio y al final

$$(2 \times 20\%) / 100\% = 0.4$$

Análisis de variables de programación, porcentaje y tolerancia de falla.

Con la variable de programación k14, el propietario de la máquina está satisfecho con la longitud real de corte que es de 68 cm, ya que en un estribo de 15 cm x 15 cm, se tiene un ahorro de material de 2 cm, ya que se disminuye 1cm en cada dobles de amarre.

Con la variable de programación k17, el propietario de la maquina está satisfecho con la longitud real de corte que es de 81 cm, ya que en un estribo de 15 cm x 20 cm, se tiene desperdicio de material de 1 cm, ya que se aumenta 0.5 cm en cada dobles de amarre.

Con la variable de programación k20, el propietario de la maquina está satisfecho con la longitud real de corte que es de 93 cm, ya que en un estribo de 20 cm x 20 cm, se tiene un desperdicio de material de 3 cm, ya que se aumenta 1.5 cm en cada dobles de amarre.

Con la variable de programación k23, el propietario de la maquina está satisfecho con la longitud real de corte que es de 106 cm, ya que en un estribo de 25 cm x 25 cm, se tiene un ahorro de material de 4 cm, ya que se disminuye 2cm en cada dobles de amarre.

El propietario de la maquina está satisfecho, ya que antes desperdiciaba materia prima como se indica en la tabla 5.3.

Tabla 5.3 Cantidad de varillas a ser cortadas y desperdicios

LONGUITUD IDEAL (cm)	LOTES DE VARILLA	CANTIDAD DE VARILLAS A SER CORTADAS POR CADA MATERIA PRIMA DE 6 METROS	DESPERDICIO POR CADA VARILLA DE 6 METROS CORTADA	CANTIDAD DE VARILLAS 6 METROS POR CADA LOTE	DESPERDICIO (cm) POR CADA LOTE
70	40	8.57	0.57	5	114
80	42	7.5	0.5	6	126
90	36	6.66	0.66	6	142.56
110	40	5.45	0.45	8	144

$$600/70=8.57$$

$$40/8=5$$

$$40 \times 0.57 \times 5 = 114$$

En la tabla 5.4 se indica que la cantidad de desperdicio de varilla en los cortes realizados es mínimo.

Tabla 5.4 Ahorro en los cortes de varilla

AHORRO EN VARILLAS CORTADAS EN LA TABLA 5.2.	EN LA	DESPERDICIO EN VARILLAS CORTADAS EN LA TABLA 5.2	DIFERENCIA DE AHORRO - DESPERDICIO EN LA TABLA 5.2
2cm X 40 = 80 cm			240cm-150Cm =90cm
		1cm X 42 =42cm	COMO ESTE DATO ES POSITIVO EXISTE UN AHORRO Y CERO DESPERDICIO CON RESPECTO A LA TABLA 5.2 CON LA TABLA 5.3
		3cm X 36 =108cm	
4cm X 40 = 160 cm			

5.3.1 CANTIDAD DE VARILLAS A SER CORTADAS

Esto sirve para programar la cantidad de varillas que se va a cortar en cada lote dependiendo del pedido que llegue figura 5.2.



Figura 5.2 Configuración de cantidad de varillas

5.3.2 LONGITUD DE VARILLAS

Se puede configurar la longitud que se quiera cortar, esto depende del pedido que realice los clientes figura 5.3.



Figura 5.3 Configuración de longitud de varillas

5.3.3 CONTADOR

En el panel del operador implementado se podrá observar el CONTADOR de varillas a cortarse y la cantidad de varillas cortadas en una jornada de trabajo como se muestra en la figura 5.4.



Figura 5.4 Contador

CAPÍTULO VI

ESTUDIO FINANCIERO

6.1 PRESUPUESTO

“Un **presupuesto** es la previsión de gastos e ingresos para un determinado lapso, por lo general un año. Permite a las empresas, los gobiernos, las organizaciones privadas y las familias establecer prioridades y evaluar la consecución de sus objetivos.”

6.1.1 PRESUPUESTOS DE INVERSIÓN

“El Presupuesto de inversión y en general los presupuestos son un instrumento del que valen las empresas para dirigir todas sus operaciones.”

