



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Diseño, construcción e implementación de un sistema de estiramiento de cuero semiautomático para exponer anomalías en la materia prima mediante un sistema mecatrónico en el área de producción de calzado de la empresa FAME S.A. del cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha.

Hurtado Portero, Edison Javier y Quispe Punina, Santiago Raúl

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Mecatrónica

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecatrónico

Ing. Caizalitín Quinaluisa, Edwin Alejandro

22 de agosto del 2023

Latacunga



Plagiarism and AI Content Detection Report

Tesis Estiradora de Cuero - Hurtado - ...

Scan details

Scan time:
August 23th, 2023 at 12:46 UTC

Total Pages:
101

Total Words:
25005

Plagiarism Detection



AI Content Detection



🔍 Plagiarism Results: (45)

🌐 **Métodos de conservación de pieles. - La horma de t...** **0.4%**
<https://lahormadetunegocio.com/es/2022/07/07/metodos-c...>
 Close Home Directorio de calzado Bolsa de trabajo FUERZA LABORAL
 BUSCADOR DE EMPLE...

🌐 **Conoce los distintos Tipos de Cuero para Calzado y ...** **0.3%**
<https://tisanmartin.com/2017/06/25/tipos-cuero-para-calzad...>
 +34 966 950 481 jorge@tisanmartin.com ...

🌐 **Tipo de artículo: Artículo original** **0.3%**
<https://editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/d...>
 yaneisycr
 Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS. Vol. 5, Núm. 4.
 (Especial ISTT23) Pág 342-367. ISSN:2806-5794 Selección de...

Ing. Caizalitin Quinaluisa, Edwin Alejandro M.Sc.

Director



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Mecatrónica

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: “Diseño, construcción e implementación de un sistema de estiramiento de cuero semiautomático para exponer anomalías en la materia prima mediante un sistema mecatrónico en el área de producción de calzado de la empresa FAME S.A. del cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha.” fue realizado por los señores **Hurtado Portero, Edison Javier y Quispe Punina, Santiago Raúl**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 22 de agosto de 2023

Ing. Caizalitin Quinaluisa, Edwin Alejandro M.Sc.

C. C.: 0503351397



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Mecatrónica

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Hurtado Portero, Edison Javier** con cédula de ciudadanía n°1550156358 y **Quispe Punina, Santiago Raúl**, con cédula de ciudadanía n°1804858023 declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Diseño, construcción e implementación de un sistema de estiramiento de cuero semiautomático para exponer anomalías en la materia prima mediante un sistema mecatrónico en el área de producción de calzado de la empresa FAME S.A. del cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha**, es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 22 de agosto de 2023

Hurtado Portero, Edison Javier

C.C.: 1550156358

Quispe Punina, Santiago Raúl

C.C.: 1804858023



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Mecatrónica

Autorización de Publicación

Nosotros, **Hurtado Portero, Edison Javier**, con cédula de ciudadanía n°1550156358 y **Quispe Punina, Santiago Raúl**, con cédula de ciudadanía n°1804858023, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Diseño, construcción e implementación de un sistema de estiramiento de cuero semiautomático para exponer anomalías en la materia prima mediante un sistema mecatrónico en el área de producción de calzado de la empresa FAME S.A. del cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 22 de agosto de 2023

Hurtado Portero, Edison Javier

C.C.: 1550156358

Quispe Punina, Santiago Raúl

C.C.: 1804858023

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo de integración curricular:

A Dios por brindarme salud y bendecirme con una hermosa familia con la que he compartido el día a día desde que tengo uso de razón.

A mi madre Fabiola, quien ha estado siempre en todo momento junto a mí en mis aciertos celebrando y en mis errores animándome.

A mi padre Alonso, quien me ha brindado un apoyo incondicional ayudándome a llegar donde estoy y a seguir adelante en lo que me proponga.

A mis hermanos Erika, Juan y Fernanda, quienes me motivan a ser mejor profesional y mejor persona.

Hurtado Portero, Edison Javier

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo de integración curricular principalmente a Dios y a mi familia que siempre estuvieron apoyándome en todo momento, dándome ánimo y las fuerzas para poder continuar y lograr alcanzar mis metas.

Quispe Punina, Santiago Raúl

Agradecimiento

A Dios por mantenerme junto a mi familia y seres queridos con salud y vida.

A mi madre Fabiola, por darme la dicha de ser su hijo ya que me siento muy afortunado de la manera en que ha formado mi carácter y quien soy hoy se lo debo a ella. Le agradezco por cuidar de mí siempre siendo cómplice, amiga y guía desde mi existencia.

A mi padre Alonso, por el ejemplo de humildad, perseverancia y trabajo del que me siento muy orgulloso. Agradezco sus consejos cuando más lo he necesitado y su apoyo incondicional cada vez que requerí ayuda para levantarme de un tropiezo en el camino.

A mis hermanos Erika, Juan y Fernanda por todos los gratos momentos que hemos compartido juntos.

Hurtado Portero, Edison Javier

Agradecimiento

A mi Madre Norma, por brindarme durante toda mi vida su apoyo incondicional, amor, concejo y paciencia, gracias madrecita querida por estar siempre conmigo entregándome todo su cariño.

A mis Abuelos Teresa y Ángel, Que, aunque ya no estén conmigo, fueron y serán un pilar fundamental para superarme en mis estudios brindándome su cariño y amor.

A mi Padre Raúl, por brindarme apoyo y amor a su manera, consejos y experiencias de vida que me ayudaron a desenvolverme en el ámbito estudiantil y el día a día.

Quispe Punina, Santiago Raúl

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	1
Reporte de verificación de contenido.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de autoría	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria	6
Dedicatoria	7
Agradecimiento.....	8
Agradecimiento.....	9
Índice de contenidos	10
Índice de figuras	17
Índice de tablas	23
Resumen.....	24
Abstract	25
Capítulo I: Generalidades	26
Introducción	26
Antecedentes	26
Planteamiento del problema	27
Descripción resumida del proyecto.....	29
Justificación e importancia.....	32
Objetivos	33
<i>Objetivo general</i>	33

<i>Objetivos específicos</i>	34
Hipótesis	34
<i>Variable independiente</i>	34
<i>Variable dependiente</i>	34
Capítulo II: Fundamentación teórica	35
Cuero para calzado.....	35
<i>Cuero de origen bovino</i>	35
<i>Partes del cuero usadas para calzado</i>	36
<i>Varietades de cuero según su acabado</i>	37
<i>Beneficios de los zapatos de cuero</i>	39
<i>Factores que influyen en la calidad del cuero para calzado</i>	39
Conservación de cueros	40
<i>Conservación a través del secado</i>	40
<i>Conservación mediante sal</i>	41
<i>Conservación mediante refrigeración</i>	41
Defectos de las láminas de cuero para calzado	42
Control de calidad del cuero	42
<i>Sistemas de estiramiento de cuero para control de calidad</i>	44
<i>Pruebas para evaluar la calidad las pieles y cueros</i>	45
Normas de calidad en la industria de los curtidos	46
Normas ISO	46
Máquina estiradora de cuero	47
Sistema electroneumático y de control.....	48

Control Lógico Programable (PLC)	48
Logo Soft Confort V8.3.....	48
Programación de PLC Ladder (KOP).....	49
Cilindros neumáticos Festo de doble efecto	49
Unidad de Mantenimiento	49
Compresor	50
Válvulas de Estrangulamiento	51
Electroválvulas 5 vías 2 posiciones con activación por solenoide y retorno por muelle	51
Válvula reguladora de presión	52
Breaker	53
Luces Piloto Verde, Azul y Roja.....	53
Selectores de dos posiciones.....	54
Pulsador industrial NC	54
Pulsador paro de emergencia tipo hongo.....	55
Sistema eléctrico	56
Generadores.....	56
Conductores.....	56
Receptores	56
Elementos de maniobra.....	56
Protectores.....	56
Tipos de Control	56
Manual	56

<i>Semiautomático</i>	57
<i>Control Automático</i>	57
Tablero de Componentes eléctricos	57
<i>Tablero principal</i>	58
<i>Tablero secundario</i>	58
<i>Tableros de comando control</i>	58
Elementos de maniobra de control	58
<i>Conmutadores de dos posiciones</i>	59
<i>Finales de carrera de contacto</i>	59
<i>Solenoides</i>	60
Capítulo III: Diseño y construcción	61
Diseño del sistema	61
<i>Necesidades del cliente</i>	61
<i>Especificaciones técnicas del sistema</i>	62
<i>Desarrollo de la casa de calidad o QFD</i>	63
<i>Análisis de la matriz QFD</i>	65
Diseño de la estructura de la máquina	66
<i>Diseño del tambor</i>	66
<i>Barras Laterales</i>	68
<i>Espesor del tambor</i>	71
<i>Cilindros neumáticos del tambor</i>	74
<i>Carrera de los cilindros neumáticos</i>	85
<i>Cilindros neumáticos de los laterales</i>	86

<i>Relación de compresión.....</i>	95
<i>Estructura Soporte</i>	96
<i>Selección de Bases de Cilindros Neumáticos Ø 32 mm</i>	100
<i>Selección de la Base Cilindros Neumáticos Ø 100 mm</i>	103
<i>Selección de Plancha de la Base Inferior.....</i>	107
<i>Selección de Viga</i>	111
<i>Selección de perfiles para columnas</i>	114
<i>Análisis de la estructura.....</i>	119
<i>Análisis del tambor.....</i>	123
<i>Análisis de la plancha base inferior</i>	125
Diseño del control electroneumático	129
<i>Cálculo de consumo de fluido por minuto (caudal) de la máquina.....</i>	131
<i>Cálculos consumo de avance del cilindro</i>	132
<i>Cálculos consumo de retroceso del cilindro</i>	133
<i>Cálculos consumo de avance del cilindro para los cilindros de barras laterales de sujeción.....</i>	135
<i>Cálculos consumo de retroceso del cilindro</i>	136
<i>Cálculo de Kv y Cv (capacidad de válvula).....</i>	137
<i>KV y CV de válvulas para cilindros de tambor de estiramiento</i>	138
<i>KV y CV de válvulas para cilindros de barras laterales de sujeción.....</i>	140
Selección de componentes mecánicos y neumáticos.	143
<i>Selección de componentes mecánicos y neumáticos del prototipo.....</i>	144
<i>Selección de electroválvulas</i>	145

<i>Selección de unidad de mantenimiento</i>	145
<i>Selección de cilindro</i>	146
<i>Selección de perfil para estructura</i>	147
Selección de componentes eléctricos y electrónicos.....	149
<i>Selección del PLC</i>	149
<i>Selección de protecciones</i>	150
<i>Encendido-apagado de la máquina y luces</i>	151
<i>Selección de paro de emergencia</i>	152
<i>Iluminación</i>	153
<i>Finales de carrera</i>	154
<i>Elementos de señalización</i>	155
<i>Rieles DIN</i>	156
<i>Canaleta ranurada</i>	157
Sistema de control.....	158
<i>Descripción de variables a controlar</i>	159
<i>Diagrama de flujo del funcionamiento general</i>	161
<i>Programación</i>	163
Construcción e integración de los sistemas	165
<i>Construcción de la estructura de la máquina estiradora de cuero</i>	165
<i>Construcción del tablero de control</i>	172
Capítulo IV: Implementación, pruebas y resultados.....	174
Introducción	174
Pruebas de funcionamiento	174

Recolección de datos	177
Análisis de datos	179
Validación de hipótesis	180
Análisis de precisión	181
Análisis de costos	184
Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones	186
Conclusiones	186
Recomendaciones	188
Bibliografía	189
Anexos.....	199

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Estiramiento y marcado del cuero</i>	27
Figura 2 <i>Anomalía del cuero</i>	28
Figura 3 <i>Modelo de estructura mecánica a ser utilizado</i>	30
Figura 4 <i>Diagrama de secuencia a seguir para el diseño y construcción del sistema de estiramiento de cuero</i>	31
Figura 5 <i>Cuero de Piel Vacuna</i>	35
Figura 6 <i>Partes del cuero utilizadas para calzado</i>	36
Figura 7 <i>Cuero vacuno Nubuck Hidrofugado Trigo</i>	37
Figura 8 <i>Cuero hidrofugado</i>	38
Figura 9 <i>Bota Táctica Alfa M.2.</i>	39
Figura 10 <i>Conservación del cuero por medio de secado</i>	41
Figura 11 <i>Sistema de control de calidad en el cuero</i>	44
Figura 12 <i>Estiradora de cuero</i>	47
Figura 13 <i>Logo Soft Confort V8.3</i>	48
Figura 14 <i>Cilindros neumáticos Festo de doble efecto</i>	49
Figura 15 <i>Unidad de Mantenimiento</i>	50
Figura 16 <i>Compresor</i>	50
Figura 17 <i>Válvulas de Estrangulamiento</i>	51
Figura 18 <i>Electroválvulas 5 vías 2 posiciones con activación por solenoide y retorno por muelle</i>	52
Figura 19 <i>Válvula reguladora de presión</i>	52
Figura 20 <i>Breaker industrial</i>	53
Figura 21 <i>Luces Piloto Verde, Azul y Roja</i>	54
Figura 22 <i>Selectores de dos posiciones</i>	54
Figura 23 <i>Pulsador industrial NC</i>	55
Figura 24 <i>Pulsador paro de emergencia tipo hongo</i>	55

Figura 25 <i>Macchina Peril Controllo del Pellame</i>	58
Figura 26 <i>Conmutador de 2 posiciones</i>	59
Figura 27 <i>Final de carrera de contacto</i>	60
Figura 28 <i>Solenoide</i>	60
Figura 29 <i>Matriz QFD</i>	65
Figura 30 <i>Diseño geométrico del tambor</i>	68
Figura 31 <i>Diseño geométrico del cuero</i>	69
Figura 32 <i>Diagrama de Cuerpo Libre de la barra</i>	70
Figura 33 <i>Diagrama de fuerzas y momentos de las barras laterales</i>	70
Figura 34 <i>Perfiles en G</i>	71
Figura 35 <i>Diagrama de Cuerpo Libre</i>	72
Figura 36 <i>Diagrama de fuerzas y momentos</i>	72
Figura 37 <i>Tambor</i>	75
Figura 38 <i>Características mecánicas del tambor diseñado</i>	75
Figura 39 <i>Diagrama de fuerzas verticales</i>	76
Figura 40 <i>Coeficiente de fricción del hierro fundido</i>	78
Figura 41 <i>Equilibrio de fuerzas</i>	78
Figura 42 <i>Hoja de datos</i>	81
Figura 43 <i>Croquis del cilindro redondo de acero inoxidable</i>	81
Figura 44 <i>Datos del croquis del cilindro redondo de acero inoxidable</i>	82
Figura 45 <i>Croquis del dimensionamiento de la culata y del vástago del cilindro redondo de acero inoxidable</i>	82
Figura 46 <i>Dimensiones de la culata y del vástago del cilindro redondo de acero inoxidable</i>	83
Figura 47 <i>Croquis del dimensionamiento de la rosca y del vástago del cilindro redondo de acero inoxidable</i>	83
Figura 48 <i>Dimensiones de la rosca y del vástago del cilindro redondo de acero inoxidable</i>	84

Figura 49 Datos técnicos del cilindro redondo de acero inoxidable	84
Figura 50 Códigos de los productos integrantes del cilindro redondo de acero inoxidable.....	85
Figura 51 Diagrama de fuerzas para cilindros laterales.....	87
Figura 52 Equilibrio de fuerzas para determinar la fuerza de aspiración.....	89
Figura 53 Hoja de datos para los cilindros laterales	91
Figura 54 Croquis del cilindro redondo de acero inoxidable	91
Figura 55 Datos del croquis del cilindro redondo de acero inoxidable	92
Figura 56 Croquis del dimensionamiento de la culata y del vástago del cilindro redondo de acero inoxidable.....	92
Figura 57 Dimensiones de la culata y del vástago del cilindro redondo de acero- inoxidable.....	93
Figura 58 Croquis del dimensionamiento de la rosca y del vástago del cilindro redondo de acero inoxidable.....	93
Figura 59 Dimensiones de la rosca y del vástago del cilindro redondo de acero inoxidable.....	94
Figura 60 Datos técnicos del cilindro redondo de acero inoxidable	94
Figura 61 Códigos de los productos integrantes del cilindro redondo de acero inoxidable.....	95
Figura 62 Croquis de dimensiones de percentiles en personas de sexo masculino entre 18 y 65 años	96
Figura 63 Dimensiones de percentiles en personas de sexo masculino entre 18 y 65 años	96
Figura 64 Croquis de dimensiones de percentiles en personas de sexo femenino entre 18 y 65 años	97
Figura 65 Dimensiones de percentiles en personas de sexo femenino entre 18 y 65 años	97
Figura 66 Diagrama geométrico de la estructura.....	99

Figura 67 <i>Diagrama de Cuerpo Libre de la Placa Base del cilindro neumático</i>	
<i>de $\varnothing = 32 \text{ mm}$</i>	101
Figura 68 <i>Diagrama de fuerzas y momentos de la placa base del cilindro neumático</i>	
<i>de $\varnothing = 32 \text{ mm}$</i>	102
Figura 69 <i>Diagrama de Cuerpo Libre de la Placa Base del cilindro neumático de</i>	
<i>$\varnothing = 100 \text{ mm}$</i>	105
Figura 70 <i>Diagrama de fuerzas y momentos de la placa base del cilindro neumático</i>	
<i>de $\varnothing = 100 \text{ mm}$</i>	105
Figura 71 <i>Diagrama de Cuerpo Libre de la Plancha Base Inferior</i>	109
Figura 72 <i>Diagrama de fuerzas y momentos de la base inferior</i>	109
Figura 73 <i>Dimensiones de Planchas comerciales</i>	111
Figura 74 <i>Diagrama de Cuerpo Libre de la barra</i>	112
Figura 75 <i>Diagrama de fuerzas y momentos de las vigas</i>	113
Figura 76 <i>Dimensiones del Tubo Cuadrado</i>	114
Figura 77 <i>Longitud Efectiva (K)</i>	116
Figura 78 <i>Esfuerzos Permisibles de Columnas Acero Estructural</i>	116
Figura 79 <i>Análisis de Tensiones</i>	120
Figura 80 <i>Análisis de Desplazamiento</i>	120
Figura 81 <i>Análisis de Deformación Unitaria</i>	121
Figura 82 <i>Análisis del Factor de Seguridad</i>	122
Figura 83 <i>Análisis de Tensiones del tambor</i>	123
Figura 84 <i>Análisis de Desplazamiento del tambor</i>	123
Figura 85 <i>Análisis de Deformación Unitaria del tambor</i>	124
Figura 86 <i>Análisis del Factor de Seguridad del tambor</i>	124
Figura 87 <i>Análisis de Tensiones de la plancha inferior</i>	125
Figura 88 <i>Análisis de Desplazamiento de la plancha inferior</i>	126
Figura 89 <i>Análisis de Deformación Unitaria de la plancha inferior</i>	126
Figura 90 <i>Análisis del Factor de Seguridad de la plancha inferior</i>	127

Figura 91 <i>Esquema electroneumático</i>	129
Figura 92 <i>Diagrama de fase</i>	131
Figura 93 <i>Catálogo de tubos cuadrados</i>	148
Figura 94 <i>Luces piloto</i>	156
Figura 95 <i>Medidas de Riel DIN para carcasas metálicas</i>	157
Figura 96 <i>Guía para seleccionar canaletas ranuradas</i>	158
Figura 97 <i>Diagrama de flujo del funcionamiento general</i>	162
Figura 98 <i>Asignación de variables en software LOGO soft confort</i>	163
Figura 99 <i>Condicionamiento de puesta en marcha</i>	163
Figura 100 <i>Condicionamiento de activación de tambor de estirado</i>	164
Figura 101 <i>Fin de revisión y marcado de anomalías del cuero</i>	164
Figura 102 <i>Accionamiento de salidas de PLC</i>	165
Figura 103 <i>Corte de perfiles cuadrados</i>	166
Figura 104 <i>Estructura soldada y esmerilada</i>	166
Figura 105 <i>Placa corredera</i>	167
Figura 106 <i>Corte de barras laterales</i>	167
Figura 107 <i>Construcción de la barra lateral</i>	168
Figura 108 <i>Corte de ángulos</i>	168
Figura 109 <i>Unión de los ángulos con la base</i>	169
Figura 110 <i>Unión de los cilindros neumáticos a las barras</i>	169
Figura 111 <i>Unión de barras, cilindros y base</i>	170
Figura 112 <i>Estructura para la sujeción de cuero</i>	170
Figura 113 <i>Construcción del tambor para estiramiento</i>	171
Figura 114 <i>Montaje del tambor en la base</i>	171
Figura 115 <i>Botonera y soporte de lámparas</i>	172
Figura 116 <i>Cableado del tablero de control</i>	172
Figura 117 <i>Montaje del tablero de control</i>	173
Figura 118 <i>Encendido de la máquina</i>	174

Figura 119 <i>Máquina encendida</i>	175
Figura 120 <i>Encendido de luces</i>	175
Figura 121 <i>Estiramiento de cuerina</i>	176
Figura 122 <i>Inspección de la cuerina</i>	176
Figura 123 <i>Liberación de la cuerina</i>	177
Figura 124 <i>Muestra 1 de cuerina sin estirar/estirada</i>	178
Figura 125 <i>Muestra 2 de cuerina sin estirar/estirada</i>	178
Figura 126 <i>Prueba de precisión 1</i>	182
Figura 127 <i>Prueba de precisión 2</i>	182
Figura 128 <i>Prueba de precisión 3</i>	183
Figura 129 <i>Prueba de precisión 4</i>	183
Figura 130 <i>Prueba de precisión 5</i>	183

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Necesidades del cliente</i>	61
Tabla 2 <i>Especificaciones técnicas de la máquina estiradora del cuero</i>	62
Tabla 3 <i>Simbología especificaciones</i>	64
Tabla 4 <i>Relación entre cómo y cómo</i>	64
Tabla 5 <i>Características de cada elemento mecánico diseñado</i>	128
Tabla 6 <i>Descripción del equipo neumático vigente</i>	130
Tabla 7 <i>Elementos para la máquina estiradora de cuero</i>	143
Tabla 8 <i>Características de la válvula 5/2 vías</i>	145
Tabla 9 <i>Características de la unidad de mantenimiento</i>	146
Tabla 10 <i>Características del cilindro doble efecto</i>	147
Tabla 11 <i>Características del controlador industrial</i>	149
Tabla 12 <i>Características de breakers</i>	150
Tabla 13 <i>Características botones encendido y apagado</i>	151
Tabla 14 <i>Características paro de emergencia</i>	152
Tabla 15 <i>Características de paneles LED de 10W</i>	153
Tabla 16 <i>Tipos de finales de carrera mecánicos</i>	154
Tabla 17 <i>Descripción de variables</i>	159
Tabla 18 <i>Errores en varios retazos de cuerina</i>	177
Tabla 19 <i>Factor diferenciador del modelo</i>	180
Tabla 20 <i>Análisis estadístico (diseño completo de experimentos)</i>	180
Tabla 21 <i>Análisis estadístico (valor de r cuadrado)</i>	181
Tabla 22 <i>Costo de materiales y equipos utilizados en el prototipo</i>	185

Resumen

El presente proyecto de integración curricular está conformado por el diseño de una máquina estiradora de cuero para la empresa FAME S.A, se identificó la necesidad principal de la empresa que fue optimizar el proceso de control de calidad de cuero que es el principal material que se ocupa para la confección de calzado militar, luego de identificar el proceso principal a optimizar y la forma en que realizaban el control de calidad de forma manual se diseñó la máquina semiautomática estiradora de cuero en base a máquinas existentes en el mercado del exterior, para ello se realizaron cálculos que nos permitan mediante uso preferente de catálogos la selección de los componentes del sistema mecatrónico tanto en su parte mecánica como electroneumática, luego del diseño mecánico se realizó un análisis CAE en el cual se determinó que la estructura y la plancha de la base inferior tiene un factor de seguridad mayor de 4 que es el más del valor recomendado para este tipo de máquinas, además se corroboró también mediante software la secuencia de control del funcionamiento. Una vez terminado el diseño se procedió con su construcción pero por asuntos internos de la empresa no se pudo concretar el modelo a escala real debido a esto se construyó únicamente un prototipo basado en la máquina original, el cual consta con materiales parecidos a los seleccionados pero a una escala menor, finalizada la etapa de construcción del prototipo estiradora de cuerina se realizaron la pruebas pertinentes para comprobar el funcionamiento de la máquina y evidenciando que si optimiza el proceso de control de calidad de en este caso la cuerina simulando ser cuero utilizada principalmente por la empresa en un principio para la confección de calzado, planteando que es factible la construcción de la estiradora de cuero diseñada a escala real si se la desea implementar.

Palabras Clave: Máquina estiradora de cuero, máquina semiautomática, calzado militar, construcción del prototipo.

Abstract

This curricular integration project is made up of the design of a leather stretching machine for the company FAME S.A, the main need of the company was identified, which was to optimize the quality control process for leather, which is the main material that is dealt with. for the manufacture of military footwear, after identifying the main process to be optimized and the way in which quality control was carried out manually, the semi-automatic leather stretching machine was designed based on existing machines in the foreign market, for which They made calculations that allow us, through the preferential use of catalogs, to select the components of the mechatronic system, both in its mechanical and electropneumatic parts. After the mechanical design, a CAE analysis was carried out in which it was determined that the structure and the plate of the lower base It has a safety factor greater than 4, which is more than the recommended value for this type of machine. In addition, the operation control sequence was also corroborated by software. Once the design was finished, its construction was proceeded, but due to internal company affairs, the full-scale model could not be specified. Due to this, only a prototype based on the original machine was built, which consists of materials similar to those selected but On a smaller scale, once the construction stage of the leatherette stretcher prototype was completed, the pertinent tests were carried out to verify the operation of the machine and evidencing that it optimizes the quality control process, in this case the leatherette pretending to be leather used mainly by the company initially for the manufacture of footwear, proposing that the construction of the leather stretcher designed on a real scale is feasible if it is desired to implement it.

Keywords: Leather stretching machine, semiautomatic machine, military footwear, prototype construction.

Capítulo I

Generalidades

Introducción

En este capítulo se explica de manera concisa cómo la tecnología se introdujo en la industria del calzado y por qué es cada vez más necesaria su inclusión e implantación de maquinaria para mejorar la calidad de los productos que se ofrecen. Esto establece la causa del problema, su justificación y la importancia de su solución, además de mencionar los objetivos que se lograrán durante el desarrollo del proyecto.

Antecedentes

Dentro del proceso de fabricación de calzado, uno de los elementos esenciales es el cuero, que consiste en la piel de animales. A través del proceso de curtido, esta piel se somete a transformaciones para adquirir la apariencia final que se reconoce en los zapatos. El cuero puede derivar de diversas especies animales; entre las más habituales se incluyen los obtenidos de bovinos, porcinos, o caprinos (OpcioDiamant, 2014).

De acuerdo con Sosa (2010), el proceso inicial en el control de calidad implica la identificación de imperfecciones visibles en las pieles mediante la aplicación de la técnica de inspección de la piel. En este sentido, esta etapa determina si el lote de piel recién ingresado a la bodega de materias primas es aprobado para su uso o si es rechazado.

FAME S.A. es una empresa del Estado Ecuatoriano (ISSFA) con 70 años de experiencia y labor profesional, que se dedica exclusivamente a la confección y producción de uniformes e indumentaria siendo líderes en los sectores de Seguridad y Defensa Nacional, con una confección anualmente de 600.000 prendas, 120.000 artículos de equipamiento de seguridad y 180.000 pares de botas abasteciendo las demandas, anualmente se ha visto un gran crecimiento en las ventas, desde el 2016 donde se generó 9.008.000 millones de dólares, hasta en el 2019 con más de 17.000.000 millones de dólares, teniendo un crecimiento aproximado del 53%.

La empresa FAME S.A. cuenta con una amplia área de trabajo dedicada exclusivamente a la producción de calzado de cuero en donde una de las etapas más importantes es la verificación de la calidad del cuero con que se va a trabajar. El proceso de verificación se lo lleva a cabo de manera artesanal con un par de operarios experimentados que estiran la lámina de cuero para apreciar los agujeros, relieves de venas, grietas y cortes presentes en la materia prima a través del tacto y la vista para finalmente marcarlos con un rotulador de cuero que indica que dicha área ha sido rechazada

Si bien todo el proceso de control de calidad de cuero previo a la fabricación de calzado es de forma manual, en países más desarrollados se utiliza maquinaria que facilite el proceso al operador, como es el caso de la empresa italiana “Meccanica Alen: macchine per calzature” que como su nombre lo dice se encarga de hacer máquinas que contribuyan en la elaboración de calzado, como se indica en la Figura 1.

Figura 1

Estiramiento y marcado del cuero



Planteamiento del problema

En 1950, surge FAME S.A. a raíz de la creación del taller especializado en la confección de prendas militares, con el propósito de atender la necesidad de uniformes para la Fuerza Terrestre. Con el tiempo, este taller se convierte en una división de la Dirección de Industrias del Ejército, conocida como DINE. En la actualidad, la empresa tiene como principal objetivo la fabricación y comercialización de calzado, indumentaria y equipamiento

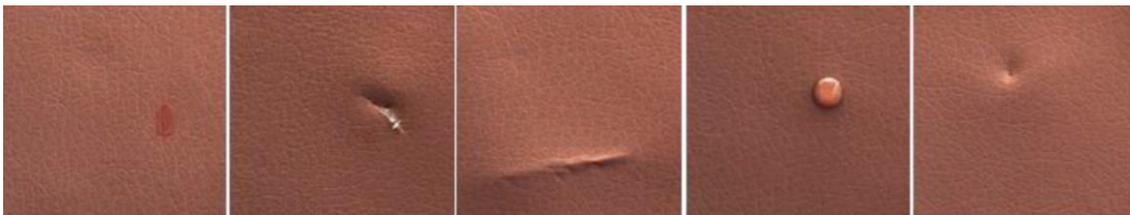
de campamento, destinados tanto al uso militar como industrial, con el propósito de satisfacer las demandas tanto de las Fuerzas Armadas como del mercado nacional (FAME, 2011).

El cuero para fabricar calzado es adquirido en láminas o bandas que necesitan ser analizadas para identificar las porciones con fallas que deben ser excluidas del proceso inmediatamente, gracias a esta intervención temprana de control de calidad se le otorgará al calzado una mayor resistencia y durabilidad, cumpliendo así un ciclo de vida útil más prolongado.

Visualmente algunas de las anomalías se las puede identificar como se muestra en la Figura 2, de izquierda a derecha se presentan los 5 casos de falla más comunes en donde el primero se trata de una mancha permanente, el segundo de cicatrices y cortes abiertos en la piel, el tercero de arrugas que hacen al material más propenso a rasgarse, el cuarto se trata de pequeñas protuberancias y el quinto de agujeros causados por larvas e insectos que han perforado la piel.

Figura 2

Anomalía del cuero



Nota. Fotografía. Tomado de (Silva, Garcia, & Ferreira, 2022)

Al no existir en el mercado local una máquina que permita estirar el cuero para exponer sus anomalías, en la empresa FAME S.A. se realiza este proceso de manera artesanal, en el cual intervienen tres trabajadores encargados de ejecutar el control de calidad del cuero. El personal de la empresa usado en este proceso opera de la siguiente manera, uno coloca la lámina sobre la mesa de trabajo y los otros dos se encargan de

estirar paulatinamente el cuero marcando con un rotulador las anomalías que se encuentren al hacer inspecciones con el tacto y la vista hasta que se complete con la revisión de toda la extensión del cuero.

El tiempo que los operadores se toman para ir progresivamente analizando, exponiendo y marcando las anomalías en el cuero resulta un claro inconveniente ya que su avance es lento debido a que se lo ejecuta en pequeñas porciones hasta cubrir toda la lámina de cuero. Además, el personal de la empresa utilizado en esta actividad no es el mismo continuamente ya que se rotan y esto genera pérdidas de tiempo en el proceso de producción durante el transcurso de cambiar de estaciones de trabajo.

El proceso de estirado manual genera afecciones en las manos, brazos y espalda de las personas encargadas de esta actividad, siendo esta la principal razón por la que se carece de un trabajo constante a lo largo de la jornada laboral, resultando necesario el relevo del personal. De esta manera el método de estiramiento artesanal realizado por parte del personal de trabajo no es un proceso continuamente efectivo por lo cual se ve afectado el avance de la producción.

Descripción resumida del proyecto

El proyecto consiste en el diseño, construcción e implementación de un sistema de estiramiento de cuero semiautomático para exponer anomalías en la materia prima mediante un sistema mecatrónico en el área de producción de calzado. El sistema neumático permitirá a la máquina sujetar y luego estirar el cuero para su revisión de anomalías, posteriormente la máquina soltará el cuero para ser retirado por el operador y colocar el nuevo cuero a ser estirado.

Para lograr que el estiramiento del cuero sea uniforme, la máquina contará con dos prensas que serán las encargadas de sujetar el cuero por los extremos, estas ejercerán la presión adecuada sobre el cuero mediante actuadores neumáticos, además se contará con un tambor curvo el cual una vez sujetado el cuero se desplazará verticalmente hacia arriba

impulsado por otro actuador neumático estirando el cuero hasta un punto donde se pueda evidenciar sus anomalías.

Figura 3

Modelo de estructura mecánica a ser utilizado



Nota. Foto. Tomado de (Alen, 2020)

El diseño se divide en tres fases: mecánica, electroneumática y control en base a los requerimientos de la empresa, normas de seguridad y construcción que rigen en el Ecuador. En la Figura 4 se puede observar la secuencia que se seguirá para el desarrollo del sistema de estiramiento de cuero, el cual inicia por la etapa mecánica en la que primero se realizará una investigación y análisis para el diseño de la estructura que consta de dos prensas, un tambor curvo y una base donde se colocarán las mismas y selección de materiales mediante un análisis de esfuerzos enfocado en la distribución de los elementos mecánicos y electroneumáticos que forman parte de la implementación del sistema apoyados en un software CAD/CAE, esto con el objetivo de que la máquina sea adecuadamente resistente a las condiciones de trabajo y ambiente en la empresa FAME S.A.

Figura 4

Diagrama de secuencia a seguir para el diseño y construcción del sistema de estiramiento de cuero



Nota. Se indica los pasos a seguir en un diagrama de secuencia, diagrama realizado por los investigadores

Una vez cumplida la fase mecánica se procederá a realizar la fase electroneumática siguiendo la secuencia mostrada en la Figura 4. La etapa electroneumática se divide en dos, cumpliendo primero lo que concierne a la parte neumática del sistema y luego la electrónica. Para el sistema neumático de la máquina estiradora de cuero primero se realizará un estudio y análisis de la resistencia del cuero al ser estirado y mediante este se realizará la selección del compresor, cilindros neumáticos, reguladores neumáticos de caudal y reguladores neumáticos de presión con el objetivo de que la sujeción del cuero mediante las prensas y el estirado proporcionado por el tambor curvo no genere daños en el mismo. Posteriormente, basándose en la secuencia que deben cumplir los cilindros neumáticos y el respectivo diagrama de espacio-fase se realizará el diseño del circuito electroneumático. Para la parte electrónica del sistema se realizará el análisis de la secuencia a cumplir por los cilindros neumáticos en el sistema de estirado y mediante este se seleccionarán las electroválvulas y sensores necesarios.

Al haber cumplido con la fase mecánica y electroneumática del sistema de estirado de cuero, se procederá a la etapa de control, en la cual se hará uso de un controlador lógico programable para poder controlar las secuencias de los cilindros neumáticos en el sistema de estiramiento. Se realizará la programación respectiva de dicho controlador y así se obtendrá una secuencia semiautomática de los cilindros, ya que, una vez cumplida la

secuencia de estirado con un cuero, se deberá reiniciar la secuencia de estirado por el operador de la máquina.

En todas las fases de desarrollo: diseño, construcción e implementación de la máquina estiradora de cuero estará ajustado a los requerimientos de la empresa FAME S.A., enfocado al control de calidad y mejora de la productividad, apoyados en la normativa ISO 9001 u otra normativa considerada por la empresa. Y, además, se realizará una fase de pruebas que estarán basadas en el estiramiento uniforme del cuero para la visualización de sus anomalías, y, por último, se realizará un manual de operaciones.

Justificación e importancia

El tema planteado se justifica debido a que permite resolver los problemas existentes en la empresa FAME S.A., haciendo uso de los avances tecnológicos que facilitan automatizar procesos que se los realiza de manera artesanal por el personal de la empresa, reducir tiempos de producción, obtener productos de calidad y mejorar condiciones laborales de los trabajadores.

La importancia radica en que la calidad con que se elaboren los productos dentro de FAME S.A. posicionen a la empresa como un referente real de compromiso con sus consumidores, ofreciendo utilidad y garantía en sus productos que se encuentren dentro del mercado. El constante monitoreo y verificación de que la materia prima sea la óptima en este caso reducirá al mínimo la posibilidad de que un calzado sea defectuoso. Ya no sería necesario la concentración de tantos operarios que dediquen de su tiempo para el control de calidad de cuero ya que la máquina es semiautomática lo que otorga beneficios económicos al reducir personal, tiempo y costos en la producción. Además, la empresa sería pionera en el uso de este tipo de tecnología para el control de calidad del cuero ya que este sistema de estiramiento es nuevo y no existe en el mercado local.

