



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO A ESCALA DE UNA  
MÁQUINA DIVIDIDORA CONTINUA DE PLANCHAS EVAFLEX  
PARA EL PROCESO DE LAMINADO DENTRO DE LA PLANTA  
DE INDUSTRIAS DIVERSAS EN LA EMPRESA PLASTICAUCHO  
S.A.”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Propuesta Tecnológica

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA/O INDUSTRIAL**

**AUTORES:**

**DOMÉNICA SOLEDAD LASLUISA YÁNEZ**

**CHRISTIAN SANTIAGO LOZADA REYES**

Riobamba – Ecuador

2023



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“CONSTRUCCIÓN UN PROTOTIPO A ESCALA DE UNA  
MÁQUINA DIVIDIDORA CONTINUA DE PLANCHAS EVAFLEX  
PARA EL PROCESO DE LAMINADO DENTRO DE LA PLANTA  
DE INDUSTRIAS DIVERSAS EN LA EMPRESA PLASTICAUCHO  
S.A.”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Propuesta Tecnológica

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA/O INDUSTRIAL**

**AUTORES: DOMÉNICA SOLEDAD LASLUIA YÁNEZ**

**CHRISTIAN SANTIAGO LOZADA REYES**

**DIRECTOR: ING. EDUARDO FRANCISCO GARCÍA CABEZAS**

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, **Doménica Soledad Lasluisa Yáñez & Christian Santiago Lozada Reyes**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Doménica Soledad Lasluisa Yánez y Christian Santiago Lozada Reyes, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 28 de noviembre de 2023



---

**Doménica Soledad Lasluisa Yánez**  
**180370691-8**



---

**Christian Santiago Lozada Reyes**  
**180498586-7**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Propuesta Tecnológica, “**CONSTRUCCIÓN UN PROTOTIPO A ESCALA DE UNA MÁQUINA DIVIDIDORA CONTINUA DE PLANCHAS EVAFLEX PARA EL PROCESO DE LAMINADO DENTRO DE LA PLANTA DE INDUSTRIAS DIVERSAS EN LA EMPRESA PLASTICAUCHO S.A.**”, realizado por la señorita: **DOMÉNICA SOLEDAD LASLUIA YÁNEZ** y el señor **CHRISTIAN SANTIAGO LOZADA REYES**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Miguel Ángel Pérez Bayas <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 2023-11-28
Ing. Eduardo Francisco García Cabezas <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	 2023-11-28
Ing. Julio César Moyano Alulema <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	 2023-11-28

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a las mujeres que me vieron crecer me brindaron su amor y apoyo incondicional mi madre Paulina y mi abuelita Carmen son mi más grande inspiración y mi más grande ejemplo, luchamos juntas por este sueño hoy lo cumplimos. Finalmente, a ti pequeño Julián, gracias a ti he decidido crecer como persona y profesional, espero que un día comprendas que te debo lo que seré a partir de ahora.

*Soledad*

El esfuerzo del presente trabajo se lo dedico a mis queridos abuelos Elvita y Raúl, quienes ya no están a mi lado, pero sus enseñanzas siempre me acompañaran. A mis padres Soledad y Luis cuyo apoyo incondicional y sacrificio han sido parte fundamental para alcanzar esta meta, a mis hermanas por siempre respaldarme y a mi sobrina que llego como un rayito de luz. Este logro es tanto suyo como mío, y lo comparto con ustedes con profunda gratitud y amor.

*Christian*

## AGRADECIMIENTO

Los tesisistas acuerdan agradecer a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, así como al director y asesor del presente trabajo de titulación por su invaluable orientación y apoyo durante el proceso de elaboración de esta tesis. Así también gratitud infinita a nuestro amigo Ing. Luis Allauca, por su compromiso y dedicación han sido fundamentales para nuestro desarrollo académico, y estamos profundamente agradecidos por la paciencia y la claridad con la que nos ha guiado. Finalmente, un eterno agradecimiento a la empresa PLASTICAUCHO INDUSTRIAL por la oportunidad brindada para este proyecto, y a todo el personal por la colaboración prestada.

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi querida madre, cuyo amor inquebrantable y apoyo constante han sido el motor que impulsó cada paso de esta travesía. A mi familia, mi Bebé y mi Milagros, quienes han sido mi roca y mi pilar, gracias por estar a mi lado en cada capítulo de esta experiencia. A mis amigos Chris y Mony, les agradezco por ser mi red de apoyo, por las noches de estudio y por las risas que me alentaron a continuar. A el amor de mi vida, agradezco las lecciones aprendidas y cada momento compartido, reconoceré siempre la influencia que tu presencia tuvo en mi vida, empezamos este viaje juntos y hoy yo cumplo esta meta por los dos, esta tesis es un testimonio de nuestro compromiso y complicidad, te llevo por siempre en mi corazón.

*Soledad*

Deseo expresar mi agradecimiento a Dios, cuya guía ha iluminado mi camino a lo largo de esta etapa académica, a mis familiares quienes me apoyaron para que no decaiga y me dieron aliento para seguir, a mis amigos y a todas las personas que de alguna manera formaron parte de este logro y finalmente a mi amiga y compañera de tesis por todas las experiencias buenas y malas que llegamos a vivir.

*Christian*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xx
RESUMEN.....	xxi
SUMMARY.....	xxii
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1.	Planteamiento del problema.....	2
1.2.	Justificación.....	3
1.3.	Objetivos.....	4
1.3.1.	<i>Objetivo general</i> .....	4
1.3.2.	<i>Objetivos específicos</i> .....	4

### CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO.....	5
2.1.	Antecedentes de la investigación.....	5
2.2.	Referencias Teóricas.....	7
2.2.1.	<i>Etil Vinil Aceta (E.V.A)</i> .....	7
2.2.1.1.	<i>Definición</i> .....	7
2.2.1.2.	<i>Producción de goma-EVA</i> .....	8
2.2.2.	<i>Máquina Divididora</i> .....	8
2.2.2.1.	<i>Definición</i> .....	8
2.2.2.2.	<i>Componentes</i> .....	10
2.2.3.	<i>Indicadores de producción</i> .....	11



2.2.3.1.	<i>Definición</i> .....	11
2.2.3.2.	<i>Características y Clasificación</i> .....	11
2.2.3.3.	<i>Eficiencia</i> .....	12
2.2.3.4.	<i>Eficacia</i> .....	12
2.2.3.5.	<i>Takt time</i> .....	13
2.2.4.	<b><i>Gestión de Calidad</i></b> .....	13
2.2.4.1.	<i>Características</i> .....	13
2.2.5.	<b><i>Estudio de Tiempos</i></b> .....	14
2.2.5.1.	<i>Etapas del Estudio de Tiempos</i> .....	14
2.2.5.2.	<i>Tiempo Promedio</i> .....	14
2.2.5.3.	<i>Tiempo Normal</i> .....	14
2.2.5.4.	<i>Suplementos</i> .....	15
2.2.5.5.	<i>Tiempo Estándar</i> .....	15
2.2.5.6.	<i>Tiempo de paso</i> .....	16
2.2.6.	<b><i>Diagrama de procesos de operaciones</i></b> .....	16
2.2.7.	<b><i>Layout</i></b> .....	16
2.2.7.1.	<i>Tipos de Layout</i> .....	16
2.2.8.	<b><i>Diseño Experimental</i></b> .....	17
2.2.8.1.	<i>Procedimiento para experimentación</i> .....	17
2.2.8.2.	<i>Diseño de Factorial Completo <math>2^K</math></i> .....	18
2.2.9.	<b><i>Balance de Masas</i></b> .....	21
2.2.10.	<b><i>Software de modelado mecánico</i></b> .....	21
2.2.10.1.	<i>Etapas de Diseño</i> .....	22
2.2.11.	<b><i>Automatización</i></b> .....	22
2.2.11.1.	<i>Definición</i> .....	22
2.2.11.2.	<i>Automatización Industrial</i> .....	23
2.2.11.3.	<i>Componentes de un sistema automático</i> .....	25
2.2.12.	<b><i>Sensores</i></b> .....	27
2.2.12.1.	<i>Sensores industriales</i> .....	27

2.2.13.	<i>Actuadores</i> .....	29
2.2.13.1.	<i>Clasificación de los actuadores</i> -----	30
2.2.14.	<i>Controlador Lógico Programable (PLC)</i> .....	31
2.2.14.1.	<i>Componentes y estructura de los PLCs.</i> -----	32
2.2.14.2.	<i>Tipos de controladores</i> -----	33
2.2.15.	<i>Software de automatización</i> .....	34
2.2.15.1.	<i>Logo</i> -----	34
2.2.16.	<i>Arduino</i> .....	35

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	37
3.1.	<b>Tipo de estudio</b> .....	37
3.2.	<b>Tipo de Investigación</b> .....	37
3.2.1.	<i>Investigación Documental</i> .....	37
3.2.2.	<i>Investigación Descriptiva</i> .....	37
3.2.3.	<i>Investigación de Campo</i> .....	38
3.2.4.	<i>Investigación Exploratoria</i> .....	38
3.2.5.	<i>Investigación Experimental</i> .....	38
3.3.	<b>Metodología</b> .....	38
3.3.1.	<i>Recolección de datos</i> .....	38
3.3.2.	<i>Método Deductivo</i> .....	39
3.3.3.	<i>Método Inductivo</i> .....	39
3.3.4.	<i>Metodología para el desarrollo del proyecto</i> .....	39
3.3.5.	<i>Diagrama de bloque del prototipo a escala para una máquina divididora</i> .....	40
3.3.6.	<i>Caracterización de la empresa</i> .....	41
3.3.6.1.	<i>Descripción de la Planta de Industrias Diversas</i> -----	42
3.3.6.2.	<i>Descripción del Proceso de producción de eva</i> -----	46
3.3.6.3.	<i>Determinación de las etapas de estudio</i> -----	49
3.4.	<b>Estudio de la Situación Actual (Áreas refilado y dividido)</b> .....	50

<b>3.4.1.</b>	<b><i>Análisis de tiempos</i></b> .....	50
<b>3.4.1.1.</b>	<i>Área de Refilado de Evaflex</i> -----	51
<b>3.4.1.2.</b>	<i>Área de Dividido (Planta Parque Industrial)</i> -----	52
<b>3.4.1.3.</b>	<i>Área de Dividido (Planta Catiglata)</i> -----	54
<b>3.4.2.</b>	<b><i>Estandarización de procesos</i></b> .....	56
<b>3.4.2.1.</b>	<i>Estandarización de proceso en el refilado</i> -----	58
<b>3.4.2.2.</b>	<i>Estandarización de proceso en el dividido (Parque Industrial)</i> -----	59
<b>3.4.2.3.</b>	<i>Estandarización de proceso en el dividido (Catiglata)</i> -----	60
<b>3.4.3.</b>	<b><i>Cálculo de métricas en la producción</i></b> .....	61
<b>3.4.3.1.</b>	<i>Área de Refilado (Demanda Mensual Real)</i> -----	61
<b>3.4.3.2.</b>	<i>Cálculo de métricas en la Producción de Dividido (Demanda Mensual Real)</i> -----	62
<b>3.4.4.</b>	<b><i>Cálculo de Rendimiento en base al balance de masa</i></b> .....	63
<b>3.4.4.1.</b>	<i>Área de Refilado</i> -----	63
<b>3.4.4.2.</b>	<i>Área de Dividido</i> -----	64
<b>3.4.5.</b>	<b><i>Cálculo de Indicadores</i></b> .....	66
<b>3.5.</b>	<b><i>Diseño del prototipo a escala para una máquina divididora</i></b> .....	67
<b>3.5.1.</b>	<b><i>Requerimientos de desempeño del prototipo a escala</i></b> .....	67
<b>3.5.2.</b>	<b><i>Parámetros del diseño del sistema</i></b> .....	67
<b>3.5.3.</b>	<b><i>Características por considerar en el diseño</i></b> .....	69
<b>3.5.4.</b>	<b><i>Alcance del prototipo a escala de una máquina divididora.</i></b> .....	70
<b>3.5.5.</b>	<b><i>Descripción de las etapas productivas dentro del prototipo</i></b> .....	70
<b>3.5.5.1.</b>	<i>Sistemas Máquina Divididora</i> -----	70
<b>3.5.5.2.</b>	<i>Sistema para transporte de material (Banda transportadora y Acople)</i> -----	71
<b>3.5.6.</b>	<b><i>Arquitectura del prototipo a escala de una máquina divididora.</i></b> .....	72
<b>3.5.7.</b>	<b><i>Cálculo de parámetros para funcionamiento</i></b> .....	72
<b>3.5.7.1.</b>	<i>Factor de estudio-Factor A</i> -----	72
<b>3.5.7.2.</b>	<i>Factor de estudio-Factor B</i> -----	73
<b>3.5.7.3.</b>	<i>Variable respuesta</i> -----	73
<b>3.5.7.4.</b>	<i>Planteamiento de Hipótesis</i> -----	73

<b>3.6.</b>	<b>Diseño CAD del sistema estructural del prototipo .....</b>	<b>75</b>
<b>3.6.1.</b>	<b><i>Estructura .....</i></b>	<b>76</b>
<b>3.6.2.</b>	<b><i>Diseño de sistemas máquina divididora .....</i></b>	<b>76</b>
<b>3.6.2.1.</b>	<b><i>Sistema de Dividido-----</i></b>	<b>76</b>
<b>3.6.2.2.</b>	<b><i>Sistema de Rodillos (Calibre)-----</i></b>	<b>77</b>
<b>3.6.2.3.</b>	<b><i>Sistema de Rodillos (Arrastre)-----</i></b>	<b>78</b>
<b>3.6.2.4.</b>	<b><i>Sistema de Esmeril-----</i></b>	<b>79</b>
<b>3.6.3.</b>	<b><i>Sistema para transporte de material (Banda Transportadora) .....</i></b>	<b>79</b>
<b>3.6.4.</b>	<b><i>Diseño CAD final del prototipo .....</i></b>	<b>80</b>
<b>3.6.5.</b>	<b><i>Análisis estático .....</i></b>	<b>82</b>
<b>3.6.5.1.</b>	<b><i>Análisis estático tensión -----</i></b>	<b>84</b>
<b>3.6.5.2.</b>	<b><i>Evaluación de Deformaciones -----</i></b>	<b>85</b>
<b>3.6.5.3.</b>	<b><i>Factor de seguridad -----</i></b>	<b>85</b>
<b>3.7.</b>	<b>Selección de materiales para la construcción del prototipo.....</b>	<b>86</b>
<b>3.7.1.</b>	<b><i>Sistema Mecánico .....</i></b>	<b>86</b>
<b>3.7.1.1.</b>	<b><i>Motores -----</i></b>	<b>91</b>
<b>3.7.2.</b>	<b><i>Sistema Eléctrico y Electrónico .....</i></b>	<b>95</b>
<b>3.7.2.1.</b>	<b><i>Controlador Lógico Programable-----</i></b>	<b>95</b>
<b>3.7.2.2.</b>	<b><i>Módulo de tarjeta interfaz -----</i></b>	<b>96</b>
<b>3.7.2.3.</b>	<b><i>Sensores para detección y control-----</i></b>	<b>97</b>
<b>3.8.</b>	<b>Conexión del hardware del prototipo .....</b>	<b>99</b>
<b>3.8.1.</b>	<b><i>Esquema de conexión electrónica del prototipo .....</i></b>	<b>99</b>
<b>3.8.1.1.</b>	<b><i>Conexión tarjeta electrónica -----</i></b>	<b>99</b>
<b>3.8.1.2.</b>	<b><i>Diseño de la placa electrónica-----</i></b>	<b>101</b>
<b>3.8.1.3.</b>	<b><i>Diseño PCB de la placa electrónica -----</i></b>	<b>101</b>
<b>3.8.2.</b>	<b><i>Esquema de conexión eléctrica del prototipo .....</i></b>	<b>103</b>
<b>3.8.2.1.</b>	<b><i>Tabla de entradas y salidas -----</i></b>	<b>103</b>
<b>3.8.2.2.</b>	<b><i>Diagramas eléctricos-----</i></b>	<b>104</b>
<b>3.8.2.3.</b>	<b><i>Diseño del tablero de control eléctrico-----</i></b>	<b>107</b>

<b>3.9.</b>	<b>Construcción de prototipo a escala</b> .....	109
<b>3.9.1.</b>	<b>Construcción sistema mecánico</b> .....	109
<b>3.9.1.1.</b>	<i>Sistema de Dividido</i> -----	110
<b>3.9.1.2.</b>	<i>Sistema de Rodillos (Calibre)</i> -----	111
<b>3.9.1.3.</b>	<i>Sistema de Rodillos (arrastre)</i> -----	112
<b>3.9.1.4.</b>	<i>Sistema de Esmeril</i> -----	113
<b>3.9.1.5.</b>	<i>Sistema para transporte de material (Banda Transportadora)</i> -----	114
<b>3.9.1.6.</b>	<i>Sistema de acople para giro de material</i> -----	114
<b>3.9.2.</b>	<b>Construcción placa electrónica</b> .....	115
<b>3.9.3.</b>	<b>Construcción del tablero eléctrico</b> .....	117
<b>3.10.</b>	<b>Programación del prototipo</b> .....	118
<b>3.10.1.</b>	<i>Grafic del prototipo</i> .....	118
<b>3.10.2.</b>	<i>Programa del PLC LOGO 7</i> .....	119
<b>3.10.2.1.</b>	<i>Ingreso de cantidad de planchas en LOGO</i> -----	119
<b>3.10.2.2.</b>	<i>Programa principal</i> -----	120
<b>3.10.3.</b>	<i>Programa tarjeta interfaz Arduino</i> .....	121
<b>3.10.3.1.</b>	<i>Designación de entradas y salidas</i> -----	121
<b>3.10.3.2.</b>	<i>Programación calibración de los rodillos</i> -----	121
<b>3.10.3.3.</b>	<i>Programación secuencia de etapas</i> -----	122

#### **CAPÍTULO IV**

<b>4.</b>	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	123
<b>4.1.</b>	<b>Medidas de mantenimiento en prototipo</b> .....	124
<b>4.1.1.</b>	<i>Identificación del sistema crítico</i> .....	126
<b>4.2.</b>	<b>Plan de mantenimiento (semestral)</b> .....	127
<b>4.3.</b>	<b>Consumo de energía real y teórico dentro del prototipo</b> .....	128
<b>4.4.</b>	<b>Prueba de sincronización de motores (con rpm)</b> .....	129
<b>4.5.</b>	<b>Prueba de calibración de corte</b> .....	131
<b>4.6.</b>	<b>Prueba Check para iniciar operaciones</b> .....	132

4.7.	Prueba con sonómetro.....	133
4.8.	Tiempo promedio de corte.....	134
4.9.	Comparación de resultados con estándares obtenidos en la situación inicial ..	137
4.10.	Propuesta .....	141
4.10.1.	<i>Estrategias</i> .....	142
4.10.2.	<i>Beneficios</i> .....	143

## CAPÍTULO V

5.	GESTIÓN DEL PROYECTO .....	145
5.1.	Cronograma.....	145
5.2.	Costos de la propuesta tecnológica.....	145
5.2.1.	<i>Costos directos</i> .....	145
5.2.2.	<i>Costos indirectos</i> .....	146
5.2.3.	<i>Costos totales</i> .....	146
5.2.4.	<i>Recurso humano</i> .....	147
5.2.5.	<i>Recurso material</i> .....	147
5.2.6.	<i>Relación Beneficio Costo</i> .....	147

## CAPÍTULO VI

6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	149
6.1.	Conclusiones .....	149
6.2.	Recomendaciones .....	151

## BIBLIOGRAFÍA

## ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b>	Simbología de Diagrama de procesos .....	16
<b>Tabla 2-2:</b>	Parámetros iniciales .....	19
<b>Tabla 2-3:</b>	Tabla ANOVA .....	20
<b>Tabla 3-1:</b>	Ubicación Geográfica Plasticaucho Industrial .....	42
<b>Tabla 3-2:</b>	Productos Línea Industrias Diversas (Accesorios para autos) .....	44
<b>Tabla 3-3:</b>	Productos Línea Industrias Diversas (Guardabarros) .....	45
<b>Tabla 3-4:</b>	Productos Línea Industrias Diversas (Insumos Calzado) .....	45
<b>Tabla 3-5:</b>	Productos Línea Industrias Diversas (Manualidades) .....	46
<b>Tabla 3-6:</b>	Diagrama de Flujo para Material Evaflex .....	48
<b>Tabla 3-7:</b>	Datos Refilado .....	51
<b>Tabla 3-8:</b>	Toma de Tiempos Área de Refilado .....	52
<b>Tabla 3-9:</b>	Datos Dividido (Planta Parque Industrial) .....	53
<b>Tabla 3-10:</b>	Toma de Tiempos Área de Dividido (Planta Parque Industrial) .....	54
<b>Tabla 3-11:</b>	Datos Dividido (Planta Catiglata) .....	55
<b>Tabla 3-12:</b>	Toma de Tiempos Área de Dividido (Planta Catiglata) .....	56
<b>Tabla 3-13:</b>	Sistema Westinghouse .....	57
<b>Tabla 3-14:</b>	Ponderación Sistema Westinghouse Área de Refilado .....	58
<b>Tabla 3-15:</b>	Ponderación para Suplementos Área de Refilado .....	58
<b>Tabla 3-16:</b>	Ponderación Sistema Westinghouse Área Dividido .....	59
<b>Tabla 3-17:</b>	Ponderación para Suplementos Área de Dividido .....	59
<b>Tabla 3-18:</b>	Ponderación Sistema Westinghouse Área Dividido .....	60
<b>Tabla 3-19:</b>	Ponderación para Suplementos Área de Dividido .....	60
<b>Tabla 3-20:</b>	Resultados de Situación Actual .....	61
<b>Tabla 3-21:</b>	Rendimiento Área de Refilado .....	64
<b>Tabla 3-22:</b>	Rendimiento Área de Dividido .....	65
<b>Tabla 3-23:</b>	Consideraciones para cálculo de Takt Time Refilado .....	66
<b>Tabla 3-24:</b>	Takt Time Área de Refilado .....	66
<b>Tabla 3-25:</b>	Consideraciones para cálculo de Takt Time Dividido .....	66
<b>Tabla 3-26:</b>	Takt Área de Dividido .....	67
<b>Tabla 3-27:</b>	Variables de estudio .....	73
<b>Tabla 3-28:</b>	Hipótesis de los factores .....	73
<b>Tabla 3-29:</b>	Tabla ANOVA .....	74
<b>Tabla 3-30:</b>	Elementos del sistema de dividido .....	76

<b>Tabla 3-31:</b> Elementos del sistema de rodillos (Calibre).....	77
<b>Tabla 3-32:</b> Elementos del sistema de rodillos (arrastre).....	78
<b>Tabla 3-33:</b> Elementos del sistema para transporte de material.....	79
<b>Tabla 3-34:</b> Sistemas del prototipo.....	81
<b>Tabla 3-35:</b> Sistemas del prototipo (Parte 2).....	82
<b>Tabla 3-36:</b> Datos para análisis estático.....	83
<b>Tabla 3-37:</b> Peso por elemento.....	84
<b>Tabla 3-38:</b> Características de acero para construcción del prototipo.....	87
<b>Tabla 3-39:</b> Características de acero para construcción de banda.....	88
<b>Tabla 3-40:</b> Características de cinta para construcción de banda.....	88
<b>Tabla 3-41:</b> Características de material de acople.....	89
<b>Tabla 3-42:</b> Características de acero para transmisión.....	90
<b>Tabla 3-43:</b> Características de motor para poleas de giro.....	91
<b>Tabla 3-44:</b> Características de motores para giro de rodillos.....	92
<b>Tabla 3-45:</b> Características de motores según la velocidad requerida.....	93
<b>Tabla 3-46:</b> Características para motores paso a paso.....	94
<b>Tabla 3-47:</b> Características para motores para esmeril.....	95
<b>Tabla 3-48:</b> Parámetros de los PLC.....	96
<b>Tabla 3-49:</b> Características para selección de módulo de tarjeta de interfaz.....	97
<b>Tabla 3-50:</b> Parámetros de los sensores detección material.....	98
<b>Tabla 3-51:</b> Parámetros de los sensores de control.....	99
<b>Tabla 3-52:</b> Pines de conexión de los drivers con el controlador.....	100
<b>Tabla 3-53:</b> Tablas de entradas y salidas del PLC LOGO.....	103
<b>Tabla 4-1:</b> Parámetros de ejecución.....	123
<b>Tabla 4-2:</b> Reconocimiento de medidas preventivas en el prototipo.....	125
<b>Tabla 4-3:</b> Diagrama para cambio de cuchilla.....	126
<b>Tabla 4-4:</b> Plan de mantenimiento.....	127
<b>Tabla 4-5:</b> Consumo eléctrico teórico de los motores dentro de prototipo.....	128
<b>Tabla 4-6:</b> Consumo eléctrico etapa 1.....	128
<b>Tabla 4-7:</b> Consumo eléctrico etapa 2.....	128
<b>Tabla 4-8:</b> Prueba de sincronización motores (cuchilla-rodillos).....	129
<b>Tabla 4-9:</b> Prueba de sincronización motores (rodillos-banda).....	131
<b>Tabla 4-10:</b> Prueba de calibración de corte.....	132
<b>Tabla 4-11:</b> Prueba check.....	133
<b>Tabla 4-12:</b> Parámetros de realización tiempo promedio.....	135
<b>Tabla 4-13:</b> Toma de tiempos en prototipo.....	135



<b>Tabla 4-14:</b>	Parámetros de realización tiempo promedio .....	136
<b>Tabla 4-15:</b>	Rendimiento Prototipo a escala.....	137
<b>Tabla 4-16:</b>	Cálculo de métricas prototipo .....	139
<b>Tabla 4-17:</b>	Estudio de tiempos en prototipo.....	140
<b>Tabla 4-18:</b>	Cálculo de Takt Time en prototipo .....	140
<b>Tabla 4-19:</b>	Cálculo de productividad en prototipo .....	140
<b>Tabla 4-20:</b>	Descripción de actividades.....	142
<b>Tabla 5-1:</b>	Cronograma de actividades para el desarrollo del trabajo de titulación.....	145
<b>Tabla 5-2:</b>	Costos directos del prototipo implementado. ....	146
<b>Tabla 5-3:</b>	Costos indirectos del prototipo implementado. ....	146
<b>Tabla 5-4:</b>	Costo total del prototipo implementado. ....	146

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b>	Producción de material Evaflex.....	5
<b>Ilustración 2-2:</b>	Material Evaflex.....	7
<b>Ilustración 2-3:</b>	Proceso de flujo continuo.....	25
<b>Ilustración 2-4:</b>	Pirámide de la automatización.....	26
<b>Ilustración 2-5:</b>	Componentes de un sistema automático.....	26
<b>Ilustración 2-6:</b>	Sensor capacitivo de proximidad.....	28
<b>Ilustración 2-7:</b>	Sensor inductivo de proximidad.....	28
<b>Ilustración 2-8:</b>	Sensor óptico de proximidad.....	29
<b>Ilustración 2-9:</b>	Sensor Final de Carrera.....	29
<b>Ilustración 2-10:</b>	Componentes Controlador Lógico Programable (PLC).....	32
<b>Ilustración 2-11:</b>	Logo Siemens.....	34
<b>Ilustración 2-12:</b>	Logo Arduino.....	35
<b>Ilustración 2-13:</b>	Tarjeta uno r3 compatible con Arduino.....	36
<b>Ilustración 3-1:</b>	Diagrama de bloque del prototipo a escala para una máquina dividorora....	40
<b>Ilustración 3-2:</b>	Estaciones Generales Planta Industrias Diversas.....	43
<b>Ilustración 3-3:</b>	Estaciones de producción para evaflex.....	47
<b>Ilustración 3-4:</b>	Layout de áreas de estudio.....	50
<b>Ilustración 3-5:</b>	Diagrama de Flujo para Área de Refilado.....	51
<b>Ilustración 3-6:</b>	Diagrama de Flujo para Área de Dividido (Parque Industrial).....	53
<b>Ilustración 3-7:</b>	Diagrama de Flujo para Área de Dividido (Catiglata).....	54
<b>Ilustración 3-8:</b>	Tiempo de Suplementos.....	58
<b>Ilustración 3-9:</b>	Diagrama de Flujo Producción por láminas.....	63
<b>Ilustración 3-10:</b>	Diagrama de Ingreso y Salida de Materia Prima.....	63
<b>Ilustración 3-11:</b>	Diagrama de Ingreso y Salida de Materia Prima.....	64
<b>Ilustración 3-12:</b>	Arquitectura del prototipo.....	72
<b>Ilustración 3-13:</b>	Diagrama de Pareto de Efectos.....	74
<b>Ilustración 3-14:</b>	Interacción de factores.....	75
<b>Ilustración 3-15:</b>	Estructura base de prototipo.....	76
<b>Ilustración 3-16:</b>	Sistema de esmeril.....	79
<b>Ilustración 3-17:</b>	Prototipo vista lateral derecha.....	80
<b>Ilustración 3-18:</b>	Prototipo vista lateral izquierda.....	81
<b>Ilustración 3-19:</b>	Prototipo a escala de Máquina Dividorora.....	81
<b>Ilustración 3-20:</b>	Análisis de cargas.....	83

<b>Ilustración 3-21:</b>	Análisis estático tensión .....	84
<b>Ilustración 3-22:</b>	Evaluación de deformaciones .....	85
<b>Ilustración 3-23:</b>	Factor de seguridad .....	86
<b>Ilustración 3-24:</b>	Características Aceros .....	87
<b>Ilustración 3-25:</b>	Características de material para banda.....	87
<b>Ilustración 3-26:</b>	Características de material para banda.....	88
<b>Ilustración 3-27:</b>	Material para acople .....	89
<b>Ilustración 3-28:</b>	Características Rodamientos .....	90
<b>Ilustración 3-29:</b>	Características motores para poleas .....	91
<b>Ilustración 3-30:</b>	Características motores para giro de rodillos.....	92
<b>Ilustración 3-31:</b>	Características Motores .....	93
<b>Ilustración 3-32:</b>	Características motores para rodillos .....	94
<b>Ilustración 3-33:</b>	Características motores para rodillos .....	95
<b>Ilustración 3-34:</b>	Características de controlador lógico programable.....	96
<b>Ilustración 3-35:</b>	Características de módulo de tarjeta interfaz .....	96
<b>Ilustración 3-36:</b>	Características de sensores de detección.....	97
<b>Ilustración 3-37:</b>	Características de sensores de control .....	98
<b>Ilustración 3-38:</b>	Conexión de motores y drivers. ....	100
<b>Ilustración 3-39:</b>	Diagrama esquemático de la placa electrónica. ....	101
<b>Ilustración 3-40:</b>	Diagrama PCB de la placa electrónica. ....	102
<b>Ilustración 3-41:</b>	Máscara componentes PCB de la placa electrónica. ....	102
<b>Ilustración 3-42:</b>	Diagrama de conexión de entradas del PLC. ....	104
<b>Ilustración 3-43:</b>	Conexión del sensor de detección de material a la entrada del PLC. ....	104
<b>Ilustración 3-44:</b>	Diagrama de conexión de salidas del PLC. ....	105
<b>Ilustración 3-45:</b>	Diagrama de control del prototipo. ....	105
<b>Ilustración 3-46:</b>	Diagrama de conexión de los motores del prototipo.....	106
<b>Ilustración 3-47:</b>	Diagrama de conexión del motor banda transportadora del prototipo. ....	106
<b>Ilustración 3-43:</b>	Diagrama eléctrico de fuerza. ....	107
<b>Ilustración 3-49:</b>	Diagrama frontal gabinete control. ....	108
<b>Ilustración 3-50:</b>	Diagrama interno gabinete control. ....	109
<b>Ilustración 3-51:</b>	Corte por guillotina de estructura principal .....	110
<b>Ilustración 3-52:</b>	Poleas de giro .....	110
<b>Ilustración 3-53:</b>	Ensamble porta cuchilla .....	111
<b>Ilustración 3-54:</b>	Rodillo.....	111
<b>Ilustración 3-55:</b>	Corona para calibre .....	112
<b>Ilustración 3-56:</b>	Caja de transmisión .....	112

<b>Ilustración 3-57:</b>	Ubicación de cardanes.....	113
<b>Ilustración 3-58:</b>	Construcción de Sistema de Esmeril .....	113
<b>Ilustración 3-59:</b>	Construcción de Banda Transportadora.....	114
<b>Ilustración 3-60:</b>	Construcción de Acople .....	115
<b>Ilustración 3-61:</b>	Construcción de Acople .....	115
<b>Ilustración 3-62:</b>	Ataque de ácido a placa electrónica.....	116
<b>Ilustración 3-63:</b>	Transferencia máscara de componentes.....	116
<b>Ilustración 3-64:</b>	Placa electrónica PCB implementada. ....	116
<b>Ilustración 3-65:</b>	Vista interna del gabinete eléctrico.....	117
<b>Ilustración 3-66:</b>	Vista frontal del gabinete eléctrico. ....	117
<b>Ilustración 3-67:</b>	Graficet del prototipo. ....	118
<b>Ilustración 3-68:</b>	Ingreso de lotes en pantalla de LOGO 7.....	119
<b>Ilustración 3-69:</b>	Programación Ladder del prototipo en LOGO 7. ....	120
<b>Ilustración 3-70:</b>	Programación salidas Ladder del prototipo en LOGO 7.....	120
<b>Ilustración 3-70:</b>	Declaración de entradas y salidas en Arduino. ....	121
<b>Ilustración 3-72:</b>	Programación posición inicial de los rodillos. ....	122
<b>Ilustración 3-73:</b>	Programación etapas en Arduino.....	122
<b>Ilustración 4-1:</b>	Diagrama de proceso prototipo a escala .....	124
<b>Ilustración 4-2:</b>	Escala de decibeles obtenidos en el prototipo.....	134
<b>Ilustración 4-3:</b>	Diagrama de proceso dividido en prototipo .....	136
<b>Ilustración 4-4:</b>	Balance de masa para el proceso de dividido .....	136
<b>Ilustración 4-5:</b>	Comparación con estándares previos.....	138
<b>Ilustración 4-6:</b>	Evaluación proceso actual .....	141
<b>Ilustración 4-7:</b>	Estrategias de cambio dentro del prototipo.....	143
<b>Ilustración 4-8:</b>	Beneficios obtenidos en el prototipo a escala .....	144

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** DIAGRAMAS DE ANÁLISIS DEL PROCESO

**ANEXO B:** ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS

**ANEXO C:** DISEÑO EXPERIMENTAL DE VARIABLES

**ANEXO D:** PLANOS DE PROTOTIPO

**ANEXO E:** LISTA DE COMPONENTES PARA CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO.

## RESUMEN

La empresa Plasticaucho Industrial, en la Planta de Industrias Diversas dentro de línea de producción de evaflex, no cuenta con un proceso secuencial para el dividido de planchas, ocasionando paros en la obtención de láminas y el desaprovechamiento productivo en cuanto a la capacidad de la maquinaria. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue construir un prototipo a escala de una máquina dividora continua de planchas evaflex para el proceso de laminado dentro de la planta de industrias diversas en la empresa Plasticaucho S.A. La metodología implementada tuvo un enfoque deductivo ya que se llevó a cabo una evaluación del estado inicial mediante el cálculo de métricas de producción, por medio de la observación directa y entrevistas con el personal se reconoció la etapa crítica, para lo cual se empleó el método inductivo; a través de la aplicación de una investigación exploratoria se caracterizó los requerimientos del prototipo obteniendo un modelo CAD, mismo que fue validado mediante simulaciones y análisis estático en el programa SolidWorks, siguiendo una metodología sistemática se procedió con la construcción de los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos ensamblando en su totalidad al prototipo culminando con pruebas de calibración y funcionamiento. De los resultados obtenidos, se destacó el potencial impacto del prototipo en la disminución de desperdicios y tiempos de producción, logrando un rendimiento del 93,75%, un takt time de 1,37 segundos por plancha y una producción de 34 planchas por hora contribuyendo significativamente al avance en esta etapa productiva en el interior de la planta. En este contexto se concluye que el prototipo semiautomatizado de máquina dividora presenta diferentes beneficios para la empresa enfocados en puntos estratégicos siendo la mejora de productividad, disminución de mano de obra humana, reducción de tiempos de proceso, además de proporcionar un funcionamiento seguro y confiable para los operarios.

**Palabras clave:** <PROTOTIPO> <MÁQUINA DIVIDIDORA> <PRODUCCIÓN CONTINUA> <EVA FLEX> <CONTROL SEMIAUTOMÁTICO>.

2113-DBRA-UPT-2023



## SUMMARY

The lack of a sequential method for dividing sheets in the evaflex production line at the Diverse Industries Plant by Plasticaucho Industrial results in production waste that exceeds the machinery's capacity and stops the flow of sheets. Therefore, the objective of the present work was to build a scale prototype of a continuous splitting machine for Evaflex sheets for the lamination process within the diverse industries plant of Plasticaucho S.A. The methodology implemented had a deductive approach since an evaluation of the initial state was carried out through the calculation of production metrics. Through direct observation and interviews with the personnel, the critical stage was recognized, for which the inductive method was used; through the application of exploratory research, the requirements of the prototype were characterized, obtaining a CAD model, which was validated through simulations and static analysis in the SolidWorks program. Thus, the building of the mechanical, electrical, and electronic systems, the assembly of the prototype, and the calibration and operating testing are all completed using a methodical approach. From the results obtained, the potential impact of the prototype in the reduction of waste and production times was highlighted, achieving a yield of 93.75%, a takt time of 1.37 seconds per plate, and a production of 34 plates per hour, contributing significantly to the progress in this productive stage inside the plant. It is concluded that the semi-automated splitting machine prototype offers the business some advantages that are concentrated in key areas, including increased productivity, decreased labor costs, shortened processing times, and operator safety and dependability.