PRESUPUESTO DEL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN DEL MECANISMO DE CORTE Y LA AUTOMATIZACIÓN DEL MISMO EN UNA MÁQUINA TREFILADORA

En la tabla 6.1 se indica los costos de los elementos neumáticos.

Tabla 6.1 Costos de los elementos neumáticos

ELEMENTOS NEUMÁTICOS				
ÓRDEN	DESCRIPCIÓN PRODUCTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUB. TOTAL
1	Electroválvula 5/2 1/8”	1	84.95	84.95
1	Mini cilindro Serie “ISO 6432” Diámetro	1	156	156

	20mm, Carrera 50mm y P.max 10 Bares			
3	Bobina 24VDC	1	14.90	14.90
4	Ficha de conexión	1	3.50	3.50
5	Codos metálicos macho	5	3.81	19.05
6	Silenciador	2	1.81	3.62
7	Manguera de poliuretano 8mm	2	1.31	2.62
TOTAL				284.64

En la tabla 6.2 se indica los costos de los elementos mecánicos.

Tabla 6.2 Costos elementos mecánicos

ELEMENTOS MECÁNICOS				
ÓRDEN	DESCRIPCIÓN PRODUCTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUB. TOTAL
1	K460 EJE 32.8x600 mm	1	38.71	38.71
2	K460 CUCHILLA 250x700x190 mm	1	20	20
3	Maquinización Cuchilla	1	80	80
4	Maquinización	1	80	80

	Eje Cuchilla			
5	Maquinización de acoples para el mini pistón	2	50	100
6	Temple cuchilla	1	3	3
7	Temple eje cuchilla	1	3	3
8	Levas	4	120	480
TOTAL				804.71

En la tabla 6.3 se indica los costos gastos varios.

Tabla 6.3 Gastos varios

VARIOS				
ÓRDEN	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUB. TOTAL
1	Motor Trifásico (7½ Hp)	1	332	332
2	Alquiler de compresor (2 Hp)	1	100	100
3	Impresiones y empastados	2	150	300
TOTAL				732

Presupuesto del diseño, construcción del mecanismo de corte y la automatización del mismo en una máquina trefiladora, es de 1821.35

Costo de adquisición de la máquina trefiladora de varilla, usada y sin servicio, es de 1350.65

Total Presupuesto es de 3171.35

6.2 ESTRUCTURA DE FINANCIAMIENTO

El presente proyecto, es financiado por la empresa "MUEBLE ARTE MODERNO Y FERRIECONOMIA", misma que es propietaria de la máquina que será automatizada y mejorada para ponerla en funcionamiento.

6.3 RELACIÓN COSTO - BENEFICIO

La relación Beneficio/costo está dada por la relación =
$$\frac{\text{Ingresos}}{\text{Egresos}}$$

El análisis de la relación B/C, toma valores mayores, menores o iguales a 1, lo que implica que:

$B/C > 1$ implica que los ingresos son mayores que los egresos, entonces el proyecto es aconsejable.

$B/C = 1$ implica que los ingresos son iguales que los egresos, entonces el proyecto es indiferente.

$B/C < 1$ implica que los ingresos son menores que los egresos, entonces el proyecto no es aconsejable.

Por la naturaleza del proyecto se tomará como valor de ingresos, el valor que la empresa auspiciante ahorrará al reconstruir y automatizar la máquina que tenían inactiva, en lugar de comprar una nueva.

El valor de una nueva máquina con características similares es de:

\$ 10025.26 USD

Por lo que la relación costo beneficio es la siguiente:

COSTO DE INVERSION EN PROYECTO: \$ 3171.35

VALOR DE MAQUINA NUEVA: \$ 10025.26

BENEFICIO (Ahorro): 6853.91

RELACIÓN COSTO – BENEFICIO = $\frac{10025.26}{3171.35} = 3.16$

6.4 ANÁLISIS

La relación beneficio/costo es mayor que 1, es decir que el beneficio es mayor al costo, por tanto el proyecto es aconsejable, ya que se tendría un beneficio de \$3.16 por cada dólar invertido.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Con el diseño, selección e implementación del sistema mecánico, neumático y eléctrico, permitió el correcto funcionamiento de la máquina trefiladora de varilla.
2. La plataforma informativa SolidWork 2011, permitió el desarrollo y la simulación del modelo mecánico del mecanismo de corte para su construcción, certificando así que la máquina trefiladora así como el mecanismo de corte cumple en forma segura con los requerimientos necesarios para realizar éste tipo de trabajo.
3. La implementación de un HMI mediante un display de texto se permitió dotar a la empresa de un monitoreo en tiempo real del número de cortes diarios, así como garantiza la fiabilidad al cambio de tareas asignadas, reduciendo los tiempos.
4. El diseño e implemento del circuito de fuerza y control, garantiza la fiabilidad del funcionamiento de la máquina trefiladora de varilla.
5. Se elaboró manuales de operación y mantenimiento, en el que se incluyen planos guías de los sistemas mecánicos, neumáticos, eléctricos y electrónicos.

RECOMENDACIONES

1. Con la finalidad de realizar una correcta operación y un adecuado mantenimiento, el operador debe familiarizarse con el manual de mantenimiento y operación de la máquina trefiladora de varilla.
2. Para la manipulación del panel de visualización y del controlador se necesita familiarizarse con el equipo y el proceso, para asegurar su correcto funcionamiento.
3. Seguir normas y datos del fabricante en cuanto a la instalación y montaje y manipulación de equipos y elementos, evitará errores y/o daños en los mismos.
4. Se debe tomar muy en cuenta la mano de obra calificada y experimentada al frente de la operación de éste tipo de maquinaria para disminuir riesgos laborales.
5. Con la finalidad de salvaguardar la integridad física del operario, se recomienda establecer áreas y el cumplimiento de las normativas de seguridad, así como el cuidado y protección del medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

MECANISMOS. *Diseño de los meca mismos*. Recuperado abril 10, 2011, de www.rincondelosmecanismos.com

²INTRODUCCIÓN A LOS PLC. *Características y funcionamientos*. Recuperado abril 10, 2011, de <http://www.grupo-maser.com>

³PLC. *Orígenes*. Recuperado abril 12, 2011, de <http://olmo.pntic.mec.es>

⁴PLC. *Aplicaciones*. Recuperado abril 13, 2011, de <http://www.grupo-maser.com>

⁵TREFILEC S. A. *Fuerzas de trefilado máximo*. PDF.

⁶MATERIALES. *Coeficientes de Rozamiento*. PDF.

⁷Faires. (2005). *Diseño de elementos de máquinas*. Segunda edición.

⁸⁻²⁴Mott, Robert. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. México. Tercera edición.

²⁵⁻²⁶Norton. (2005). *Diseño de Máquinas*. Segunda edición.

²⁷⁻²⁸Mott, Robert. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. México. Tercera edición.

²⁹Norton. (2005). *Diseño de Máquinas*. Segunda edición.

³⁰Mott, Robert. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. México. Tercera edición.

³¹FLUIDSIM. *Usos del Software*. FestoDidactic y Art Systems.

³²AUTOMATIZACIÓN. *Programación de PLC*. Recuperado mayo 22, 2011, de http://www.scadaautomatizacion.com/sitio_scada_delta/dvp-ss.html

³³ DELTA ELECTRONICS. *Manual y funcionamiento*. Recuperado mayo 22, 2011, de <http://www.deltaelectronicsinc.com>

³⁴ BOHLER. *Aceros especiales*. PDF

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: LADDER DE PROGRAMACION DEL CONTROLADOR.

ANEXO B: LISTA DE COMPONENTES, DIAGRAMAS DE: CIRCUITO DE FUERZA Y CONTROL, CIRCUITO NEUMÁTICO, CONEXIÓN IN OUT DEL CONTROLADOR, ACCIONAMIENTOS DE RELÉS Y LUCES PILOTO.

ANEXO C: PLANOS DE ELEMENTOS CONSTRUIDOS Y PLANO DE LA MÁQUINA EN SOLID WORKS.

ANEXO D: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA TREFILADORA DE VARILLA.