Dentro del alcance se toma en cuenta que el sistema de estiramiento de cuero en la etapa de control de calidad de la empresa FAME S.A. tiene como objetivo mejorar la calidad

en la producción de calzado dentro de la empresa llegando a usarse únicamente materia prima de alta calidad lo cual repercutirá en que los usuarios del producto final gocen de un calzado resistente a las situaciones extremas de humedad, calor y desgaste que tanto personal de las fuerzas armadas como personal en la industria están expuesto en su día a día. De esta manera la empresa jugará un papel competitivo dentro del mercado actual.

Además, el método artesanal de estirado de cuero realizado por el personal de la empresa dejará de ser usado, con lo cual las afecciones en el personal se eliminarán, solo se necesitará de un operador que maneje la máquina donde el resto de los operarios podrán enfocarse en otras actividades en la línea de producción mejorando el proceso de producción del calzado de cuero. El proceso de producción y control de calidad mejorará ya que con la máquina estiradora de cuero se podrá trabajar de manera continua sin interrupciones a diferencia que con el método manual usado.

El sistema de estiramiento de cuero hará uso de un solo operador al ser semiautomática, quien se encargará de colocar la lámina de cuero sobre el tambor y debajo de las prensas neumáticas para accionar mediante un pulsador el funcionamiento del sistema. De igual manera una vez culminado el proceso de inspección se libera las prensas y se contrae el tambor posibilitando de esta manera extraer el cuero analizado.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar, construir e implementar un sistema de estiramiento de cuero semiautomático para exponer anomalías en la materia prima mediante un sistema mecatrónico en el área de producción de calzado de la empresa FAME S.A. del cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha.

Objetivos específicos

- Analizar los requerimientos de la empresa FAME S.A. y el control de calidad en el cuero para extraer datos sin afectar el funcionamiento del mismo y la normativa de diseño correspondiente.
- Investigar sobre los sistemas de estiramiento de cuero para control de calidad en la fabricación de calzado.
- Diseñar la estructura mecánica de la máquina estiradora de cuero, sus dimensiones y la distribución de los elementos.
- Diseñar el sistema eléctrico para el manejo mediante tablero de los componentes eléctricos y mecánicos de la máquina estiradora de cuero.
- Seleccionar los materiales mecánicos, eléctricos y neumáticos necesarios para la construcción.
- Construir la estructura mecánica de la máquina estiradora de cuero según los datos obtenidos en la fase de diseño.
- Implementar un sistema de control mediante un PLC para constituir el proceso.
- Validar la hipótesis a través de pruebas experimentales y herramientas estadísticas.

Hipótesis

¿El diseño, construcción e implementación de un sistema de estiramiento de cuero semiautomático en el área de producción de calzado permitirá exponer las anomalías presentes en las láminas de cuero en la empresa FAME S.A.?

Variable independiente

Sistema semiautomático de estirado de cuero mediante un sistema mecatrónico.

Variable dependiente

Exposición de las anomalías presentes en las láminas de cuero.

Capítulo II

Fundamentación teórica

Cuero para calzado

En la producción de calzado en Ecuador, el cuero destaca como uno de los componentes más prevalentes. Los tipos de cuero que se utilizan para la fabricación de calzado son variados y dependen del tipo de calzado que se esté fabricando. Algunos de los tipos de cuero más comunes son el cuero vacuno, el cuero caprino y el cuero porcino (Pro Ecuador, 2023). En la empresa FAME S.A. existe una gran variedad de productos en calzado para militares que utilizan diferentes cueros de piel vacuna como su materia prima principal para la elaboración de este tipo de productos.

Cuero de origen bovino

El cuero derivado de la piel del ganado se destaca por su grosor y su capacidad de dividirse en varias capas. Se caracteriza por su durabilidad y resistencia excepcionales, sin ser propenso al desgaste prematuro. Un ejemplo sobresaliente en esta categoría es el cuero conocido como "boxeador", que combina una textura suave con cierta rigidez y presenta un distintivo patrón en su superficie flor. Este tipo de cuero es altamente preferido para la creación de calzado de alta gama. Además de su cualidad elegante, la piel vacuna también muestra una notable resistencia, lo que la hace idónea tanto para calzado deportivo como para uso cotidiano, como para hacer suelas (San Martín , 2017).

Figura 5

Cuero de Piel Vacuna



Nota. Fotografía. Tomado de (San Martín , 2017)

Este material de alta calidad y muy versátil que se utiliza para fabricar una amplia gama de productos, además se utiliza con frecuencia para diferentes propósitos, como bolsos, ropa, sombreros, cinturones, carteras y calzado. De igual manera se manipula en muebles, herramientas y equipos deportivos (Arte Y Cuero Artesanía, 2018).

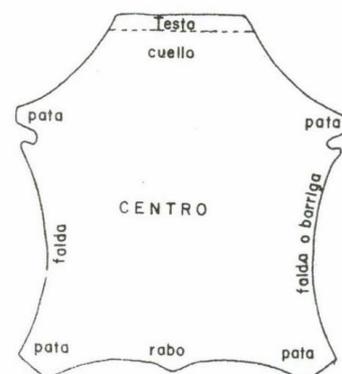
Este tipo de cuero es ideal para calzado porque es flexible, transpirable y suave. Otra característica del cuero de vaca también es extremadamente resistente, por lo que los zapatos hechos con este material pueden durar mucho tiempo. Varios tipos de cuero de vaca se utilizan en la producción de calzado, como es el cuero de vaquetilla siendo único y extremadamente resistente que se utiliza para fabricar calzado de alta calidad. Por otra parte, el cuero vacuno liso como su nombre indica tiene un acabado liso y uniforme además suele utilizarse para la confección de artículos de marroquinería (Curtidos Lazapiel, 2021).

Partes del cuero usadas para calzado

Para la industria del calzado las partes que se deben considerar para su elaboración son la zona del centro desde la falda o barriga de la piel y las patas ya que esta es flexible y su estire es mayor en aquellas partes. Por lo que en estas áreas nunca se debe cortar las palas o punteras debido a que su excesivo estire llega a deformarse y marcar la piel, lo que lo hará inservible para el tipo de calzado que se quiere diseñar (Paredes, 2010)

Figura 6

Partes del cuero utilizadas para calzado



Nota. Fotografía. Tomado de (Paredes, 2010)

Variedades de cuero según su acabado

Mediante la aplicación de tratamientos químicos particulares a la piel, es factible modificar su aspecto y lograr diversos tipos de acabados. El cuero cocido es el resultado de los procesos que siguen al curtido. En este procedimiento, se sumerge la piel en agua caliente, cera o grasa en ebullición, lo que resulta en un cuero altamente maleable.

Se restauran los aceites naturales del material para obtener cuero engrasado. Esta técnica incrementa la resistencia al agua y la flexibilidad del material, lo cual es aprovechado en la confección de una gama diversa de calzados. Según cómo se dividan las capas de la piel, se distinguen tres tipos de acabados. La piel vuelta, conocida también como seraje, es obtenida al separar la piel en múltiples capas y utilizar la capa interna en la fabricación de los zapatos (Curti Sur, 2023).

Otro acabado que existe en los zapatos es el nubuck hidrofugado trigo. Es como la gamuza, pero la piel no se separa durante el tratamiento. Se añaden múltiples capas de poliuretano sobre la piel con el propósito de confeccionar zapatos con acabado brillante, conocidos como charol. Esto da como resultado el brillo único de este material, otorgando un acabado resistente al agua y al mismo tiempo elegante (LEATHER-TOOLKITS, 2023).

Figura 7

Cuero vacuno Nubuck Hidrofugado Trigo



Nota. Fotografía. Tomado de (Curtiduría Tungurahua, 2023)

El cuero tipo coyote con un procedimiento hidrofugado muestra propiedades que repelen el agua, lo que lo transforma en la elección ideal para la confección de calzado profesional en ambientes laborales que presentan un exceso de humedad. Esta cualidad se le atribuye al proceso de curtido, donde se incorporan distintos productos químicos. Como aceites, que son impregnados en las fibras impidiendo la absorción de agua y la permeabilidad de líquidos durante un período de tiempo determinado (Curtiduría Tungurahua, 2023).

Figura 8

Cuero hidrofugado



Nota. Fotografía. Tomado de (Curtiduría Tungurahua, 2023)

En la empresa FAME el calzado que se comercializa para operaciones militares de tropa es el modelo de Bota Táctica Alfa M.2, este tipo de botas militares son el resultado de un diseño de Fabril FAME a lo largo de las últimas siete décadas. Los materiales que se utilizan para su fabricación incluyen: lona de nailon cordura denier, fibra de poliamida de norma militar resistente, planta de armado anti punzante y una plantilla con acabado de última generación ergonómica (Infodefensa, 2023).

Figura 9

Bota Táctica Alfa M.2.



Nota. Fotografía. Tomado de (Infodefensa, 2023)

Beneficios de los zapatos de cuero

Los zapatos confeccionados en piel son los preferidos por la gente, además son muy recomendados por su capacidad de brindar comodidad y protección al portador. Las características principales de la piel utilizada son la durabilidad y la flexibilidad. Estas cualidades se incorporan a los zapatos fabricados con este tipo de material, como resultado se obtiene un calzado de alta calidad y larga vida útil. Su elasticidad permite que se adapten a diversos tipos de pies, lo que ayuda a la comodidad y ergonomía. Además, esta propiedad los hace más robustos y se ajustan de una manera más óptima a nuestros movimientos al caminar, sin causar desperfectos en los pliegues naturales que se forman durante el proceso de caminar (Calimod, 2021).

Factores que influyen en la calidad del cuero para calzado

Existen varios factores pueden afectar la calidad del cuero para el calzado. La alimentación del animal, la edad de este, así como el clima en el que se cría y el proceso de curtido son algunos de los aspectos que pueden perjudicar en la calidad del cuero.

Los importadores han resaltados en varias ocasiones la importancia de la uniformidad en los productos que aún no han sido sometidos al curtido. Pues, es crucial que los artículos entregados sean consistentes con los pedidos realizados. Es decir, que los

envíos deben denotar una uniformidad en términos de calidad, acabado, color y grosor. Demostrando que provienen del mismo proceso y su empaquetado debe ser idéntico.

Este nivel de similitud en las piezas de cuero para la fabricación de calzado es especialmente significativo para los países en desarrollo que exportan productos de cuero semiacabados o completamente terminados. Debido a que esto implicaría la necesidad de crear un control de calidad en la fábrica para asegurarse que los siguientes envíos se ajusten a los términos estipulados en el contrato de compraventa con respecto a la calidad del producto (Xicota, 2020).

Conservación de cueros

Una vez que un animal es sacrificado, su piel exterior queda resguardada por bacterias, mientras que la piel interna se retira mecánicamente. Posteriormente a este proceso, las bacterias podrían penetrar en la parte interna de la piel (superficie interna) y sin un sistema vivo recubriéndolo, comenzará su proceso de putrefacción. Por lo tanto, se debe tomar acciones inmediatamente para mantener la piel y tratarla como cuero. Es por ello que se da inicio al proceso denominado conservación, cuyo propósito radica en resguardar la piel de la degradación, permitiendo su almacenamiento y un tratamiento posterior (Calzado La Horma, 2022).

Conservación a través del secado

La presencia de humedad en la piel favorece la proliferación de bacterias, por lo que, el proceso de deshidratación se emplea como un método de conservación de cuero. El objetivo es disminuir la humedad hasta niveles del 10 al 15 %, lo cual inhabilita el crecimiento bacteriano en la piel. Este rango en la humedad es óptimo para conservar la piel en condiciones favorables, incluso más efectivo que el método de conservación mediante sal. Este método es adecuado para pieles más delicadas, como las de cabra, cordero, reptiles o bovinos, siempre y cuando las condiciones climáticas sean favorables, como en los territorios de América Central, Asia o África (Calzado La Horma, 2022).

Figura 10

Conservación del cuero por medio de secado



Nota. Fotografía. Tomado de (Calzado La Horma, 2022).

Conservación mediante sal

Este procedimiento es ampliamente manejado en todo el mundo, principalmente en pieles vacunas. Al aplicar sal sobre la superficie de la piel, se interrumpe el proceso de putrefacción. Y para lograr esto la sal debe tener un grano grueso de entre 1 y 3 mm (Calzado La Horma, 2022).

Conservación mediante refrigeración

Se utiliza solo en casos de corto tiempo, puede ser por:

Enfriamiento

Las pieles se introducen en cuartos fríos a una temperatura de 2 a 3 °C durante un día completo. Después de haber transcurrido las 24 horas, la temperatura se disminuye a 1 °C, y esta condición se mantiene durante un periodo recomendado de 21 días.

Congelación

Las pieles se depositan durante 6 meses en piletas de 20 a 25 pieles a -10 °C. Después de descongelarlas, estas se deben sumergir en agua durante 1 día completo (Calzado La Horma, 2022).

Defectos de las láminas de cuero para calzado

Al momento de almacenar las láminas de cuero para la elaboración de calzado u otro producto, estas pueden tener varios desperfectos debido a diversos factores (Calzado La Forma, 2022), destacando los siguientes:

Por secado

Este tipo de desperfecto ocurre cuando las capas exteriores de la piel son secadas, mientras que la humedad persiste en su interior. Resultando en el inicio del proceso de descomposición o putrefacción, llevando a la separación entre la capa de piel seca y la contaminada, a lo que se lo conoce como "doble flor" o "dos cueros".

Fundición

La aplicación de altas temperaturas, es decir, superiores a los 40 °C, ocasiona la fusión de la grasa presente en la piel, la cual se funde junto con las fibras, causando como consecuencia un efecto similar al curtido en aceite.

Cuero enrojecido

La superficie exterior de la piel se ve bastante afectada debido al deterioro producido por la exposición excesiva al sol, lo que provoca algo que se conoce como "cuero quemado".

Dermestes

Los escarabajos de la piel, también llamados escarabajos derméstidos, componen una clase de insectos que se alimentan de cadáveres de animales, lo que puede conllevar marcas y desperfectos en el material (Calzado La Forma, 2022).

Control de calidad del cuero

El control de calidad del cuero garantiza la calidad y la durabilidad de los productos confeccionados con este material. A continuación, se efectúa una descripción general del proceso de control de calidad del cuero según (Latorre, 2012).

Inspección visual: Durante esta etapa, el cuero se examina visualmente para encontrar desperfectos como arrugas, cicatrices, marcas, manchas o variaciones de color. Se comprueba el aspecto general del cuero y la uniformidad de este en su superficie.

Prueba de resistencia y durabilidad: el cuero se somete a pruebas físicas para comprobar su resistencia. La determinación de la resistencia a la tracción, la resistencia al desgarrar, la resistencia al plegado y la resistencia a la abrasión pueden ser parte de estas pruebas. Los hallazgos de estas pruebas ayudan a determinar la calidad del cuero en cuestión y si este es apropiado para distintas aplicaciones.

Prueba de flexibilidad: Las pruebas que implican estirar, doblar y torsionar el cuero se usan para verificar la flexibilidad del material. Con esto se pretende establecer la capacidad del cuero para resistir la deformación y volver a su forma original.

Prueba de absorción de agua: una muestra de cuero se sumerge en agua durante un período de tiempo para evaluar la capacidad del cuero para absorber agua. Esta es una prueba bastante importante debido a que el cuero de alta calidad debe mostrar una capacidad de absorción de agua baja para evitar daños y deformaciones.

Prueba de resistencia al colorante: en esta prueba se aplican varios tintes y colorantes al cuero para evaluar su capacidad para retener el color de manera uniforme y como resiste la decoloración.

Prueba de resistencia a la luz: durante estos tipos de prueba el cuero se expone a la luz para determinar la resistencia que presenta frente al daño causado por los rayos ultravioletas. Determinando así la capacidad del cuero para mantener su color y apariencia a lo largo del tiempo.

Prueba de resistencia a productos químicos: Se exponen muestras de cuero a varios productos químicos, como solventes o agentes de limpieza, para evaluar su resistencia y reacción. Esto es crucial para garantizar que la exposición a sustancias químicas comunes no dañe o altere el cuero.

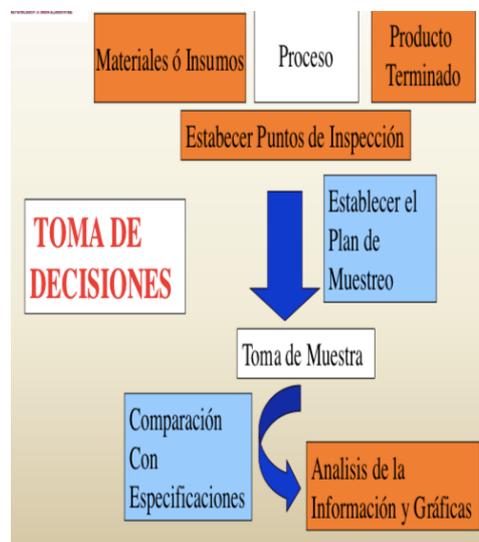
Sistemas de estiramiento de cuero para control de calidad

Un sistema de calidad es conocido como una distribución de trabajo de toda la organización, que incluye instrucciones técnicas y administrativas para coordinar las acciones del personal, el equipo y la información de la empresa. Estos sistemas garantizan la satisfacción del cliente con mejores métodos a través de la calidad y la rentabilidad en procesos de fabricación que puedan afectar el producto final. Para el caso de la industria del cuero, al manejar productos químicos y materias primas de otro origen y calidad, las variaciones se tornan más relativas. Por ende, existe la necesidad de un control de calidad para minimizar las variaciones y lograr el resultado deseado en el producto final.

Para la calidad de las pieles es necesario aplicar normas de ensayo y análisis para que estos estén dentro de los límites de calidad aceptables en el ámbito de la industria.

Figura 11

Sistema de control de calidad en el cuero



Nota. Fotografía. Tomado de (Fontalvo, 2019).

Pruebas para evaluar la calidad las pieles y cueros

Según (Fontalvo, 2019) en base a su investigación menciona que existen tres pruebas necesarias para evaluar la calidad de las pieles y cueros. De las cuales están divididas en:

Test subjetivos:

Estos son exámenes de naturaleza libremente redactada que se ejecutan mediante el contacto o la observación directa del cuero, con el propósito de lograr una evaluación rápida de su calidad. Los resultados obtenidos de estos tests no pueden expresarse en términos numéricos, dado que no existen dispositivos capaces de reemplazar el juicio humano en el aspecto táctil. En consecuencia, este paso requiere la intervención de un individuo con experiencia en este ámbito. Algunos de los tests subjetivos abarcan: la sensación táctil, la presencia de partes desprendidas en la superficie, la uniformidad, la cobertura, la resistencia al desgaste, la fragilidad del acabado, el brillo, la reacción al contacto con agua, la solidez ante la exposición a la luz y la uniformidad del material (NORMAS IUC IUF IUP , 2023).

Test físico-mecánico:

Son pruebas que se realizan por medio de equipos y personas entrenadas en el tratamiento para que no quepa duda de los resultados obtenidos, este tipo de test en cuero semi acabado demuestran la resistencia del mismo al agua, flexión, calor, luz y otros elementos expuestos del ambiente (Schorlemmer, 2022).

Análisis químicos:

Estos análisis en cueros tienen como objetivo mostrar la concentración de ácidos o bases fuertes en el proceso de curtido de la piel, este tipo de test de igual forma debe realizarse por personas que sepan del procedimiento para que los resultados sean precisos (Cotance, 2014).

Normas de calidad en la industria de los curtidos

Garantizar la calidad en la fabricación de pieles implica la utilización de enfoques de prueba apropiados para analizar las materias primas y productos químicos utilizados, verificar los procedimientos de producción, controlar las emisiones y aplicar los tratamientos necesarios. Establecer estándares de calidad en la cadena de producción de la industria del cuero destinada a la confección de calzado tiene el propósito de ofrecer orientación técnica a las empresas nacionales del sector, con el fin de asegurar que los productos generados satisfagan los criterios de calidad tanto en el mercado local como en el internacional (Asociación Química Española de la Industria del Cuero, 2013). Los propósitos de emplear estas normas de calidad en el tratamiento de cueros son:

- La satisfacción y requerimientos del cliente
- Cumplimiento de las pruebas físicas y sensoriales
- Superación de estándares
- Superación de expectativas
- Mejora de productos y servicios
- Crear y darle mejor valor al producto

Normas ISO

El comité ISO TC-120 es el encargado de la normalización en curtidos de pieles, en cuanto a la normativa que se debe llevar para realizar los ensayos para pieles y cueros. Las normas ISO son reglas internacionales sobre sistemas de calidad validadas mundialmente que permiten homogenizar las bases y técnicas de evaluación para la mejora de los procesos en cada producto. Estas normas aplican también para todo tipo de industria, producto o servicio que buscan mejorar y entregar un producto de calidad al público. Las normas ISO se dividen en tres componentes básicos, la administración, sistemas de calidad ISO 9000 y aseguramiento de la calidad (Latorre, 2012).

Máquina estiradora de cuero

Un dispositivo utilizado en la industria del cuero para estirar y alisar el cuero o la piel es una máquina estiradora de cuero, también conocida como máquina estiradora de piel. Antes de ser utilizado en la fabricación de productos, esta máquina se utiliza para corregir imperfecciones y mejorar la apariencia y la calidad del cuero. Tiene una superficie de trabajo plana y dos rodillos o cilindros que se pueden ajustar. Los rodillos tienen la capacidad de girar y ejercer presión sobre el cuero para estirarlo y eliminar pliegues, arrugas o deformaciones (G.B.L., 2023).

Figura 12

Estiradora de cuero



Nota. Fotografía. Tomado de (G.B.L., 2023).

La máquina estiradora de cuero es muy útil para preparar el cuero para usar en calzado, bolsos, ropa y otros productos de cuero. Permite obtener un cuero uniforme y de alta calidad, listo para cortar y usar en la producción de artículos de cuero. Es importante destacar que las máquinas estiradoras de cuero pueden variar en tamaño, diseño y características según el fabricante y las necesidades de la industria del cuero. Algunas máquinas pueden tener funciones adicionales, como ajustes de temperatura o funciones de vapor, para trabajar con diferentes tipos de cuero y obtener los mejores resultados.

Sistema electroneumático y de control

Control Lógico Programable (PLC)

Controlador programable utilizado en la industria para automatizar procesos electromecánicos, tales como maquinaria en líneas de montaje mecánicas. En este instrumento se guarda instrucciones sobre implementación de funciones de un equipo, secuencias de acciones, contadores y cálculos para el control de procesos. El PLC es diseñado con múltiples señales de entrada y salida, toda la información se almacena en baterías o memorias no volátiles. (Millor, 2011). Para el control del sistema el PCL, monitorea los movimientos del equipo el cual permite detectar cualquier falla.

Logo Soft Comfort V8.3

Es un módulo lógico inteligente usado para proyectos de automatización con una configuración y operación simple e intuitiva a pequeña escala. Logo Soft Comfort posee una pantalla grande con opciones de comunicación, que sirven para la creación de programas y simulación de proyectos, que son llevadas a cabo a través de un servidor web integrado llamado Ethernet, que posee salidas adicionales en módulos digitales y analógicos (Interempresas, 2023).

Figura 13

Logo Soft Comfort V8.3



Nota. Fotografía. Tomado de (Interempresas, 2023)

Programación de PLC Ladder (KOP)

El lenguaje KOP es el más utilizado para la programación de PLC, por ser un lenguaje gráfico y visual que tiene similitud a un diagrama eléctrico que posee contactos y bobinas presentados tanto en líneas horizontales como verticales que se interconectan en forma de escalera lo que hace fácil la lectura y comprensión de la programación, ayudando así a simplificar el proceso de mantenimiento y resolución de problemas (Gutiérrez, 2022)

Cilindros neumáticos Festo de doble efecto

Los cilindros Festo son actuadores neumáticos que sirven para ejecutar movimientos lineales con conexiones de aire comprimido mediante un compresor. Estas líneas de aire comprimido se controlan y pueden provocar la extensión y retracción del vástago del cilindro actuador suministrando este aire comprimido por una u otra conexión (FESTO, 2023).

Figura 14

Cilindros neumáticos Festo de doble efecto



Nota. Fotografía. Tomado de (FESTO, 2023)

Unidad de Mantenimiento

La función de la unidad de mantenimiento consiste en controlar la calidad del aire que será suministrado a las máquinas que emplean dispositivos neumáticos de una industria. Entre las funciones principales de la unidad de mantenimiento, se encuentran las válvulas de cierre que evitan que las máquinas reciban aire y puedan despresurizarse del sistema, los filtros evitan que ingrese la suciedad a la red neumática y por lo tanto también las máquinas, las válvulas de arranque evitan movimientos bruscos en la alimentación de la

máquina y los reguladores de presión van a variar la presión mediante una señal eléctrica (Hernández, 2022).

Figura 15

Unidad de Mantenimiento



Nota. Fotografía. Tomado de (Hernández, 2022)

Compresor

Es una máquina que eleva la presión del fluido compresible, en este caso aire u otro tipo de gases. Su función se basa en los cambios de energía entre una máquina y el fluido que ejerce el compresor para ser trasladado al fluido agrandando su presión y energía cinética impulsándolo a que fluya (Compañía de seguros, 2023).

Figura 16

Compresor



Nota. Fotografía. Tomado de (Compañía de seguros, 2023)

Válvulas de Estrangulamiento

Estas válvulas se caracterizan por su habilidad para regular el flujo de gases, agua y vapor en una cantidad predeterminada dentro de los procedimientos industriales. Al emplear este mecanismo de estrangulación, se busca que el fluido se expanda en una zona con mayor presión, incrementando su energía y presión, pero dicha energía se disipa al descomprimirse en una zona de menor presión. Estas válvulas pueden ser operadas de manera manual o activarse automáticamente (XINTAI GROUP, 2022).

Figura 17

Válvulas de Estrangulamiento



Nota. Fotografía. Tomado de (XINTAI GROUP, 2022)

Electroválvulas 5 vías 2 posiciones con activación por solenoide y retorno por muelle

Es un dispositivo que controla y regula el paso de un fluido por un conducto o tubería, su principal función es la distribución de aire comprimido o detención del paso de gases. Estas válvulas cuentan con cinco vías y dos posiciones (INTOR, 2022).

Figura 18

Electroválvulas 5 vías 2 posiciones con activación por solenoide y retorno por muelle



Nota. Fotografía. Tomado de (INTOR, 2022)

Válvula reguladora de presión

Es un componente de sistema a inyección, el cual consiste en sostener de forma constante la presión del carburante dentro del rail del inyector. Su función principal es asegurar el control independiente de carga proporcionando un movimiento suave a los cilindros hidráulicos, cuya presión mínima comprueba la fluctuación dentro del cuerpo hidrodinámico mejorando así el sistema de control (Bermand, 2017).

Figura 19

Válvula reguladora de presión



Nota. Fotografía. Tomado de (Bermand, 2017)

Breaker

El interruptor o diferencial permite la interrupción automática de un circuito en condiciones de falla eléctrica ocurridos comúnmente en las máquinas, estas sobrecargas provocan que el disyuntor limite el valor de la corriente real dentro de un circuito. Este tipo de dispositivos son considerados muy importantes en todo tipo de instalación local o industrial, el taco se encarga de proteger la baja de corriente en los electrodomésticos el cual permita evitar un sistema defectuoso de fallo continuo (Telesquemario, 2019).

Figura 20

Breaker industrial



Nota. Fotografía. Tomado de (Telesquemario, 2019)

Luces Piloto Verde, Azul y Roja

Son aparatos de capacidad piloto, pulsadores, selectores, incluidos los circuitos de poder de las máquinas y herramientas que admiten su custodia mediante accionamiento manual. Los elementos que están en arranque deben concebirse de tal forma que impidan el deterioro o peligro de una maniobra involuntaria (Gonzaga y Rodríguez, 2023).

La luz verde se indica encendido.

La luz azul indica detección de fallas, transferencia de archivos.

La luz roja indica desactivación, apagado.

Figura 21

Luces Piloto Verde, Azul y Roja



Nota. Fotografía. Tomado de (Gonzaga y Rodríguez, 2023)

Selectores de dos posiciones

Es un interruptor eléctrico nombrado conmutador estable entre las diferentes posiciones de instalaciones eléctricas, que permiten encender una bombilla mediante el metal inoxidable y el actuante como tal o selector de tres fases (Telesquemario, 2019).

Figura 22

Selectores de dos posiciones



Nota. Fotografía. Tomada de (Telesquemario, 2019)

Pulsador industrial NC

Un pulsador industrial es un terminal eléctrico que transmite la presión del operador a la máquina. Ayude a los operadores a tomar decisiones más precisas y conservar el control del sistema. La función del botón es poner en marcha y parar la máquina. Por lo que

sirve para controlar el trabajo de una máquina o algún otro tipo de proceso (Electronic Board, 2022)

Figura 23

Pulsador industrial NC



Nota. Fotografía. Tomado de (Electronic Board, 2022)

Pulsador paro de emergencia tipo hongo

El pulsador de paro de emergencia de tipo hongo es comúnmente utilizado debido a que si se llega a pulsar se cancelará el funcionamiento y mantendrá el trabajo de la máquina bloqueado y solo puede volver a operarse desbloqueando manualmente. Toda maquinaria que pueda llegar a generar un riesgo mecánico en condiciones normales de trabajo debe estar equipada con un dispositivo de parada de emergencia (Electronic Board, 2022).

Figura 24

Pulsador paro de emergencia tipo hongo



Nota. Fotografía. Tomado de (Electronic Board, 2022)

Sistema eléctrico

El sistema eléctrico es un conjunto de instalaciones, equipos y conexiones para la generación y distribución de energía eléctrica. A nivel industrial las máquinas funcionan por diferentes dispositivos que resultan de un sistema de control eléctrico (Ferrovial, 2023). Los sistemas eléctricos están compuestos de elementos constitutivos como:

Generadores

Estos elementos son responsables de suministrar la energía al sistema.

Conductores

Estos componentes se encargan de permitir el flujo de corriente eléctrica a través de materiales que ofrecen una baja resistencia a la circulación de corriente eléctrica.

Receptores

Los receptores ocupan la tarea de emplear el flujo de corriente para generar efectos y transformar la corriente eléctrica en otro tipo de energía.

Elementos de maniobra

Estos dispositivos tienen la función de abrir o cerrar el circuito o lazos del circuito eléctrico cuando sea necesario.

Protectores

Estos elementos cumplen la función de resguardar el sistema eléctrico de sobrecargas de tensión y otros posibles daños.

Tipos de Control

Manual

El control manual es el más accesible y habitual y generalmente es usado para el arranque de motores. El arranque manual proporciona protección contra el peso y desenganche de la tensión mínima del equipo (Domínguez, 2011).

Semiautomático

En este sistema de control, se emplea uno o varios dispositivos piloto manuales, como pulsadores, interruptores o dispositivos análogos. Los métodos de control más comunes incluyen combinaciones de pulsadores con lógica cableada (Domínguez, 2011).

Control Automático

Este sistema de control consta de un arrancador electromagnético que es gestionado por uno o varios dispositivos piloto automáticos. En ciertos casos, este control puede incluir combinaciones de dispositivos tanto automáticos como manuales (Domínguez, 2011).

En base a las definiciones anteriormente descritas el presente proyecto se aplicará el control semiautomático, debido a que la empresa no cuenta con el presupuesto para invertir en una máquina automática para un solo proceso de control de calidad, aunque se debe tener en cuenta que el control semiautomático cumple con los requerimientos para examinar la calidad de cuero.

Tablero de Componentes eléctricos

El tablero de componentes son un conjunto de dispositivos y mecanismos de control de una instalación eléctrica. Se ubica en forma de gabinetes a un costado de la máquina Macchina Peril Controllo del Pellame, donde se encuentran instrumentos para la conexión, cuidado, maniobra, protección, medida y distribución, permitiendo que funcione correctamente para el control de calidad del cuero (Meccanica Alen, 2023).

Figura 25

Macchina Peril Controllo del Pellame



Nota. Fotografía. Tomado de (Meccanica Alen, 2023)

Tablero principal

El tablero principal debe estar cerca de la alimentación conforme las condiciones de seguridad adecuadas para la máquina. El tablero debe cumplir con dimensiones específicas e identificación de componentes para fácil visualización (Quinteros, 2020).

Tablero secundario

Estos tableros se deben ubicar en lugares de fácil localización cerca del punto de carga con la finalidad de reducir los niveles de caída de tensión en los circuitos (Quinteros, 2020).

Tableros de comando control

Estos tableros deben estar ubicados cerca de componentes con fácil acceso para su manipulación, en este tipo de tablero también se encuentran elementos de protección y elementos de maniobra (Quinteros, 2020).

Elementos de maniobra de control

Estos elementos tienen por finalidad la transmisión de señales eléctricas desde los diversos puntos de mando con diferentes drivers y tiempos de funcionamiento hasta el procesamiento de señales. Los elementos de apertura, cierre y alternancia se distinguen por su función. La activación de estos elementos puede ser manual, mecánica o por control

remoto. Otra diferencia es que el botón está en la posición de contacto cuando se activa, lo que dura tanto como el tiempo de activación. Cuando se suelta, vuelve a su posición de reposo. (Quinteros, 2020). Los conectores de maniobra más utilizados son:

Conmutadores de dos posiciones

Un conmutador de dos posiciones es un tipo de instalación que controla el encendido y pagado en uno o varios puntos de luz desde dos lugares diferentes. Su utilización cubre todas las áreas donde se requiere control electrónico del conmutador de este tipo (AreaTecnología, 2023).

Figura 26

Conmutador de 2 posiciones



Nota. Fotografía. Tomado de (AreaTecnología, 2023)

Finales de carrera de contacto

Son dispositivos eléctricos o mecánicos ubicados al final del recorrido de un elemento móvil, que envía señales que modifican a los circuitos. En su interior pueden contener interruptores normalmente abiertos, cerrados o conmutadores que dependen de la operación al ser accionados (Suarez, 2015).

Figura 27

Final de carrera de contacto



Nota. Fotografía. Tomado de (Suarez, 2015)

Solenoides

Un solenoide es una bobina con forma cilíndrica que está elaborada con un hilo de un material conductor por el que pasa la corriente eléctrica. Este tipo de dispositivos se programan por horarios ya que dentro de su uso están los sistemas para regulación hidráulica y neumática. Frecuentemente se usa para permitir la detección de corrientes de alto voltaje en los arranques de equipos (Guano, 2023).

Figura 28

Solenoides



Nota. Fotografía. Tomado de (Guano, 2023)

Capítulo III

Diseño y construcción

Diseño del sistema

En el presente capítulo se diseñará el sistema mecánico, eléctrico y de control para la máquina estiradora de cuera, iniciando con las necesidades de la empresa FAME SA., y poder mostrar eso en la matriz QFD, que según UNIT (2009), la QFD es una técnica de diseño de nuevos productos que utiliza el diagrama matricial. Se le conoce también como "hacer escuchar la voz del cliente en la organización", en base a estas necesidades y otras máquinas existentes en el mercado se diseñará el sistema mecánico aplicando conocimientos de diseño de elementos de máquinas, continuando con la selección tanto de elementos mecánicos eléctricos y control, finalmente culminando este capítulo con la construcción.

Necesidades del cliente

Se llevó a cabo una reunión con el gerente de la empresa, con el fin de conocer más a fondo el proceso utilizado para el control de calidad que se realiza en el cuero y determinar los parámetros necesarios para implementar la máquina estiradora de cuero. La reunión se llevó a cabo para obtener la información necesaria para que el proyecto se lleve a cabo de manera adecuada y cumpla con las normas técnicas. La Tabla 1 muestra las demandas de la empresa.

Tabla 1

Requerimientos del cliente

Núm.	Necesidad	Imp.
1	Facilidad de uso	4
2	Tamaño reducido	4
3	Operatividad con interrupciones mínimas o nulas.	5
4	Mantenimiento económico	4
5	Fácil mantenimiento	3
6	Modelo viablemente replicable	4
7	Consumo energético reducido	3

Núm.	Necesidad	Imp.
8	Funcionalidad programada	3
9	Estiramiento del cuero para evidenciar anomalías.	5
10	Cuidado integral del operario	5
11	Paro de emergencia en accidentes	4
12	Cuidado de la calidad del cuero en la manipulación	4
13	Económica fabricación	3
14	Diseño multifuncional para los tamaños de láminas de cuero más comunes en el mercado	4
15	Adaptación para un sistema de visión artificial	5
16	Base cilíndrica para estirar liso sin relieves que deterioren el cuero	3
17	Cumplimiento de normas de calidad ISO	5

Nota. La Tabla 1 describe las necesidades y la importancia a considerar en el diseño de la máquina estiradora de cuero, estos puntos se cuantifican en una escala de 1 a 5 siendo el 1 el de menos importancia y el 5 la máxima.

Especificaciones técnicas del sistema

La Tabla 2 muestra las demandas del cliente y las especificaciones técnicas para el diseño y construcción de la máquina estiradora de cuero.

Tabla 2

Especificaciones técnicas de la máquina estiradora del cuero

Núm.	Especificaciones técnicas
1	Diseño mecánico apropiado
2	Mantenimiento eficaz y sencillo
3	Componentes eléctricos, neumáticos y mecánicos de fácil disponibilidad en el mercado
4	Optimización del diseño CAD, eléctrico y neumático.
5	Cumplimiento de la jornada laboral
6	Bajo costo de replica
7	Cumplimiento de normativa de calidad y seguridad

Núm.	Especificaciones técnicas
8	Optimización en la distribución y colocación de componentes.
9	Distribución y consumo eléctrico eficiente
10	Manual de usuario

Nota. Las especificaciones técnicas son las sugerencias de la empresa mostradas en la Tabla 2 interpretadas a una forma más técnica.