**Keywords:** <PROTOTYPE> <SPLITTING MACHINE> <CONTINUOUS PRODUCTION>  
<EVAFLEX> <SEMI-AUTOMATIC CONTROL>.



Lic. Angela Cecibel Moreno Novillo  
0602603938

## **INTRODUCCIÓN**

El continuo avance tecnológico ha permitido el uso de maquinaria dentro de procesos productivos, lo cual ha resultado de gran ayuda, esto se debe a las diversas aplicaciones que pueden llegar a tener dentro de la industria, además que logran suplir actividades manuales de difícil operación, a altas velocidades y que trabaje en forma continua, otro factor importante a considerar son los costos en los que se incurre al tener una gran demanda de producción, es por esto que se ha convertido en parte esencial para las empresas.

Plasticaucho Industrias S.A, con su planta de Catiglata situada en la ciudad de Ambato se dedica a la fabricación de bienes con material caucho y evaflex (EVA), dentro de la empresa se encuentra trabajando la máquina divididora continua serie TS08 con un proceso que admite material por rollos limitando de esta manera alternativas productivas, debido al material que admite la máquina presenta problemas en su operación influyendo en el tiempo de operación. Por tales razones, el presente trabajo se centra en la construcción de un prototipo a escala, en el cual se muestren las opciones de mejora para la máquina antes mencionada, con el objetivo de evidenciar la funcionalidad de estos, de esta manera se otorga versatilidad de trabajar en diferentes formatos, se eliminan actividades y por ende reduce el tiempo influyendo en la productividad.

Para el desarrollo de la investigación se establece la siguiente metodología:

Para el capítulo I se define el diagnóstico, en donde se describe los problemas existentes en la máquina divididora a través del planteamiento del problema y el porqué es importante ejecutarlo, además mediante la asignación de objetivos se plantea como llevarlo a cabo.

En el capítulo II se detalla el marco teórico y los antecedentes investigativos relacionados al diseño y construcción de un prototipo, materia prima y empresa.

En el capítulo III se describe las técnicas e instrumentos de investigación utilizada, además los procesos, materiales, parámetros y características, diseño CAD, selección de componentes, esquemas, programación y pruebas de funcionamiento.

Dentro del capítulo IV se desarrolla la propuesta de investigación y se analiza e interpreta los resultados obtenidos en comparación al proceso actual, a continuación, el capítulo V se registra los costos directos e indirectos y los recursos que son necesarios para su desarrollo, finalmente se muestran las conclusiones y recomendaciones encontradas durante el trabajo de investigación.



## CAPÍTULO I

### 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

#### *1.1 Planteamiento del problema*

Las empresas manufactureras en el Ecuador deben contar con maquinaria apta para desarrollar cada producto según la exigencia del cliente, las cuales serán necesarias para obtener un excelente desempeño y funcionamiento del proceso de producción dentro de cada planta. La empresa Plasticaucho Industrial S.A cuenta con una serie de maquinaria que cumple con las características requeridas para el tratamiento de cada material, en la planta de industrias diversas ubicada en el Parque Industrial se encuentra la máquina dividora TS10 la misma produce láminas de evaflex y trabaja de forma individual implementando una plancha a la vez, del mismo modo en la planta ubicada en el sector de Catiglata se encuentra una máquina dividora continua la cual trabaja con material de caucho tipo rollo, al momento de trabajar con material eva por sus características, se presentan inconvenientes en su funcionamiento haciendo necesaria la intervención de operarios para la ubicación del material con el fin de obtener un procesamiento continuo.

Al referirse a los procesos de producción del área de Industrias Diversas, la empresa cuenta con una línea de producción de eva dicho material porta gran variedad de características, por tanto, la implementación de maquinaria óptima para los procesos productivos para su tratamiento es imprescindible, en la actualidad dicho producto es realizado bajo condiciones que no aprovechan el máximo de capacidad para producción, presentando dificultades en el manejo correcto del material y aumentando la probabilidad de un paro en la producción al contar con un proceso secuencial.

Haciendo referencia a la operación dentro de la máquina TS08, el mayor inconveniente se centra en la suspensión de materia prima en la dividora esto debido a que el material proviene de un rollo general asimismo se presenta una limitación en cuanto a la presentación del material dentro de la maquinaria puesto que esta trabaja únicamente por rollos considerando que el realizar el proceso por planchas requiere de implantar mecanismos que actualmente no están adaptados para este tipo de presentación, es decir, si alguna parte de dicho proceso llegara a fallar la producción se estancaría, por tanto, el buen funcionamiento de la maquinaria disminuirá los paros por proceso, evitando que se genere una cantidad considerable de desperdicio, persuadiendo la influencia negativa en el ámbito económico de la empresa a causa del desaprovechamiento de

material, así como el tiempo necesario para la fabricación de láminas de eva, evitando representar una pérdida de recursos dentro de la planta.

Por consiguiente, se ha visto la necesidad de generar un prototipo funcional a escala que evidencie como una máquina trabaja de forma individual es decir unidad por unidad con el fin de permitir el aprovechamiento máximo de material en bruto evitando desperdicios y cuellos de botella para optimizar la producción de láminas. El presente prototipo está diseñado para conocer el proceso óptimo para el dividido de planchas, así como, mejorar su tiempo y volumen de producción tratando de maximizar la utilización del espacio de corte y materia prima.

## ***1.2 Justificación***

El presente proyecto surge con el fin de desarrollar una nueva propuesta de producción para la etapa de dividido dentro de la fabricación de planchas de eva en Plasticaucho Industrial, realizando la construcción de un prototipo a escala de máquina divididora continua. Con la propuesta implementada en el prototipo, se podrá reducir los residuos existentes dentro del proceso (rebaba), además de optimizar la etapa de dividido al realizarlo por planchas no únicamente en rollo, obteniendo un tiempo menor de fabricación del producto, cumpliendo con los estándares establecidos por cada pedido para su comercialización.

La propuesta de elaboración del proyecto es factible ya que se posee el conocimiento de los temas que abarcan la automatización de procesos, tales como la implementación de sensores, finales de carrera y actuadores, entre otros, así como la aplicación de destrezas en el campo de producción y calidad, dado que la máquina divididora juega un papel crucial dentro del proceso productivo del material, y que este puede ser fabricado en diferentes espesores, la calidad del proceso con que se fabrique definirá los rasgos que porte el producto final.

De igual manera se cuenta con las facilidades necesarias por parte de la empresa, permitiendo el acceso a sus instalaciones y a la información solicitada contando con predisposición absoluta del personal que labora en la misma lo cual permitirá que el desarrollo de nuestro proyecto colabore en la mejora continua del proceso de producción.

### ***1.3 Objetivos***

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

Construir un prototipo a escala de una máquina divididora continua de planchas evaflex para el proceso de dividido dentro de la planta de industrias diversas en la empresa Plasticaucho S.A.

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

- Realizar un estudio del arte con la finalidad de definir los requerimientos necesarios para caracterizar la máquina divididora continua, así como la caracterización del material evaflex.
- Desarrollar un modelo CAD de una máquina divididora para la validación de las condiciones de funcionamiento con la utilización de herramientas software.
- Seleccionar las herramientas hardware y software a utilizar determinadas mediante el modelo CAD.
- Construir un prototipo a escala de una máquina divididora continua para planchas de evaflex.
- Ejecutar pruebas en el prototipo del proceso de dividido por planchas para la determinación de su funcionalidad y eficiencia.

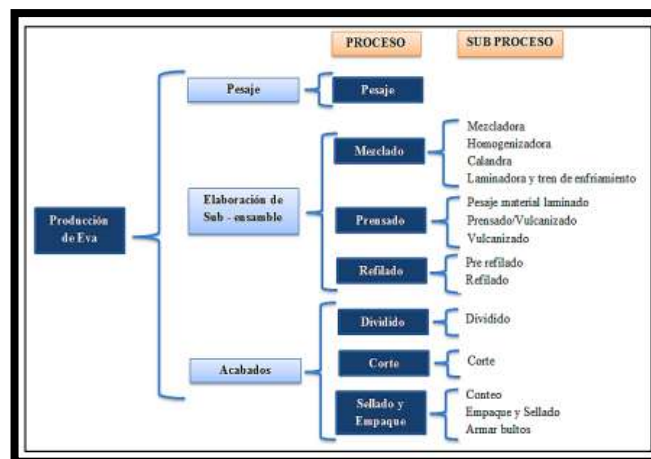
## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

Para el desarrollo del presente trabajo se requiere indagar en varias fuentes bibliográficas tanto locales como internacionales que permita dimensionar el alcance y sirva de guía para la estructura metodológica, de esta manera se recopiló información de proyectos similares que concuerdan con caracterización de material, el levantamiento de información de la situación actual, el diseño y construcción de un prototipo, pruebas y finalmente la validación de los resultados.

En trabajo de titulación realizado por (Solís Salinas, 2018) llamada como “*PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN CON ESTRATEGIA DE “PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN CON ESTRATEGIA DE PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.”*” tuvo como objetivos analizar la situación actual de la planta con los tiempos actuales de la empresa, se identifica las propiedades del material eva y se realiza un estudio de tiempos, para mejorar el desempeño en los estándares de fabricación de los procesos en el Área de Industrias Diversas. El proceso de fabricación del material EVA comprende una línea de pasos secuenciales para su fabricación:



**Ilustración 2-1:** Producción de material Evaflex.

Fuente: (Ramos, 2021)

En la investigación realizada por (Quinde Camacho, 2021) denominada: *Optimización de procesos como mejoramiento continuo para la fabricación del cuero en la empresa “CURTIEMBRE QUISAPINCHA”*, tuvo como objetivo inicial el levantamiento de información sobre el proceso productivo para la identificación de operaciones en la producción del cuero y estudiar los

subprocesos en el área de producción del cuero para medir los tiempos operacionales en la empresa con la finalidad de registrar la información y que sirva como base para la realización del proyecto.

También se considera el proyecto de investigación realizado por (Ortiz Alvarado, y otros, 2018) llamado *“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BOMBO METÁLICO PARA LA CURTICIÓN DE PIELES MENORES”* que tiene como objetivos el diseñar e implementar un bombo metálico para la curtición de pieles menores, determinar la eficiencia del mecanismo y evaluar costos de diseño, construcción, instalación y funcionamiento; esta metodología sirve para comprender y tener una guía para la ejecución del presente trabajo.

Además, se tomó como referencia el trabajo de titulación realizado por (Chipantiza Agualongo, y otros, 2022), conocida como: *“DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE INTERCAMBIADOR DE CALOR DE CORAZA Y TUBOS PARA EL USO DEL LABORATORIO DE ENERGÍAS DE LA CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA.”* en donde por objetivo específicos se tuvo que establecer distintos parámetros, selección de materiales según la disponibilidad en el mercado, diseño del prototipo de acuerdo con los parámetros establecidos, modelado en 3D y pruebas de funcionamiento. De esta forma se puede desarrollar la idea de diseño y de ser necesario se realiza cambios que beneficien a la funcionalidad del prototipo.

El trabajo de titulación realizado por (Barragan Andrade, y otros, 2021) titulado como *“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA VOLTEADORA DE COMPOST IMPULSADO POR UN SISTEMA OLEOHIDRÁULICO COMO PARTE DEL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO DE PRODUCCIÓN, TRANSFORMACIÓN, COMERCIALIZACIÓN Y PROMOCIÓN DE CONSUMO DE LA QUINUA Y SUS DERIVADOS”* se tiene como objetivos elaborar el estado de arte del proceso de mezcla de residuos orgánicos mediante la revisión de tesis, artículos y libros, diseñar los elementos mecánicos que forman parte de la maquina aplicando la metodología de diseño mecánico para garantizar el funcionamiento óptimo de la máquina, verificar la resistencia estructural y margen de seguridad de los componentes mediante el método de elementos finitos para asegurar su funcionamiento y realizar una simulación del comportamiento de la máquina bajo condiciones de trabajo para analizar las variables involucradas.

De acuerdo con (Gutierrez Vilela, 2018) en su trabajo de titulación *REPOTENCIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL MOLINO DE MARTILLO EN EL LABORATORIO DE PROCESOS INDUSTRIALES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS*. Se tiene como objetivos el diagnosticar la eficiencia general, identificar las alternativas de la repotenciación de acuerdo con la viabilidad

técnica y económica y la validación de mejora a través de del funcionamiento del equipo. Se llevo a cabo esta metodología para emplear la mejor alternativa de mejora.

Continuando con la revisión bibliográfica, se encuentra con el proyecto técnico realizado por (Hidalgo Castelo, 2021) titulado como “*AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ENVASADO DE LA PULPA DE FRUTA PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN EN LA PROCESADORA AGROINDUSTRIAL MIS FRUTALES EN LAPARROQUIA DE SAN LUIS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA.*” Donde se tuvo por objetivos realizar un estudio bibliográfico y de campo para la indagación sobre sistemas existentes en la industria, definir la situación actual del proceso y de la maquinaria disponible en la fábrica para la identificación de los requerimientos del sistema, repotenciar la maquinaria del proceso con la correcta selección y configuración de hardware para su implementación.

## **2.2 Referencias Teóricas**

### **2.2.1 Etil Vinil Aceta (E.V.A)**

#### **2.2.1.1 Definición**

La goma-EVA es un componente termoplástico formado por unidades repetitivas de etileno y acetato de vinilo que se utiliza en forma espumada. La incorporación del monómero de acetato de vinilo produce reducción de la cristalinidad del material, razón por la cual las propiedades del Etil vinil acetato (E.V.A.) dependen en gran medida del peso molecular y del contenido de acetato de vinilo. Este tipo de material es liviano y de gran resistencia mecánica con respecto a su densidad. (Ortiz Quichimbo, 2012) p.25



**Ilustración 2-2:** Material Evaflex.

**Fuente:** (Plasticaucho Industrial, 2023, p. 2)

### *2.2.1.2 Producción de goma-EVA*

Este tipo de material se produce mediante una secuencia de pasos de polimerización en solución este es un proceso en el que se disuelve un monómero en un disolvente no reactivo que contiene un iniciador. En esta transformación, se utiliza un disolvente como terc-butanol o mezclas de tert-butanol, metanol e hidrocarburos, y se agrega una corriente controlada de comonómero vinil acetato (VA) al reactor de polimerización. La polimerización se lleva a cabo en altas concentraciones de sólidos, lo que desarrolla viscosidades considerables. Además, se pueden obtener productos que contienen hasta un 75% en peso de acetato de vinilo por polimerización en solución.

Sus características principales incluyen absorción de impacto, se trata de reducir la marca de las fuerzas externas sobre el producto, ligereza hace referencia a su poco peso y a la facilidad de manejo que esto proporciona, impermeabilidad se refiere a su capacidad para resistir el ingreso de líquidos. y memoria, lo que le permite recuperar su forma original en diversos grados. Además, es fácil de cortar, pegar, pintar y moldear con calor-frío, lo que lo convierte en un material versátil y fácil de manejar para múltiples usos y aplicaciones. Otras características del eva son su resistencia al clima y a los químicos, baja absorción de agua, no toxicidad y termoformabilidad. Se utiliza en diversos sectores, como automotriz, artículos deportivos y manualidades didácticas y creativas. (Albite Ortega, 2018)

### *2.2.2 Máquina Divididora*

#### *2.2.2.1 Definición*

Una máquina divididora es un artefacto mecánico utilizado para dividir materiales en partes iguales, y suelen estar equipadas con cuchillas afiladas que cortan el material con precisión. Algunas pueden ser programadas para cortar el material en diferentes tamaños y formas, lo que las hace muy versátiles y útiles en una amplia variedad de aplicaciones industriales. Por lo tanto, la función principal de este tipo de maquinaria se basa en la segmentación de gran variedad de materia de prima, obteniendo un proceso altamente eficiente y preciso. (LEMA REMACHE, y otros, 2019)

Las características de las máquinas divididoras pueden variar según el modelo y su aplicación específica, a continuación, se menciona algunas características comunes:

- Capacidad de dividir materiales en partes iguales y precisas.
- Cuchillas afiladas para cortar el material con precisión.
- Velocidad ajustable para adaptarse a diferentes tipos de materia prima (evaflex y eva para sandalia).
- Diseño robusto y duradero para un uso prolongado.
- Puede ser programado para cortar el material en diferentes tamaños y formas.
- Equipado con características adicionales, como apiladores de materiales y sistemas de seguridad para garantizar un uso seguro.

Dichas máquinas son semiautomáticas, normalmente dirigidas por un controlador de computadora que envía mensajes al trabajador en el momento en que debe realizar un paso, este espera una retroalimentación de que el paso manual ha sido completado, ya sea a través de una interfaz hombre-máquina o mediante sensores electrónicos distribuidos en el proceso, usualmente, este tipo de máquinas dividen materiales como: el evaflex, polietileno (PE), caucho, caucho estireno-butadieno (SBR), caucho de nitrilo (NBR), poli cloropreno (CR), entre otros.

De las características que posea el material dependerá el tipo de máquina a implementarse entre las más utilizadas tenemos:

- **Máquina divisora de cuchilla de banda.** Utiliza una cuchilla de banda para cortar el cuero en capas uniformes y precisas. La cuchilla de banda es una cuchilla larga y delgada que se mueve continuamente en un bucle.
- **Máquina divisora de cuchilla de cinta para trabajo pesado.** Este tipo de maquinaria ajusta automáticamente la cuchilla y la afila continuamente obteniendo un corte preciso y de calidad, además ocupa un sensor eléctrico que controla la posición y un rodillo de alimentación superior e inferior según el espesor de la capa.
- **Máquina divisora de bucle de cuchilla de banda.** Se caracteriza por cargar varias hojas a la vez y ajustar automáticamente el grosor del dividido mientras se completa cada división controlada por PLC, lo que permite que trabaje de manera constante generando un ahorro en el tiempo y mano de obra. (Mosconi SpA Making Leather, 2023)
- **Máquina cortadora de vacío horizontal con cuchilla de cinta PU.** Presenta una interfaz de pantalla táctil de computadora amigable para la división de espuma PU, con



un sistema automático de ajuste para la posición de cuchilla y espesor del dividido con lo cual el proceso resulta eficaz.

- **Máquina divisora de alta velocidad.** Dicho equipo realiza operaciones de forma manual, así como el ajuste del rodillo, la velocidad del rodillo de alimentación se controla por la caja de engranajes lo que permite mantener controlada y según las especificaciones indicadas.

#### 2.2.2.2 Componentes

La máquina divisora está conformada por diferentes sistemas que cumplen una determinada función. Los componentes de este tipo de equipos mecánicos varían según el modelo, fabricante y aplicación.

- **Sistema de corte.** Incluye una cuchilla afilada que cortan de forma continua el material con precisión.
- **Sistema de ajuste de grosor.** Mediante un sistema de rodillos que permiten ajustar el espesor del material que se va a cortar siendo que el rodillo superior presiona el material contra el rodillo inferior ocasionando un ajuste automático.
- **Sistema de alimentación.** Permite colocar el material en la máquina para que la misma realice el proceso de corte.
- **Sistema control de posición.** Los tornillos de sujeción funcionan de límite para el borde de cuchilla y a la vez ayudan a guiar el material a través de la máquina además de controlar la posición para un corte preciso. (Ten Sheeg, 2020)
- **Sistema de esmeriles.** Incluye muelas abrasivas que afilan las cuchillas de corte.
- **Sistema de seguridad.** Porta características para garantizar un uso inequívoco de la máquina, como cubiertas protectoras y sistemas de parada de emergencia.
- **Sistema de ajuste de velocidad.** Permite que el ajuste de velocidad para adaptarse a diferentes tipos de materiales.

- **Sistema de apilamiento.** Algunos modelos pueden incluir un sistema de apilamiento para realizar un control ordenado del material cortado.
- **Sistema de control de calidad.** En determinados modelos se utiliza un sistema de control de calidad para garantizar que el material se encuentre dentro del estándar establecido.

### 2.2.3 *Indicadores de producción*

#### 2.2.3.1 *Definición*

Del inglés Key Performance Indicators o Indicadores Claves de Desempeño, son métricas utilizadas para evaluar el desempeño. (Martínez, 2021)p.28 Se conocen como parámetros digitales que brindan información sobre factores clave relacionados con expectativas definidas en una organización, proceso o personal. Al comparar el valor de un indicador clave de rendimiento o KPI con un cierto nivel de referencia se pueden detectar desviaciones, lo que ayuda a tomar acciones proactivas, preventivas y correctivas para mantener el proceso dentro del rango operativo adecuado. (Ortiz Buitrago, y otros, 2021) p.22

Esta es una herramienta cuyo objetivo es medir y comparar el nivel que puede alcanzar un determinado proceso, evaluando la situación actual en la que se encuentra para de esta manera monitorear y medir el impacto significativo que puede llegar a tener a través de una comparación con estándares preestablecidos.

#### 2.2.3.2 *Características y Clasificación*

Los indicadores presentan rasgos que permite analizar la situación del proceso permitiendo verificar el estado de la organización. A continuación, las tres características principales de los KPI (Nájar Navarro, 2019):

- **Cuantitativo.** Se pueden presentar en forma de números.
- **Práctico.** Dichos Indicadores se integran bien con los procesos existentes de la empresa.
- **Procesable.** Los KPI pueden ponerse en práctica para efectuar el cambio deseado.

Que los indicadores presenten dichas características asegura la toma correcta de una decisión ante el problema presentado además de estudiar los procesos productivos con el fin de identificar oportunidades de mejora que permita optimizar la línea de producción y reducir costos

garantizando la satisfacción del cliente. Los indicadores se clasifican por sus aspectos los cuales que pueden ser medibles tanto cualitativamente como cuantitativamente, esto dependerá de la necesidad del analizador y estos son:

- **Estratégicos.** Son parámetros cualitativos y/o cuantitativos que definen los rasgos relevantes sobre los cuales se lleva a cabo la evaluación para medir el grado de cumplimiento de los requisitos y objetivos planteados en términos de eficiencia, eficacia, calidad y economía, para cooperar a la toma de decisiones y corregir o fortalecer las estrategias y la orientación de los recursos. (Rojas Ortiz, 2019)
- **Tácticos.** Son indicadores que dan seguimiento a los requerimientos específicos, problemas y oportunidades de mejora de las áreas de negocio. Permiten controlar los estándares fundamentales de los procesos (Visibilidad, Control, Riesgos, etc.).
- **Operacionales.** Aquellos que se utilizan en el área operativa permanente de los procesos de negocio, de acuerdo con los parámetros de eficiencia operacional establecidos.

#### 2.2.3.3 *Eficiencia*

Esta es una herramienta donde se examina la cantidad total de recursos, su uso y su desperdicio teniendo como objetivo el aumentar la cantidad que se puede producir a partir de un conjunto dado de insumos es decir es la relación entre la producción de bienes y servicios y uno o más insumos, como mano de obra, capital o gestión. Mejorar la productividad también significa aumentar la eficacia. (Ramírez Méndez , y otros, 2022)

Esto significa que en un problema de cualquier índole dentro de la producción se evaluarán todas las posibles soluciones efectivas, en términos de costos y resultados con el fin de identificar aquella donde se logren los mayores beneficios. Ser eficientes significa gastar mejor; y no menos, satisfacer las necesidades de la población y garantizar ritmos de desarrollo sostenible. (Rojas, y otros, 2018)

#### 2.2.3.4 *Eficacia*

Determina lo que es correcto hacer para adaptar el desempeño de la organización a las condiciones ambientales al reconocer e interpretar las circunstancias dentro de las cuales opera la organización por tanto, esta permite asociar la eficacia de la gestión a la transmisión de cambios estratégicos

así como a la consecución de resultados tangibles, además evalúa los resultados de las acciones realizadas y la efectividad de un determinado producto, buscando que dicho bien o servicio sea adecuado según la demanda del cliente así como qué impacto tendrá en el mercado. (García Guilianny , y otros, 2019)

Es el grado en que un procedimiento o servicio puede lograr el mejor resultado posible. Cuando se crean condiciones de máximo acondicionamiento para alcanzar un fin y este se logra, los recursos puestos en función de este fin fueron eficaces. (George Quintero, y otros, 2020)

#### *2.2.3.5 Takt time*

Es un concepto utilizado en diferentes procesos, pues se determina la duración requerida para la fabricación del producto, también se conoce como el ritmo de trabajo al cual se debe trabajar para alcanzar la demanda, en otras palabras, se usa para estimar el tiempo desde que inicia la producción hasta la siguiente unidad. Este se calcula dividiendo el tiempo de trabajo neto disponible durante un período por la demanda requerida por el cliente. (Sáenz Orozco, 2019)

#### *2.2.4 Gestión de Calidad*

Se trata de un grupo de procesos sistematizados y planificados con el fin de generar patrones de comportamiento organizativos que se enfocan en alcanzar la máxima calidad posible de los productos y servicios en general. En el mundo actual, los diversos avances tecnológicos y las constantes transformaciones han obligado a gerentes a tomar decisiones a ritmos acelerados, por lo cual es necesario emplear una guía que genere alertas sobre la acción a través de la aplicación de varias técnicas, conocimientos y recursos para decidir de forma correcta obteniendo una solución eficiente. (Rey Sánchez, y otros, 2022) p.8

##### *2.2.4.1 Características*

- Medios, instrumentos o mecanismos para valorar el progreso y el cumplimiento de objetivos estratégicos.
- Permite evaluar el desempeño de una empresa con relación a las metas y objetivos establecidos.
- Genera información que es sujeta a estudio para analizar el desempeño de cualquier proceso o área verificando el cumplimiento de los objetivos en términos de resultados.

### **2.2.5 Estudio de Tiempos**

Se define como una prueba estandarizada de los métodos enfocada en el tiempo que se utiliza para ejecutar actividades con el propósito de mejorar la utilización eficaz de los recursos y establecer normas que garantice un rendimiento apropiado. Este se considera como un conjunto de técnicas que sirve para medir el trabajo, sus tiempos y ritmos en los que opera que sirve para determinar el tiempo que requiere para cumplir una determinada tarea de acuerdo con normas preestablecidas. (Bejarano, y otros, 2019)

#### **2.2.5.1 Etapas del Estudio de Tiempos**

- **Seleccionar la operación.** Se reconoce el proceso de la actividad que se va a estudiar, para esta etapa es primordial contar con un operario con experiencia. (Villacreses Lozada, 2018)
- **Registrar la información.** Se registra la información correspondiente a cada una de las tareas que se ejecutan en el proceso y en las condiciones bajo las que opera un trabajador.
- **Comprobar el método.** Aquí verifica y normaliza la secuencia de pasos para llevar a cabo el estudio de tiempos, por lo cual se debe anotar el método a utilizar.
- **Descomponer la tarea.** Definida la tarea se establece un desglose en elementos más pequeños para mejorar la medición y análisis.

#### **2.2.5.2 Tiempo Promedio**

Se trata de una medida aritmética que determina el tiempo medio necesario para llevar a cabo una tarea, para objeto de cálculo la actividad principal se desglosa en una serie de grupos pequeños con la finalidad de facilitar el control y medición, lo cual resulta importante para evaluar cada actividad. (Andrade, y otros, 2019)

#### **2.2.5.3 Tiempo Normal**

Se conoce como el tiempo que tarda el personal en realizar una tarea a un ritmo normal y sin interrupciones. Para calcular se multiplica el tiempo promedio observado por un determinado

índice de desempeño, sin tomar en cuenta el valor de los suplementos, de acuerdo con la expresión calculada (Soriano Osorio, 2021):

$$Tn = \overline{TO} * ID \quad (1)$$

Donde:

$Tn =$  *Tiempo Normal*

$\overline{TO} =$  *Tiempo Observado Promedio*

$ID =$  *Índice de Desempeño*

#### 2.2.5.4 *Suplementos*

Es necesario tomar en consideración los posibles acontecimientos de demora y la fatiga que puede llegar a generar en los trabajadores paros imprevistos o necesarios, tomando en cuenta que el desempeño de los operarios no se mantiene constante durante una jornada laboral, pues alcanzan un estado de cansancio y estrés los mismos que deben ser considerados dentro el cálculo global para la realización de un producto. Se toma en cuenta varios factores para el cálculo total de los suplementos, entre los principales tenemos la necesidad por satisfacer necesidades básicas, entre otros. (Quinto de la Cruz, 2019)

#### 2.2.5.5 *Tiempo Estándar*

Se trata del tiempo que utiliza un operario para llevar a cabo la operación seleccionada por lo cual debe contar con la experiencia, desempeño y preparación necesaria para ejecutar la tarea a una velocidad normal. (Méndez Meléndez, y otros, 2020) Se lo calcula de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Ts = Tn * \left( 1 + \frac{\sum \text{Suplementos}}{100} \right) \quad (2)$$

Donde:

$Tn =$  *Tiempo normal*

$Ts =$  *Tiempo estandar*

### 2.2.5.6 *Tiempo de paso*

Representa el tiempo que se tarda en fabricar una unidad por el número de unidades totales en un paquete, por lo general se trata de cuanto demora en la producción de un paquete de unidades variadas. (García Sabater José Pedro, 2020)

### 2.2.6 *Diagrama de procesos de operaciones*

Se conoce como un conjunto de formas sencillas que representan actividades específicas que siguen una secuencia hasta la obtención de un producto final. Se utilizan símbolos para identificar tareas, distancias, cuellos de botellas, etc. que proporcionan la información necesaria para quien visualiza. (Sanchis Gisbert, 2020)

Cada símbolo se encuentra codificado como se muestra a continuación en la tabla 2-1:

**Tabla 2-1:** Simbología de Diagrama de procesos.

Actividad	Símbolo	Resultado
Operación	○	Realiza una actividad u operación
Transporte	→	Se traslada de un lugar a otro
Inspección	□	Verifica la calidad
Demora	D	Proceso Demora
Almacenaje	▽	Almacén

Fuente: (Villacreses G., 2019, p. 17)

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C., 2023

### 2.2.7 *Layout*

Se conoce como la representación de la disposición en un plano de las secciones que conforman una planta industrial o cualquier tipo de negocio, este dependerá del número y tipo de operaciones que se utilizan en el proceso, en donde se detalla la distribución de espacios y organización de los elementos con el fin de obtener una distribución eficiente. (Avilés Avilés, 2019)

#### 2.2.7.1 *Tipos de Layout*

- **De procesos.** También conocido como funcional en donde se agrupa máquinas o procesos parecidos en una misma área de la planta, lo cual otorga mayor flexibilidad en la designación de tareas y un mayor aprovechamiento de los equipos de trabajo.

- **De productos.** Dicho layout sigue una secuencia de pasos lineal, en donde el producto pasa por una serie de estaciones que siempre realizan las mismas operaciones, esto permite la reducción del tiempo y movimientos durante el proceso.
- **Combinado.** Este layout resulta de la combinación del tipo de procesos y productos, lo que significa que una planta general se subdivide en varias estaciones que resultan ser independientes. Su aplicación se lo realiza cuando se requiere la producción de varios productos. (Balarezo Sarmiento, 2022)
- **Posición Fija.** Para este caso se lo utiliza para la fabricación de productos de gran tamaño, en donde por las dimensiones del producto se requiere que los operarios y equipos sean quienes tengan movimiento dentro de la planta.

### 2.2.8 *Diseño Experimental*

Se trata de una técnica estadística que trabaja con tipo de variables dependientes e independientes, las cuales pueden ser manipuladas para observar y medir sus efectos, por lo que se considera como una aplicación del método científico debido a que se genera conocimiento de un proceso por medio de pruebas planeadas y controladas permitiendo entender mejor la situación sujeta a análisis. (Ramos Galarza, 2021)

#### 2.2.8.1 *Procedimiento para experimentación*

- **Definir el problema u objeto de estudio.** Como primer paso se debe realizar investigaciones y estudios preliminares con el fin de entender y delimitar el caso de estudio o problema, tratando de explicar de la forma más clara y precisa.
- **Establecer objetivos.** Una vez reconocido el problema se procede a establecer los objetivos tanto generales como específicos, estos sirven de apoyo para resolver el problema inicial propuesto. Hay que mencionar que dichos objetivos pueden formularse en función a las variables de estudio. (Martín Ibáñez, 2022)
- **Determinar las variables respuestas.** Es de suma importancia seleccionar las variables que van a ser sujetas a pruebas, ya que también es necesario asegurar una confiabilidad de los datos debido a que de estos depende la interpretación de los resultados para posterior toma de decisiones.



- **Establecer y seleccionar los factores de deben estudiarse.** Se debe utilizar la mayor cantidad de información disponible para incluir a todas las variables y conocer la influencia de cada una en la respuesta.
- **Seleccionar los niveles de cada factor, así como el diseño experimental.** Para obtener un estudio detallado es importante conocer las condiciones o niveles a los que van a ser sometidos los factores, por consiguiente, se fija el tipo de diseño experimental a usar.
- **Planear y organizar el trabajo experimental.** Se comienza con la selección del modelo de diseño experimental para organizar y planificar los recursos a disposición, la forma en la que se va a llevar el registro de la información para su posterior tabulación e interpretación.
- **Realizar el experimento.** Es importante seguir a detalle la planificación del experimento y en caso de presentar inconvenientes tomarlo en cuenta para la conclusión e interpretación final.

#### 2.2.8.2 *Diseño de Factorial Completo $2^k$*

Son denominados diseño factorial  $2^k$  los diseños en los cuales cada uno de los factores cuenta con dos niveles, es decir cuando se realiza un experimento con un número de factores  $k$  en el que cada uno de estos solo puede adoptar dos niveles. Estos niveles podrían ser cuantitativos o cualitativos y una réplica completa de tal diseño requiere realizar  $2^k$  combinaciones. (Fernández Bao)p.22

El modelo más sencillo para el diseño factorial  $2^k$  es el modelo  $2^2$ , el cual cuenta con dos factores de dos niveles cada uno. Estos factores por ejemplos podrían ser A y B, los cuales tienen cada uno dos niveles a los que trabajar, alto y bajo denominados arbitrariamente. Las unidades experimentales se obtienen tomando las cuatro posibles combinaciones de ambos factores y replicándolo  $n$  veces.

El objetivo principal de este tipo de diseño es determinar con exactitud si las diferencias observadas entre los tratamientos son estadísticamente significativas con lo cual se puede concluir de forma concreta.