ANEXO E: DIMENSIONES Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL VISUALIZADOR.

ANEXOS

ANEXO A

ANEXO B

ANEXO C

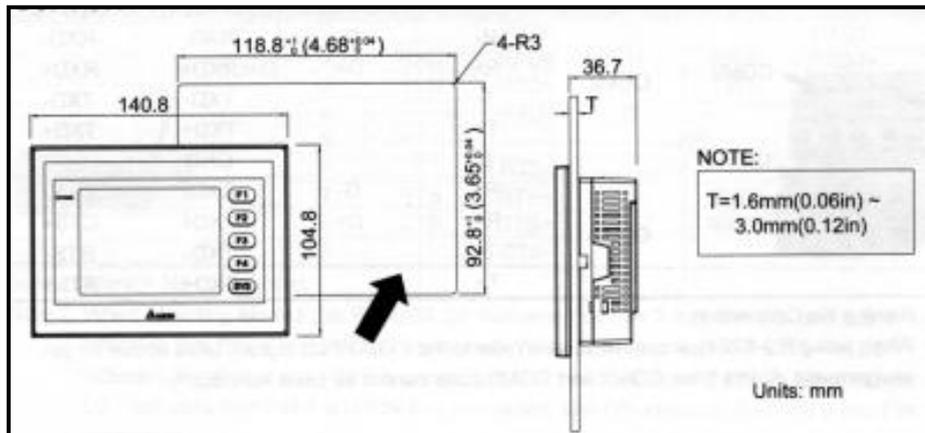
ANEXO D

ANEXO E

DIMENSIONES DEL PANEL DEL OPERADOR

Las dimensiones se muestran en la figura.

DOP-AS35THTD/DOP-AS38BSTD



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Las especificaciones técnicas se muestran en la tabla.

PAUTA		AS35THTD	AS38BSTD
MODULO LCD	Tipo de Pantalla	3.5" TFT LCD (65535 colores)	3.8" STN LCD
	Resolución	320 x 240 pixeles	
	Luz de Fondo	LED de luz de fondo (cerca de 30 mil horas a 25 °C)	LED de luz de fondo (cerca de 10 mil horas a 25 °C)
	Tamaño de Pantalla	3.5" (70.08x52.56mm)	3.8" (76.8x57.6mm)
Sistema de Operación		Ventanas de base de sistema operativo en tiempo real	

MCU		32 bit RISC Micro-controlador
NOR flash ROM		NOR flash ROM 4Mbytes (Sistema: 1MB/ Usuario: 3MB)
SDRAM		8 Mbytes
Memoria de seguridad (Bytes)		128 K
MEMORIA EXTERIOR	Puerto USB	X
USB visitante		1 USB
PUERTO COM SERIE	COM1	RS-232
	COM2	RS-422 / RS-485
	COM3	RS-232
Tecla de Función		definido por el usuario clave del sistemax4, la clave x1
Voltaje de Operación		DC +24V (-10%, +15%) (utilizar fuente de alimentación aislada)
Batería de Respaldo		3V Batería de litio CR2032 X 1/ vida de la bacteria 5 años
Timbre		85 dB
Calendario (RTC)		Construir
Método de Enfriamiento		Circulación de aire natural
La aprobación de seguridad (a prueba de agua para el panel frontal)		IP65/NEMA4/CE, UL
Temperatura de Operación		0 °C – 50 °C
Temperatura de Almacenamiento		-20 °C, +60 °C

Humedad Ambiental	10% - 90% RH (0 – 40 °C), 10% - 55% RH (41 – 50 °C) Grado de contaminación 2
Resistencia a la Vibración	IEC 61131-2 compatible
Dimensiones (WxHxD) mm	140.8 x 104.8 x 44.8
Panel de Corte	118.8 x 92.8
Peso	Aproximadamente 315g

Latacunga, 20 de Junio del 2012

Autores:

Wilson Corrales Tapia

Luis Garrido Herrera

Ing. Wilson Sánchez Ocaña
DIRECTOR DE CARRERA
INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Dr. Rodrigo Vaca Corrales
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE
ADMISIÓN Y REGISTRO