



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN FULON SEMIAUTOMATIZADO PARA EL TRATAMIENTO DE PIELES MENORES PARA EL LABORATORIO DE CURTICIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS -ESPOCH”

**NARANJO TIRADO ANDRÉS EDUARDO
RODRÍGUEZ JORDÁN MARCO VINICIO**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

**RIOBAMBA – ECUADOR
2015**

ESPOCH

Facultad de Mecánica

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:

2015-01-21

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

NARANJO TIRADO ANDRÉS EDUARDO
RODRÍGUEZ JORDÁN MARCO VINICIO

Titulado:

“CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN FULON
SEMIAUTOMATIZADO PARA EL TRATAMIENTO DE PIELES MENORES
PARA EL LABORATORIO DE CURTICIÓN DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS PECUARIAS - ESPOCH”

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Carlos Santillán Mariño
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Marco Almendáriz
DIRECTOR

Ing. Jhonny Orosco
ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: NARANJO TIRADO ANDRÉS EDUARDO

TRABAJO DE TITULACIÓN: **“CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN FULON SEMIAUTOMATIZADO PARA EL TRATAMIENTO DE PIELES MENORES PARA EL LABORATORIO DE CURTICIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS - ESPOCH”**

Fecha de Examinación: 2015-11-19

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marcelo Jácome Valdez PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Marco Almendáriz DIRECTOR			
Ing. Jhonny Orozco ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marcelo Jácome Valdez
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: RODRÍGUEZ JORDÁN MARCO VINICIO

TRABAJO DE TITULACIÓN: **“CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN FULON SEMIAUTOMATIZADO PARA EL TRATAMIENTO DE PIELES MENORES PARA EL LABORATORIO DE CURTICIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS - ESPOCH”**

Fecha de Examinación: 2015-11-19

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marcelo Jácome Valdez PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Marco Almendáriz DIRECTOR			
Ing. Jhonny Orozco ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marcelo Jácome Valdez
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Naranjo Tirado Andrés Eduardo

Rodríguez Jordán Marco Vinicio

DEDICATORIA

La culminación de mi trabajo de titulación está dedicada a mis padres y hermanos que con su apoyo incondicional han logrado ser un pilar fundamental en el transcurso de mi vida, estuvieron siempre a mi lado apoyándome para afrontar y realizar mis anhelos, a mi esposa y mi amado hijo por ser mi fuerza y la razón para superarme, a mis queridos abuelitos que con su sabiduría siempre supieron guiarme, enseñarme a luchar por mis deseos y a trabajar arduamente, al Ingeniero Marco Armendáriz y al Ingeniero Jhonny Orozco director y asesor del trabajo de titulación por su guía y aliento.

Andrés E. Naranjo T.

Dedico mi trabajo de titulación con todo mi cariño a mis Padres y Hermanos por ser quienes me brindaron su apoyo incondicional durante toda la vida, al igual se la dedico a mi esposa y a mi hijo que son el motivo por el cual seguir adelante y poder alcanzar un logro más en mi vida, como también se la dedico a mis abuelitos y toda mi familia por el aliento para salir adelante. A mi director y asesor por ser la guía y el apoyo durante todo el proceso de graduación.

Marco V. Rodríguez J.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la sabiduría necesaria para culminar mi carrera universitaria, por llevarme con bien durante todos los días del transcurso desde mi hogar hacia la universidad, a mis padres que con su esfuerzo y sacrificio me apoyaron siempre, a mis hermanos por su cariño, a mi esposa y sus padres por brindarme un hogar, darme sus consejos y apoyo, a mis queridos familiares por su buenos deseos.

Agradezco a todos mis amigos por sus consejos, momentos de alegría compartidos y a todos los Ingenieros que supieron impartir sus conocimientos y extenderme su cariño y amistad durante el transcurso de mi vida estudiantil en especial a las personas que colaboraron para el desarrollo de mi trabajo de titulación a los señores director y asesor.

Andrés E. Naranjo T.

Agradezco a Dios por otorgarme la salud y sabiduría para poder concluir con mi trabajo de titulación y con la carrera de ingeniería industrial, al igual agradezco a mis padres y hermanos por el apoyo incondicional para poder alcanzar un logro más en mi vida, a mi esposa por formar parte esencial en mi vida y por la perseverancia para llegar a cumplir la meta esperada, también agradezco mis abuelitos al igual que a toda mi familia y amigos por el aliento y apoyo moral durante la realización y culminación de la trabajo de titulación.

Agradezco mi Director de trabajo de titulación Ing. Marco Armendáriz y a mi Asesor Ing. Jhonny Orozco por el apoyo absoluto y por ser la guía fundamental para llegar a la culminación del proyecto de graduación, al igual agradezco a mi compañero de trabajo de titulación por la constancia y continuidad para lograr la terminación de la misma.

Marco V. Rodríguez J.

CONTENIDO

Pág.

1. INTRODUCCIÓN	
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación.....	1
1.3. Objetivos	2
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	2
1.3.2. <i>Objetivos específico</i>	2
2. MARCO TEÓRICO	
2.1. Controlador lógico programable.....	3
2.1.1. <i>Funciones que realiza un LOGO</i>	3
2.1.2. <i>Ventajas y desventajas de un LOGO</i>	4
2.1.3. <i>Funcionamiento del LOGO</i>	5
2.2. Variador de Frecuencia.....	5
2.2.1. <i>Funcionamiento del Variador de Frecuencia</i>	6
2.3. Motor Eléctrico.....	7
2.3.1. <i>Principio de funcionamiento</i>	7
2.3.2. <i>Partes y funcionamiento del motor eléctricos trifásico.</i>	8
2.4. Motorreductor.....	9
2.5. Fulon.....	10
2.5.1. <i>Tipos de Fulones</i>	11
2.6. Procesamiento de Pieles animales.....	12
2.6.1. <i>Almacenamiento y recorte de las pieles</i>	12
2.6.2. <i>Etapa de Curtido</i>	13
2.6.3. <i>Etapa de Terminación</i>	15
3. DISEÑO, SELECCIÓN DE ELEMENTOS NORMALIZADOS DEL FULON SEMIAUTOMATIZADO	
3.1. Diseño del Fulon.....	16
3.1.1. <i>Parámetros funcionales</i>	16
3.1.2. <i>Tamaño</i>	16
3.1.3. <i>Capacidad de Carga</i>	17
3.2. Selección del tipo de madera para la construcción del Fulon.....	17
3.2.1. <i>Especificaciones de la madera Mascarey</i>	18
3.3. Diseño del fulon.....	19
3.3.1. <i>Cálculo del volumen</i>	20
3.3.2. <i>Calculo de la masa de la polea conducida</i>	22
3.3.3. <i>Calculo de la masa de los herrajes (EJES)</i>	23
3.4. Selección del motorreductor.....	24
3.5. Cálculo de los Herrajes.....	28
3.6. Diseño de pernos.....	35
3.6.1. <i>Cizalla Primaria (Fuerza cortante)</i>	36
3.6.2. <i>Tracción Secundaria</i>	37
3.6.3. <i>Cálculo del perno crítico</i>	38
3.6.4. <i>Diseño a tracción</i>	40
3.7. Cálculo de esfuerzo debido a presión interna.....	41

3.8.	Calculo de esfuerzo debido a la rotación.....	42
3.9.	Calculo del número de bandas.....	42
3.10.	Análisis de la estructura.....	48
3.10.1.	<i>Análisis de deformaciones:</i>	49
3.10.2.	<i>Análisis de desplazamientos</i>	50
3.10.3.	<i>Análisis del factor de seguridad</i>	51
3.11.	Selección del autómata programable.....	52
3.11.1.	<i>Determinación de variables</i>	52
3.12.	Selección del Variador de Frecuencia.....	53
4.	CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL FULON SEMIAUTOMATIZADO .	
4.1.	Descripción general del fulon.....	54
4.2.	Construcción y montaje del Fulon Semiautomatizado.....	60
4.2.1.	<i>Construcción del Fulon</i>	61
4.2.2.	<i>Construcción de la base</i>	61
4.2.3.	<i>Ensamble del fulon y la base</i>	61
4.2.4.	Montaje del tablero de control.....	62
4.3.	Programación del LOGO 230 RC SIEMENS.....	62
4.3.1.	<i>Programación en bloques del Fulon</i>	63
4.4.	Representación del proceso.....	63
4.5.	Diagrama de instalación.....	65
4.6.	Pruebas del Fulon Semiautomatizado.....	67
5.	MANUAL DE OPERACIÓN, DE MANTENIMIENTO Y GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO	
5.1.	Manual de operación del Fulon.....	68
5.2.	Manual de mantenimiento.....	68
5.2.1.	<i>Mantenimiento preventivo</i>	69
5.2.2.	<i>Mantenimiento correctivo</i>	69
5.3.	Checklist general del Fulon Semiautomatizado.....	69
5.4.	Guía de práctica.....	70
6.	COSTOS	
6.1.	Costos directos.....	71
6.1.1.	<i>Costos mecánicos:</i>	71
6.1.2.	<i>Costos eléctricos</i>	72
6.1.3.	<i>Costos por maquinaria y transporte</i>	72
6.1.4.	Costos directos totales.....	73
6.1.5.	<i>Costos indirectos</i>	73
6.1.6.	<i>Costos totales</i>	73
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
7.1	Conclusiones.....	74
7.2	Recomendaciones.....	74

BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS
PLANOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1 Dimensiones Fulones de laboratorio.....	17
2 Comparación de Esfuerzos Admisibles	17
3 Módulos de Elasticidad.....	18
4 Propiedades Físico-mecánicas (Mascarey).....	18
5 Cálculo del Volumen de cada sección	23
6 Relación de transmisión, i	25
7 Factor de servicio f_s	28
8 Especificaciones y resistencias de la SAE para pernos de acero.....	39
9 Especificaciones y resistencias de la SAE para pernos de acero.....	40
10 Factor de carga, C_2	43
11 Desarrollo de referencia, L_d OPTIBELT PERFIL SPZ.....	44
12 Factor de ángulo de contacto, C_1 OPTIBELT PERFIL SPZ	46
13 Factor de desarrollo, C_3 OPTIBELT PERFIL SPZ.....	46
14 Potencias nominales, $P_{NOPTIBELT}$ PERFIL SPZ	47
15 Determinación de Variables.....	52
16 Costos Mecánicos	71
17 Costos Eléctricos.....	72
18 Costos de Maquinaria	72
19 Costos de Transporte	72
20 Costos Directos Totales	73
21 Costos indirectos.....	73
22 Costos Totales.....	73

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1 LOGO 230	3
2 Variador de Frecuencia	6
3 Motorreductor	10
4 Fulon	11
5 Esquema del tablón para el forrado exterior	20
6 Esquema de la polea conducida	22
7 Esquema de los Herrajes	23
8 Carga distribuida y momento flector.	28
9 Esquema de esfuerzo medio de torsión y esfuerzo de flexión amplitud y esfuerzo de flexión medio	32
10 Curvas de sensibilidad a la entalla en aluminio, q	34
11 Esquema de carga y momento flector aplicado en los pernos	35
12 Ubicación de 6 pernos en los herrajes	36
13 Cizalla primaria de pernos	37
14 Momento flector del perno crítico	38
15 Distancia entre centros de las poleas	44
16 Análisis de la estructura	49
17 Análisis de deformaciones	50
18 Análisis de desplazamientos	51
19 Análisis del factor de seguridad	51
20 Entradas y Salidas del LOGO 230 RC	52
21 Fulon Semiautomatizado	54
22 Tablero de control	58
23 Ensamble del fulon y la base	62
24 Montaje del tablero de control	62
25 Diagrama Eléctrico	65

SIMBOLOGÍA

D	Diámetro	[m]
E	Módulo de elasticidad	[Pa]
Fy	Límite de fluencia	[Pa]
g	Gravedad	[m/seg ²]
h	Ancho	[m]
I	Inercia	[Kg.m ²]
Kfa	Factor de concentración de esfuerzos por fatiga axial	
Kfc	Factor a esfuerzos a fatiga por corte	
Kff	Factor a esfuerzos a fatiga por flexión	
Kft	Factor a esfuerzos a fatiga por torsión	
m	Masa	[Kg]
M	Momento flector	[N.m]
M	Momento torsor	[Nm]
n1	Revoluciones del motor	[RPM]
n2	Revoluciones de la caja reductora	[RPM]
p	Presión interna	[Pa]
P	Potencia de transmitida	[HP]
P _{máx.}	Potencia máxima	[HP]
P'	Carga total	[kg]
P _D	Potencia de diseño	[HP]
r1	Radio al centro de cada perno	[m]
Se	Límite a la fatiga	[Pa]
Se'	Resistencia a la fatiga	[Pa]
Ssy	Límite de esfuerzo fluencia	[Pa]
Sut	Esfuerzo último	[Pa]
Sy	Esfuerzo de fluencia	[Pa]
t	Tiempo de estabilización del motorreductor	[seg]
T	Momento torsor	[N.m]
T	Torque de torsión	[N.m]
V	Volumen	[m ³]
v	Velocidad	[RPM]

V_1'	Cizalla primaria	[N]
V_6''	Tracción secundario	[N]
W	Peso	[Kgf]
W	Velocidad angular	[rad/seg ²]
α	Aceleración angular	[rad/seg ²]
δ	Densidad	[g/cm ³]
σ	Esfuerzo a tracción	[Pa]
σ_a	Esfuerzo amplitud de tracción	[Pa]
σ_{aa}	Esfuerzo amplitud axial	[Pa]
σ_{aeq}	Esfuerzo amplitud equivalente	[Pa]
σ_{af}	Esfuerzo amplitud a flexión	[Pa]
σ_f	Esfuerzo Flector	[Pa]
σ_m	Esfuerzo medio de tracción	[Pa]
σ_{ma}	Esfuerzo medio axial	[Pa]
σ_{max}	Esfuerzo de tracción máximo	[Pa]
σ_{meq}	Esfuerzo medio equivalente	[Pa]
σ_{mf}	Esfuerzo medio a flexión	[Pa]
σ_{min}	Esfuerzo de tracción mínimo	[Pa]
τ	Torque	[N.m]
T medio	Torque medio de torsión	[N.m]
τ_a	Esfuerzo amplitud de torsión	[Pa]
τ_{ac}	Esfuerzo amplitud a corte	[Pa]
τ_{amp}	Esfuerzo amplitud de torsión	[Pa]
τ_{at}	Esfuerzo amplitud a torsión	[Pa]
τ_m	Esfuerzo medio de torsión	[Pa]
τ_{max}	Esfuerzo de torsión máximo	[Pa]
$\tau_{m\acute{a}x}$	Torque de torsión máxima	[N.m]
τ_{mc}	Esfuerzo a medio a corte	[Pa]
τ_{min}	Esfuerzo de torsión mínimo	[Pa]
τ_{mt}	Esfuerzo medio a torsión	[Pa]
τ_T	Esfuerzo torsor	[Pa]

LISTA DE ABREVIACIONES

#P	Número de pernos
ADF	Variador de frecuencia ajustable
AMP	Amperios
Ar	Área de raíz
C ₁	Factor de ángulo de contacto
C ₂	Factor de servicio
C ₃	Factor de desarrollo
CA	Corriente Alterna
E.P.P.	Equipo de protección personal
fs	Factor de servicio
H	Potencia requerida
HP	Caballos de fuerza
Hz	Hercio
i	Relación de transmisión
I 1	Encendido
I 2	Apagado
I 3	Selector 3 posiciones
I 4	Stop
I 5	Pause
Ka	Factor de superficie
Kb	Factor de tamaño
Kc	Factor de confiabilidad
Kd	Factor de temperatura
Ke	Factor de efectos varios
Kf	Factor de concentración de esfuerzos por fatiga
LOGO	Modulo Lógico Universal
N/C	Normalmente Cerrado
N/O	Normalmente Abierto
Off	Apagado
On	Encendido
P	Número de polos
PC	Controlador programable
PLC	Controlador lógico programable
Q	Sensibilidad de la muesca a partir del radio
Q 1	Giro derecho de motor
Q 2	Giro izquierdo de motor
Q 3	Luz piloto giro derecho
Q 4	Luz piloto giro izquierdo

RPM	Revoluciones por minuto
V6	Módulo de la fuerza cortante en el perno crítico 6
VVVF	Variador de voltaje variador de frecuencia
Z	Número de bandas
Σd	Esfuerzo de Diseño
ΣF	Sumatoria de fuerzas
$\Sigma \tau$	Sumatoria de Torques
η	Coeficiente de seguridad

LISTA DE ANEXOS

- A** Catálogos.
- B** Fotografías de construcción del Fulon Semiautomatizado.
- C** Instalación en el laboratorio de Curtición de Pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias- ESPOCH.
- D** Programación del logo.
- E** Manual de Operación.
- F** Mantenimiento Preventivo.
- G** Mantenimiento Correctivo.
- H** Checklist de Mantenimiento.