## Modelo Estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\beta\tau)_{ij} + \epsilon_{ijk} \quad (3)$$

Donde:

$\mu$  = Media global de los efectos

$\tau_i$  = Efecto del  $i$  – ésimo factor A

$\beta_j$  = Efecto del  $j$  – ésimo factor B

$(\beta\tau)_{ij}$  = Efecto de la interacción entre  $\tau_i$  y  $\beta_j$

$\epsilon_{ij}$  = Término del error aleatorio

## Cálculos

Por convención el efecto de un factor se denota con su letra mayúscula y los niveles con + y -, para alto y bajo, obtendremos las siguientes respuestas para las posibles combinaciones:

**Tabla 2-2:** Parámetros iniciales

	<b>B (-)</b>	<b>B (+)</b>
<b>A (-)</b>	<b>(1)</b>	<b>B</b>
<b>A (+)</b>	<b>a</b>	<b>Ab</b>

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C., 2023

Así se podrán calcular los efectos principales de cada uno de los factores y de sus combinaciones, como:

$$A = \frac{1}{2n} [(ab - b) + (a - (1))] \quad (4)$$

$$B = \frac{1}{2n} [(ab - a) + (b - (1))] \quad (5)$$

$$A * B = \frac{1}{2n} [(ab - a) + ((1) - B)] \quad (6)$$

Además de cada factor también se puede realizar un análisis de varianza, para ello se calculan los contrastes de los factores, o también llamados los efectos totales con las siguientes ecuaciones:

$$\text{Contraste}_A = ab + a - b - (1) \quad (7)$$

$$\text{Contraste}_B = ab + b - a - (1) \quad (8)$$

$$\text{Contraste}_{A*B} = ab + (1) - a - b \quad (9)$$

La suma de los cuadrados de los contrastes muestra información sobre la importancia de los efectos principales o combinaciones, es igual al cuadrado del contraste dividido por el número de observaciones en cada total multiplicado por la suma de cuadrados de los coeficientes del contraste, como se muestra en las ecuaciones. (Pérez López, y otros, 2021)

$$SC_A = \frac{[ab + a - b - (1)]^2}{4n} \quad (10)$$

$$SC_B = \frac{[ab + b - a - (1)]^2}{4n} \quad (11)$$

$$SC_{A*B} = \frac{[ab + (1) - a - b]^2}{4n} \quad (12)$$

$$SCT = \sum Y^2_{ijk} - \frac{Y^2_{\dots}}{N} \quad (13)$$

$$SCE = SCT - SCA - SCB - SCAB \quad (14)$$

**Tabla 2-3:** Tabla ANOVA

Factor de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Fisher Calculado	Fisher Tabla	Criterio de Decisión
A	SCA	$n - 1$	$\frac{SC_{Trat}}{n - 1}$	$\frac{CM_{Trat}}{CM_{Error}}$	$F(\alpha, GI_T, GIE)$	$F_c > F_t$ = <i>Significativo</i>
B	SCB	$n - 1$	$\frac{SC_{Bloques}}{n - 1}$	$\frac{CM_{Bloq}}{CM_{Error}}$	$F(\alpha, GIB, GIE)$	$F_c < F_t$ = <i>No Significativo</i>
A*B	SCAB	$N - 1$	$\frac{SC_{Error}}{(a - 1)(b - 1)}$			
Error	SCE	$(a - 1)(b - 1)$				
Total	SCT	$(N - 1)$				

Fuente: (Rea M., 2018, p. 26)

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C., 2023

### **2.2.9 Balance de Masas**

Es una manera de contar y registrar las entradas y salidas de materiales que se encuentran dentro de un proceso o de una parte de éste, por lo general son aplicados a procesos productivos, en donde las características de las materias primas tienden a variar, con la finalidad de obtener productos nuevos y estandarizados. En la industria manufacturera estos balances se aplican para el control de la materia prima a través del proceso, determinando estaciones en las cuales se pierde el material. Un estudio de este tipo es primordial para el diseño de procesos, ya que se especifican las cantidades de materia prima necesarias en el inicio y para el final los productos procesados u obtenidos, además del producto no conforme. De esta manera se logra determinar el rendimiento del proceso en la valoración del material a la entrada y salida. (Durdán, y otros, 2020)

Para la realización de un balance de masa, se debe detallar el tipo de sistema y las condiciones del proceso en estudio, en donde se aplica la ley de la conservación de la masa la cual indica que la masa es constante, por consiguiente, la masa que ingresa al proceso debe ser igual a la que sale, en el caso que sea menor se debe identificar el área donde se genera mayor pérdida para su posterior evaluación de rendimiento. (Cedeño Sares, 2018)

### **2.2.10 Software de modelado mecánico**

SolidWorks es un programa de moldeado de sólidos que sirve de ayuda para la fabricación debido a que permite realizar muchas de las funciones operacionales antes de fabricar un producto tales como: creación de planos, comprobación de interferencias, si existen partes móviles en la pieza, realización de imágenes y videos mediante renderizado, con lo que se obtienen imágenes de muy alta calidad y muy parecidas a la imagen que se puede obtener del producto una vez fabricado, multitud de simulaciones para obtener la mayor similitud a la realidad que se va a enfrentar el producto en su vida útil, estas simulaciones van desde análisis estáticos mediante elementos finitos, análisis de fatiga, análisis térmicos, y análisis de caída para simular las deformaciones del producto frente a un golpe inesperado. Además, es compatible con una variedad de formatos de archivo, lo que permite a los usuarios importar y exportar a otros modelos de programas CAD. El software también incluye herramientas para la colaboración en equipo, lo que permite a los usuarios compartir modelos y trabajar en proyectos. (García Sancho, 2019)

En resumen, SolidWorks es un software de diseño asistido por computadora popular y ampliamente utilizado que permite a los diseñadores crear modelos 3D de piezas y ensamblajes mecánicos, es conocido por su interfaz de usuario intuitiva y fácil de usar, y es aplicado en una

variedad de industrias, incluyendo la automotriz, aeroespacial, arquitectura, ingeniería mecánica, y diseño de productos de consumo.

#### *2.2.10.1 Etapas de Diseño*

El diseño consiste en una secuencia de actividades realizadas para definir completamente una idea, un nuevo sistema o dispositivo, es un proceso de ingeniería de toma de decisiones, interactivo y complejo, es decir las necesidades son más complicadas que antes. Además, se deben tener en cuenta más criterios, tales como el precio, los costos, los tiempos (de introducción del producto, de elaboración del sistema, etc.), la apariencia y la facilidad de manufactura, montaje y mantenimiento. (Vanegas Useche, 2018) pág. 24

Existen muchos modelos que se han propuesto para representar el proceso de diseño. Sin embargo, éste es complejo y no se puede ceñir a un esquema rígido. El diseño comienza con una necesidad o un problema, con sus objetivos, criterios y limitaciones. Se puede mencionar cuatro etapas:

- **Exploración de alternativas.** En el inicio del proceso el diseñador se enfrenta a dificultades por tanto dentro de esta etapa se define y entiende el problema, considerando una variedad de perspectivas hasta lograr una solución satisfactoria.
- **Evaluación de alternativas.** Esta fase se centra en la comprobación del nuevo diseño con el fin de encontrar posibles problemas optando así por aplicar cambios que conduzcan al diseñador a la selección del proceso óptimo. (García Melón, y otros, 2017)
- **Desarrollo y comunicación del diseño.** El resultado de estas etapas es obtener una descripción completa y entendible del diseño incluyendo especificaciones como las dimensiones, acabados, materiales y operaciones a realizar.

#### *2.2.11 Automatización*

##### *2.2.11.1 Definición*

La automatización se define como un conjunto de métodos y técnicas para el control de los procesos industriales. Dependiendo del tipo de proceso que se esté controlando y de la forma en que se realice dicho control, el sistema de control puede ser ejecutado por un operador manual o

el operador automático que adoptará determinadas configuraciones y características de acuerdo con los estándares establecidos. (García Moreno, 2020)

En las últimas décadas la automatización ha obtenido su apogeo dentro de empresas que buscan ser competitivas dentro de la industria con la implementación de sistemas y tecnologías de última generación para realizar tareas y procesos de forma automática, sin necesidad de la intervención humana constante, el principal beneficio dentro de cualquier proceso industrial es el aumento en la calidad, eficiencia y productividad del producto, así como una disminución en los costos de producción y los riesgos relacionados con ciertas tareas. A continuación, se menciona algunas de las ventajas que presta la automatización industrial:

- **Productividad.** Estos sistemas permiten la automatización de instalaciones y procesos industriales, lo que permite una producción en masa continua las 24 horas del día, los siete días de la semana. (Narro Castillo, y otros, 2020)
- **Reducción de tiempo por operación.** Un sistema automático puede acortar los tiempos de producción al repetir una tarea con precisión y eficacia. (Zapata, y otros, 2021)
- **Calidad.** Estos sistemas permiten eliminar el error humano y así mejorar la calidad y homogeneidad de los productos ofrecidos a través del control y seguimiento en las distintas etapas dentro de un proceso industrial.
- **Disminución de costos.** Si bien la inversión inicial para la implementación en ocasiones es muy alta conforme este avance dentro de la planta permitirá que los costos de análisis de datos además de reducir en gran medida el riesgo de fallas en las máquinas e interrupciones del servicio.

#### *2.2.11.2 Automatización Industrial*

La automatización industrial es el uso de sistemas computarizados, electromecánicos, electroneumáticos y electrohidráulicos. Esta disciplina de la ingeniería abarca instrumentos industriales y sistemas de control, como computadoras, autómatas programables, robots y tecnologías de la información. Los componentes y equipos utilizados en la automatización industrial incluyen captadores, preactuadores y actuadores. Los sistemas de automatización industrial se clasifican en cuatro tipos: fijo este implica la producción en masa continua del mismo producto, programable permite la producción de una pequeña cantidad de productos en lotes

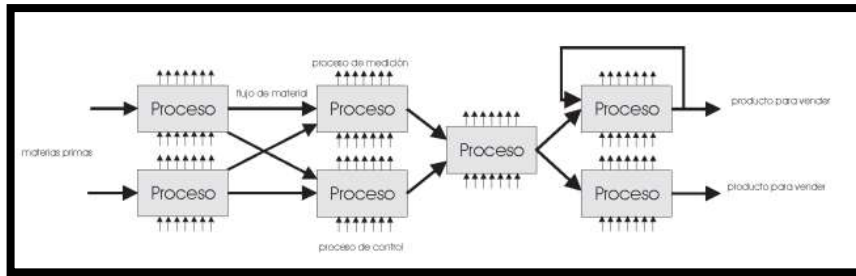
pequeños y a bajo costo. Así también cuentan con diferentes tipos de seguridad, como la fija, flexible y programable, que se eligen según el sector y las aplicaciones específicas, estos sistemas de control permiten gestionar y configurar meticulosamente el desempeño de las máquinas utilizadas en los procesos industriales, garantizando la gestión de calidad tanto en métodos como en productos. La aplicación de técnicas, herramientas y sistemas mecánicos y de control en la automatización industrial permite que las máquinas sean capaces de tomar decisiones y trabajar de manera automática, se utilizan principalmente tres tipos de máquinas: máquina herramienta, máquina transfer y robots. (Sánchez Cano, 2020)

La automatización permite el ahorro de tiempo, recursos y disminución de costes derivados del fallo humano en procesos industriales implementando sistemas funcionales para manejar diferentes líneas productivas y maquinarias en la industria y reducir al máximo la intervención humana. Además, mejora la calidad, eficiencia y productividad, e integra sistemas empresariales. Las ventajas de la maquinaria automatizada incluyen la optimización de procesos, mejora de la calidad, reducción de costes, aumento de la seguridad y ergonomía. Sin embargo, también presenta desventajas, como la inversión inicial y la posible pérdida de empleos.

### **Tipos de procesos industriales**

A pesar de que el término "fabricación" abarca una amplia gama de tipos de productos y procesos de producción, así como numerosas formas tecnológicas, es posible distinguir fundamentalmente las siguientes cuatro configuraciones según la cantidad de productos producidos.

- **Proceso de flujo continuo.** Dentro de este se desarrolla la producción de grandes cantidades de producto, la principal característica de este tipo proceso se enmarca en que existen pocas líneas de producción (productos que se expenden al mercado), sin embargo, los volúmenes de estos son altos, así también, el proceso de fabricación consta de una serie de pasos ordenados y secuenciales, con el fin de que se mantenga un flujo constante de materias primas dentro de la planta hasta obtener el producto final. Las industrias del plástico y el acero, así como las industrias textiles, son ejemplos típicos de procesos de flujo continuo. (García Moreno, 2020)



**Ilustración 2-3:** Proceso de flujo continuo.

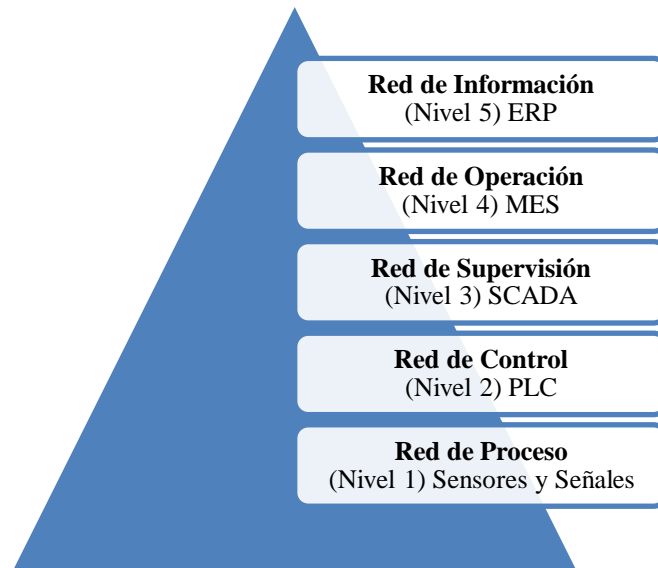
**Fuente:** (García Moreno, 2020, p. 52)

- **Producción por lotes.** Este tipo de proceso tiene en cuenta la producción de bienes o productos similares en lotes medianos, los cuales pueden ser fabricados en intervalos regulares o al presentarse un requerimiento previo del mercado consumidor, en cuanto a el manejo de los procedimientos de control de inventario, estos son adoptados por marketing y determinaran el tamaño de los lotes y la frecuencia de producción de cada artículo. (García Moreno, 2020)
- **Proceso de producción en serie.** Este se caracteriza por la producción de un conjunto de unidades de un producto según una planificación guiada donde cada uno se fabrica utilizando normas y procesos estandarizados, lo que garantiza la consistencia y alta calidad a través de la serie de operaciones necesarias, por consiguiente, para suplir la demanda se realiza un lote completo y no se inicia la siguiente producción hasta que no se termine la primera. (Tous Zamora, y otros, 2019)

### 2.2.11.3 Componentes de un sistema automático

Este tipo de sistema ofrece un método de gestión eficaz que otorga a la empresa múltiples ventajas frente a sus competidores. La pirámide de la automatización permite entender a profundidad los elementos que actúan dentro de cada etapa de la misma manera esta estratégicamente orientada a la comunicación conjunta para cualquier proceso productivo con el fin de comprobar el desempeño de cada función mediante la implementación de diferentes tecnologías.

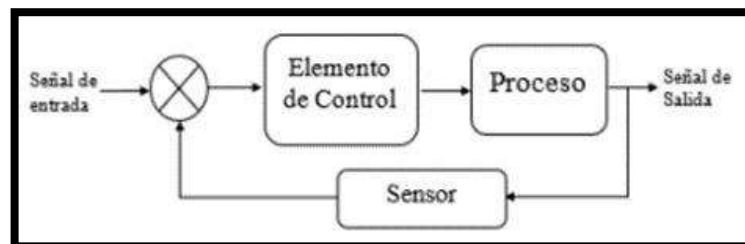




**Ilustración 2-4:** Pirámide de la automatización

Fuente: (UD. Control y Robótica, 2020, p. 5)

Cada nivel se encuentra entrelazado entre sí, el nivel uno brinda la medición de variables las cuales serán enviadas hacia niveles superiores con el fin de que se genere la toma de decisiones acertadas que permitan transformar lo que sucede dentro de la producción. Un sistema automatizado consta de varios elementos básicos que trabajan juntos para llevar a cabo actividades sin intervención humana, dentro de estos tenemos: (Laura Nata, y otros, 2023)



**Ilustración 2-5:** Componentes de un sistema automático

Fuente: (Crespo, I., 2020, p. 36)

- **Sistema Control.** Es el diseño de los componentes físicos que se conectan en una sola ruta, de tal manera que puede ordenar directamente o personalizar.
- **Entrada de un sistema.** Es un elemento elegido para identificar y almacenar información importante para el sistema.
- **Salida de un sistema.** Es una variable del sistema que se utiliza para analizar los efectos de los resultados.

- **Entrada de un sistema de control.** Es un factor del sistema controlado que se elige para su posterior manipulación, de tal manera el sistema cumpla con las metas establecidas. Dichas variables ingresan al sistema y no dependen de ninguna otra variable.
- **Salida de un sistema.** Se trata de un componente de estudio que analiza si el sistema cumple con las metas establecidas, además esta señal de salida contribuye a realizar el control requerido.
- **Actuadores.** Son dispositivos que realizan acciones físicas en respuesta a las decisiones de la unidad de control. Pueden ser motores, válvulas, relés, entre otros.
- **Retroalimentación.** Permite comparar la salida del sistema con la entrada, de tal manera que pueda establecerse la acción de control apropiada entre la entrada y la salida.

### *2.2.12 Sensores*

Los sensores nos dan la capacidad de determinar el valor de las variables físicas relevantes que intervienen en el proceso y convertirlas en señales eléctricas, con el fin de que se cree un programa de control que use estas señales para establecer las reglas sobre la interacción con las máquinas y otros elementos dentro de un mismo proceso. (Brunete, y otros, 2020)

#### *2.2.12.1 Sensores industriales*

Dentro de un sistema industrial de control automatizado la importancia de los sensores radica en proporcionar información sobre lo que ocurre dentro de un proceso, por tanto, son herramientas creadas para identificar y medir varios parámetros físicos para entornos industriales con el fin de proporcionar información en tiempo real sobre el estado y el rendimiento de los equipos y procesos. Estos pueden medir diferentes variables como temperatura, presión, nivel, flujo, humedad, vibración, proximidad, luz, entre otras. Los sensores juegan un papel crucial en la automatización industrial, ya que permiten recopilar datos en tiempo real y controlar procesos de manera eficiente. (Brunete, y otros, 2020)

El término "Sensores de proximidad" se refiere a cualquier sensor que detecta objetos sin hacer contacto físico. A diferencia de sensores como interruptores de límite e interruptores que detectan objetos a través del contacto físico, los sensores de proximidad convierten la información sobre

el movimiento o la presencia de un objeto en una señal eléctrica. En la automatización de procesos se emplean diferentes tipos de sensores, entre los más comunes se encuentran:

- **Sensor capacitivo de proximidad.** Estos sensores funcionan analizando la interacción existente entre el objeto a detectar y el campo electrostático que produce el sensor. Son ampliamente utilizados para la detección de objetos de naturaleza metálica o no metálica, tales como: madera, cartón, cerámica, vidrio, plástico, etc. (GUZMÁN CABALLERO, y otros, 2020)



**Ilustración 2-6:** Sensor capacitivo de proximidad

Fuente: (WEG, 2022, p. 45)

- **Sensor inductivo de proximidad.** Estos sensores tienen un inductor, que es una bobina con el propósito de crear un campo magnético de alta frecuencia. Estos dispositivos funcionan a través de corrientes inducidas por campos magnéticos con el objetivo de detectar objetos ferrosos a cierta distancia, en caso de existir un objeto de este tipo dentro de un cierto rango del campo magnético, el resultado será que la corriente fluirá en él. (Pachana Salinas , y otros, 2020)



**Ilustración 2-7:** Sensor inductivo de proximidad

Fuente: (WEG, 2022, p. 45)

- **Sensor óptico de proximidad.** La ventaja de los sensores de proximidad ópticos es que el objetivo no necesita ser magnético o metálico; en cambio, solo necesita obstruir o reflejar la luz. Esencialmente, los sensores ópticos emiten luz y regulan la luz reflejada por el objetivo. (Art Pini, 2021)



**Ilustración 2-8:** Sensor óptico de proximidad  
Fuente: (WEG, 2022, p. 45)

- **Sensor Final de Carrera.** Es un dispositivo electrónico o mecánico diseñado para detectar el punto final o la posición extrema de un objeto en movimiento. Su función principal es indicar cuando un objeto ha alcanzado una posición específica o ha llegado al final de su recorrido, lo que puede ser crucial en aplicaciones industriales y automatizadas.



**Ilustración 2-9:** Sensor Final de Carrera  
Fuente: (Novatronix, 2022, p. 45)

### 2.2.13 Actuadores

Se trata de un dispositivo que convierte la energía hidráulica, neumática o eléctrica en un impulso, desplazamiento o modificación para un proceso automatizado, además de ser los encargados de controlar un mecanismo o sistema. (Crespo Vargas, 2020)

Haciendo referencia a los elementos que ejerce funciones de interfaces de potencia, conversores de magnitudes físicas, en este grupo se puede separar en:

- **Pre accionador.** Son encargados de amplificar y convertir la señal enviada por el controlador para gobernar la instalación.
- **Accionador.** Elementos que aportan energía de cualquier tipo que necesite el sistema para funcionar, modificar y controlar los estados dentro de un sistema.

#### 2.2.13.1 Clasificación de los actuadores

- **Hidráulicos**

Son aquellos que funcionan a base de fluidos con alta presión son utilizados en trabajos de alta potencia y fuerza. Estos se pueden clasificar de acuerdo con la forma de operación los principales son:

**Cilindro hidráulico.** Es un dispositivo mecánico donde se utiliza la energía hidráulica almacenada para mover el cilindro en una dirección lineal. (Dietrich, 2020)

**Motor hidráulico.** Es un actuador mecánico que convierte la energía hidráulica en energía mecánica de rotación, es decir, en un movimiento giratorio.

- **Neumáticos**

Permiten convertir la energía del aire en trabajo mecánico su principal característica es la velocidad de actuación. Los principales actuadores neumáticos utilizados en la industria son:

**Lineales.** Realiza el trabajo mecánico en un sólo sentido de movimiento, su retorno lo alcanza por una fuerza externa opuesta a la dirección del movimiento.

**Lineal de simple efecto.** Permiten realizar trabajo mecánico en sus dos sentidos de movimiento, para lo cual poseen dos entradas para aire comprimido ubicadas en los dos extremos del cilindro.

- **Eléctricos**

Requiere energía eléctrica como fuente de poder para entregar energía mecánica, siendo así un actuador de estructura simple, a su vez son altamente versátiles y no hay límite de distancia entre la fuente y el actuador.

**Motor Corriente Directa.** Se trata de un dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica rotatoria, gracias a la acción de un campo magnético. Estos motores son muy utilizados en la industria y en aplicaciones automotrices debido a su capacidad para proporcionar un control preciso de la velocidad y el par motor. (Sánchez Criollo, 2020)

**Servomotor.** Es un tipo de motor eléctrico que permite un control preciso de la posición, aceleración y velocidad del eje, gracias a su sistema de retroalimentación y su capacidad de funcionar como parte de un sistema de lazo cerrado.

**Motor Paso a Paso.** Es un dispositivo electromecánico que convierte la energía eléctrica en movimientos mecánicos discretos y precisos mediante la aplicación de pulsos eléctricos en una secuencia adecuada.

#### ***2.2.14 Controlador Lógico Programable (PLC)***

La aparición del controlador lógico programable permite la inspección de circuitos complejos, debido a que un PLC es una computadora, utilizada en la ingeniería, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje. (Zapana Mamani, 2019)

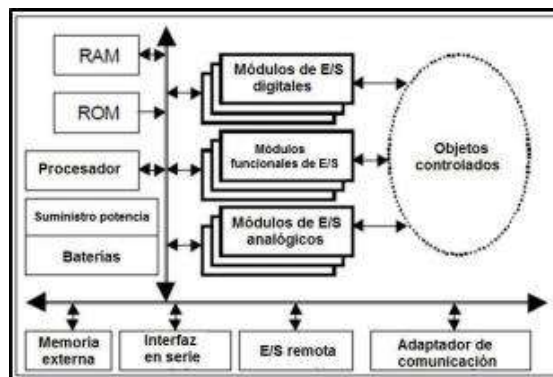
El campo de aplicación de los PLCs es muy diverso e incluye diversos tipos de industrias (ej. automoción, aeroespacial, construcción, etc.). A diferencia de las computadoras de propósito general, el PLC está diseñado para receptor múltiples señales de entrada y de salida, amplios rangos de temperatura y porta con capacidad de resistencia a la vibración y al impacto. Estos satisfacen diferentes necesidades según lo solicite el proceso, de esta manera regula presiones, temperaturas, niveles y caudales, además de todas las funciones asociadas de temporización, conteo y lógica, entre las principales tenemos: (Sagarna, y otros, 2018)

- **Detección.** Divisa e interpreta los diferentes tipos de señales que pueden ser generadas por sensores o dispositivos de entrada del proceso de fabricación.
- **Elaboración y envío de señales.** De acuerdo con lo establecido en la programación se puede realizar y enviar acciones, tales como activar o desactivar los dispositivos de salida.

- **Control Lógico.** Realiza funciones específicas de control lógico, estas instrucciones dirigen varios tipos de procesos en donde interviene maquinaria, teniendo entradas y salidas digitales o analógicas.
- **Monitoreo y registro de datos.** En función a las entradas y salidas del proceso el controlador lógico programable puede registrar información de las actividades y supervisar que se lleven a cabo con éxito.
- **Comunicación.** Estos reciben las señales y según dicte la programación se emite la respuesta al problema, además puede establecer comunicación con otros dispositivos a través de Ethernet.

#### 2.2.14.1 Componentes y estructura de los PLCs.

A continuación, se muestra el diagrama de flujo general de un controlador lógico programable:



**Ilustración 2-10:** Componentes Controlador Lógico Programable (PLC)

Fuente: (Zapana, 2021, p. 35)

- **Suministro de Potencia.** Tiene una entrada de voltaje de 220VAC o 110VAC o en algunos casos 24VDC, dependiendo de la necesidad, y adicionalmente tiene salidas de 24VAC o DC con el fin de alimentar todos sus módulos y/o sensores.
- **Procesador.** Donde se llevan a cabo todos los procesos lógico- aritméticos del sistema y está conformada por un microcontrolador de 16 o 32 bits. Por poseer un microcontrolador, cuenta con temporizadores, interrupciones, conversiones ADC y DAC.

- **Memoria Externa.** Hace las veces de banco de datos para la lectura/escritura de datos y se utiliza para almacenar el programa (funciones, variables, estados, tiempos) desarrollado que se encargará de controlar las entradas y las salidas del PLC.
- **Puertos de entradas.** Pueden ser analógicas o digitales y deben ser aisladas para proteger al microcontrolador de altos voltajes, por configuración del sistema pueden permitir ajustar la intensidad de la entrada, es decir, la corriente de entrada varía gracias a un potenciómetro instalado en el circuito. (Molina Cruz, y otros, 2019)
- **Puertos de salidas.** Son analógicas o digitales, y según su necesidad pueden ser de los siguientes tipos de voltajes: 120 VAC, 24 VDC, 12 – 48 VAC, 12 – 48 VDC, 5V DC (TTL), 230 VAC. Esto se debe a que sus circuitos internos permiten convertir niveles lógicos a niveles de voltaje externos adecuados.

#### 2.2.14.2 Tipos de controladores

Existen PLCs en función de su capacidad, entradas/salidas, tamaño de memoria, etc. Estos permiten clasificarlos en:

- **PLC compactos.** Incorporan CPU, PS, módulos de entrada y salida en un único paquete. Existe un número fijo de entradas/salidas digitales, una o dos canales de comunicación y HMI.
- **PLC modular.** Es el tipo de PLC más potente y tiene más funciones que los PLC compactos. Tiene un número limitado de lugares para los módulos, pero este puede aumentarse. Además, utilizan un elevado número de entradas/salidas, pueden soportar programas más grandes, guardar más datos y operar bajo el modo de multitarea.
- **PLC de tipo montaje en rack.** Es similar al PLC modular en cuanto nos referimos a capacidades y funciones, sin embargo la principal diferencia en el bus o rack, en donde se colocan los módulos en las ranuras y en el bus integrado un sistema para intercambiar información. **Fuente especificada no válida.**
- **PLC con panel Operador y Controlador Lógico Programable.** Esta posee una interfaz HIM para el control y funcionamiento de los distintos procesos y equipos automáticos, consiste principalmente en un monitor y un teclado o una pantalla táctil. Toda la

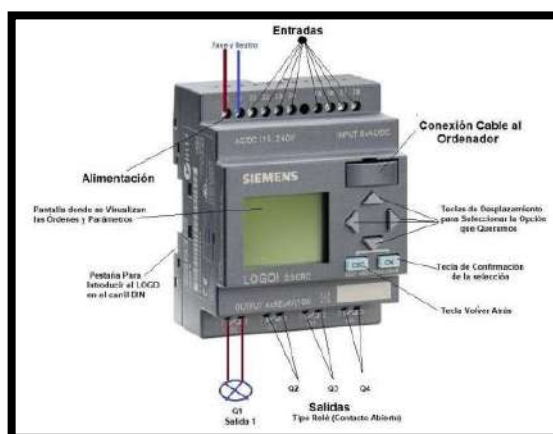


programación se realiza por medio de una herramienta software, lo que permite economizar los gastos del desarrollo del sistema.

### 2.2.15 Software de automatización

Para la ejecución de tareas cíclicas o repetitivas, en donde interviene la labor humana es necesario en muchos de los casos aplicar la automatización industrial dentro del sistema. Para esto se requiere diseñar esquemas de los procesos automáticos mediante la utilización de softwares de programación que ayuden a realizar un modelado adecuado para su posterior ejecución y control. Dichos programas sirven para administrar procesos y son considerados como un soporte lógico, que comprende la secuencia de trabajo y además reconoce los elementos que interactúan para llevar a cabo cualquier actividad, la mayor parte de estos se encuentran escrito en lenguajes de programación avanzados los cuales se traducen en señales o indicadores para la máquina.

#### 2.2.15.1 Logo



**Ilustración 2-11:** Logo Siemens

Fuente: (Arduino, 2023, p. 1)

Conocido como un módulo lógico inteligente capaz de resolver problemas de automatización mediante la programación de las entradas para la ejecución y control de las salidas, cuenta con otras funciones básicas y especiales que permite ayudar con inconvenientes de baja dificultad. Logo es uno de los pocos lenguajes de programación que utiliza el código en español. es un lenguaje de alto nivel, funcional y estructurado. (Carvajal Aguilar, y otros, 2021)

En sus inicios aparece como alternativa para sustituir funciones convencionales cableadas, además de ser accesible y muy interactivo para el programador, lo que conlleva a un gran avance en la programación y automatización, ya que se desarrollan programas con mayor flexibilidad en la solución de problemas. Otra gran cualidad del Logo es que se le pueden agregar nuevos

comandos, por esta razón podemos decir que tiene la cualidad de ser extensible. Entre otras características importantes tenemos:

- **Amigable.** Por su fácil manejo y rápida comprensión es trata de un dispositivo que cualquier persona puede programarlo.
- **Extensible.** De acuerdo con los comandos de funcionamiento se puede generar nuevos teniendo como base a los anteriores.
- **Flexible.** En base al lenguaje de programación este puede ser utilizado para actividades complejas o como un instrumento educativo.
- **Robusto.** Se debe a la gran amplitud de comandos en el lenguaje para programar sea este de alto o bajo nivel de dificultad.

Dichas características dependen mucho del modelo a ocupar ya que, existe una gran variedad de modelos, entre los que destacan su variado abanico de posibilidades y rangos de usos que van desde los 12V a los 240V en voltajes de alterna y directa, así como numerosos módulos de ampliación que aumentan la versatilidad de estos dispositivos.

### 2.2.16 *Arduino*

Arduino es una plataforma de hardware y software de código abierto que permite a diseñadores y desarrolladores crear proyectos electrónicos interactivos y sistemas automatizados de manera accesible y asequible. Se compone de una placa de circuito que aloja un microcontrolador, así como un entorno de programación fácil de usar que simplifica la escritura y carga de código en el microcontrolador. Arduino es ampliamente utilizado en el ámbito de la electrónica, la robótica y la creación de prototipos, brindando la capacidad de controlar una variedad de dispositivos y sensores. Su naturaleza de código abierto fomenta la colaboración y la innovación, lo que lo convierte en una herramienta versátil para proyectos de todos los niveles de experiencia. (Sogorb Torres, 2022)



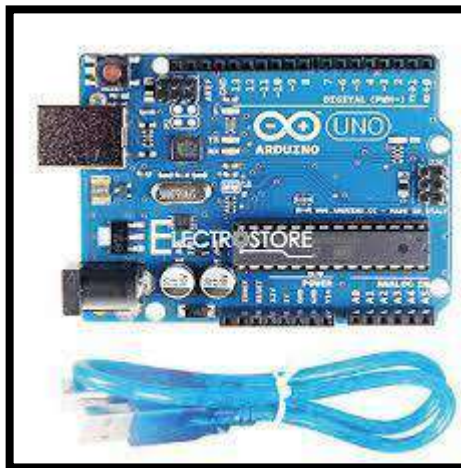
**Ilustración 2-12:** Logo Arduino

**Fuente:** (Arduino, 2023, p. 1)

Existen varios tipos de placas Arduino disponibles, cada una adaptada a diferentes necesidades y aplicaciones.

- **El Arduino Uno.** Ideal para proyectos de nivel principiante e intermedio debido a su amplia gama de pines y facilidad de uso.
- **El Arduino Mega.** Ofrece más pines y memoria, lo que lo hace adecuado para proyectos más grandes y complejos.
- **El Arduino Nano.** Es una versión compacta, ideal para aplicaciones donde el espacio es limitado. El Arduino Due. Diseñado para aplicaciones de alto rendimiento gracias a su microcontrolador.

Además, existen placas especializadas, como el Arduino Pro Mini y el Arduino LilyPad, que se utilizan en proyectos específicos. La elección del tipo de Arduino depende de las necesidades de cada proyecto en términos de rendimiento, tamaño y características.



**Ilustración 2-13:** Tarjeta uno r3 compatible con Arduino

Fuente: (Arduino, 2023, p. 1)

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 *Tipo de estudio*

El presente proyecto trata acerca de la construcción de un prototipo a escala de una máquina divididora de planchas de evaflex dentro de la empresa Plasticaucho Industrial S.A, y es de carácter tecnológico, en este se evaluará una alternativa de producción con el fin de evitar cuellos de botella mediante el registro de información de la situación actual y la correcta selección de software y hardware con el objetivo de cumplir con los parámetros de diseño necesarios para la optimización del proceso, debido a que una de las principales problemáticas dentro de esta línea de fabricación se centra en el poco aprovechamiento del material que es dividido.

#### 3.2 *Tipo de Investigación*

Se empleará un tipo de investigación aplicada, para mejorar la calidad y eficiencia en el proceso de dividido de evaflex, además, de aplicar metodologías que permiten obtener resultados exitosos en la mejora del proceso de fabricación sin grandes inversiones de dinero.

##### 3.2.1 *Investigación Documental*

Se utilizará la investigación bibliográfica en lo necesario para sustentar los conceptos de la parte teórica, que brindará información adecuada para el desarrollo del prototipo, por lo cual se utilizarán trabajos, manuales, tesis, libros, informes y datos, con el fin de reforzar, interpretar, ampliar y profundizar las perspectivas de los diferentes autores, según el tema, a partir de diferentes perspectivas.

##### 3.2.2 *Investigación Descriptiva*

Con la aplicación de la investigación descriptiva se conocerán las condiciones iniciales que enfrenta la empresa al formular productos que no cumplan con los estándares para su comercialización, ofreciendo así indicadores que permitan a la empresa evaluar aspectos relevantes dentro del proceso productivo.

### **3.2.3 *Investigación de Campo***

A través de este tipo de investigación se podrá identificar el estado actual de la empresa mediante la recolección de los datos, especificaciones de maquinaria y entrevistas con el personal designado de cada área de trabajo en las visitas a la institución.

### **3.2.4 *Investigación Exploratoria***

Se basa en explorar y reconocer las necesidades principales para la elaboración del prototipo, empezando con el estudio de tiempo y el diseño del modelo en CAD que garantice el funcionamiento óptimo del mismo.

### **3.2.5 *Investigación Experimental***

Se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada dentro del proceso de dividido de planchas, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce el desaprovechamiento del espacio de cuchilla, así como el desperdicio de materia prima.

## **3.3 *Metodología***

### **3.3.1 *Recolección de datos***

- **Revisión documental**  
A través de la investigación documental se adquiere información necesaria establecida por catálogos, informes, manuales e instructivos que sirven como fundamentación de conocimientos previos.
- **Observación directa**  
Mediante la aplicación de observación directa, se logra conocer las condiciones iniciales de los procesos productivos en específico, además de identificar cuellos de botella que retrasan la producción en el proceso de dividido en el Área de Industrias Diversas.
- **Entrevistas estructuradas**  
Las entrevistas se realizarán al personal operativo conjunto, supervisores, analistas y líder de la empresa que se encuentre en la sección de dividido, con el objetivo de recopilar la mayor cantidad de información acerca de las actividades que desempeñan, tomando en cuenta los años de trabajo y la experiencia adquirida.

- Procesamiento del Proyecto

Los datos que se obtendrán serán registrados y tabulados de acuerdo con la secuencia y características de los objetivos propuestos. La información y las respuestas recibidas abordan el uso de técnicas de medición del tiempo basadas en la aplicación de un cronómetro, así también el uso de indicadores de productividad la presentación de los datos recopilados se realizará mediante cuadros, tablas y gráficos.

### **3.3.2 *Método Deductivo***

Esta metodología parte de un estudio general del proceso dividido, localizando los cuellos de botellas y problemáticas existentes, gracias a esto se diseñó una repotenciación para la máquina divididora, con el fin de obtener un proceso óptimo que cubra las necesidades y demandas de la empresa generando una gestión apropiada dentro procesos productivos.

### **3.3.3 *Método Inductivo***

Emplear la observación directa y entrevistas con el personal permitió reconocer las etapas problemáticas en el proceso productivo del evaflex identificando que en el área de dividido es la que genera mayores desperdicios y la cual podría incrementar su capacidad de producción.

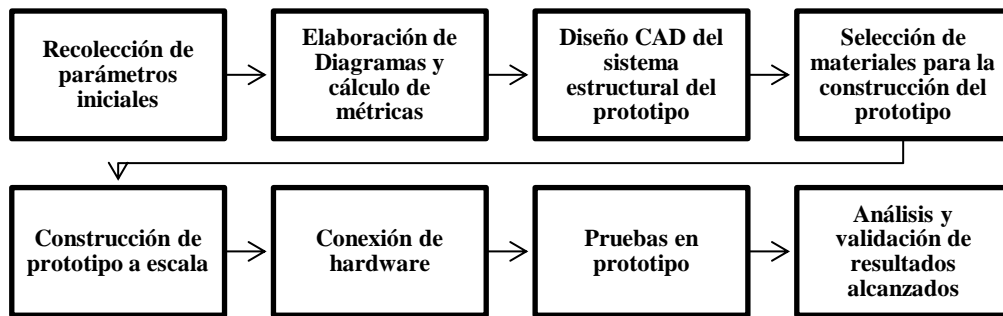
### **3.3.4 *Metodología para el desarrollo del proyecto***

- Reunión con tutor empresarial para establecer el tema de investigación.
- Visitas técnicas a las instalaciones de la empresa para reconocimiento de procesos productivos dentro de planta.
- Entrevistas con los supervisores y personal que operan dentro del área productiva para material evaflex para la obtención de datos que aporten al desarrollo de la investigación.
- Realización del estudio de tiempos en la sección de dividido y aplicación de indicadores de productividad.
- Diagnóstico de situación actual.
- Diseño CAD para construcción de prototipo.
- Selección de elementos de software y hardware.
- Construcción de prototipo a escala.
- Realización de pruebas en prototipo.
- Procesamiento de datos en tablas obtenidas en las pruebas de prototipo.
- Comparación de estándares por proceso ya establecidos en la empresa.