Desarrollo de la casa de calidad o QFD

A continuación, se realiza un estudio de las necesidades y especificaciones técnicas de la empresa, utilizando el sistema gráfico de matriz QFD.

El despliegue de la función de calidad es un enfoque metodológico para idear, configurar y elaborar un producto o servicio en base a las exigencias y necesidades del cliente. Todas las áreas de la empresa están involucradas en ellas.

La construcción de una casa de alta calidad involucra seis pasos esenciales::

- Identificar las necesidades del cliente.
- Identificar las necesidades técnicas.
- Establecer una conexión entre las necesidades del cliente y las necesidades técnicas.
- Realizar una evaluación de productos competidores.
- Evaluar las necesidades técnicas y establecer objetivos.
- Determinar qué requisitos técnicos serán implementados en las fases restantes del proceso de producción (Carro Paz & Gonzáles Gómez, n.d.)

“El despliegue de la función de calidad es una metodología de diseño para productos y servicios que captura las demandas y expectativas de los clientes y luego las convierte en características técnicas y operativas satisfactorias a través de un proceso secuencial” (Yacuzzi & Martín, n.d.).

Tabla 3*Simbología especificaciones*

Relación	Símbolo	Valor
Fuerte	●	9
Media	○	3
Débil	△	1

En la Tabla 4 se muestra su simbología y significado, Villarroel Duque (2015) menciona que existen cuatro niveles de impacto de una acción sobre otra.

Tabla 4*Relación entre cómo y cómo*

Símbolo	Significado
++	Fuertemente positiva
+	Positiva
-	Negativa
--	Fuertemente Negativa

Figura 29

Matriz QFD

Núm.	Necesidades	Núm. Imp.	Métricas																		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10									
1	Facilidad de uso	4		o						Δ											
2	Tamaño reducido	4	•																		
3	Operatividad con interrupciones mínimas o nulas.	5			o			•	Δ												
4	Mantenimiento económico	4		•		o															
5	Fácil mantenimiento	3		•	o																
6	Modelo viablemente replicable	4			•					•											
7	Bajo consumo energético	3					o														•
8	Funcionalidad programada	3	Δ																		
9	Estiramiento del cuero para evidenciar anomalías.	5	•	o				•													
10	Cuidado integral del operario	5	Δ						o					•							
11	Paro de emergencia en accidentes	4												•							•
12	Cuidado de la calidad del cuero en la manipulación	4	Δ											•							o
13	Económica fabricación	3					o			•											
14	Diseño multifuncional para los tamaños de láminas de cuero más comunes en el mercado	4	Δ		•																
15	Adaptación para un sistema de visión artificial	5	•				•														o
16	Base cilíndrica para estirar liso sin relieves que deterioren el cuero	3	Δ											•							Δ
17	Cumplimiento de normas de calidad ISO	5						o						•							o
Ponderación Absoluta			145	90	96	120	75	68	189	93	46	81	1003								
Ponderación Relativa			14.46	8.97	9.57	11.96	7.47	6.78	18.84	9.27	4.58	8.07	100								
Importancia Relativa			2	6	4	3	8	9	1	5	10	7									

Nota. La matriz QFD muestra las correlaciones entre las necesidades del cliente con los subsistemas para el desarrollo del proyecto.

Análisis de la matriz QFD

Los resultados de la matriz QFD de la Figura 29 para un diseño que satisfaga satisfactoriamente los requerimientos de la empresa son los siguientes después de clasificar las necesidades principales del cliente según su peso relativo:

- Cumplimiento de normativa de calidad y seguridad
- Estructura mecánica adecuada
- Optimización del diseño CAD, eléctrico y neumático.
- Componentes eléctricos, neumáticos y mecánicos de fácil disponibilidad en el mercado

- Optimización en la distribución y colocación de componentes.
- Mantenimiento sencillo y eficaz

Diseño de la estructura de la máquina

Para empezar con el diseño se debe determinar los parámetros para su manufactura. Se debe tener en cuenta los datos del cuero que utiliza la empresa que se adjunta en el Anexo 1, como se puede observar se tiene características importantes que se detallan a continuación:

Resistencia a la tracción de cuero = 15 MPa

Resistencia la desgarró = 50 N

Fluencia del acero ASTM A36= 250 MPa (DIPAC, 2020, pág. 14)

Presión del compresor = 120 psi

Espesor de la banda de cuero = 1.7 mm

Longitud del cuero = 2000 mm

Ancho del cuero = 1200 mm

Peso de la máquina artificial = 36 kg

Recorrido de la máquina artificial Largo = $260 \text{ mm} * 2 + \text{longitud del tambor}$

Recorrido de la máquina artificial Ancho = $80 \text{ mm} * 2 + \text{ancho del tambor}$

Con los parámetros ya establecidos se empieza con el diseño del tambor que es la parte principal de este proyecto.

Diseño del tambor

La longitud y ancho del tambor se determina en base a máquinas similares que se encuentran en el mercado, como modelo a seguir se toma la máquina estiradora de cuero AL16 de ALEN, la cual en el Anexo 2 menciona tanto las dimensiones de largo, ancho,

tiempo de operación u otros más datos útiles para el desarrollo del proyecto, se puede observar los datos técnicos detallados a continuación:

Longitud del tambor similar = 700 mm

Ancho del tambor similar = 1300 mm

Con estos datos se puede calcular la longitud del arco y la longitud de cuerda del tambor, como se detalla en el libro de geometría descriptiva de (Wellman, 2021).

Donde:

$r = \text{Radio} = 500 \text{ mm}$

$\theta = \text{Ángulo} = 110^\circ$

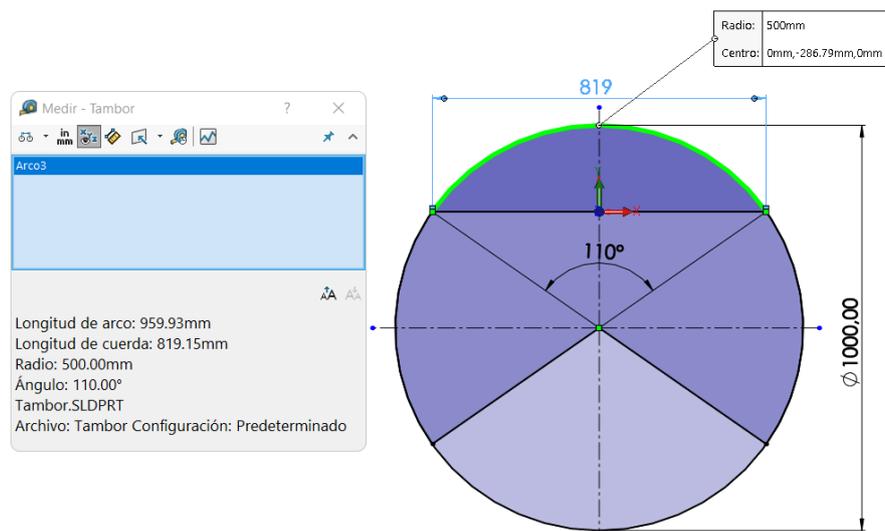
$$L_{\text{ARCO}} = r * \theta \quad (3.1)$$

$$L_{\text{ARCO}} = 500 \text{ mm} * \pi * \frac{110 \text{ radianes}}{180}$$

$$L_{\text{ARCO}} = 959,93 \text{ mm} \approx 960 \text{ m}$$

$$L_{\text{CUERDA}} = 2 * r * \text{Sen} \frac{\alpha}{2} \quad (3.2)$$

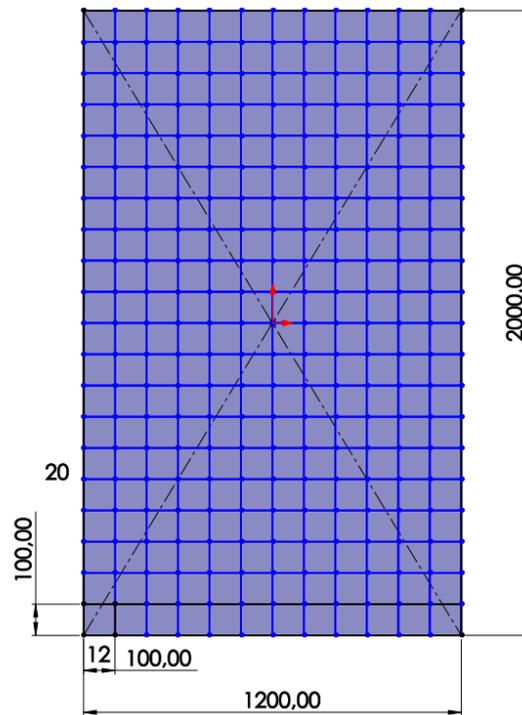
$$L_{\text{CUERDA}} = 2 * 500 \text{ mm} * \text{Sen} \frac{110}{2} = 819,15 \text{ mm} \approx 819 \text{ mm}$$

Figura 30*Diseño geométrico del tambor***Barras Laterales**

La selección de barras laterales se hará en base a la longitud del tambor previamente definida más un 15% del total para sujetar los cilindros.

Largo de la barra = $1820 \text{ mm} - 7.5\% \times (1820 \text{ mm}) = 1820 \text{ mm} - 136.5 \text{ mm} = 1683.5 \approx 1685 \text{ mm}$.

De igual manera se determina la carga que van a soportar las barras, como media se toma un retaso de cuero de 14g con una superficie de 10x10cm, la Figura 31 muestra la división total para cada cuadro de cuero siendo en total 240.

Figura 31*Diseño geométrico del cuerpo*

$$m_{total} = cuadros * masa_{individual} \quad (3.3)$$

$$m_{total} = 240 * 14 \text{ gr} = 3360 \text{ gramos} = 3.360 \text{ kg}$$

Como resultado se tiene 3.36 kg como masa total multiplicando por la gravedad tenemos una fuerza de 33 N aproximadamente, pero se requiere una carga distribuida por lo cual:

$$\frac{F}{d} = \frac{33 \text{ N}}{1765 \text{ mm}} = 0.019 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Con estos datos se puede determinar los diagramas de fuerzas y momentos primero se debe realizar el diagrama de cuerpo libre como se indica en la Figura 32

Diagrama de Cuerpo Libre de la barra para realizar los diagramas como se muestra en la Figura 33, este proceso se repetirá para realizar los diagramas de fuerzas en todo el documento.

Figura 32

Diagrama de Cuerpo Libre de la barra

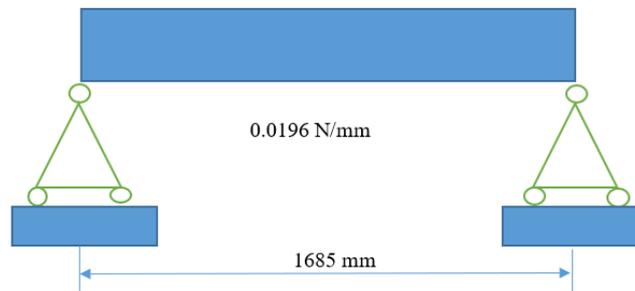
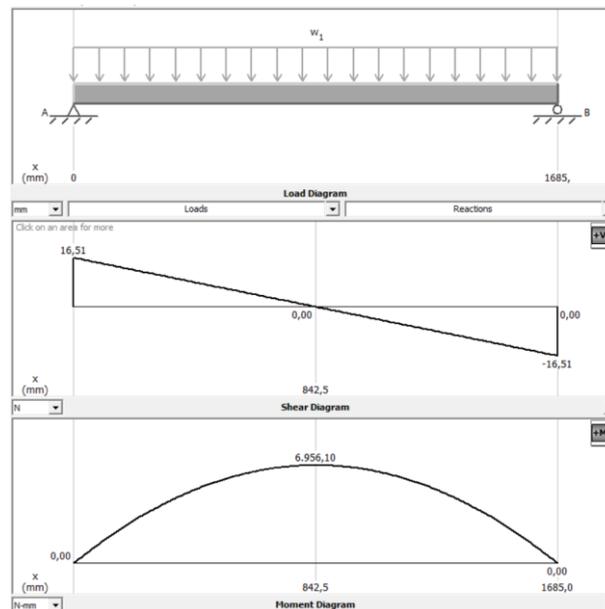
**Figura 33**

Diagrama de fuerzas y momentos de las barras laterales



Nota: Datos obtenidos por software de análisis estructural

Con el valor del momento máximo se procede a calcular el módulo de sección como se detalla en el libro de (Johnston & Beer, 2010) que utiliza la siguiente fórmula para vigas que no son prismáticas, se debe tomar el momento máximo de la Figura 33.

$$S_x = \frac{M_{\text{Máximo}}}{F_y} \quad (3.4)$$

$$Sx = \frac{6956.10 \text{ Nmm}}{250 \text{ MPa}}$$

$$Sx = \frac{6956.10 \text{ Nmm}}{250 \text{ MPa} * \frac{1 \text{ N/mm}^2}{1 \text{ MPa}}}$$

$$Sx = 27,8 \approx 28 \text{ mm}^3 = 0,03 \text{ cm}^3$$

Previamente se escogió un perfil tipo G, DIPAC en su catálogo ofrece varios perfiles en G pero ninguno cumple con el módulo de sección calculado pues es muy bajo, por ende se selecciona el más cercano como se muestra en la Figura 34.

Figura 34

Perfiles en G

Designación	Dimensiones				Masa	A	d1	Momento de inercia		Módulo resistente		Radio de giro	
	h	b	c	e				Ix	Iy	Wx	Wy	ix	iy
	mm	mm	mm	mm				cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm
G 60x30x10x2	60	30	10	2	1,96	2,54	1,44	14,88	5,28	4,9	2,74	2,42	1,44

Nota. Catálogo de correas en G. Obtenido de (DIPAC, 2022)

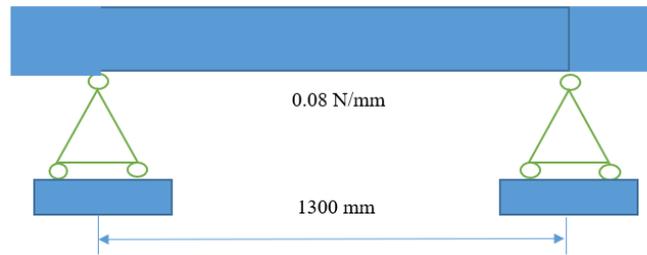
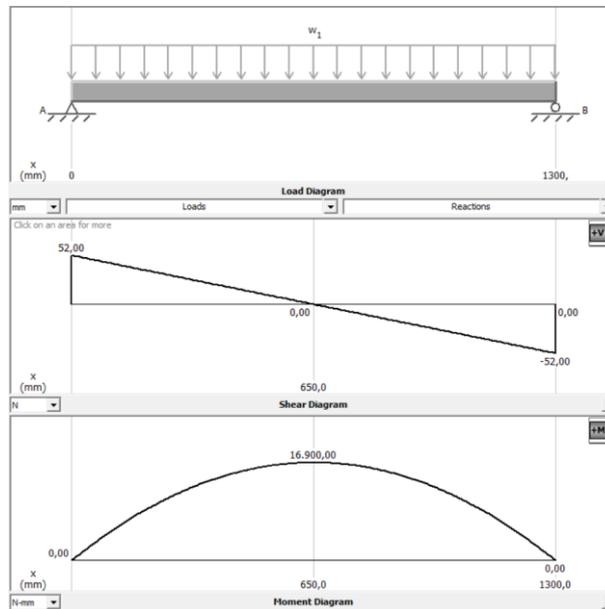
Espesor del tambor

Teniendo las medidas del tambor se procede a calcular y seleccionar el espesor del tambor, para ello se define la carga que va a soportar el tambor que es la masa del cuero por la gravedad dando un total de 33N, además el peso de los 2 perfiles que es de 64.8 N, dando una carga total de 97.8N.

De igual manera se requiere calcular la carga distribuida que se va a aplicar.

$$\frac{F}{d} = \frac{97,8 \text{ N}}{1300 \text{ mm}} = 0,08 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Con estos datos se procede a realizar los diagramas de fuerzas y momentos, de igual manera como se lo hizo para las barras laterales.

Figura 35*Diagrama de Cuerpo Libre***Figura 36***Diagrama de fuerzas y momentos*

Nota. Datos proporcionados por software de análisis estructural

Con el momento máximo ya calculado se procede a encontrar el módulo de sección.

$$S_x = \frac{M_{\text{Máximo}}}{F_y}$$

$$S_x = \frac{16900 \text{ Nmm}}{250 \text{ MPa}}$$

$$S_x = \frac{16900 \text{ Nmm}}{250 \text{ MPa} * \frac{1 \text{ N/mm}^2}{1 \text{ MPa}}}$$

$$S_x = 67.6 = 68 \text{ mm}^3$$

El siguiente paso es definir el espesor, donde:

S_M = Módulo de sección del material

S_x = Módulo de sección determinado

I = Inercia del material

C = Centroide del material

b = Longitud del arco del tambor = 960 mm

h = Espesor del tambor

Para determinar el módulo de sección se basa en la fórmula que proporciona el libro de mecánica de materiales de (Johnston & Beer, 2010).

$$S_M = \frac{I}{C} \quad (3.5)$$

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad (3.6)$$

$$C = \frac{h}{2} \quad (3.7)$$

$$S_x = \frac{\frac{bh^3}{12}}{\frac{h}{2}} = \frac{bh^2}{6} \quad (3.8)$$

$$h = \sqrt{\frac{S_x * 6}{b}} \quad (3.9)$$

$$h = \sqrt{\frac{68 \text{ mm}^3 * 6}{960 \text{ mm}}}$$

$$h = 0.652 \text{ mm}$$

Mott (2006), especifica que los factores de diseño en función de sus actividades, para este proyecto determina un factor de 2 a 4 al ser un diseño de estructuras estáticas o componentes de máquinas sometidos a cargas cambiantes con diversas cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente, teniendo el valor del FDS se determina el espesor del tambor.

$$h_{Total} = h * FDS \quad (3.10)$$

$$h_{Total} = 0.652 \text{ mm} * 4 = 2,61 \text{ mm} \approx 3 \text{ mm}$$

Finalmente, las dimensiones del tambor serían:

Largo del tambor = 1300 mm

Ancho del tambor = 819 mm

Espesor del tambor = 3 mm

Altura del arco del tambor = 213 mm

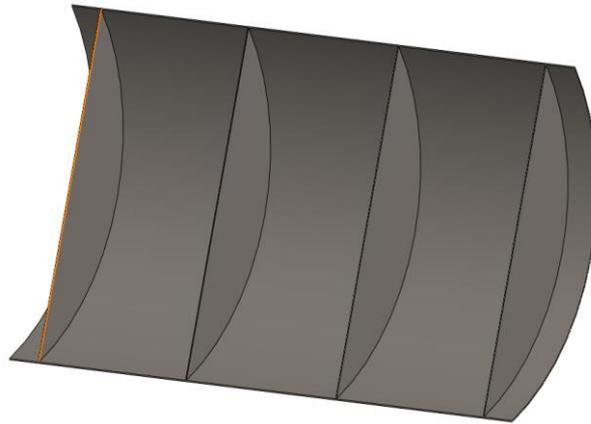
Longitud del arco de la plancha del tambor = 960 mm

Cilindros neumáticos del tambor

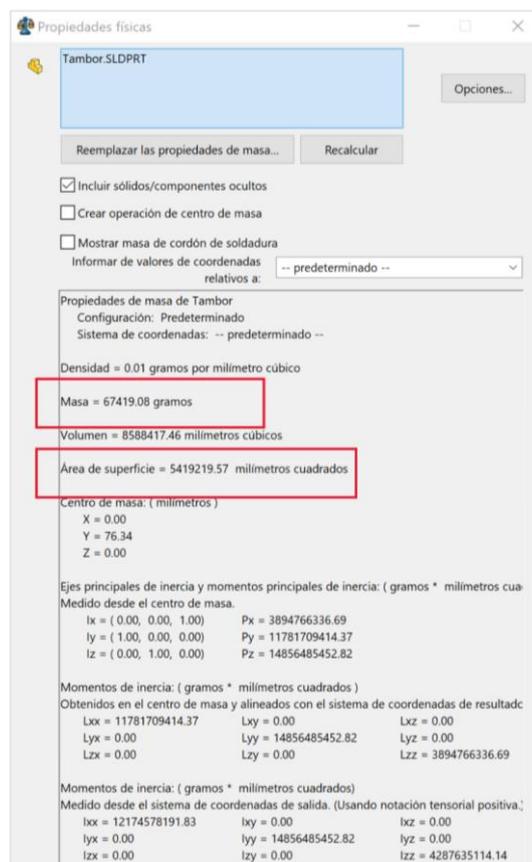
Se debe tener en cuenta varios parámetros que van a estar sobre los cilindros, como son las fuerzas que ejercen el cuero y el tambor.

Figura 37

Tambor

**Figura 38**

Características mecánicas del tambor diseñado



La Figura 38 muestra la masa del tambor que se diseñó y se va a implementar por lo con esto se calcula la fuerza que va a aplicar a los cilindros:

m_{Tambor} = Masa del tambor = 67419.08 gramos = 67.419 kg

g = Gravedad = 9.81 m/s²

Por la que la fuerza a aplicar sería:

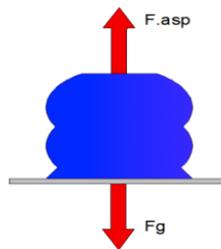
$$F = m * g \quad (3.11)$$

$$F = 67.42 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 661.155 \text{ kg} * \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 661.16 \text{ N}$$

La Figura 39 muestra el equilibrio de fuerzas y ventosa, como se puede observar la fuerza de absorción se dirige hacia arriba, mientras que la fuerza de gravedad va en dirección contraria.

Figura 39

Diagrama de fuerzas verticales



Para calcular la fuerza de aspiración se tuvo en cuenta las fórmulas proporcionadas por (SCHMALZ, 2023), el cual determina lo siguiente.

F_{aspT} = Fuerza de aspiración teórica (N)

F_g = Fuerza gravitatoria

m_{Tambor} = Masa del tambor = 67.419 kg

m_{Cuero} = Masa del cuero = 3.36 kg

m_{Elevar} = Masa a elevar

g = Gravedad = 9.81 m/s^2

a = Aceleración

s = Factor de seguridad

Con los parámetros establecidos se calcula en base a las fórmulas proporcionadas por la empresa (SCHMALZ, 2023), que se especializa en componentes neumáticos.

$$F_{aspT} = F_g$$

$$F_g = m_{Eleva} * g \quad (3.12)$$

$$m_{Eleva} = m_{Tambor} + m_{Cuero} \quad (3.13)$$

$$m_{Eleva} = 67.419 \text{ kg} + 3.36 \text{ kg}$$

$$m_{Eleva} = 70.779 \text{ kg}$$

$$F_g = 70.779 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 694.106 \text{ N}$$

$$F_{asp} = m * (g + a) * S \quad (3.14)$$

$$a = \frac{F_{asp}}{m * S} - g$$

$$a = \frac{694.106 \text{ N}}{70.779 \text{ kg} * 4} - 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$a = -7.355 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Como se observa la fuerza de la dirección de la gravedad es hacia abajo por ende la aceleración sería:

$$a = 7.355 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Por lo que la fuerza de aspiración F_{asp} es:

F_{asp} = Fuerza de aspiración (N)

m_{Eleva} = Masa a elevar = 70.779 kg

g = Gravedad = 9.81 m/s²

a = Aceleración = $-7.357 \frac{m}{s^2}$

s = Factor de seguridad = 4

μ = Coeficiente de fricción = 0,20

Figura 40

Coeficiente de fricción del hierro fundido

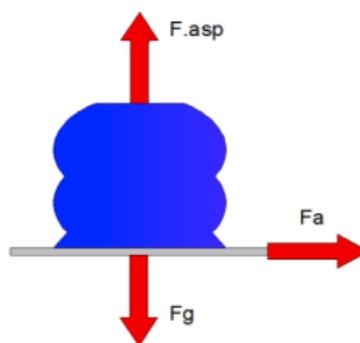
Material	Coeficiente de fricción		Temperatura máxima		Presión máxima	
	Húmedo	Seco	°F	°C	psi	kPa
Hierro fundido sobre hierro fundido	0.05	0.15-0.20	600	320	150-250	1 000-1 750

Nota. Fotografía. Tomado de (Budynas & Nisbett, 2019, pág. 827)

La Figura 41 muestra el equilibrio de fuerzas para determinar la fuerza del cilindro, en este caso además de existir la fuerza de gravedad y aspiración, se añade F_a para en análisis.

Figura 41

Equilibrio de fuerzas



Las fórmulas que se utilizan son proporcionadas por (SCHMALZ, 2023), en base a eso se procede a realizar el cálculo para la fuerza del cilindro.

$F_{asp.r}$ = Fuerza de aspiración requerida

$$F_{asp.r} = m * \left(g + \frac{a}{\mu} \right) * S \quad (3.15)$$

$$F_{asp.r} = 70.779 \text{ kg} * \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} + \frac{7.355 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{0.20} \right) * 4$$

$$F_{asp.r} = 70.779 \text{ kg} * \left(46.58 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) * 4$$

$$F_{asp.r} = 13188.008 \text{ N}$$

Se plantea ubicar 3 cilindros neumáticos, dos a los lados y uno en el centro, por lo que la fuerza se divide para los cilindros neumáticos:

$$\frac{F_{asp.r}}{3} = \frac{13188.008 \text{ N}}{3} = F_C$$

$$F_C = 4396.003 \text{ N}$$

Se selecciona un cilindro de doble efecto para realizar esta actividad.

Como no se tiene la fuerza requerida, según el manual Festo indicado en la

Figura 42, se toma la fuerza determinada que se aproxima de 4712 N

El diámetro del embolo se determina en base a la formula proporcionada por el libro Sistemas Neumáticos de (Majumdar, 2003).

$$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}} \quad (3.16)$$

Donde

A = Área del embolo

$$A = \frac{F_e}{P} \quad (3.17)$$

$$A = \frac{4712 \text{ N}}{0.6 \text{ MPa}}$$

$$A = \frac{4712 \text{ N}}{0.6 \text{ MPa} * \frac{1000000 \text{ Pa}}{1 \text{ MPa}} * \frac{1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{1 \text{ Pa}}}$$

$$A = \frac{4712 \text{ N}}{600000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

$$A = 0,00785 \text{ m}^2$$

Una vez obtenido el área se determina el diámetro del embolo

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0,00785 \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$D = 0.1 \text{ m} = 100 \text{ mm}$$

Con los datos del cilindro calculados, se procede a realizar su selección en base al catálogo de Festo como se pueden observar desde la

Figura 42 hasta la
Figura **50**.

Figura 42
Hoja de datos

Hoja de datos

ATEX ¹⁾	
Categoría ATEX para gas	II 2G
Tipo de protección (contra explosión) de gas	Ex h IICT4 Gb
Categoría ATEX para polvo	II 2D
Tipo de protección (contra explosión) de polvo	Ex h IICT120 °C Db
Temperatura ambiente con riesgo de explosión	-20 °C ≤ Ta ≤ +60 °C
Marcado CE (véase la declaración de conformidad)	Según la Directiva de protección contra explosiones (ATEX) de la UE

1) Tener en cuenta la certificación ATEX de los accesorios.

Fuerzas [N] y energía de impacto [J]	32	40	50	63	80	100
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100
Fuerza teórica a 0,6 MPa (6 bar, 87 psi), avance	483	754	1178	1870	3016	4712
Fuerza teórica a 0,6 MPa (6 bar, 87 psi), retroceso	415	633	990	1682	2721	4418
Energía de impacto en las posiciones finales para amortiguación elástica ¹⁾	0,4	0,7	1,0	1,3	1,8	2,5

1) A una temperatura ambiente de 80 °C, los valores disminuyen aproximadamente un 50 %

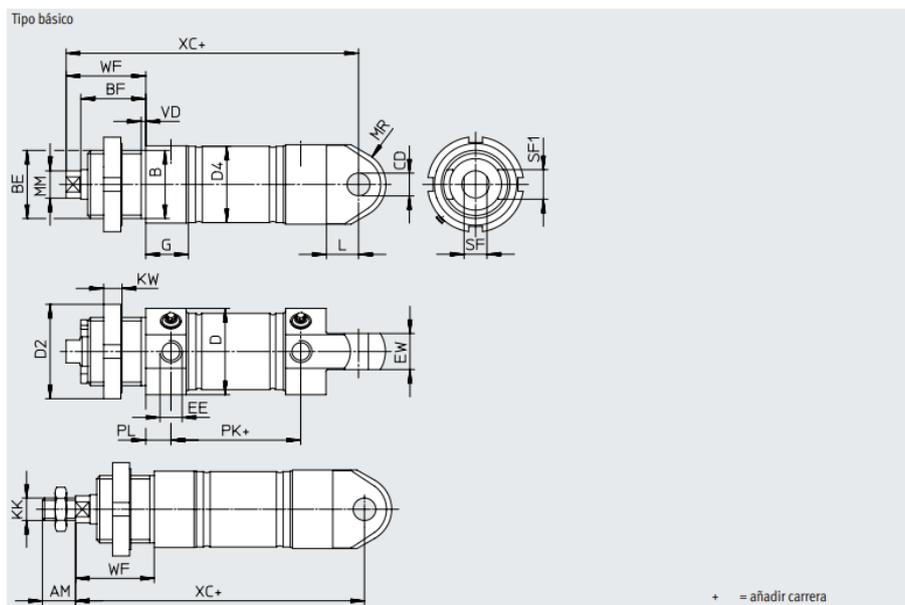
Pesos [g]	32	40	50	63	80	100
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100
Peso básico con carrera de 0 mm	670	1327	2020	2943	5891	8527
Peso adicional por cada 10 mm de carrera	15	24	40	44	68	75
Masa móvil con carrera de 0 mm	118	232	416	472	860	1018
Masa adicional por cada 10 mm de carrera	9	16	25	25	39	39

Nota. Fotografía. Tomado de (FESTO, 2022, pág. 23)

En función de las cargas $F_C = 4348.34 \text{ N}$, se seleccionaría la más aproximada que es de 4712 N.

Figura 43

Croquis del cilindro redondo de acero inoxidable



Nota. Fotografía. Tomado de (FESTO, 2022, pág. 25)

Figura 44

Datos del croquis del cilindro redondo de acero inoxidable

∅ [mm]	AM	B ∅ h9	BE	BF	CD ∅ H8	D ∅	D2 ∅	D4 ∅
32	22	30	M30x1,5	28,4	10	38	42	33,6
40	24	38	M38x1,5	32	12	49	50	41,6
50	32	45	M45x1,5	36,4	16	57	60	52,4
63	32	45	M45x1,5	36,4	16	70	60	65,4
80	40	50	M50x2	42,2	20	88	75	82,8
100	40	50	M50x2	42,2	20	108	75	102,8

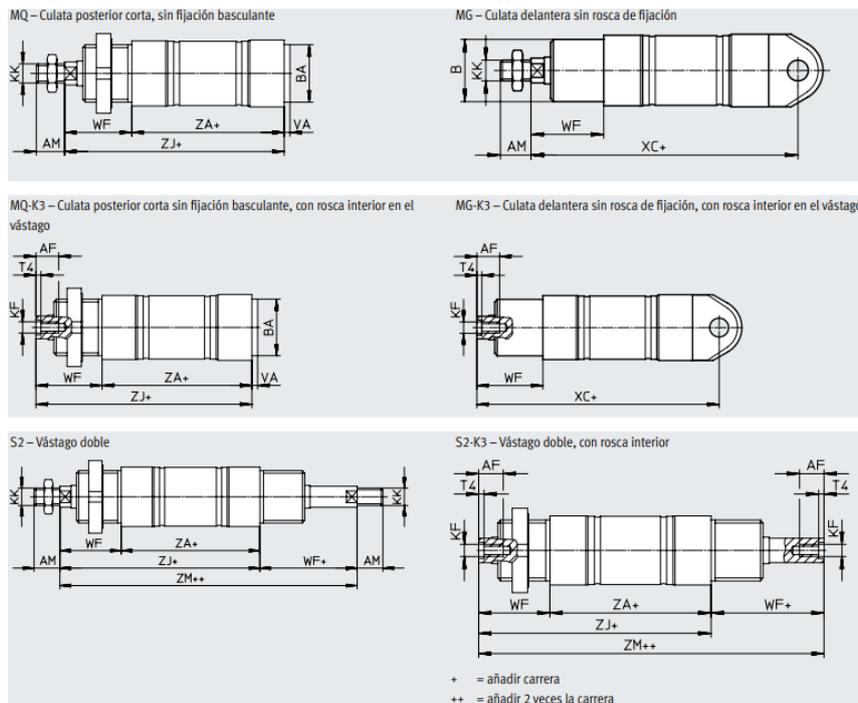
∅ [mm]	EE	EW	G	KK	KW	L	MM ∅
32	G1/8	16	18,6	M10x1,25	8	14	12
40	G1/4	18	24,7	M12x1,25	10	16	16
50	G1/4	21	24,4	M16x1,5	10	17	20
63	G3/8	21	27,4	M16x1,5	10	17	20
80	G3/8	35	32,4	M20x1,5	13	22	25
100	G1/2	35	32,4	M20x1,5	13	22	25

∅ [mm]	MR	PL	SF	SF1	VD	WF	XC
32	15	9	10	13	4,3	34	118
40	19	12	13	18	4,3	39	140
50	22,5	12	17	22	4,3	44	147
63	22,5	13	17	22	4,3	44	156
80	30	16	22	22	4,5	50	193
100	36	16	22	22	4,5	50	196

Nota. Fotografía. Tomado de (FESTO, 2022, pág. 25)

Figura 45

Croquis del dimensionamiento de la culata y del vástago del cilindro redondo de acero inoxidable



Nota. Fotografía. Tomado de (FESTO, 2022, pág. 26)

Figura 46

Dimensiones de la culata y del vástago del cilindro redondo de acero inoxidable

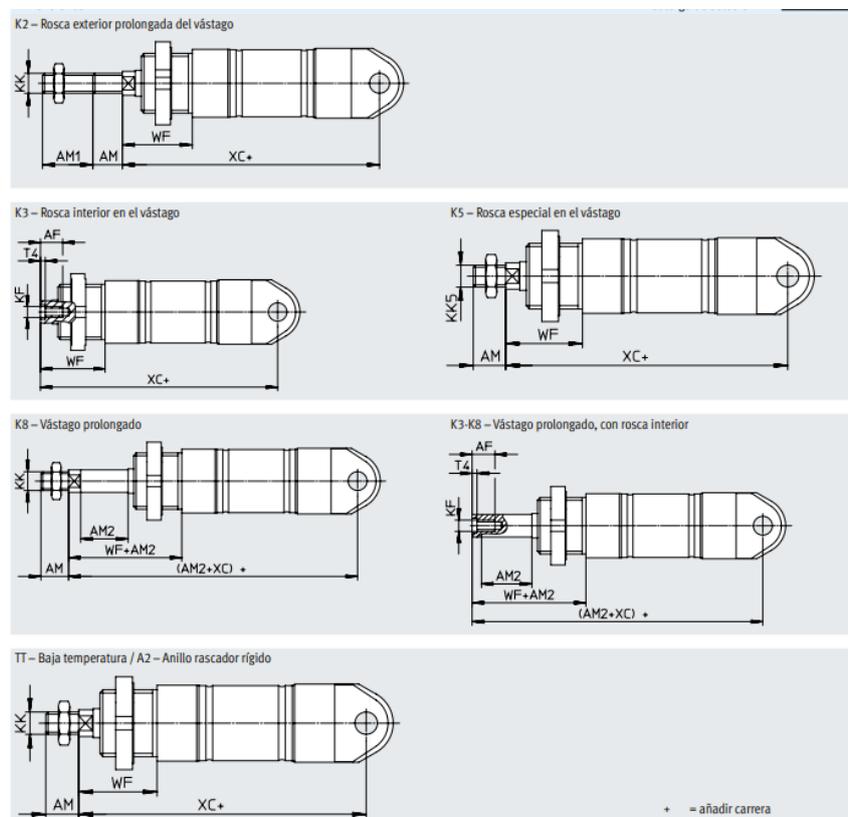
∅	AF	AM	B ∅ h9	BA h9	KF	KK
32	12	22	30	30	M6	M10x1,25
40	12	24	38	38	M8	M12x1,25
50	16	32	45	45	M10	M16x1,5
63	16	32	45	45	M10	M16x1,5
80	20	40	50	45	M12	M20x1,5
100	20	40	50	55	M12	M20x1,5

∅	T4	VA	WF	XC ±1	ZA	ZI	ZM
32	2,6	3	34	118	69,5	104	138
40	3,3	4	39	140	84,6	124	163
50	4,7	4	44	147	86,2	130	175
63	4,7	4	44	156	94,2	139	183
80	6,1	4	50	193	120,7	171	221
100	6,1	4	50	196	123,7	174	224

Nota. Fotografía. Tomado de (FESTO, 2022, pág. 27)

Figura 47

Croquis del dimensionamiento de la rosca y del vástago del cilindro redondo de acero inoxidable



Nota. Fotografía. Tomado de (FESTO, 2022, pág. 28)

Figura 48

Dimensiones de la rosca y del vástago del cilindro redondo de acero inoxidable

∅	AF	AM	AM1	AM2	KF
[mm]			máx.	máx.	
32	12	22	1 ... 35	1 ... 500	M6
40	12	24	1 ... 35	1 ... 500	M8
50	16	32	1 ... 70	1 ... 500	M10
63	16	32	1 ... 70	1 ... 500	M10
80	20	40	1 ... 70	1 ... 500	M12
100	20	40	1 ... 70	1 ... 500	M12

∅	KK	KKS	T4	WF	XC
[mm]					±1
32	M10x1,25	M10	2,6	34	118
40	M12x1,25	M12	3,3	39	140
50	M16x1,5	M16	4,7	44	147
63	M16x1,5	M16	4,7	44	156
80	M20x1,5	M20	6,1	50	193
100	M20x1,5	M20	6,1	50	196

Nota. Fotografía. Tomado de (FESTO, 2022, pág. 29)

Figura 49

Datos técnicos del cilindro redondo de acero inoxidable

Tabla de pedidos: producto modular									
Tamaño	32	40	50	63	80	100	Condicio- nes	Código	Introducir código
Referencia básica	552791	552792	552793	552794	8126418	8126417			
Versión	Acero inoxidable							CR	CR
Función	Cilindro redondo, de doble efecto							DSNU	DSNU
Diámetro del émbolo [mm]	32	40	50	63	80	100		-...	
Carrera [mm]	1 ... 500							[1]	-...
Amortiguación	Anillos/placas amortiguadores elásticos en ambos lados							-P	
	Amortiguación neumática autorregulable							[2]	-PPS
	Amortiguación neumática regulable en ambos lados							-PPV	
Detección de posiciones	Para sensor de proximidad							-A	-A
Culata del cilindro	Culata posterior corta, sin fijación basculante							-MQ	
	Culata delantera sin rosca de fijación							-MG	
Variante con anillo rascador	Resistencia elevada a sustancias químicas							[2]	-A1
	Anillo rascador rígido							[2] [3]	-A2
	Funcionamiento sin lubricación							[2]	-A3
Tipo de vástago	Vástago doble							[3] [4]	-S2
Rosca exterior prolongada [mm]	Rosca exterior del vástago prolongada								
	1 ... 35		1 ... 70						-...K2
Rosca interior	Vástago con rosca interior								
	M6	M8	M10	M10	M12	M12	[5]	-K3	
Rosca especial	Rosca especial en el vástago								
	M10	M12	M16	M16	M20	M20		-"...K5	
Vástago prolongado [mm]	1 ... 500								-...K8
Resistentes a temperaturas	Junta termorresistente de hasta 120 °C								-S6
Baja temperatura	Juntas y grasa de lubricación para -40 °C ... +80 °C							[3] [6]	-TT
Certificación UE	II 2GD							[7]	-EX4

[1] ... Carreras más largas bajo pedido
 [2] PPS, A1, A2, A3 No con S6, TT
 [3] A2, S2, TT No con MG
 [4] S2 No con MQ
 [5] K3 No con K2, K5
 [6] TT No con S6
 [7] EX4 No con S6, TT

Nota. Fotografía. Tomado de (FESTO, 2022, pág. 31)

Figura 50

Códigos de los productos integrantes del cilindro redondo de acero inoxidable

001	Serie		004	Amortiguación	
CRHD	Cilindro redondo, de doble efecto, acero inoxidable		PPV	Amortiguación neumática, regulable en ambos lados	
002	Díámetro del émbolo		005	Detección de posiciones	
32	32		A	Para sensor de proximidad	
40	40		006	Tipo de culata	
50	50		MQ	Sin rosca de fijación	
63	63		MS	Con lengüeta	
80	80		MC	Con horquilla	
100	100		007	Margen de temperatura	
003	Carrera			Estándar	
...	10 ... 500		S6	Juntas termorresistentes hasta máx. 120 °C	

Nota. Fotografía. Tomado de (FESTO, 2022, pág. 31)

Carrera de los cilindros neumáticos

Para determinar la carrera de los cilindros se tiene los siguientes datos:

$$\sigma = 1500 \frac{N}{cm^2} = \text{Resistencia a la tracción del cuero}$$

$$F = 50 N = \text{Resistencia al desgarrar del cuero}$$

$$A = \text{Área del cuero}$$

$$e = \text{Espesor de la banda de cuero} = 1.7 \text{ mm}$$

$$s = \text{Factor de seguridad} = 4$$

Beer & Johnston (2010) determina el esfuerzo como “la fuerza ejercida por unidad de área, o la intensidad de las fuerzas distribuidas a lo largo de una sección específica”, viene dada por la siguiente fórmula esto para calcular la carrera del cilindro neumático.

$$\sigma = \frac{F}{A} * s \quad (3.18)$$

$$\sigma = \frac{F}{h * e} * s \quad (3.19)$$

$$h = \frac{F}{\sigma * e} * s$$

$$h = \frac{50 N}{1500 \frac{N}{cm^2} * \frac{1 cm^2}{100 mm^2} * 1.7 mm} * 4$$

$$h = \frac{50 \text{ N}}{25,5 * \frac{\text{N}}{\text{mm}}} * 4$$

$$h = 7,84 \text{ mm} \approx 8,00 \text{ mm}$$

La carrera mínima del cilindro neumático será de 10mm.