RESUMEN

Se realizó la construcción e implementación de un Fulon Semiautomatizado en el laboratorio de curtición de pieles de la facultad de Ciencias Pecuarias-ESPOCH, con la finalidad de que los estudiantes puedan llevar a cabo sus prácticas y desarrollar conocimientos, destrezas y habilidades técnicas en el proceso de tratamiento de pieles menores.

Con el propósito de definir los materiales, elementos mecánicos y eléctricos requeridos para el adecuado proceso de tratamiento de pieles se realizó un esquema, en el que se estableció que el Fulon debe estar conformado por: madera Mascarey, pernos de acero inoxidable A304 con cabeza redonda, herrajes de aluminio, poleas tipo A, chumaceras de pie, bandas tipo B137; los elementos eléctricos seleccionados para la semi automatización son: motorreductor de 1,5HP, variador de frecuencia de 2HP, LOGO 230, temporizador, relays, disyuntores.

Las dimensiones del Fulon son 65 cm de espesor y 1 m de diámetro y su carga máxima a soportar es 150Kg, esta se divide en 120 Kg de agua y 30 Kg de pieles.

Durante el ensamble del Fulon se verificó la correcta alineación de las piezas de madera, el ajuste de los elementos de sujeción y herrajes, para luego proceder a la programación del LOGO 230 RC. Luego se realizaron las pruebas de funcionamiento en vacío y posteriormente una vez verificado que no existan fugas de agua se procedió a realizar las pruebas con carga máxima y se verificó el correcto funcionamiento en modo manual y modo automático obteniendo los resultados deseados en las pieles tratadas.

El Fulon Semiautomatizado cuenta con varias alternativas para poder realizar en él distintos tipos de tratamiento de pieles, por su versatilidad es de gran ayuda para realizar las pruebas en el laboratorio. Se recomienda operar el Fulon previo utilización del manual de operación y capacitación por parte del docente encargado de realizar las prácticas, además es necesario seguir el manual de mantenimiento y realizar los Checklist respectivo, para evitar el deterioro acelerado del Fulon y sus componentes.

ABSTRACT

There was realized construction and implementation of a semi-automated Fulon was performed in the laboratory of tanning of the Faculty of livestock Sciences-ESPOCH. In order that learners can carry out their practices and develop knowledge, skills and technical skills in the process of treatment of skins.

With the purpose to define the material, mechanical components and electrical required for the treatment of skins was conducted a scheme, it was established that the Fulon must be composed of: wood mascarey, bolts of stainless steel, aluminium fittings, pulleys; the electrical elements are: gear motor, variator of frequency, LOGO 230, timer.

The Fulon dimensions are 65 cm long and 1 m in diameter and its maximum load is 150 kg.

During assembly it was verified the correct alignment of the components, the adjustment of the elements of subjection, and then proceed to the programming of the LOGO 230. Then the performance test were carried out in vacuum and then, once you have verified that there is no water leakage is proceeded to perform the test with face maximum and verified operation in manual and automatic mode.

The Fulon has several alternatives for different types of treatment of skins, for its versatility it is very helpful when performing test in the laboratory. It is recommended to operate it before use of the manual of operation and training by the teacher in charge of the internship, also it is necessary to continue the maintenance manual, to realize the checklist to avoid the accelerated deterioration.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El laboratorio de tratamiento de pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH desde su fundación permite realizar prácticas de Curtiembre a sus alumnos para mejorar su aprendizaje y conocimientos teóricos prácticos.

En sus horas de prácticas realizan procesos asociados a la realidad que existe dentro de la industria, debido al mejoramiento continuo de los procesos industriales y al avance de la tecnología el laboratorio ha sentido la necesidad de mejorar los procesos realizados, en la actualidad existen y equipos de última generación que pueden ser controlados de forma automatizada mejorando con esto la realización del proceso productivo.

Los Fulones del laboratorio están diseñados para un único proceso el cual es el acabado de las pieles y no brinda la versatilidad para poder realizar otro tipo de proceso, no permite una mezcla adecuada de los productos químicos utilizados, la velocidad y tiempo no pueden ser controlados de manera exacta o no se puede cambiar según el tipo de piel a tratarse.

1.2. Justificación

Hoy en día, la automatización en el control de procesos sigue siendo una de las mejores opciones para construir sistemas de producción con métodos óptimos y lograr así mejorar la productividad. Los sistemas están aprovechando los avances tecnológicos para aplicaciones en las cuales el factor tiempo es una variable primordial, los instrumentos basados en control automatizado ofrecen un rendimiento indispensable.

Para poder realizar en el laboratorio pruebas experimentales de nuevos tipos de procesos de tratamiento de pieles es necesaria la implementación de un nuevo fulon semi automatizado que cumpla con características técnicas y accesorios necesarios para conseguir pieles con mejores acabados y de mejor calidad.

El fulon deberá contar con una unidad automática programable, la que nos permita realizar el proceso de manera continua y sin interrupciones, la velocidad y sentido de giro podrán ser seleccionados ajustando las variables al tipo de piel a tratarse en el panel de control del variador de frecuencia.

Reducción de consumo de químicos, aumento del efecto mecánico en el interior del fulon, con la selección de una tapa de fibra de vidrio se obtendrá mayor hermetismo y mejor manipulación para los estudiantes.

La revolución que ha venido suscitando el control de procesos, inspira que los estudiantes de Ingeniería Industrial desarrollen de modo ingenioso la adaptación y la utilización de nuevas tecnologías para que puedan ser utilizadas en la industria.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general. Construir e implementar un fulon semiautomatizado para el tratamiento de pieles menores para el Laboratorio de Curtición de la Facultad de Ciencias Pecuarias – ESPOCH.

1.3.2. Objetivos específicos:

- Seleccionar los elementos mecánicos y componentes eléctricos necesarios para la elaboración del fulon.
- Realizar la programación e instalación de componentes eléctricos y electrónicos.
- Realizar las pruebas de funcionamiento.
- Realizar el manual de operación, guías de laboratorio y plan de mantenimiento del fulon.
- Instalar el fulon para el equipamiento del laboratorio de curtición de pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias – ESPOCH.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Controlador lógico programable

Con la aparición de los autómatas programables, la industrial sufrió un cambio notorio, de manera que ha logrado procesos mucho más flexibles, comenzaron llamándose PC (Controlador programable), una definición más apropiada sería: Sistema Industrial de Control Automático que trabaja bajo una secuencia almacenada en memoria, de instrucciones lógicas.

El PLC es un dispositivo de estado sólido, diseñado para controlar procesos secuenciales que se desarrollan a nivel industrial, en conjunto con las máquinas que desarrolla procesos de producción y controlan sus labores. Es un sistema, porque contiene todo lo necesario para operar en la industria, por tener todos los registros necesarios para operar en los ambientes en que se encuentran (Prieto, 2007).

Figura 1 LOGO 230



Fuente: Autores

2.1.1. Funciones que realiza un LOGO

- Tomar decisiones en base a criterios pre programado.
- Almacenar datos en su memoria.
- Generar ciclos de tiempo de trabajo.
- Actuar sobre los dispositivos externos mediante las salidas analógicas y digitales.

Además de poder ser programados, son automáticos, es decir son aparatos que comparan las señales emitidas por la máquina controlada y toman decisiones en base a las instrucciones programadas, para mantener estable el funcionamiento de los equipos.

2.1.2. Ventajas y desventajas de un LOGO. Las ventajas de un LOGO son las siguientes:

- Menor tiempo empleado al elaborar proyectos.
- No es necesario dibujar el esquema de contactos.
- No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
- La lista de materiales a emplear es más reducida.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado y añadir aparatos.
- Mínimo espacio de ocupación
- Economía de mantenimiento.

Las desventajas de un LOGO son las siguientes:

- Hace falta un programador, lo que exige la preparación de los técnicos en su etapa de formación.
- La inversión inicial es mayor que en el caso de los relés, aunque ello es relativo en función del proceso que se desea controlar.
- El diseñador debe conocer a fondo las prestaciones y limitaciones del LOGO, según sean los requerimientos del proceso para el desarrollo del mismo y obtener los resultados esperados.

- El coste inicial debe ser tenido en cuenta a la hora de decidimos por uno u otro sistema, conviene analizar todos los demás factores para asegurarnos una decisión adecuada.

2.1.3. Funcionamiento del LOGO. Una vez que se ejecuta el proceso, el procesador realiza una serie de tareas:

- Al encender el procesador ejecuta un auto-chequeo de encendido y bloquea las salidas. Si el chequeo ha resultado correcto, entra en el modo de operación normal.
- Lee el estado de las entradas y las almacena en una zona de la memoria que se llama tabla de imagen de entradas.
- En base a su programa de control, actualiza una zona de la memoria llamada tabla de imagen de salida.
- A continuación el procesador actualiza el estado de las salidas "copiando" hacia los módulos de salida el estado de la tabla de imagen de salidas.
- Vuelve a ejecutar el paso b.

Cada ciclo de ejecución se llama ciclo de barrido, el cual normalmente se divide en:

- Verificación de las entradas y salidas
- Ejecución del programa

2.2. Variador de Frecuencia

Los variadores de frecuencia son sistema utilizados para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna o corriente continua.

Los variadores de frecuencia son vertientes de un variador de velocidad, ya que llevan un control de frecuencia de alimentación puede ser directa o indirecta, la cual se suministra a un motor.

Otra forma en que son conocidos los variadores de frecuencia son como Drivers ya sea de frecuencia ajustable (ADF) o de CA, VVVF (variador de voltaje variador de frecuencia), micro drivers o inversores; esto depende en gran parte del voltaje que se maneje. (Fraile Mora, 2008)

Figura 2. Variador de Frecuencia



Fuente: Autores

2.2.1. Funcionamiento del Variador de Frecuencia. Los dispositivos operan bajo el principio de que la velocidad síncrona de un motor de corriente alterna (CA) está determinada por la frecuencia de CA suministrada y el número de polos en el estator, de acuerdo con la relación:

$$RPM = \frac{120 * f}{p} \quad (1)$$

Dónde:

RPM = Revoluciones por minuto

f = frecuencia de suministro CA [Hz]

p = Número de polos

Las cantidades de polos más frecuentemente utilizadas en motores síncronos o en motor asíncrono son: 2, 4, 6 y 8 polos, que siguiendo la ecuación citada resultarían en: 3000, 1500, 1000 y 750 RPM respectivamente, para motores síncronos únicamente, se utiliza en Sudamérica una frecuencia de 60 Hz como fuente de alimentación.

En los motores asíncronos las revoluciones por minuto son ligeramente menores por el propio asincronismo que indica su nombre. En estos se produce un desfase mínimo entre la velocidad de rotación (RPM) del rotor (velocidad "real" o "de salida") comparativamente con la cantidad de RPM del campo magnético, debido a que sólo es atraído por el campo magnético exterior que lo aventaja siempre en velocidad.

Un sistema de variador de frecuencia consiste generalmente en un motor de CA, un controlador y una interfaz operadora.

2.3. Motor Eléctrico

Es una máquina eléctrica rotativa, capaz de convertir la energía eléctrica trifásica suministrada, en energía mecánica. La energía eléctrica trifásica origina campos magnéticos rotativos en el bobinado del estator.

Los motores eléctricos trifásicos, se fabrican en las más diversas potencias, desde una fracción de caballo hasta varios miles de caballos de fuerza (HP), se los construye para prácticamente, todas las tensiones y frecuencias (50 y 60 Hz) normalizadas, están equipados para trabajar a dos tensiones nominales distintas.

2.3.1. Principio de funcionamiento. Cuando la corriente atraviesa los arrollamientos de las tres fases del motor, en el estator se origina un campo magnético que induce corriente en las barras del rotor.

Dicha corriente da origen a un flujo que al reaccionar con el flujo del campo magnético del estator, originará un par al motor que pondrá en movimiento al rotor. Dicho movimiento es continuo, debido a las variaciones también continuas, de la corriente alterna trifásica.

El rotor no puede ir a la misma velocidad que la del campo magnético giratorio. Esto se debe a que a cada momento recibe impulsos del campo, pero al cesar el empuje, el rotor se retrasa. Después de ese momento vendrá un nuevo empuje y un nuevo deslizamiento, y así sucesivamente. De esta manera se comprende que el rotor nunca logre alcanzar la misma velocidad del campo magnético giratorio.

Es por lo cual recibe el nombre de asíncrono o asincrónico. El deslizamiento puede ser mayor conforme aumenta la carga del motor y lógicamente, la velocidad se reduce en una proporción mayor.

Los motores de corriente alterna y los de corriente continua se basan en el mismo principio de funcionamiento, el cual establece que si un conductor por el que circula una corriente eléctrica se encuentra dentro de la acción de un campo magnético, éste tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético.

El conductor tiende a funcionar como un electroimán debido a la corriente eléctrica que circula por el mismo adquiriendo de esta manera propiedades magnéticas, que provocan, debido a la interacción con los polos ubicados en el estator, el movimiento circular que se observa en el rotor del motor.

Partiendo del hecho de que cuando pasa corriente por un conductor produce un campo magnético, además si lo ponemos dentro de la acción de un campo magnético potente, el producto de la interacción de ambos campos magnéticos hace que el conductor tienda a desplazarse produciendo así la energía mecánica. Dicha energía es comunicada al exterior mediante un dispositivo llamado flecha (Marwin Prada, 2014).

2.3.2. Partes y funcionamiento del motor eléctricos trifásico. Independientemente del tipo de motor trifásico del que se trate, todos convierten la energía eléctrica en energía mecánica.

- **El estator:** está constituido por un enchapado de hierro al silicio, introducido generalmente a presión, entre una carcasa de hierro colado. El enchapado es ranurado, lo cual sirve para insertar allí las bobinas, que a su vez se construyen con alambre de cobre, de distintos diámetros los cuales diferencian la bobina primaria de la bobina secundaria.
- **El rotor:** es la parte móvil del motor. Está formado por el eje, el enchapado y unas barras de cobre o aluminio unidas en los extremos con tornillos. A este tipo de rotor se le llama de jaula de ardilla o en cortocircuito porque el anillo y las barras que son de aluminio, forman en realidad una jaula.

- **Los escudos:** están hechos con hierro colado. En el centro tienen cavidades donde se incrustan cojinetes de bolas sobre los cuales descansa el eje del rotor. Los escudos deben estar siempre bien ajustados con respecto al estator, porque de ello depende que el rotor gire libremente, o que tenga "arrastres" o "fricciones".

2.4. Motorreductor

Los motorreductores son apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente.

Las transmisiones de fuerza por correa, cadena o trenes de engranajes que aún se usan para la reducción de velocidad presentan ciertos inconvenientes.

Los reductores son diseñados a base de engranajes, mecanismos circulares y dentados con geometrías especiales de acuerdo con su tamaño y la función en cada motor.

Sin la correcta fabricación de los motorreductores, las máquinas pueden presentar fallas y deficiencias en su funcionamiento. La presencia de ruidos y recalentamientos pueden ser aspectos que dependan de estos mecanismos.

Rara vez las máquinas funcionan de acuerdo con las velocidades que les ofrece el motor, por ejemplo, a 1.800, 1.600 o 3.600 revoluciones por minuto. La función de un motorreductor es disminuir esta velocidad a los motores (50, 60, 100 rpm) y permitir el eficiente funcionamiento de las máquinas, agregándole por otro lado potencia y fuerza, se suministran normalmente acoplando a la unidad reductora un motor eléctrico normalizado asíncrono tipo jaula de ardilla, totalmente cerrado y refrigerado por ventilador para conectar a redes trifásicas de 220/440 voltios y 60 Hz (Marwin Prada, 2014).

Al emplear motorreductores se obtiene una serie de beneficios sobre estas otras formas de reducción. Algunos de estos beneficios son:

- Una regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.
- Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.

- Mayor seguridad en la transmisión, reduciendo los costos en el mantenimiento.
- Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje.
- Menor tiempo requerido para su instalación.

Figura 3. Motorreductor



Fuente: Autores

2.5. Fulon

El fulon es una cuba química que gira para mezclar los cueros con diferentes líquidos, tiene una tapa cuadrada en la parte superior, por donde se realiza la carga y descarga de las pieles.

En general, las grandes curtiembres tienen varios fulones de diferentes tamaños, trabajan unos 3000 cueros diarios, 12000 kilos de cuero fresco corresponden a 400 novillos. En la parte interna del fulon hay tarugos que por lo general son de madera y otras de bronce, su función es que al moverse el fulon el cuero no quede siempre en la base y la solución penetre bien a todo el cuero, estos lo abren y lo arrastran para ponerlo en contacto con la solución.