- Redacción de propuesta para incremento de producción.
- Elaboración de un informe técnico final.

### 3.3.5 Diagrama de bloque del prototipo a escala para una máquina divididora

Para la construcción del prototipo a escala de una máquina divididora, se detalla las etapas en el diagrama de bloques en la ilustración 3-1 que se presenta a continuación:



**Ilustración 3-1:** Diagrama de bloque del prototipo a escala para una máquina divididora  
 Realizado por: Lasluisa D., Lozada C., 2023

- **Recolección de parámetros iniciales.** Se debe reunir y medir información del proceso de dividido durante su funcionamiento para obtener una visualización completa y precisa acerca de la maquinaria implementada, cantidad operarios, condiciones de funcionamiento y parámetros técnicos, de manera que sea posible realizar un análisis de los equipos que se utilizarán para construir el prototipo.
- **Elaboración de Diagramas y cálculo de métricas.** Se realiza una serie de diagramas con el que se busca simplificar y esquematizar la información sobre el proceso de dividido, comprender en un nivel sistemático cada aspecto del dominio del trabajo que sea pertinente.
- **Diseño CAD del sistema estructural del prototipo.** Dentro de esta etapa se desarrolla el diseño mecánico del prototipo, el cual permite definir los mecanismos y materiales (eléctricos, electrónicos y mecánicos) necesarios para su implementación y asegurar su correcta ejecución al realizar la operación requerida. Una vez definido el diseño, se realiza un análisis estático del mismo, que permite verificar la funcionalidad del prototipo.

- **Selección de materiales para la construcción del prototipo.** A la hora de determinar los componentes del prototipo se tienen en cuenta los requisitos de funcionamiento planteados inicialmente en la parte mecánica como para la automatización, su compatibilidad, escalabilidad y conexión entre sí.
- **Construcción de prototipo a escala.** Una vez que se ha validado el diseño, avanzamos con la construcción e implementación de la estructura mecánica del prototipo acorde con los planos realizados inicialmente.
- **Conexión de hardware.** En esta fase, se realiza la conexión de los componentes del prototipo según su requerimiento, utilizando un diagrama creado previamente, con el fin de poder continuar con la programación de cada etapa dentro del sistema, como el transporte del material y el calibre del dividido dentro del proceso continuo.
- **Pruebas en prototipo.** Una vez puesto en marcha el prototipo, pasamos a una fase de pruebas para ajustar los mecanismos y pulir la programación en condiciones reales de funcionamiento.
- **Análisis y validación de resultados alcanzados.** Finalmente, una vez realizada la fase de pruebas se debe procesar toda la información que se ha recolectado, presentarla de forma ordenada y comprensible intentando sacar conclusiones a partir de los datos verificando que el equipo cumpla con las especificaciones de rendimiento mediante y la recopilación de pruebas fiables.

### **3.3.6 Caracterización de la empresa**

Plasticaucho Industrial es una compañía de transformación, en actividades manufactureras afines con la producción, venta de calzado y productos de caucho, el inicio de las actividades de fabricación se remonta al año 1931 con su fundador Sr. José Cuesta Tapia esta desarrollo inicialmente sus actividades en la planta ubicada en Catiglata sin embargo, en la actualidad la planta principal radica en el parque industrial de la ciudad de Ambato donde se encuentran las oficinas administrativas y gran parte de los procesos productivos. Dentro de la empresa existen diversas plantas de producción: Mezclas Termoplásticas, Calzado Cuero, Lona Clásico, Prefabricados Lona, Plástico, Relax, Mezclas Termoplásticas e Industrias Diversas, con el pasar del tiempo la empresa se ha mantenido en constante avance y desarrollo, para lo cual se consolidó la marca VENUS la cual ha permitido expandir la comercialización de sus productos a gran



escala, logrando ser considerada una de las empresas más importantes dentro de la región, cuyo objetivo es liderar el mercado nacional e internacional para de esta forma lograr satisfacer las necesidades de los clientes con bienes de calidad.

En la actualidad la empresa cuenta con la certificación de cumplimiento de los requisitos de la norma ISO 9001-2015, la cual hace referencia a las métricas de control de calidad dentro de cada etapa de producción por lo tanto, la utilización de maquinaria de última generación en sus procesos de fabricación, conjuntamente con mantenerse a la vanguardia de innovaciones tecnológicas les permite generar mejoras de manera continua con el fin de conseguir la mayor cantidad de producción en condiciones óptimas para la comercialización.

**Tabla 3-1: Ubicación Geográfica Plasticaucho Industrial**

Ubicación geográfica	
Planta 1: Catiglatá Panamericana Norte Km. 2 1/2	Planta 2: Parque Industrial Parque Industrial 4ta. Etapa Panamericana Norte Km. 10
	

Fuente: (Google Maps, 2023)

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C., 2023

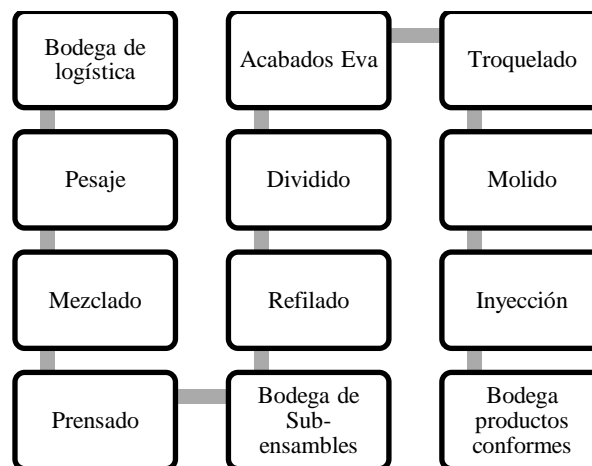
### 3.3.6.1 Descripción de la Planta de Industrias Diversas

La planta de Industrias Diversas fue creada en el 2018, junto con el desarrollo industrial de la ciudad y del país, gracias a que la demanda de producción en este ámbito en los últimos años es creciente en lo referente a clientes internos y externos, por lo cual dicha planta cuenta con diversas líneas de producción que se encargan de diseñar, producir y comercializar gran variedad de productos como accesorios para autos, insumos de calzado y material para manualidades.

El producto goma eva o foamy se encuentra dentro de la línea de producción de material para manualidades o actividades escolares, realizado con diferentes medidas, colores y espesor, se caracteriza por ser moldeable y ligero además de contar con una secuencia de procesos con un sin número de variables que, de no encontrarse dentro de especificaciones, generan una falla en la efectividad del proceso. Esta provee de materiales a los procesos en las demás plantas de la empresa y cuenta con dos líneas de producción las cuales son: caucho y EVA. La línea Eva produce materiales para manualidades y educación. La línea de cauchos produce materiales utilizados en calzado, accesorios para vehículos y pisos como guardabarros y alfombras.

### **Puestos de trabajo en la Planta de Industrias Diversas**

La planta de Industrias Diversas posee una variedad de líneas de producción a continuación se realiza un breve análisis de cada una de ellas para lograr identificar las técnicas que se emplean en la fabricación de cada producto, esta planta cuenta con diferentes áreas de trabajo para cada producto (eva, caucho), las cuales poseen diferentes características tales como maquinaria, tiempos de fabricación, cantidad de operadores, área de trabajo y recursos, así tenemos:



**Ilustración 3-2:** Estaciones Generales Planta Industrias Diversas.

**Fuente:** (Plasticaucho Industrial, 2023, p. 2)

**Realizado por:** Lasluisa D., Lozada C.,2023

En la ilustración 3-2 se observa algunas de las áreas relevantes dentro del proceso de fabricación de eva y caucho por lo cual se mencionan de forma general sin portar características específicas, para el desarrollo del trabajo de investigación se analizará únicamente la línea de producción de evaflex, sin embargo, se expondrá la gama de productos global que oferta la planta de Industrias Diversas.

## Catálogo de productos de la Planta de Industria Diversas

**Tabla 3-2:** Productos Línea Industrias Diversas (Accesorios para autos)

Láminas Guardabarros Negra	Láminas Guardabarros Blanca	Dakkar Alfombras delantera para autos negra
		
Dakkar Alfombras delantera para autos gris	Dakkar Alfombras delantera para autos negra	Dakkar Alfombras delantera para autos gris
		
Dakkar Alfombras delantera para autos café	Dakkar Alfombras posterior para autos negra	Dakkar Alfombras posterior para autos gris
		
Dakkar Alfombras posterior para autos gris	Dakkar Alfombras posterior para autos negra	Dakkar Alfombras posterior para autos café
		

Fuente: (Plasticaucho Industrial, 2023, p. 1)

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C., 2023



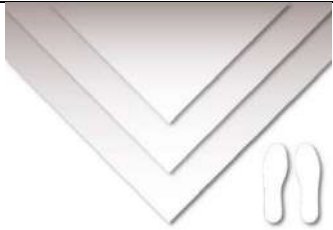






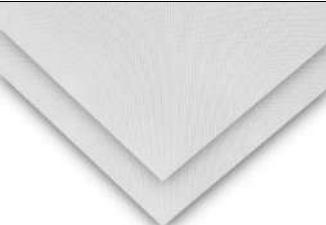


**Tabla 3-3:** Productos Línea Industrias Diversas (Guardabarros)




Guardabarros Auto Negro Pequeño	Guardabarros Cami Negro
	

Fuente: (Plasticaucho Industrial, 2023, p. 1)

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

**Tabla 3-4:** Productos Línea Industrias Diversas (Insumos Calzado)



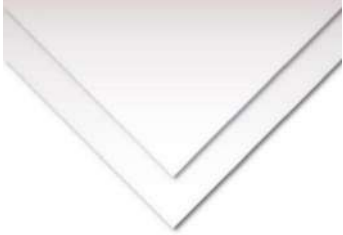
<p><b>Plantilla ARM</b></p> 	<p><b>Eva Plantilla Negro</b></p> 	<p><b>Eva Plantilla Blanco</b></p> 
<p><b>Caucho Flexible Corrugado Negro</b></p>	<p><b>Caucho Flexible Crudo</b></p>	<p><b>Caucho Flexible Crudo Negro</b></p>
		
<p><b>Caucho Flexible Círculos</b></p>	<p><b>Caucho Flexible Círculos Negro</b></p>	<p><b>EVA PLG Negro</b></p>
		
<p><b>EVA PLG Blanco</b></p>	<p><b>EVA Relleno</b></p>	<p><b>EVA Sandalia</b></p>
		

Neolite Negro	Neolite Blanco	Suela TRA VIR OXF Negra
		

**Fuente:** (Plasticaucho Industrial, 2023, p. 1)

**Realizado por:** Lasluisa D., Lozada C.,2023

**Tabla 3-5:** Productos Línea Industrias Diversas (Manualidades)

Foamy	Foamy Diseño
	
EVA Empaques blanco	
	

**Fuente:** (Plasticaucho Industrial, 2023, p. 1)

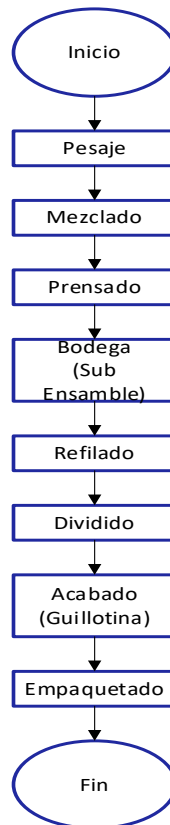
**Realizado por:** Lasluisa D., Lozada C.,2023

### 3.3.6.2 Descripción del Proceso de producción de eva

El foamy es uno de los productos líder en la línea de Industrias Diversas, gracias a la variedad de campos donde se emplea, por esto se ha buscado varios métodos para obtener un cumplimiento estandarizado de sus procesos mediante la aplicación de máquinas acorde a la necesidad de cada tipo de producto, por lo cual se emplean, nuevas técnicas como la automatización y utilización de componentes electrónicos, es por esto que en la fabricación de planchas de eva en la cual se emplea una divididora continua, la cual está diseñada para dividir la materia prima a diferentes medidas en función de las necesidades requeridas, entre otras especificaciones técnicas.

Es importante recalcar que en esta etapa se busca sintetizar el contexto, alcance y objetivo del análisis inicial, delimitando el estudio a la línea de producción de láminas eva perteneciente a la

Planta de Industrias Diversas, por tanto, se pretende proporcionar una comprensión clara y detallada de cómo se lleva a cabo la fabricación de dicho producto, ilustración 3-3.



**Ilustración 3-3:** Estaciones de producción para evaflex




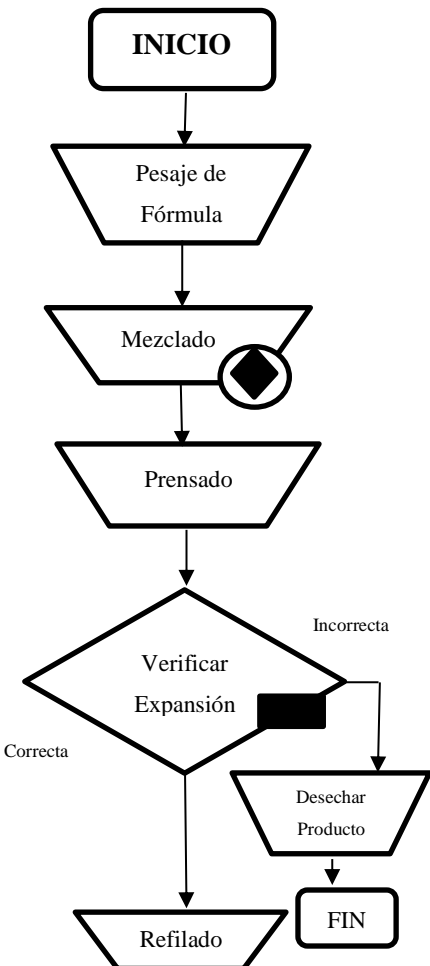





**Fuente:** (Plasticaucho Industrial, 2023, p. 2)


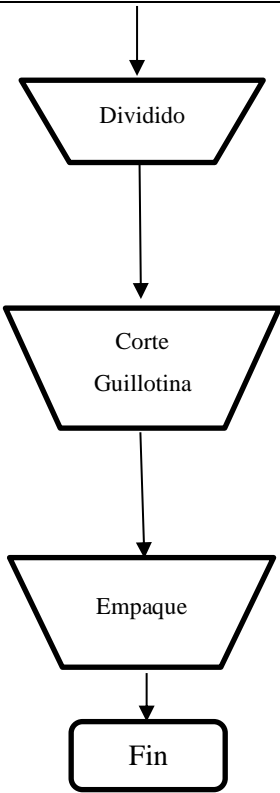

**Realizado por:** Lasluisa D., Lozada C.,2023

- **Sub-ensambles.** Para comenzar con la fabricación del material eva existe diferentes etapas como el homogenizado, calandrado y dividido.
- **Bodega Sub-ensambles.** Dentro de esta área se almacenan la materia prima a espera de pasar a la etapa de corte según el formato que corresponda.
- **Refilado.** En esta etapa se secciona cada sub-ensamble según el formato solicitado obteniendo como resulta una cantidad determinada de planchas
- **Dividido.** Este proceso consiste en el dividido de cada plancha según el calibre especificado en el pedido en base al espesor deseado.
- **Corte Guillotina.** En esta área se otorga dimensiones precisas mediante el corte de cada lamina según formato.

- **Empaquetado.** Con las medidas correctas el producto final es revisado de manera visual para comprobar la inexistencia de irregularidades en la superficie y de esta forma continuar con el proceso de sellado y empaquetado de producto.

**Tabla 3-6:** Diagrama de Flujo para Material Evaflex

		<b>Industrias Diversas</b>	
<b>Flujograma:</b>		Proceso de Producción Sección EVA	
<b>Elaborado por:</b>		Lasluisa Doménica, Lozada Christian	
<b>Código:</b>	FM-01	<b>Fecha de Realización:</b>	20/04/2023
Riesgos	Actividad / Procesos	Descripción	
 		<b>Pasos:</b> -Verificar hoja formulación de producto -Encerar Balanzas -Pesar Productos -Enviar por detector de metal y etiquetar -Transportar productos hacia viscera	
		<b>Pasos:</b> -Cargar el producto en mezcladora y continuar proceso en homogenizado, calandra, enfriamiento, corte.	
  	<b>Pasos:</b> -Tomar producto en percha de almacenamiento y transportar hacia balanza -Pesar material correctamente de acuerdo con la capacidad del molde de la máquina. -Transportar y ubicar en moldes de la máquina. -Retirar producto de los moldes y ubicar en área de enfriamiento.		
	<b>Pasos:</b> -Tomar planchas y ubicar sobre la máquina -Realizar el corte de acuerdo con el formato requerido		

	 <pre> graph TD     Start(( )) --&gt; Dividido[Dividido]     Dividido --&gt; Corte[Corte Guillotina]     Corte --&gt; Empaque[Empaque]     Empaque --&gt; Fin[Fin]   </pre>	<p><b>Pasos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Setear máquina de acuerdo con el calibre solicitado</li> <li>-Enviar en la máquina uno a uno cada sub-ensamble.</li> <li>Revisar la superficie del producto y clasificar</li> </ul>
		<p><b>Pasos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Programar en la máquina medidas específicas.</li> <li>-Cargar producto apilado de acuerdo con la necesidad de producto terminado</li> </ul>
<p>N/A</p>		<p><b>Pasos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Colocar protector funda en máquina selladora</li> <li>-Apilar producto sellado en cartones, cada cartón contiene 20 paquetes de 121 unidades c/u.</li> </ul>

**Fuente:** (Plasticaucho Industrial, 2023, p. 1)

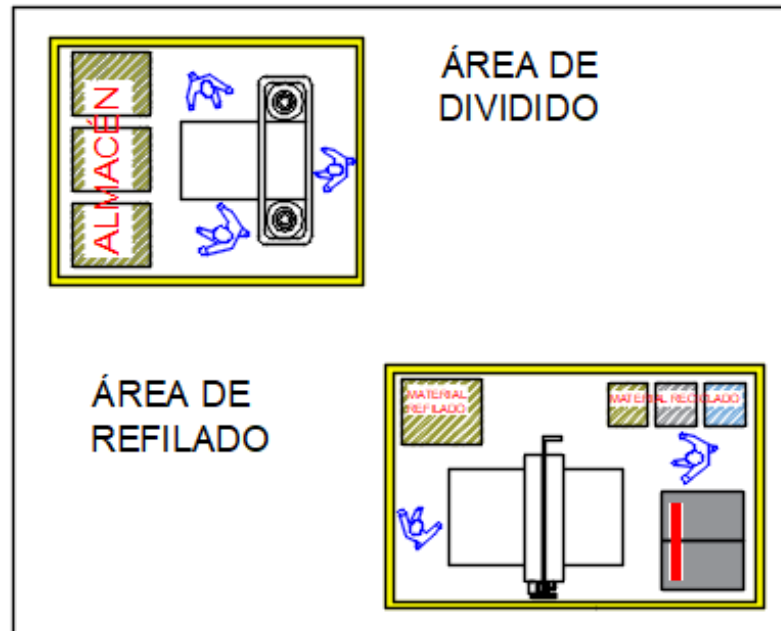
**Realizado por:** Lasluisa D., Lozada C.,2023

### 3.3.6.3 Determinación de las etapas de estudio

La identificación de las áreas que generan desperdicios o retrasos dentro del proceso de producción para láminas de eva es crucial ya que permite conocer las falencias existentes y determinar bajo un punto de vista técnico medidas correctivas, como la optimización de procesos, la cantidad de operarios o la adopción de nuevas tecnologías, los datos obtenidos en el estudio serán considerados dentro de la construcción del prototipo con el fin de mejorar la calidad del producto y aumentar la productividad dentro del proceso.

En el presente estudio se consideró únicamente dos estaciones las cuales generan un cuello de botella (desperdicios de materias prima, exceso de tiempo por operación), dichas áreas son: Refilado y Dividido, como se muestra en la ilustración 3-4.





**Ilustración 3-4:** Layout de áreas de estudio  
 Realizado por: Lalsuisa D., Lozada C.,2023

### 3.4 Estudio de la Situación Actual (Áreas refilado y dividido)

Con el fin de obtener una visión detallada del rendimiento, fortalezas, debilidades, oportunidades y desafíos dentro de cada área se realiza un análisis exhaustivo para identificar puntos de mejora y optimización además de establecer objetivos realistas para la posterior construcción de prototipo.

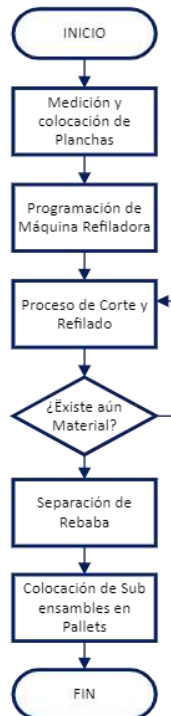
#### 3.4.1 Análisis de tiempos

En relación con la información expuesta anteriormente se procede a realizar un estudio de tiempos del proceso actual dentro de la plata para fabricación de láminas de evaflex, para este caso se implementó la lectura de datos mediante la regresión lineal con unidades de tiempo en segundos.

A continuación, se detalla los tiempos de refilado y dividido para el formato seleccionado del producto evaflex, dentro de esta línea de producción se realizan diversas operaciones las cuales están descritas dentro del ANEXO A, donde se enumera y define cada una de ellas de forma secuencial, del mismo modo se menciona la distancia recorrida entre estaciones de ser el caso. Una vez cronometrado el tiempo de cada actividad, se procede a tabular los datos dentro del casillero correspondiente.

### 3.4.1.1 Área de Refilado de Evaflex

El área de Refilado trabaja la materia prima tratando que una vez culminada la operación este porte las características necesarias (medidas estándar) para poder continuar con el proceso de fabricación, ilustración 3-5. Para el estudio se evaluaron 7 actividades con 10 muestras con el fin de determinar el tiempo promedio y tiempo estándar en la situación inicial, dentro de esta área genera una pequeña merma de materia prima correspondiente a las sobrantes posteriores al corte.



**Ilustración 3-5:** Diagrama de Flujo para Área de Refilado  
**Realizado por:** Lasluisa D., Lozada C.,2023


En primer lugar, en la tabla 3-7 se especifican los parámetros a considerar según sea el caso ya que, dentro del estudio se analizará el mismo proceso realizado en diferentes máquinas, bajo distintas condiciones así se tiene:

**Tabla 3-7:** Datos Refilado

<b>PLASTICAUCHO INDUSTRIAL</b>	
<b>Línea de Producción para Eva</b>	
<b>Área de Refilado</b>	
<b>PLANTA PARQUE INDUSTRIAL</b>	
<b>Cantidad de Operarios:</b>	2
<b>Formato:</b>	60x90
<b>Número de ciclos a estudiar:</b>	10
<b>Tipo de Operación:</b>	Hombre-Máquina
<b>Maquinaria:</b>	Refiladora

**Realizado por:** Lasluisa D., Lozada C.,2023

**Tabla 3-8:** Toma de Tiempos Área de Refilado

		INDUSTRIAS DIVERSAS											<b>LECTURA EN SEGUNDOS</b>	
		SECCIÓN EVA												
		PRODUCTO: FM-01					MÁQUINAS: Refiladora							
													Fecha de elaboración: 20/04/2023	
N.º	Op.	OBSERVACIONES										Total	T. Medio	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	A	45,01	44,15	45,25	44,12	45,26	45,59	45,45	45,14	45,01	45,12	450,1	45	
2	B	10,05	10,15	10,13	10,10	10,15	10,16	10,12	10,08	10,02	10,10	101,24	10	
3	C	8,25	8,13	8,20	8,31	8,25	8,40	8,10	8,15	8,16	8,25	82,2	8	
4	D	42,15	41,95	42,25	42,15	42,15	42,25	42,15	42,15	42,15	42,16	421,52	42	
5	E	9,15	9,16	9,18	9,18	9,20	9,21	9,15	9,16	9,20	9,15	91,74	9	
6	F	40,15	40,18	40,15	40,36	40,15	40,20	40,15	40,22	40,36	40,15	402,07	40	
7	G	30,16	30,63	30,05	30,14	30,25	30,06	30,04	30,09	30,10	30,16	301,6	30	

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C., 2023

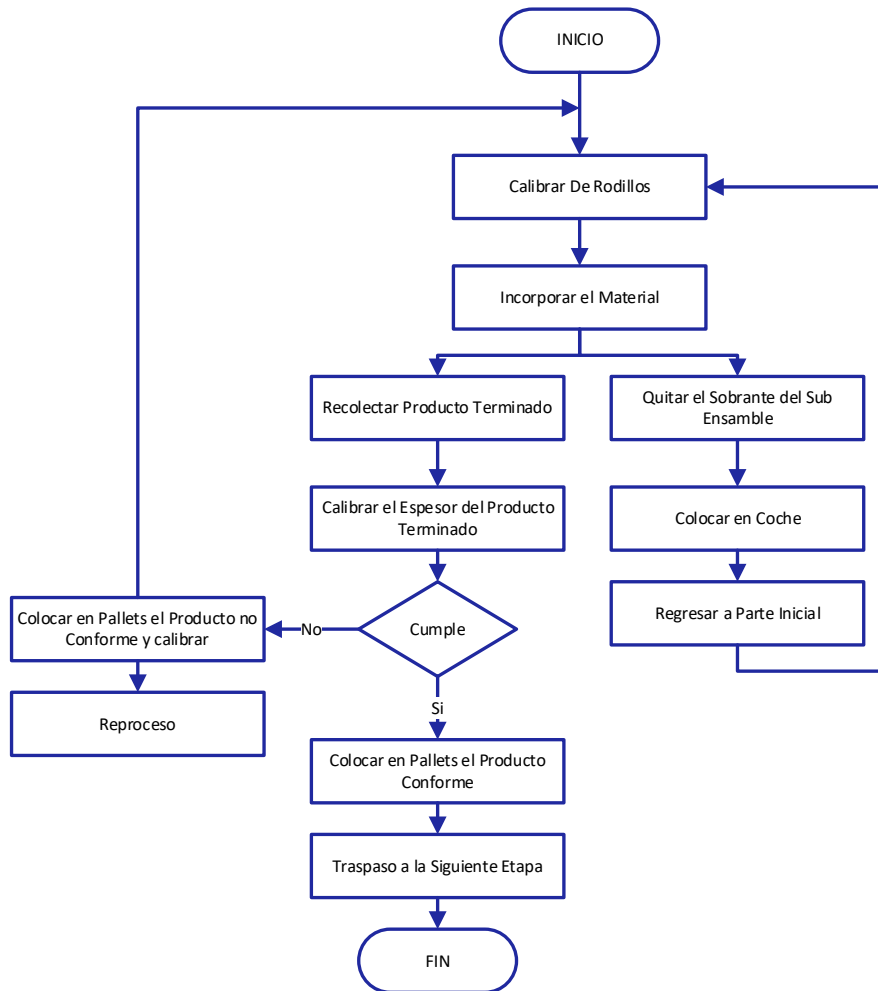
En el estudio realizado dentro del área de Refilado para el producto FM-01 se obtuvo un promedio de tiempo por cada actividad con el fin de comprobar si dentro de esta etapa pudiese existir un cuello de botella, evaluando las actividades realizadas de forma manual, así como el tiempo de máquina se consiguió un tiempo promedio observado de 3.07 minutos.

#### 3.4.1.2 Área de Dividido (Planta Parque Industrial)

Para la etapa de dividido se consideraron 12 operaciones empezando con el transporte de coches desde el área de refilado, siguiendo el proceso de dividido y finalizando con la colocación de materia prima en pallets. Dentro de este proceso se requieren tres operarios el operador 1 controla y calibra el espesor en cada plancha además de colocar las veces necesarias el material a ser dividido, el operador 2 se encarga del control de la calidad por lámina finalmente, el operador 3 ubica las planchas sobre coches para continuar con la secuencia del proceso.

En esta fase existen diversos factores que pueden variar la toma de datos por tanto para el estudio de tiempo del área de dividido se consideró únicamente la toma de 10 muestras para el formato de 60x90 esto debido a que la velocidad de transporte de los rodillos dependerá del material a ser dividido, así como de características como el largo y ancho del mismo.

La ilustración 3-6 muestra el diagrama de flujo del proceso del área de dividido dentro de la empresa.



**Ilustración 3-6:** Diagrama de Flujo para Área de Dividido (Parque Industrial)  
 Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023


En la tabla 3-9 se especifican los parámetros a considerar según sea el caso ya que, dentro del estudio se analizará el mismo proceso realizado en diferentes máquinas, bajo distintas condiciones así se tiene:

**Tabla 3-9:** Datos Dividido (Planta Parque Industrial)

PLASTICAUCHO INDUSTRIAL	
Línea de Producción para Eva	
Área de Dividido	
PLANTA PARQUE INDUSTRIAL	
Cantidad de Operarios:	3
Formato:	60x90
Número de ciclos a estudiar:	10
Tipo de Operación:	Hombre-Máquina
Maquinaria:	Divididora TS10

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

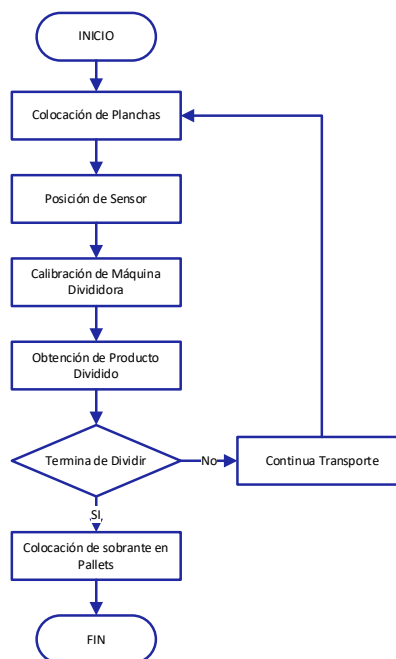
**Tabla 3-10:** Toma de Tiempos Área de Dividido (Planta Parque Industrial)

		INDUSTRIAS DIVERSAS											Total	T. Medio
		SECCIÓN EVA												
		PRODUCTO: FM-01					MÁQUINAS: Divididora TS10							
													Fecha de elaboración: 20/04/2023	
LECTURA EN SEGUNDOS														
N.º	Op.	OBSERVACIONES										Total	T. Medio	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	A	36	35,56	36,01	36,05	36	36,01	36,06	36,08	36,01	36,10	359,8	36	
2	B	29,89	30	30,01	30,2	30,36	30,1	30,01	29,89	29,96	29,90	300,32	30	
3	C	66,01	66	66,05	66,07	66,10	66,12	66,05	66,03	66,01	66,01	660,45	66	
4	D	566,2	566,1	566,1	566,1	566	566	566	566	566	566	5660,8	566	
5	E	182,4	182,1	182,1	182,1	182	182,17	182,4	182,3	182,1	182,4	1822,4	182	
6	F	92,4	92,1	92,14	92,20	92,34	92,4	92,41	92,38	92,40	92,45	923,2	92	
7	G	90	89,90	89,98	90,01	90	90,03	90,02	90,08	90,03	90	900,05	90	
8	H	29,90	29,95	29,90	30	30,01	30	30,02	30,05	30,01	30	359,8	30	
9	I	36,02	36	36,02	35,98	36	36,01	36,05	35,98	35,99	36	360,1	36	
10	J	29,98	29,87	30,01	30	30,02	30,01	30	30,03	30	30,01	299,9	30	
11	K	2506	2507	2506	2507	2507	2506	2506	2506	2506	2506	25069,5	2507	
12	L	24,89	24,90	25	25,02	25,01	25	25,07	25,01	25	25,02	249,92	25	

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Con la obtención de datos dentro del área en la tabla 3-10 se identificó la existencia de un cuello de botella dentro del proceso al momento del dividido y clasificación del material obteniendo un tiempo promedio de 41 minutos lo cual muestra un retraso en la línea de producción debido a que el dividido es realizado de manera individual y no continua.

### 3.4.1.3 Área de Dividido (Planta Catiglata)



**Ilustración 3-7:** Diagrama de Flujo para Área de Dividido (Catiglata)

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

La máquina donde se realizó la prueba piloto está diseñada para trabajar de manera continua con la utilización de rollos, sin embargo, para la toma de datos se propone el uso de esta con la aplicación de planchas, adicional a esto el ajuste de la velocidad de la banda mientras se conseguía el calibre deseado, y la adecuación en la recepción de la materia prima dividida mediante el uso de técnicas empíricas con la colocación de un elemento de acople sobre la máquina, por lo cual se procede a evaluar el funcionamiento de cada actividad con la ayuda de las modificaciones realizadas para obtener métricas adecuadas e incrementar la seguridad de los datos recolectados durante el registro de información.

Para la realización la toma de datos se necesitó de 6 operarios, para ejecutar el proceso de dividido por planchas por lo cual el operario 1 y operario 2 ubicados en el extremo derecho son los encargados de colocar las planchas dentro de la banda transportadora, mientras que el operario 3 y operario 4 están a cargo de la ubicación del material y control de calidad adicional a esto el operario 4 controla el correcto espesor y calibre de cada plancha finalmente el operario 5 y operario 6 se ubican en el extremo izquierdo con el fin de poder guiar las planchas para poder continuar con el proceso. Cabe recalcar que, dentro de la prueba para la aleatorización de los datos se optó por alternar a cada operario en un puesto de trabajo según las actividades solicitadas por el mismo, ya que en el desarrollo de ensayos se presentaron varios inconvenientes como la altura y fuerza del operario para lograr girar el subensamble al llegar al extremo derecho de la máquina, entre otros, obteniendo datos idóneos que puedan ser comparados con la situación actual en las diferentes estaciones evaluadas dentro de la recolección de información de estado inicial.


Se especifican los parámetros a considerar según sea el caso ya que, dentro del estudio se analizará el mismo proceso realizado en diferentes máquinas, bajo distintas condiciones de trabajo así en la tabla 3-11 se tiene:

**Tabla 3-11:** Datos Dividido (Planta Catiglata)

<b>PLASTICAUCHO INDUSTRIAL</b>	
<b>Línea de Producción para Eva</b>	
<b>Área de Dividido</b>	
<b>PLANTA CATIGLATA</b>	
<b>Cantidad de Operarios:</b>	6
<b>Formato:</b>	60x90
<b>Número de ciclos a estudiar:</b>	10
<b>Tipo de Operación:</b>	Hombre-Máquina
<b>Maquinaria:</b>	Divididora TS10

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

**Tabla 3-12:** Toma de Tiempos Área de Dividido (Planta Catiglata)

		INDUSTRIAS DIVERSAS											
		SECCIÓN EVA											
		PRODUCTO: FM-01						MÁQUINAS: Divididora TS8					
LECTURA EN SEGUNDOS													
N.º	Op.	OBSERVACIONES										Total	T. Medio
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	A	15,17	15,10	15,09	15,15	15,14	15,10	15,14	15,17	15,15	15,15	151,36	15
2	B	12,11	12,10	12,14	12,11	12,11	12,12	12,11	12,11	12,14	12,13	121,18	12
3	C	9,45	9,44	9,44	9,40	9,46	9,45	9,45	9,45	9,42	9,44	94,4	9
4	D	18,47	18,40	18,45	18,45	18,40	18,47	18,45	18,40	18,45	18,47	184,41	18
5	E	16,10	16,14	16,14	16,14	16,10	16,14	16,15	16,14	16,15	16,14	161,34	16
6	F	12,09	12,11	12,10	12,12	12,11	12,11	12,14	12,11	12,11	12,10	121,1	12
7	G	8,11	8,17	8,17	8,15	8,10	8,15	8,17	8,17	8,17	8,17	81,53	8
8	H	4,10	4,11	4,11	4,11	4,12	4,12	4,12	4,10	4,10	4,12	41,11	4
9	I	10,19	10,16	10,18	10,17	10,19	10,19	10,19	10,18	10,19	10,18	101,82	10
10	J	13,58	13,56	13,56	13,56	13,56	13,50	13,52	13,56	13,56	13,56	135,52	14
11	K	99,14	99,15	99,15	99,16	99,15	99,14	99,14	99,15	99,15	99,14	991,5	99,15

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C., 2023

Para el análisis dentro de esta etapa se presentaron inconvenientes que provocaron el incremento del tiempo por operación, debido a que gran parte del proceso se realizó con ayuda de un operario lo que dificultó que el proceso fluya de forma automática a una velocidad regular.