De igual manera se calcula la relación de compresión que viene dada por la siguiente fórmula.

$$Rc = \frac{P_{atms} + P_{Trabajo}}{P_{atms}} \quad (3.20)$$

Majumdar (2003) establece “la relación de compresión neumática como la relación entre el volumen de aire comprimido y el volumen del aire en su estado normal”. En otras palabras, es una medida de cuánto se ha comprimido el aire, se expresa de la siguiente manera:

Rc = Relación de compresión

P_{atms} = Presión atmosférica = 101325 Pa

$P_{Trabajo}$ = Presión de Trabajo = 0.6 MPa = 600000 Pa

$$Rc = \frac{101325 \text{ Pa} + 600000 \text{ Pa}}{101325 \text{ Pa}}$$

$$Rc = 6,92$$

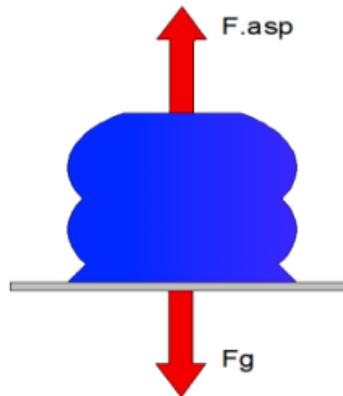
Cilindros neumáticos de los laterales

Se debe tener en cuenta varios parámetros que van a estar sobre los cilindros, como son las presiones del perfil 32.40 N

Por lo que el equilibrio de fuerzas es:

Figura 51

Diagrama de fuerzas para cilindros laterales



Por lo que la fuerza de aspiración es:

F_{aspT-1} = Fuerza de aspiración teórica Una (N)

F_{g-1} = Fuerza gravitatoria Una

m_{Perfil} = Masa del perfil = 3,303kg

m_{Eleva} = Masa a elevar

g = Gravedad = 9.81 m/s²

a = Aceleración

s = Factor de seguridad

$$F_{aspT-1} = F_{g-1} \quad (3.21)$$

$$F_{g-1} = m_{Eleva} * g \quad (3.22)$$

$$m_{Eleva} = \frac{m_{Perfil}}{2}$$

$$m_{Eleva} = 3.303 \frac{kg}{2}$$

$$m_{Elevar} = 1,652 \text{ kg} \approx 1,7 \text{ kg}$$

$$F_g = 1.7 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 16.7 \text{ N}$$

$$F_{asp} = m * (g + a) * S \quad (3.23)$$

$$a = \frac{F_{asp}}{m * S} - g \quad (3.24)$$

$$a = \frac{16.7 \text{ N}}{1.7 \text{ kg} * 4} - 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$a = 2.456 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} - 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$a = -7.354 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Como se observa que es la fuerza de gravedad va para abajo por lo contrario su aceleración es:

$$a = 7.354 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Por lo que la fuerza de aspiración F_{asp} es:

F_{asp} = Fuerza de aspiración (N)

m_{Elevar} = Masa a elevar = 1.7 kg

g = Gravedad = 9.81 m/s²

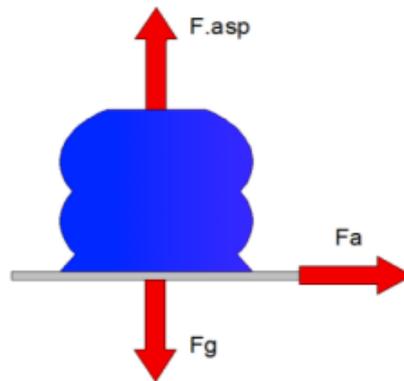
a = Aceleración = $-7.354 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

s = Factor de seguridad = 4

μ = Coeficiente de fricción = 0,20 (Tabla 1).

Figura 52

Equilibrio de fuerzas para determinar la fuerza de aspiración



Por lo que es:

$F_{asp.r}$ = Fuerza de aspiración requerida

$$F_{asp.r} = m * \left(g + \frac{a}{\mu} \right) * S \quad (3.25)$$

$$F_{asp.r} = 1.7 \text{ kg} * \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} + \frac{7.354 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{0.20} \right) * 4$$

$$F_{asp.r} = 1.7 \text{ kg} * \left(46.60 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) * 4$$

$$F_{asp.r} = 316.88 \text{ N} \approx 317 \text{ N}$$

De igual manera se selecciona un cilindro de doble efecto.

Como no se tiene, la fuerza requerida, según el manual Festo indicado en la Figura 53, se toma la fuerza determinada que se aproxima a 483 N.

Con estos datos se calcula el diámetro del embolo:

$$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

Donde

A = Área del embolo

$$A = \frac{Fe}{P}$$

$$A = \frac{483 N}{0.6 MPa}$$

$$A = \frac{483 N}{0.6 MPa * \frac{1000000 Pa}{1 MPa} * \frac{1 \frac{N}{m^2}}{1 Pa}}$$

$$A = \frac{483 N}{600000 \frac{N}{m^2}}$$

$$A = 0,000805 m^2$$

Una vez obtenido el área se procede a determinar el diámetro del embolo

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0,000805 m^2}{\pi}} = 0.03200m = 32,00 mm$$

En función de las cargas $F_c = 336 N$, se selecciona el cilindro con el valor aproximado que es 483N como se observa en la Figura 53.

Figura 53

Hoja de datos para los cilindros laterales

Hoja de datos

ATEX¹⁾	
Categoría ATEX para gas	II 2G
Tipo de protección (contra explosión) de gas	Ex h IICT4 Gb
Categoría ATEX para polvo	II 2D
Tipo de protección (contra explosión) de polvo	Ex h IIICT120 °C Db
Temperatura ambiente con riesgo de explosión	-20 °C ≤ Ta ≤ +60 °C
Marcado CE (véase la declaración de conformidad)	Según la Directiva de protección contra explosiones (ATEX) de la UE

1) Tener en cuenta la certificación ATEX de los accesorios.

Fuerzas [N] y energía de impacto [J]						
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100
Fuerza teórica a 0,6 MPa (6 bar, 87 psi), avance	483	754	1178	1870	3016	4712
Fuerza teórica a 0,6 MPa (6 bar, 87 psi), retroceso	415	633	990	1682	2721	4418
Energía de impacto en las posiciones finales para amortiguación elástica ¹⁾	0,4	0,7	1,0	1,3	1,8	2,5

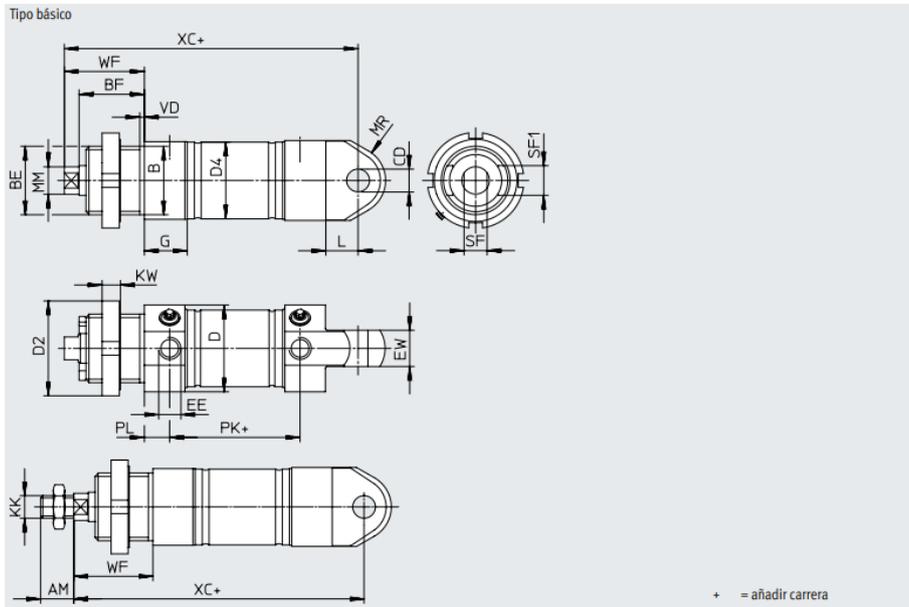
1) A una temperatura ambiente de 80 °C, los valores disminuyen aproximadamente un 50 %

Pesos [g]						
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100
Peso básico con carrera de 0 mm	670	1327	2020	2943	5891	8527
Peso adicional por cada 10 mm de carrera	15	24	40	44	68	75
Masa móvil con carrera de 0 mm	118	232	416	472	860	1018
Masa adicional por cada 10 mm de carrera	9	16	25	25	39	39

Nota. Fotografía. Tomado de (FESTO, 2022, pág. 23)

Figura 54

Croquis del cilindro redondo de acero inoxidable



Nota. Fotografía. Tomado de (FESTO, 2022, pág. 25)

Figura 55

Datos del croquis del cilindro redondo de acero inoxidable

∅ [mm]	AM	B ∅ h9	BE	BF	CD ∅ H8	D ∅	D2 ∅	D4 ∅
32	22	30	M30x1,5	28,4	10	38	42	33,6
40	24	38	M38x1,5	32	12	49	50	41,6
50	32	45	M45x1,5	36,4	16	57	60	52,4
63	32	45	M45x1,5	36,4	16	70	60	65,4
80	40	50	M50x2	42,2	20	88	75	82,8
100	40	50	M50x2	42,2	20	108	75	102,8

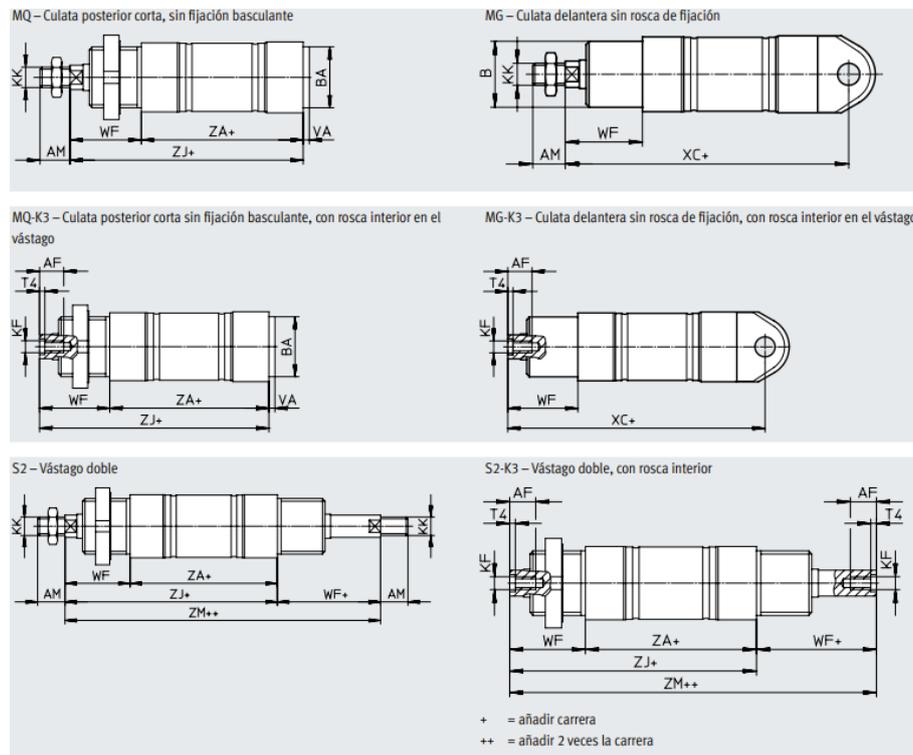
∅ [mm]	EE	EW	G	KK	KW	L	MM ∅
32	G1/8	16	18,6	M10x1,25	8	14	12
40	G1/4	18	24,7	M12x1,25	10	16	16
50	G1/4	21	24,4	M16x1,5	10	17	20
63	G3/8	21	27,4	M16x1,5	10	17	20
80	G3/8	35	32,4	M20x1,5	13	22	25
100	G1/2	35	32,4	M20x1,5	13	22	25

∅ [mm]	MR	PL	SF	SF1	VD	WF	XC ±1
32	15	9	10	13	4,3	34	118
40	19	12	13	18	4,3	39	140
50	22,5	12	17	22	4,3	44	147
63	22,5	13	17	22	4,3	44	156
80	30	16	22	22	4,5	50	193
100	36	16	22	22	4,5	50	196

Nota. Fotografía. Tomado de (FESTO, 2022, pág. 25)

Figura 56

Croquis del dimensionamiento de la culata y del vástago del cilindro redondo de acero inoxidable



Nota. Fotografía. Tomado de (FESTO, 2022, pág. 26)

Figura 57

Dimensiones de la culata y del vástago del cilindro redondo de acero inoxidable

∅ [mm]	AF	AM	B ∅ h9	BA h9	KF	KK
32	12	22	30	30	M6	M10x1,25
40	12	24	38	38	M8	M12x1,25
50	16	32	45	45	M10	M16x1,5
63	16	32	45	45	M10	M16x1,5
80	20	40	50	45	M12	M20x1,5
100	20	40	50	55	M12	M20x1,5

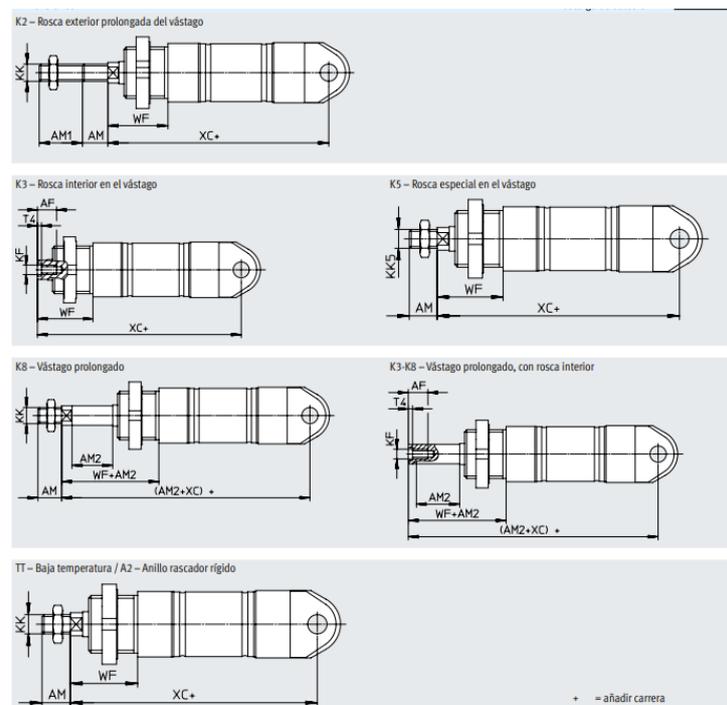
∅ [mm]	T4	VA	WF	XC ±1	ZA	ZJ	ZM
32	2,6	3	34	118	69,5	104	138
40	3,3	4	39	140	84,6	124	163
50	4,7	4	44	147	86,2	130	175
63	4,7	4	44	156	94,2	139	183
80	6,1	4	50	193	120,7	171	221
100	6,1	4	50	196	123,7	174	224

Nota. Fotografía. Tomado de (FESTO, 2022, pág. 27)

De igual manera se muestra los valores de la rosca y vástago.

Figura 58

Croquis del dimensionamiento de la rosca y del vástago del cilindro redondo de acero inoxidable



Nota. Fotografía. Tomado de (FESTO, 2022, pág. 28)

Figura 59

Dimensiones de la rosca y del vástago del cilindro redondo de acero inoxidable

∅	AF	AM	AM1	AM2	KF
[mm]			máx.	máx.	
32	12	22	1 ... 35	1 ... 500	M6
40	12	24	1 ... 35	1 ... 500	M8
50	16	32	1 ... 70	1 ... 500	M10
63	16	32	1 ... 70	1 ... 500	M10
80	20	40	1 ... 70	1 ... 500	M12
100	20	40	1 ... 70	1 ... 500	M12

∅	KK	KK5	T4	WF	XC
[mm]					±1
32	M10x1,25	M10	2,6	34	118
40	M12x1,25	M12	3,3	39	140
50	M16x1,5	M16	4,7	44	147
63	M16x1,5	M16	4,7	44	156
80	M20x1,5	M20	6,1	50	193
100	M20x1,5	M20	6,1	50	196

Nota. Fotografía. Tomado de (FESTO, 2022, pág. 29)

Figura 60

Datos técnicos del cilindro redondo de acero inoxidable

Tabla de pedidos: producto modular										Introducir código
Tamaño	32	40	50	63	80	100	Condiciones	Código		
Referencia básica	552791	552792	552793	552794	8126418	8126417				
Versión	Acero inoxidable									CR
Función	Cilindro redondo, de doble efecto									DSNU
Diámetro del émbolo [mm]	32	40	50	63	80	100				
Carrera [mm]	1 ... 500						[1]			
Amortiguación	Anillos/placas amortiguadores elásticos en ambos lados									
	Amortiguación neumática autorregulable						[2]			
	Amortiguación neumática regulable en ambos lados									
Detección de posiciones	Para sensor de proximidad									-A
Culata del cilindro	Culata posterior corta, sin fijación basculante									
	Culata delantera sin rosca de fijación									
Variante con anillo rascador	Resistencia elevada a sustancias químicas						[2]			
	Anillo rascador rígido						[2] [3]			
	Funcionamiento sin lubricación						[2]			
Tipo de vástago	Vástago doble						[3] [4]			
Rosca exterior prolongada [mm]	Rosca exterior del vástago prolongada									
	1 ... 35			1 ... 70						
Rosca interior	Vástago con rosca interior									
	M6	M8	M10	M10	M12	M12	[5]			
Rosca especial	Rosca especial en el vástago									
	M10	M12	M16	M16	M20	M20				
Vástago prolongado [mm]	1 ... 500									
Resistentes a temperaturas	Junta termoresistente de hasta 120 °C				-					
Baja temperatura	Juntas y grasa de lubricación para -40 °C ... +80 °C				-		[3] [6]			
Certificación UE	II 2GD				-		[7]			

Nota. Fotografía. Tomado de (FESTO, 2022, pág. 31)

Figura 61

Códigos de los productos integrantes del cilindro redondo de acero inoxidable

001	Serie	004	Amortiguación
CRHD	Cilindro redondo, de doble efecto, acero inoxidable	PPV	Amortiguación neumática, regulable en ambos lados
002	Diámetro del émbolo	005	Detección de posiciones
32	32	A	Para sensor de proximidad
40	40	006	Tipo de culata
50	50	MQ	Sin rosca de fijación
63	63	MS	Con lengüeta
80	80	MC	Con horquilla
100	100	007	Margen de temperatura
003	Carrera		Estándar
...	10 ... 500	S6	Juntas termostables hasta máx. 120 °C

Nota. Fotografía. Tomado de (FESTO, 2022, pág. 31)

La carrera mínima de 8 mm en el cuero, por lo que se sumaría el espesor del cuero.

$$C = 8 \text{ mm} + 1.7 \text{ mm} = 9.7 \text{ mm} = 10 \text{ mm}$$

Por seguridad y comodidad del operario sería igual el doble definido que es:

$$C = 100 \text{ mm}$$

Relación de compresión

$$Rc = \frac{P_{atms} + P_{Trabajo}}{P_{atms}} \quad (3.26)$$

Donde:

Rc = Relación de compresión

P_{atms} = Presión atmosférica = 101325 Pa

$P_{Trabajo}$ = Presión de Trabajo = 0.6 MPa = 600000 Pa

$$Rc = \frac{101325 \text{ Pa} + 600000 \text{ Pa}}{101325 \text{ Pa}}$$

$$Rc = 6,92$$

Estructura Soporte

La estructura se encuentra diseñada según la altura ergonómica de los operarios latinoamericanos dispuestos entre los 18 – 65 años sería a 988 mm, ya que se utilizaría según los percentiles menores para que puedan alcanzar personas de toda medida, referente a alturas desde el suelo hasta el codo.

Figura 62

Croquis de dimensiones de percentiles en personas de sexo masculino entre 18 y 65 años



Nota. Fotografía. Tomado de (Ávila et al., 2007, pág. 98)

Figura 63

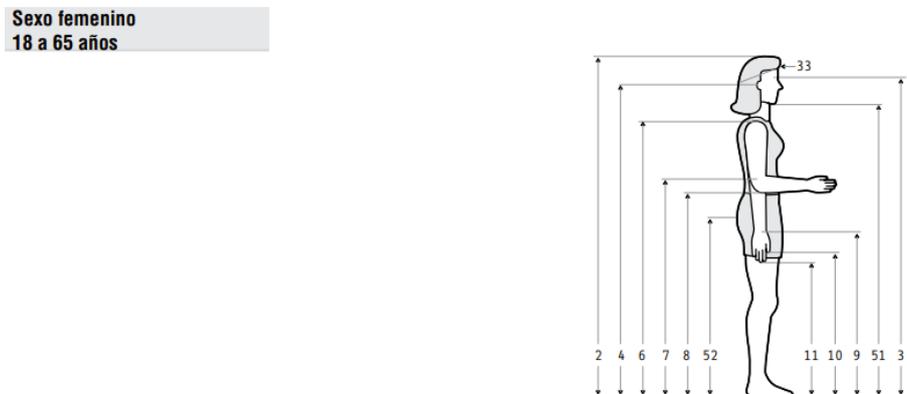
Dimensiones de percentiles en personas de sexo masculino entre 18 y 65 años

Dimensiones	18 - 65 años (n=396)				
	\bar{x}	D.E.	5	Percentiles	
				50	95
1 Peso (Kg)	73	12.33	55.31	72.10	97.30
2 Estatura	1675	62.80	1576	1668	1780
3 Altura de ojos	1550	61.80	1447	1546	1651
4 Altura oído	1538	63.70	1439	1534	1635
6 Altura hombro	1380	58.49	1281	1377	1477
7 Altura codo	1068	55.02	988	1065	1145
8 Altura codo flexionado	969	40.81	906	969	1046
9 Altura muñeca	825	39.49	757	822	919
10 Altura nudillo	740	43.56	680	740	800
11 Altura dedo medio	639	35.31	584	638	697
33 Diámetro a-p cabeza	198	8.98	182	194	205
51 Altura mentón	1442	61.20	1337	1440	1544
52 Altura trocánter may.	873	44.61	810	872	940

Nota. Fotografía tomada de (Ávila et al., 2007, pág. 98)

Figura 64

Croquis de dimensiones de percentiles en personas de sexo femenino entre 18 y 65 años



Nota. Fotografía. Tomado de (Ávila et al., 2007, pág. 94)

Figura 65

Dimensiones de percentiles en personas de sexo femenino entre 18 y 65 años

Dimensiones	18 - 65 años (n=204)				
	\bar{x}	D.E.	Percentiles		
1 Peso (Kg)	64.0	12.45	5	50	95
2 Estatura	1567	52.95	1471	1570	1658
3 Altura de ojos	1449	52.47	1351	1450	1540
4 Altura oído	1434	52.50	1333	1433	1517
6 Altura hombro	1291	49.17	1209	1290	1380
7 Altura codo	1004	38.85	941	1004	1080
8 Altura codo flexionado	969	39.57	906	969	1044
9 Altura muñeca	778	33.77	727	776	840
10 Altura nudillo	708	32.07	663	704	769
11 Altura dedo medio	612	31.55	565	611	663
33 Diámetro a-p cabeza	186	7.27	175	187	199
51 Altura mentón	1339	51.15	1248	1340	1424
52 Altura trocánter may.	826	41.30	759	826	896

Nota. Fotografía. Tomado de (Ávila et al, 2007, pág. 94)

Las dimensiones que se van a utilizar para la construcción de la máquina son las siguientes:

Largo de la máquina, $L_{\text{Máquina}}$

Largo del perfil = $L_{\text{Perfil}} = 1765 \text{ mm}$

Diámetro de los cilindros laterales = $\varnothing_{\text{lateral}} = 33,6 \text{ mm}$

Espesor de la chapa metálica = $e = 2 \text{ mm}$

Ancho, $A_{Máquina}$

Ancho del tambor = $A_{Tambor} = 819 \text{ mm}$

Ancho del perfil = $A_{Perfil} = 30 \text{ mm}$

Alto, $H_{Máquina} = 988 \text{ mm}$

Recorrido de la máquina artificial Ancho = $R_{MAA} = 80 \text{ mm} * 2 + \text{ancho del tambor}$

Recorrido de la máquina artificial Largo = $R_{MAL} = 260 \text{ mm} * 2 + \text{longitud del tambor}$

$$L_{Máquina} = R_{MAL} = 260 \text{ mm} * 2 + \text{longitud del tambor} \quad (3.27)$$

$$L_{Máquina} = 260 * 2 \text{ mm} + 1300 \text{ mm}$$

$$L_{Máquina} = 1820 \text{ mm}$$

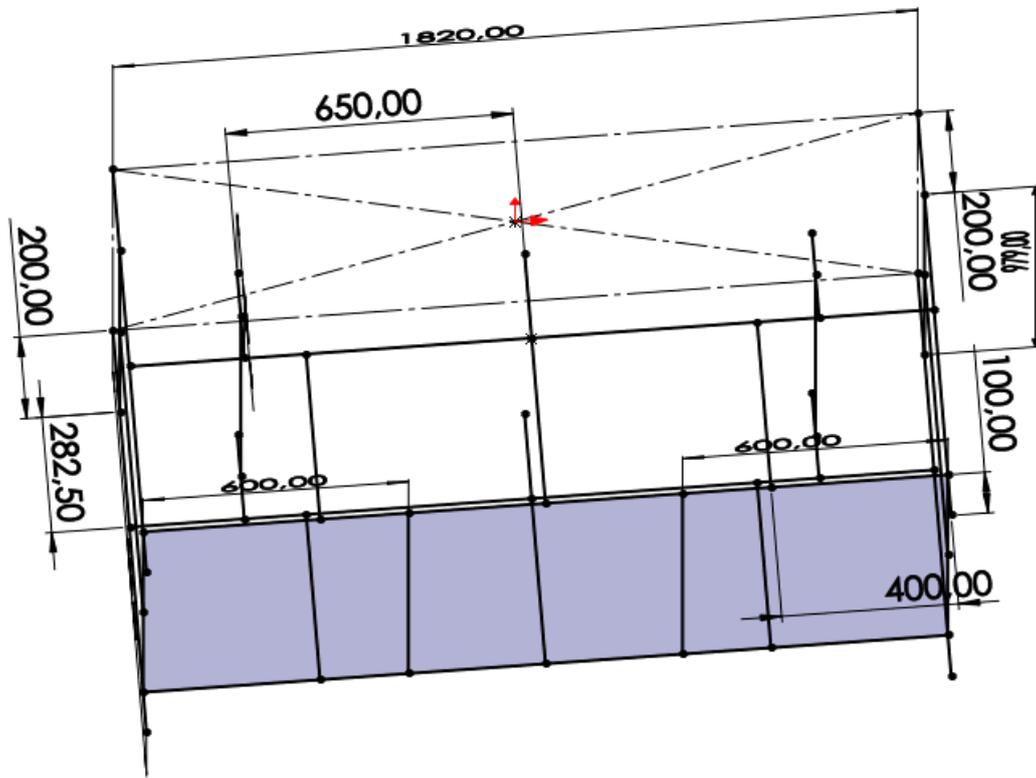
$$A_{Máquina} = R_{MAA} = 80 * 2 \text{ mm} + \text{ancho del tambor} \quad (3.28)$$

$$Ecu. 29 A_{Máquina} = 160 \text{ mm} + 819 \text{ mm}$$

$$A_{Máquina} = 979 \text{ mm}$$

Figura 66

Diagrama geométrico de la estructura



Definido el boceto y medidas de la máquina se especifica los demás materiales y elementos que van a ir en la estructura.

- Columnas = Tubos cuadrados
- Vigas laterales inferiores y superiores = Tubos cuadrados
- Vigas transversales inferiores y superiores = Tubos cuadrados
- Placas base en cada columna = Placas
- Base inferior = Plancha metálica
- Base de cilindros neumáticos de $\varnothing = 32$

De igual manera se realiza el diseño y análisis mecánico para estas partes.

Selección de Bases de Cilindros Neumáticos Ø 32 mm

Las bases inferiores se determinan de la siguiente manera:

Donde:

$$m_{Cuero} = \text{Masa del cuero} = 3.36 \text{ kg}$$

$$m_{Perfil} = \text{Masa del perfil} = 3.303 \text{ kg}$$

$$m_{Cilindro-c32-0} = \text{Masa del cilindro neumático } \varnothing 32 \text{ con carrera } 0 = 0.67 \text{ kg}$$

$$m_{Cilindro-c-32-10} = \text{Masa del cilindro neumático } \varnothing 32 \text{ con carrera } 10 \text{ mm} = 0.015 \text{ kg}$$

$$m_{Total \text{ CN1}} = \text{Masa total de los cilindros neumáticos de } \varnothing 32$$

$$F_{Total \text{ CN1}} = \text{Masa total para la selección de la base de los cilindros neumáticos de } \varnothing 32$$

$$\varnothing_{32} = \text{Diametro de los cilindros neumáticos de } \varnothing 32 = 33.6 \text{ mm} = 35 \text{ mm}$$

$$L = \text{Largo de la base inferior} = 35 \text{ mm}$$

$$A = \text{Ancho de la base inferior} = 35 \text{ mm}$$

$$\sigma = \text{Densidad} = 0,00785 \text{ gr/ cm}^3 \text{ (ASTM A36)}$$

$$FDS = 4$$

$$e = \text{Espesor de la plancha}$$

$$F_y = \text{Limite de Fluencia ASTM A36} = 250 \text{ MPa (DIPAC, 2020, pág. 14)}$$

Con estos valores se puede determinar la fuerza total que soportara la base de los cilindros.

$$m_{Total \text{ CN1}} = \frac{m_{Cuero}}{4} + \frac{m_{Perfil}}{2} + m_{Cilindro-c32-0} + m_{Cilindro-c-32-10} * 10 \quad (3.29)$$

$$m_{Total\ CN1} = \frac{3.36\text{ kg}}{4} + \frac{3.303\text{kg}}{2} + 0.67\text{ kg} + 0.015\text{ kg} * 10$$

$$m_{Total\ CN1} = 3.31\text{ kg}$$

$$F_{Total\ CN1} = m_{Total\ CN1} * g * S \quad 0 \quad (3.30)$$

$$F_{Total\ CN1} = 3.31\text{ kg} * 9.81 \frac{m}{s^2} * 4$$

$$F_{Total\ CN1} = 130\text{ kg} \frac{m}{s^2} = 130\text{ N}$$

$$\frac{F}{d} = \frac{130\text{ N}}{35\text{ mm}} = 3.71 \frac{N}{mm}$$

Con estos datos se puede graficar los diagramas de fuerza y momentos.