El proceso de remojo y pelambre en el fulon dura en total 24 horas; hay tiempos de reposo, de movimientos más rápidos y más lentos, todo esto se hace con un programa semejante al de una lavadora de ropa automática.

El cuero se trata con productos químicos dentro del fulon para hincharlo y pelarlo, con una solución de dos productos químicos: sulfuro y sulfhidrato. Una vez hinchado y pelado el cuero, se encuentra en un estado que se llama “cuero en tripa”, el tratamiento del pelo puede hacerse de dos formas: una es disolverlo y la otra simplemente desprenderlo.

Cuando el pelo se desprende, se puede sacar del líquido sin que contamine tanto el agua; el pelo puede equivaler al 14% del peso del cuero antes de la pelambre, el cuero en tripa mantiene más o menos el mismo peso con el que entró al fulon (HUENI AG, SWITZERLAND, 2005)

Figura 4. Fulon



Fuente: (BASF, 2008)

2.5.1. Tipos de Fulones. Se clasifican según el tipo de uso y proceso a realizarse:

- **Fulones de Madera para Recurtido Tintado**

Los fulones de recurtido tintado son generalmente producido con características adecuadas a este tipo de trabajo: el diámetro es generalmente mayor que su longitud para aumentar el efecto de "caída", ellos pueden ser equipados con tarugos, tablas y combinación de ambas en diferentes disposiciones acorde al trabajo.

- **Fulones de Madera Curada para Remojo**

Los fulones de remojo/pelambre son particularmente preparados para cargas elevadas; ellos pueden ser equipados con sistema de ejes sellados y válvulas de venteo las cuales permiten cargar sobre el eje para lograr mayor capacidad.

Los fulones de Curtido son normalmente usados por debajo de sus ejes, es decir al momento de cargarlo se lo hace hasta que esta se encuentre bajo los ejes de rotación o mas conocidos como herrajes, además tienen velocidades más rápidas y elementos mecánicos los cuales son ideales para el trabajo que realizan en el procesamiento de las pieles.

2.6. Procesamiento de Pieles animales

En el procesamiento de pieles animales, existen variaciones según sea el tipo de piel, la tecnología disponible y las características finales a conseguir en el cuero.

El proceso de curtido se puede dividir en tres etapas principales: ribera, curtido y terminación. Las etapas de ribera y curtido se realizan en grandes recipientes cilíndricos de madera llamados fulones. A estos recipientes se ingresan los cueros, el agua y los reactivos químicos necesarios, mientras que las etapas de terminación ocupan equipos de acondicionamiento físico en seco (Ramirez, 2014).

2.6.1. Almacenamiento y recorte de las pieles. Una vez separada la piel de la carne del animal, se procede a recortar la piel de las patas, cola, cabeza, según un procedimiento estándar. La piel se somete a un proceso de conservación para evitar su degradación biológica. Los más usados son el secado al aire y el salado con sal común, también se incluye el uso de productos químicos para evitar el ataque de insectos a la piel.

- **Remojo y lavado**

Las pieles se limpian con agua y detergentes de toda materia extraña como tierra, sangre, estiércol. En el caso de las pieles saladas se debe, eliminar la mayor parte de la sal proveniente de la conservación. Esta etapa también contribuye a devolverle a la piel la humedad perdida en el proceso anterior de secado que se lo realiza a las cada una de las pieles.

Los remojos de las pieles en bruto (frescas o recién desolladas, saladas y secas) dependen del tipo de conservación y el tiempo en que haya sido sometida después del sacrificio y antes de llegar a la curtiembre para su transformación en cuero.

El agua para remojo debe estar lo más exenta posible de materia orgánica y bacterias proteolíticas (bacterias putrefactivas); por ello en esta operación se requieren aguas de pozo o fuente y no las de superficie. El agua con una dureza media (8-12 ° Ha) es aceptable para procesar las pieles.

- **Pelambre y encalado**

Para eliminar el pelo presente en el cuero, éste se somete a un ataque químico con cal (encalado) y con sulfuro de sodio, o un ataque enzimático, mediante proteasas, en solución acuosa. A veces se agrega algún agente coadyuvante del proceso de pelambre como: agentes tenso activos, humectantes, aminas.

- **Descarnado**

En esta etapa se elimina la piel, mediante cuchillas, el tejido subcutáneo (restos de músculos y nervios), las grasas o cualquier otro elemento indeseado.

- **Depilado y dividido**

El depilado no se realiza, cuando en el pelambre se trabaja con baños con alta concentración de sulfuro y buena agitación mecánica, pues con este procedimiento y un buen enjuague se elimina prácticamente todo el pelo de la piel. En el dividido se corta la piel depilada por la mitad de su espesor para producir dos capas. El dividido también se puede realizar después del curtido.

2.6.2. Etapa de Curtido. Esta etapa se realiza para preservar las pieles.

- **Desencalado**

Esta etapa se ocupa de eliminar la cal y productos alcalinos del interior del cuero. Para este procedimiento se usan disoluciones acuosas de ácidos para neutralizar la piel, eliminando la cal y los productos alcalinos formados, como ácido clorhídrico, sulfúrico, fórmico, etc.

- **Rendido (purga)**

Es un proceso enzimático que permite un aflojamiento y ligera peptización de la estructura del colágeno, al mismo tiempo limpia la piel de restos de proteínas, pelo y grasa que hayan quedado de los procesos anteriores.

- **Piquelado**

Se utiliza en el curtido con cromo, con el fin de eliminar totalmente el álcali que queda en la piel. En este proceso se acidifica la piel lo suficiente, de manera que se evite la precipitación de sales de cromo insoluble en las fibras del cuero durante el curtido.

- **Desengrasado**

Se realiza en el curtido de pieles lanares, ya que estas poseen un alto contenido de grasa. Se puede realizar con agentes tensos activos (jabones sódicos, detergentes sintéticos) o con disolventes orgánicos.

- **Curtido**

El curtido es la transformación de la piel en cuero comercial, a través de un proceso de fijación del agente de curtiembre sobre la piel, en fulones durante un tiempo determinado. El tiempo de curtido dependerá del tipo de producto a obtener, el agente de curtiembre y el proceso en sí. Posteriormente el cuero se lava para eliminar el exceso de curtiembre y luego se seca. Los agentes de curtido más usados son las sales de cromo y los curtientes naturales.

- **Engrase**

Para obtener un cuero más suave y flexible se adicionan dentro de los fulones agua para que por impregnación con aceites vegetales y animales, modificados o no y aceites minerales obtener cuero con mayor suavidad según sea requerido para su proceso posterior.

- **Recurtido**

Consiste en el tratamiento del cuero curtido con uno o más productos químicos con el objeto de obtener un cuero más lleno, con mejor resistencia al agua, mayor blandura o para favorecer la igualación de tintura que no se han podido obtener con la sola curtiición convencional.

- **Teñido**

Las pieles recurtidas son teñidas en fulones mediante colorantes ácidos o básicos.

2.6.3. Etapa de Terminación. El cuero una vez teñido y seco pasa por varios procesos de acabado, los cuales le dan la presentación deseada según sea el tipo de producto final.

En esta etapa los cueros pueden ser raspados, ablandados, estirados, planchados, pintados, lacados, los procesos pueden fluctuar según la calidad del cuero y el uso deseado.

CAPITULO III

3. DISEÑO, SELECCIÓN DE ELEMENTOS NORMALIZADOS DEL FULON SEMIAUTOMATIZADO.

3.1. Diseño del Fulon

Para determinar los parámetros de diseño que intervienen en el fulon, se consideran las necesidades, requerimientos y condiciones de trabajo a las que va estar sometido en el laboratorio.

- Los parámetros son los siguientes:
- Parámetros funcionales
- Tamaño
- Capacidad de carga

3.1.1. Parámetros funcionales. Debido al desarrollo de sistemas de control y automatización en conjunto a las necesidades presentadas dentro del laboratorio, se ha que el proceso de curtición se realiza fuera de rangos técnicos al no contar con fulones con parámetros normalizados los que son apropiados para los procesos aplicados a laboratorios, es necesaria la instalación de un fulon que cumpla parámetros técnicos y selección de materiales adecuados para su construcción y preservación del equipó, obteniendo así pieles de mejor calidad sin daños y optimizando el uso de los productos, tiempos inmersos en las pruebas estando acorde a las características y requerimientos del proceso.

3.1.2. Tamaño. Las dimensiones del fulon serán seleccionadas con ayuda de los parámetros técnicos que se encuentran en el “Vademécum para el técnico en curtición”, de acuerdo a las necesidades y condiciones físicas presentadas en el laboratorio las siguiente tabla nos muestra los tamaños normalizados. los mismos que son de tamaños pequeños para la realización de ensayos y comparaciones de distintos productos inmersos en el proceso, ayudando a la mejor obtención de las pieles que posteriormente se replicaran en lotes de mayor tamaño en las industrias.

Tabla 1. Dimensiones Fulones de laboratorio

Diámetro	50	60	80	100	150	150
Longitud	25	30	40	60	110	150

Fuente: (BASF, 2008)

3.1.3. Capacidad de Carga. La capacidad de carga del fulon es de 150 kg, la cual se divide en 120 kg de agua y 30 kg de pieles, con esta carga se realizara el diseño y selección de los elementos del fulon.

3.2. Selección del tipo de madera para la construcción del Fulon

Para realizar la selección adecuada del tipo de madera en la construcción del fulon partiremos de un análisis de comparación de cuatro tipos distintos de maderas estructurales y sus diferentes propiedades.

Mediante la comparación de los tipos de madera se determinó que la madera que presenta mejores características es el Guayacan, pero por un estudio técnico económico se seleccionó el tipo Mascarey que es la segunda mejor madera por sus propiedades físico mecánicas.

- **Propiedades de los distintos tipos de Madera.**

En las siguientes tablas se van a mostrar las propiedades físico-mecánicas del Guayacán, Colorado, Sande, Mascarey.

Resultados obtenidos a partir del estudio de cada uno de los esfuerzos admisibles de las maderas estructurales:

Tabla 2. Comparación de Esfuerzos Admisibles

Especies	Flexión (Kg/cm ²)	Tracción Paralela (Kg/cm ²)	Compresión Paralela (Kg/cm ²)	Compresión Perpendicular (Kg/cm ²)	Corte (Kg/cm ²)
Guayacán	152,81	472,07	105,81	70,13	13,24
Colorado	41,29	144,99	56,11	22,28	9,43
Sande	60,73	167,14	79,12	26,88	8,54
Mascarey	122,46	192,77	81,11	33,33	11,65

Fuente: (Arias Santillan, 2010)

Tablas comparativas de los módulos de elasticidad:

Tabla 3. . Módulos de Elasticidad

Especies	E. mínimo (Kg/cm²)	E. promedio (Kg/cm²)
Guayacán	86 984,4	108 918,87
Colorado	60 349,58	69 431,71
Sande	54 731,97	70 413,6
Mascarey	70 303,15	85 577,57

Fuente: (Arias Santillan, 2010)

El tipo de madera que presenta mejores propiedades es el Guayacán pero debido al elevado costo y la dificultad de obtención por los permisos ambientales que regulan su extracción en el país, se procede a seleccionar el tipo de madera que presenta las mejores propiedades de las tres restantes que en nuestro caso sería Mascarey.

3.2.1. Especificaciones de la madera Mascarey.

Nombre común: Mascarey (Ecuador)

Nombre científico: Hyeronima alchorneoides Allem.

Familia: Euphorbiaceae

Propiedades Físico-mecánicas

Tabla 4. Propiedades Físico-mecánicas (Mascarey)

Propiedades	Valor	Peso
Densidad básica	0,63 g/cm ³	Muy pesada
Relación de contracción	2,06	Normal
Módulo de elasticidad	85 577,57 kg/cm ²	Medio
Cizalle	11.65 kg/cm ²	Medio
Factor de Seguridad	7 a 11	

Fuente: (Arias Santillan, 2010)

- **Secado**

Para evitar que la madera pueda sufrir distorsiones en el proceso de construcción del fulon esta se adquirió secada previamente al horno, obteniendo un porcentaje de humedad del 15% con lo que se considera madera estructural seca lista para realizar las operaciones de mecanizado.

- **Durabilidad**

Es una madera muy durable, resistente al ataque de hongos, termitas y al ataque de los productos utilizados en el proceso de curtido de pieles.

Para conservar y prevenir un deterioro acelerado aplicar un recubrimiento superficial con sellador para madera para contrarrestar la humedad a la cual va estar sometida durante el proceso de tratamiento de pieles.

- **Dureza**

Tiene un porcentaje de humedad del 15 % el cual la clasifica en madera de alta dureza la cual tiene las siguientes características: moderadamente fácil de aserrar y de trabajar con herramientas manuales, buena a regular para el cepillado, moderadamente apta para machimbrado, excelente para el torneado, escopleado, taladrado, moldurado y lijado aunque muy difícil de clavar.

Para introducir clavos y tornillos es necesario taladrar antes de introducirlos para evitar que la madera sufra rotura.

3.3. Diseño del fulon

Para realizar el diseño del fulon se partirá de los siguientes datos de la madera Mascarey estructural con un porcentaje de humedad del 15 % y alta dureza, cuyos valores fueron determinados anteriormente:

Datos madera Mascarey:

$$\delta = 0,63 \text{ g/cm}^3$$

$$D = 1 \text{ m}$$

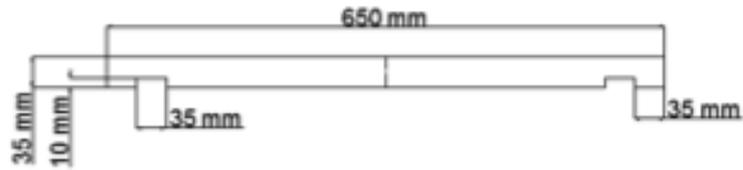
Dónde:

$$\delta = \text{densidad [g/cm}^3\text{]}$$

$$D = \text{Diámetro[m]}$$

3.3.1. Cálculo del volumen. Se procede a calcular el volumen a partir de la siguiente figura.

Figura 5. Esquema del tablón para el forrado exterior.



Fuente: Autores

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 h \quad (2)$$

Dónde:

h = ancho [m]

D = Diámetro [m]

Cálculo de V_1 que es el volumen absoluto del fulon:

$$V_1 = \frac{\pi}{4} (1)^2 (0,65)$$

$$V_1 = 0,51 \text{ m}^3$$

Cálculo de V_2 , que es el volumen despreciando las 2 tapas utilizadas 1 del fulon:

$$V_2 = \frac{\pi}{4} (0,93)^2 (0,65)$$

$$V_2 = 0,44 \text{ m}^3$$

Cálculo de V_3 que es el volumen que corresponde a las tapas laterales del fulon:

$$V_3 = \frac{\pi}{4} (0,93)^2 (0,035) (2)$$

$$V_3 = 0,048 \text{ m}^3$$

Cálculo de V_M que es el volumen total de madera que contiene el fulon:

$$V_M = V_1 - V_2 + V_3$$

$$V_M = 0,118 \text{ m}^3$$

Ahora para encontrar el volumen de agua q contiene el fulon será:

$$V_a = \frac{\pi}{4} (0,93)^2 (0,51)$$

$$V_a = 346 \text{ lt}$$

Cálculo de la masa del Fulon

A partir de la siguiente fórmula:

$$m = \delta V_M$$

Dónde:

δ = densidad [Kg/m^3]

V_M = volumen total [m^3]

$$m = 630 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} (0,118) \text{m}^3$$

$$m = 74,34 \text{ Kg}$$

El peso sería:

$$W = mg$$

Dónde:

m = masa [Kg]

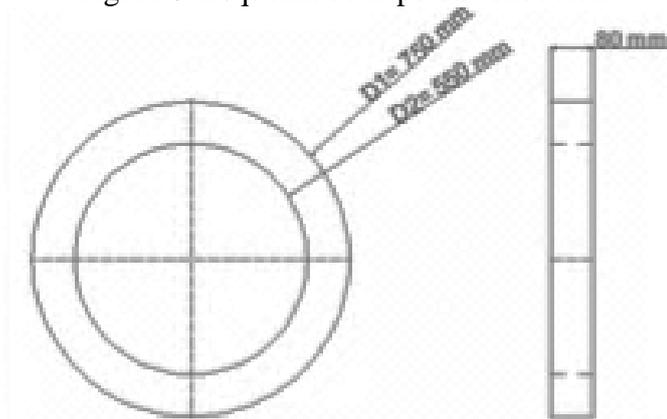
g = gravedad [m/s^2]

$$W = (74,34 \text{ Kg})(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$$

$$W = 729,29 \text{ N}$$

3.3.2. *Calculo de la masa de la polea conducida.* Se procede a partir del esquema de la polea conducida.