Como se observa en la tabla 3-12 existen una serie de actividades que presentan un uso excesivo de tiempo lo cual podría significar un posible desperdicio de recursos así también un retraso significativo en el tiempo total del proceso además el lote de producción actual no es igual al lote estudiado dentro de la planta anterior para lo cual se ajustarán los datos en cálculos futuros. En principio, no se mencionó dentro de las operaciones la logística utilizada para el transporte de las planchas hacia la planta a pesar de esto dicha actividad también representa la implementación de recursos extra para poder cumplir con la producción requerida.

### 3.4.2 Estandarización de procesos

Durante esta etapa se busca establecer procedimientos y métodos estandarizados, que sirvan de guía dentro del proceso de construcción de la máquina divididora a escala de Evaflex, para este estudio se considera cada actividad realizada por el operario, máquina y en conjunto, además del tiempo total, tiempo medio, tiempo normal del proceso, tiempo ciclo y tiempo estándar revisar ANEXO B para especificaciones de cálculos y datos. Para el cálculo del tiempo normal del proceso se consideró el sistema Westinghouse, tabla 3-13, el cual evalúa cuatro factores para calificar al operario asignando a cada uno un valor numérico estos factores son: Habilidad, Esfuerzo, Condiciones, Consistencia. Para este se utiliza las fórmulas detalladas a continuación:

**Tabla 3-13:** Sistema Westinghouse

HABILIDAD			ESFUERZO		
+0,15	A1	Extrema	+0,13	A1	Excesivo
+0,13	A2	Extrema	+0,12	A2	Excesivo
+0,11	B1	Excelente	+0,10	B1	Excelente
+0,08	B2	Excelente	+0,08	B2	Excelente
+0,06	C1	Buena	+0,05	C1	Bueno
+0,03	C2	Buena	+0,02	C2	Bueno
0,00	D	Regular	0,00	D	Regular
-0,05	E1	Aceptable	-0,04	E1	Aceptable
-0,10	E2	Aceptable	-0,08	E2	Aceptable
-0,16	F1	Deficiente	-0,12	F1	Deficiente
-0,22	F2	Deficiente	-0,17	F2	Deficiente
CONDICIONES			CONSISTENCIA		
+0,06	A	Ideales	+0,04	A	Perfecta
+0,04	B	Excelente	+0,03	B	Excelente
+0,02	C	Buenas	+0,01	C	Buena
0,00	D	Regulares	0,00	D	Regular
-0,03	E	Aceptables	-0,02	E	Aceptable
-0,07	F	Deficientes	-0,04	F	Deficiente

Fuente: (Jiménez L., 2019, p. 22)

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C., 2023

$$F. Calf = 1 + c \quad (15)$$

$c$  = Factor de desempeño del operario

En cuanto nos referimos al cálculo del tiempo estándar se aplicó el valor por suplementos dentro del proceso de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), este parámetro engloba el tiempo asignado al trabajador para compensar los retrasos, paros y posibles demoras que se presenten dentro del proceso.

Para este caso el tiempo por suplementos será evaluado de manera individual ya que las condiciones de trabajo varían entre sí tal como el número de operarios, la maquinaria utilizada, y las operaciones que se desarrollan dentro de las mismas sobre todo, se busca identificar los puntos de estancamiento y las áreas de ineficiencia, con el propósito de implementar estrategias dentro de la construcción del prototipo para agilizar la producción, aumentar la capacidad y mejorar la calidad del producto.



1. SUPLEMENTOS CONSTANTES					
	Hombres		Mujeres		
<b>A. Suplemento por necesidades personales</b>	5	7			
<b>B. Suplemento base por fatiga</b>	4	4			
2. SUPLEMENTOS VARIABLES					
	Hombres		Mujeres		
<b>A. Suplemento por trabajar de pie</b>	2	4	4		45
<b>B. Suplemento por postura anormal</b>			2		100
Ligeramente incómoda	0	1			
incómoda (inclinado)	2	3			
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7			
<b>C. Uso de fuerza/energía muscular (Levantar, tirar, empujar)</b>					
Peso levantado [kg]					
2,5	0	1			
5	1	2			
10	3	4			
25	9	20			
35,5	22	máx			
<b>D. Mala iluminación</b>					
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0			
Bastante por debajo	2	2			
Absolutamente insuficiente	5	5			
<b>E. Condiciones atmosféricas</b>					
Índice de enfriamiento Kata					
16		0			
8		10			
<b>F. Concentración intensa</b>					
Trabajos de cierta precisión			0	0	
Trabajos precisos o fatigosos			2	2	
Trabajos de gran precisión o muy fatigosos			5	5	
<b>G. Ruido</b>					
Continuo			0	0	
Intermitente y fuerte			2	2	
Intermitente y muy fuerte			5	5	
Estridente y fuerte					
<b>H. Tensión mental</b>					
Proceso bastante complejo			1	1	
Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos			4	4	
Muy complejo			8	8	
<b>I. Monotonía</b>					
Trabajo algo monótono			0	0	
Trabajo bastante monótono			1	1	
Trabajo muy monótono			4	4	
<b>J. Tedio</b>					
Trabajo algo aburrido			0	0	
Trabajo bastante aburrido			2	1	
Trabajo muy aburrido			5	2	

**Ilustración 3-8:** Tiempo de Suplementos

Fuente: (OIT, 2023, p. 1)

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

### 3.4.2.1 Estandarización de proceso en el refilado

En base a las actividades evaluadas dentro de esta etapa en las tablas 3-14 y 3-15 se obtuvo:

**Tabla 3-14:** Ponderación Sistema Westinghouse Área de Refilado

FACTOR	CALIFICACIÓN	VALOR
<b>Habilidad</b>	A1	+0,15
<b>Esfuerzo</b>	B1	+0,10
<b>Condiciones</b>	A	+0,06
<b>Consistencia</b>	A	+0,04
<b>SUMA ATIRMETICA (c)</b>	0,35	1,35
<b>Factor de Calificación</b>	35%	

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

**Tabla 3-15:** Ponderación para Suplementos Área de Refilado

1. SUPLEMENTOS CONSTANTES	VALORES
a) Suplemento por necesidades personales	5
b) Suplemento base por fatiga	4
2. SUPLEMENTOS VARIABLES	

a) Suplemento por trabajar de pie	2
b) Suplemento por postura anormal	0
c) Uso de fuerza/energía muscular	3
d) Mala iluminación:	0
e) Condiciones atmosféricas	0
f) Concentración intensa	0
g) Ruido	0
h) Tensión mental	1
i) Monotonía	1
j) Tedio	0
<b>SUMA TOTAL</b>	<b>16</b>
16%	

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

### 3.4.2.2 Estandarización de proceso en el dividido (Parque Industrial)

En base a las actividades evaluadas dentro de esta etapa, en la tabla 3-16 y 3-17 se obtuvo:

**Tabla 3-16:** Ponderación Sistema Westinghouse Área Dividido

FACTOR	CALIFICACIÓN	VALOR
Habilidad	C2	+0,03
Esfuerzo	B1	+0,10
Condiciones	D	0,00
Consistencia	D	0,00
<b>SUMA ATIRMETICA (c)</b>	0,13	1,13
<b>Factor de Calificación</b>	13%	

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

**Tabla 3-17:** Ponderación para Suplementos Área de Dividido

1. SUPLEMENTOS CONSTANTES	VALORES
a) Suplemento por necesidades personales	5
b) Suplemento base por fatiga	4
<b>2. SUPLEMENTOS VARIABLES</b>	
a) Suplemento por trabajar de pie	2
b) Suplemento por postura anormal	7
c) Uso de fuerza/energía muscular	9
d) Mala iluminación:	0
e) Condiciones atmosféricas	0

f) Concentración intensa	2
g) Ruido	0
h) Tensión mental	1
i) Monotonía	1
j) Tedio	0
<b>SUMA TOTAL</b>	31
31%	

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

### 3.4.2.3 Estandarización de proceso en el dividido (Catiglata)

En base a las actividades evaluadas dentro de esta etapa en las tablas 3-18 y 3-19 se obtuvo:

**Tabla 3-18:** Ponderación Sistema Westinghouse Área Dividido

FACTOR	CALIFICACIÓN	VALOR
Habilidad	A1	+0,15
Esfuerzo	B1	+0,10
Condiciones	A	+0,06
Consistencia	A	+0,04
<b>SUMA ATIRMETICA (c)</b>	0,35	1,35
<b>Factor de Calificación</b>	35%	

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

**Tabla 3-19:** Ponderación para Suplementos Área de Dividido

1. SUPLEMENTOS CONSTANTES	VALORES
a) Suplemento por necesidades personales	5
b) Suplemento base por fatiga	4
<b>2. SUPLEMENTOS VARIABLES</b>	
a) Suplemento por trabajar de pie	2
b) Suplemento por postura anormal	7
c) Uso de fuerza/energía muscular	9
d) Mala iluminación:	0
e) Condiciones atmosféricas	0
f) Concentración intensa	2
g) Ruido	0
h) Tensión mental	1
i) Monotonía	4

j) Tedio	0
<b>SUMA TOTAL</b>	34
34%	

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

**Tabla 3-20:** Resultados de Situación Actual

	Refilado	Dividido (P.I.) LOTE 28	Dividido (Catig.) LOTE 6	Dividido (Catig.) LOTE 28
T. Promedio (seg)	185,9	3690	218,52	1020
T. Normal (seg)	251	4170	276,66	1291
T. Estándar (seg)	291,2	4837	370,73	1727
T. Estándar (min)	4,85	80,61	6,17	28,78

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

### 3.4.3 Cálculo de métricas en la producción

#### 3.4.3.1 Área de Refilado (Demanda Mensual Real)

A partir del dato de la demanda mensual se calculó los kilogramos necesarios para alcanzar la cantidad planificada, en consideración que son 20 días laborables al mes por lo que la planta producirá en condiciones óptimas 1 122 láminas diarias.

$$225 \text{ subensambles} * 23,60 \text{ kg} = 5\,310 \frac{\text{kg necesarios}}{\text{mensuales}}$$

$$225 \text{ subensambles} / 4 \text{ semanas} = 57 \frac{\text{subensambles}}{\text{semanales}}$$

$$57 \frac{\text{subensambles}}{\text{semanales}} * 23,60 \text{ kg} = 1\,345,20 \frac{\text{kg necesarios}}{\text{semanales}}$$

$$225 \text{ subensambles} / 20 \text{ días} = 12 \frac{\text{subensambles}}{\text{diarias}}$$

$$12 \text{ subensambles} * 23,60 \text{ kg} = 283,20 \frac{\text{kg necesarios}}{\text{diarios}}$$

$$12 \text{ subensambles} / 8 \text{ horas} = 2 \frac{\text{subensambles}}{\text{horas}}$$

$$2 \frac{\text{subensambles}}{\text{horas}} * 23,60 \text{ kg} = 47,20 \frac{\text{kg necesarios}}{\text{horas}}$$

Asumiendo que, dentro de la empresa se producirá 85% de la capacidad de producción calculada anteriormente:

$$12 \text{ subensambles por día} \text{ --- } 100\%$$

$$X \text{ --- } 85 \%$$

$$X= 11 \text{ subensambles por día (259,60kg)}$$

El resultado reflejado del cálculo de capacidad de producción únicamente enmarca la fabricación del tipo de material eva 60x90 basados en una demanda mensual por lo que no indica la demanda global manejada dentro de la planta de Industrias Diversas.

### 3.4.3.2 Cálculo de métricas en la Producción de Dividido (Demanda Mensual Real)

A partir del dato de la demanda mensual se calculó los kilogramos necesarios para alcanzar la cantidad planificada, en consideración que son 20 días laborables al mes por lo que la planta producirá en condiciones óptimas 1 122 láminas diarias.

$$22\,440 \text{ láminas} * 0,4 \text{ kg} = 8\,976 \frac{\text{kg necesarios}}{\text{mensuales}}$$

$$22\,440 \text{ láminas} / 4 \text{ semanas} = 5\,610 \frac{\text{láminas}}{\text{semanales}}$$

$$5\,610 \frac{\text{láminas}}{\text{semanales}} * 0,4 \text{ kg} = 2\,244 \frac{\text{kg necesarios}}{\text{semanales}}$$

$$22\,440 \text{ láminas} / 20 \text{ días} = 1\,122 \frac{\text{láminas}}{\text{diarias}}$$

$$1\,122 \text{ láminas} * 0,4 \text{ kg} = 448,80 \frac{\text{kg necesarios}}{\text{diarios}}$$

$$1\,122 \text{ láminas} / 8 \text{ horas} = 141 \frac{\text{láminas}}{\text{horas}}$$

$$141 \frac{\text{láminas}}{\text{horas}} * 0,4 \text{ kg} = 56,40 \frac{\text{kg necesarios}}{\text{horas}}$$

Asumiendo que, dentro de la empresa se producirá 85% de la capacidad de producción calculada anteriormente:

$$1\,122 \text{ láminas por día} \text{ --- } 100\%$$

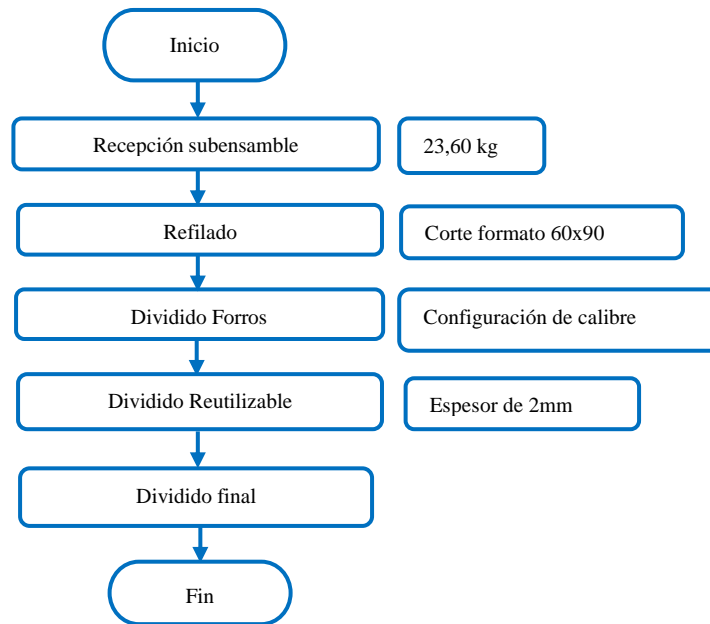
$$X \text{ --- } 85 \%$$

$$X=954 \text{ láminas por día (101,60 kg)}$$

Al conocer con precisión la capacidad de producción dentro de la planta en base la demanda real de un mes, se puede identificar oportunidades de mejorar para: la eficiencia, reducir desperdicios y optimizar recursos. Además, este cálculo proporciona una base sólida que brinda la oportunidad

de realizar ajustes en el diseño y la construcción del prototipo con el fin de lograr un producto final más eficiente y efectivo.

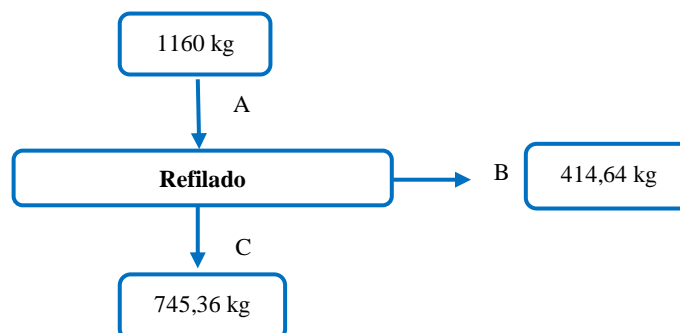
### 3.4.4 Cálculo de Rendimiento en base al balance de masa



**Ilustración 3-9:** Diagrama de Flujo Producción por láminas  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

La ilustración 3-9 muestra el diagrama de producción del material por laminas, para la práctica el material obtenido del proceso de dividido en lo referente a forros y reutilizable no serán considerados como merma de la producción ya que serán reprocesados.

#### 3.4.4.1 Área de Refilado



**Ilustración 3-10:** Diagrama de Ingreso y Salida de Materia Prima  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

$$E = S$$

$$A - B = C$$

$$1160 \text{ kg} - 414,64 \text{ kg} = 745,36 \text{ kg}$$

$$745,36 \text{ kg} = 745,36 \text{ kg}$$

A= Representa el flujo de ingreso de la materia prima a refilar.

B=Representa la merma de producción después del proceso de corte.

C=Representa la cantidad de materia a utilizar en el proceso de dividido.

**Tabla 3-21:** Rendimiento Área de Refilado

Muestra	Peso Inicial	Peso Final	Rendimiento
1	1160 Kg	745,36 Kg	64,26%

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Cálculo demostrativo para la obtención del rendimiento:

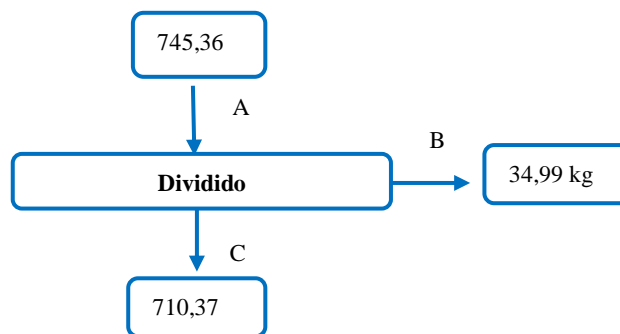
$$\%Rendimiento = \frac{Peso \text{ Final}}{Peso \text{ Inicial}} * 100 \quad (16)$$

$$\%Rendimiento = \frac{745,36Kg}{1160Kg} * 100$$

$$\%Rendimiento = 64,26\%$$

De acuerdo con el análisis realizado al balance de masas, tabla 3-21, se logra determinar el rendimiento de la materia prima en dicho proceso el cual corresponde al 64,26%, lo que significa que después del refilado se perdió el 35,74% del material.

#### 3.4.4.2 Área de Dividido



**Ilustración 3-11:** Diagrama de Ingreso y Salida de Materia Prima

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

$$E = S$$

$$A = B + C$$

$$745,36kg = 710,37 kg + 34,99 kg$$

$$745,36 kg = 745,36 kg$$

A= Representa el flujo de ingreso de la materia prima refilada.

B=Representa la merma de producción después del proceso de dividido.

C=Representa la cantidad de materia prima óptima.

Para esta operación se consideró únicamente el material dividido y apto para seguir a la etapa de corte con guillotina por tanto el peso final es de 605,40 kg considerando la disminución de 3 forros, 1 forro reutilizable, producto no conforme y residuo por planchas.

**Tabla 3-22:** Rendimiento Área de Dividido

Muestra	Peso Inicial	Peso Final	Rendimiento
1	745,36 Kg	605,40 Kg	81,22%

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Cálculo demostrativo para la obtención del rendimiento

$$\%Rendimiento = \frac{Peso\ Final}{Peso\ Inicial} * 100$$

$$\%Rendimiento = \frac{605,40\ Kg}{745,36Kg} * 100$$

$$\%Rendimiento = 81,22 \%$$

Finalizado el estudio, en la tabla 3-22, se obtuvo el rendimiento en el proceso de dividido con relación al peso que ingresa a la estación y al que sale como artículo terminado, teniendo en cuenta que a los forros obtenidos se los considera como producto bueno se obtiene un rendimiento del 81.22%.

Los porcentajes de rendimiento en la producción obtuvieron resultados significativos que muestran una eficiencia y eficacia satisfactorias en el proceso, sin embargo, aún existen oportunidades para mejorar y alcanzar un rendimiento más cercano al 100%. Al analizar las causas de las pérdidas o ineficiencias que llevan al 18.78% de desperdicio, se pueden implementar estrategias para eliminar o minimizar esos problemas.



### 3.4.5 Cálculo de Indicadores

Para el cálculo del Takt Time se hace empleo de la ecuación 17 en la que se considera el tiempo neto disponible con la demanda del cliente, lo calculado se muestra desde la tabla 3-23 a la 3-26.

$$TAKT\ TIME = \frac{\text{Tiempo neto disponible}}{\text{Demanda del cliente}} \quad (17)$$

**Tabla 3-23:** Consideraciones para cálculo de Takt Time Refilado

<b>REFILADO</b>	
<b>DATOS INICIALES</b>	
<b>Demanda mensual</b>	1122 planchas mensuales
<b>Días laborados</b>	20
<b>Día trabajo</b>	480 min/día
<b>Hora no productiva</b>	30
<b>Disponibilidad de la máquina</b>	70%
<b>Scrap</b>	10.54%
<b>Demanda real</b>	1240 planchas mensuales
<b>Demanda diaria</b>	62 planchas diarias
<b>Tiempo neto disponible</b>	315 minutos netos

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

**Tabla 3-24:** Takt Time Área de Refilado

<b>REFILADO</b>	
<b>TAKT TIME</b>	3,94 minutos disponibles por plancha
<b>TIEMPO DE PASO</b>	4,33 minutos para refilar un ensamble

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

**Tabla 3-25:** Consideraciones para cálculo de Takt Time Dividido

<b>DIVIDIDO</b>	
<b>DATOS INICIALES</b>	
<b>Demanda mensual</b>	22 440 planchas mensuales
<b>Días laborados</b>	20
<b>Día trabajo</b>	480 min/día
<b>Hora no productiva</b>	30
<b>Disponibilidad de la máquina</b>	85%
<b>Scrap</b>	10,54%
<b>Demanda real</b>	23562 planchas mensuales
<b>Demanda diaria</b>	1178,1 planchas diarias
<b>Tiempo neto disponible</b>	382,5 minutos netos

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

**Tabla 3-26:** Takt Área de Dividido

DIVIDIDO	
TAKT TIME	61.60 minutos disponibles por plancha
TIEMPO DE PASO	67,76 minutos para dividir un lote

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

### 3.5 *Diseño del prototipo a escala para una máquina divididora*

#### 3.5.1 *Requerimientos de desempeño del prototipo a escala*

El prototipo por construir debe cumplir con los siguientes parámetros de funcionamiento:

- Los mecanismos diseñados (acople de extremo) debe tener la capacidad de transportar el material de forma continua durante todo el proceso productivo.
- La velocidad de la banda debe ser proporcional a la velocidad del dividido siendo capaz de trabajar de forma continua con un tiempo mínimo de parada.
- La ubicación del material (planchas de eva) debe ir de manera ordenada y secuencial tratando de aprovechar al máximo el espacio a lo largo de la banda.
- El prototipo debe funcionar de forma semiautomática tratando de minimizar la utilización de mano de obra humana.
- La operación de dividir para cada plancha debe ser realizada mediante la calibración de rodillos.

#### 3.5.2 *Parámetros del diseño del sistema*

Una vez conocido el proceso de dividido y considerando alternativas de funcionamiento se necesita establecer factores importantes para el diseño y construcción del prototipo a escala. Para lograr esto, se utilizan diferentes parámetros de diseño que varían según el campo de aplicación. En el diseño industrial, los parámetros de diseño se enfocan en la ergonomía, la funcionalidad y la estética de los productos. En general, los parámetros de diseño son pautas o principios que se utilizan para crear soluciones que cumplen con los requisitos específicos de cada campo de aplicación.

- **Tamaño, dimensiones, Peso.** Para la construcción del prototipo se toma en cuenta los sistemas que comprende el mismo, de esta manera primero se determina el espacio físico que ocupa tamaño de la escala y el real en base los componentes que se utilizan, además el peso depende del tipo de trabajo que va a realizar.

- **Costo.** Es un de los factores principales para el diseño ya que este representa el valor económico que conlleva el diseño y construcción del prototipo. Este factor puede resultar ser una limitante para el diseño.
- **Facilidad de Construcción.** Hace referencia a la complejidad que requiere cada una de las partes para su construcción o mecanizado de elementos Hay que tomar en cuenta varios factores de suma importancia, como son el tipo de material, profundidad de corte, dimensión del equipo, eficiencia del operador, condiciones del equipo.
- **Facilidad de Montaje.** Una vez mecanizados los componentes del prototipo se procede a encajar pequeños conjuntos que se ensamblan en la estructura principal, esto se conoce como la facilidad de disposición de los elementos a ser unidos varios sistemas para conformar un conjunto.
- **Capacidad de Producción.** Es necesario estimar el volumen de producción y a la velocidad promedio en la que debería operar en determinados periodos de tiempo considerando la disponibilidad de la maquinaria, con el fin de cumplir la demanda requerida por la empresa u organización.
- **Facilidad de operación.** Otro punto importante por considerar es la manera de trabajo que se debe adoptar para el funcionamiento adecuado del prototipo para lo cual se describe la complicación que puede tener el prototipo al ser puesto en marcha y su manipulación por parte del operario en el proceso para su correcto funcionamiento.
- **Mantenimiento.** Se trata de la facilidad de realizar operaciones de mantenimiento con rapidez y seguridad para mantener al prototipo en condiciones idóneas de funcionamiento que garantice su optimo desempeño.
- **Tiempo de dividido.** El factor más importante por considerar se trata del tiempo de operación que puede alcanzar en el dividido del producto, para esto se toma en cuenta la velocidad a lo cual debe operar el motor que proporciona movimiento a la cuchilla y a la velocidad de avance a través de la aplicación de bandas transportadoras de manera continua.

- **Seguridad.** La seguridad de la maquina es un parámetro importante para tener en cuenta en el diseño de una. A continuación, se presentan algunos aspectos relevantes de seguridad frente a posibles riesgos o accidentes que puede suceder durante en proceso de dividido.
- **Calidad en el dividido.** Para este parámetro se toma en cuenta factores que inciden de materia directa en el dividido del material, en este caso se considera el tipo de cuchilla y ángulo de corte, además de la forma de colocación de cada una de las planchas.

### 3.5.3 *Características por considerar en el diseño*

- **Ambiente de trabajo.** En base a visitas técnicas se observó las condiciones ambientales bajo las cuales operan las distintas maquinas dentro del área de Industrias Diversas de la empresa Plasticaucho S.A., de esta manera se consideró los mismos escenarios para el funcionamiento del prototipo, estas características son esenciales para asegurar la calidad del producto terminado.
- **Estándar de dividido.** Dentro de la mencionada empresa se cuenta con un estándar de los formatos utilizados y de la capacidad de producción. Esto nos sirve para determinar las medidas de corte y la velocidad promedio a la cual deberá trabajar con el fin de evaluar su desempeño y su posterior comparación.
- **Fuentes de energía.** Un aspecto importante por tomar en consideración son las fuentes de voltaje para emplearse en el prototipo, en consecuencia, se tiene como alternativa la conexión directa a una corriente de 110 voltios AC, ya que requiere para el funcionamiento correcto de motor; así como fuentes de voltaje de 12 y 24 VDC para dispositivos electrónicos que funcionan a un bajo voltaje
- **Sistemas de Control.** El prototipo cuenta con varios sistemas que componen un solo conjunto para llevar a cabo el proceso de dividido por lo cual es necesario establecer parámetros controlables tales como la velocidad de avance y las medidas estandarizadas de cada uno de los formatos.
- **Operarios.** Para el correcto funcionamiento del prototipo y para evitar inconvenientes se trabaja con la ayuda de dos operarios, de esta manera el primero se encarga de ubicar la materia prima y recibir el producto dividido mientras que el segundo opera los sistemas

de medida y calibración con la que trabaja, además se toma en consideración al personal para que no sea sobre exigido en el trabajo.

### ***3.5.4 Alcance del prototipo a escala de una máquina divididora.***

La construcción del prototipo a escala de una máquina divididora está enfocada a reflejar una nueva opción de proceso productivo para el dividido por planchas del material evaflex dentro de la planta de Industrias Diversas en la empresa Plasticaucho Industrial con el fin de estudiar las ventajas que presenta este nuevo método de manufactura evitando cuellos de botella y maximizando la utilización de la materia prima, con el fin de que pueda ser aplicado en escala real dentro de la maquinaria de dicha compañía.

Para el diseño y construcción del prototipo se consideran diferentes parámetros tales como la velocidad de avance, la ubicación de sensores de control, posicionamiento de guías y el tipo de cuchilla. Además, se determina las características que debe portar el material para la construcción, así como los implementos necesarios para obtener una máquina a escala funcional.

### ***3.5.5 Descripción de las etapas productivas dentro del prototipo***

#### ***3.5.5.1 Sistemas Máquina Divididora***

- **Sistema de Dividido**

Esta es una parte fundamental dentro del funcionamiento real del prototipo, ya que será la encargada de realizar la acción de dividir el material, mediante el giro continuo de dos poleas las cuales brindarán la fuerza específica y velocidad controlada para realizar dicha acción. De igual forma el tipo de cuchilla implementada dentro de esta etapa contribuirá a las características del material terminado (imperfecciones, relieves, anomalías) por tanto debe estar diseñada para trabajar con precisión y eficiencia, para asegurar un corte limpio y preciso, para lo cual esta se debe encontrar meticulosamente afilada y posicionada estratégicamente para realizar la operación.

- **Sistema de Rodillos (Calibre)**

El sistema de rodillos tiene por función la auto calibración, para lo cual se compone de dos rodillos perfectamente dispuestos que se ajustan automáticamente para adaptarse a diferentes tamaños y

características del material, por lo cual se debe implementar un conjunto de sensores y algoritmos, con el fin de que cada rodillo monitoree constantemente las propiedades del material que se desplaza sobre él y de esta forma se logren realizar ajustes milimétricos para asegurar un contacto óptimo y un transporte suave y eficiente, en este sentido se propone reducir los desperdicios y errores, logrando un nivel inigualable de precisión y calidad en cada material procesado.

- **Sistema de Rodillos (arrastre)**

La característica clave de esta etapa radica en la capacidad que tienen los rodillos para aplicar una fuerza de arrastre controlada y uniforme sobre el material que se coloca sobre ellos, mediante motores y sistemas de transmisión, los rodillos se pondrán en movimiento, arrastrando de manera eficiente cargas de cualquier tamaño a lo largo de una trayectoria determinada.

- **Sistema de Esmeril**

Este sistema está compuesto por dos motores a la alta velocidad que impulsan por dos discos abrasivos, diseñados para pulir, afilar y dar forma a la cuchilla durante el proceso de dividido, este facilitará la eliminación de imperfecciones y la fabricación de láminas eva que presenten menos imperfecciones.

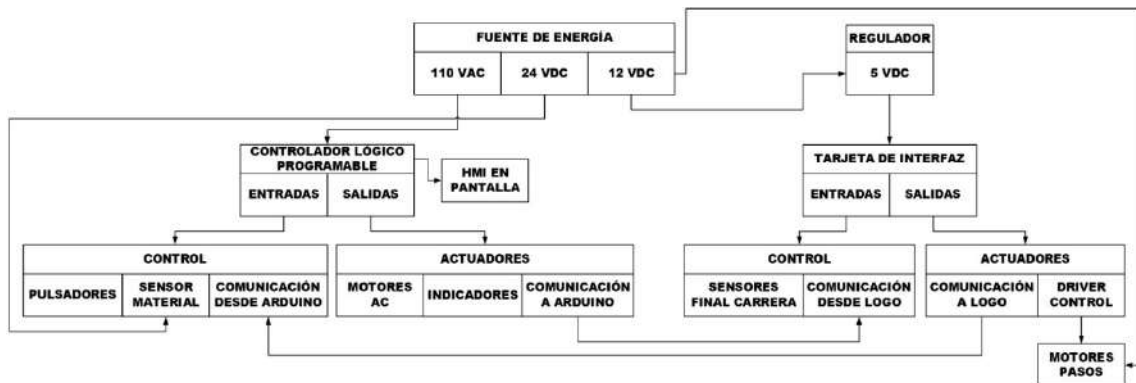
#### 3.5.5.2 *Sistema para transporte de material (Banda transportadora y Acople)*

La banda transportadora dentro del proceso tiene como objetivo el facilitar el flujo constante y eficiente del material, su función radica en recibir, transportar y distribuir el material de manera uniforme y continua a lo largo de la línea de producción. Este sistema debe contar con una velocidad y una alineación proporcional a la de los rodillos para evitar atascos y desviaciones, asegurando así una entrega fluida y sin contratiempos del material a las siguientes etapas del proceso. Además de contar con un acople que permita girar el material dentro del mismo para lo cual los componentes conectados deben ser capaces de girar en torno a un eje común, manteniendo un equilibrio adecuado entre la flexibilidad y la rigidez para adaptarse a las condiciones de funcionamiento.

Este sistema debe garantizar la transmisión de torque y movimiento sin generar vibraciones ni someter a las planchas de eva a esfuerzos excesivos. Además, debe ofrecer una resistencia suficiente para soportar las cargas y condiciones de trabajo específicas, al tiempo que minimice la fricción y el desgaste para una vida útil prolongada.

### 3.5.6 Arquitectura del prototipo a escala de una máquina divididora.

La ilustración 3-12 muestra la arquitectura del prototipo a escala de la máquina divididora a implementarse donde se consideran tres bloques principales, en el primero establece la fuente de energía necesaria para poner en funcionamiento al prototipo, el segundo es el controlador lógico programable y el tercero una tarjeta de interfaz que permite controlar componentes que no es posible por el segundo bloque.



**Ilustración 3-12:** Arquitectura del prototipo.

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C., 2023

### 3.5.7 Cálculo de parámetros para funcionamiento

A partir de la evaluación de las características y parámetros técnicos obtenidos mediante la investigación y estudio de la situación actual, se identifican los factores relevantes dentro del proceso de fabricación de láminas de evaflex, en este sentido los elementos a ser ponderados serán el sistema de rodillos y el sistema de transporte por banda. Para el estudio del sistema de rodillos se tomará en cuenta la velocidad de arrastre, ya que la calibración no requiere una velocidad continua sino una acción controlada, mientras que para el sistema de transporte por bandas se evaluará la velocidad de transporte de material.

Posterior a la identificación de factores se realiza el diseño factorial  $2^k$  con el objetivo de comprobar las condiciones idóneas para la funcionalidad del prototipo, es importante destacar que este estudio otorgará pautas claves para la etapa de la selección de materiales y componentes para la construcción real del mismo.

#### 3.5.7.1 Factor de estudio-Factor A

Se consideró a la velocidad de movimiento de la banda transportadora como primer factor, ya que al tratarse de un sistema continuo este incide en el registro final de tiempo de total de proceso,

además para la selección de niveles se tomaron en cuenta valores de revoluciones por minuto de motores accesibles en el mercado.

Niveles	
Bajo	Alto
45 rpm	55 rpm

### 3.5.7.2 Factor de estudio-Factor B

La selección de la velocidad de arrastre de los rodillos se realizó en función a la rapidez adecuada del proceso y para el operario, además se toma en cuenta las características del material a ser dividido, ya que este influye en la calidad del producto.

Niveles	
Bajo	Alto
30 rpm	45 rpm

### 3.5.7.3 Variable respuesta

A través de esta, tabla 3-27, se conoce el efecto de cada prueba experimental, por consiguiente, debe ser medible para interpretar los datos de la investigación, ya que busca encontrar las condiciones experimentales con las que se consigue mayor productividad en la variable de interés.

**Tabla 3-27:** Variables de estudio

<b>Factor A:</b>	Velocidad de movimiento de la banda transportadora
<b>Factor B:</b>	Velocidad de avance de los rodillos
<b>VR:</b>	Tiempo total del proceso

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

### 3.5.7.4 Planteamiento de Hipótesis

De acuerdo con las variables de estudio se plantean las hipótesis, tabla 3-28, con la intención de estudiar y validar los parámetros de velocidad los cuales se seleccionan para la construcción del prototipo.

**Tabla 3-28:** Hipótesis de los factores

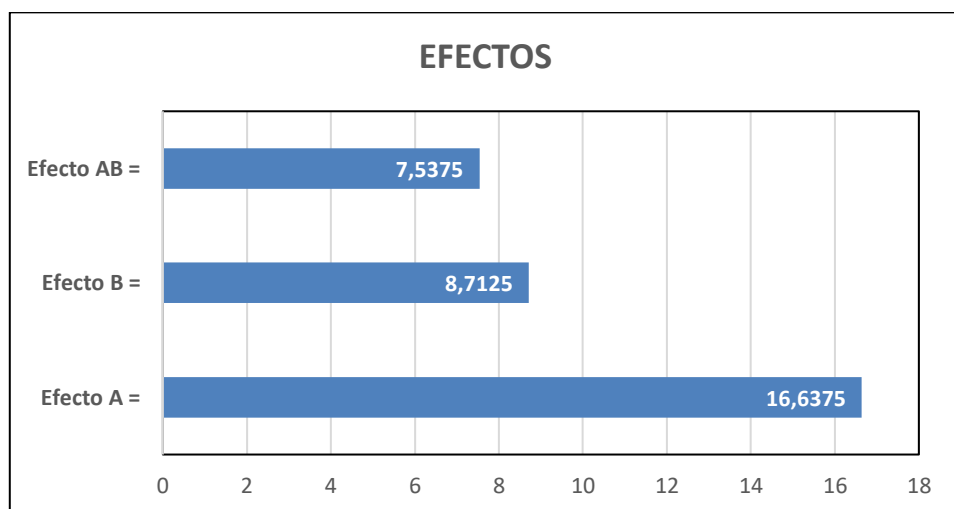
Efecto A	
$H_0: u_{A-} = u_{A+}$	La velocidad de movimiento de la banda transportadora influye de manera directa en el tiempo total del proceso.