Figura 67

Diagrama de Cuerpo Libre de la Placa Base del cilindro neumático de $\varnothing = 32\text{ mm}$

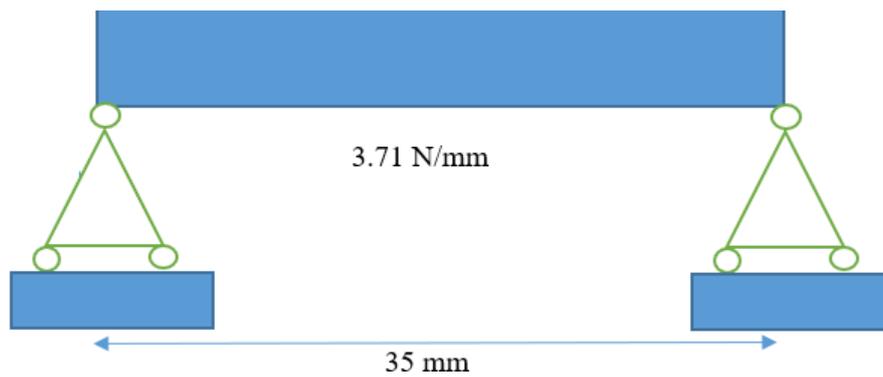
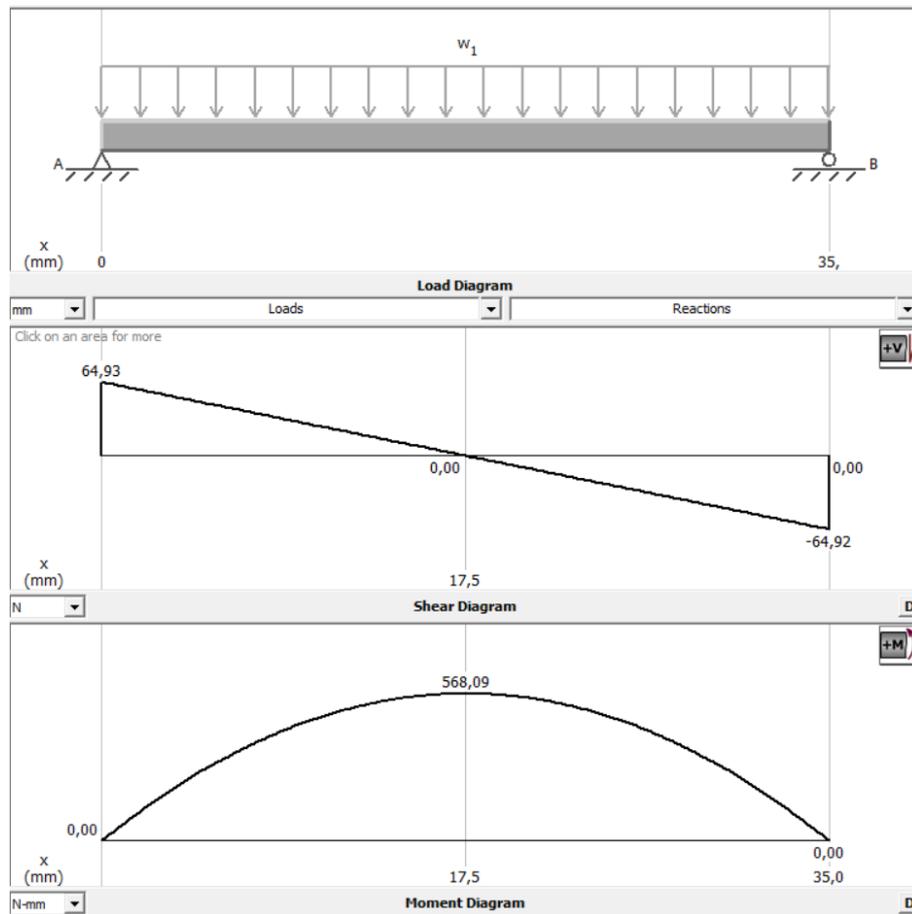


Figura 68

Diagrama de fuerzas y momentos de la placa base del cilindro neumático de $\varnothing = 32 \text{ mm}$



Nota. Datos proporcionados por software de análisis estructural.

Con ayuda del software se encontró el momento máximo y se calcula el módulo de sección.

$$S_x = \frac{M_{\text{Máximo}}}{F_y}$$

$$S_x = \frac{568.09 \text{ Nmm}}{250 \text{ MPa}}$$

$$S_x = \frac{568.09 \text{ Nmm}}{250 \text{ MPa} * \frac{1 \text{ N/mm}^2}{1 \text{ MPa}}}$$

$$S_x = 2.30 \text{ mm}^3$$

$$S_M = \frac{I}{C} \quad (3.31)$$

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

$$C = \frac{h}{2}$$

$$S_x = \frac{\frac{bh^3}{12}}{\frac{h}{2}} = \frac{bh^2}{6}$$

$$h = \sqrt{\frac{S_x * 6}{b}}$$

$$h = \sqrt{\frac{2.30 \text{ mm}^3 * 6}{35 \text{ mm}}}$$

$$h = 0.63 \text{ mm} = e = \text{espesor}$$

Se elige una placa con un espesor de 2mm que existe en el mercado.

Selección de la Base Cilindros Neumáticos Ø 100 mm

Las bases inferiores se determinan de la siguiente manera:

Donde:

$$m_{\text{Cuero}} = \text{Masa del cuero} = 3.36 \text{ kg}$$

$$m_{\text{Tambor}} = \text{Masa del tambor} = 67419.08 \text{ gramos} = 67.419 \text{ kg}$$

$$m_{\text{Cilindro-c100-0}} = \text{Masa del cilindro neumático } \text{Ø} 100 \text{ con carrera } 0 = 8,53 \text{ kg}$$

$m_{Cilindro-c-100-10}$ = Masa del cilindro neumático Ø 100 con carrera 10 mm = 0,075 kg

$m_{Total\ CN2}$ = Masa total de los cilindros neumáticos de Ø 100

$F_{Total\ CN2}$ = Masa total para la selección de la base de los cilindros neumáticos de Ø 100

\emptyset_{100} = Diámetro de los cilindros neumáticos de Ø 100 = 102,8 mm = 103 mm

L = Largo de la base inferior = 110 mm

A = Ancho de la base inferior = 110 mm

σ = Densidad = 0,00785 gr/ cm³ (ASTM A36)

FDS = 4

e = Espesor de la plancha

F_y = Limite de Fluencia ASTM A36= 250 MPa (DIPAC, 2020, pág. 14)

Teniendo en cuenta los datos detallados se determina la fuerza que se aplica en la base del cilindro de 100 de diámetro.

$$m_{Total\ CN2} = \frac{m_{Cuero}}{3} + \frac{m_{Tambor}}{3} + m_{Cilindro-c100-0} + m_{Cilindro-c-100-10} * 10 \quad (3.32)$$

$$m_{Total\ CN2} = \frac{3.36\ kg}{3} + \frac{67.419\ kg}{3} + 8.53\ kg + 0.075\ kg * 10$$

$$m_{Total\ CN2} = 32.873\ kg$$

$$F_{Total\ CN2} = m_{Total\ CN2} * g * S$$

$$F_{Total\ CN2} = 32.873\ kg * 9.81\ \frac{m}{s^2} * 4$$

$$F_{Total\ CN2} = 1289.497\ kg\ \frac{m}{s^2} = 1289.497\ N$$

$$\frac{F}{d} = \frac{1289.497\ N}{110\ mm} = 11.72\ \frac{N}{mm}$$

Determinada la fuerza y carga aplicada se realiza los diagramas de fuerzas y momentos.

Figura 69

Diagrama de Cuerpo Libre de la Placa Base del cilindro neumático de $\varnothing = 100\ mm$

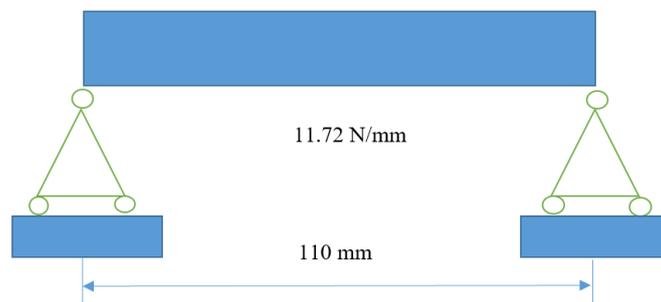
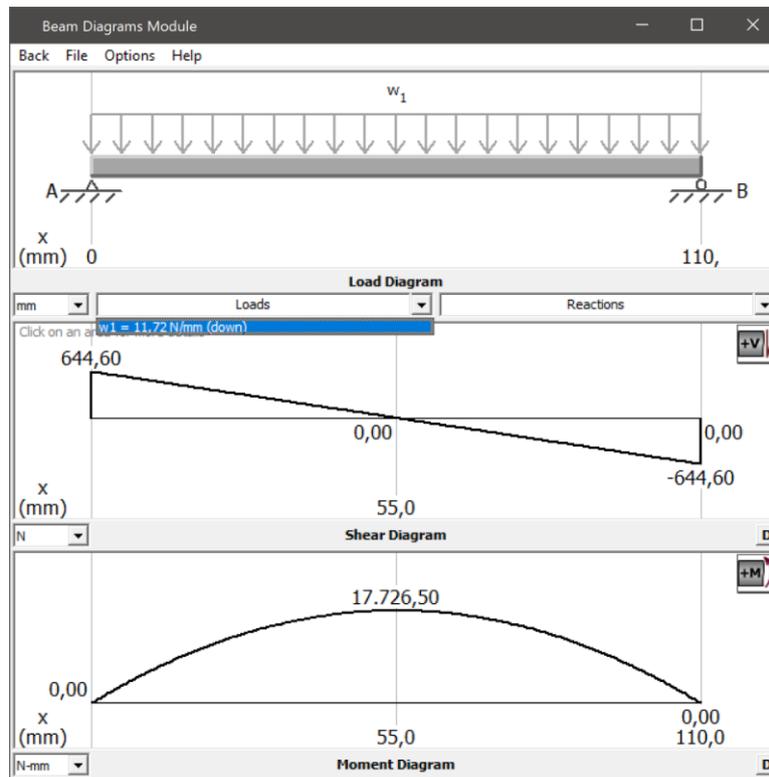


Figura 70

Diagrama de fuerzas y momentos de la placa base del cilindro neumático de $\varnothing = 100\ mm$



Nota. Datos proporcionados por software de análisis estructural.

Una vez determinado el momento máximo se procede a encontrar el módulo de sección.

$$S_x = \frac{M_{\text{Máximo}}}{F_y}$$

$$S_x = \frac{17726.50 \text{ Nmm}}{250 \text{ MPa}}$$

$$S_x = \frac{17726.50 \text{ Nmm}}{250 \text{ MPa} * \frac{1 \text{ N/mm}^2}{1 \text{ MPa}}}$$

$$S_x = 70.906 \text{ mm}^3$$

$$S_M = \frac{I}{C}$$

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

$$C = \frac{h}{2}$$

$$S_x = \frac{\frac{bh^3}{12}}{\frac{h}{2}} = \frac{bh^2}{6}$$

$$h = \sqrt{\frac{S_x * 6}{b}}$$

$$h = \sqrt{\frac{70.906 \text{ mm}^3 * 6}{110 \text{ mm}}}$$

$$h = 1.967 \text{ mm} \approx 2 \text{ mm} = e = \text{espesor}$$

Se elige una placa con un espesor de 2mm que existe en el mercado.

Selección de Plancha de la Base Inferior

Se tienen los siguientes datos para el cálculo de base inferior.

$$m_{Cuero} = \text{Masa del cuero} = 3.36 \text{ kg}$$

$$m_{Perfil} = \text{Masa del perfil} = 3.303 \text{ kg}$$

$$m_{Tambor} = \text{Masa del tambor} = 67419.08 \text{ gramos} = 67.419 \text{ kg}$$

$$m_{\emptyset 32} = \text{Masa del cilindro neumático de } \emptyset 32$$

$$m_{\emptyset 100} = \text{Masa del cilindro neumático de } \emptyset 100$$

$$m_{Cilindro-c100-0} = \text{Masa del cilindro neumático } \emptyset 100 \text{ con carrera } 0 = 8.53 \text{ kg}$$

$$m_{Cilindro-c-100-10} = \text{Masa del cilindro neumático } \emptyset 100 \text{ con carrera } 10 \text{ mm} = 0.075 \text{ kg}$$

$$m_{Cilindro-c32-0} = \text{Masa del cilindro neumático } \emptyset 32 \text{ con carrera } 0 = 0.67 \text{ kg}$$

$$m_{Cilindro-c-32-10} = \text{Masa del cilindro neumático } \emptyset 32 \text{ con carrera } 10 \text{ mm} = 0.015 \text{ kg}$$

$$m_{Tubo \text{ cuadrado } 100} = \text{Masa del tubo cuadrado de } 100 \text{ mm} = 6.17 \text{ kg/m (Tabla 46).}$$

$$m_{Total B} = \text{Masa total para la selección de la base inferior}$$

$$F_{Total B} = \text{Masa total para la selección de la base inferior}$$

$$V_{\emptyset 32} = \text{Volumen de la placa base del cilindro neumático de } \emptyset 32 = 35 \times 35 \times 2 \text{ mm}$$

$$V_{\emptyset 100} = \text{Volumen de la placa base del cilindro neumático de } \emptyset 100 = 110 \times 110 \times 2 \text{ mm}$$

$$H_B = \text{Altura de la placa base} = 413 \text{ mm}$$

$$L = \text{Largo de la plancha} = 1820 \text{ mm}$$

$$A = \text{Ancho de la plancha} = 979 \text{ mm}$$

$$\sigma_1 = \text{Densidad} = 0,00785 \text{ gr/ cm}^3 \text{ (ASTM A36)}$$

$\sigma_2 = \text{Densidad} = 0,008 \text{ gr/ cm}^3 = 8000 \text{ kg/ m}^3 \text{ (AISI 304)}$

FDS = 4

e = Espesor de la plancha

Fy = Limite de Fluencia ASTM A36= 250 MPa (DIPAC, 2020, pág. 14)

Por lo que la masa total

$$\begin{aligned}
 m_{Total} B = & m_{Cuero} + 2 * m_{Perfil} + m_{Tambor} + 4 * m_{\emptyset 32} \\
 & + 3 * m_{\emptyset 100} + 3 * m_{Cilindro-c100-0} + 3 \\
 & * m_{Cilindro-c-100-10} + 4 * m_{Cilindro-c32-0} \\
 & + 4 * m_{Cilindro-c-32-10} * 10 \\
 & + 3 * m_{Tubo \text{ cuadrado } 100}
 \end{aligned} \tag{3.33}$$

$$\begin{aligned}
 m_{Total} B = & 3.36 \text{ kg} + 2 * 3.303 \text{ kg} + 67.419 \text{ kg} + 4 * 8000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 2.45 * 10^{-6} \text{m}^3 + 3 \\
 & * 8000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 2.42 * 10^{-5} \text{m}^3 + 3 * 8.53 \text{ kg} + 3 * 0.075 \text{ kg} + 4 * 0.67 \text{ kg} + 4 \\
 & * 0.015 \text{ kg} * 10 + 3 * 6.17 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 0.413 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m_{Total} B = & 3.36 \text{ kg} + 6.606 \text{ kg} + 67.419 \text{ kg} + 0.078 \text{ kg} + 0.58 \text{ kg} + 25.6 \text{ kg} + 0.23 \text{ kg} \\
 & + 2.7 \text{ kg} + 0.6 \text{ kg} + 7.64 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$m_{Total} B = 113.804 \text{ kg}$$

Con estos datos se determina la carga distribuida.

$$F_{Total} B = m_{Total} B * g * S$$

$$F_{Total} B = 113.804 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 4$$

$$F_{Total} B = 4464.136 \text{ kg} \frac{m}{s^2} = 4464.136 \text{ N}$$

$$\frac{F}{d} = \frac{4464.136 \text{ N}}{1820 \text{ mm}} = 2.45 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Se realiza las gráficas de fuerza y momento.

Figura 71

Diagrama de Cuerpo Libre de la Plancha Base Inferior

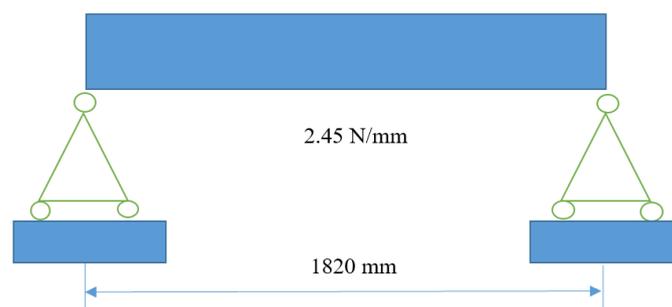
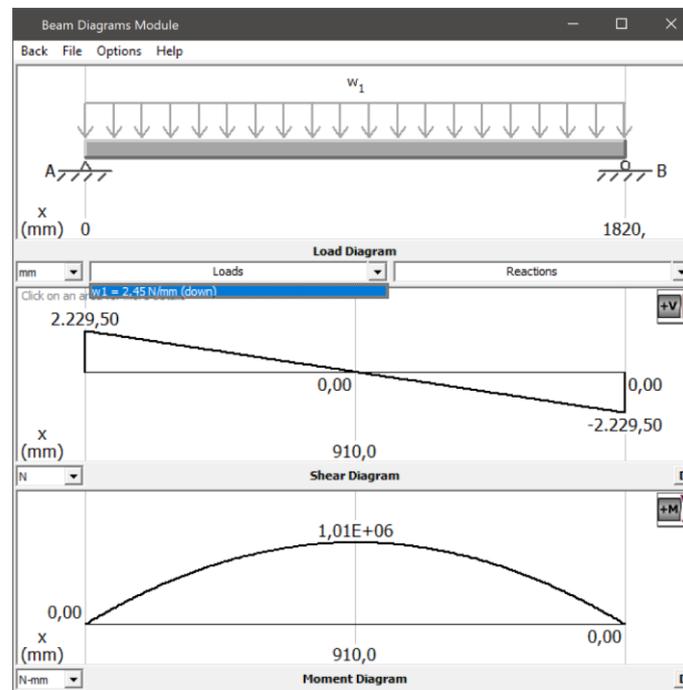


Figura 72

Diagrama de fuerzas y momentos de la base inferior



Nota. Datos proporcionados por software de análisis estructural.

Una vez determinado el momento máximo se procede a encontrar el módulo de sección.

$$S_x = \frac{M_{\text{Máximo}}}{F_y}$$

$$S_x = \frac{1010000 \text{ Nmm}}{250 \text{ MPa}}$$

$$S_x = \frac{1010000 \text{ Nmm}}{250 \text{ MPa} * \frac{1 \text{ N/mm}^2}{1 \text{ MPa}}}$$

$$S_x = 4040 \text{ mm}^3$$

$$S_M = \frac{I}{C}$$

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

$$C = \frac{h}{2}$$

$$S_x = \frac{\frac{bh^3}{12}}{\frac{h}{2}} = \frac{bh^2}{6}$$

$$h = \sqrt{\frac{S_x * 6}{b}}$$

$$h = \sqrt{\frac{4040 \text{ mm}^3 * 6}{1820 \text{ mm}}}$$

$$h = 3.649 \text{ mm} = e = \text{espesor}$$

El espesor calculado es 3.65 mm, en el mercado no existe esa medida de espesor por lo cual se selecciona una plancha de 4mm.

Figura 73*Dimensiones de Planchas comerciales*

Dimensiones en (mm)			Pesos
Ancho	Largo	Espesor	Kg
1220	2440	2	46.74
1220	2440	3	70.10
1220	2440	4	93.47
1500	2440	4	114.92
1220	2440	5	116.84
1500	2440	5	143.66
1220	2440	6	140.21
1500	2440	6	172.39
1220	2440	8	186.94
1500	2440	8	229.85
1220	2440	10	233.68
1500	2440	10	287.31
1220	6000	12	689.54

Nota. Fotografía. Tomado de (DIPAC, 2020, pág. 13)

Selección de Viga

Datos para la selección de vigas:

Vigas laterales = 1820 mm

Vigas transversales = 979 mm

$m_{Total\ B}$ = Masa total aplicada sobre la selección de la base inferior = 113.804 kg

m_{Base} = Masa de la base inferior = 55.35 kg

m_{viga} = Masa aplicar sobre la viga

F_v = Fuerza generada

g = Gravedad = 9.81 m/s²

FDS = 4

$$m_{Viga} = m_{Total} B + m_{Base} \quad (3.34)$$

$$m_{Viga} = 113.804 \text{ kg} + 55.35 \text{ kg}$$

$$m_{VigaTotal} = 169.154 \text{ kg}$$

$$m_{Viga Individual} = \frac{169.154 \text{ kg}}{4} = 42.288 \text{ kg}$$

$$F = m * g * FDS$$

$$F = 42.288 \text{ kg} * 9.81 \frac{m}{s^2} * 4 = 1628.5 \text{ kg} * \frac{m}{s^2} = 1628.5 \text{ N}$$

$$\frac{F}{d} = \frac{1658.832 \text{ N}}{1820 \text{ mm}} = 0.91 \frac{N}{mm}$$

Calculada la carga distribuida que soportara la viga se puede realizar el diagrama de fuerzas y momentos:

Figura 74

Diagrama de Cuerpo Libre de la barra

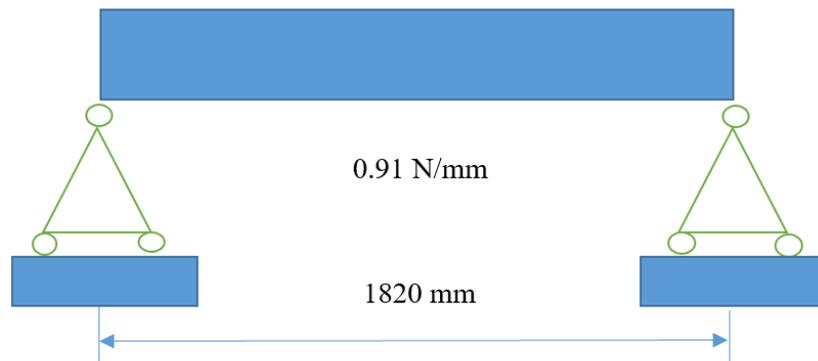
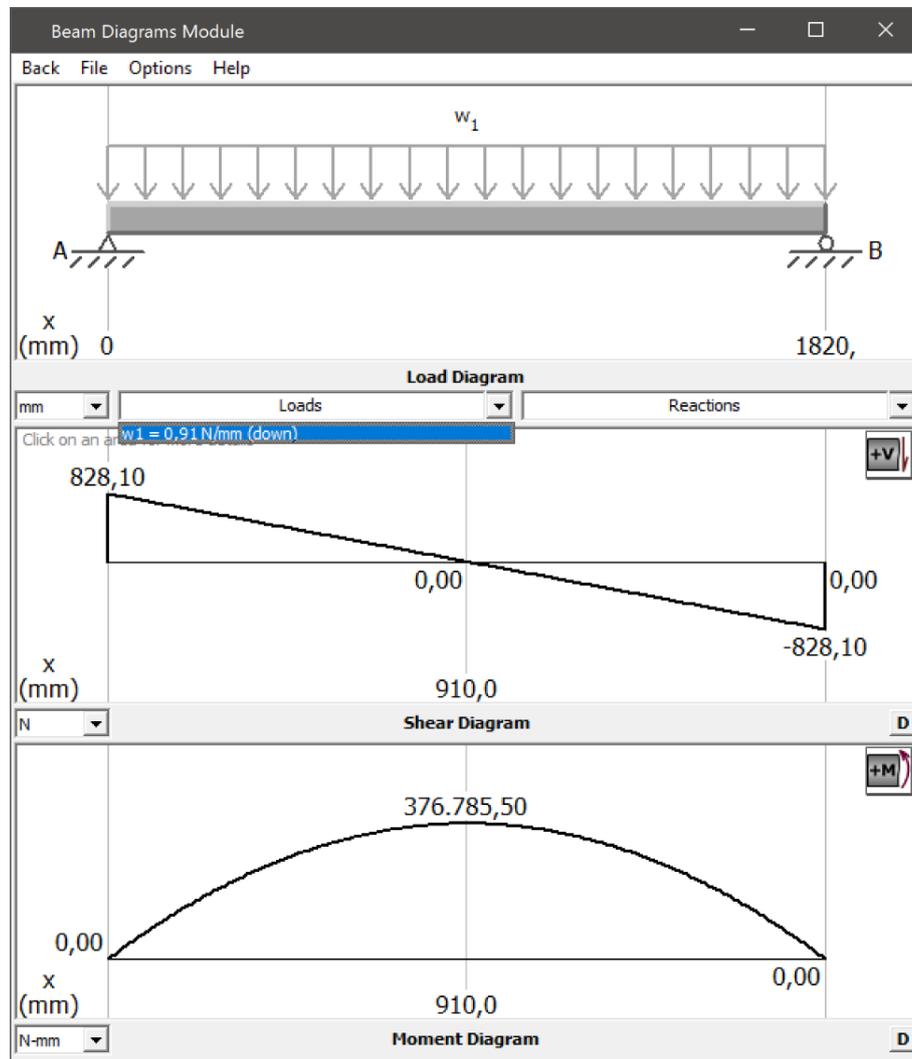


Figura 75

Diagrama de fuerzas y momentos de las vigas



Nota. Datos proporcionados por software de análisis estructural.

Una vez determinado el momento máximo se procede a encontrar el módulo de sección.

$$S_x = \frac{M_{\text{Máximo}}}{F_y}$$

$$S_x = \frac{376785.50 \text{ Nmm}}{250 \text{ MPa}}$$

$$S_x = \frac{376785.50 \text{ Nmm}}{250 \text{ MPa} * \frac{1 \text{ N/mm}^2}{1 \text{ MPa}}}$$

$$S_x = 1507.142 \text{ mm}^3 = 1.51 \text{ cm}^3$$

DIPAC facilita un manual para con características para selección de tubos cuadrados que se muestra en la Figura 76.

Figura 76

Dimensiones del Tubo Cuadrado

DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm2	I cm4	W cm3	i cm
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,65	1,94
50	3,0	4,48	5,61	21,20	8,48	1,91
60	2,0	3,66	3,74	21,26	7,09	2,39
60	3,0	5,42	6,61	35,06	11,69	2,34
75	2,0	4,52	5,74	50,47	13,46	2,97
75	3,0	6,71	8,41	71,54	19,08	2,92
75	4,0	8,59	10,95	89,98	24,00	2,87
100	2,0	6,17	7,74	122,99	24,60	3,99
100	3,0	9,17	11,41	176,95	35,39	3,94
100	4,0	12,13	14,95	226,09	45,22	3,89
100	5,0	14,40	18,36	270,57	54,11	3,84

Nota. Fotografía. Tomada de (DIPAC, 2020, pág. 22)

La sección calculada es de 1.5 cm^3 el catálogo muestra una sección de 2.74 cm^3 por lo que se selecciona el tubo cuadrado de 40x40x1.5 mm.

Selección de perfiles para columnas

Se tiene los siguientes datos para el cálculo de columnas de la estructura.

$$m_{Cuero} = \text{Masa del cuero} = 3.36 \text{ kg}$$

$$m_{Perfil} = \text{Masa del perfil} = 3.303 \text{ kg}$$

$$m_{Tambor} = \text{Masa del tambor} = 63222.38 \text{ gramos} = 67.419 \text{ kg}$$

$$m_{Cilindro-c100-0} = \text{Masa del cilindro neumático } \varnothing 100 \text{ con carrera } 0 = 8.53 \text{ kg}$$

$$m_{Cilindro-c-100-10} = \text{Masa del cilindro neumático } \varnothing 100 \text{ con carrera } 10 \text{ mm} = 0.075 \text{ kg}$$

$$m_{Cilindro-c32-0} = \text{Masa del cilindro neumático } \varnothing 32 \text{ con carrera } 0 = 0.67 \text{ kg}$$

$$m_{Cilindro-c-32-10} = \text{Masa del cilindro neumático } \varnothing 32 \text{ con carrera } 10 \text{ mm} = 0.015 \text{ kg}$$

$$m_{\varnothing 32} = \text{Masa del cilindro neumático de } \varnothing 32 = 0.02 \text{ kg}$$

$$m_{\varnothing 100} = \text{Masa del cilindro neumático de } \varnothing 100 = 0.20 \text{ kg}$$

$$m_{Tubo \text{ cuadrado } 100} = \text{Masa del tubo cuadrado soporte de la base} = 2.55 \text{ kg}$$

$$m_{Tubo \text{ cuadrado}} = \text{Masa del tubo cuadrado de las vigas} = 1.82 \text{ kg/m}$$

$$d_{Tubo \text{ cuadrado}} = \text{Distancia del tubo} = 1820 \times 4 + 979 \times 8 + 365 \times 6 + 187.5 \times 6 + 648 \times 2 = 19723 \text{ mm} = 19.723 \text{ m}$$

$$m_{equipo \text{ artificial}} \text{ de la máquina artificial} = 36 \text{ kg}$$

$$m_{Total \ C} = \text{Masa total para la selección de columnas}$$

$$F = \text{Carga total sobre la columna}$$

FDS = 4 (Es recomendable para Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas con diferentes cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente, sugerido por Robert (2006).

Como la estructura se encuentra rotación y traslación impedidas, se designa un factor $k = 0,65$ según la longitud efectiva

Longitud de Columnas = $L_{Columnas} = 988 \text{ mm}$

$$S_y = 320 \text{ MPa} = 46 \frac{\text{Klb}}{\text{pulg}^2} \text{ (ASTM A500)}$$

Con una relación de esbeltez, asumida inicialmente de $\frac{KL}{r} = 50$, se determina que

$F_a = 22.690 \text{ Kpsi}$,

Figura 77

Longitud Efectiva (K)

Tabla 5.1 Valores aproximados del factor de longitud efectiva, K.						
Las líneas punteadas muestran la forma pandeada de la columna	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Valor K teórico	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Valores recomendados de diseño cuando las condiciones reales son aproximadas	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Símbolos para las condiciones de extremo		Rotación y traslación impedidas				
		Rotación libre y traslación impedida				
		Rotación impedida y traslación libre				
		Rotación y traslación libres				

Nota: Fotografía. Tomado de (Mott, 2006, pág. 234)

Figura 78

Esfuerzos Permisibles de Columnas Acero Estructural

$\frac{KL}{r}$ ratio		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	F_a	27.540	27.480	27.420	27.360	27.300	27.230	27.160	27.090	27.020
10		26.950	26.870	26.790	26.720	26.630	26.550	26.470	26.380	26.210
20		26.110	26.020	25.930	25.830	25.730	25.640	25.540	25.430	25.230
30		25.120	25.010	24.900	24.790	24.680	24.560	24.450	24.330	24.100
40		23.970	23.850	23.730	23.600	24.480	23.350	23.220	23.090	22.830
50		22.690	22.560	22.420	22.280	22.140	22.000	21.860	21.720	21.430
60		21.280	21.130	20.980	20.830	20.680	20.530	20.370	20.220	19.900
70		19.740	19.580	19.420	19.260	19.100	18.930	18.760	18.600	18.260
80		18.080	17.910	17.740	17.560	17.390	17.210	17.030	16.850	16.480
90		16.300	16.120	15.930	15.740	15.550	15.360	15.170	14.970	14.580

Nota: Fotografía. Tomado de (AISC, 1963)

Al tener 4 columnas la fuerza se divide entre 4.

$$\begin{aligned}
 m_{Total\ C} = & \frac{m_{Cuero}}{4} + 2 * \frac{m_{Perfil}}{4} + \frac{m_{Tambor}}{4} + 3 \\
 & * \frac{m_{Cilindro-c100-0}}{4} + 3 * \frac{m_{Cilindro-c-100-10}}{4} + 4 \\
 & * \frac{m_{Cilindro-c32-0}}{4} + 4 * \frac{m_{Cilindro-c-32-10}}{4} * 10 \\
 & + m_{\emptyset 32} + 3 * \frac{m_{\emptyset 100}}{4} + 3 * \frac{m_{Tubo\ cuadrado\ 100}}{4} \\
 & + m_{Tubo\ cuadrado} + \frac{m_{equipo\ artificial}}{4}
 \end{aligned} \tag{3.36}$$

$$\begin{aligned}
 m_{Total\ C} = & \frac{3.36\ kg}{4} + 2 * \frac{3.303\ kg}{4} + \frac{67.419\ kg}{4} + 3 * \frac{8.53\ kg}{4} + 3 * \frac{0.075\ kg}{4} + 4 * \frac{0.67\ kg}{4} + \\
 & 4 * \frac{0.015\ kg}{4} * 10 + 0,02\ kg + 3 * \frac{0,20\ kg}{4} + 3 * \frac{2,55\ kg}{4} + 1.82\ \frac{kg}{m} * 19.723\ m + \frac{36kg}{4}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m_{Total\ C} = & 0.84\ kg + 1.515\ kg + 16.85\ kg + 6.3975\ kg + 0.056\ kg + 0.67\ kg \\
 & + 0.15\ kg + 0.02\ kg + 0.15\ kg + 1.9125\ kg + 36\ kg + 9\ kg
 \end{aligned}$$

$$m_{Total\ C} = 75.247\ kg$$

$$F_{Total\ C} = m_{Total\ C} * g * S$$

$$F_{Total\ C} = 75.247kg * 9.81\ \frac{m}{s^2} * 4$$

$$F_{Total\ C} = 2951.666\ kg\ \frac{m}{s^2}$$

$$F_{Total\ C} = 2951.666\ N = 663.561\ lbf$$

Teniendo la fuerza se determina el Área de la Sección del Perfil.

$$A = \frac{P}{Fa}$$

Donde:

$$A = \text{Área } cm^2$$

$$P = F = \text{Carga total ejercida sobre la columna} = 663.561 \text{ lbf}$$

$$F_a = 22\,690 \text{ psi}$$

$$A = \frac{663.561 \text{ lb}}{22\,690 \frac{\text{lb}}{\text{pulg.}^2}} = 0.029 \text{ pulg.}^2 = 0.189 \text{ cm}^2$$

En función de la base de 0.2 cm^2 y por la facilidad de adquisición al adquirir material para las vigas se elegirá el mismo material de las vigas seleccionadas para las columnas, el cual es de $40 \times 40 \times 1.5$, la cual tiene las siguientes características que son:

$$\text{Perfil Cuadrado} = 40 \times 40 \times 1.5$$

$$\text{Área} = 2.25 \text{ cm}^2 = 0.35 \text{ pulg}^2$$

$$r = 1.56 \text{ cm}$$

Para determinar la relación de esbeltez y la constante de columna se toma de referencia el libro de resistencia de materiales de (Mott, 2006).

$$\frac{KL}{r} = \frac{0.65 \times 98.8 \text{ cm}}{1.56 \text{ cm}} = 41.2$$

A continuación, se describe la constante de columna

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} = \sqrt{\frac{2\pi^2 * 29007,55 \text{ kpsi}}{36 \text{ kpsi}}} = 126.1157$$

$$\frac{KL}{r} < C_c \quad (3.37)$$

$$41.2 < 126.11574$$

Como la relación de esbeltez es menor que la constante de columna se emplea la formula parabólica para determina la fuerza admisible.

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}{2Cc^2} \right] F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3\left(\frac{KL}{r}\right)}{8Cc} - \frac{\left(\frac{KL}{r}\right)^3}{8Cc^3}} \quad (3.38)$$

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(41.2)^2}{2 \times 126.1157^2} \right] \times 36 \text{ kpsi}}{\frac{5}{3} + \frac{3(41.2)}{8 \times 126.1157} - \frac{(41.2)^3}{8 \times 126.1157^3}} = \frac{34.1 \text{ kpsi}}{1.785} = 19.1 \text{ kpsi}$$

Por lo que la carga a definir es:

$$P_c = F_a \times A = 19.1 \text{ kpsi} \times 1000 \frac{\text{psi}}{\text{kpsi}} \times 0.35 \text{ pulg}^2 = 6685 \text{ lb}$$

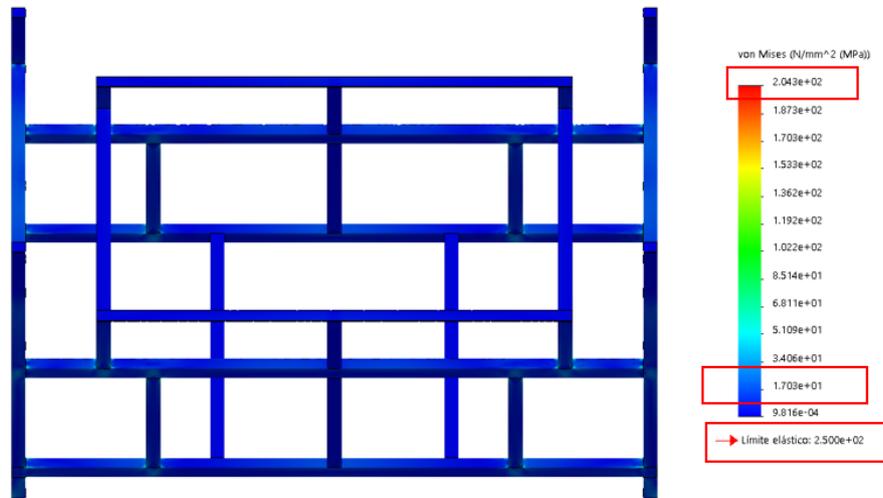
$$P_c > P_r \quad \text{Ecu. 38}$$

$$6685 \text{ lb} > 663.561 \text{ lb}$$

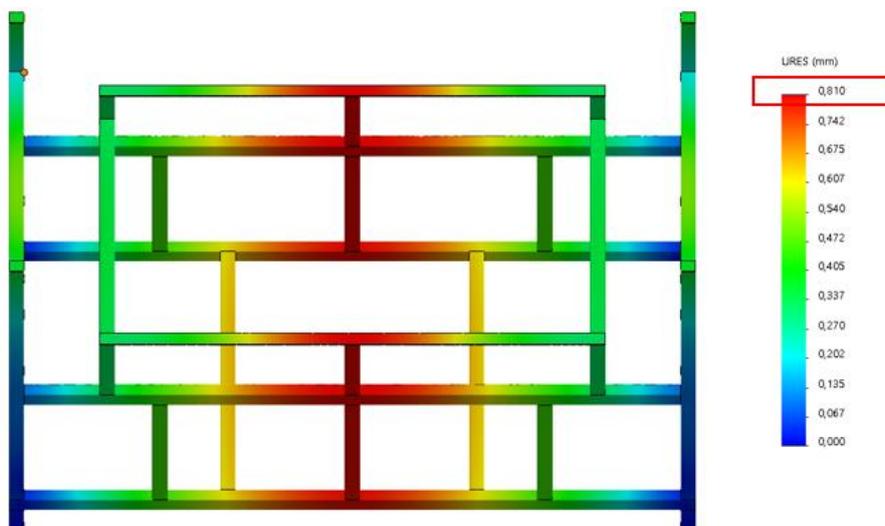
Como la carga generada es mayor al requerido se da por aceptado, la validación del perfil 40 x 40 x 1.5 mm.