Figura 6. Esquema de la polea conducida



Fuente: Autores

$$V = \frac{\pi}{4} D1^2 h - \frac{\pi}{4} D2^2 h \quad (4)$$

Dónde:

V = volumen [m³]

D1 = diámetro mayor [m]

D2 = diámetro menor [m]

h = longitud [m]

$$V = \frac{\pi}{4} (0,75)^2 (0,08) - \frac{\pi}{4} (0,55)^2 (0,08)$$

$$V = 0.016 \text{ m}^3$$

Entonces la masa será:

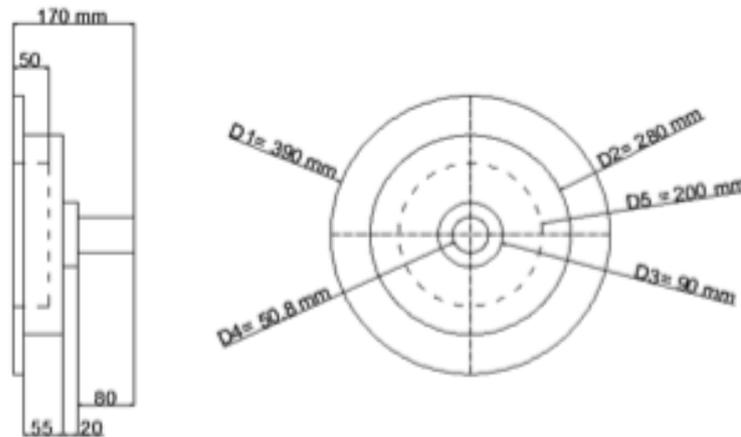
$$m = \delta V$$

$$m = \left(630 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)(0,016)\text{m}^3$$

$$m = 10.08 \text{ Kg}$$

3.3.3. Cálculo de la masa de los herrajes (EJES). Se procede a partir del esquema de la polea conducida

Figura 7. Esquema de los Herrajes



Fuente: Autores

Se halla primeramente el volumen de todas las secciones de los herrajes

Tabla 5. Cálculo del Volumen de cada sección

Sección	Diámetro (m)	Longitud (m)	Valor (m ³)
V1	0,39	0,0015	0,00179
V2	0,28	0,0055	0,0034
V3	0,09	0,02	0,000127
V4	0,051	0,08	0,000163
V5	0,02	0,05	0,00157
V6	0,032	0,17	0,000134

Fuente: Autores

Entonces el volumen total de cada uno de los herrajes será:

$$V_T = V1 + V2 + V3 + V4 - V5 - V6$$

$$V_T = 0,00378\text{m}^3$$

Y la masa tenemos que:

$$m = \delta V$$

$$m = (2\,650 \frac{Kg}{m^3})(0,00378)m^3$$

$$m = 10,02 \text{ Kg}$$

3.4. Selección del motorreductor

Para realizar la selección del motorreductor procedemos a calcular la potencia máxima:

$$P_{\text{máx}} = \Sigma F \times V + \Sigma \tau \times W \quad (4)$$

Dónde:

$P_{\text{máx.}}$ = Potencia máxima. [HP]

ΣF = Sumatoria de fuerzas [N]

v = velocidad [RPM]

$\Sigma \tau$ = Sumatoria de Torques [N.m]

W = Velocidad angular [rad/ s]

$$P_{\text{máx.}} = (F_{\text{fricción}} + F_{\text{acel.}} + F_{\text{elev.}}) V + (\tau_{\text{fricción}} + \tau_{\text{acel}} + \tau_{\text{elev.}}) \times W$$

En este caso se trata de un elemento giratorio alrededor de un eje axial, por lo que las fuerzas existentes, en un principio se necesitan vencer, posteriormente ayudan a la rotación del elemento en estudio. Por lo que se anulan.

Por tanto se tiene:

$$P_{\text{máx.}} = (\tau_{\text{fricción}} + \tau_{\text{acel}} + \tau_{\text{elev.}}) \times W$$

Se procede a calcular la aceleración angular, la cual es las revoluciones requeridas para el proceso.

$$\alpha = \frac{W}{t}$$

Dónde:

α = Aceleración angular [rad/s²]

w= Velocidad angular [rad/s]

t= tiempo de estabilización del motorreductor [s]

Datos asumidos: Por catálogo AMP AR32/1

t = estabilización relación: 5:3

t = 1, 5 [s] n1= 1440 rpm, n2= 264 rpm

Tabla 6. Relación de transmisión, i

AR 32/1	n ₁ =1440 rpm			
Ir	n ₂	T _{2M}	P	RD
5.3	264	26,8	0,8	97

Fuente: Motorreductores HIGH TECH LINE MOTION, AMP. Pag.14

A partir de las revoluciones requeridas transformamos la velocidad angular de RPM a rad/s.

$$W = 25 \text{ rpm} \left(\frac{2 \pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \right) \left(\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \right)$$

$$W = 2,62 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

La aceleración angular es:

$$\alpha = \frac{W}{t} \tag{5}$$

$$\alpha = \frac{2,62 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}}{1,5 \text{ seg}}$$

$$\alpha = 1,75 \frac{\text{rad}}{\text{seg}^2}$$

Cálculo de la inercia del fulon:

$$I_{\text{fulon}} = \frac{m(D^2 + d^2)}{8} \quad (6)$$

$$I_{\text{fulon}} = \frac{74,34(1^2 + 0,88^2)}{8}$$

$$I_{\text{fulon}} = 16,49 \text{ Kg.m}^2$$

Cálculo de la inercia de las tapas laterales del fulon:

$$I_{\text{tl}} = \frac{m D^2}{8} \quad (7)$$

$$I_{\text{tl}} = \frac{30,24(0,93^2)}{8}$$

$$I_{\text{tl}} = 3,27 \text{ Kg.m}^2$$

Cálculo de la inercia de las aspas del fulon:

$$I_A = \frac{m(a^2 + b^2)}{12} \times 4 \quad (8)$$

$$I_A = \frac{1,12(0,1^2 + 0,51^2)}{12} \times 4$$

$$I_A = 0,872 \text{ Kg.m}^2$$

Entonces la inercia total del fulon es:

$$I_{\text{Ftotal}} = 20,632 \text{ Kg.m}^2 \quad (9)$$

Cálculo de la inercia de la carga del fulon

Se procede a partir del teorema de Steinner de ejes paralelos.

$$I_c = \frac{m(a^2+b^2)}{4} + m \times d^2 \quad (10)$$

$$I_c = \frac{150(0,9^2+0,7^2)}{4} + 150 \times 0,29^2$$

$$I_c = 61,37 \text{ Kg.m}^2$$

Cálculo de la inercia de la polea del fulon:

$$I_{\text{polea}} = \frac{m(D^2-d^2)}{8} \quad (11)$$

$$I_{\text{polea}} = \frac{10,27(0,75^2 - 0,55^2)}{8}$$

$$I_{\text{polea}} = 1,11 \text{ Kg.m}^2$$

Cálculo de la inercia de los herrajes del fulon:

$$I_h = \frac{m(D^2-d^2)}{8} \times 2 \quad (12)$$

$$I_h = \frac{10,07(0,2^2 - 0,032^2)}{8} \times 2$$

$$I_h = 0,104 \text{ Kg.m}^2$$

Calculo del torque:

$$\tau = I \times \alpha \quad (14)$$

$$\tau = (20,632 + 61,37 + 1,57+0,104+1,11) \times 1,75$$

$$\tau = 148,37 \text{ Nm}$$

Calculo de la potencia requerida:

$$H = \frac{\tau W fs}{9550 \times 0,746} \quad (15)$$

Dónde:

τ = torque requerido [Nm]

w = velocidad angular [rad/s]

fs = factor de servicio

Tabla 7. Factor de servicio fs

Tipo de máquina	>15 horas/día
Maquinaria Textil	1,6

Fuente: Motorreductores HIGH TECH LINE MOTION, AMP

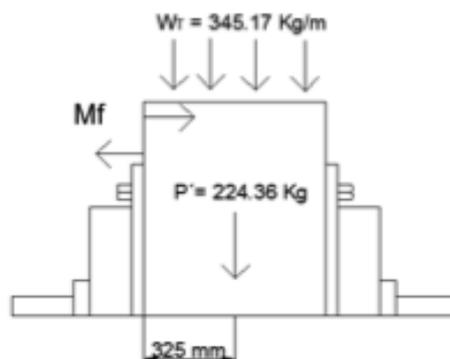
$$H = \frac{(148,37)(25)(1,6)}{(9550)(0,746)}$$

$$H = 0,835 \text{ HP}$$

3.5. Cálculo de los Herrajes

Para el cálculo se parte del material de cada uno de los herrajes que es aluminio fundido, posteriormente se puede analizar con mayor precisión el diseño del eje ya que se trata de un proceso iterativo, hallando en el siguiente el coeficiente de seguridad, con lo cual se verifica el cálculo en el eje.

Figura 8. Carga distribuida y momento flector.



Fuente: Autores

DATOS:

$F_y = 60 \text{ MPa}$

$S_{ut} = 90 \text{ MPa}$

$E = 70 \text{ GPa}$

$\delta = 2650 \text{ Kg/m}^3$

Dónde:

$F_y =$ Limite de fluencia [Pa]

$S_{ut} =$ Esfuerzo último [Pa]

$E =$ Modulo de elasticidad [Pa]

Se procede a partir de la fórmula de SHIGLEY para encontrar el límite a la fatiga.

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S_e' \quad (16)$$

Dónde:

$S_e =$ límite a la fatiga [Pa]

$K_a =$ Factor de superficie

$K_b =$ Factor de tamaño

$K_c =$ Factor de confiabilidad

$K_d =$ Factor de temperatura

$K_e =$ Factor de efectos varios

$k_f =$ Factor de concentración de esfuerzos por fatiga

$S_e' =$ Resistencia a la fatiga [Pa]

Se tiene que:

$$S_e' = 0,29 S_{ut} \text{ (sometido a carga de flexión)}$$

$$k = 0,6 \text{ (asumido por esfuerzos combinados)}$$

Para lo cual:

$$Se = 0,6 (0,29) (90)$$

$$Se = 15,66 \text{ MPa}$$

Cálculo de los esfuerzos actuantes en el eje, para esto se analizan los esfuerzos a los cuales está sometido cada uno de los herrajes, los mismos que son el esfuerzo a torsión y el esfuerzo a flexión.

$$\tau = \frac{16 M D}{\pi(D^4 - d^4)} \quad (17)$$

$$\sigma = \frac{32 M D}{\pi(D^4 - d^4)} \quad (18)$$

$$\tau_a = \frac{\tau_{\text{máx}} - \tau_{\text{mín}}}{2} \qquad \sigma_a = \frac{\sigma_{\text{máx}} - \sigma_{\text{mín}}}{2}$$

$$\tau_m = \frac{\tau_{\text{máx}} + \tau_{\text{mín}}}{2} \qquad \sigma_m = \frac{\sigma_{\text{máx}} + \sigma_{\text{mín}}}{2}$$

Dónde:

τ = Esfuerzo a torsión [Pa]

σ = Esfuerzo a tracción [Pa]

τ_a = Esfuerzo amplitud de torsión [Pa]

τ_m = Esfuerzo medio de torsión [Pa]

σ_a = Esfuerzo amplitud de tracción [Pa]

σ_m = Esfuerzo medio de tracción [Pa]

$\tau_{\text{máx}}$ = Esfuerzo de torsión máximo [Pa]

$\tau_{\text{mín}}$ = Esfuerzo de torsión mínimo [Pa]

$\sigma_{\text{máx}}$ = Esfuerzo de tracción máximo [Pa]

$\sigma_{\text{mín}}$ = Esfuerzo de tracción mínimo [Pa]

T = Momento torsor [N.m]

Mf = Momento flector [N.m]

D = diámetro exterior del eje [m]

d = diámetro interior del eje [m]

Entonces:

$$\tau_a = \quad (-)$$

$$\tau_m = \quad (+)$$

$$\sigma_a = \quad (-)$$

$$\sigma_m = \quad (+)$$

- **Diseño del eje**

Se parte a partir del análisis del cilindro hueco.

$$\tau_T = \frac{16 T D}{\pi(D^4 - d^4)}$$

$$\sigma_f = \frac{32 M D}{\pi(D^4 - d^4)}$$

Dónde:

τ_T = Esfuerzo torsor [Pa]

σ_f = Esfuerzo Flector [Pa]

T= Torque de torsión [N.m]

M= Momento flector [N.m]

D= Diámetro exterior del eje [m]

d= Diámetro interior del eje [m]

Para esto se tiene la siguiente relación, lo cual definirá en que porcentaje se requiere como mínimo el diseño del eje.

$$\frac{D}{d} = 4$$

$$d = \frac{D}{4}$$

Entonces:

$$\tau_T = \frac{16 T D}{\pi(D^4 - (\frac{D}{4})^4)}$$

$$\tau \text{ máx} \tau_m; \tau_a=0$$

$$\sigma_f = \frac{32 M D}{\pi(D^4 - (\frac{D}{4})^4)}$$

$$\sigma \text{ máx} \sigma_a; \sigma_m=0$$

Dónde:

T medio = Torque medio de torsión [Pa]

τ_{amp} . = Esfuerzo amplitud de torsión [Pa]

$\tau_{máx}$ = Torque de torsión máxima [Pa]

Ahora:

$$\tau_m = \frac{32 T D}{\pi(D^4 - (\frac{D}{4})^4)}$$

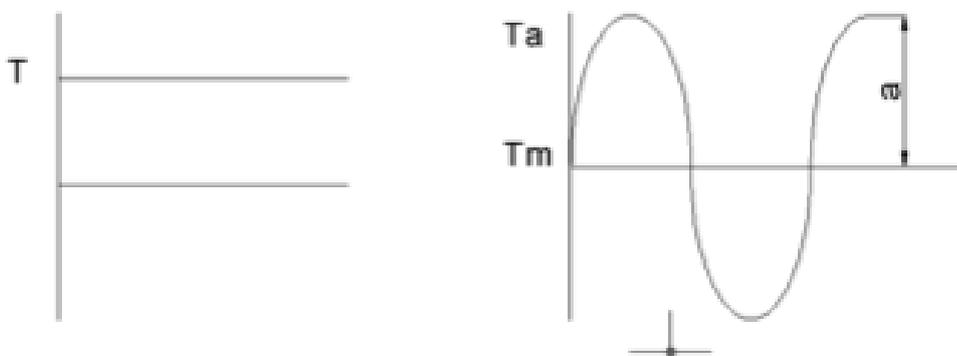
Ecuación 1 (19)

$$\sigma_a = \frac{32 M D}{\pi(D^4 - (\frac{D}{4})^4)}$$

Ecuación 2 (20)

El siguiente grafico explica porque solo actúan los esfuerzos que se detallan en la ecuación 1 y 2.

Figura 9. Esquema de esfuerzo medio de torsión y esfuerzo de flexión amplitud y esfuerzo de flexión medio



Fuente: Autores

Como el fulon se encuentra a tracción permanente solo existe un esfuerzo de torsión medio y en cambio cuando gira se encuentra a flexión de un punto a otro y solo existe el esfuerzo a flexión de amplitud.