$H_a: u_{A-} \neq u_{A+}$	La velocidad de movimiento de la banda transportadora no influye de manera directa en el tiempo total del proceso.
Efecto B	
$H_o: u_{B+} = u_{B-}$	La velocidad de arrastre de los rodillos influye de manera directa en el tiempo total del proceso.
$H_a: u_{B+} \neq u_{B-}$	La velocidad de arrastre de los rodillos no influye de manera directa en el tiempo total del proceso.
Efecto A*B	
$H_o: u_{AB} = 0$	La interacción que existe entre los factores A y B influyen en el tiempo total del proceso.
$H_a: u_{AB} \neq 0$	La interacción que existe entre los factores A y B no influyen en el tiempo total del proceso.

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

En base a los cálculos realizados en el ANEXO C, se determinó la importancia e influencia de cada uno de los factores que intervienen en el proceso de divididos.



**Ilustración 3-13:** Diagrama de Pareto de Efectos

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Como se observa en el diagrama de Pareto, ilustración 3-13, se considera el efecto A como el más significativo con respecto a los demás, el cual es la velocidad de movimiento de la banda transportadora. A continuación, en la tabla 3-29, se presenta los resultados detallados de cada una de las variables, de tal manera que para establecer la significancia de cada uno se compara el valor calculado con relación al valor crítico.

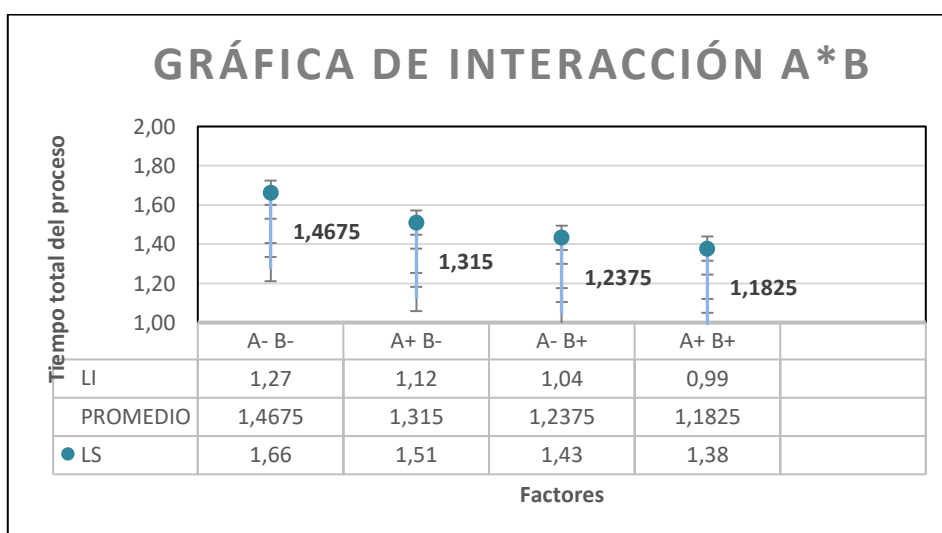
**Tabla 3-29:** Tabla ANOVA

FV	SC	GL	CM	Fo	F Crítico	CD
A	1.742	1	1.74	54.54	4.75	MS

B	0.518	1	0.52	16.23		MS
AB	0.156	1	0.16	4.88		S
Error	0.383	12	0.03			
Total	2.8	15	0.19			
R <sup>2</sup>	86.31%					

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Además, se estima el coeficiente de determinación con el propósito de validar el registro de los datos y determinar su variabilidad de tal forma que se garantice la confiabilidad de estos para llevar a cabo el experimento con éxito. De tal manera se plantea que este valor debe ser mayor al 70%, indicando que los datos son confiables.



**Ilustración 3-14:** Interacción de factores

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

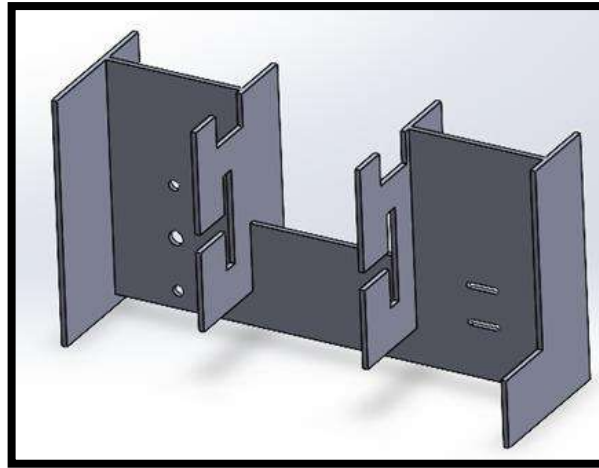
Culminado el estudio se tiene como resultados, ilustración 3-14, que los dos factores son importantes en el proceso al igual que su interacción, de tal manera que para optimizar el proceso es necesario trabajar con una velocidad de movimiento de la banda de 55 rpm y 45 rpm la velocidad de arrastre de rodillos.

### 3.6 *Diseño CAD del sistema estructural del prototipo*

Para iniciar con el diseño CAD del sistema estructural del prototipo se consideró las características y parámetros mencionados anteriormente con el fin de reconocer la función que deberán cumplir las partes que compondrán el prototipo, ámbito esencial para llevar el proyecto de manera efectiva y precisa. De esta manera se inició con el diseño estructural para pasar al diseño de cada uno de los sistemas que componen el prototipo para poder efectuar el proceso deseado.

### 3.6.1 Estructura

Para el diseño de la estructura, cada componente ha sido modelado, considerando tanto la resistencia estructural como la optimización del espacio. La estructura en su totalidad está diseñada con planchas de acero de alta resistencia, teniendo en cuenta que la principal característica deberá ser la robustez con el fin de evitar vibraciones, factores que serán evaluados en el análisis estático. A su vez las piezas se entrelazan estratégicamente para soportar las cargas dinámicas de la máquina con eficiencia y estabilidad, contando con conectores soldados y pernos de alta resistencia los cuales aseguran una unión robusta entre las partes, como se visualiza en la ilustración 3-15.

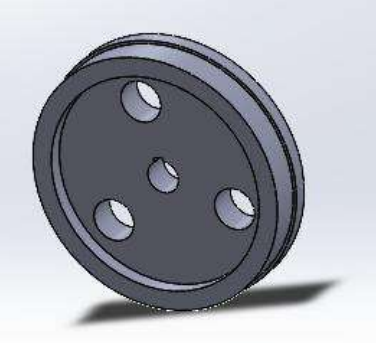
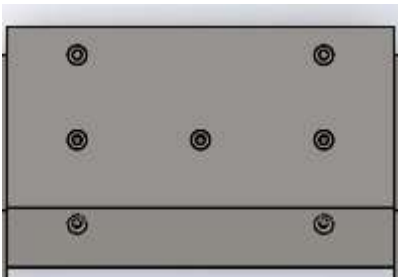


**Ilustración 3-15:** Estructura base de prototipo  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

### 3.6.2 Diseño de sistemas máquina divididora

#### 3.6.2.1 Sistema de Dividido

**Tabla 3-30:** Elementos del sistema de dividido

Elemento	Poleas de giro	Porta cuchilla
Descripción		

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

La tabla 3-30 muestra el sistema que garantiza cortes precisos y consistentes del material, lo cual es esencial para la producción de láminas de alta calidad. En este sistema encontramos dos componentes fundamentales los cuales son:

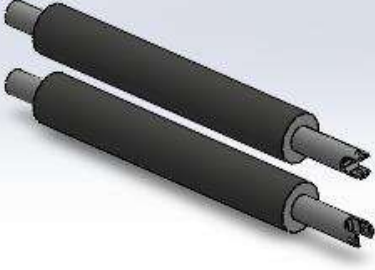
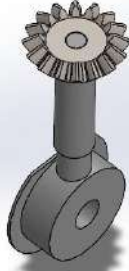
**Poleas de giro.** las cuales permitirán el movimiento rotatorio de la cuchilla. En cuanto al diseño la polea cuenta con un diámetro exterior, diámetro interior y un espesor específico.

**Porta cuchilla.** Esta herramienta sostiene y asegura de manera adecuada la cuchilla al mantenerla en su lugar durante todo el proceso. Su diseño cuenta con un ángulo de 9° para facilitar el transporte de material dividido.

Dentro de este sistema se menciona a la cuchilla la cual cuenta con medidas y características estándar ancho de 17 mm y espeso de 1 mm únicamente se adecuo el largo de esta para lograr acoplar dichas características a la escala del prototipo.

### 3.6.2.2 Sistema de Rodillos (Calibre)

**Tabla 3-31:** Elementos del sistema de rodillos (Calibre)

Elemento	Rodillos	Corona para calibre
Descripción		

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C., 2023



Este sistema, tabla 3-31, será el encargado de calibrar automáticamente el espesor por cada repetición en plancha, la medida requerida es 0.2 mm con el fin de obtener un espesor de material de  $\pm 0,3$ .

**Rodillos.** Consiste en dos rodillos dispuestos en paralelo y accionados por un motor, en cuanto a las características necesarias para el diseño de este sistema tenemos que: los rodillos deben portar un acabado superficial (moleteado) con el fin de generar fricción con el material en el proceso de dividido.

**Corona para calibre.** Mediante el diseño de 4 coronas cada una con un acople para calibre (tuerca y tornillo sin fin) permite la acción coordinada de subir y bajar ambos rodillos de manera simultánea.

### 3.6.2.3 Sistema de Rodillos (Arrastre)

**Tabla 3-32:** Elementos del sistema de rodillos (arrastre)

Elemento	Caja de transmisión	Cardanes
Descripción		

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C., 2023

Para este sistema, tabla 3-32, se utiliza los rodillos de forma diferente a la anterior aquí se busca conseguir una velocidad continua que permita un arrastre correcto de material durante el proceso de dividido.

La selección de la velocidad de arrastre para los rodillos se realizó en función a la rapidez adecuada del proceso y para el operario, además se toma en cuenta las características del material a ser dividido, ya que este influye en la calidad del producto.

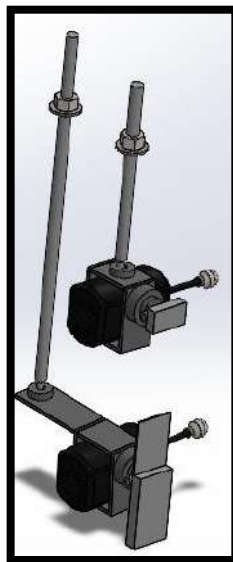
**Caja de transmisión.** En esta caja se configura 3 de engranajes helicoidales y componentes interconectados de manera precisa, que permiten la transferencia de la potencia del motor principal a los rodillos. Estos engranajes están diseñados en correspondencia a los dientes específicos para lograr la relación con la velocidad deseada entre los rodillos y el motor.

**Cardanes.** Este elemento desempeña un papel crucial ya que permite la transferencia suave y eficiente de energía además la adaptabilidad a diferentes ángulos y desplazamientos asegura que la potencia mecánica fluya de manera efectiva.

Los cardanes se utilizarán para transmitir el movimiento y el par desde los sistemas de transmisión y la fuente de potencia, que finalmente impulsarán los rodillos.

### 3.6.2.4 Sistema de Esmeril

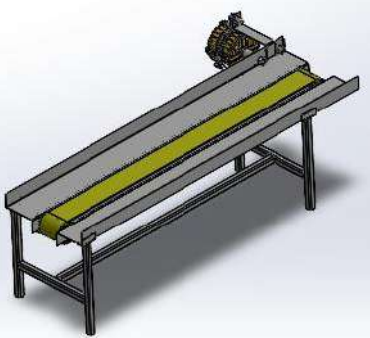

Dentro de esta etapa se busca modelar cada componente del sistema tales como la cuchilla, el motor, los discos abrasivos y los mecanismos de ajuste (plataforma de apoyo, carcasa) con un enfoque en la precisión y la eficiencia, tomando en cuenta que este sistema inicia su trabajo paralelamente al de las poleas las cuales mueven la cuchilla que a su vez gira de forma continua por los discos abrasivos, considerando factores como la ergonomía, el flujo de trabajo y la seguridad del usuario se realiza la simulación para lograr evaluar diferentes configuraciones y dimensiones para encontrar la combinación óptima que maximice el rendimiento y minimice el desgaste como se puede observar en la ilustración 3-16.



**Ilustración 3-16:** Sistema de esmeril  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

### 3.6.3 Sistema para transporte de material (Banda Transportadora)

**Tabla 3-33:** Elementos del sistema para transporte de material

Elemento	Bandas Transportadoras	Acople de giro
Descripción		

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

La banda transportadora de la tabla 3-33 será la encargada de permitir el flujo continuo de material dentro del proceso, así como menorar la carga laboral al operario a cargo de esta etapa.

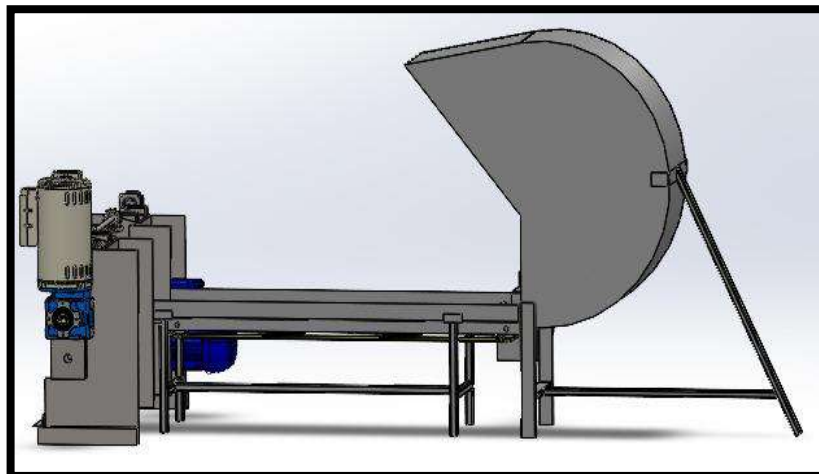
**Banda transportadora.** Se comienza por diseñar la estructura base proporciona la plataforma sobre la cual se montarán todos los componentes, así también la cinta representará la superficie móvil sobre la cual se colocará y transportará los materiales, en el diseño los rodillos se colocarán a lo largo de la longitud de la banda, finalmente los rieles representarán un sistema de soporte que mantendrán la banda y los rodillos en la posición correcta.

**Acople de giro.** En primer lugar, se definió los requisitos específicos tales como el material, longitud, carga, el torque a transmitir, la velocidad, entre otras. Por tanto, el acople porta una forma cónica la cual cuenta con un diámetro exterior, con guías internas que permitan el empuje correcto.

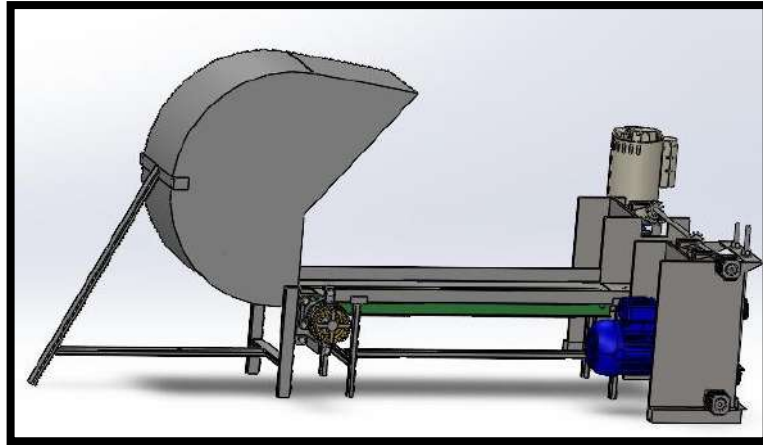
#### **3.6.4 Diseño CAD final del prototipo**

Una vez culminado el diseño de todos los sistemas componentes del prototipo se procede con el ensamble final de mismo, de esta manera se tiene un conocimiento pleno de la dimensión del prototipo a fin de que el mismo pueda realizar las divisiones de material Eva una vez que este se materializado y puesto en marcha.

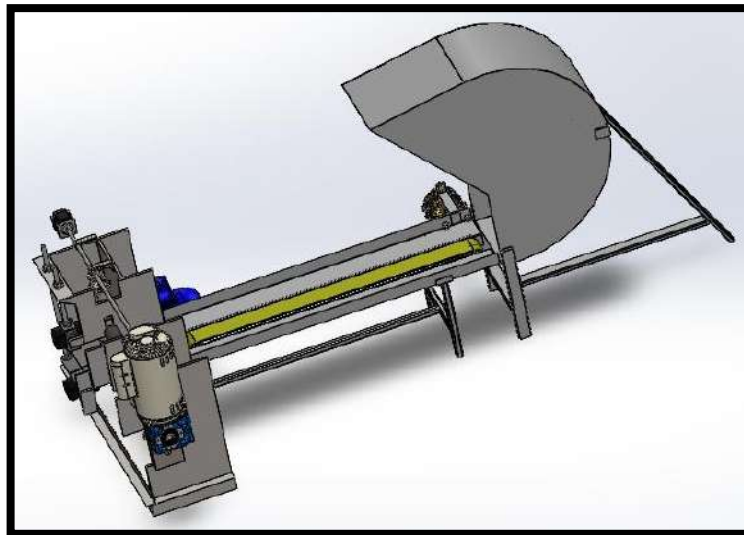
Las ilustraciones 3-17, 3-18 y 3-19 muestran en diversas vistas el diseño final del prototipo diseñado. Para conocimiento a detalle de planos de construcción y medidas de las piezas mecanizadas para el prototipo revisar el ANEXO D.



**Ilustración 3-17:** Prototipo vista lateral derecha  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C., 2023



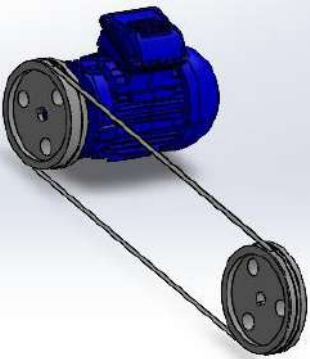
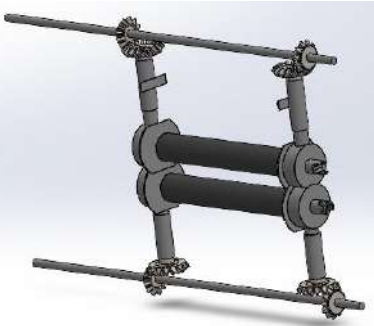
**Ilustración 3-18:** Prototipo vista lateral izquierda  
 Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023



**Ilustración 3-19:** Prototipo a escala de Máquina Divididora  
 Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Las tablas 3-34 y 3-35 muestran el despliegue de los sistemas del prototipo.

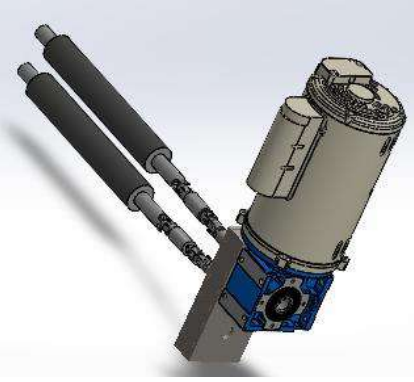
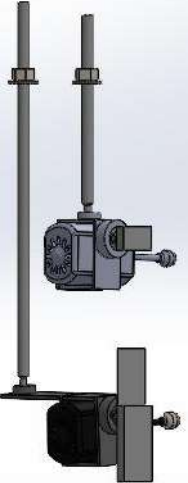
**Tabla 3-34:** Sistemas del prototipo

Sistema	Dividido	Rodillos (Calibre)
Descripción		

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023



**Tabla 3-35:** Sistemas del prototipo (Parte 2)

Sistema	Rodillos (Arrastre)	Esmeriles
Descripción		

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C., 2023

### 3.6.5 *Análisis estático*

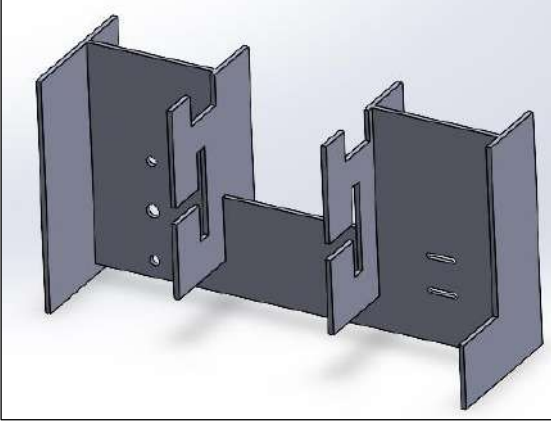
El estudio emerge como una herramienta para verificar si el prototipo a escala cumple con las características técnicas requeridas tales como robustez, funcionalidad mecánica y confiabilidad. A través de este enfoque, se busca conseguir atributos que superen los estándares de calidad predeterminados y, en consecuencia, satisfagan plenamente las perspectivas y expectativas planteadas en el alcance.

Partiendo del diseño de prototipo se debe seleccionar el componente o elemento que está sujeto a mayor influencia de fuerzas y cargas, en este caso a través de la experiencia se eligió la estructura principal del prototipo, ya que en esta se realiza la mayoría de esfuerzo mecánico además de los componentes que hacen posible el funcionamiento completo del proceso, con el fin de la comprobar la excelencia en diseño y rendimiento la selección de esta estructura permitirá evaluar objetivamente cada uno de los sistemas, cuando se aplican los pesos de cada componente, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones sobre posibles modificaciones en el prototipo, reducir riesgos y variaciones en el rendimiento.

En conclusión, el análisis estático detallado a realizarse sobre el componente brinda un reconocimiento profundo de su comportamiento bajo diversas cargas y condiciones. Los resultados obtenidos revelarán si la estructura cumple con los requisitos de resistencia y estabilidad establecida por las normativas aplicables. Para el estudio se consideraron diferentes ámbitos como la identificación y comprensión de todas las cargas que actuarán en el proceso, la

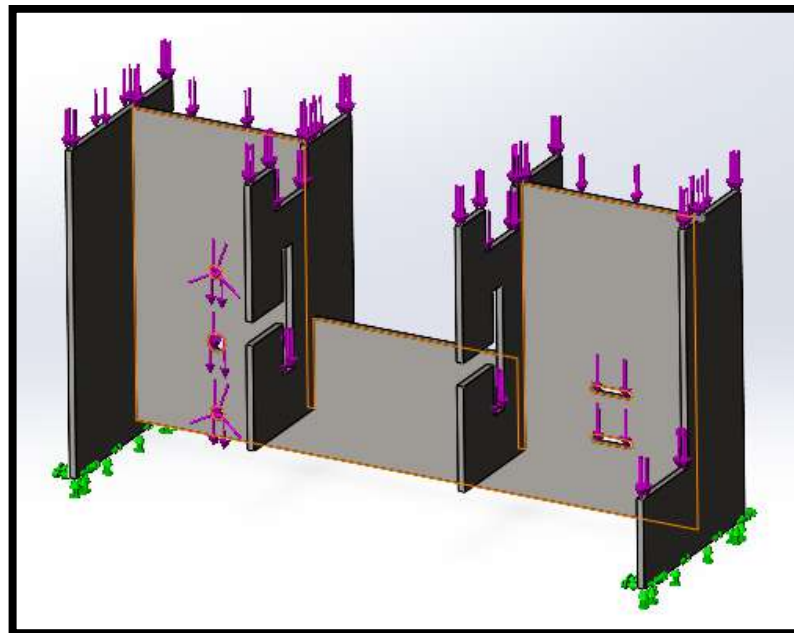
definición de los puntos de apoyo y las restricciones dentro del mismo y las propiedades precisas del material metálico implementado en el análisis, incluyendo la resistencia a la tracción, compresión, como se evidencia en la tabla 3-36.

**Tabla 3-36:** Datos para análisis estático

Modelado CAD	Características
	<p>Masa: 98 l                      Espesor: 10 mm                      Dureza: 250 Brinell</p>
	<p><b>Propiedades</b></p> <p>Acero 1040                      Porcentaje de Carbono: 0.37 - 0.44                      Límite elástico: 320-530 MPa                      Resistencia a tracción: 570 – 640 MPa                      Alargamiento: 13 – 20%                      Dureza: 160 – 180 Brinell                      Densidad: 7.8 g/cm<sup>3</sup>                      Módulo de Elasticidad: 190 GPa                      Coeficiente de Poisson: 0.29 N/D</p>

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

A continuación, la ilustración 3-20 se muestra la colocación de las fuerzas, sujeción y pesos en los lugares y direcciones en donde se ubica exactamente cada uno de los componentes, entre los principales tenemos los expuestos en la tabla 3-37.



**Ilustración 3-20:** Análisis de cargas

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

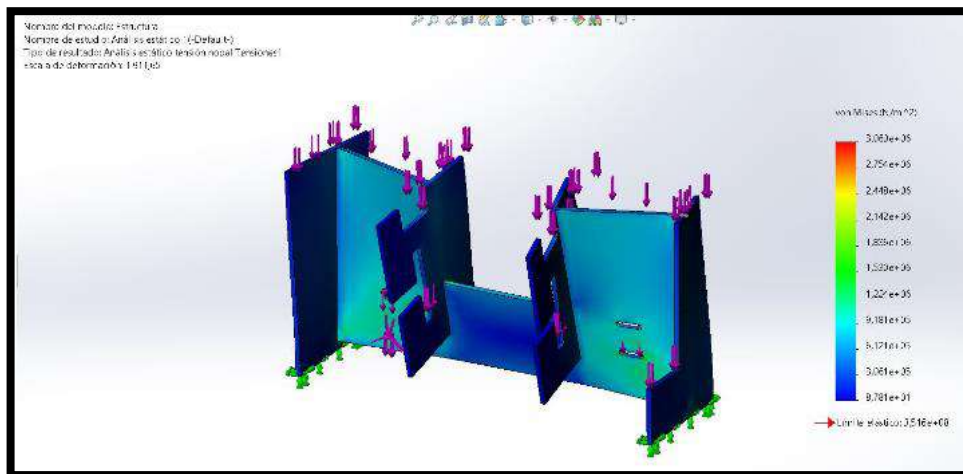
**Tabla 3-37:** Peso por elemento

Elemento	Cantidad	Peso (lb)	Total
Top load motores PSC	3	9.5	28.5
Motor paso NEMA 23	2	0.85	1.7
Poleas	2	8.2	16.4
Rodillos	2	7.89	15.78
Motoreductor	1	3.8	3.8
Corona de calibre	4	1.8	7.2
Eje Piñones	1	1.2	1.2
Porta cuchilla	1	18	18

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

### 3.6.5.1 *Análisis estático tensión*

Para la ejecución de este tipo de estudios es necesario conocer el tipo de materia prima utilizado en la estructura, lo cual proporcionara robustez al prototipo. Colocadas las tensiones en su lugar estas se transforman en esfuerzos que deforman el material, de esta manera se simula la actuación de las fuerzas para determinar la resistencia y coeficiente elástico.



**Ilustración 3-21:** Análisis estático tensión

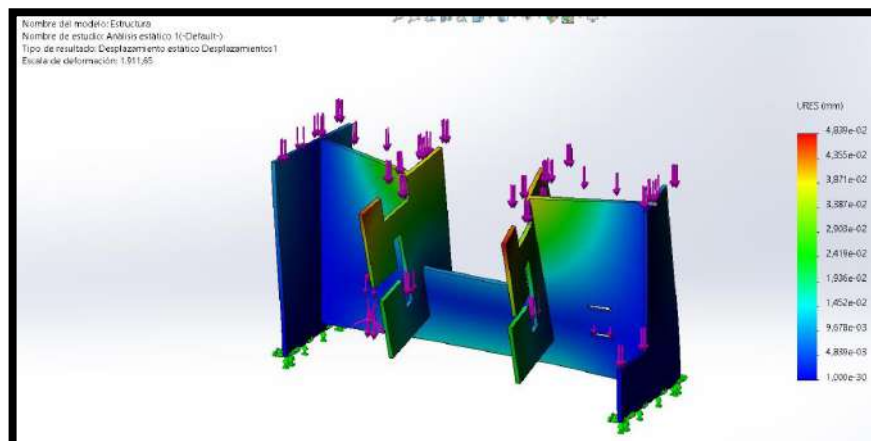
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Como se muestra en la ilustración 3-21 se tiene una deformación por esfuerzos mínima de  $8.781 \times 10^1$  mm y máxima de  $3.060 \times 10^6$  mm de acuerdo con el análisis de Von Mises, también se toma como referencia el código de color para su interpretación, se tiene que color azul no muestra variación significativa, verde se encuentra dentro del rango permitido y rojo excede el esfuerzo. Por otro lado, también se obtiene el límite elástico siendo este de  $3.5 \times 10^8$  lo que representa el mayor esfuerzo que se puede aplicar sin causar una deformación permanente.

### 3.6.5.2 Evaluación de Deformaciones

Este tipo de análisis se lo utiliza principalmente para representar el comportamiento de los materiales ante la aplicación de una fuerza externa. Como resultado en la escala de deformación se obtiene un desplazamiento máximo de  $4.839 \times 10^{-2}$  mm y mínimo de  $1 \times 10^{-30}$  mm, aplicado en cada una de las zonas de contacto, por lo tanto, se interpreta que el material utilizado como estructura principal es el indicado debido a que se muestra que no existe una deformación significativa en el componente, esto quiere decir que soporta las cargas anteriormente mencionadas.

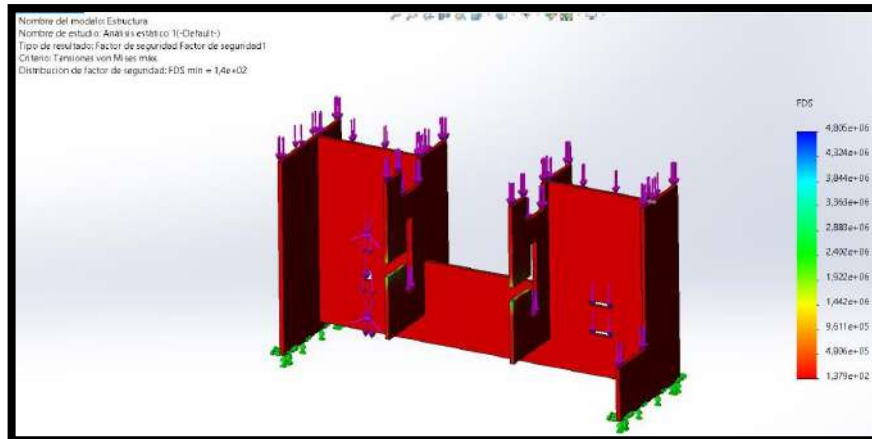
Dentro de la escala URES, se obtuvo un límite máximo de  $4.839 \times 10^{-2}$  mm y mínimo de  $1 \times 10^{-30}$  mm, asimismo, para una mejor interpretación de los resultados se tiene como referencia el código de color, en donde el azul representa que no existe desplazamiento y rojo sujeto a deformaciones, por lo tanto, ilustración 3-22, se concluye que el material utilizado como estructura principal es el indicado debido a que según el análisis se encuentra dentro del rango permitido y no existe una variación significativa en el componente ante la aplicación de cargas.



**Ilustración 3-22:** Evaluación de deformaciones  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C., 2023

### 3.6.5.3 Factor de seguridad

Finalmente, se lleva a cabo el análisis de factor de seguridad a la estructura en donde se ubican todos los componentes con sus respectivas fuerzas, además se conoce que mientras mayor sea dicho coeficiente, más seguro será el producto. De esta manera en la ilustración 3-23 se obtiene un factor de seguridad de  $1.379 \times 10^2$  lo que garantiza que al fijar las cargas sobre la estructura esta regresara a su estado inicial



**Ilustración 3-23:** Factor de seguridad  
**Realizado por:** Lasluisa D., Lozada C.,2023

### 3.7 Selección de materiales para la construcción del prototipo

Para determinar qué componentes se requieren para llevar a cabo los procesos de dividido, transporte y posicionamiento de materia prima, así como el control de calibración enfocados a optimizar el proceso dentro de la planta, se realiza una comparación de los recursos disponibles:

#### 3.7.1 Sistema Mecánico

- **Material construcción de estructura y mecanizado**

Al seleccionar el material del almacén para una maquinaria utilizada en el sector industrial se debe considerar diferentes aspectos tales como: su tamaño, la forma en que operan, la fuente de energía utilizada y el propósito al que sirven, en este tipo selección se debe tener en cuenta la facilidad de fabricación, mecanizado y modelado, esto incluye factores de corrosión, conductividad térmica, propiedades magnéticas, tenacidad a la fractura y resistencia a la fatiga.

En la selección inicial para construir la estructura exterior se realiza la comparación de materiales que posean características afines a los requerimientos del diseño como son robustez, bajo índice de vibración y dureza.

La ilustración 3-24 muestra de forma gráfica los materiales que son comúnmente empleados para la construcción de maquinaria industrial; y la tabla 3-38 presenta sus principales características.



**Ilustración 3-24:** Características Aceros  
**Realizado por:** Lasluisa D., Lozada C.,2023

**Tabla 3-38:** Características de acero para construcción del prototipo.

CARACTERISTICAS	AISI 1040	AISI 1020	AISI 1010
Porcentaje de Carbono	0,37 – 0,44	0,18 – 0,23	0,08 – 0,13
Resistencia a la tracción	570-640 MPa	392-539 MPa	350-400 MPa
Límite Elástico	320-640 MPa	304-372 MPa	190-330 MPa
Maquinabilidad	Buena	Buena	Media
Dureza	250 Brinell	180 Brinell	100 Brinell
Resistencia mecánica	Nivel Alto	Nivel Medio	Nivel Medio

**Fuente:** (DIPAC Productos de Acero, 2023, p. 1)  
**Realizado por:** Lasluisa D., Lozada C.,2023

El acero 1040 presenta las mejores características dentro del conjunto evaluado teniendo una buena maquinabilidad es decir que este material es fácil de cortar así mismo cuenta con un índice alto de resistencia a la tracción lo que indica que el material puede soportar gran tensión antes de romperse, y aporta a la máquina la robustez necesaria para evitar vibraciones, la industria de la construcción es la que más utiliza este tipo de acero para fabricar, entre otras cosas, maquinaria, automóviles, motores y tuberías.

- **Selección de material para construcción de banda transportadora**

La construcción de una banda transportadora depende de varios elementos, como la aplicación para la cual es diseñada, el entorno operativo, el producto que transportará, costo y la durabilidad deseada. Otro factor importante a tomar consideración es la superficie con la que cuenta el material, ya que esta puede incidir negativamente en el deslizamiento del producto.



**Ilustración 3-25:** Características de material para banda  
**Realizado por:** Lasluisa D., Lozada C.,2023

**Tabla 3-39:** Características de acero para construcción de banda.

CARACTERISTICAS	Tool Negro	Planchas Galvanizadas	Acero Inoxidable
Dimensiones	1.22 x 2.44 m	1.22 x 2.44 m	1.22 x 2.44 m
Espesor	1.5	0.30 a 2.90	0.40 a 15 mm
Peso	32.72 kg	44.40 kg	35.67 kg
Maquinabilidad	Buena	Buena	Buena
Resistencia mecánica	Nivel Alto	Nivel Medio	Nivel Medio

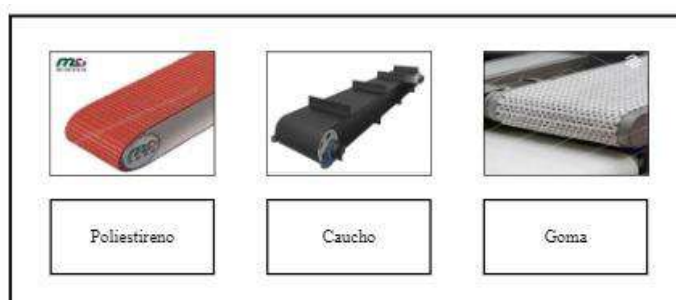
Fuente: (DIPAC Productos de Acero, 2023, p. 1)

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

El material por el cual se optó en esta ocasión es el Tool Negro debido a su alta disponibilidad y resistencia mecánica, además que con su espesor de 1.5 mm se logra obtener un modelo más robusto sin perder la maquinabilidad de este ya que para la construcción es necesario realizar cortes y dobles a la plancha inicial.

- **Selección de material para transporte en banda**

Para la selección del material adecuado para la cinta de una banda transportadora se evaluaron factores como la carga que transportará, las condiciones ambientales (como temperatura y humedad), la abrasión esperada, la resistencia química y la durabilidad requerida. La superficie de la cinta debe coincidir con el producto a transportar en este caso las planchas de eva.



**Ilustración 3-26:** Características de material para banda

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

**Tabla 3-40:** Características de cinta para construcción de banda.

CARACTERISTICAS	Poliestireno Antiestático	Caucho	Goma
Espesor	2,2 mm	1,25 mm	1,00 mm
Ancho	¼ a ¾ in	½ in	½ in
Longitud	29 - 65	20 - 100	30 - 68
Resistencia a la ruptura	30 kN	20 kN	20 kN
Resistencia mecánica	Excelente	Medio	Medio

Fuente: (DIPAC Productos de Acero, 2023, p. 1)

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Teniendo en cuenta las características tanto del material como del proceso, se selecciona la cinta de poliestireno con la propiedad antiestática ya que es esencial prevenir la acumulación de cargas eléctricas en la superficie de la misma, por tanto se cree que este material es el adecuado debido a que permite evitar descargas electrostáticas que podrían afectar la calidad y apariencia del foamy, por lo cual, esta cinta también proporciona una adhesión segura, evitando deslizamientos o movimientos indeseados que podrían representar un riesgo para la integridad de las planchas transportados o para la seguridad en el lugar de trabajo. Además, el poliestireno proporciona una excelente resistencia química y mecánica, lo que contribuye a una mayor durabilidad y vida útil de la cinta.