Análisis de la estructura

Para el análisis de la estructura se estableció como material principal el que se seleccionó previamente que es el Acero ASTM A36 en este caso proporcionado por DIPAC.

Figura 79*Análisis de Tensiones*

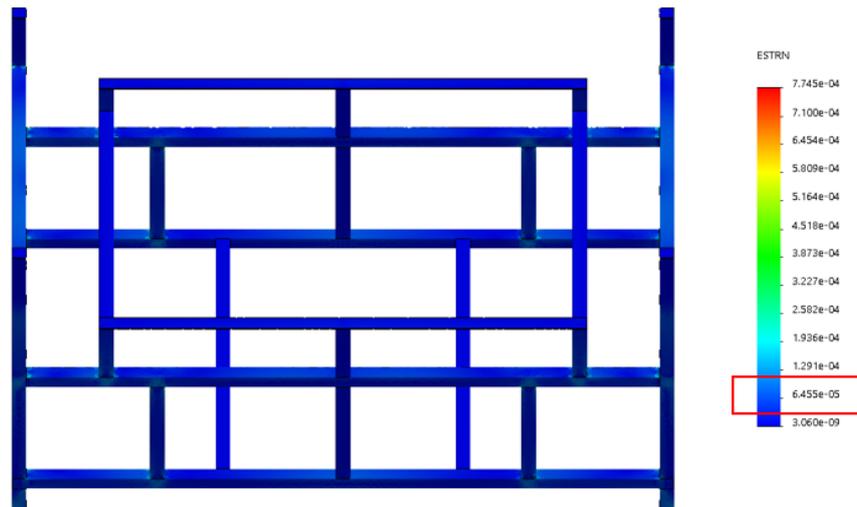
Tensiones equivalentes de acuerdo con VON Mises, son consideradas aceptables, ya que se puede observar que la máxima resistencia que la estructura podría soportar es de 204.3 MPa, donde su resistencia máxima es de 250 MPa, visualizando que la mayor parte de la resistencia, del material está en 17.03 MPa, verificando el color azulado según la escala de colores, como se puede observar en la Figura 79.

Figura 80*Análisis de Desplazamiento*

Desplazamiento en mm, basado en los datos recopilados, muestra que la máxima deformación ocurre con un desplazamiento de 0.81 mm la cual es mínima, sin representar mayor deformación, como se indica en la Figura 80.

Figura 81

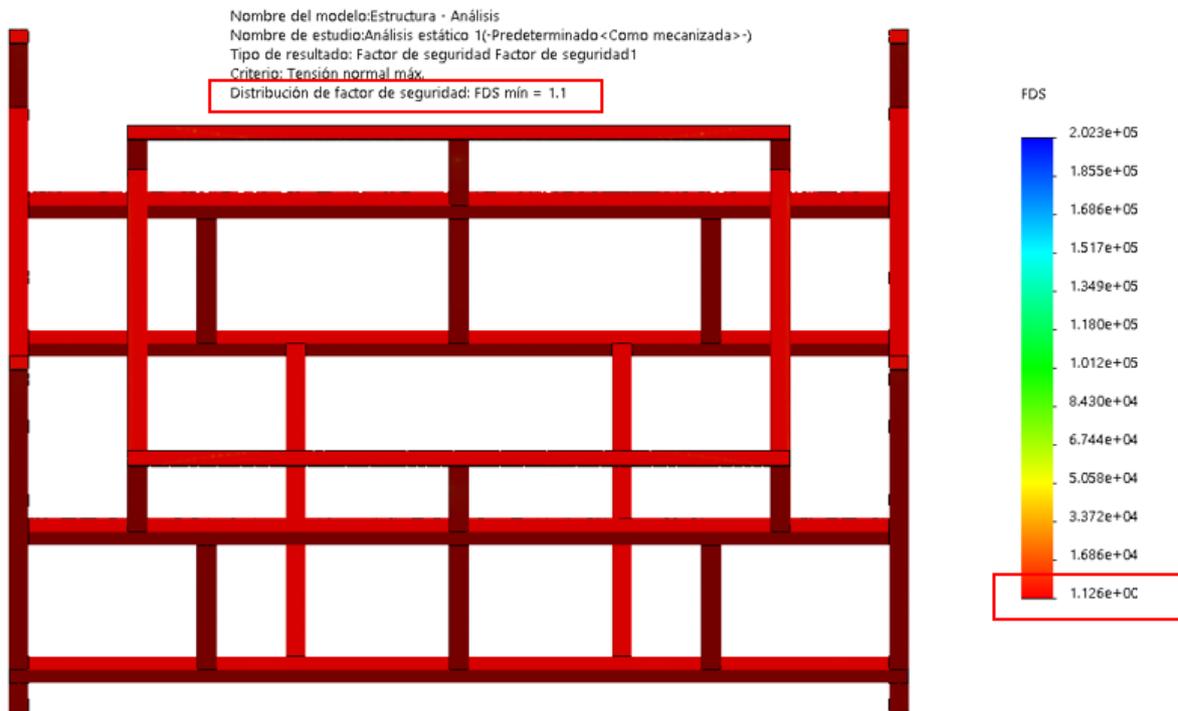
Análisis de Deformación Unitaria



Deformación Unitaria, al igual que las tensiones generadas, se consideran aceptables, ya que se puede observar que en la región donde se produce la deformación unitaria más alta, se obtiene un valor de 0.00006455. Este valor concuerda con la representación en color azul según la escala de colores, tal como se muestra en la Figura 81.

Figura 82

Análisis del Factor de Seguridad



Factor de Seguridad, el FDS mínimo resultante bajo el criterio de Tensión de Von Mises Máximo es de 1.1, el cual es aceptable, pues la carga aplicada tenía un factor de 4, entonces la carga empleada sería de $1.1 \times 4 = 4.4$, por lo que según la recomendación del libro de Diseño de Elementos de Máquinas de (Mott, 2006), el cual recomienda utilizar un factor que de entre 2.5 y 4, el cual se emplea para el diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas con diferentes cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente. Por lo que como se nota que es de 4.4, y el factor de seguridad no sería extremadamente alto del recomendado se da por aceptado el factor de seguridad.

Análisis del tambor

Figura 83

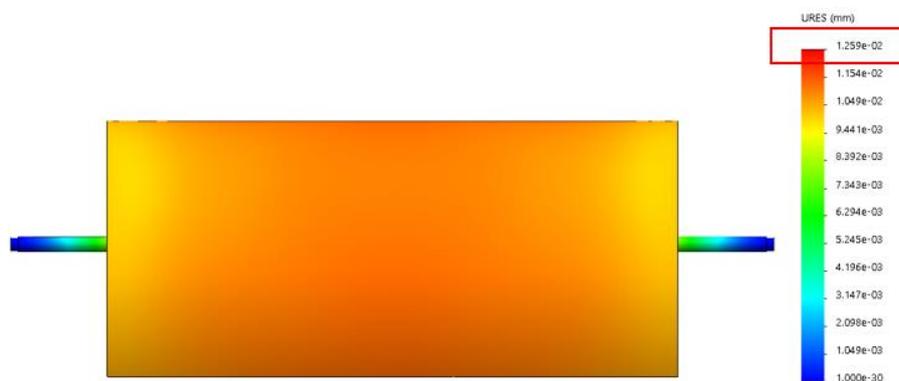
Análisis de Tensiones del tambor



Tensiones equivalentes según el criterio de VON Mises, son consideradas aceptables, ya que se puede observar que la máxima resistencia que el tambor podría soportar es de 3.1 MPa, donde su resistencia máxima es de 250 MPa, visualizando que la mayor parte de la resistencia, del material está en 0.262 MPa, verificando el color azulado según la escala de colores, como indica la Figura 83.

Figura 84

Análisis de Desplazamiento del tambor



Desplazamiento en mm, según los datos originados la deformación máxima que se da por el desplazamiento es de 0.013 mm la cual es mínima, sin representar mayor deformación, detallado de mejor manera en la Figura 84.

Figura 85

Análisis de Deformación Unitaria del tambor



Deformación Unitaria, al igual que las Tensiones originadas son aceptables, en vista que se puede distinguir, que en la parte donde se genera mayor deformación unitaria, da un valor de 0.000001121, verificando el color azulado según la escala de colores, como se indica en la Figura 85.

Figura 86

Análisis del Factor de Seguridad del tambor



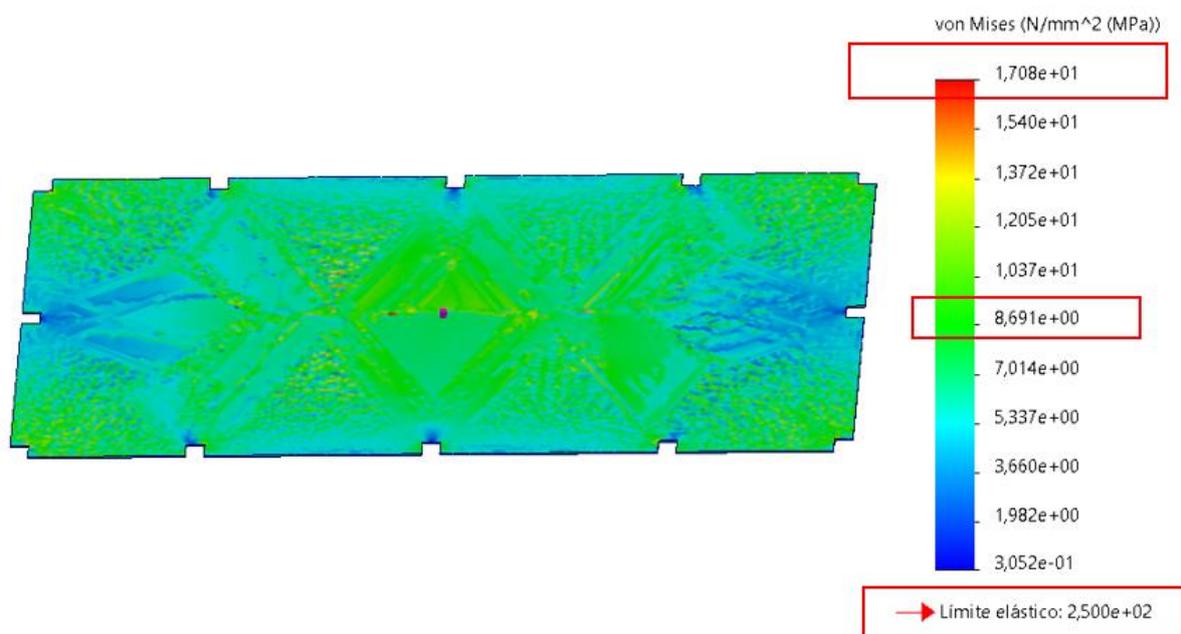
Factor de Seguridad, la Figura 86 muestra el FDS mínimo resultante aplicando el criterio de Tensión de Von Mises Máximo es de 80, el cual es aceptable, por lo que según la

recomendación del libro de Diseño de Elementos de Máquinas de Robert Mott (2006), el cual recomienda utilizar un factor que de entre 2.5 y 4, el cual se emplea para diseñar estructuras estáticas o componentes de máquinas bajo cargas en movimiento con distintas cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente, visualizando que este es muy superior al deseado.

Análisis de la plancha base inferior

Figura 87

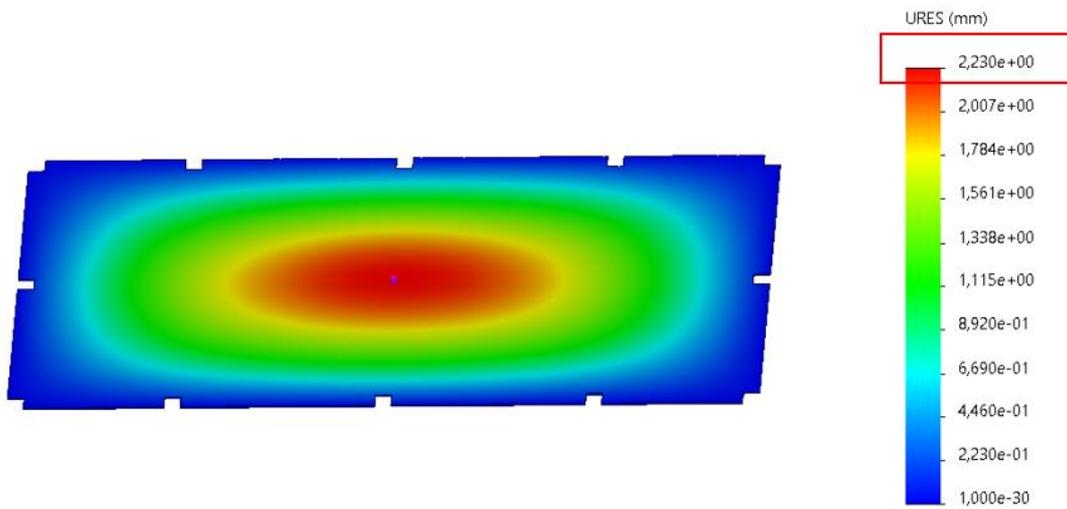
Análisis de Tensiones de la plancha inferior



Tensiones equivalentes según VON Mises, es aceptable, en vista que se puede distinguir, que la resistencia máxima que soportaría la plancha inferior, es de 17.8 MPa, donde su resistencia máxima es de 250 MPa, visualizando que la mayor parte de la resistencia, del material está en 8.7 MPa, verificando el color verdoso según la escala de colores, como se muestra en la Figura 87.

Figura 88

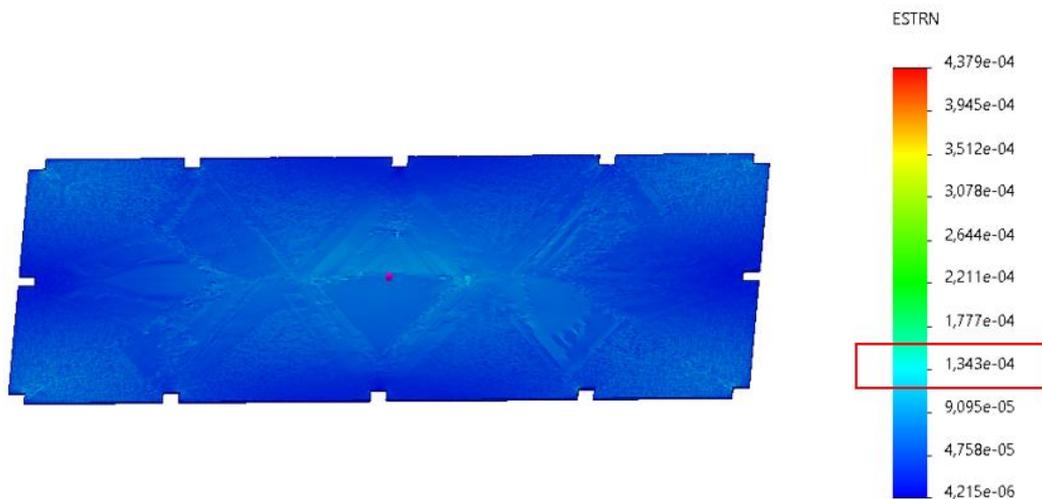
Análisis de Desplazamiento de la plancha inferior



Desplazamiento en mm, en mm, según los datos originados la deformación máxima que se da por el desplazamiento es de 2.23 mm la cual es mínima, sin representar mayor deformación, detallado de mejor manera en la Figura 88.

Figura 89

Análisis de Deformación Unitaria de la plancha inferior

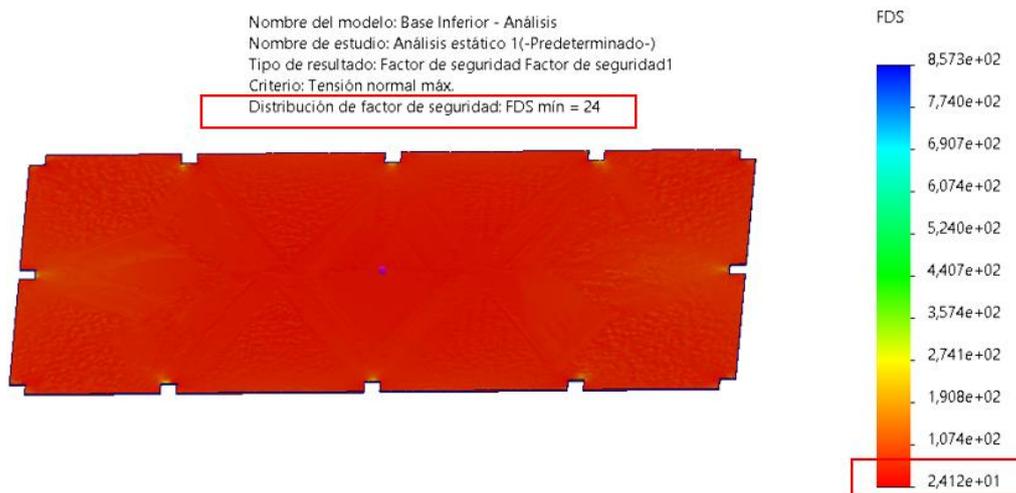


Deformación Unitaria, al igual que las Tensiones originadas son aceptables, en vista que se puede distinguir, que en la parte donde se genera mayor deformación unitaria,

da un valor de 0.0001343, verificando el color celeste según la escala de colores., como se indica en la Figura 89.

Figura 90

Análisis del Factor de Seguridad de la plancha inferior



Factor de Seguridad, la Figura 90 muestra el FDS mínimo resultante bajo el criterio de Tensión Normal Máxima es de 24, el cual es aceptable, por lo que según la recomendación del libro de Diseño de Elementos de Máquinas de Robert Mott (2006), el cual recomienda utilizar un factor que de entre 2.5 y 4, el cual se emplea para el diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas con diferentes cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente, visualizando que este es muy superior al deseado.

Diseñados todos los elementos mecánicos se realiza un resumen de las características de cada uno en la Tabla 5.

Tabla 5

Características de cada elemento mecánico diseñado.

Elemento	Descripción
Tambor	$L_{\text{tambor}} = \text{Largo del tambor} = 1300 \text{ mm}$ $A_{\text{tambor}} = \text{Ancho del tambor} = 819 \text{ mm}$ $e_{\text{tambor}} = \text{Espesor del tambor} = 3 \text{ mm}$ $A_{\text{arco}} = \text{Altura del arco del tambor} = 213 \text{ mm}$ $A_{\text{tambor}} = \text{Arco de la plancha del tambor} = 960 \text{ mm}$
Barras Laterales	$L_{\text{barras}} = \text{Largo de la barra} = 1685 \text{ mm}$ Canal G = 60 x 30 x 10 x 2 mm
Cilindros Neumáticos de elevación del tambor	$D_{\text{Embolo}} = \text{Diámetro del Embolo} = 100 \text{ mm}$ $F_{\text{Avance}} = \text{Fuerza de Avance} = 4712 \text{ N}$ $F_{\text{Retroseso}} = \text{Fuerza de Retroceso} = 4418 \text{ N}$ $R_{\text{Interior}} = \text{Rosca Interior del vástago} = \text{M12}$ $R_{\text{Especial}} = \text{Rosca Especial del vástago} = \text{M20}$ $R_c = \text{Relación de compresión} = 6,92$
Cilindros Neumáticos soporte de elevación de los laterales	$D_{\text{Embolo.L}} = \text{Diámetro del Embolo del lateral} = 32 \text{ mm}$ $F_{\text{Avance.L}} = \text{Fuerza de Avance del lateral} = 483 \text{ N}$ $F_{\text{Retroseso.L}} = \text{Fuerza de Retroceso del lateral} = 415 \text{ N}$ $R_{\text{Interior.L}} = \text{Rosca Interior del vástago} = \text{M10x1.25}$ $R_{\text{Especial.L}} = \text{Rosca Especial del vástago} = \text{M6}$ $R_c = \text{Relación de compresión} = 6,92$
Bases de Cilindros Neumáticos Ø 32 mm	$L_{\text{BASE.1}} = \text{Largo de la base} = 35 \text{ mm}$ $A_{\text{BASE.1}} = \text{Ancho de la base} = 35 \text{ mm}$ $e_{\text{BASE.1}} = \text{Espesor de la base} = 2 \text{ mm}$
Bases de Cilindros Neumáticos Ø 100 mm	$L_{\text{BASE.2}} = \text{Largo de la base 2} = 110 \text{ mm}$ $A_{\text{BASE.2}} = \text{Ancho de la base 2} = 110 \text{ mm}$

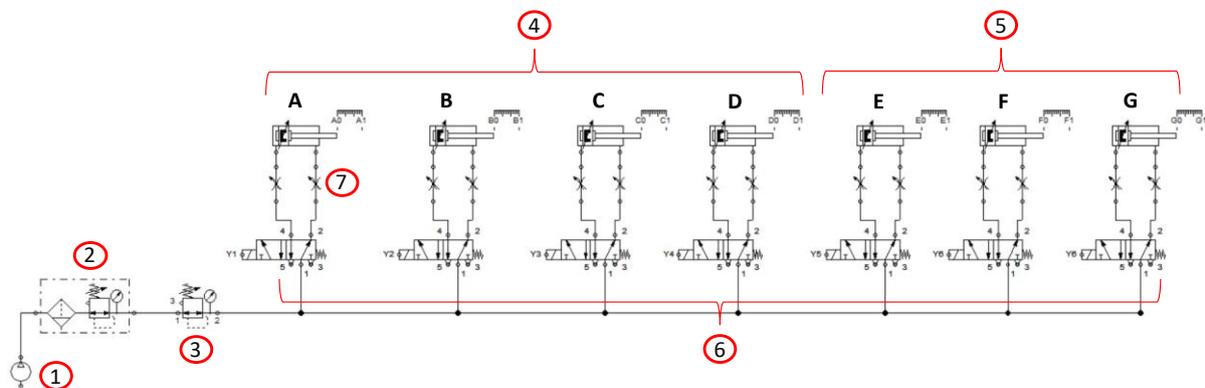
Elemento	Descripción
	$e_{BASE.2}$ = Espesor de la base 2 = 2 mm
Soporte de la Base del Cilindro Neumático Ø 100 mm	T= Tubo soporte de 413 mm D = Medidas del tubo = 100x100x2 mm
Base Inferior de la Plancha	$L_{BASE.I}$ = Largo de la base inferior = 1820 mm $A_{BASE.I}$ = Ancho de la base inferior = 979 mm $e_{BASE.I}$ = Espesor de la base inferior = 4 mm
Estructura Soporte	$L_{ESTRUCTURA}$ = Largo de la estructura = 1820 mm $A_{ESTRUCTURA}$ = Ancho de la estructura = 979 mm $H_{ESTRUCTURA}$ = Alto de la estructura = 988 mm Tubo estructural = 40 x 40 x 1.5 mm

Diseño del control electro neumático

La Figura 91 detalla los elementos que conforman el sistema electro neumático para el proceso de estirado del cuero mediante el uso de siete cilindros neumáticos, los cuales serán activados mediante electroválvulas y realizando la secuencia necesaria para sujetar y estirar el cuero.

Figura 91

Esquema electro neumático.



1. Compresor
2. Unidad de mantenimiento FRL
3. Válvula reguladora de presión con manómetro
4. Cilindros neumáticos doble efecto de las barras laterales de sujeción del cuero
5. Cilindros neumáticos doble efecto del tambor de estirado
6. Electroválvulas 5/2 vías, con accionamiento eléctrico y retorno por muelle.
7. Válvulas estranguladoras o reguladoras de caudal.

Dentro de las instalaciones de FAME S.A. en el área de calzado existe equipo neumático vigente como es un compresor tipo tornillo, con sus respectivos datos técnicos indicados en la Tabla 6.

Tabla 6

Descripción del equipo neumático vigente.

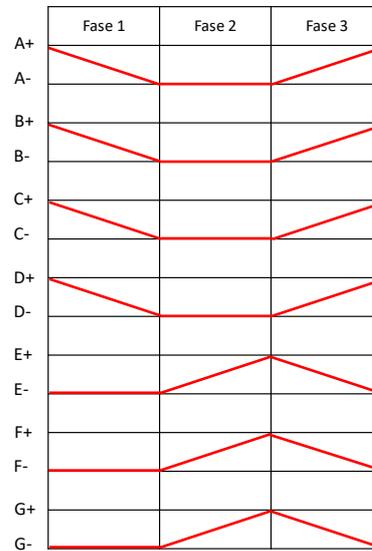
Descripción	Presión (PSI)	Potencia (HP)	Caudal de aire generado (l/s)
Compresor tipo tornillo	131	25	47,7

La Figura 92 muestra el ciclo de trabajo de los cilindros, cabe recalcar que al energizar la máquina de inmediato los cilindros neumáticos de las barras laterales para sujetar el cuero se accionan previo a iniciar la secuencia de los cilindros, es decir el estado inicial de los cilindros A, B, C, y D es en avance.

Secuencia: (A- B- C- D-) (E+ F+ G+) (A+ B+ C+ D+ E- F- G-)

Figura 92

Diagrama de fase.

**Cálculo de consumo de fluido por minuto (caudal) de la máquina**

Datos para el cálculo de consumo:

A_{avance} : Área de avance

$A_{retroceso}$: Área de retroceso

D : Diámetro del embolo

l : carrera del cilindro

V_{avance} : Volumen de avance

C_{8Bar} : Consumo a 8 bar

c : ciclos por minuto

C_{avance} : consumo de avance

$C_{retroceso}$: consumo de retroceso

$C_{cilindro}$: consumo total del cilindro

C_{tambor} : consumo del tambor de estirado

$C_{prensas}$: consumo de las prensas de estirado

$C_{maquina}$: consumo total de la máquina

A_v : Área del vástago

Cálculos consumo de avance del cilindro

Para calcular tanto el caudal como el volumen se basa en la formulas proporcionadas por (González & Parrondo, 2005), en su libro Problemas de oleo hidráulica y neumática.

$$A_{avance} = 0.0078533m^2$$

$$D = 100mm$$

$$l = 100mm = 0.1m$$

$$c = 0.2 \frac{ciclos}{min}$$

$$V_{avance} = A_{avance} * l \tag{3.39}$$

$$V_{avance} = (0.0078533m^2)(0.1m)$$

$$V_{avance} = 0.00078533m^3$$

El V_{avance} es a 1 bar, para conseguir el volumen que se consume a 8 bar se multiplica el volumen de avance por 8 bares.

$$C_{8Bar} = V_{avance} * 8 \tag{3.40}$$

$$C_{8Bar} = 0.00078533m^3 * 8$$

$$C_{8Bar} = 0.00628264m^3$$

$$C_{8Bar} = 6.28264l$$

$$C_{avance} = c * C_{8Bar} \quad (3.41)$$

$$C_{avance} = 0.2 \frac{\text{ciclos}}{\text{min}} * 6.28264l$$

$$C_{avance} = 1.256528 \frac{l}{\text{min}}$$

El consumo de avance sería de 1.25 l/min.

Cálculos consumo de retroceso del cilindro

Se calcula el área del vástago del cilindro a través de su diámetro igual a 20mm, el cual se debe restar del área de avance para obtener el área de retroceso.

$$A_v = \frac{\pi * d^2}{4}$$

$$A_v = \frac{\pi * (0.020)^2}{4}$$

$$A_v = 0.00031415m^2$$

Se calcula el área de retroceso

$$A_{retroceso} = A_{avance} - A_v \quad (3.42)$$

$$A_{retroceso} = 0.0078533m^2 - 0.00031415m^2$$

$$A_{retroceso} = 0.00753914m^2$$

$$V_{retroceso} = A_{retroceso} * l$$

$$V_{retroceso} = (0.00753914m^2)(0.1m)$$

$$V_{retroceso} = 0.000753914m^3$$

El $V_{retroceso}$ es a 1 bar, para conseguir el volumen que se consume a 8 bar se multiplica el volumen de retroceso por 8 bares.

$$C_{8Bar} = V_{retroceso} * 8 \quad (3.43)$$

$$C_{8Bar} = 0.000753914m^3 * 8$$

$$C_{8Bar} = 0.0060313m^3$$

$$C_{8Bar} = 6.0313l$$

Por lo tanto, el consumo de avance es:

$$C_{retroceso} = c * C_{8Bar}$$

$$C_{retroceso} = 0.2 \frac{ciclos}{min} * 6.0313l$$

$$C_{retroceso} = 1.2062 \frac{l}{min}$$

El consumo total del cilindro es la suma del consumo tanto de avance como de retroceso.

$$C_{cilindro} = C_{avance} + C_{retroceso} \quad (3.44)$$

$$C_{cilindro} = 1.256528 \frac{l}{min} + 1.2062 \frac{l}{min}$$

$$C_{cilindro} = 2.46279 \frac{l}{min}$$

Para el tambor se usan 3 cilindros neumáticos, por lo tanto el consumo de un cilindro se multiplica por los 3 cilindros usados.

$$C_{tambor} = 2.46279 \frac{l}{min} * 3$$

$$C_{tambor} = 7.3883 \frac{l}{min}$$

Cálculos consumo de avance del cilindro para los cilindros de barras laterales de sujeción

$$A_{avance} = 0.000805m^2$$

$$D = 32mm$$

$$l = 100mm = 0.1m$$

$$c = 0.2 \frac{ciclos}{min}$$

$$V_{avance} = A_{avance} * l$$

$$V_{avance} = (0.000805m^2)(0.1m)$$

$$V_{avance} = 0.000805m^3$$

El V_{avance} es a 1 bar, para conseguir el volumen que se consume a 8 bar se multiplica el volumen de avance por 8 bares.

$$C_{8Bar} = V_{avance} * 8$$

$$C_{8Bar} = 0.000805m^3 * 8$$

$$C_{8Bar} = 0.00644m^3$$

$$C_{8Bar} = 0.644l$$

$$C_{avance} = c * C_{8Bar}$$

$$C_{avance} = 0.2 \frac{ciclos}{min} * 0.644l$$

$$C_{avance} = 0.128 \frac{l}{min}$$

El consumo avance es de 0.128 l/min

Cálculos consumo de retroceso del cilindro

Se calcula el área del vástago del cilindro a través de su diámetro igual a 20mm, para restarlo del área de avance y obtener el área de retroceso.

$$A_v = \frac{\pi * d^2}{4}$$

$$A_v = \frac{\pi * (0.01)^2}{4}$$

$$A_v = 0.000078539m^2$$

Se realiza el cálculo de área de retroceso

$$A_{retroceso} = A_{avance} - A_v$$

$$A_{retroceso} = 0.000805m^2 - 0.000078539m^2$$

$$A_{retroceso} = 0.00072646m^2$$

$$V_{retroceso} = A_{retroceso} * l$$

$$V_{retroceso} = (0.00072646m^2)(0.1m)$$

$$V_{retroceso} = 0.000072646m^3$$

El $V_{retroceso}$ es a 1 bar, para conseguir el volumen que se consume a 8 bar se multiplica el volumen de retroceso por 8 bares.

$$C_{8Bar} = V_{retroceso} * 8$$

$$C_{8Bar} = 0.000072646m^3 * 8$$

$$C_{8Bar} = 0.00058116m^3$$

$$C_{8Bar} = 0.58116l$$

$$C_{retroceso} = c * C_{8Bar}$$

$$C_{retroceso} = 0.2 \frac{\text{ciclos}}{\text{min}} * 0.58116l$$

$$C_{retroceso} = 0.11623 \frac{l}{\text{min}}$$

El consumo total del cilindro es la suma del consumo tanto de avance como de retroceso.

$$C_{cilindro} = C_{avance} + C_{retroceso}$$

$$C_{cilindro} = 0.128 \frac{l}{\text{min}} + 0.11623 \frac{l}{\text{min}}$$

$$C_{cilindro} = 0.24423 \frac{l}{\text{min}}$$

La prensa de sujeción se usa 4 cilindros neumáticos por ende el consumo de un cilindro se multiplica por los 4 cilindros usados.

$$C_{prensas} = 0.24423 \frac{l}{\text{min}} * 4$$

$$C_{prensas} = 0.9769 \frac{l}{\text{min}}$$

Para calcular el consumo total de la máquina se debe sumar los consumos del tambor y las prensas de sujeción.

$$C_{maquina} = C_{tambor} + C_{prensas}$$

$$C_{maquina} = 7.3883 \frac{l}{\text{min}} + 0.24423 \frac{l}{\text{min}}$$

$$C_{maquina} = 8.365 \frac{l}{\text{min}}$$

El caudal generado por el compresor de la empresa es de 47,7 l/s por lo cual abastece satisfactoriamente el consumo requerido por la maquina estiradora de cuero.

Cálculo de Kv y Cv (capacidad de válvula)

Datos:

t_a : tiempo de avance del cilindro

t_r : tiempo de retroceso del cilindro

ΔP : pérdida de carga de la válvula

T : temperatura del aire

P_e : presión de entrada de la válvula

P_s : presión de salida de la válvula

V_a : volumen de avance

V_r : volumen de retroceso

Q_a : caudal de avance

Q_r : caudal de retroceso

G_s : gravedad específica con respecto al aire

KV_a : capacidad de válvula en el avance $\left(\frac{m^3}{h}\right)$

KV_r : capacidad de válvula en el retroceso $\left(\frac{m^3}{h}\right)$

CV_a : capacidad de válvula en el avance $\left(\frac{gal}{min}\right)$

CV_r : capacidad de válvula en el retroceso $\left(\frac{gal}{min}\right)$

KV y CV de válvulas para cilindros de tambor de estiramiento

Cálculos capacidad de válvula en el avance

Serrano (2010) define el caudal como la cantidad de aire que atraviesa un conducto de un elemento neumático en un tiempo determinado que circula por ese conducto. Por lo general, se expresa en l/min o m³/h, además proporciona la siguiente fórmula para calcular el caudal.

$$Q_a = \frac{V_a}{t_a} \quad (3.45)$$

$$Q_a = \frac{0.00078533m^3}{2.5s}$$

$$Q_a = 3.14132 * 10^{-4} \frac{m^3}{s}$$

$$Q_a = 1.130875 \frac{m^3}{h}$$

$$P_s = P_e - \Delta_P \quad (3.46)$$

$$P_s = 8bar - 0.25bar$$

$$P_s = 7.75bar$$

Para calcular la capacidad en la válvula de avance se basa en la formula del libro mecánica de materiales de (Mott, 2006).

$$KV_a = \frac{Q_a}{328} \sqrt{\frac{G_s T}{\Delta_P (P_s + P_e)}} \quad (3.47)$$

$$KV_a = \frac{1.130875}{328} \sqrt{\frac{(1)(297.15)}{(0.25)(8 + 7.75)}}$$

$$KV_a = 0.02995 \frac{m^3}{h}$$

$$CV_a = 0.1318 \frac{gal}{min}$$

Cálculos capacidad de válvula en el retroceso

$$Q_r = \frac{V_r}{t_r} \quad (3.48)$$

$$Q_r = \frac{0.000753914m^3}{2.5s}$$

$$Q_r = 3.015656 * 10^{-4} \frac{m^3}{s}$$

$$Q_r = 1.085636 \frac{m^3}{h}$$

$$P_s = P_e - \Delta_p$$

$$P_s = 8bar - 0.25bar$$

$$P_s = 7.75bar$$

$$KV_r = \frac{Q_r}{328} \sqrt{\frac{G_s T}{\Delta_p (P_s + P_e)}}$$

$$KV_r = \frac{1.085636}{328} \sqrt{\frac{(1)(297.15)}{(0.25)(8 + 7.75)}}$$

$$KV_r = 0.02875 \frac{m^3}{h}$$

$$CV_r = 0.1265 \frac{gal}{min}$$

KV y CV de válvulas para cilindros de barras laterales de sujeción

$$V_a = 0.0000805m^3$$

$$V_r = 0.0000726m^3$$

$$t_a = 2.5 s$$

$$t_r = 2 s$$

$$\Delta_p = 0.25bar$$

$$P_e = 8bar$$

$$T = 24^\circ C = 297.15^\circ K$$

$$G_s = 1$$

Cálculos capacidad de válvula en el avance

$$Q_a = \frac{V_a}{t_a}$$

$$Q_a = \frac{0.0000805m^3}{2.5s}$$

$$Q_a = 3.22 * 10^{-5} \frac{m^3}{s}$$

$$Q_a = 0.11592 \frac{m^3}{h}$$

$$P_s = P_e - \Delta_p$$

$$P_s = 8bar - 0.25bar$$

$$P_s = 7.75bar$$

$$KV_a = \frac{Q_a}{328} \sqrt{\frac{G_s T}{\Delta_p (P_s + P_e)}}$$

$$KV_a = \frac{0.11592}{328} \sqrt{\frac{(1)(293.15)}{(0.25)(8 + 7.75)}}$$

$$KV_a = 0.003070 \frac{m^3}{h}$$

$$CV_a = 0.0135 \frac{gal}{min}$$

Cálculos capacidad de válvula en el retroceso

$$Q_r = \frac{V_r}{t_r}$$

$$Q_r = \frac{0.0000726m^3}{2.5s}$$

$$Q_r = 2.904 * 10^{-5} \frac{m^3}{s}$$

$$Q_r = 0.105444 \frac{m^3}{h}$$

$$P_s = P_e - \Delta_P$$

$$P_s = 8bar - 0.25bar$$

$$P_s = 7.75bar$$

$$KV_r = \frac{Q_r}{328} \sqrt{\frac{G_s T}{\Delta_P (P_s + P_e)}}$$

$$KV_r = \frac{0.105444}{328} \sqrt{\frac{(1)(293.15)}{(0.25)(8 + 7.75)}}$$

$$KV_r = 0.002792 \frac{m^3}{h}$$

$$CV_a = 0.0122 \frac{gal}{min}$$

Selección de componentes mecánicos y neumáticos.