Por teoría de Von Misses para encontrar los esfuerzos a fatiga equivalentes:

$$\sigma_{aeq} = \sqrt{(kfa \times \sigma_{aa} + kff \times \sigma_{af})^2 + (kft \times \tau_{at} + kfc \times \tau_{ac})^2} \quad (21)$$

$$\sigma_{meq} = \sqrt{(\sigma_{ma} + \sigma_{mf})^2 + 3(\tau_{mt} + \tau_{mc})^2}$$

Dónde:

σ_{aeq} = Esfuerzo amplitud equivalente [Pa]

σ_{meq} = Esfuerzo medio equivalente [Pa]

kfa = Factor de concentración de esfuerzos por fatiga axial

σ_{aa} = Esfuerzo amplitud axial [Pa]

kff = Factor a esfuerzos a fatiga por flexión

σ_{af} = Esfuerzo amplitud a flexión [Pa]

kft = Factor a esfuerzos a fatiga por torsión

τ_{at} = Esfuerzo amplitud a torsión [Pa]

kfc = Factor a esfuerzos a fatiga por corte

τ_{ac} = Esfuerzo amplitud a corte [Pa]

σ_{ma} = Esfuerzo medio axial [Pa]

σ_{mf} = Esfuerzo medio a flexión [Pa]

τ_{mt} = Esfuerzo medio a torsión [Pa]

τ_{mc} = Esfuerzo a medio a corte [Pa]

Se tiene:

$$\sigma_{aeq} = kff \times \sigma_{af}$$

$$\sigma_{meq} = \tau_{mt} \sqrt{3}$$

Para encontrar kff a partir de:

$$K_{ff} = q (k_{tf} - 1) + 1 \quad (22)$$

Dónde:

q = sensibilidad a la muesca

K_{tf} = Factor de concentración de esfuerzos

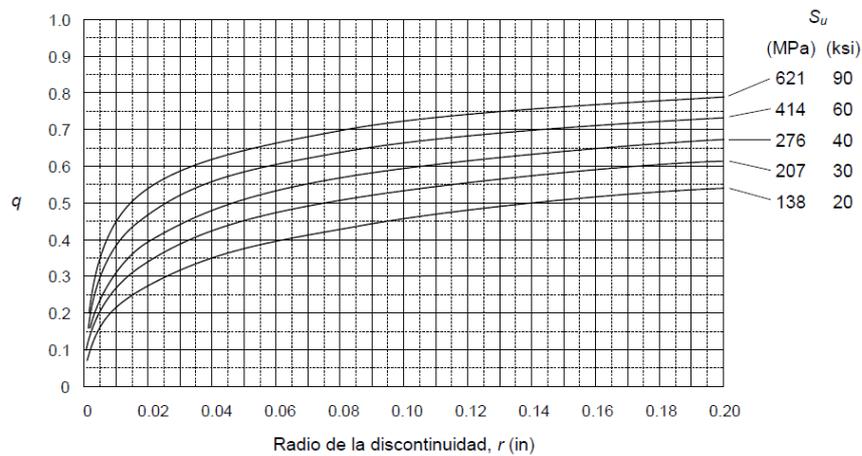
- **Índice de sensibilidad a la entalla**

El índice de sensibilidad a la entalla se ha definido matemáticamente como:

$$q = \frac{k_f - 1}{k_t - 1}$$

$$k_f = 1 + q(k_t - 1) \quad (23)$$

Figura 10. Curvas de sensibilidad a la entalla en aluminio, q



Fuente: DISEÑO DE MAQUINAS, Robert L. Norton. Cuarta Edición

$$k_t = 1,43$$

$$q = 0,77$$

Se tiene:

$$k_f = 0,77 (1,43-1)+1$$

$$k_f = 1,33$$

Para el cálculo de los esfuerzos equivalentes se tiene a partir de la ecuación de Soderberg:

$$\frac{\sigma_{aeq}}{S_e} + \frac{\sigma_{meq}}{S_y} = \frac{1}{n} \quad (24)$$

Dónde:

S_e = Limite a fatiga [Pa]

S_y = Esfuerzo de fluencia [Pa]

n = coeficiente de seguridad

Entonces:

$$\frac{1,33(32) (715,32)D}{((10^6) (15,66) \pi (D^4 - (\frac{D}{4})^4))} + \frac{32 (148,74)D}{((10^6)(60)\pi (D^4 - (\frac{D}{4})^4))} = \frac{1}{2}$$

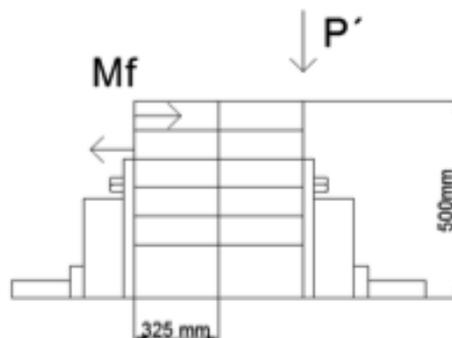
$$D=0,11m$$

$$D=5plg \text{ (diámetro comercial)}$$

3.6. Diseño de pernos

Procedemos a realizar el análisis de los esfuerzos ejercidos en los pernos.

Figura 11. Esquema de carga y momento flector aplicado en los pernos



Fuente: Autores

$$M_f = P' \times e$$

$$P' = 2\,200,97 \text{ N}$$

$$e = 0,325 \text{ m}$$

$$M_f = 715,32 \text{ Nm}$$

Dónde:

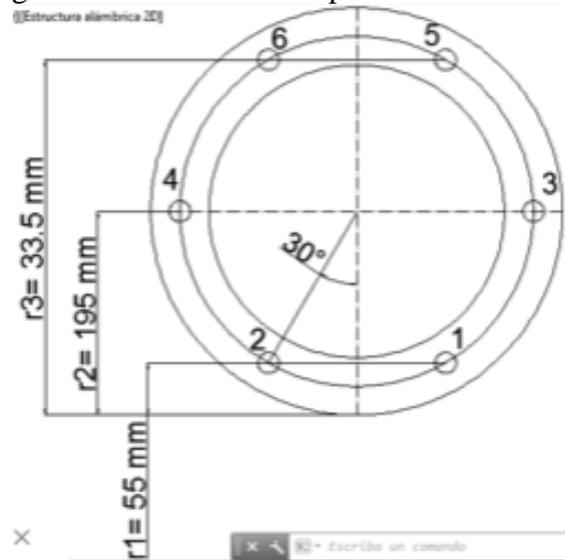
M_f = Momento flector provocado por el peso del fulon mas la carga del mismo [N.m]

P' = Carga puntual actuante en el centro del fulon [N]

e = distancia del centro al extremo donde se van a ubicar los pernos [m]

3.6.1. Cizalla Primaria (Fuerza cortante). Se ubicara seis pernos en cada uno de los herrajes de las tapas laterales, los cuales están distribuidos uniformemente con respecto a la geometría del mismo, para con esto lograr la sujeción adecuada con el tambor giratorio.

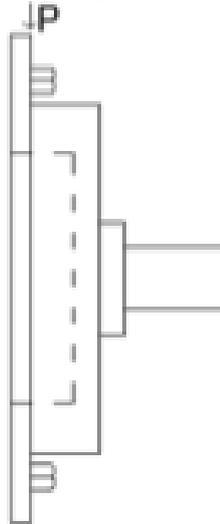
Figura 12. Ubicación de 6 pernos en los herrajes



Fuente: Autores

Mediante el siguiente esquema se observa que los pernos se encuentran sometidos a corte debido a la máxima carga aplicada al fulon:

Figura 13. Cizalla primaria de pernos



Fuente: Autores

$$V_1' = V_2' = \dots V_6'$$

$$V_1' = \frac{P}{\#P} \quad (25)$$

Dónde:

$V_1' \dots V_6'$ = Cizalla primaria [N]

P = peso del fulon con carga [kg]

#P = número de pernos

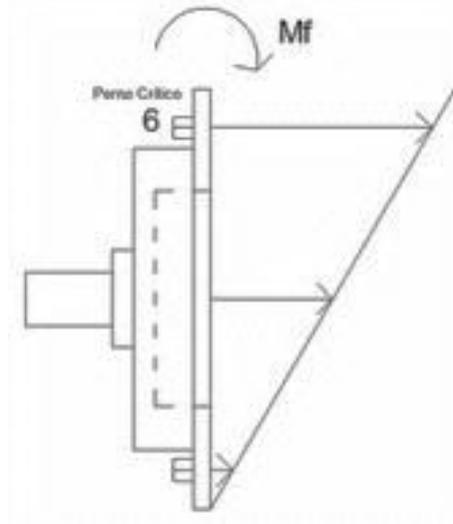
Se tiene:

$$V_1' = \frac{2200,97 \text{ N}}{6}$$

$$V_1' = 366,83 \text{ N}$$

3.6.2. Tracción Secundaria. Mediante el diagrama de momento flector se puede observar que el perno crítico es el número seis, ya que este es el más lejano con respecto a la parte inferior del herraje por lo tanto estará sometido a un mayor torque al aplicar la carga máxima a la que fue diseñado el fulon .

Figura 14. Momento flector del perno crítico



Fuente: Autores

A partir de la fórmula:

$$V_6'' = \frac{M r_1}{r_1^2 + r_2^2 + \dots + r_n^2} \quad (26)$$

Dónde:

M = Momento torsor [N.m]

r1 = radio al centro de cada perno [m]

r1...rn = distancia al centro de cada perno [m]

Se obtiene:

$$V_6'' = \frac{715,32 \times 0,335}{0,055^2 + 0,195^2 + 0,335^2}$$

$$V_6'' = 1\,563,41 \text{ N}$$

3.6.3. Cálculo del perno crítico. Se halla el módulo de la carga de cizalla primaria y la carga de tracción secundaria a partir de la siguiente fórmula.

$$V_6 = \sqrt{(V_1')^2 + (V_6'')^2} \quad (27)$$

$$V_6 = \sqrt{366,83^2 + 1\,563,41^2} \quad (28)$$

$$V_6 = 1\,605,87 \text{ N}$$

Tabla 8. Especificaciones y resistencias de la SAE para pernos de acero

Número de clase	Intervalo del Tamaño del diámetro exterior (mm)	Resistencia de Prueba mínima (M Pa)	Resistencia de la Fluencia mínima (M Pa)	Resistencia a la Tensión mínima (M Pa)	Material
10,9	M5 – M 36	830	940	1040	Martensita al bajo carbono

Fuente: DISEÑO DE MAQUINAS, Robert L. Norton. Cuarta Edición

Con ayuda de la tabla de especificaciones y resistencias de la SAE para pernos de acero se procede a realizar la selección del perno para nuestro fulon, que tendrá un grado 10.9, siendo este el más utilizado y recomendado por las propiedades físicas mecánicas que presenta.

$$S_y = 940 \text{ MPa}$$

$$S_{sy} = 0.5 S_y$$

$$S_{sy} = 0.5 \times 940$$

$$S_{sy} = 470 \text{ MPa}$$

$$S_{ut} = 1\,040 \text{ MPa}$$

$$S_p = 830 \text{ Mpa}$$

Dónde:

S_p = resistencia de prueba mínima [Pa]

S_y = Esfuerzo de fluencia [Pa]

S_{sy} = Limite de esfuerzo fluencia [Pa]

3.6.4. Diseño a tracción. Para esto se selecciona un perno en este caso 5/8” que van a ser utilizados en el fulon.

Tabla 9. Especificaciones y resistencias de la SAE para pernos de acero

Diámetro mayor (in)	Cuerdas por pulgada	Paso de la cuerda (in)	Diámetro de paso (in)	Diámetro menor (in)	Área de esfuerzo por tensión (in ²)
0,625	8	0,125	0,563	0,500	0,222

Fuente: DISEÑO DE MAQUINAS, Robert L. Norton. Cuarta Edición

Mediante la siguiente formula se calcular el coeficiente de seguridad del perno a utilizar:

$$\frac{F_i}{A_t} + \frac{ncP}{A_t} = S_p \quad (29)$$

Dónde:

F_i = Fuerza generada debido al torque de apriete [N]

A_t = Área de tracción [in²]

n = coeficiente de seguridad

c = constante elástica de la junta

P = Carga [Kg]

Se tiene:

$$F_i = 0,9 S_p \times A_t \text{ (para conexiones permanentes)}$$

$$F_i = 106\,992,81 \text{ N}$$

$$\frac{10\,6992,81}{143,23} + \frac{n \times 0,5 \times 1\,605,87}{143,23} = 830$$

$$\frac{10\,6992,81}{143,23} + \frac{n \times 802,935}{143,23} = 830$$

$$n = 14$$

3.7. Cálculo de esfuerzo debido a presión interna

Para el cálculo de la presión interna se considera un cilindro hueco el cual debe cumplir con la siguiente condición

$$0,5m = 500 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{10} \text{ del radio } \leq 50\text{mm}$$

Para lo cual se tiene 35mm y se cumple

$$p = \frac{F_c}{A} = \frac{mw^2r}{\pi D_c H} \quad (32)$$

Dónde:

m = masa [Kg]

w = velocidad angular [rad/s]

r = radio [m]

D_c = diámetro del cilindro [m]

H = longitud [m]

Y la presión interna es:

$$p = 254 \text{ Pa}$$

Calculo del esfuerzo máximo debido a la presión interna.

$$\sigma_{t_{\max}} = \frac{p(d_i + t)}{2t} \quad (31)$$

Dónde:

p = presión interna [Pa]

d_i = diámetro interior [m]

t = espesor del tablón [m]

$$\sigma_{t_{\max}} = 3\,501,57 \text{ Pa}$$

3.8. Cálculo de esfuerzo debido a la rotación

Esfuerzo Admisible

$$\sigma_{\text{adm}} = \frac{S_y}{\eta} \quad (33)$$

Dónde:

S_y = Límite de fluencia del material [Pa]

η = Coeficiente de seguridad = 2

Para lo cual, se tiene:

$$\sigma_{\text{adm}} = \frac{\frac{6\,132,05 \text{ Kg}}{\text{cm}^2}}{2}$$

$$\sigma_{\text{adm}} = 3\,066,025 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

3.9. Cálculo del número de bandas

Para la selección del número de bandas partimos del cálculo de la potencia de diseño a la cual va estar sometida al momento de funcionamiento para proporcionar el movimiento del fulon.

$$P_D = C_2 * P \quad (34)$$

Dónde:

P_D = Potencia de diseño [HP]

C_2 = factor de servicio

P = Potencia de transmitida [HP]

Tabla 10. Factor de carga, C₂

Ejemplo de maquinas motrices			
Factor de Carga C ₂			
Transmisiones Medias	1,2	1,3	1,4

Fuente: Manual Técnico Optivelt. Pág. 70

Se tiene,

$$P = 1,4 \times 0,835$$

$$P = 1,169 \text{ Hp}$$

Calculo de la relación de transmisión:

$$\frac{\phi_1}{\phi_2} = \frac{n_2}{n_1} = I \quad (35)$$

$$\phi = 0,75\text{m}$$

Determinar la longitud primitiva de la banda

$$L = 2C + 1,57(D + d) + \frac{(D-d)^2}{4C} \quad (36)$$

Dónde:

L = longitud primitiva de la banda [m]

C = distancia entre centros [m]

D = diámetro de la polea conducida [m]

d = diámetro de la polea conductora [m]

$$L = 2(0,9) + 1,57(0,75 + 0,08) + \frac{(0,75 - 0,08)^2}{4(0,9)}$$

$$L = 3,228 \text{ m}$$

$$L = 3228\text{mm}$$

Tabla 11. Desarrollo de referencia, Ld OPTIBELT PERFIL SPZ

Desarrollo de referencia, L _d OPTIBELT PERFIL SPZ
3 150 mm
3 350 mm

Fuente: Manual Técnico Optivelt. Pág. 20

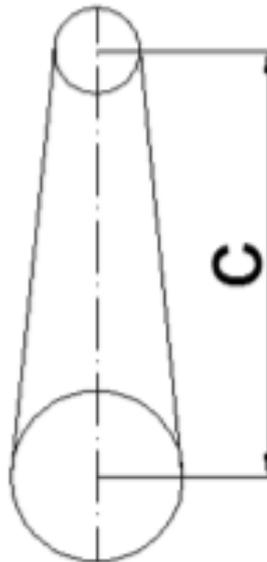
$$L_{n1} = 3\ 150\text{mm}$$

$$L_{n2} = 3\ 350\text{mm}$$

- **Distancia entre ejes**

Se encuentra la distancia entre centros de las dos poleas con ayuda del siguiente esquema.

Figura 15. Distancia entre centros de las poleas



Fuente: Autores

Para encontrar la distancia entre centro recalculada se tiene la relación entre la distancia de centros inicial y el diámetro primitivo: $i > 3$

$$C \geq D_p$$

$$C \geq 750\text{mm}$$

Distancia entre centros recalculada, con longitudes normalizadas

$$C = 850\text{mm}$$

$$L = 3\,228$$

$$L_n = 3\,350$$

Mediante la siguiente condición se determina el signo a utilizar para el cálculo de la distancia entre centros recalculada.

$$+; \quad L < L_n$$

$$-; \quad L > L_n$$

$$C_c = C \pm \left| \frac{L - L_n}{2} \right| \quad (37)$$

$$C_c = 850 + \left| \frac{3\,228 - 3\,350}{2} \right|$$

$$C_c = 911 \text{ mm}$$

- **Cálculo del arco de contacto menor**

Determinar el arco de contacto menor al cual va a estar sometida la banda con respecto a las poleas.