- **Selección de material para el acople**

Para determinar el material a utilizar en el acople de giro es necesario evaluar varias condiciones, tales como el factor de rozamiento, maquinabilidad y resistencia mecánica con el propósito de garantizar la funcionalidad y rendimiento.



**Ilustración 3-27:** Material para acople  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

**Tabla 3-41:** Características de material de acople

CARACTERISTICAS	Planchas Galvanizadas	Planchas de Aluminio	Acero Inoxidable Mate
<b>Dimensiones (m)</b>	1.22 x 2.44	1.22 x 2.44	1.22 x 2.44
<b>Espesor(mm)</b>	0.30 a 2.90	0.7 - 4	0.40 a 12 mm
<b>Peso (Kg)</b>	44.40	32.72	35.67
<b>Maquinabilidad</b>	Buena	Buena	Buena
<b>Resistencia mecánica</b>	Nivel Medio	Nivel Medio	Nivel Alto

Fuente: (DIPAC Productos de Acero, 2023, p. 1)  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Como factor importante para realizar la elección del tipo de material idóneo se toma en cuenta al rozamiento que se produce entre la materia prima y el acople, esto permitirá tener mayor fluidez en el proceso logrando que sea eficiente. Además, se debe verificar que el espesor del material utilizado sea el suficiente proporcionar robustes al prototipo por lo tanto se selecciona las planchas de Acero Inoxidable Mate.



- **Rodamientos**

En cuanto a la selección de rodamientos se debe tener en cuenta varios criterios tales como el tipo de operación que se desarrollara si esta trata de trabajar a alta velocidad con baja carga o viceversa los parámetros estudiados variaran, por tanto, se analiza la carga, temperatura, velocidad, lubricante, tipo de rodamiento, mantenimiento, etc.

Para determinar si un rodamiento es apropiado para la aplicación que se le quiere dar, es fundamental comprender sus propiedades, para la construcción actual se considera que se necesita trabajar de forma continua, durante largas jornadas, a altas velocidades y con baja carga.



**Ilustración 3-28:** Características Rodamientos  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

**Tabla 3-42:** Características de acero para transmisión

CARACTERISTICAS	2RS 6304	2RS 6204	2RS 6206
Capacidad Límite de fatiga	355 N	345 N	780 N
Diámetro externo	52 mm	47 mm	62 mm
Velocidad Límite	19 000 rpm	9 300 RPM	6 700 rpm
Factor de cálculo	12	136.1	13.8
Claridad entre los aceros	C3	C3	C3
Resistencia mecánica	Nivel Alto	Nivel Medio	Nivel Alto

Fuente: (RODAMIENTOS BOWER, 2023, p. 1)

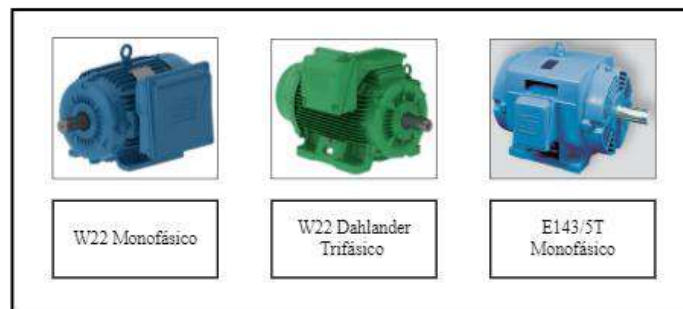
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

En base al requerimiento existente dentro del prototipo se decide utilizar los rodamientos 2RS 6304 ya que soportan cargas radiales y axiales en ambas direcciones, son fáciles de montar y necesitan menos mantenimiento, asimismo se busca un mecanismo que soporte altas velocidades con bajas cargas este tipo de rodamiento en comparación a los evaluados dentro de la tabla 3-42 tiene una velocidad límite de 19 000 rpm por lo cual se cree adecuado la selección de dicho rodamiento.

### 3.7.1.1 Motores

- **Selección de motor para poleas de giro**

Para determinar la mejor opción de motor dentro del mercado, es necesario analizar y especificar ciertos parámetros tales como su funcionamiento y propósito además de evaluar las condiciones de trabajo en las que operará. Asimismo, se consideran aspectos como la eficiencia energética, la vida útil esperada del motor y la disponibilidad de repuestos en caso de mantenimiento o reparación.



**Ilustración 3-29:** Características motores para poleas  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

**Tabla 3-43:** Características de motor para poleas de giro

CARACTERÍSTICAS	W22 Monofásico	W22 Dahlander Trifásico	E143/ST Monofásico
Potencia	0.75HP	2.5 a 4 HP	1.5HP
Tensión	110-220V	220 - 420V	110-220V
Frecuencia	60 Hz	60 o 50 Hz	60 Hz
Revoluciones	1740 RPM	850-1720RPM	1720RPM
Torque	3.02Nm	10.70 Nm	8.16Nm

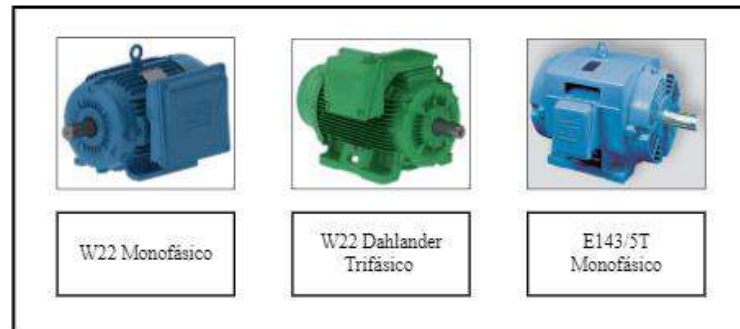
Fuente: (WEG, 2023, p. 1)

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

En base a las características del prototipo y a una revisión breve de información mediante catálogos se procede a la selección del motor ideal para el giro de las poleas, considerando que estas tienen un peso 8.2 lb y su principal función es de mantener en constante movimiento a la cuchilla la cual realizará el corte, de esta manera se opta por W22 Monofásico debido al torque y velocidad que proporciona en relación con los demás.

- **Selección de motor para movimiento de rodillos**

Una cuidadosa elección del motor garantiza un rendimiento óptimo dentro del proceso, lo cual puede representar un ahorro significativo en términos de energía y costos de operación a lo largo de su vida útil. Por lo tanto, es esencial realizar un análisis exhaustivo de todas las especificaciones y requisitos antes de tomar una decisión optando por un motor que permita un mejor control y precisión en el movimiento.



**Ilustración 3-30:** Características motores para giro de rodillos  
**Realizado por:** Lasluisa D., Lozada C.,2023

**Tabla 3-44:** Características de motores para giro de rodillos

CARACTERÍSTICAS	W22 Monofásico	W22 Dahlander Trifásico	E143/5T Monofásico
<b>Potencia</b>	0.75HP	2.5 a 4 HP	1.5HP
<b>Tensión</b>	110-220V	220 - 420V	110-220V
<b>Frecuencia</b>	60 Hz	60 o 50 Hz	60 Hz
<b>Revoluciones</b>	1740 RPM	850-1720RPM	1720RPM
<b>Torque</b>	3.02Nm	10.70 Nm	8.16Nm

**Fuente:** (WEG, 2023, p. 1)  
**Realizado por:** Lasluisa D., Lozada C.,2023

En cuanto nos referimos a la elección de motor para el sistema de avance de los rodillos se plantea ocupar el E143/5T Monofásico, ya que presenta las mejores condiciones de trabajo de tal manera que opera a una tensión de 110V ideal por el diseño del prototipo y proporciona una velocidad constante que será de utilidad al momento de realizar el dividido.

- **Selección de motor para banda**

Para escoger un motor se basa en algunos factores esenciales para su funcionamiento tales, como la carga que se pretende mover, velocidad y potencia, esto como especificaciones técnicas, la eficiencia energética, el costo y la disponibilidad de este. Para realizar la selección del motor, es

necesario conocer dichos requerimientos para el funcionamiento dentro del prototipo de tal manera que exista un equilibrio entre los beneficios que aporta en su rendimiento, en contraste con los desafíos asociados con su costo y mantenimiento, siendo así que, estos deberán alinearse con los parámetros del motor a utilizar, como son el tiempo de funcionamiento, tipo de corriente y la capacidad de torque que posee de igual forma, es importante considerar la capacidad de respuesta del motor, asegurando que cumpla con los estándares requeridos para el movimiento en el transporte de la banda por lote de planchas.



**Ilustración 3-31:** Características Motores  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

**Tabla 3-45:** Características de motores según la velocidad requerida.

CARACTERÍSTICAS	FRONT LOAD MOTORES CIM.	TOP LOAD MOTORES PSC	FRONT LOAD MOTORES BLDC
Potencia	3/4HP	1/4 a 1/2 HP	3/4HP
Tensión	220-240V	100/127 o 220/230V	220-240V
Frecuencia	60 o 50 Hz	60 o 50 Hz	60 o 50 Hz
Revoluciones	1725 RPM	1600RPM	1475RPM
Número de Polos	4	4	8

Fuente: (WEG, 2023, p. 1)

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

El motor adecuado para el tipo de actividad que va a realizar es el Top Load PSC debido a que tiene una carga considerable que mover por el peso que proporciona cada uno de los componentes, además que se pretende que trabaje de forma continua e interrumpida. Otro punto importante es la tensión a la que trabaja ya que al ser un prototipo utilizara una fuente de 110V.

- **Selección de motor para rodillos para calibre**

La función que cumple los motores es importante para el correcto funcionamiento del prototipo, por tanto, este se seleccionará de acuerdo con las condiciones de trabajo que se encuentra sujeto dentro del proceso por lo cual, es necesario verificar parámetros tales como torque, velocidad y voltaje. Por tanto, los motores paso a paso podrían ser la opción correcta ya que, ofrecen precisión

en el control de movimiento, lo que resulta esencial al ajustar la posición y velocidad de los rodillos en un proceso de calibración, así como, la respuesta rápida y la capacidad de mantener una posición específica sin requerir retroalimentación constante son ventajas clave en el proceso de calibración, asegurando una alineación precisa y una funcionalidad estable a lo largo del tiempo.



**Ilustración 3-32:** Características motores para rodillos  
**Realizado por:** Lasluisa D., Lozada C.,2023

**Tabla 3-46:** Características para motores paso a paso.

CARACTERISTICAS	PASO A PASO NEMA 17	PASO A PASO NEMA 23	PASO A PASO NEMA 34
<b>Diámetro</b>	43 mm	57 mm	86 m
<b>Torque</b>	0.2-1 Nm	0.5-3 Nm	3-12 Nm
<b>Velocidad</b>	0-1000 RPM	0-1000 RPM	0-1000 RPM
<b>Resistencia</b>	1.7 ohmios	1.13 ohmios	0.48 ohmios
<b>Voltaje Nominal</b>	2 V	24*48 V	2.5 V

**Fuente:** (WEG, 2023, p. 1)

**Realizado por:** Lasluisa D., Lozada C.,2023

Para la ejecución de esta operación es necesario contar con un motor llamado de precisión y que mediante un algoritmo pueda invertir de giro y ser controlable, dadas las especificaciones técnicas se optó por el Nema 23 que posee las características precisas para el prototipo permitiendo optimizar la precisión y el rendimiento del sistema para futuras aplicaciones industriales.

- **Selección de motor para sistema de esmeril**

Un esmeril es una máquina utilizada para rectificar, pulir, afilar o dar forma a materiales duros utilizando discos abrasivos para la cual se emplea un motor a una potencia adecuada. En el mercado industrial existe una amplia gama de motores, por lo cual es necesario determinar la función y condiciones de trabajo en la que se va a desempeñar dentro del proceso de dividido, debido a esto es importante evitar la sobredimensión de dicho motor con el fin de lograr un

equilibrio óptimo entre potencia y eficiencia en el funcionamiento de la herramienta, evitar problemas como el aumento innecesario de costos y el consumo excesivo de energía, cabe recalcar que este es un proceso importante dentro del prototipo debido a que permite garantizar un afilado correcto que a su vez se ve reflejado en la calidad de dividido por plancha.



**Ilustración 3-33:** Características motores para rodillos  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

**Tabla 3-47:** Características para motores para esmeril

CARACTERÍSTICAS	Motor HF120	Servomotor SG90	Micromotor plano 70.501
Potencia	120W	80 W	1-5 W
Amperaje	1.5 A	500 mA	0.13 <sup>a</sup>
Frecuencia	50 /60 Hz	50 /60 Hz	50 /60 Hz
Revoluciones	6000 RPM	3000 RPM	6200PM
Voltaje	110 V	3.0 - 7.2V DC	1.5 V

Fuente: (WEG, 2023, p. 1)

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Para la selección idónea del sistema de esmerilado es necesario conocer parámetros técnicos básicos tales como el voltaje, revoluciones y potencia. En este caso se requiere que la velocidad tenga un rango de máximo 6000 rpm y que se ajustable, el voltaje de 110 V para realizar una conexión directa y la potencia a la cual puede ser utilizada de 120 W, por lo cual se escoge el motor HF 120.

### 3.7.2 Sistema Eléctrico y Electrónico

#### 3.7.2.1 Controlador Lógico Programable

Para la selección del PLC se requiere un análisis previo del tipo de proceso y cuál es la función que requiere ejecutar, también se toma en cuenta el precio, la cantidad y tipo de entradas disponibles para operar.



**Ilustración 3-34:** Características de controlador lógico programable  
**Realizado por:** Lasluisa D., Lozada C.,2023

**Tabla 3-48:** Parámetros de los PLC

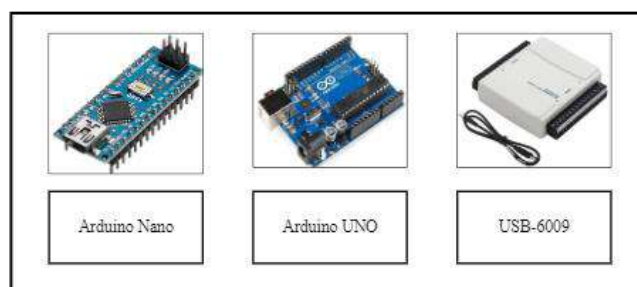
CARACTERISTICAS	LOGO SIEMENS 230rc	SIEMENS S7 1200 CPU 1214	LOGO 7 SIEMENS
Número de E/S	8/4	14/10	8/4
Voltaje de Alimentación	12 VDC	85-264 V AC	DC 24V
Tipo de entradas	12DI-24VDC	14 DI a 24 VDC	4 DI a 24VDC 4AI (0 a 10v)
Tipo de salidas	6 tipo relé	10 DO tipo relés 2 <sup>a</sup>	4do tipo relés
Precio	\$ 200	\$458.55	\$ 95

**Fuente:** (¡LOGO! Siemens, 2023, p. 2)  
**Realizado por:** Lasluisa D., Lozada C.,2023

En la selección de este componente se considera esencial la cantidad de entradas y salidas por el número de actuadores y sensores que dispone el prototipo, además un factor importante es el precio y disponibilidad, por lo cual se escoge el Logo 7 Siemens.

### 3.7.2.2 Módulo de tarjeta interfaz

Se trata de un componente hardware utilizado para proporcionar conexiones de red, lo que significa que puede transmitir señales. En general, la tarjeta de interfaz se ocupa de realizar el control de datos y flujo de señales de módulos que componen el equipo, haciendo de interfaz entre ellos, para esto existen varios tipos como:



**Ilustración 3-35:** Características de módulo de tarjeta interfaz  
**Realizado por:** Lasluisa D., Lozada C.,2023

**Tabla 3-49:** Características para selección de módulo de tarjeta de interfaz

Características	Arduino Nano	Arduino Uno	USB-6009
E. Analógicas	8	6	8
S. Analógicas	5	6	2
E/S Digitales	14	16	13
Voltaje de Alimentación	5-12	7-12	5
Tipo de Alimentación	Batería/USB	Batería/USB	USB

Fuente: (Arrow, 2023, p. 15)

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Para el garantizar el funcionamiento y para un control eficaz en la calibración de rodillos se emplea motores de paso, por lo cual es necesario utilizar el Arduino Nano, ya que este proporciona la cantidad de entradas y salidas adecuadas.

### 3.7.2.3 Sensores para detección y control

- **Selección de sensores para detección (ausencia o presencia de material)**

Dentro de algunas de las funciones del prototipo los sensores actúan como los ojos y oídos del sistema, proporcionando información crucial sobre las características físicas tanto del material dividido como del material por dividir.

El rango de operación del sensor debe ser amplio, así como exacto y preciso durante la ejecución de la actividad, por tanto, una de las características que debe poseer este equipo es tener una velocidad de respuesta media-alta y debe ser capaz de reaccionar a los cambios en la variable detectada en un corto período de tiempo.



**Ilustración 3-36:** Características de sensores de detección

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023



**Tabla 3-50:** Parámetros de los sensores detección material

CARACTERISTICAS	SENSOR ULTRASÓNICO	SENSOR FOTOELÉCTRICO	SENSOR CAPACITIVO
Alimentación	+5v DC	10 – 30v DC	+5v DC
Frecuencia de trabajo	40 KHz	5 – 30 KHz	430THz - 300GHz
Ángulo efectivo	< 15°	22°	35°
Distancia	2 cm a 400 cm	5 m	100 a 550 cm
Resolución	0.3cm	0,7 µm	14 µm

Fuente: (Keyence, 2023, p. 2)

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Para la detección de materiales dentro del proceso de dividido se selecciona un sensor capacitivo debido a su característica de identificación de los objetos metales y no metales la cual le permite distinguir entre materiales basados en sus propiedades térmicas y ópticas por tanto esto lo hace ideal para la detección de láminas sin importar su espesor dentro de la línea de producción de eva así también permite obtener datos precisos y relevantes dentro del escenario de pruebas tanto como la aplicación real, mejorando así la confiabilidad de los sistemas en las operaciones donde se implementan.

- **Selección de sensores para control**

Para esta etapa es esencial considerar varios factores clave, como el rango de medición, la resolución y la frecuencia de muestreo necesarios. Dentro del proceso se evaluará el entorno de operación, basándose en la capacidad del sensor para cumplir con la precisión requerida para la calibración y movimiento de los rodillos, así como la compatibilidad con el sistema de control en general.



**Ilustración 3-37:** Características de sensores de control

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

**Tabla 3-51:** Parámetros de los sensores de control

CARACTERISTICAS	SENSOR ÓPTICO	SENSOR FINAL DE CARRERA	SENSOR INDUCTIVO
Alimentación	1,25 V	250 V	24 V
Corriente máxima	60 mA	16 A	10 A
N.º de pines	4	3	3
Voltaje de Operación	15°- 5vAC	5°-125vAC	15°-24vDC
Temperatura de operación	-85°C a 50°C	-25°C a 85°C	-60°C a +250°C

Fuente: (Keyence, 2023, p. 2)

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Se elige un sensor tipo final de carrera debido a su capacidad para detectar de manera puntual y confiable la posición o el estado final de cada rodillo además que ofrecen una respuesta rápida y su diseño robusto, así como su capacidad para soportar condiciones adversas, ya sean ambientes industriales con vibraciones y polvo, los convierten en una elección confiable para asegurar una operación precisa dentro de la calibración de rodillos.

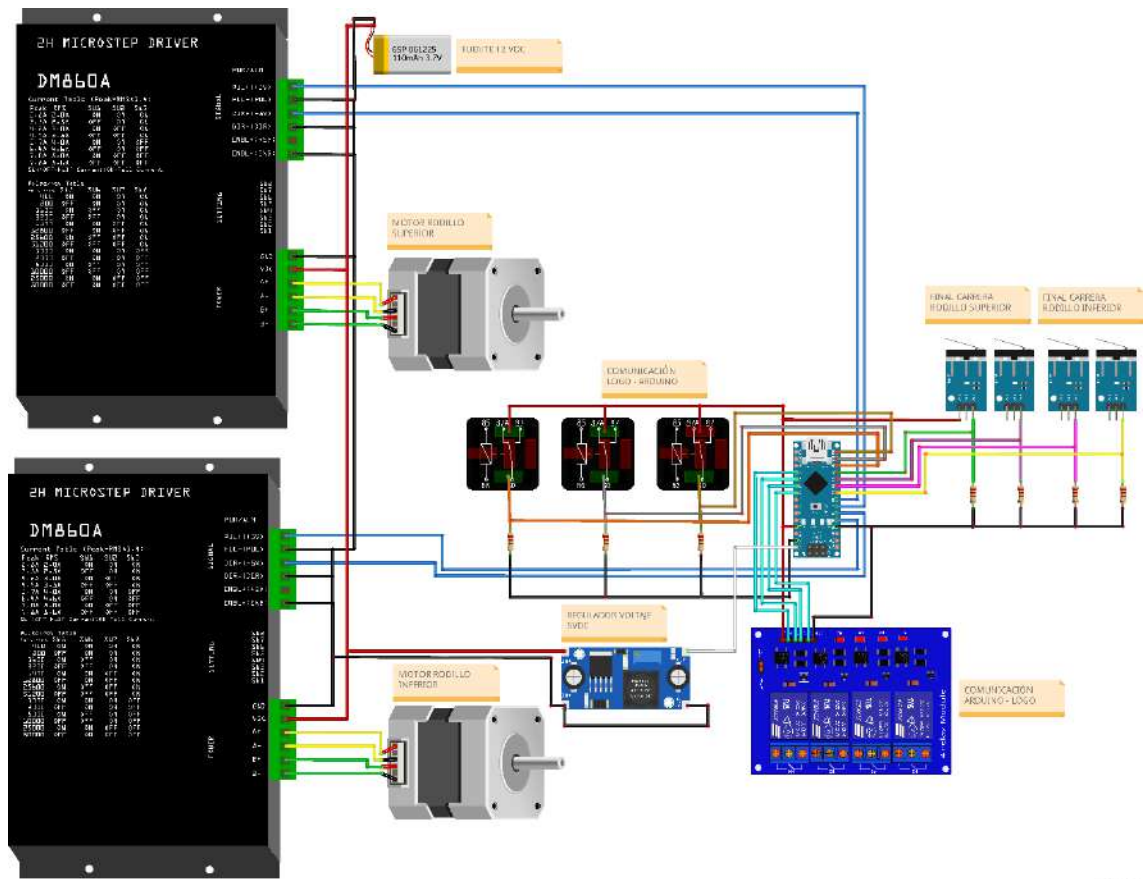
### 3.8 *Conexión del hardware del prototipo*

#### 3.8.1 *Esquema de conexión electrónica del prototipo*

A continuación, se muestra el esquema de conexión de los componentes desarrollados en Fritzing, donde la tarjeta Arduino Nano actuara como interfaz para el control de movimiento de los motores de pasos mediante los drivers controladores, así como la lectura de los sensores finales de carrera de posición de los rodillos y establecer señales de comunicación con el controlador lógico programable principal LOGO 7 de Siemens.

##### 3.8.1.1 *Conexión tarjeta electrónica*

La ilustración 3-38 muestra la conexión de los componentes electrónicos empleados en el prototipo, mismo que para el control de los motores de pasos se realiza a través de líneas de control del driver controlador; para establecer la conexión de los sensores finales de carrera para la detección de la posición de los rodillos se realiza mediante un arreglo PULL-DOWN en forma equivalente se hace la lectura de las señales provenientes de LOGO; finalmente para establecer la comunicación desde Arduino hacia LOGO se hace empleo de un módulo de relés de canales en el que el contacto NO de los relés son conectados a las entradas de LOGO considerando que la conexión será a 110 VAC.



fritzing

**Ilustración 3-38:** Conexión de motores y drivers.

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Las conexiones de las señales de control y fuerza al Arduino nano se detallan en la tabla 3-52.

**Tabla 3-52:** Pines de conexión de los drivers con el controlador

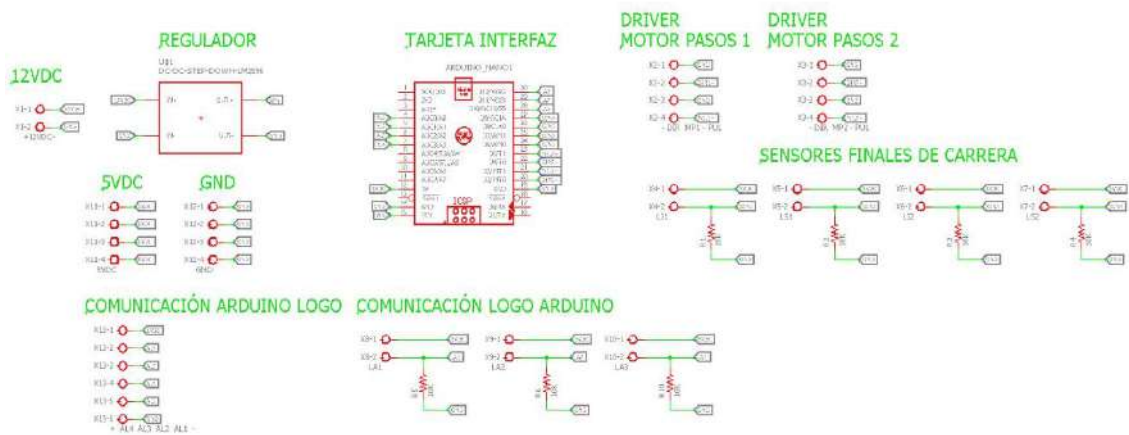
Equipo	Pin	Pin de Controlador Arduino Nano
Driver TBA Motor Rodillo Superior	PUL +	D3
	PUL -	GND Común
	DIR +	D2
	DIR -	GND Común
	V+	12V DC Fuente
	GND	GND Común
	A +	Inicio Primera Bobina del Motor
	A -	Fin Primera Bobina del Motor
	B +	Inicio Segunda Bobina del Motor
B -	Fin Segunda Bobina del Motor	
Driver TBA Motor Rodillo Inferior	PUL +	D5
	PUL -	GND Común
	DIR +	D4
	DIR -	GND Común
	V+	12V DC Fuente
	GND	GND Común

	A +	Inicio Primera Bobina del Motor
	A -	Fin Primera Bobina del Motor
	B +	Inicio Segunda Bobina del Motor
	B -	Fin Segunda Bobina del Motor
Sensores Finales de Carrera	SEN1	D6
	SEN2	D7
	SEN3	D8
	SEN4	D9
Comunicación Logo Arduino (Entradas)	LA1	D10
	LA2	D11
	LA3	D12
Comunicación Arduino Logo (Salidas)	AL1	A0 (D14)
	AL2	A1 (D15)
	AL3	A2 (D16)
	AL4	A3 (D17)

**Realizado por:** Lasluisa D., Lozada C.,2023

### 3.8.1.2 Diseño de la placa electrónica

Una vez establecidos los pines de conexión de los componentes electrónicos del prototipo, se procede a diseñar haciendo uso del software Eagle la placa electrónica que posteriormente será implementada en el prototipo. La ilustración 3-39 muestra el diagrama esquemático de la placa con el objetivo de tener una fácil conexión se hace uso de conectores de bornera distribuidos de forma lógica en la parte inferior a las entradas y superior a las salidas.



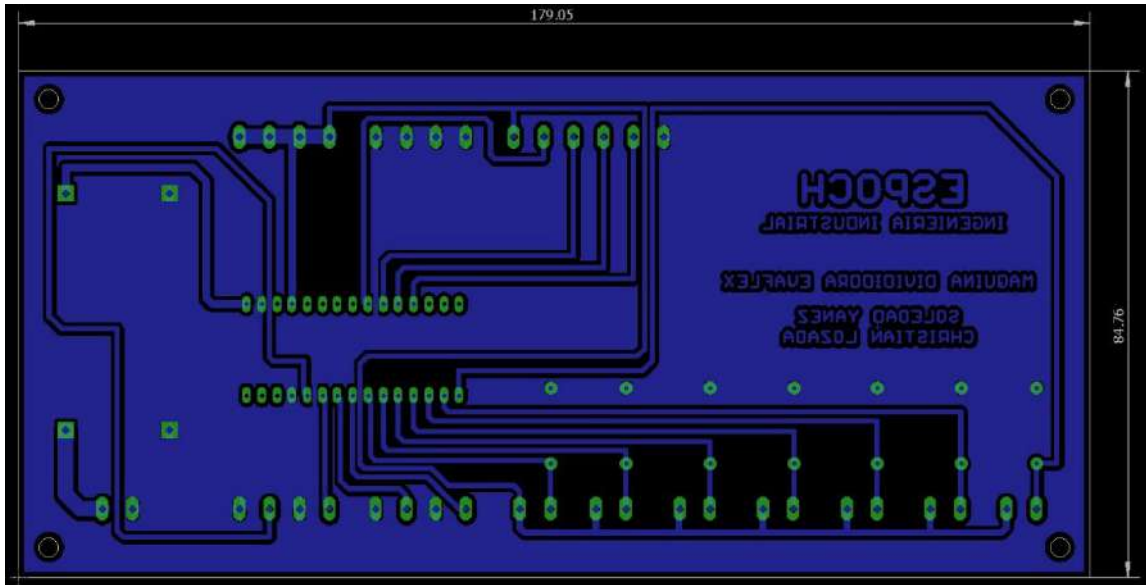
**Ilustración 3-39:** Diagrama esquemático de la placa electrónica.

**Realizado por:** Lasluisa D., Lozada C.,2023

### 3.8.1.3 Diseño PCB de la placa electrónica

La ilustración 3-40 muestra el diseño de la placa de circuito impreso PCB, con dimensiones de 180x85 mm en el que se muestra a la tarjeta de interfaz Arduino nano como elemento de control

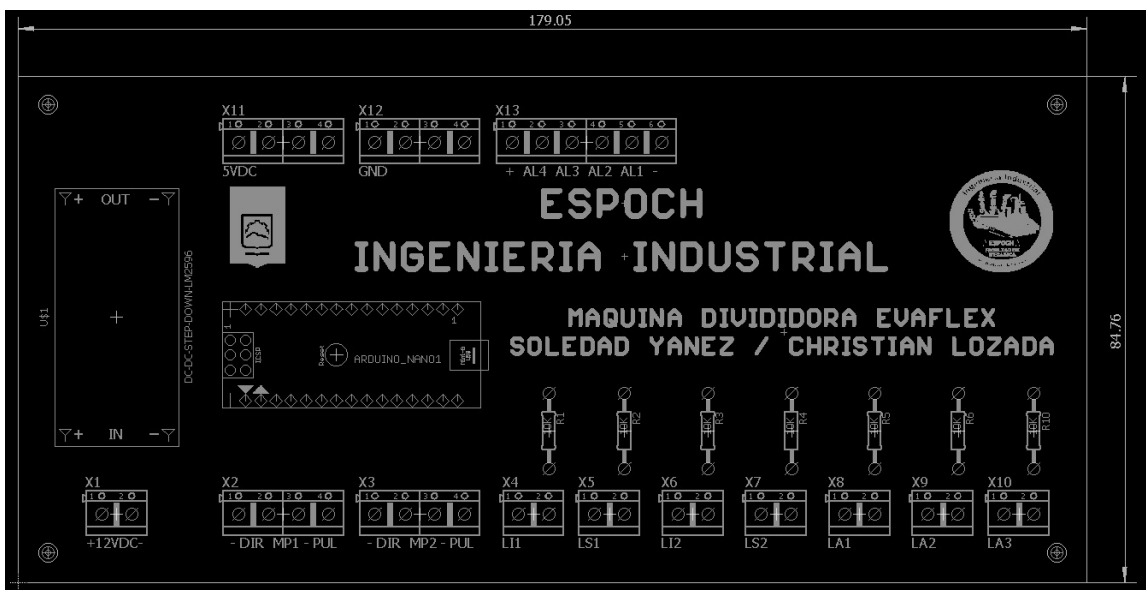
junto al regulador de voltaje a 5 VDC para establecer el funcionamiento a niveles de voltaje adecuados. Además, se puede evidenciar la distribución de las entradas y salidas de la tarjeta.



**Ilustración 3-40:** Diagrama PCB de la placa electrónica.

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Con el objetivo de poder establecer una correcta guía al momento de realizar las conexiones se desarrolla una máscara de componentes, y así poder determinar la correspondencia de conexión de cada uno de los terminales con los que cuenta la placa electrónica, como se evidencia en la ilustración 3-41.



**Ilustración 3-41:** Máscara componentes PCB de la placa electrónica.

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

### 3.8.2 Esquema de conexión eléctrica del prototipo

El controlador lógico programable que efectuara la principal actividad de control del prototipo es el LOGO 7 de Siemens, mismo que por sus características trabajara todas sus señales de entrada y salida a niveles de 110 VAC. Para la protección de los componentes se usa disyuntores para el circuito de control y fuerza. Los componentes de control a emplear para la activación del sistema son pulsadores e interruptores, y como indicadores se utilizan luces piloto de colores.

Para la activación de las cargas de los motores del prototipo se hará uso de contactores y relés con el objetivo de proteger las entradas y salidas del controlador LOGO. A fin de que el tablero a implementar sea de una fácil implementación se hacen uso de borneras de conexión.

#### 3.8.2.1 Tabla de entradas y salidas

Debido a que se requieren una mayor cantidad de entradas y salidas para la conexión de todos los componentes del prototipo se hace empleo de un módulo expansor logrando tener de esta manera 4 entradas y salidas adicionales para nuestro sistema de control. En la tabla 3-53 se muestra el detalle de entradas y salidas, con su asignación de dirección de PLC y descripción.

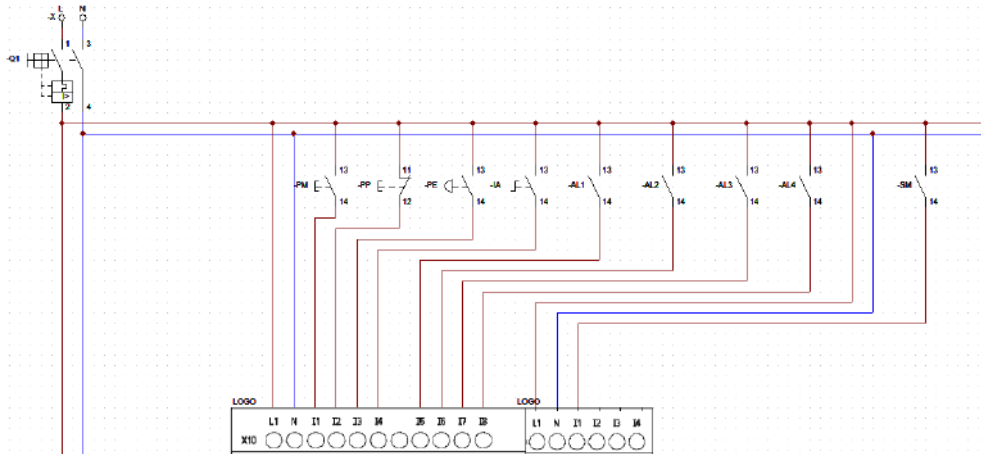
**Tabla 3-53:** Tablas de entradas y salidas del PLC LOGO.

<b>Entrada</b>	<b>Dirección del PLC</b>	<b>Descripción</b>
PM	I1	Pulsador de Marcha
PP	I2	Pulsador de Paro
IA	I3	Interruptor Motores Afiladores
PE	I4	Botón de Emergencia
AL1	I5	Contacto NO AL1
AL2	I6	Contacto NO AL2
AL3	I7	Contacto NO AL3
AL4	I8	Contacto NO AL4
SM	I9	Contacto NO Sensor Detección de Material
<b>Salida</b>	<b>Dirección del PLC</b>	<b>Descripción</b>
MC	Q1	Motor Giro Cuchilla
MR	Q2	Motor Giro Rodillos
MA	Q3	Motores Afilado
MB	Q4	Motor Banda Transportadora
XM	Q5	Indicador Marcha
XP	Q6	Indicador Paro
LA1	Q7	Relé LA1
LA2	Q8	Relé LA2
XA	-	Contacto NO Contactor Motores Afilado

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

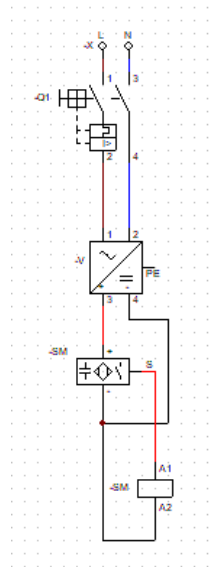
### 3.8.2.2 Diagramas eléctricos

Las entradas, ilustración 3-42, del PLC LOGO 7 son conectadas a 110 VAC, las mismas corresponden a él pulsador de marcha y paro del sistema, el interruptor de accionamiento del afilado, así como el botón de paro de emergencia y contacto de accionamiento del sensor de detección de material. Además, se evidencia la conexión de contactos NO correspondientes a la comunicación desde Arduino haciendo uso de contactos de un módulo de relés.