A continuación, se detallan todos los elementos que se deben utilizar en la máquina a escala real.

Tabla 7

Elementos para la máquina estiradora de cuero

Elemento	Descripción
Cuatro cilindros redondos de acero inoxidable de doble efecto	Marca FESTO CRDSNU. Diámetro de embolo 32 mm.
Tres cilindros redondos de acero inoxidable de doble efecto	Marca FESTO CRDSNU. Diámetro de embolo 100 mm.
Plancha laminada en caliente para el tambor	Marca DIPAC Espesor de 3mm
Plancha de acero ASTM36 para base de cilindro neumático de diámetro 100 mm y diámetro 32 mm	Marca DIPAC Espesor 3mm
Perfil en G DIPAC para barras laterales o móviles	Marca DIPAC Dimensiones 60x30x10x2
Plancha de acero ASTM36 de la base inferior y tapas	Marca DIPAC Espesor 2mm
Perfil cuadrado	Marca DIPAC Dimensiones 40X40X1.5 mm
Rodamientos	Marca SKF Modelo 7202 BEP Marca SKF Modelo 7206 BEP
Compresor tipo tornillo	131 PSI
Unidad de mantenimiento	NPT ¼" 40 micras

Elemento	Descripción
Válvula reguladora de presión con manómetro	Presión de trabajo 1.5 a 9 Bar Temperatura de trabajo 5 a 60°C
Electroválvulas 5/2 vías	Accionamiento eléctrico y retorno por muelle
Válvulas estranguladoras	Flujo min 280 l/min
Solenoide AIRTAC	Temperatura de trabajo 20 a 70°C
Breaker 2 Polos	10 amperios 110V
Fusibles para Electroválvula	0.5 A
Fusible para proteger la salida general del controlador PLC LOGO	3ª
PLC LOGO 230 RCE	Serie es 6ED1052-1FB08-0BA1
Selector de posición On/Of para lámparas	2 Posiciones
Pulsador para start	NA
Pulsador para simular la señal de que la máquina de visión artificial	NA
Fines de carrera	Marca CAMSCO 110V AC
Luz piloto verde, azul y roja	
Riel DIN	
Canaleta ranurada	25x25mm

Selección de componentes mecánicos y neumáticos del prototipo.

Por motivos de la empresa y en base al documento FAME-2023-OF-GG-0089 se realizará un prototipo a escala de la máquina para en un futuro poder aplicar el modelo real en la empresa.

Selección de electroválvulas

La Tabla 8 muestra las características de la válvula 5/2 que se va a implementar.

Tabla 8

Características de la válvula 5/2 vías

Parámetro	Descripción
Marca	AirTac
Imagen	
Tamaño de la válvula	Pequeño
Presión de trabajo	0.2 - 6 bar
Material	Acero inoxidable
Tipo de actuación	Eléctrica
Voltaje	24V DC
Temperatura de operación	-20°C a 70°C
Tamaño de conexión	1/8"
Tipo de montaje	Soporte
Vida útil	500,000 ciclos
Certificaciones	RoHS
Precio	\$42

Analizado la Tabla 8 la electroválvula marca AirTac, es una excelente opción porque tiene características que simulan una válvula 5/2 industrial además su precio es muy asequible.

Selección de unidad de mantenimiento

La función principal de la unidad de mantenimiento es proporcionar un aire limpio, regulado y lubricado para asegurar un funcionamiento adecuado y eficiente de los dispositivos neumáticos que utilizan aire comprimido, como válvulas, cilindros, actuadores y herramientas neumáticas. La Tabla 9 compara 3 marcas para unidad de mantenimiento.

Tabla 9*Características de la unidad de mantenimiento*

Parámetro	Descripción
Marca	Truper
Imagen	
Tamaño	Mediano
Presión de trabajo	0.5 - 10 bar
Material	Aluminio
Tipo de actuación	Manual
Regulador de presión	Sí
Lubricador incorporado	No
Filtro incorporado	Sí
Separador de agua	No
Tamaño de conexión	1/4"
Rango de temperatura	-10°C a 60°C
Vida útil	500,000 ciclos
Precio	\$45

En base a los datos que se describen en la Tabla 9 la unidad de mantenimiento marca Truper ofrece características óptimas de funcionamiento por eso se opta por esta al tener una presión de trabajo de hasta 10 bar, además tiene filtro incorporado.

Selección de cilindro

Un elemento importante en este proyecto es el cilindro, anteriormente se había seleccionado un cilindro Festo.

Tabla 10

Características del cilindro doble efecto

Parámetro	Descripción
Marca	Chanto
Imagen	
Tipo de actuación	Neumático
Tipo de cilindro	Doble efecto
Diámetro del émbolo	25 mm
Carrera	100 mm
Material del cilindro	Aluminio
Presión de trabajo	0.5 - 8 bar
Tipo de montaje	Brida
Tipo de amortiguación	Ajustable
Tipo de conexión	Rosca
Temperatura de operación	-10°C a 60°C
Peso	250 g
Certificaciones	CE, ISO 9001
Precio	\$40

La Tabla 10 describe el cilindro doble efecto de la marca Chanto entre sus características se puede detallar que tiene un tipo de amortiguación fija y soporta una presión de trabajo de hasta 8 bar parecido al cilindro de Festo, pero este tiene un precio más elevado.

Selección de perfil para estructura

Principalmente se realizó el cálculo para la estructura de la máquina a escala real resultando un tubo cuadrado de 40x40x.1.5 en ASTM A36, por cuestiones de solo realizar el prototipo se procede a bajar las longitudes del tubo pues no soportará la misma fuerza que la máquina real.

Figura 93

Catálogo de tubos cuadrados

Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm ³
12	0.8	0.30	0.37	0.09	0.14	0.48
12	1.0	0.37	0.50	0.11	0.18	0.47
15	0.8	0.36	0.45	0.15	0.20	0.58
15	1.0	0.45	0.61	0.20	0.26	0.57
20	0.8	0.49	0.61	0.38	0.38	0.79
20	1.0	0.60	0.83	0.50	0.50	0.77
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
25	0.8	0.61	0.77	0.61	0.61	0.99
25	1.0	0.76	1.05	0.80	0.80	0.98
25	1.2	0.90	1.14	0.87	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	0.97	0.97	0.95
30	0.8	0.74	0.93	0.89	0.89	1.19
30	1.0	0.92	1.27	1.18	1.18	1.18
30	1.2	1.09	1.38	1.28	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	1.47	1.47	1.15
40	0.8	0.99	1.25	1.61	1.61	1.60
40	1.0	1.23	1.71	2.16	2.16	1.59
40	1.2	1.47	1.86	2.34	2.34	1.59
40	1.5	1.82	2.25	2.74	2.74	1.56
50	1.2	1.84	2.34	3.72	3.72	1.99
50	1.5	2.29	2.85	4.42	4.42	1.97

Nota. Fotografía. Tomado de (DIPAC, 2022)

El catálogo de DIPAC, dispone de un perfil de menor medida pero igual espesor que es el tubo de 30x30x1.5mm, se escoge este tubo para realizar el prototipo.

De igual manera se reemplazará los tubos G por tubos rectangulares de 20x40x1.5mm para las barras laterales.

La plancha para el tambor y placa de la base de cilindro se mantendrá en un espesor de 2mm debido a que en el cálculo resultó ser menor a 1 y comercialmente es difícil encontrar este tipo de espesor, además la mayoría de los proveedores ecuatorianos de planchas de acero comercializan placas de 2mm para arriba, por ese motivo se mantiene ese espesor.

Selección de componentes eléctricos y electrónicos.

Selección del PLC

Tabla 11

Características del controlador industrial

Parámetro	Descripción
Característica	Siemens LOGO 8
Imagen	
Tipo de dispositivo	Módulo lógico programable
Tensión de alimentación	115VAC 230VAC
Número de salidas digitales	4; Relé
Número de entradas digitales	8
Pantalla	Si
Comunicación	Conexión ethernet
Memoria de programa	400 bloques de función (aproximadamente)
Lenguaje de programación	LOGO! Soft Comfort (Diagrama de contactos)
Funciones avanzadas	Temporizadores, contadores, funciones matemáticas
Aplicaciones típicas	Pequeñas aplicaciones de control y automatización
Compatibilidad	Con algunos dispositivos Siemens y componentes externos
Dimensiones	71.5mm de ancho 90mm de altura 60mm de profundidad
Precio	\$200

La Tabla 12 detalla las características del logo 8 mejoras en comparación de su predecesor, es más barato que un PLC industrial, las funciones que ofrece son suficientes para implementar el prototipo.

Selección de protecciones

Para proteger todos los elementos eléctricos y electrónicos es necesario contar con protecciones ante cortocircuitos o incremento de corriente inesperados, para ello se debe implementar fusibles, breakers, contactos térmicos, etc.

El fabricante de LOGO 8 establece que la protección para las salidas debe ser un fusible de 3A, por otra parte, las electroválvulas el fabricante establece una protección de 0.5A.

Para proteger todo el sistema requiere una protección en general, normalmente estos sistemas van con breaker, por lo cual se seleccionará de acuerdo con la Tabla 13.

Tabla 12

Características de breakers

Características	EBASEE
Imagen	
Número de polos	1
Corriente nominal (A)	6
Alimentación	220V
Precio	\$3.50

Encendido-apagado de la máquina y luces

De igual manera se debe seleccionar un dispositivo para encender y apagar la máquina y lámparas, por lo que se realiza una comparación entre los diferentes tipos de interruptores industriales.

Tabla 13

Características botones encendido y apagado

Características Técnicas	Pulsador On/Off	Interruptor giro de perilla de dos posiciones
Imagen		
Función	Paro	Dos posiciones: ON y OFF
Método de operación	Pulsador	Giro de la perilla
Tipo de contacto	Normalmente abierto (NA)	Normalmente abierto (NO)
Número de posiciones	1 (un solo botón)	2 (encendido y apagado)
Capacidad de corriente	1A	1A
Tensión de operación	110-220V	110-220V
Material de construcción	Plástico, metal o combinación de ambos	Plástico, metal o combinación de ambos
Grado de protección (IP)	IP57	IP65
Aplicaciones típicas	Control de circuitos eléctricos	Iluminación, electrodomésticos, sistemas de control
Certificaciones de seguridad	Cumplimiento de normas y regulaciones específicas	Cumplimiento de normas y regulaciones específicas
Montaje	Panel o superficie	Panel o superficie

Por facilidad se escoge el pulsador On/Off para encender la máquina ya que los operarios de la empresa están relacionados con este elemento para encender o apagar las demás máquinas y el interruptor de perilla para encender y apagar las luces, reduciendo la confusión entre botones.

Selección de paro de emergencia

Toda máquina necesita un sistema de protección en caso de que ocurra un accidente y desactivar el sistema de manera inmediata por eso es necesario implementar un paro de emergencia.

Tabla 14

Características paro de emergencia

Parámetros	Descripción
Características Técnicas	Paro con liberación de giro
Imagen	
Modo de activación	Pulsación y giro
Tipo de liberación	Mediante giro
Aplicaciones típicas	Maquinaria industrial, sistemas de control
Método de parada	Normalmente abierto (NO)
Mecanismo de bloqueo	Sí, mediante giro de la llave
Tipo de liberación en emergencias	Mediante giro de la llave

Parámetros	Descripción
Capacidad de corriente	1 ^a
Tensión de operación	110-220V
Material de construcción	Plástico o metal

La característica principal de este paro de emergencia es la facilidad de activación y desactivación.

Iluminación

Los operarios necesitan identificar todas las fallas que contenga el cuero al momento de estirarlo, para ello se ha dispuesto una luz que ilumine toda la zona en que se estira el cuero.

Tabla 15

Características de paneles LED de 10W

Parámetros	Descripción
Marca	Jeta SYLVANIA
Imagen	
Potencia	10W
Tensión de funcionamiento	100-240V AC
Flujo luminoso	900 lm
Temperatura de color	3000K (Blanco natural)
Índice de reproducción de color (CRI)	>80
Ángulo de apertura	120 grados
Vida útil	25,000 horas
Material	Aluminio y vidrio
Resistente al agua	IP65
Dimensión	115 x 85 x 25 mm

Parámetros	Descripción
Certificaciones	CE, RoHS
Garantía	2 años
Precio	\$20

Las características más interesantes del panel LED Jeta SILVANA son la temperatura de color al ser natural se parece a la luz de día por lo que facilita la detección de fallas en el cuero además reduce la fatiga visual, tiene una resistencia ante polvo y agua IP 65.

Finales de carrera

Existen varios tipos de finales de carrera para máquinas industriales como son lo capacitivos, magnéticos y mecánicos, en este caso se va a utilizar un final de carrera mecánico debido a que el costo es menor a los otros dos tipos de componentes.

Tabla 16

Tipos de finales de carrera mecánicos

Parámetros	Descripción
Característica	Final de Carrera con Rodillo
Imagen	
Principio de operación	Contacto mecánico con rodillo
Tipo de detección	Contacto físico con objeto
Material del cuerpo	Metal y plástico
Rango de detección	Medio
Resistencia al polvo y agua	IP44
Tensión de alimentación	110V

Parámetros	Descripción
Aplicaciones	Puertas, ventanas, detección de posición
Precio	\$15

En base a lo descrito en la Tabla 16 se decide implementar un final de carrera con rodillo marca CAMSCO porque cumple con la función básica de detectar la posición requerida.

Elementos de señalización

La norma IEC 60204-1 especifica los colores de las luces piloto y pulsadores que se utilizan en el proyecto explicando que significa cada color según la norma.

Luz piloto rojo: Indicación de que la máquina ha parado debido a un elemento de protección, como una sobrecarga, un sobrepaso de un límite u otra orden. Incita a detener la máquina por alguna razón descrita anteriormente.

Luz piloto verde: Pueden indicar varias cosas, por ejemplo, todos los dispositivos auxiliares necesarios están en funcionamiento y la máquina está lista para funcionar, diferentes unidades se encuentran en la posición inicial y la presión hidráulica o la tensión de un convertidor tienen los valores adecuados, etc., la máquina está lista para un nuevo arranque una vez que el ciclo de trabajo ha terminado.

Luz piloto azul: Los accionamientos individuales y otros dispositivos están en funcionamiento, la máquina está en funcionamiento.

Figura 94*Luces piloto*

Nota. Fotografía. Tomado de (CAMSCO, 2023)

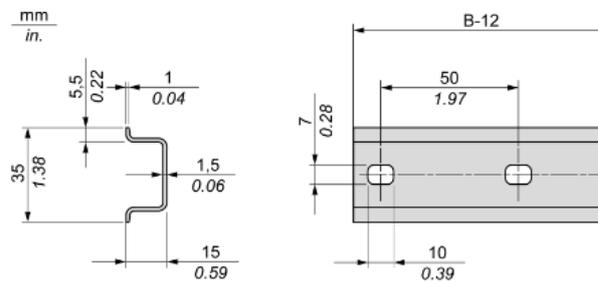
Rieles DIN

Un carril DIN, también conocido como riel DIN, es una barra de metal normalizada. El montaje de elementos eléctricos de protección y mando es una práctica común en aplicaciones industriales y de vivienda. En ocasiones, también puede servir como conexión a tierra para ciertos componentes de la instalación. El uso del riel DIN en la instalación y otros sistemas de edificio hace que el montaje de equipos eléctricos sea más rápido y fácil, y los dispositivos modulares ahorran espacio.

Las referencias para los rieles DIN simétricos (segmentos DIN) para el rango de carcassas de metal se muestran en la Figura 95.

Figura 95

Medidas de Riel DIN para carcasas metálicas



Referencia	Tipo	Longitud del segmento (B-12 mm)
NSYSDR60	A	588 mm (23,15 pulg.)
NSYSDR80	A	788 mm (31,02 pulg.)
NSYSDR100	A	988 mm (38,89 pulg.)
NSYSDR120	A	1.188 mm (46,77 pulg.)

Nota. Fotografía. Tomado de (Schneider Electric, 2019)

Se selecciona el riel DIN NSYDR100 con una longitud de 988 mm, medida que cumple para ocupar en la dimensión de la máquina.

Canaleta ranurada

En la industria, los tableros de control utilizan canaletas ranuradas. El plástico utilizado en su fabricación es resistente a aceites y lubricantes, pero también es resistente al fuego y altas temperaturas. Son una solución con muchos beneficios, como la capacidad de almacenamiento definido.

Hay varias medidas de canaletas ranuradas disponibles en el mercado. DEXSON (2022) fabricante de canaletas sugiere que las canaletas ranuradas de 40 x 40 se utilizan en industrias para instalar cables de alimentación y control de tamaño mediano; las canaletas ranuradas de 80 x 60 son adecuadas para la instalación de cables de gran tamaño y son ideales para aplicaciones que requieren una gran cantidad de cables; y las canaletas ranuradas de 25 x 25 son adecuadas para la instalación de cables, de acuerdo a lo anteriormente dicho se selecciona esta última para el proyecto, se puede observar con más detalle en la Figura 96, la cantidad de cables que caben dentro de la esta canaleta.

Figura 96

Guía para seleccionar canaletas ranuradas

ALTURA (mm)	DIMENSIONES (mm)	Cantidad de cables que pueden ser colocados dentro de las canaletas				
		12 AWG	14 AWG	16 AWG	18 AWG	22 AWG
25	25X25	19	25	31	37	116
40	25X40	30	38	48	60	175
	40X40	47	60	74	96	270
	60X40	86	110	134	168	472
60	25X60	43	60	70	65	250
	40X60	86	110	134	168	472
	60X60	128	165	201	252	715
	80X60	162	210	258	320	912
	120X60	252	325	398	495	1356
80	60X80	162	210	258	320	912
	80X80	216	271	326	351	1328
	120X80	324	420	516	634	1674
100	100X100	358	458	558	687	1780

Nota. Fotografía. Tomado de (DEXSON, 2022)

Sistema de control

La secuencia de la máquina empezara una vez el cuero este posicionado en el tambor de estiramiento, las barras laterales se encuentren en posición 1 (avance), el tambor este en posición 0 (retraído), la luz indicadora verde que me indica que la máquina esta lista para trabajar este activa y se presione el pulsador de marcha. Las barras laterales de sujeción bajaran presionando el cuero en sus extremos para sujetarlo. Una vez sujetado el cuero el tambor central ascenderá estirando el cuero con lo cual dará paso a la verificación de las anomalías, en este proceso de estirado y verificación se mantendrá encendida la luz piloto azul que indica que la máquina está en trabajo y la luz piloto verde estará apagada en todo este proceso. Una vez terminado este proceso las barras laterales de sujeción ascenderán soltando el cuero presionado y el tambor central descenderá a su posición inicial y se encenderá la luz piloto verde indicando que la máquina esta lista nuevamente para iniciar secuencia. En caso de pulsar el paro de emergencia tipo hongo con

enclavamiento en cualquier etapa de funcionamiento de la máquina las barras laterales y el tambor volverán a su estado inicial y se encenderá una luz piloto roja. Para poner la maquina en estado activo nuevamente se deberá desenchavar el pulsador de paro. Las barras laterales de sujeción como el tambor central serán accionados por cilindros neumáticos, los cuales se activarán siguiendo una secuencia programada.

Descripción de variables a controlar

En la Tabla 17 se describe la función de cada una de las variables tomadas en cuenta en la programación.

Tabla 17

Descripción de variables

Variables	Alias	Descripción
Entradas		
Marcha	MARCHA	Inicio de la secuencia de la máquina.
Paro	PARO	Paro de emergencia.
Barra lateral delantera en Posición 1	BLD_1	Los cilindros de la barra lateral delantera están en posición 1 (en avance).
Barra lateral trasera en Posición 1	BLT_1	Los cilindros de la barra lateral trasera están en posición 1 (en avance).
Tambor de estirado en Posición 0	TAM_0	Los cilindros del tambor de estirado están en posición 0 (retraídos).

Variables	Alias	Descripción
Barra lateral delantera en Posición 0	BLD_0	Los cilindros de la barra lateral delantera están en posición 0 (retraídos).
Barra lateral trasera en Posición 0	BLT_0	Los cilindros de la barra lateral trasera están en posición 0 (retraídos).
Fin de revisión de cuero	FIN_REV	Al terminar el proceso de revisión de cuero se activa una señal.
Salidas		
Electroválvulas Barras laterales	BARR_LAT	Se activan electroválvulas de barras laterales.
Electroválvulas Tambor	TAMB	Se activan electroválvulas del tambor de estirado.
Luz Piloto Verde	VERDE	Indicador de máquina lista para iniciar secuencia.
Luz piloto azul	AZUL	Indicador de máquina en marcha.
Variable interna del controlador		
Temporizador	T001	Temporizador on-delay
Marcas de memoria	M1, M2, M3, M4, M5	Marcas de memoria para la programación de variables de entrada y salida.

Diagrama de flujo del funcionamiento general

La Figura 97 muestra la lógica general de la programación utilizada con las variables descritas en la Tabla 17.

Para energizar la máquina se activan las electroválvulas de las barras laterales BARR_LAT extendiendo las barras y así colocar el cuero en el tambor.

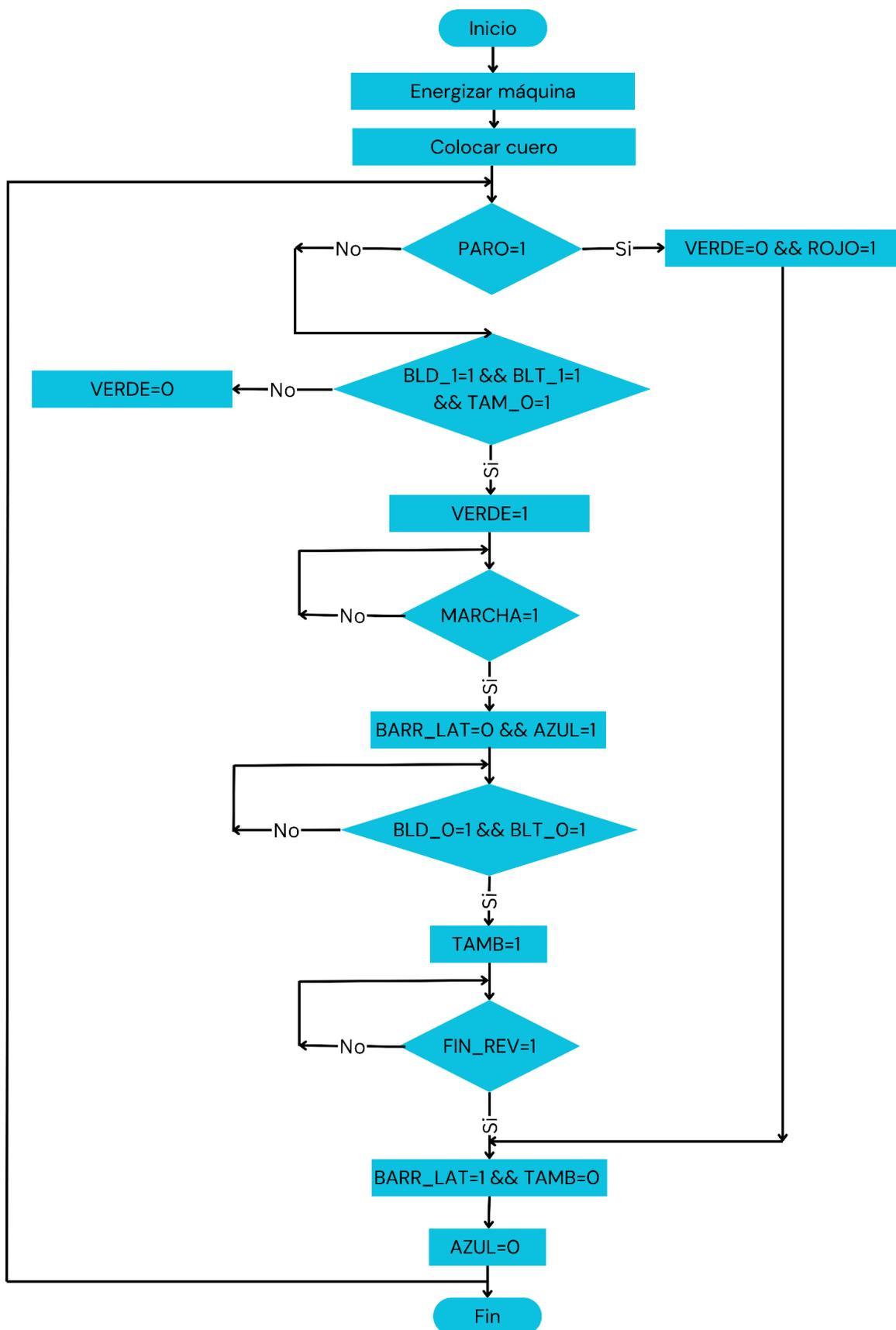
Los sensores de proximidad inductivos BLD_1, BLT_1 y TAM_0 al detectar que las barras laterales están extendidas y que el tambor está en posición inicial retraído, se enciende la luz piloto VERDE que me indica que la maquina esta lista para iniciar secuencia. Al presionar el pulsador MARCHA se apaga la luz piloto VERDE y se enciende la luz piloto AZUL que me indica que la máquina está en funcionamiento. Las electroválvulas BARR_LAT se desactivan con lo cual las barras laterales descienden y presionan el cuero sujetándolo, los sensores de proximidad inductivos BLD_0 y BLT_0 detectan esta acción y solo así las electroválvulas del tambor TAMB se activan para hacer ascender el tambor y estirar el cuero dando paso a la etapa de revisión y marcado.

Al terminar la etapa de revisión y marcado de las anomalías del cuero, se activa la señal FIN_REV, con lo cual las electroválvulas de las barras laterales BARR_LAT se activan nuevamente para extender las barras laterales a su posición inicial y las electroválvulas del tambor TAMB se desactivan regresando igualmente el tambor a su posición inicial retraída. Posteriormente la luz piloto AZUL se apaga y la VERDE se enciende indicando que la máquina esta lista para una nueva secuencia de funcionamiento.

Si se activara el pulsador con enclavamiento PARO por alguna emergencia, tanto el tambor como las barras laterales vuelven a su posición inicial en cualquier etapa de funcionamiento y además se enciende la luz piloto ROJO. Para volver a activar el sistema simplemente se desenchava el pulsador PARO y la máquina podrá iniciar secuencia nuevamente.

Figura 97

Diagrama de flujo del funcionamiento general.



Programación

La programación se realizó mediante lenguaje LADDER dentro del entorno de Logo soft confort de SIEMENS realizando la asignación de variables de la tabla 3 como se puede observar en la Figura 98.

Figura 98

Asignación de variables en software LOGO soft confort

Bornes de entrada:		Nombre	Bornes de salida:		Nombre
I1		MARCHA	Q1		TAMB
I2		BLD_1	Q2		BARR_LAT
I3		BLT_1	Q3		VERDE
I4		TAM_0	Q4		AZUL
I5		PARO	Q5		
I6		BLD_0	Q6		
I7		BLT_0	Q7		
I8		FIN_REV	Q8		

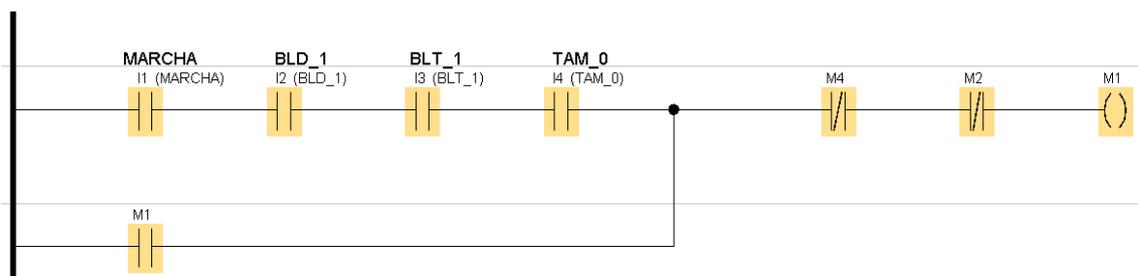
A continuación, se indicarán los segmentos más relevantes (Véase programación completa en Anexos):

Grupo 1:

En este segmento se permite condicionar la marcha de la máquina, solo se puede iniciar la secuencia de la máquina cuando las barras laterales de sujeción estén extendidas y el tambor este retraído es decir ambos en posiciones iniciales.

Figura 99

Condicionamiento de puesta en marcha.

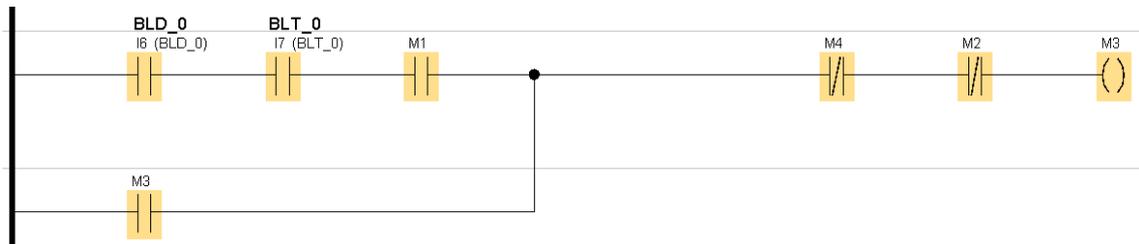


Grupo 2:

El segmento mostrado permite que el tambor de estirado ascienda únicamente cuando las barras laterales estén sujetando el cuero y así proceder con el estirado.

Figura 100

Condicionamiento de activación de tambor de estirado.

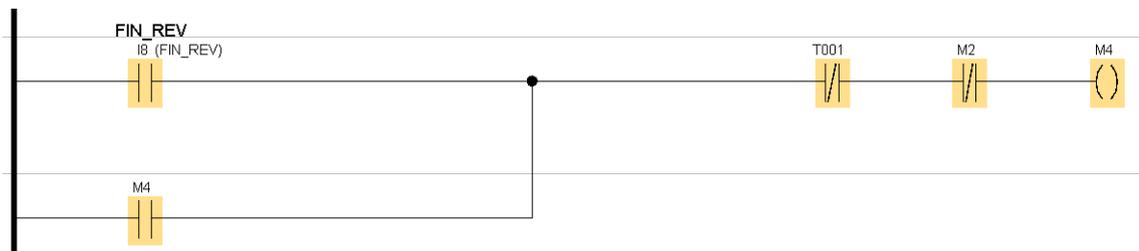


Grupo 3:

Este segmento permite que las barras laterales y el tambor vuelvan a sus posiciones iniciales una vez que haya terminado la etapa de revisión y marcado de anomalías en el cuero, dando paso a una nueva secuencia de la máquina.

Figura 101

Fin de revisión y marcado de anomalías del cuero.

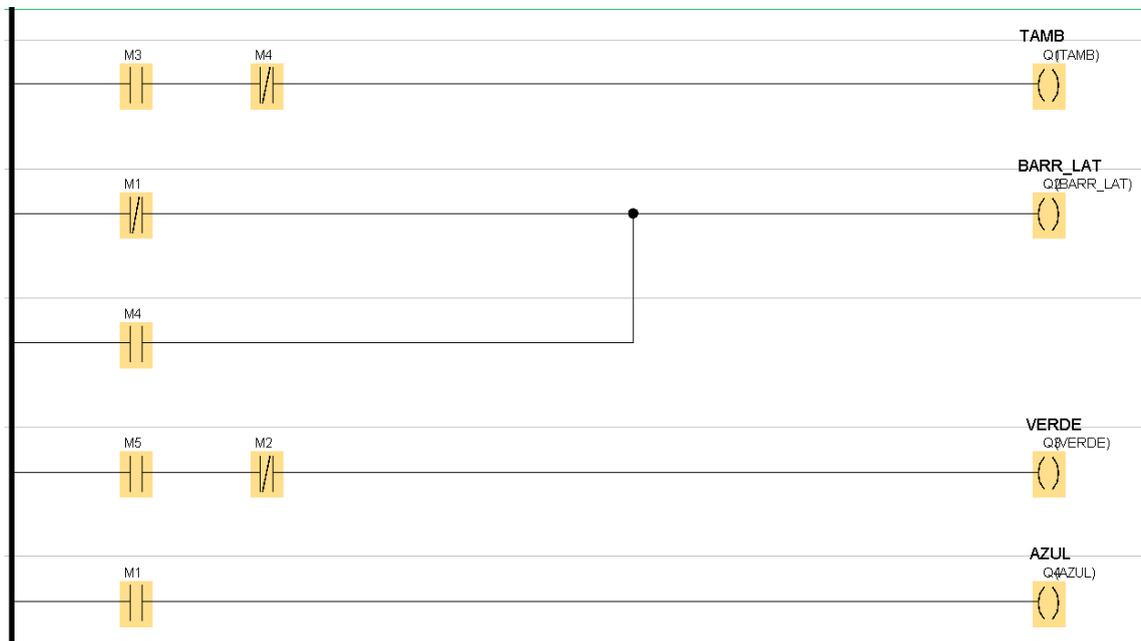


Grupo 4:

En los siguientes segmentos se puede observar la activación condicionada de las salidas del PLC, como son las electroválvulas del tambor y de las barras laterales, así también como las luces piloto.

Figura 102

Accionamiento de salidas de PLC.



Construcción e integración de los sistemas

El siguiente apartado muestra el proceso de construcción del prototipo de la máquina estiradora de cuero, empezando con la construcción mecánica, construcción del tablero de control, conexiones electroneumáticas e implementación del sistema de control.

Construcción de la estructura de la máquina estiradora de cuero

Los materiales que se utilizan para realizar la construcción mecánica son los mismos que se describió anteriormente, los cuales constan de:

Perfiles estructurales correas en "G" de ASTM A 36.

Tubo estructural cuadrado ASTM A36.

Planchas laminadas al caliente de ASTM A36.

Cilindros neumáticos con presión de trabajo de 60 psi

La selección de estos componentes recae similarmente al desarrollo del diseño mecánico del proyecto tomando en cuenta que se trata de un prototipo en donde su espesor, disponibilidad, costo y material de construcción permiten una resistencia a cargas adecuada, fácil accesibilidad en el mercado nacional y garantías en la seguridad estructural.

Se realizó el corte de los perfiles cuadrados de 30x30x1.5 mm de acuerdo con las medidas del diseño, como se muestra en la Figura 103.

Figura 103

Corte de perfiles cuadrados



Una vez cortado los perfiles, se procede a colocar, unir por soldadura y esmerilar, el resultado se puede ver en la Figura 104.

Figura 104

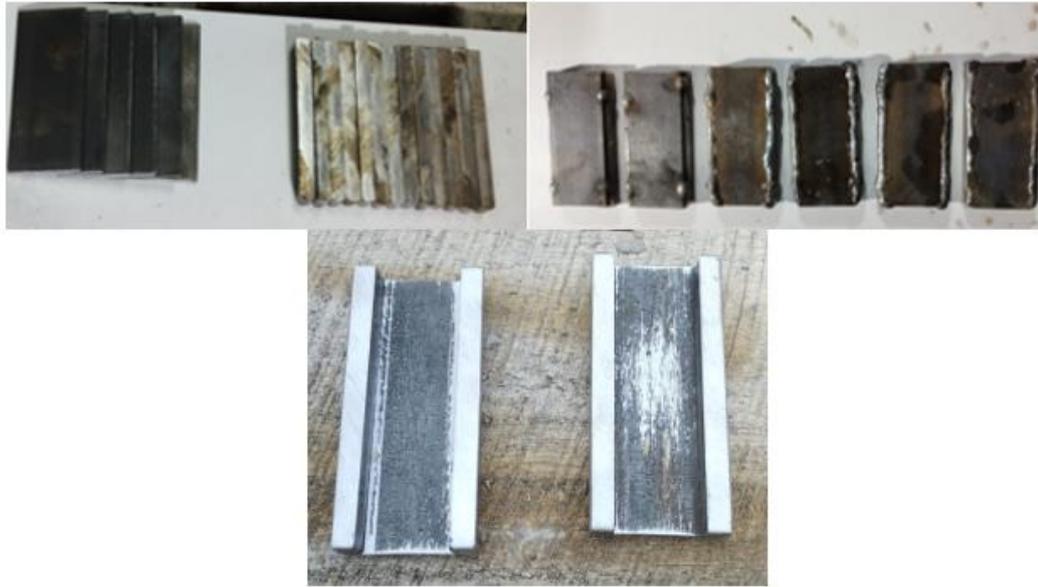
Estructura soldada y esmerilada



Se procedió con el corte de platinas y varilla cuadrada para placa corredera, realizando la unión por soldadura, finalmente retirando el exceso de soldadura mediante esmerilado.

Figura 105

Placa corredera



Para continuar con el proceso de construcción se realizó el corte de las barras laterales o móviles.