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57 \left(\frac{D_p - d_p}{C_c} \right) \quad (38)$$

Dónde:

D_p = Diámetro primitivo de polea conducida [m]

d_p = Diámetro primitivo de polea conductora [m]

C_c = Distancia entre centros [m]

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57 \left(\frac{750 - 80}{911} \right)$$

$$\alpha_1 = 138.079$$

Determinar el número de canales o bandas

$$Z = \frac{P_D}{P_N C_1 C_3} \quad (39)$$

Dónde:

P_D = Potencia de diseño [HP]

P_N Potencia nominal [HP]

C_1 = Factor de ángulo de contacto

C_3 = Factor de desarrollo

Para determina el Factor de ángulo de contacto de nuestras bandas a seleccionar debemos conocer C_1 a partir de la siguiente tabla:

Tabla 12. Factor de ángulo de contacto, C1 OPTIBELT PERFIL SPZ

$\frac{d_{dg} - d_{dk}}{a_{nom}}$	α	C_1
0,70	139°	0,97

Fuente: Manual Técnico Optivelt. Pág. 69

El valor obtenido a partir de la resolución de los pasos anteriores para el ángulo de contacto C_1 será: 0,97.

Para continuar con el cálculo del número de bandas es necesario determina el Factor de desarrollo C_3 a partir de la siguiente tabla:

Tabla 13. Factor de desarrollo, C3OPTIBELT PERFIL SPZ

Perfil SPZ, XPZ	
Desarrollo de referencia (mm)	C_3
3 350	1,13

Fuente: Manual Técnico Optivelt. Pág. 73

Entonces una vez determinado el desarrollo de referencia se selecciona el valor de C_3 que será: 1,13.

- **Cálculo de la Potencia nominal**

Luego de esto se pasa a calcular la potencia nominal que va a desarrollar la transmisión, para lo cual, con el número de revoluciones de la polea pequeña y el diámetro de la misma se va al siguiente catálogo:

Tabla 14. Potencias nominales, PNOPTIBELT PERFIL SPZ

RPM	Diámetro de referencia de la polea pequeña d_{dk} (mm)	Suplemento de potencia (Kw) por correa para i
	80	Hasta >1,57
200	0,30	0.03
300	0,43	0.05

Fuente: Manual Técnico Optivelt. Pág. 84

$$N_1 = 264\text{rpm}$$

$$\phi = 80\text{mm}$$

$$PN = PN_n + P_s \quad (40)$$

Dónde:

P_s = potencia de suplemento [HP]

PN_n = factor de potencia nominal

Interpolando se tiene los siguientes resultados

$$200 \text{ a } 0,3$$

$$300 \text{ a } 0,43$$

$$264 = x$$

$$x = 0,38$$

Potencia nominal

$$200 = 0,03$$

$$300 = 0,05$$

$$x = 0,04$$

$$PN = 0,38 + 0,04$$

$$PN = 0,42$$

$$Z = \frac{0,872}{0,42 \times 0,97 \times 1,13}$$

$$Z = 1,89$$

$$Z = 2 \text{ Bandas}$$

3.10. Análisis de la estructura

Una vez finalizada la selección y diseño de los elementos que constituirán parte de nuestro tambor giratorio, procedemos a realizar el análisis estático de las cargas máximas soportadas en la estructura del Fulon, la estructura de tipo A se realizó con madera estructural Mascarey cuyas propiedades garantizan un óptimo funcionamiento de la misma ante las cargas combinadas o puntuales a las que se va a encontrar sometida en el funcionamiento del equipo.

En la siguiente figura se a poder observar el fulon y la estructura en conjunto montados, en si esta será la presentación del mismo, las dimensiones seleccionadas para la estructura son proporcionales a la estructura del tambor giratorio para guardar un equilibrio estático y evitar vibraciones o fallas en la estructura de tipo A.

Al momento de operar el fulon con los distintos tipos de carga fluctuantes según el proceso que de realizarse dentro del laboratorio de curtición de pieles de la facultad de

ciencias pecuaria de la ESPOCH con la finalidad de obtener distintos tipos de procesos y texturas en las pieles menores.

Figura 16. Análisis de la estructura



Fuente: Autores

Con ayuda del software SOLIDWORKS 2015 se procedió a realizar el análisis estático con la carga máxima a soportar en nuestra estructura.

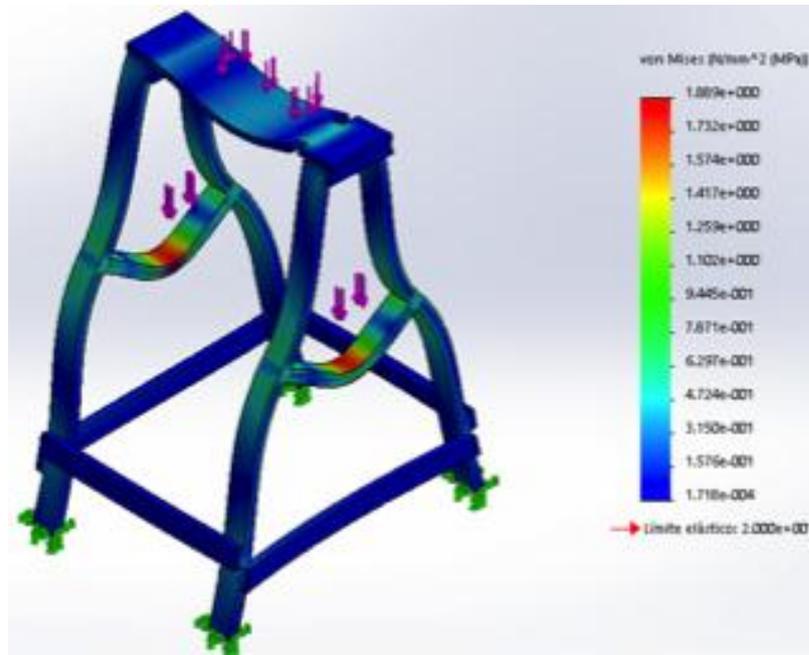
La carga estará combina del peso del tambor giratorio los elementos externos como son poleas, herrajes, bandas, motorreductor; agua y carga de productos en el interior del tambor giratorio obteniendo los siguientes resultados:

3.10.1. Análisis de deformaciones. Al aplicar la carga máxima de 250 Kg, la cual se compone del peso del fulon 75 Kg, carga en el interior 150 Kg y 25 Kg de los componentes externos, se obtuvo los siguientes resultados con el desarrollo del análisis en el software.

El límite elástico tiene un valor de 20 M Pa, sus puntos críticos o de mayor esfuerzo sufrirán una deformación máxima de 1,889 M Pa cuyo valor se encuentra por debajo del valor obtenido, lo cual implica que la estructura soportara la carga aplicada al fulon sin que esta sufra deformaciones.

Con los valores obtenidos podemos determinar que nuestra estructura soportara los esfuerzos presentados sin que el material sufra daños permanentes o en casos más críticos falla.

Figura 17. Análisis de deformaciones

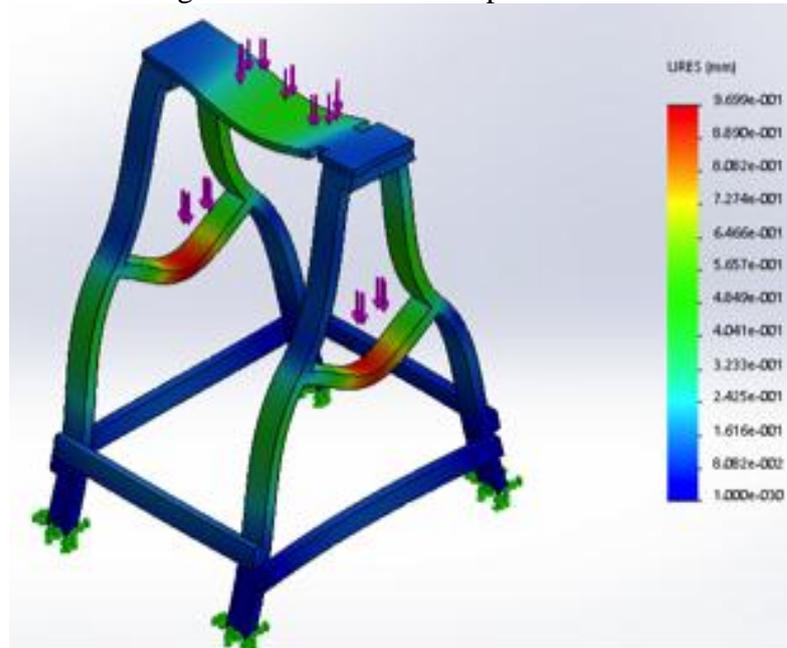


Fuente: Autores

3.10.2. Análisis de desplazamientos. Una vez determinado los valores de las deformaciones a las que nuestra estructura va a estar sometida procedemos después a encontrar el valor de los desplazamientos que sufrirá la misma con la misma carga máxima para efectos de determinar los parámetros de seguridad como complemento del estudio, es así que en el análisis podemos observar según indica la figura que el desplazamiento máximo es de 0,96 mm siendo el valor obtenido un valor relativamente pequeño, en nuestro caso será un desplazamiento mínimo.

Este valor del desplazamiento no podrá producir fallas en la madera estructural Mascarey, ya que la madera es un material que se caracteriza por tener una composición molecular higroscópica que brinda una flexibilidad relativamente alta o soporta cargas que generan grandes desplazamientos, es decir mientras se encuentre dentro del comportamiento elástico, es decir la madera regresara a su estado original luego de aplicar la carga máxima.

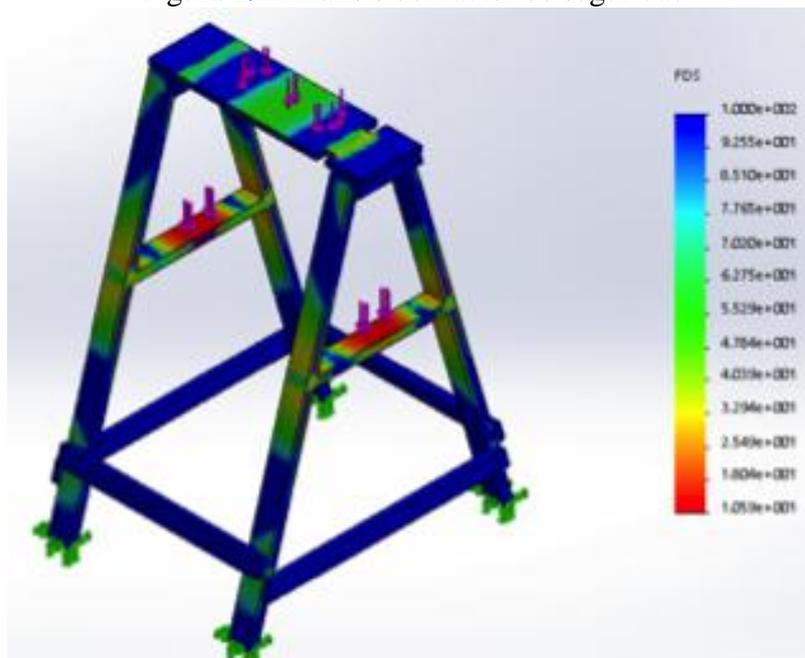
Figura 18. Análisis de desplazamientos



Fuente: Autores

3.10.3. Análisis del factor de seguridad. Para finalizar nuestro estudio de la estructura, se obtuvo un factor de seguridad grado 11 el cual está dentro de los parámetros de funcionamiento de estructuras de madera ya que el valor preestablecido es un factor de seguridad 7 para estructuras con madera de Mascarey.

Figura 19. Análisis del factor de seguridad



Fuente: Autores

3.11. Selección del autómatas programable

3.11.1. *Determinación de variables.* Para la selección del autómatas programable tendremos que tomar en cuenta el número de entradas (I) y salidas (Q) requeridas por el proceso a realizarse, procedemos analizar las variables:

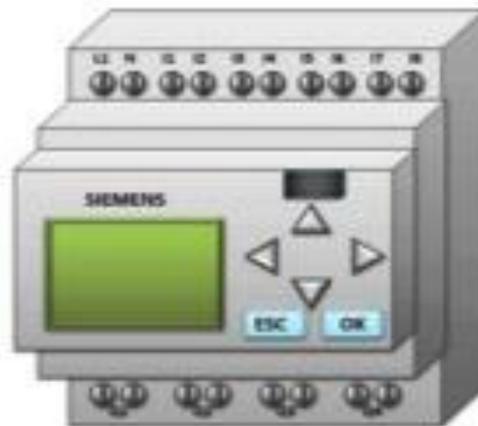
Tabla 15. Determinación de Variables

Entradas Salidas	Designación	Designación Física	Representación
Entrada	Encendido	I ₁	Pulsador de encendido
Entrada	Apagado	I ₂	Pulsador de apagado
Entrada	Selector de 3 Posiciones	I ₃	Modo manual y automático
Entrada	Stop	I ₄	Pulsador parada de emergencia
Entrada	Pausa	I ₅	Pulsador parada provisional
Salida	Motor Izquierda	Q ₁	Motor giro izquierda
Salida	Motor Derecha	Q ₂	Motor giro derecha
Salida	Luz piloto Izquierda	Q ₃	Indica giro izquierdo
Salida	Luz piloto Derecha	Q ₄	Indica giro derecho

Fuente: Autores

Una vez determinadas el número de entradas y salidas que requiere el proceso se concluye que nuestro autómatas programable debe poseer cinco entradas y cuatro salidas, por lo que se selecciona el tipo de autómatas programable LOGO SIEMENS 230 RC, que posee ocho entradas y cuatro salidas, las cuales son suficientes para el requerimiento del proceso de tratamiento de pieles para vestimenta procesadas mediante el fulon.

Figura 20. Entradas y Salidas del LOGO 230 RC



Fuente: (Fraile Mora, 2008)

3.12. Selección del Variador de Frecuencia

El variador de frecuencia seleccionado es de 2HP INVT, en base a la potencia del motorreductor, con esta selección se garantiza el funcionamiento correcto del Fulon ya que el variador cumple con la función de inversor de giro, además existe la posibilidad de regular las revoluciones por minuto del motor y también actúa como elemento de protección en caso de sobre voltaje.

CAPITULO IV

4. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL FULON SEMIAUTOMATIZADO

4.1. Descripción general del fulon

El fulon semiautomatizado consta de los siguientes elementos y componentes:

- Tambor giratorio
- Soporte del Fulon
- Motorreductor
- Tablero de control

Figura 21. Fulon Semiautomatizado



Fuente: Autores

Tambor giratorio

El tambor giratorio es la parte fundamental del fulon está constituido por las siguientes partes:

- Rueda lateral circular izquierda

- Rueda lateral circular derecha
- Aspas prismáticas rectangulares
- Forrado del perímetro de las ruedas laterales
- Tapa
- Polea
- Herrajes
- Sunchos
- Golpeadores

Rueda lateral circular derecha

La Rueda lateral circular izquierda está conformada por cinco piezas de madera Mascarey que adoptan al ser ensambladas una forma circular de diámetro 100 centímetros, con un espesor de 3,5 centímetros y una pieza de 97 centímetros de longitud y 23 centímetros de ancho con un espesor de 3,5 centímetros, que sirve de refuerzo para la sujeción del herraje la cual esta sujeta con 4 pernos de acero inoxidable 304 cabeza redonda 5/8" x 4". Para aumentar la vida útil de la madera se le añadió una capa de recubrimiento superficial con sellador MADEPLAST el cual previene que la humedad penetre en la madera.

Rueda lateral circular izquierda

La Rueda lateral circular derecha consta de las mismas características de construcción de la rueda lateral circular izquierda, con la particularidad que en esta se encuentra sujeta la polea conducida.

Aspas prismáticas rectangulares

Las cuatro aspas prismáticas rectangulares fueron construidas también con piezas seleccionadas de Mascarey, están colocadas en el interior del fulon distribuidas de manera equitativa en el forrado del perímetro, sus medidas son 50 centímetros de largo por 10 centímetros de ancho y 3,5 centímetros de espesor, cada aspa está sujeta por dos pernos de acero inoxidable 304 cabeza redonda 1/2" x 4".

Forrado del perímetro de las ruedas laterales

El Forrado del perímetro de las ruedas laterales está constituida de 50 piezas de madera Mascarey que al ser ensambladas forman el contorno del Fulon, sus medidas son 66 centímetros de longitud por 3,5 centímetros de espesor y 6 centímetros de ancho todas las piezas constan de una muesca para facilitar el ensamble con las ruedas laterales. Para la sujeción y apriete del forrado consta de cuatro sunchos.

Para aumentar la vida útil de la madera se le añadió una capa de recubrimiento superficial con sellador MADEPLAST.

Tapa

La tapa seleccionada está elaborada a base de fibra de vidrio con un alma de madera para mejorar su resistencia en el momento del ajuste y sellado hermético del fulon con lo que se evitara fugas y pérdidas de producto, a su vez es altamente maniobrible por su bajo peso en comparación a las que se utilizan habitualmente, tienen una forma rectangular y sus dimensiones son 30 centímetros de base por 35 centímetros de altura.

La tapa se encuentra sujeta con la ayuda de una aldaba la misma que se ajusta manualmente para lograr el sellado del fulon.

Polea

La polea de madera se encuentra ubicada en la rueda lateral circular izquierda consta de dos canales tipo A, con un diámetro de 75 centímetros, se encuentra sujeta con 6 pernos de acero inoxidable 304 cabeza redonda 1/2" x 6", además se encuentra protegida con una capa de pintura anticorrosiva para soportar el ambiente de trabajo.

Herrajes

Los Herrajes seleccionados están elaborados a base de aluminio para reducir el peso y soportar el ambiente de trabajo, su diámetro es de 15", el eje que sirve para soportar el peso del fulon es de 2" de diámetro exterior y su diámetro interior es de 1 1/4".

Los herrajes se encuentran sujetos en las ruedas laterales izquierda y derecha con 6 pernos de acero inoxidable 304 cabeza redonda 5/8" x 4".

Se encuentran recubiertos con pintura anticorrosiva para mejorar su vida útil.

Sunchos

Los sunchos se encuentran ubicados en la parte exterior del forrado del perímetro de las ruedas laterales del fulon, son de varilla circular de 1/2", tienen una longitud de 3,47 metros y están recubiertos por pintura anticorrosiva y una manguera trenzada de 1/2" para evitar su deterioro.

Soporte del fulon

El soporte es la estructura sobre la cual se encuentra montado el fulon y el motorreductor, su diseño adopta la forma de una A, además consta de dos chumaceras en los extremos las que nos sirven como punto de apoyo.

La estructura está construida con madera de mascarey con las siguientes dimensiones:

Motorreductor

El motorreductor seleccionado para el funcionamiento adecuado del fulon, consta de una caja reductora de relación 5,25:1 y un motor eléctrico trifásico de 1,5 HP con 1720 rpm. El diámetro de la polea conductora es 8cm y el diámetro de la polea conducida es 75cm. Las bandas seleccionadas son tipo B 127.

Tablero de control

El tablero de control consta de los siguientes componentes:

- Variador de frecuencia INVT de 2HP 1F 220V
- LOGO 230 RC 8E/4S SIEMENS
- ReléNY4 CNC
- Temporizador T38N-10AMP

- Selector de tres posiciones
- Botonera doble ON-OFF 1N/O-1N/C
- Pulsadores de tipo hongo
- Disyuntor 1AMP 3KA
- Disyuntor 16AMP 10KA
- Bornera 25 AMP 6P C/BASE C/TAPA
- Luz piloto 220V

Figura 22. Tablero de control



Fuente: Autores

Variador de frecuencia INVT de 2HP 1F 220V

El variador de frecuencia es el equipo eléctrico que cambia de manera segura y eficiente, la velocidad de un motor, es imprescindible para lograr realizar arranques más suaves, protege al motor en caso de sobre voltaje por su capacidad de retroalimentación de corriente.

Obtener diversas velocidades y cambio de rotación de acuerdo a la programación del variador, puede dar la orden para ejecutar la secuencia de elaboración del proceso; la velocidad y el sentido de rotación son factores importantes para ello.

Realizar estas operaciones de forma automática es sencillo, interactuando el variador con el LOGO RC 230, el cual enviará señales de impulso en el módulo de entradas del variador el cual actuará acorde al conjunto de puntos programados.

LOGO 230 RC 8E/4S SIEMENS

El LOGO 230 RC es un autómata programable que consta de ocho entradas y cuatro salidas, las cuales se consideran necesarias para ser utilizadas en la programación de acuerdo a las variables del fulon de laboratorio, según sea el proceso de tratamiento de pieles a realizar.

Relé NY4 CNC

El relé es un dispositivo electromagnético, funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

Temporizador T38N-10AMP

Un temporizador es un relé en el cuál sus contactos no conmutan inmediatamente después de que su bobina es energizada, existe un lapso de tiempo programable entre uno y otro evento llamado retardo, en nuestro caso se utilizó temporizador con retardo a la desconexión el cual consta de un tiempo de funcionamiento programable de 10 horas máximo, pudiendo seleccionarlo en variables de tiempo: horas, minutos, segundos.

Selector de tres posiciones

Los dos selectores son dispositivos que nos permiten determinar los parámetros de funcionamiento, de entre dos opciones del modo de trabajo en el fulon ya sea este automático o manual, como también se puede elegir el sentido de giro del motor sea derecho o izquierdo.

Botonera doble ON-OFF 1N/O-1N/C

La botonera nos permite accionar mediante el pulso de uno de sus dos pulsadores las opciones de encendido en nuestro caso el verde, o de apagado del fulon al presionar el pulsador rojo.

Pulsadores de emergencia tipo hongo

Su finalidad es brindar seguridad ante imprevistas fallas en el proceso o inconvenientes al momento de realizar el cambio de tapas o cargado de químicos, al momento de pulsar inmediatamente interrumpe el paso de la energía eléctrica y se detendrá el fulon.

Disyuntor 1AMP 3KA

Un disyuntor es aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede los 3 KA, o en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de evitar daños a los equipos eléctricos.

Disyuntor 1AMP 16KA

Un disyuntor es aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede los 16 KA, o en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de evitar daños a los equipos eléctricos.

Bornera 25 AMP 6P C/BASE C/TAPA

Es un conector eléctrico en el que concurren los cables para energizar los componentes eléctricos y electrónicos, los cables se aprisionan contra una pieza metálica mediante el uso de tornillos.

Luz piloto

Es una luz que nos muestra la condición del sistema cuando ha sido activado, en este caso estará encienda al momento de que el fulon comience a funcionar.

4.2. Construcción y montaje del Fulon Semiautomatizado

Al concluir la selección de los elementos mecánicos y eléctricos, la construcción del tambor giratorio y todos los elementos que conforman el Fulon se procede a la construcción y montaje de los mismos.

4.2.1. *Construcción del Fulon.*

- Clasificación de los tablones de mascarey.
- Canteado de los tablones.
- Cepillado de los tablones.
- Medición de acuerdo a los planos de construcción.
- Corte de cada una de las partes.
- Ensamble de las ruedas laterales.
- Ensamble del forrado del fulon.
- Colocación de los sunchos en el forrado.
- Montaje de los herrajes en las dos caras laterales.
- Montaje de la polea en la cara lateral derecha.
- Selección de la tapa.
- Colocación de las aspas y los pivotes en el interior del fulon.

4.2.2. *Construcción de la base*

- Clasificación de los tablones de mascarey.
- Canteado de los tablones.
- Cepillado de los tablones.
- Medición de acuerdo a los planos de construcción.
- Corte de cada una de las partes.
- Ensamble de los parantes en forma de A.
- Ensamble de los travesaños.
- Colocación de los pernos de sujeción.
- Montaje de las chumaceras en los parantes.
- Montaje de la base del motor.

4.2.3. *Ensamble del fulon y la base*

- Colocación del motorreductor y las bandas en la parte superior de la base.
- Colocación del fulon en las chumaceras de la base.
- Colocación del recipiente contenedor de químicos.

- Montaje del protector de la banda.
- Señalización de seguridad.

Figura 23. Ensamble del fulon y la base



Fuente: Autores

4.2.4. Montaje del tablero de control. Ubicación del tablero de control en el laboratorio.

Figura 24. Montaje del tablero de control



Fuente: Autores

4.3. Programación del LOGO 230 RC SIEMENS

Se realizó la respectiva programación LOGO 230 optimizando al máximo nuestras variables de salida y entrada, la programación se realizó en el programa de SIEMENS LOGO! SoftComfort versión 8.0, misma que se la programo en bloques por la gran cantidad de variables a utilizarse y prestar la mayor facilidad de programación en el entorno gráfico visual. Se utilizó comparadores lógicos And, Or, Relays enclavadores, Temporizadores.

4.3.1. Programación en bloques del Fulon. Se realizó la respectiva programación LOGO 230 optimizando al máximo nuestras variables de salida y entrada, la programación se realizó en el programa de SIEMENS LOGO! Softcomfort versión 8.0. Se utilizó comparadores lógicos and, or, relays enclavadores, temporizadores, ver en anexo E.

4.4. Representación del proceso

Dado la alimentación de 220VAC al tablero de control, el proceso de funcionamiento del fulon consta de dos modalidades: automático y manual.

Para trabajar en modalidad manual ubicamos el selector de tres posiciones girándolo hacia la izquierda, se procede a continuación a seleccionar el tiempo requerido mediante la regulación en el temporizador según la necesidad sea en horas, minutos o segundos, posteriormente seleccionamos el sentido de giro sea izquierdo o derecho.

Para luego seleccionar la velocidad mediante las flechas direccionales del teclado del variador, una vez realizado los pasos anteriores procedemos a dar inicio mediante el pulsador de encendido ON paralelamente se encenderá la luz piloto de color verde en el tablero según sea su giro la luz izquierda representa giro izquierdo y la luz derecha giro derecho, en caso de necesitar parar el proceso de forma inmediata el sistema cuenta con un pulsador tipo hongo de paro de emergencia y se encienden las dos luces piloto del tablero.

Al concluir el tiempo preseleccionado el fulon se detendrá finalizando el ciclo de trabajo dándonos las luces piloto un parpadeo las dos al mismo tiempo durante 5 segundos, seguidamente se presiona el pulsador de apagado OFF, si se desea realizar otro proceso se procederá aplicar los pasos descritos anteriormente.

Para trabajar en modalidad automático ubicamos el selector de tres posiciones girándolo hacia la derecha, presionamos el pulsador de encendido ON (I1) y arrancara la programación precargada en la memoria del LOGO de la siguiente manera.

El fulon: gira 30 minutos a la derecha (B01), encendiendo el motor (Q1) y la luz piloto (Q4), gira 30 minutos a la izquierda (B02), encendiendo el motor (Q2) y la luz piloto

(Q3), se detiene 5 minutos(B03), gira 10 minutos a la derecha (B07), encendiendo el motor (Q1) y la luz piloto (Q4),se detiene 5 minutos(B08), gira 15 minutos a la derecha (B14), encendiendo el motor (Q1) y la luz piloto (Q4), gira 15 minutos a la izquierda (B24), encendiendo el motor (Q2) y la luz piloto (Q3), gira 30 minutos a la derecha (B25), encendiendo el motor (Q1) y la luz piloto (Q4), gira 30 minutos a la izquierda (B35), encendiendo el motor (Q2) y la luz piloto (Q3), se detiene 5 minutos(B41), gira 10 minutos a la derecha (B34), encendiendo el motor (Q1) y la luz piloto (Q4), se detiene 5 minutos(B44), gira 20 minutos a la derecha (B45), encendiendo el motor (Q1) y la luz piloto (Q4), se detiene 5 minutos(B55), gira 10 minutos a la derecha (B61), encendiendo el motor (Q1) y la luz piloto (Q4), se detiene 5 minutos(B54), gira 10 minutos a la derecha (B72), encendiendo el motor (Q1) y la luz piloto (Q4), gira 20 minutos a la izquierda (B70), encendiendo el motor (Q2) y la luz piloto (Q3), gira 20 minutos a la derecha (B81), encendiendo el motor (Q1) y la luz piloto (Q4), gira 60 minutos a la izquierda (B71), encendiendo el motor (Q2) y la luz piloto (Q3), gira 20 minutos a la derecha (B79), encendiendo el motor (Q1) y la luz piloto (Q4), gira 20 minutos a la izquierda (B84), encendiendo el motor (Q2) y la luz piloto (Q3), gira 20 minutos a la derecha (B85), encendiendo el motor (Q1) y la luz piloto (Q4), se detiene 5 minutos(B96), gira 10 minutos a la derecha (B102), encendiendo el motor (Q1) y la luz piloto (Q4), se detiene 5 minutos(B95), gira 30 minutos a la derecha (B113), encendiendo el motor (Q1) y la luz piloto (Q4), gira 30 minutos a la izquierda (B111), encendiendo el motor (Q2) y la luz piloto (Q3), se detiene 5 minutos(B122), gira 10 minutos a la derecha (B112), encendiendo el motor (Q1) y la luz piloto (Q4), se detiene 5 minutos(B120), gira 15 minutos a la derecha (B155), encendiendo el motor (Q1) y la luz piloto (Q4), gira 15 minutos a la izquierda (B159), encendiendo el motor (Q2) y la luz piloto (Q3), al terminar el ciclo se encienden las dos luces piloto (Q3 Y Q4).

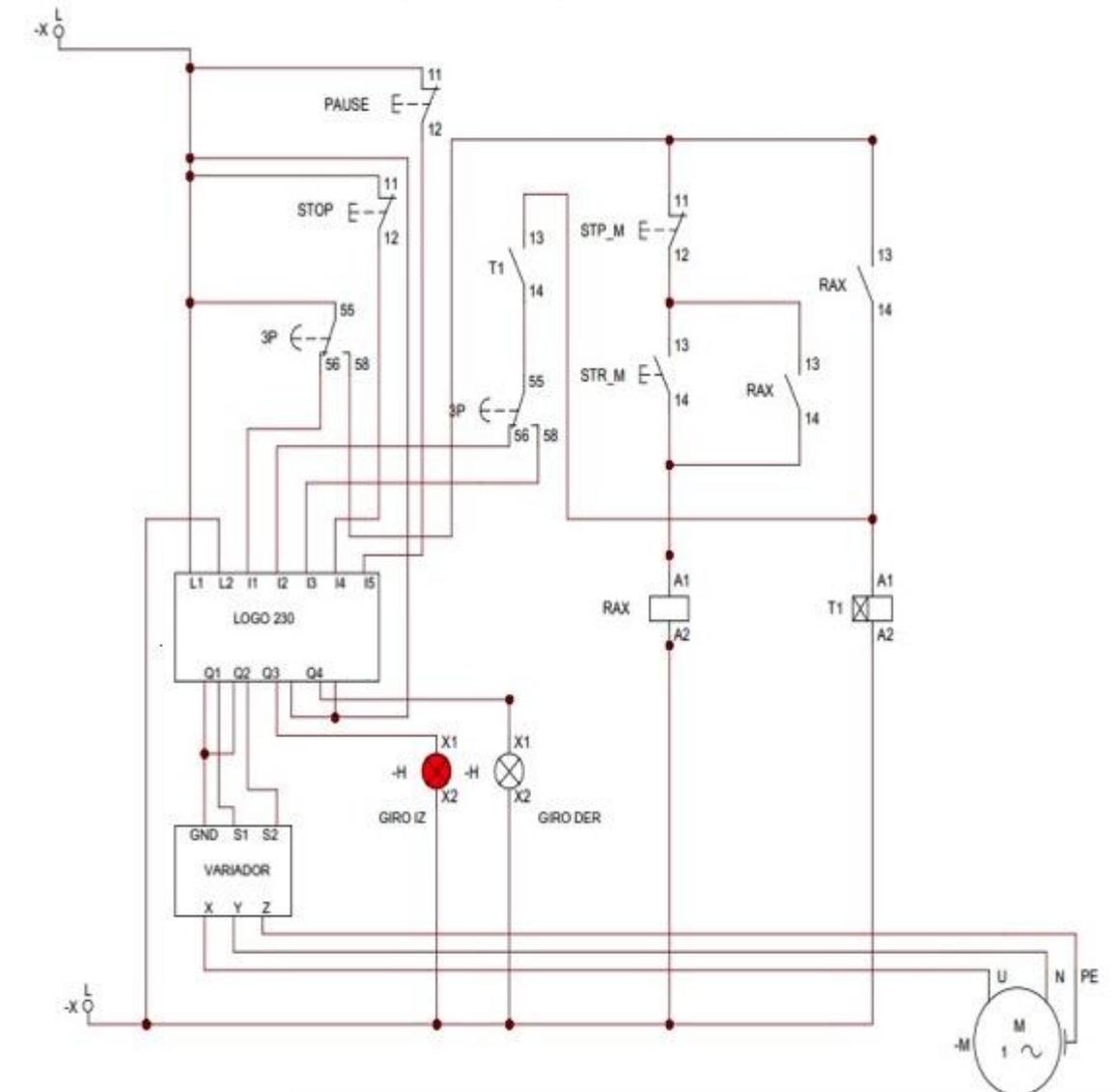
En caso de querer detener provisionalmente el proceso presionar el pulsador tipo hongo (I5), con esto el proceso se mantiene en modo de pausa y para continuar con el proceso presionar este nuevamente sin que este comience desde cero es decir continua con el proceso desde el punto en que se lo interrumpió.