Figura 106

Corte de barras laterales



De igual manera se realizó el corte de un eje para luego proceder con el torneado de eje de acero para la barra lateral, este se soldó con el perfil previamente cortado y se acopló un rodamiento para el movimiento de la barra.

Figura 107

Construcción de la barra lateral



Continuando con la construcción se realizó el corte de ángulos para acoplar cilindro neumático con barra lateral y esmerilado.

Figura 108

Corte de ángulos



Se realizó el soldado, esmerilado y taladrado de placas base de cilindros neumáticos de barra lateral.

Figura 109

Unión de los ángulos con la base



Luego se empernó la placa de soporte con placas base de cilindros neumáticos de barras laterales y se sujetó los cilindros a las barras laterales.

Figura 110

Unión de los cilindros neumáticos a las barras



De igual manera se soldó las placas correderas en estructura mecánica, acoplando los cilindros neumáticos, barra lateral y placa corredera

Figura 111

Unión de barras, cilindros y base



Para realizar la sujeción de cuero se hizo el corte de tubo cuadrado, para luego soldarlo y esmerilar el mismo.

Figura 112

Estructura para la sujeción de cuero



Al tener la base lista se procede a fabricar el tambor el cual estirará el cuero para ello se necesita cortar la plancha de acero previamente seleccionada, realizar el barolado, cortar los nervios del tambor, finalmente soldando y esmerilando para un mejor acabado como se puede observar en la Figura 113.

Figura 113

Construcción del tambor para estiramiento



Con el tambor de estiramiento fabricado, se procede a unirlo con la base de igualmente para ello se realizó el corte de placas base, para soldarlo con los ángulos que se acoplan con los cilindros neumáticos del tambor, a continuación, se monta los cilindros con la placa base y finalmente se monta el tambor en la base.

Figura 114

Montaje del tambor en la base



De igual manera se implementó una base para la botonera que se conecta con la caja de control y soportes para la iluminación por medio de las lámparas previamente detalladas.

Figura 115

Botonera y soporte de lámparas



Construcción del tablero de control

El tablero de control es una parte esencial de la máquina estiradora de cuero ya que esta se compone de las seguridades eléctricas, los mandos y el controlador.

Figura 116

Cableado del tablero de control



Figura 117

Montaje del tablero de control



Finalizada la construcción del prototipo de la máquina estiradora de cuero, partiendo desde el diseño para la máquina en escala real, seleccionado todos los componentes tanto mecánicos, neumáticos, eléctricos y de control, se realizó una selección para realizar el prototipo debido a asuntos internos de la empresa, los cuales son homónimos a los ya seleccionados para la máquina a escala real, en el próximo capítulo se procederá a analizar los resultados que ofrece este prototipo y en base a eso se decidirá si es factible o no la construcción de la máquina estiradora de cuero.

Capítulo IV

Implementación, pruebas y resultados

Introducción

El presente capítulo muestra la implementación de la máquina estiradora de cuero, realizar las pruebas pertinentes que consisten en probar el mecanismo de estiramiento y control, además verificar que se puede realizar el control de calidad mediante esta máquina, con ayuda de la iluminación para que un operario pueda verificar las fallas que tiene la cuerina con el que se fabrican los zapatos.

Pruebas de funcionamiento

Terminada la etapa de construcción tanto como la parte mecánica y de control se procede a comprobar el funcionamiento de la máquina para ello se deben seguir los siguientes pasos:

Encender la máquina estiradora con el selector de 2 posiciones de la izquierda girando la perilla en sentido horario y liberar el paro de emergencia girando su perilla en sentido horario.

Figura 118

Encendido de la máquina



Inmediatamente la máquina pasa a un modo de arranque en donde las dos barras laterales suben ya que se expanden los 4 cilindros de sus extremos, mientras que asegura que el tambor se encuentre en su posición baja al contraer sus 3 cilindros distribuidos en su

base. También cabe aclarar que la luz piloto encendida será la verde indicando que la máquina está lista para ser usada.

Figura 119

Máquina encendida



Para encender las lámparas según se requiera se utiliza el selector de dos posiciones, ubicado en el extremo derecho de la botonera.

Figura 120

Encendido de luces



Para empezar con el proceso de revisión de cuerina se debe colocar la banda de cuerina que se desee estirar, una vez colocado de manera adecuada la cuerina, presionar el botón start para que la secuencia de estiramiento entre en acción, es decir las barras laterales bajan y el tambor sube, evidenciando de mejor manera las fallas existentes en la cuerina. Cabe recalcar que la luz piloto encendida será de color azul en este caso ya que representa que la máquina se encuentra durante su ciclo de trabajo.

Figura 121*Estiramiento de cuerina*

Una vez estirado el cuero el operario puede identificar las anomalías con mayor facilidad a través de una inspección con la vista y el tacto. Encontrada cada falla a esta se la marca con un rotulador según su tipo de falla, estas zonas señaladas representan las partes que deben ser inmediatamente excluidas del proceso de producción de calzado.

Figura 122*Inspección de la cuerina*

Una vez finalizada la inspección, se debe pulsar el botón encargado liberar las prensas para retirar la cuerina revisada por el operador, terminando así con el procedimiento. Cabe aclarar que la luz piloto encendida vuelve a estar en verde, es decir la máquina queda disponible para el siguiente procedimiento.

Figura 123*Liberación de la cuerina***Recolección de datos**

Comprobado el funcionamiento de la máquina estiradora de cuero se realizaron 20 pruebas cada una en un reatazo de cuerina diferente, los datos se detallan de mejor manera en la Tabla 18.

Tabla 18*Errores en varios retazos de cuerina*

Muestra	Presión (bares)	Manchas	Cortes o Tajos	Agujeros	Rasgado	Betas o arrugas	Total de fallas
1	2.5						0
2	2.5	1					1
3	2.5						0
4	2.5				1		1
5	2.5		1		0		1
6	3		2		1		3
7	3		1		1		2
8	3	1	1				2
9	3		1		1		2
10	3		1	1	1		3
11	3.5		2	1	1		4
12	3.5		1	2			3
13	3.5		1		2	1	4
14	3.5		1	2	1		4
15	3.5	1	3		1		5
16	4		1			3	4
17	4		2	2		2	6
18	4		2	2		3	7

Muestra	Presión (bares)	Manchas	Cortes o Tajos	Agujeros	Rasgado	Betas o arrugas	Total de fallas
19	4		2	2		3	7
20	4		2	1		3	6

Nota. Las betas o arrugas son las fallas que necesitan de más estiramiento que el resto para poder llegar a apreciarlas, por eso casi en su totalidad son visibles a los 4 bares (la presión máxima del prototipo). Como es evidente en la tabla anterior presentada.

Muestra 1: Presión de 2.5 bares, sin fallas.

Figura 124

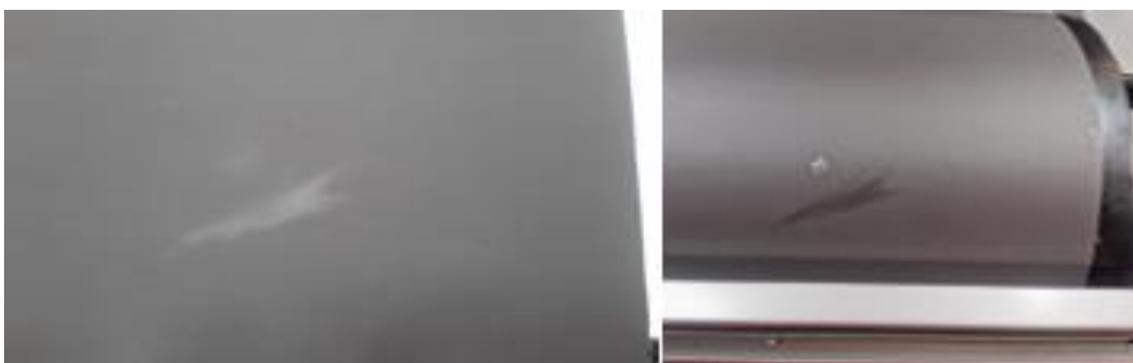
Muestra 1 de cuerina sin estirar/estirada



Muestra 2: Presión de 2.5 bares, con una única falla que es una mancha.

Figura 125

Muestra 2 de cuerina sin estirar/estirada



En el Anexo 3 se pueden observar las fotografías de todas las pruebas que se detallan en la Tabla 18, con todas las presiones de trabajo y las fallas encontradas.

Análisis de datos

Para examinar los numerosos posibles sustitutos de una o varias variables de diseño, la técnica del Diseño de Experimentos (DoE) es un enfoque sistemático utilizado en estadística aplicada. Permite modificar distintos elementos de entrada para determinar su impacto potencial en la consecución del objetivo previsto o la mejora del resultado (SafetyCulture, 2022).

La técnica específica empleada para acetrinar la posible relación entre dos características cualitativas se denomina prueba de Fisher. Esta metodología se aplica para evaluar si las proporciones de una variable varían en relación con los valores de otra variable. La base de la prueba de Fisher se establece en la hipótesis nula de independencia entre ambas variables, es decir, que los valores de una no están influenciados por los valores de la otra. El único requisito previo es que cada observación de la muestra sea distinta de las demás o un parámetro característica pueda variarse. Esta condición se cumple si el muestreo es aleatorio, el tamaño de la muestra es menor al 10% del tamaño de la población y cada observación aporta solamente un valor a la variable cualitativa (Molina, 2021).

En este aspecto en particular es fundamental definir con base en que modelo se planea validar la hipótesis. Este se define como diseño de experimentos pues la idea es categorizar si el funcionamiento de la máquina es acertado con base en las hipótesis planteadas.

H0: El diseño, construcción e implementación de un sistema de estiramiento de cuero semiautomático en el área de producción de calzado no permitirá exponer las anomalías presentes en las láminas de cuerina.

H1: El diseño, construcción e implementación de un sistema de estiramiento de cuero semiautomático en el área de producción de calzado permitirá exponer las anomalías presentes en las láminas de cuerina.

La información asimilada para validar estos enunciados se permite hacer referencia hacia la utilización de cuerina (20 muestras) testeadas a distinta presión (2.5 a 4 bar) con el propósito de validar si la máquina permite o no verificar las imperfecciones. El diseño de experimentos fue valorado por medio de un programa estadístico que permite asimilar la información con base en parámetros ya establecidos (estadístico de Fisher).

Validación de hipótesis

Tabla 19

Factor diferenciador del modelo

Factor	Levels Values
Presión	4 2.5, 3.0, 3.5, 4.0

La tabla 20 expuesta denota el valor de presión al cual se aplica el DoE; para este caso en particular este toma la magnitud de 3 instancias (2.2; 3; 3.5 y 4 Bar).

Tabla 20

Análisis estadístico (diseño completo de experimentos)

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	3	28.150	9.3833	93.83	0.000
Linear	3	28.150	9.3833	93.83	0.000
Presión	3	28.150	9.3833	93.83	0.000
Error	16	1.600	0.1000		
Total	19	29.750			

Tabla 21

Análisis estadístico (valor de r cuadrado)

S	R-sq	R- sq(adj)	R- sq(pred)
0.316228	94.62%	93.61%	91.60%

En las tablas 21 y 22 se deje en manifiesto la desviación estándar y absoluta con base en le DoE. La columna de mayor acentuación se permite abordar el valor de la significancia.

Sampieri (2018) denota que el valor de la significancia (p valor) permite validar la hipótesis cuando este inferior a 0.05 unidades.

Interpretación

Con base en el p valor (0.000 siendo p valor < 0.05) y/o significancia de la prueba estadística de análisis se puede acotar que, al respecto de los resultados de la variación de presión dentro de las 20 muestras de cuerina se presentan cambios en la verificación de imperfecciones pues a medida que la presión incrementa las fallas son más a la par de notorias. Por ende, la máquina al ser accionada permite exponer las anomalías presentes en las láminas de cuerina. Este valor se ve respaldado por la magnitud del r cuadrado pues esta al ser cercano a la unidad denota que los datos son directamente proporcionales a la par de correctamente asimilados dentro de un modelo planteado.

Análisis de precisión

Un análisis de precisión se lo puede llevar a cabo al ejecutar una misma prueba varias veces con la finalidad de comparar la variación entre los resultados obtenidos. Dicha diferencia entre resultados se la va a corroborar a través de la herramienta de Error Promedio Absoluto o MAE. Según Benites (2022) expresa mediante la siguiente fórmula:

$$MAE = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n |x_i - x| \quad (3.49)$$

De donde sus variables son:

n = Número de errores

x_i = Medida.

x = Medida real.

Los datos recolectados se llevan a cabo con un mismo retazo de cuerina en donde a una presión de trabajo recomendada de 4 bares se obtienen la información mostrada desde la Figura 126 hasta la Figura 130 cuyos resultados se representan en la Tabla 22.

Figura 126

Prueba de precisión 1

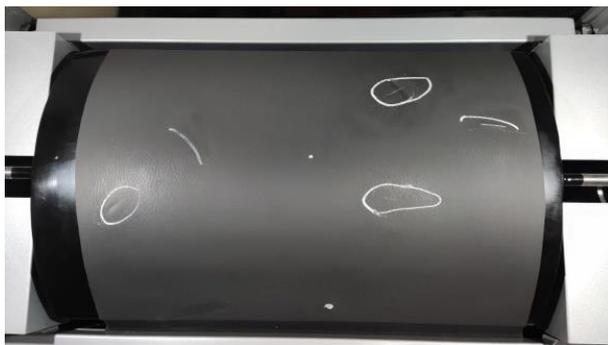


Figura 127

Prueba de precisión 2



Figura 128*Prueba de precisión 3***Figura 129***Prueba de precisión 4***Figura 130***Prueba de precisión 5*

Tabla 22*Prueba de precisión*

Prueba de precisión			
N°	Medición	Medición Real	% Error
1	7	7	0
2	6	7	14,28
3	7	7	0
4	7	7	0
5	7	7	0

Se procede a calcular el MAE.

$$MAE = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n |x_i - x|$$

$$MAE = \frac{1}{5} \cdot [0 + 1 + 0 + 0 + 0]$$

$$MAE = \frac{1}{5} = 0.2$$

Siendo el Error Promedio Absoluto de 0.2, el error promedio representa apenas 2.85 %, por lo que se puede aseverar que existe una buena precisión al ejecutar el análisis de la muestra que en este caso es las pruebas de estiramiento de cuerina. A la par es fundamental destacar que significativamente la máquina permite efectuar el trabajo para el cual fue diseñada con un error mínimo.

Análisis de costos

Terminada todas las pruebas y comprobar que la máquina estiradora de cuero cumple con lo establecido, la Tabla 23 detalla el costo de los materiales que se utilizaron en el prototipo como previamente se había expuesto.

Tabla 23*Costo de materiales y equipos utilizados en el prototipo*

DENOMINACIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Electroválvula Air TAC 4v 210-08	3	\$	\$
		32.00	96.00
Filtro y regulador de aire Trooper, cuerda 1/4 NPT	1	\$	\$
		21.12	21.12
Válvula Reguladora de presión – miniatura: AirTAC SR200-08.	1	\$	\$
		25.00	25.00
Cilindro Neumático Chanto JS25x32 con 50mm carrera.	6	\$	\$
		80.00	480.00
Breaker EBASEE 1 Polo C 10A 110V para riel DIN	1	\$	\$
		5.54	5.54
Fusible 10 ^a	1	\$	\$
		12.00	12.00
Fusible 1 ^a	7	\$	\$
		0.90	6.30
PLC LOGO 8! Siemens 6ED1052-1FB08-0BA1.	1	\$	\$
		170.00	170.00
Caja de portabotones	1	\$	\$
		8.90	8.90
Selectores de posición On/Of para lámparas	2	\$	\$
		6.00	12.00
Pulsadores NA	2	\$	\$
		3.75	7.50
Paro de emergencia tipo hongo	1	\$	\$
		5.00	5.00
Fines de carrera Camco de 110V AC	1	\$	\$
		3.50	3.50
Paquete de Borneras	1	\$	\$
		15.00	15.00
LED rereflector Jeta SYLVANIA 10W	2	\$	\$
		5.45	10.90
Luces piloto	3	\$	\$
		5.00	15.00
Riel DIN	1	\$	\$
		10.00	10.00
Canaleta ranurada 25x25mm	1	\$	\$
		5.00	5.00
Perfil cuadrado 30x30x1.5mm Dipac	1	\$	\$
		100.00	100.00
Perfil rectangular 20x40x1.5mm Dipac	1	\$	\$
		20.00	20.00
Tubo 30 mm Diámetro	2	\$	\$
		20.00	40.00
Placas para cilindros	1	\$	\$
		20.00	20.00
Mangueras	12	\$	\$
		0.54	6.48
Cable eléctrico	1	\$	\$
		15.00	15.00
Caja para tablero eléctrico	1	\$	\$
		30.00	30.00
Manufactura implicada (soldadura, pintura, corte, etc)	1	\$	\$
		300.00	300.00
		SUBTOTAL	\$
			1,440.24
		IVA 12%	\$
			172.83
		TOTAL USD	\$
			1,613.07

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Una vez culminado el presente trabajo de investigación es acertado acotar las siguientes aseveraciones.

Dentro de la empresa FAME S.A el manejo de productos a base de cuero es un modelo de negocio estatal que la ha mantenido en el mapa durante un largo tiempo. Sin embargo, actualmente se busca una mejora en el proceso productivo con base en generar un producto que satisfaga las necesidades de los consumidores. Dentro de los estándares más básicos para el desarrollo de uno de sus productos líder tenemos la resistencia del cuero, el número de imperfecciones halladas en la materia prima se relaciona directamente con la calidad del producto final. Estos estándares deber ser mantenidos con el propósito de seguir siendo una institución dentro de la matriz productiva del país; por ende, el diseño, construcción e implementación de un sistema de estiramiento de cuero no solo contribuirá para su desarrollo. De hecho, le permitirá alcanzar un nuevo estándar de calidad.

En el transcurso de esta investigación, se profundizó en los sistemas de estiramiento de cuero, considerados fundamentales en la mejora de la calidad en la producción de calzado. El análisis ha permitido aclarar sobre las distintas técnicas empleadas en este proceso, destacando su importancia para garantizar calzado de mejor calidad. La comprensión de estos sistemas sienta las bases para cumplir con los demás objetivos.

Se diseño una máquina estiradora de cuero a escala real, pero por motivos de la empresa se construyó y se implementó un prototipo de la misma. La máquina cuenta con una estructura y un factor de seguridad de 4.4, mayor al recomendado que en este caso es 2.5 como Mott sugiere para este tipo de máquinas. Las tensiones equivalentes de Von Misses tiene una resistencia máxima de 204.3Mpa y no sobrepasa el límite elástico del acero A36 que es de 250MPa, concluyendo que no tendrá una deformación permanente y

volverá a su forma original. Por otro lado, cada uno de los componentes fue seleccionado con el propósito de establecer un nuevo estándar de calidad para la empresa.

El diseño del sistema eléctrico para la gestión y control de los componentes mecánicos de la máquina estiradora de cuero ha sido minuciosamente concebido. La estructuración de este sistema, destinado a ser operado mediante un tablero y botonera, implica un avance significativo en la dirección de una maquinaria precisa y eficaz, cabe destacar que el equipo fue diseñado para funcionar a un voltaje de 110V y 60Hz.

La selección meticulosa de los materiales mecánicos, eléctricos y neumáticos siguiendo criterios medibles de dureza, resistencia y compatibilidad, siendo sustentada a través de un análisis de variables que son medibles como en el caso de la estructura de la máquina que mediante cálculos, catálogos y análisis CAE donde se optó que la mejor opción fue el acero A36 con un límite elástico de 250 MPa, de igual manera los elementos eléctricos fueron seleccionados en base al voltaje de operación de la máquina que es 110V, esta selección establece las bases para un rendimiento confiable y seguro.

La implementación exitosa de un sistema de control basado en PLC específicamente de PLC Siemens V8, ha generado mejoras medibles en la automatización y eficiencia del proceso. Esta implementación, respaldada por mediciones objetivas como es analizar las fallas que existen en la cuerina, ha llevado a un nivel medible de control y optimización del proceso productivo.

Con la ayuda de la máquina se pudo identificar las betas que son las fallas más difíciles de detectar a simple vista, esto se pudo lograr aplicando una presión en los cilindros de 4 bares, gracias a ello se comprobó que se puede observar de mejor manera las fallas que existen en la cuerina, además de manchas y otras imperfecciones. En lo que respecta a la hipótesis se puede aseverar que existe una relación directa en la utilización de la máquina y la detección de las imperfecciones en la cuerina. Esto se respaldado por el nivel de significancia a la par del r cuadrado.

Recomendaciones

Antes de la implementación completa, se aconseja llevar a cabo una fase de prueba en un entorno controlado para verificar la funcionalidad y efectividad del sistema de control. Esto permitirá identificar posibles problemas y ajustar parámetros sin afectar la producción real, asegurando un proceso exitoso.

Se recomienda lubricar periódicamente los cilindros para que no se vayan desgastando por la fricción que puede sufrir por el uso continuo de la máquina, realizando este tipo de mantenimiento se puede alargar la vida de los elementos y por ende el ciclo de vida de la máquina aumenta.

No ingresar miembros superiores en alguna parte móvil de la máquina mientras está en funcionamiento pues podría causar lesiones graves a los operarios, además de causar alguna falla en el sistema mecánico y retrasando el proceso de control de calidad de la cuerina.

Si se desea construir la máquina a escala real tomar muy en cuenta los elementos seleccionados pues al cambiar alguno que no cumpla las características calculadas, el mecanismo no puede funcionar de la manera correcta o no rendir a su máxima capacidad.

En caso de que un nuevo operario vaya a maniobrar la máquina se recomienda leer el manual de usuario y mantenimiento, para que se encuentre informado de las partes de la máquina, como se usa, precauciones a tener en cuenta y el mantenimiento que se deben dar a varios elementos de la máquina.

Bibliografía

- Arte Y Cuero Artesanía. (2018). *¿Cuáles son las propiedades y las ventajas de la piel de cuero de vaca?* Obtenido de *¿Cuáles son las propiedades y las ventajas de la piel de cuero de vaca?*: <https://www.arteycuero.com/cuero-vaca/>
- Acome. (2013). Recuperado el Julio de 2023, de <https://acomee.com.mx/clasificaciones/CONTACTOR.pdf>
- Alen. (2020). *Máquinas para calzado*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2022, de <http://www.alenitalia.com/it/prodotti/macchina-controllo-pellame/macchina-per-controllo-pellame>
- Angélica, L. (2012). Control de Calidad en la Industria del Cuero. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*, 5-70.
- Antón, M. (15 de Diciembre de 2022). *¿Qué es una manguera neumática?* Obtenido de <https://www.leroymerlin.es/ideas-y-consejos/consejos/que-es-una-manguera-neumatica.html#:~:text=Una%20manguera%20neum%C3%A1tica%20es%20aquella,de%20aceite%20y%20las%20part%C3%ADculas>.
- AreaTecnología. (2023). Obtenido de <https://areatecnologia.com/electricidad/circuito-conmutado.html#:~:text=Un%20circuito%20conmutado%20simple%20o,encender%20o%20apagar%20las%20l%C3%A1mparas>.
- Asociación Química Española de la Industria del Cuero. (2013). Ponencia, Barcelona.
- Automatismoindustrial. (2023). Obtenido de [https://automatismoindustrial.com/automatas/g-1-introduccion-automatas-programables-plcs/4-9-5-lenguaje-de-funciones-fbd/#:~:text=El%20diagrama%20de%20funciones%20\(function,al%20esquema%20de%20un%20circuito](https://automatismoindustrial.com/automatas/g-1-introduccion-automatas-programables-plcs/4-9-5-lenguaje-de-funciones-fbd/#:~:text=El%20diagrama%20de%20funciones%20(function,al%20esquema%20de%20un%20circuito).

Barrientos, A. (2012). Recuperado el Julio de 2023, de

<https://es.scribd.com/document/410017208/Interruptor-docx#>

Benites, L. (25 de Enero de 2022). *Statologos*. Obtenido de <https://statologos.com/error->

[absoluto/](https://statologos.com/error-absoluto/)

Bermand, C. (Agosto de 2017). Obtenido de

https://www.bermad.com/app/uploads/WW_823_Product-Page_Spanish_8-

[2017_smart.pdf](https://www.bermad.com/app/uploads/WW_823_Product-Page_Spanish_8-2017_smart.pdf)

Calimod. (10 de Mayo de 2021). *7 beneficios de utilizar calzados de cuero*. Obtenido de 7

beneficios de utilizar calzados de cuero: <https://blog.calimodstore.com/beneficios->

[zapatos-](https://blog.calimodstore.com/beneficios-zapatos-)

[cuero/#:~:text=7%20beneficios%20de%20utilizar%20calzados%20de%20cuero%20](https://blog.calimodstore.com/beneficios-zapatos-cuero/#:~:text=7%20beneficios%20de%20utilizar%20calzados%20de%20cuero%201,Son%20c%C3%B3modos%20...%207%207.%20Son%20eco-amigables%20)

[1,Son%20c%C3%B3modos%20...%207%207.%20Son%20eco-amigables%20](https://blog.calimodstore.com/beneficios-zapatos-cuero/#:~:text=7%20beneficios%20de%20utilizar%20calzados%20de%20cuero%201,Son%20c%C3%B3modos%20...%207%207.%20Son%20eco-amigables%20)

Calzado La Horma. (2022). *Métodos de conservación de pieles*. Obtenido de Métodos de

conservación de pieles.: <https://lahormadetunegocio.com/es/2022/07/07/metodos->

[conservacion-pieles/](https://lahormadetunegocio.com/es/2022/07/07/metodos-conservacion-pieles/)

CAMSCO. (2023). *Dispositivos de señalización*. Obtenido de

<https://electricoindustrial.com.ec/producto/luces-piloto-led-camsco-22mm/>

Cáneppa, B. G. (2021). *INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS*. El Oro.

Compañía de seguros. (2023). Obtenido de <https://helloauto.com/glosario/compresor>

Cotance, A. (2014). *Ciencia y Tecnología en la Industria del Cuero*. España: Curtidos

Europeos.

Curti Sur. (2023). *Serraje Engrasado*. Obtenido de Curti Sur:

<https://curtisur.es/en/leather/pull-split-suede-class-one.html>

- Curtidos Lazapiel. (2021). *TODO LO QUE NECESITAS SABER SOBRE EL CUERO VACUNO O PIEL DE VACA*. Obtenido de *TODO LO QUE NECESITAS SABER SOBRE EL CUERO VACUNO O PIEL DE VACA*: <https://lazapiel.com/todo-sobre-el-cuero-vacuno/>
- Curtiduría Tungurahua. (2023). Obtenido de <https://www.ctu.com.ec/productos-ctu/nubuck-waterproof-gold-wheat/>
- Delgado, E. &. (2017). Recuperado el Julio de 2023, de <https://www.cartagena99.com/recursos/alumnos/apuntes/EI%20Tema%2034.compressed.pdf>
- DEXSON. (2022). *CATÁLOGO DEXSON*. Obtenido de *CATÁLOGO DEXSON*: <https://www.inselec.com.ec/wp-content/uploads/2019/01/CATÁLOGO-DEXSON.pdf>
- Domínguez, X. (2011). *SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO DE UNA CÁMARA DE SECADO DE CUERO PARA OPTIMIZAR TIEMPOS DE PRODUCCIÓN EN LA CURTIEMBRE PIEL CUEROS*. Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato.
- Ecoacustika. (06 de Abril de 2020). Obtenido de <https://ecoacustika.com/silenciadores-acusticos-una-alternativa-para-el-control-de-ruido-industrial/#:~:text=Los%20silenciadores%20son%20dispositivos%20que,del%20fluido%20en%20el%20medio.>
- Electronic Board. (16 de Marzo de 2022). *Botones industriales*. Obtenido de <https://www.electronicboard.es/botones-industriales/#:~:text=Un%20industrial%20es%20un%20dispositivo,u%20otro%20tipo%20de%20proceso.>
- Electropreguntas. (Agosto de 2022). Obtenido de <https://electropreguntas.com/los-fusibles-su-funcion-y-tipos-en-la-proteccion-de-sistemas-electricos/>

- FAME. (2011). *Fabril Fame*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2022, de <https://fabrilfame.webnode.es/la-empresa/>
- Ferrovial. (2023). Obtenido de <https://www.ferrovial.com/es/stem/sistemas-de-control-electrico/#:~:text=Se%20trata%20de%20un%20conjunto,necesita%20para%20su%20correcto%20funcionamiento.>
- FESTO. (2023). Obtenido de https://www.festo.com/co/es/c/productos/automatizacion-industrial/actuadores/cilindros-neumaticos/cilindros-con-vastago-id_pim215/#:~:text=Los%20cilindros%20de%20doble%20efecto,a%20una%20u%20otra%20conexi3n.
- Fiallos, F. (2017). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL Y MONITOREO APLICADO AL PROCESO DE PLANCHADO DE CUERO EN EL LABORATORIO DE CURTIEMBRE DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS DE LA ESPOCH*. Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de chimborazo, Riobamba.
- Fontalvo, J. (2019). En *Características de las películas de emulsiones acrílicas para acabados del cuero* (págs. 19-41). Colombia: Rohm and Hass.
- G.B.L. (2023). *Máquina de Estirar*. Obtenido de Máquina de Estirar: <https://www.gblitaly.it/es/macchine-a-ritenere/>
- Góngora, J. (Junio de 2019). *PROYECTO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE*. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10927/1/T-ESPE-049069.pdf>
- Gonzaga y Rodríguez. (2023). Obtenido de <https://electricoindustrial.com.ec/2021/03/15/elementos-de-control-y-senalizacion/>
- González, J., & Parrondo, J. (2005). *Problemas de oleohidráulica y neumática*. Oviedo: Ediciones de la Universidad de Oviedo.

Gotor Industria. (2023).

Granada, E. J. (Junio de 2018). *Dispositivos de paradas de emergencia*. Obtenido de https://www.editores-srl.com.ar/sites/default/files/ie332_granda_dispositivos.pdf

Guano, A. (2023). Obtenido de <https://es.scribd.com/document/73455740/Que-es-un-solenoid#:~:text=Un%20solenoid%20es%20definido%20como,a%20operar%20como%20un%20imn.>

Gutiérrez, I. (2022). *Programación Siemens*. Obtenido de <https://programacionsiemens.com/lenguaje-kop-o-ladder/#:~:text=El%20lenguaje%20KOP%20es%20un,mantenimiento%20y%20resoluci%20n%20de%20problemas.>

Hella. (2015). Recuperado el 2023, de https://www.hella.com/truck/assets/media_global/845_Relays_Brochure_HELLA_ES.pdf

Hernández, M. (2022). Obtenido de Neunify: <https://www.neunify.com/post/qué-es-una-unidad-de-mantenimiento>

Industria Panasonic. (2023).

Infodefensa. (2023). (ids, Editor) Obtenido de <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3130625/ecuador-presenta-nuevo-uniforme-pixelado-botas-combate#>

instrucciones, M. d. (2017). *Auxilab.es*. Obtenido de Auxilab.es: https://www.auxilab.es/controles/ObtenerPDF.ashx?f=%5C00%5C02%5C47%5Cz8_QLB007_Manometro+en+U.pdf

Interempresas. (2023). Obtenido de <https://www.interempresas.net/Electronica/FeriaVirtual/Producto-Controladores-logicos-inteligentes-Siemens-LOGO-8-129784.html>

INTOR. (2022). Obtenido de INTOR manufacturing solutions:

[https://www.intor.com.ar/clasificacion-de-valvulas-neumaticas-direccionales/#:~:text=Válvulas%205%2F2%20\(5%20v%C3%ADas,tienen%20una%20posición%20central%20adicional.](https://www.intor.com.ar/clasificacion-de-valvulas-neumaticas-direccionales/#:~:text=Válvulas%205%2F2%20(5%20v%C3%ADas,tienen%20una%20posición%20central%20adicional.)

Johnston, & Beer. (2010). Mecánica de materiales. En B. Johnston, *Mecánica de materiales* (pág. 366). México: MC Graw Hill.

Latorre, A. (2012). *Control de calidad en la industria del cuero*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.

LEATHER-TOOLKITS. (2023). *What is Nubuck: Uses, Types and Care*. Obtenido de What is Nubuck: Uses, Types and Care: <https://leather-toolkits.com/types-of-leather/nubuck/>

López, M. (2017). *SIMULACIÓN DE LA CAÍDA DE PRESIÓN Y DE LAS CONDICIONES ACÚSTICAS EN UN SISTEMA DE ESCAPE CONVENCIONAL*. BOGOTÁ.

LTC. (Agosto de 2019). *TERMINALES Y UNIONES DE COBRECOPPER LUGS AND SPLICES*. Obtenido de <https://www.giape.com.ar/wp-content/uploads/2016/08/LCT-Catalogo-2015-Terminales-y-Herramientas.pdf>

Majumdar, S. R. (2003). *Sistemas Neumáticos: Principios y Mantenimiento*. México: Mc Graw Hill.

Meccanica Alen. (2023). Obtenido de <http://www.alenitalia.com/it/prodotti/macchina-controllo-pellame/macchina-per-controllo-pellame>

Millor, N. (2011). Control Lógico Programable. *Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Control* (2), 3-5.

Molina, M. (2021). *Una historia de té y números. La prueba exacta de Fisher*. Obtenido de Una historia de té y números. La prueba exacta de Fisher.: <https://anestesiario.org/2021/una-historia-de-te-y-numeros-la-prueba-exacta-de->

- Sampieri, R. (2018). *Métidología de la Investigación*. Mc Graw Hil. Obtenido de <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>
- San Martín . (25 de Junio de 2017). *Conoce los distintos Tipos de Cuero para Calzado y Moda*. Obtenido de Conoce los distintos Tipos de Cuero para Calzado y Moda.: <https://tisanmartin.com/2017/06/25/tipos-cuero-para-calzado-moda/>
- SCHMALZ. (2023). *Fuerza de retención teórica de una ventosa*. Obtenido de Fuerza de retención teórica de una ventosa: <https://www.schmalz.com/es/saber-de-vacio/el-sistema-de-vacio-y-sus-componentes/procedimiento-para-dimensionar-un-sistema/fuerza-de-retencion-teorica-de-una-ventosa/>
- Schneider Electric. (2019). *Riel DIN*. Obtenido de Riel DIN: https://product-help.schneider-electric.com/Machine%20Expert/V1.1/es/tm3shw/tm3shw/TM3_Installation/TM3_Installation-8.htm
- Schorlemmer, P. (2022). *Revista Scielo*, 41(1), 19-25.
- SERRANO, A. (2010). *Neumática práctica*. Mdrid: Ediciones Paraninfo, S.A.
- Shigley, R., & Nisbett, K. (2019). *Diseño en ingeniería mecánica*. Obtenido de <http://www1.frm.utn.edu.ar/electromecanica/materias%20pagina%20nuevas/elementoMaquina/material/libroCabecera.pdf>
- SIEMENS. (Julio de 2023). 5.12.0. Obtenido de <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6ED1052-1FB08-0BA1>
- Silva, J., Garcia, D., & Ferreira, M. (2022). Leather Defect Detection Using Semantic Segmentation: A Hardware platform and software prototype. *Procedia*. Obtenido de <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1877050922008080?token=4898A58C3218E1E90227BF4ABBD4F63FB8EC7C5B97FB1647E7FB1958E51AB0AA6D652D4E0>

9AAD69CAFD1D2585F80C45C&originRegion=us-east-1&originCreation=20221129074753

Sosa, J. P. (2010). *Optimización del proceso productivo de la industria de calzado INDESA* [Tesis de Ingeniería, Universidad San Carlos de Guatemala]. Repositorio Institucional. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0560_MI.pdf

Suarez, P. (2015). Recuperado el Julio de 2023, de [https://www.ivnfgroup.com/Descargas/Info_productos/Sensor%20final%20de%20carrera%20\(Limit%20Switch\).pdf](https://www.ivnfgroup.com/Descargas/Info_productos/Sensor%20final%20de%20carrera%20(Limit%20Switch).pdf)

Telesquemario. (Junio de 2019). Manual electrotécnico. *Tecnologías de control industrial*, pág. 10.

Telesquemario. (Junio de 2019). Manual electrotécnico. *Tecnologías de control industrial*, pág. 10.

Tibanquiza, O. &. (2010). *DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE TABLEROS DIDÁCTICOS PARA EL LABORATORIO DE CONTROL ELÉCTRICO Y PLC DE LA ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA*. TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCION DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA, ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO, Latacunga.

Universidad Nacional de la Plata. (2023). *Tableros eléctricos*.

Vademécum. (2023). Obtenido de https://www.biblioteca.org.ar/libros/cueros/normas_introduccion.htm

Wellman, B. (2021). *Geometría descriptiva*. Barcelona: Reverte.

www.hella.com . (2019). Obtenido de www.hella.com : https://www.hella.com/truck/assets/media_global/1445_Broschuere_Relais_und_Relaisgeraete_HELLA_ES.pdf

Xicota, E. (6 de Abril de 2020). *El cuero, impactos y alternativas más sostenibles*. Obtenido de El cuero, impactos y alternativas más sostenibles:

<https://www.esterxicota.com/cuero-impactos-alternativas-moda-sostenible/>

XINTAI GROUP. (2022). Obtenido de <https://www.xintaivalves.com/es/blog/what-can-valves-be-used-for-throttling/>

Anexos