Si es necesario parar el proceso de forma inmediata el sistema cuenta con un pulsador tipo hongo de paro de emergencia y se encienden las dos luces piloto del tablero de forma intermitente, hasta que se desenchave el pulsador de emergencia.

4.5. Diagrama de instalación

Diagrama general de instalación del LOGO 230, Variador INVT y componentes eléctricos.

Figura 25. Diagrama Eléctrico



Fuente: Autores

En el diagrama podemos observar las conexiones realizadas desde la fuente de energía hacia los selectores de tres posiciones, pulsadores, relays, temporizadores, luz piloto, LOGO, variador de frecuencia y finalmente al motor, a continuación se describirá cada una de las conexiones de cada elemento eléctrico y electrónico del tablero de control del fulon semiautomatizado.

Una vez energizado el LOGO de la fuente de energía tenemos la primera entrada I1 la cual está conectada al selector de tres posiciones 3P con conexiones 55, 56, 58; el cual es encargado de la selección del tipo de funcionamiento, sea manual o semiautomatizado.

Si se selecciona el modo manual se activa el circuito que permite presionar el botón start STR_M después de haber seleccionado el sentido de giro estos enviarán la señal a las entradas I 2 giro derecho o I 3 giro izquierdo.

Para esto una vez accionado el botón start STR_M se energiza la bobina del relay RAX permitiendo que los contactos normalmente abiertos del relay RAX se cierren, quedando en el circuito enclavado con el contacto normalmente abierto RAX y a la vez energizando la bobina del Temporizador T1 con retardo a la desconexión.

El Temporizador T1 efectúa su trabajo según el tiempo seleccionado cerrando el contacto normalmente abierto T1. A través del contacto normalmente abierto T1 el LOGO recibe la orden para activar la salida Q1 o Q2 y estas a su vez están conectadas al variador de frecuencia a las entradas digitales S1 y S2 y por último el variador es el encargado de poner en funcionamiento el motor eléctrico según el sentido de giro seleccionado.

Una vez finalizado el conteo, se desconecta el contacto normalmente abierto T1 que se encargaba de dar la orden a las entradas del LOGO.

Para detener el circuito manual se debe presionar el botón de parada STP_M que desconectará la bobina del relay RAX desenclavando el circuito y desenergizando el temporizador T1.

El funcionamiento en modo automático seleccionamos con el selector de tres posiciones 3P el cual envía una señal a la entrada I1 ejecutando la programación para el tratamiento de pieles para vestimenta preestablecida en la memoria del LOGO.

La entrada I5 está continuamente energizada ya que depende del pulsador normalmente cerrado PAUSE. Al presionar el botón PAUSE corta la energía deteniendo parcialmente

el proceso hasta que se vuelva nuevamente a desenclavar el pulsador y el proceso continuara.

La entrada I4 está continuamente energizada ya que depende del pulsador normalmente cerrado STOP. Al presionar el botón STOP corta la energía de la entrada I4 deteniendo por completo el proceso.

4.6. Pruebas del Fulon Semiautomatizado

Después de realizar la selección de los componentes mecánicos y eléctricos para el fulon, se procede realizar las pruebas para verificar su correcto funcionamiento.

Realizamos la instalación del Fulon en el laboratorio de la Facultad de Ciencias pecuarias.

Impartimos la capacitación al personal del laboratorio y estudiantes, para la manipulación del equipo.

Realizamos la verificación del óptimo funcionamiento del tablero de control según el diagrama eléctrico, esta prueba se realizó sin conectarlo al motorreductor del fulon para determinar su correcto accionar.

Realizamos la instalación y conexión del tablero de controla el motorreductor y se puso en marcha el modo manual y automático, sin carga dentro del fulon para calibrar los parámetros funcionales como sentido de giro velocidad y tiempo de funcionamiento.

Realizamos las pruebas del fulon con la carga al máximo de su capacidad y se comprobó el correcto funcionamiento del mismo en modo automático y manual cumpliendo así con los objetivos constructivos planteados.

CAPÍTULO V

5. MANUAL DE OPERACIÓN, DE MANTENIMIENTO Y GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO

5.1. Manual de operación del Fulon

El objetivo del manual de operaciones es orientar a los operarios hacia la correcta manipulación de los componentes mecánicos y eléctricos del fulon, para asegurar el óptimo funcionamiento y extender la vida útil de los mismos.

El manual de operaciones nos muestra cómo actuar frente al desarrollo del proceso de funcionamiento del fulon, contiene la información necesaria para guiar al operario a un procedimiento preciso, cauteloso y secuencial de las diferentes actividades operativas que se lleva a cabo, determina la responsabilidad y detalla los mecanismos elementales para una adecuada manipulación con forme avanza el desarrollo en el proceso.

En el anexo E muestra la guía para la correcta utilización del fulon, teniendo en cuenta los riesgos mecánicos y eléctricos, que se presentan al momento del desarrollo del proceso,

5.2. Manual de mantenimiento

El manual de mantenimiento es un documento técnico imprescindible que detalla los procedimientos de trabajo, de recambio y de control con el fin de alcanzar un óptimo funcionamiento del equipo.

La implementación del Fulon Semiautomatizado no presenta condiciones inseguras, mientras sea manipulado y operado por personas capacitadas y siga todas las instrucciones mostradas por las personas responsables de la instalación y montaje del equipo, es por eso que es un requisito indispensable recibir la capacitación por parte del docente encargado del laboratorio de Curtición para la correcta manipulación del fulon y garantizar, preservar la vida útil de cada uno de los elementos que componen el equipo.

5.2.1. Mantenimiento preventivo. El objetivo de este mantenimiento es lograr la conservación del equipo en óptimas condiciones con la realización de reparaciones y revisiones periódicas que aseguren un funcionamiento adecuado del Fulon Semiautomatizado, en el Anexo F detalla las acciones para preservar la vida útil de los elementos del fulon.

Los elementos que forman las partes del Fulon Semiautomatizado son:

- **Parte eléctrica y electrónica.-** Caja de componentes eléctricos y electrónicos, Cables, borneras, disyuntor de 1 Amp 3 KA, disyuntor de 16 Amp 10 KA, Relé NY4 CNC, luz piloto, pulsadores, dos selectores de tres posiciones, LOGO 230 SIEMENS RC, Variador de Frecuencia INVT 2HP, temporizador T38- 10 Amp con retardo a la desconexión.
- **Parte mecánica.-**Estructura Base tipo A, Fulon, Motorreductor de 2HP, chumaceras, bandas, dos poleas, dos herrajes, pernos de acero inoxidable A304 con cabeza redonda.

5.2.2. Mantenimiento correctivo. Este mantenimiento se lo realiza eventualmente para resolver problemas que se presenten debido al fallo del equipo, el daño ocasionado para ser resuelto tendrá un tiempo de duración para ser solucionado.

Dependerá del tipo de problema ocurrido en el fulon, en el anexo G muestran todas las tablas del mantenimiento de cada uno de los componentes del fulon.

5.3. Checklist general del Fulon Semiautomatizado

Para realizar el respectivo control del mantenimiento mecánico y eléctrico del fulon se realizó el siguiente checklist, el cual consta de seis parámetros como son: un responsable de llevar a cabo el control, su firma, hora de inicio y fin del control, fecha, espacios para colocar los vistos una vez realizada la actividad y por último el espacio para colocar las observaciones correspondientes de alguna anomalía o algo para tener en cuenta en un futuro, en el Anexo H indica el checklist para cada una de las partes mecánica y eléctrica.

5.4. Guía de práctica

Para desarrollar la práctica sobre el proceso de tratamiento de pieles para vestimenta, en el Anexo I, muestra la guía de práctica donde se encuentran los pasos a seguir para cada tipo de piel a tratarse la cual va a ser aplicada en la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH.

CAPÍTULO VI

6. COSTOS

6.1. Costos directos

Para realizar el cálculo de los costos de la fabricación del fulon y los componentes electrónicos se toma en cuenta los costos de materiales mano de obra y equipos.

6.1.1. Costos Mecánicos. A continuación se detallan los costos de cada uno de los componentes mecánicos del fulon.

Tabla 16. Costos Mecánicos

Nº	Descripción	Cantidad	Total [USD]
1	Tablones de madera Mascarey	10	300,00
2	Clavos	100	5,00
3	Pernos de Acero Inoxidable 304 cabeza redonda 5/8" x 4"	18	54,00
4	Pernos de Acero Inoxidable 304 cabeza redonda 1/2" x 3"	8	16,00
5	Sunchos de 1/2" x 135"	4	90,00
6	Candados dobles de hierro fundido con agujero de 1/2"	4	120,00
7	Tuercas de Acero Inoxidable 304 de 5/8"	18	9,00
8	Tuercas de Acero Inoxidable 304 de 1/2"	12	8,40
9	Tuercas Acero Inoxidable 304 de 5/16"	8	4,00
10	Manguera aislante trenzada de 1/2"	15 m	18,00
11	Arandelas planas de Acero Inoxidable 304 de 5/8"	18	4,00
12	Arandelas planas de Acero Inoxidable 304 de 1/2"	12	5,00
13	Herrajes de aluminio de 15" de diámetro y eje de 2"	2	140,00
14	Chumaceras NTN 212	2	40,00
15	Tapa de fibra de vidrio	1	60,00
16	Aldabas para puerta	2	20,00
17	Pernos de acero inoxidable 304 cab.red. de 5/16" x 3"	6	6,00
18	Cerradura para puerta	1	40,00
19	Pintura Anticorrosiva	1 gal	25,00
20	Sellador para madera MADEPLAST	1 gal	18,00
21	Polea de dos canales para banda tipo A de 75" de diámetro	1	225,00
22	Polea de dos canales para banda tipo A de 4" de diámetro	1	100,00
23	Banda tipo B127 longitud	2	34,00
TOTAL			1 341,40

Fuente: Autores

6.1.2. Costos Eléctricos. A continuación se detallan los costos de cada uno de los componentes eléctricos del fulon.

Tabla 17. Costos Eléctricos

Nº	Descripción	Cantidad	Total [USD]
1	Variador INVT 2HP 220V GD10-1R5G-S2-B	1	333,76
2	Gabinete Modular 40x30x15 cm	1	49,54
3	Disyuntor PRIEL 2P 16AMP 10KA ICO165	1	9,52
4	Disyuntor PRIEL 1P 1AMP 3KA	2	3,18
5	LOGO 230 RC 00017746-6ED1052-1FB 8E/4S	1	190,40
6	Botonera doble ON/OFF 1N/O-1N/C	1	3,26
7	Selector NP6-22X/3Y 3 POS IC0375	2	13,58
8	Luz piloto ROJO/VERDE 220V	2	13,58
9	Bornera CNC 25AMP 6P C/BASE C/TAPA	1	1,98
10	Temporizador T38N-10AMP	1	24,64
11	Base Socket 8 pines	1	1,68
12	Motorreductor 1,5HP/Caj.Red.5:25:1/1440 RPM	1	400,00
TOTAL			1 045,12

Fuente: Autores

6.1.3. Costos por maquinaria y transporte. A continuación se detallan los costos de utilización de maquinaria para la elaboración de cada uno de los componentes del fulon.

Tabla 18. Costos de Maquinaria

Nº	Descripción	Total [USD]
1	Sierra	150,00
2	Cateadora	100,00
3	Cepilladora	50,00
4	Taladro	45,00
5	Soldadora	50,00
6	Torno	180,00
TOTAL		575,00

Fuente: Autores

Tabla 19. Costos de Transporte

Nº	Descripción	Total [USD]
1	Transporte de material al taller	50,00
2	Transporte del fulon Ambato – Riobamba	50,00
TOTAL		100,00

Fuente: Autores

6.1.4. Costos directos totales. Los costos totales serán la sumatoria de los costos mecánicos, eléctricos, de maquinaria y de transporte.

Tabla 20. Costos Directos Totales

Nº	Descripción	Total [USD]
1	Costos Mecánicos	1 341,40
2	Costos Eléctricos	1 045,12
3	Costos de Maquinaria	575,00
4	Costos de Transporte	100,00
TOTAL		3 061,52

Fuente: Autores

6.1.5. Costos indirectos. Se detallan los costos imprevistos suscitados en la construcción del fulon.

Tabla 21. Costos indirectos

Nº	Descripción	Total [USD]
1	Imprevistos	300,00
TOTAL		300,00

Fuente: Autores

6.1.6. Costos Totales. Muestra el costo total de la construcción del fulon.

Tabla 22. Costos Totales

Nº	Descripción	Total [USD]
1	Costos Directos totales	3 061,52
2	Costos Indirectos totales	300,00
TOTAL		3 361,52

Fuente: Autores

El costo total de la construcción, transporte e imprevistos del Fulon Semiautomatizado es 3 361,52 USD.

CAPITULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

Se realizó la selección de los componentes mecánicos como son motorreductor de 1,5 HP, herrajes de aluminio, pernos de acero inoxidable, poleas, bandas; eléctricos: LOGO 230 RC SIEMENS, Variador de Frecuencia de 2 HP, Temporizador, en base al diseño y al requerimiento del proceso de acabados de pieles para vestimenta.

Se realizó la respectiva programación del LOGO 230 RC SIEMENS para lograr así controlar los tiempos velocidades y sentido de giro del motorreductor en base a la receta de tratamiento de pieles

Se elaboró el respectivo manual de operación y mantenimiento preventivo como también se realizó los checklist de revisión mensual del fulon los mismos que deben ser realizados por el personal de mantenimiento del laboratorio cuatro veces por mes, para preservar su adecuado funcionamiento y estado de los equipos.

Se implementó el fulon semiautomatizado en el laboratorio de curtición de pieles de la facultad de ciencias pecuarias, cumpliendo con las expectativas requeridas por el Ingeniero Luis Hidalgo Decano de la Facultad de Ciencias Pecuarias, que es lograr el desarrollo del proceso de manera continua sin interrupciones gracias a los elementos de control automáticos como también cuenta con un modo de operación manual para realizar pruebas experimentales.

7.2 Recomendaciones

Antes de manipular el fulon es necesario recibir capacitación sobre el funcionamiento de la maquina impartida por el Ingeniero Luis Hidalgo Decano de la Facultad de Ciencias Pecuarias responsable del laboratorio de curtición de pieles, para evitar que se produzcan lesiones personales y daños en el equipo.

Para la correcta utilización y funcionamiento del fulon es necesario seguir el manual de operaciones que nos indica de manera puntual el procedimiento a seguir para la manipulación del mismo.

Realizar los mantenimientos preventivos del motorreductor, bandas, chumaceras, de los herrajes, tablero de control, mediante el checklist de revisión periódica mensual para preservar la vida útil del fulon.

Utilizar el equipo de protección personal: botas antideslizantes, guantes de caucho, mandil impermeable, casco, gafas, mascarilla, adecuado para realizar las prácticas de laboratorio.

No sobrepasar la capacidad de carga máxima de 150 kg para la cual fue diseñado el fulon debido a que los elementos seleccionados están diseñados para soportar la misma y si se sobrecarga el fulon produciría falla en los elementos generando daño en el equipo permanente.

Verificar cada vez que se cargue el fulon que el sellado de la tapa sea el adecuado y no existan fugas de líquido o productos desde el interior.

BIBLIOGRAFÍA:

Arias Santillan, Mario Moya, Stalin Medina, Juan daniel. 2010. Propiedades Fisico - Mecanicas de las maderas tipo A: Guayacan Peniche, Colorado, Sande y Mascarey: aplicacion al diseño del paradero en el IASA II. Quito : Sangolqui/ESPE/2010, 2010.

BASF. 2008. *Vademécum para el técnico en curtición.* 2008.

Fraile Mora, Jesus. 2008. *Máquinas Eléctricas (Sexta edición).* ESPAÑA : INTERAMERICANA DE ESPAÑA, 2008.

HUENI AG, SWITZERLAND. 2005. HUENI. *HUENI. COM.* [En línea] 2005. http://www.hueni.com/products/pro_dt-06-sp.html.

Marwin Prada, Nelson Chourio, Nectario Villalobos, Wendy Yedra, Carolina Yedra, Edgardo Hinojosa, Roberto Vargas. 2014. MONOGRAFÍAS. *monografias.com.* [En línea] 2014. <http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>.

Prieto, Paloma. 2007. Recursostic Education. *Recursostic.education.es.* [En línea] 08 de 10 de 2007. <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/gl/component/content/article/502-monografico-lenguajes-de-programacion?start=3>.

Ramirez, G. 2014. GEA Consultores Ambientales. *Gea Consultores Ambientales. com.* [En línea] 2014. http://www.gea.com.uy/curtiembres_1.php.