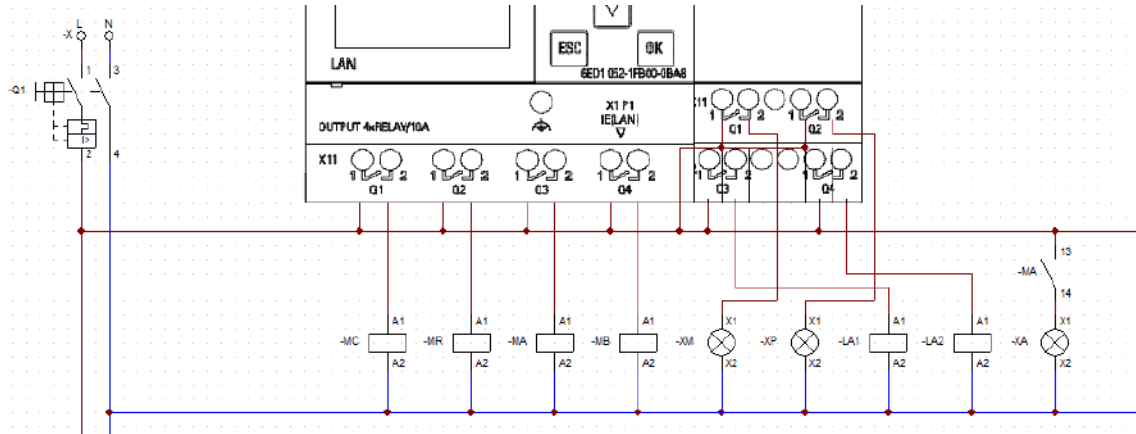
**Ilustración 3-42:** Diagrama de conexión de entradas del PLC.  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Para detectar la presencia del material se hace uso de un sensor capacitivo, mismo que funciona a 24VDC suministrado por una fuente y su conexión es a tres hilos para su conexión con la entrada del PLC se hace uso de un relé activado a 24VDC y mediante el contacto NO del mismo esta sea conectado a la entrada a 110 VAC del PLC LOGO 7 como se muestra en la ilustración 3-43.



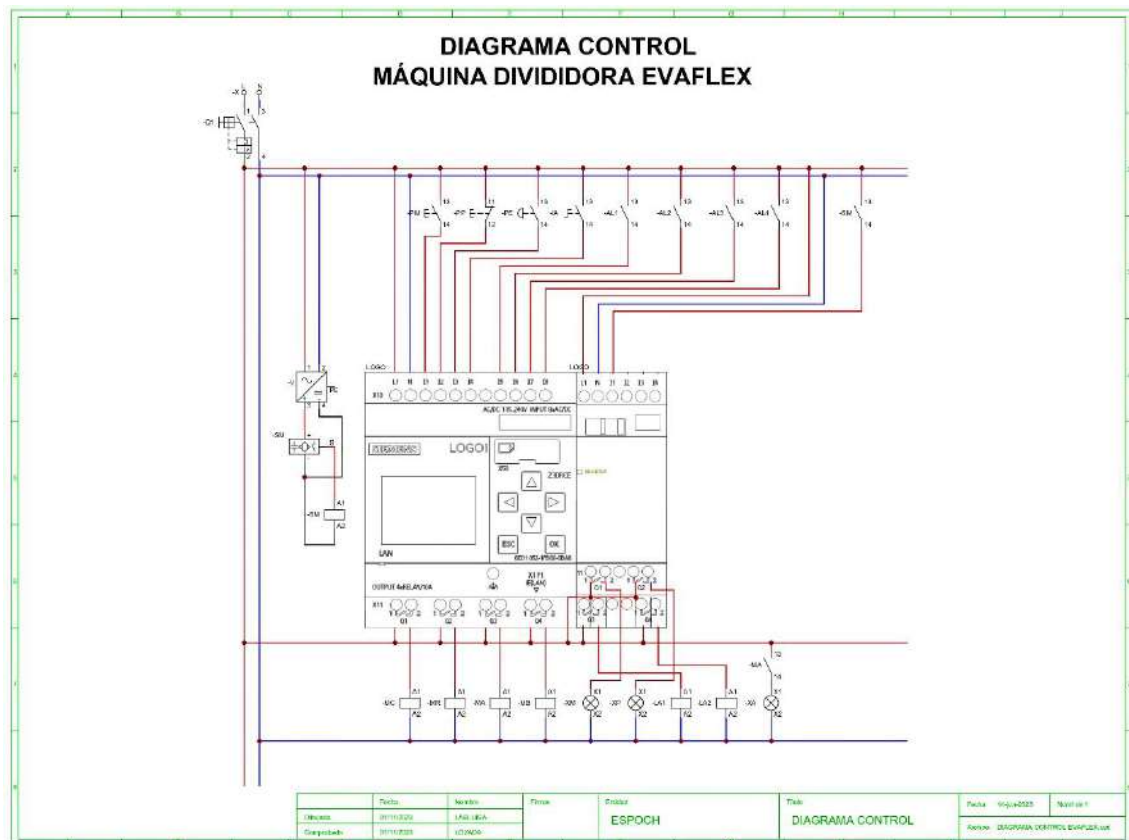
**Ilustración 3-43:** Conexión del sensor de detección de material a la entrada del PLC.  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Para la conexión de las salidas del PLC se hacen uso de salidas tipo relé mismas que están conectadas a las bobinas de 4 contactores a 110 VAC ya que los motores del prototipo tienen un consumo medio de corriente. A su vez también se conectan los elementos señalizadores de encendido, apagado y afilado del sistema, finalmente se conectan a bobinas de relés a fin de establecer la comunicación con Arduino desde LOGO. Como se muestra en la ilustración 3-44.



**Ilustración 3-44:** Diagrama de conexión de salidas del PLC.  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

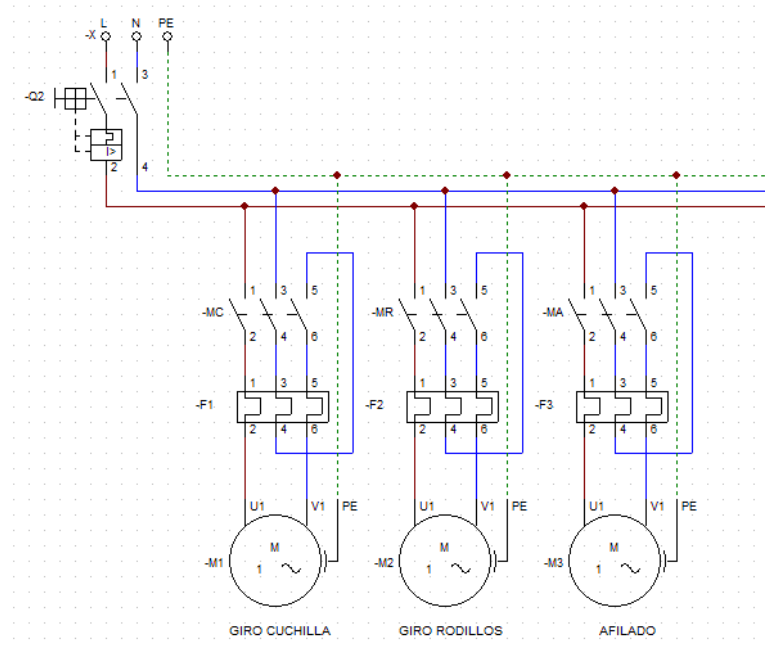
La ilustración 3-45 muestra el diagrama eléctrico de control completo del prototipo.



**Ilustración 3-45:** Diagrama de control del prototipo.  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

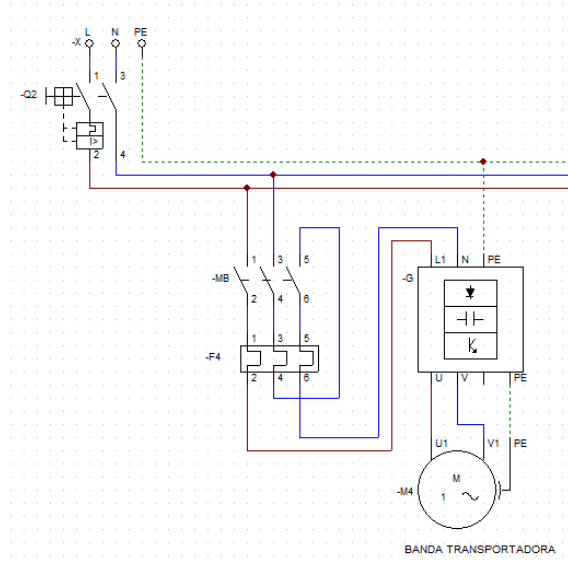


Para la activación de los motores del prototipo se hace uso de los contactos de fuerza de los contactores empleados, considerando que para el motor de la cuchilla, rodillos y afilado no es necesario el control de velocidad. Con el objetivo de salvaguardar la integridad de los mismo se hace empleo de relés térmicos. Por lo que el esquema de conexión de estos se muestra en la ilustración 3-46.



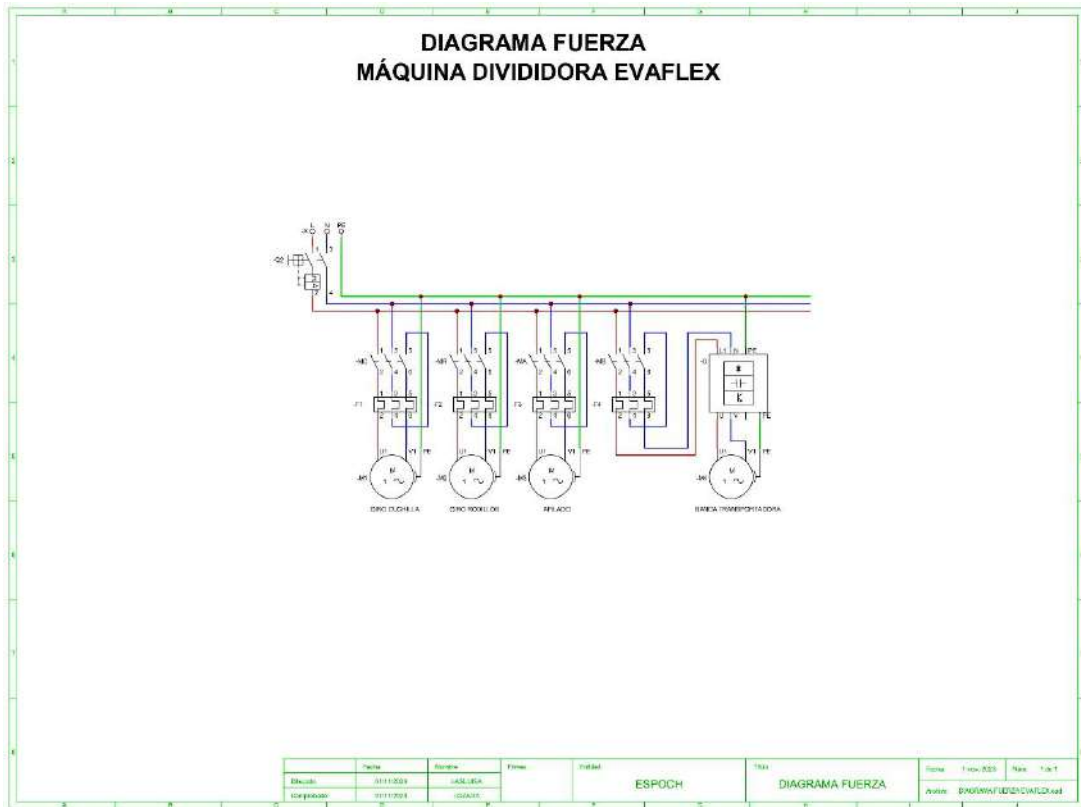
**Ilustración 3-46:** Diagrama de conexión de los motores del prototipo.  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

En cuanto al motor de la banda transportadora es necesario el control de velocidad para realizar las pruebas de calibración del prototipo por ese motivo se hace empleo de un controlador de velocidad monofásico para poder lograr este objetivo, ilustración 3-47.



**Ilustración 3-47:** Diagrama de conexión del motor banda transportadora del prototipo.  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

La ilustración 3-48 muestra el diagrama de fuerza completo del prototipo.



**Ilustración 3-48:** Diagrama eléctrico de fuerza.

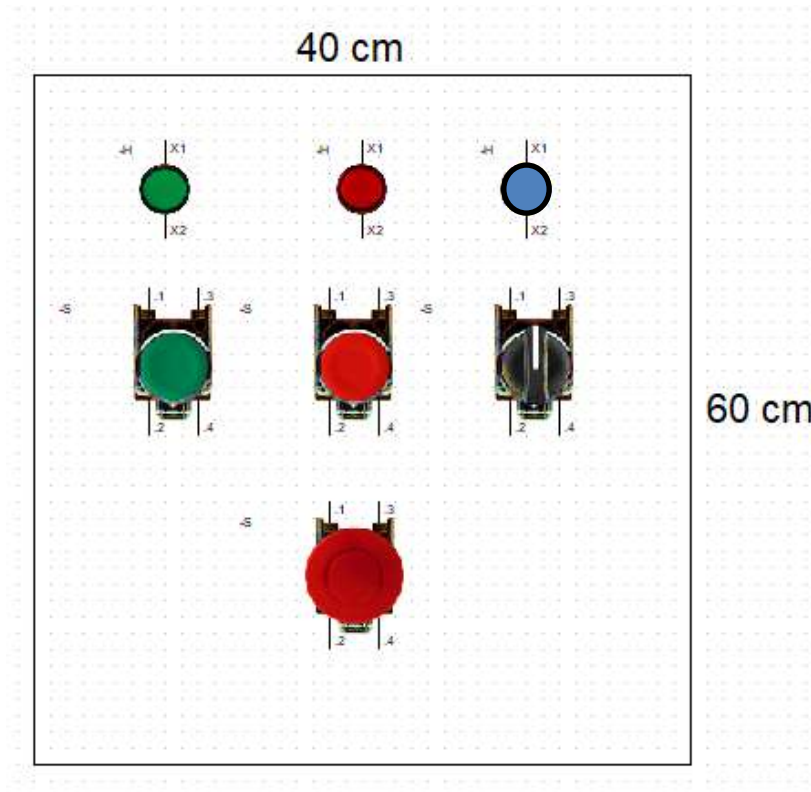
**Realizado por:** Lasluisa D., Lozada C., 2023

### 3.8.2.3 Diseño del tablero de control eléctrico

Definido los esquemas eléctricos de conexión, se procede a diseñar el tablero con todos los componentes descritos, siendo:

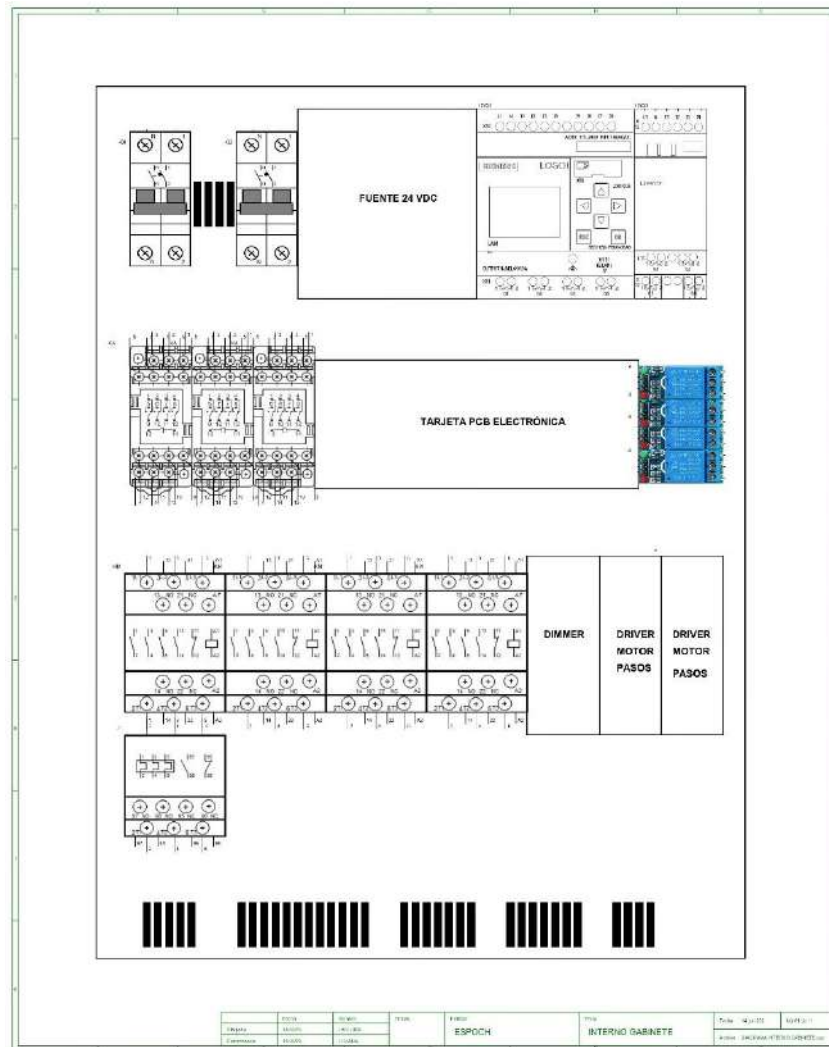
- Controlador LOGO 7.
- Fuente de poder LOGO 24VDC.
- Expansor de entradas y salidas para LOGO 7.
- Contactores de bobina de 110 VAC.
- Relés de bobinas de 110 VAC y 24 VDC.
- Disyuntores.
- Relés térmicos.
- Pulsadores NO y NC.
- Botón de emergencia.
- Luces piloto.
- Borneras de conexión de 3 y 6 mm.
- Riel din y canaleta ranurada.

La ilustración 3-44 muestra el diseño de la parte frontal del gabinete de control eléctrico, de acuerdo a la cantidad de componentes se escoge un tablero de dimensiones de 60x40x20 cm. El gabinete seleccionado es de tipo pesado y es adecuado para instalaciones industriales. En la primera fila se evidencian las luces pilotos de señalización del sistema, en la segunda se ubican los elementos de control pulsadores e interruptor para el control del proceso y en la última fila el botón pulsador de emergencia del prototipo.



La distribución de los elementos internos se realiza mediante la división de 4 filas en la que en la primera se encuentran los elementos de protección de los circuitos de control y fuerza, la fuente de voltaje de 24 VDC, el controlador LOGO 7 así como el expansor de entradas y salidas. En el segundo bloque se encuentra el espacio destinado a la tarjeta electrónica de interfaz para el control de los motores de pasos mediante la señal proveniente de LOGO, así como los relés para establecer la comunicación entre Arduino y el PLC LOGO.

La tercera fila se encuentran los elementos de fuerza contactores, drivers de motores de pasos y el variador de velocidad del motor AC de la banda transportadora. Finalmente, en la última fila se encuentra el bloque de conexión de borneras, con el objetivo de facilitar la conexión de los componentes, así como de las actividades del mantenimiento de este. Todos los elementos son adecuados para instalación sobre riel din y los cables de conexión son guiados mediante el uso de canaletas ranuradas. La ilustración 3-50 muestra el diseño interno del gabinete eléctrico.



**Ilustración 3-50:** Diagrama interno gabinete control.  
 Realizado por: Lasluisa D., Lozada C., 2023

### 3.9 Construcción de prototipo a escala

#### 3.9.1 Construcción sistema mecánico

Como primer paso en base al diseño realizado y una vez seleccionado el material que cumple con las características requeridas, se ejecuta la primera actividad esta se realizó mediante la utilización de una máquina cortadora de chapa, dentro de esta eta se empieza por el posicionamiento de la lámina de material Acero 1040 sobre la superficie de la máquina, posterior a esto se ajustaron las medidas y se alinearon los bordes con las indicaciones. Luego, al activar el mecanismo, la cuchilla descendió con exactitud, aplicando una presión uniforme a lo largo de la lámina logrando cortarla, como se muestra en la ilustración 3-51.



**Ilustración 3-51:** Corte por guillotina de estructura principal  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

### 3.9.1.1 Sistema de Dividido



**Ilustración 3-52:** Poleas de giro  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

- **Poleas de giro.** La construcción de las poleas se lo realizó en base al diseño CAD planteado, de esta manera se obtiene las medidas adecuadas y parámetros a seguir para su construcción, teniendo como dimensiones principales el diámetro de eje y exterior, por otro lado, es necesario realizar 3 perforaciones adicionales y desbastar las poleas con el objetivo de disminuir el peso aplicado en la estructura.

También se mecanizó una pequeña ceja que corresponde al grosor de la cuchilla empleada, para mayor detalle observar el ANEXO D.



**Ilustración 3-53:** Ensamble porta cuchilla  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

- **Porta cuchillas.** La fabricación de este elemento se lo realizó de acuerdo con el material asignado para el prototipo, con esto se evita el riesgo de vibraciones en el dividido además de considerar la posición en la que debe ubicarse para garantizar un soporte fijo con un ángulo adecuado, para el ensamble de se requiere dos placas iguales, existiendo entre ambas un espacio de al menos 1 mm donde irá ubicada la cuchilla. Además, en la parte superior se realiza una modificación en ángulos para recibir el material y dividirlo de tal manera que se produzca un corte uniforme y de alta calidad, para mejor visualización revisar el ANEXO D.

#### 3.9.1.2 Sistema de Rodillos (Calibre)



**Ilustración 3-54:** Rodillo  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

- **Rodillos.** A continuación, como se identifica en el ANEXO D, inicialmente se define las dimensiones para el mecanizado de ambos rodillos para lo cual se mecanizó un eje de transmisión, al portar con medidas no exactas se procese a realizar un corte con la

longitud adecuada mediante una sierra además se brinda un acabado superficial (moleteado) para garantizar el arrastre del material y ambos externos cuentan con un desbaste con el fin de lograr un correcto posicionamiento al momento del ensamble general.



**Ilustración 3-55:** Corona para calibre  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

- **Corona para calibre.** De acuerdo con el ANEXO D se realizó 4 mecanismos giratorios para el calibre que resulta de la unión de una corona a un cuerpo móvil, capas desplazarse verticalmente de acuerdo al trabajo que ejecute un piñón, se comienza con una pieza en bruto cortando la misma a la longitud y diámetro adecuado para mecanizar la tuerca con la ayuda de un torno se crea la forma básica de la tuerca sin fin, esto puede incluir la creación del diámetro exterior, la longitud y la forma general de la tuerca sin aleta.

### 3.9.1.3 Sistema de Rodillos (arrastre)



**Ilustración 3-56:** Caja de transmisión  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

- **Caja de transmisión.** De acuerdo con el ANEXO D, para esta etapa se utiliza maquinaria como tornos y fresadoras, para cortar y dar forma a las placas de acero 1040 y conseguir la carcasa de la caja y las cubiertas, en base a esta se elegirá el tipo de engranajes a implementar, una vez comprobado que los engranajes cumplan con las especificaciones de diseño en cuanto a módulo, número de dientes, ángulo de presión, entre otros, se

ensambla los engranajes, ejes y otros componentes en las carcasas de la caja de transmisión comprobando todos estén alineados correctamente y tengan la holgura adecuada.



**Ilustración 3-57:** Ubicación de cardanes  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

- **Cardanes.** Se empieza por crear las juntas universales que permitirán la transmisión de movimiento a través de ángulos desalineados. Estas juntas consisten en yugos, crucetas y cojinetes, posteriormente se ensamblan en los ejes del cardán, asegurándose de que estén alineadas correctamente para permitir la transmisión suave y eficiente del movimiento finalmente se integra los rodillos en los soportes asegurándose de que estén alineados adecuadamente con la caja de transmisión. Para especificaciones sobre medidas y dimensiones revisar ANEXO D.

#### 3.9.1.4 Sistema de Esmeril



**Ilustración 3-58:** Construcción de Sistema de Esmeril  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Como se observa en el ANEXO D, en este caso la cuchilla requiere un ángulo de afilado específico, por tanto se instala un sistema que permite ajustar y mantener ese ángulo de manera



constante durante todo el proceso, dicho sistema consta de dos piedras de esmeril de forma esférica unidas a un motor HF 120, ubicadas a la altura de las poleas en el extremo superior e inferior, el primer esmeril tiene un giro horario mientras que el esmeril inferior cuenta con un giro antihorario, para esta etapa se optó por la construcción de una estructura de barras roçadas y bisagras con el fin de facilitar la ubicación de cada esmeril.

#### 3.9.1.5 Sistema para transporte de material (Banda Transportadora)



**Ilustración 3-59:** Construcción de Banda Transportadora  
**Realizado por:** Lasluisa D., Lozada C.,2023

Se comienza por construir la estructura base de la banda transportadora, utilizando tool negro adecuado para crear los laterales y plancha de acero para la base, en segundo lugar, se colocan los rodillos en la estructura de la banda transportadora a lo largo de la longitud, así también los sistemas de soporte: rieles o soportes ajustables, al tener una banda transportadora está motorizada, se instala la unidad de accionamiento en la posición adecuada. Esto incluye el motor, las poleas y la cinta de transmisión. Finalmente se alinean todos los componentes, como los rodillos y la unidad de accionamiento, para garantizar un movimiento suave y sin problemas de la banda transportadora.

#### 3.9.1.6 Sistema de acople para giro de material

En primer lugar, se seleccionó un metal resistente y duradero, en este caso se aplicará acero inoxidable mate y aluminio, posteriormente se maquina con precisión para crear las partes del acople tales como, una guía interna y elementos de sujeción con forma cónica para evitar rozamiento y desgaste del material a transportar. Los componentes metálicos se ensamblan de manera segura mediante puntos de suelda, para reducir la fricción y prolongar la vida útil del

acople, la clave en este proceso es garantizar que las tolerancias sean ajustadas para mantener la estabilidad de las planchas de eva, al tiempo que permita el giro libre de la misma.



**Ilustración 3-60:** Construcción de Acople  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

### 3.9.2 Construcción placa electrónica

Para la construcción de la placa electrónica se hace empleo de la técnica de transferencia térmica mediante la impresión del circuito PCB en papel couche con ayuda de una impresora láser, para la transferencia del diseño a la placa se hace uso de una plancha aplicando presión durante un intervalo de tiempo hasta conseguir que se adquiera todo el diseño a la parte de cobre como se puede observar en la ilustración 3-61.



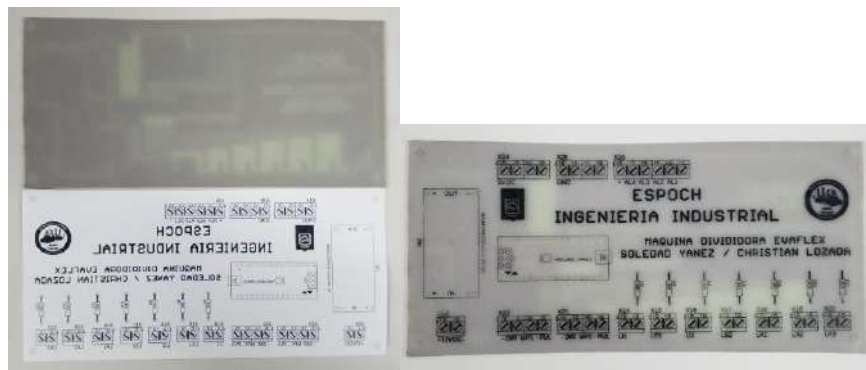
**Ilustración 3-61:** Construcción de Acople  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Transferido el diseño se procede a limpiar la placa y atacar la misma con ácido a fin de que el excedente sea eliminado y solo queden las pistas de cobre del diseño como se muestra en la ilustración 3-62.



**Ilustración 3-62:** Ataque de ácido a placa electrónica.  
 Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Con la primera capa desarrollada se procede a transferir la máscara de componentes en la parte superior de la placa electrónica como se muestra en la ilustración 3-63.



**Ilustración 3-63:** Transferencia máscara de componentes.  
 Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Finalmente, la placa electrónica es perforada para la inserción de los componentes descritos en el diseño, así como su posterior fijación mediante la soldadura de estos teniendo como resultado lo mostrado en la ilustración 3-64.



**Ilustración 3-64:** Placa electrónica PCB implementada.  
 Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

### 3.9.3 Construcción del tablero eléctrico

Para la implementación del tablero del control eléctrico se hace uso de un gabinete metálico dieléctrico de dimensiones: 60x40x20 cm. En el que de acuerdo al diagrama de control y de fuerza se distribuyen los elementos como se muestra en la ilustración 3-65.



**Ilustración 3-65:** Vista interna del gabinete eléctrico.  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Finalmente, los elementos de control e indicadores son ubicados en la parte frontal del gabinete, ilustración 3-66.



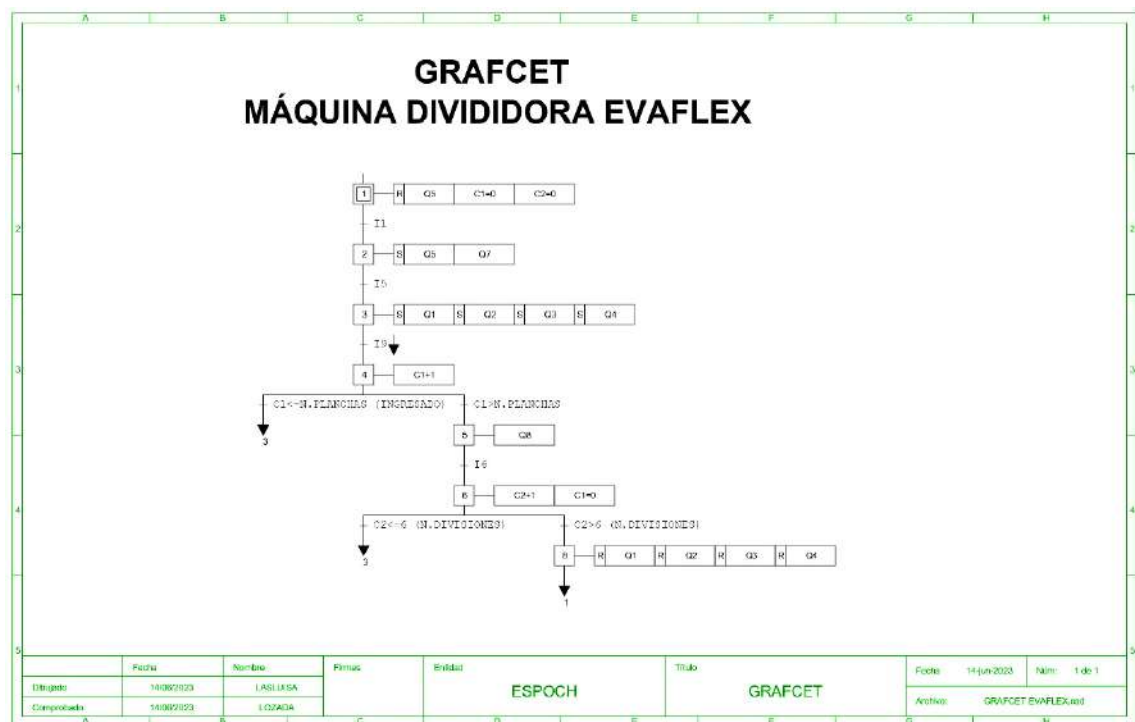
**Ilustración 3-66:** Vista frontal del gabinete eléctrico.  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

### 3.10 Programación del prototipo

La programación del funcionamiento del prototipo se desarrolló en el PLC LOGO 7 apoyados del software Logosoft así como de la tarjeta de interfaz Arduino nano mediante el Arduino IDE; como se comentó el controlador LOGO 7 tendrá el control de todo el proceso de la máquina y empleará sus salidas para comunicarse con Arduino y permitir el accionamiento de los motores de pasos para efectuar el proceso de calibración.

#### 3.10.1 Graficet del prototipo

La ilustración 3-67 muestra el diagrama graficet implementado en el prototipo, en el cual se hace uso de 7 etapas, considerando que el usuario ingresa el número de planchas por lote que se va a cortar previo al inicio del proceso.



**Ilustración 3-67:** Graficet del prototipo.

**Realizado por:** Lasluisa D., Lozada C., 2023

Al iniciar con el pulsador de marcha la primera acción que realiza es activar una salida que es captada por la tarjeta de interfaz para iniciar con el posicionamiento cero de los rodillos. Culminado este proceso la tarjeta informa al LOGO que está listo e inicia el arranque de los motores del sistema. Dejando a la maquinaria lista para que el operario ingrese el material a ser cortado, durante el proceso de corte el material es detectado por el sensor de detección de material y mediante una detección de flanco negativo se permite conocer que la plancha ha sido cortada

en su totalidad permitiendo el ingreso de una nueva e incrementando un contador para control de planchas cortadas. Este proceso se repite hasta alcanzar el número de planchas ingresadas.

Culminado el corte con la primera calibración de los rodillos de la totalidad de producto ingresado, LOGO envía una nueva señal mediante la activación de una de sus salidas hacia la tarjeta interfaz, misma que recepta la señal y procede a la calibración de los siguientes niveles de corte donde al terminar la calibración la tarjeta informa a LOGO que está realizada la calibración y permite que se ingrese el material nuevamente hasta completar los 7 cortes establecidos para dejar al material con un espesor de 5 mm a partir de un ancho inicial de 40 mm.

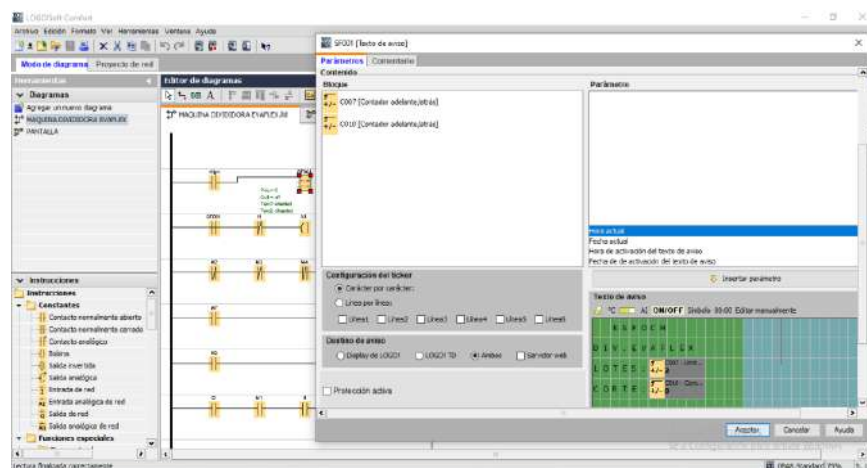
Finalizado el proceso los motores se detienen dejando listo al sistema para el corte de un nuevo lote, donde podrá definir la cantidad de planchas o continuar con la ya ingresada.

### 3.10.2 Programa del PLC LOGO 7

Para efectuar la programación del controlador una vez definido el graficet para dar la secuencia lógica de funcionamiento que tendrá el proceso y basados en las tablas de entradas y salidas designadas se procedió a pasar el Graficet dentro de Logosoft a un diagrama Ladder.

#### 3.10.2.1 Ingreso de cantidad de planchas en LOGO

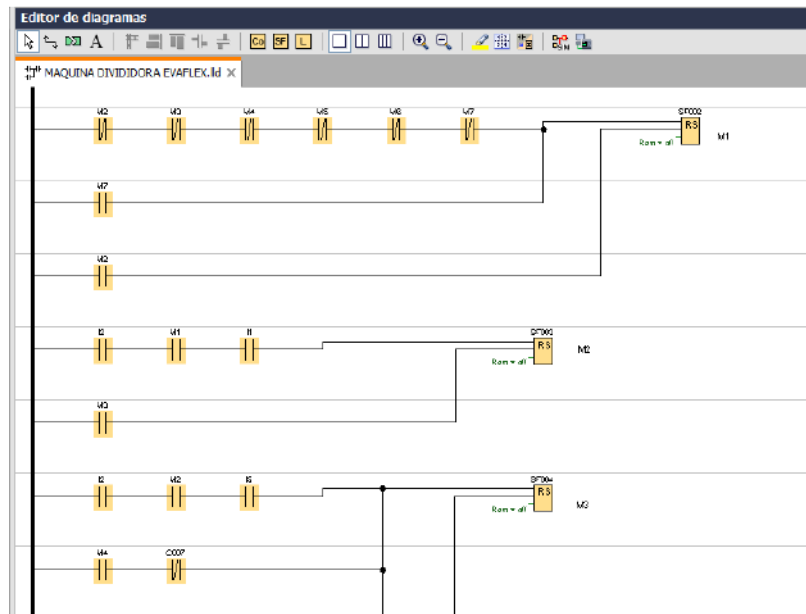
Para el ingreso de la cantidad de planchas a cortar por lotes se hace uso del display con el que viene equipado el LOGO 7, de esta manera el operario puede visualizar la cantidad a cortar, así como el número de planchas cortadas. La ilustración 3-68 muestra el bloque en el que se establece la variable de límite de contador misma que puede ser modificada de forma directa en LOGO haciendo uso de las teclas con las que viene equipado.



**Ilustración 3-68:** Ingreso de lotes en pantalla de LOGO 7.  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C., 2023

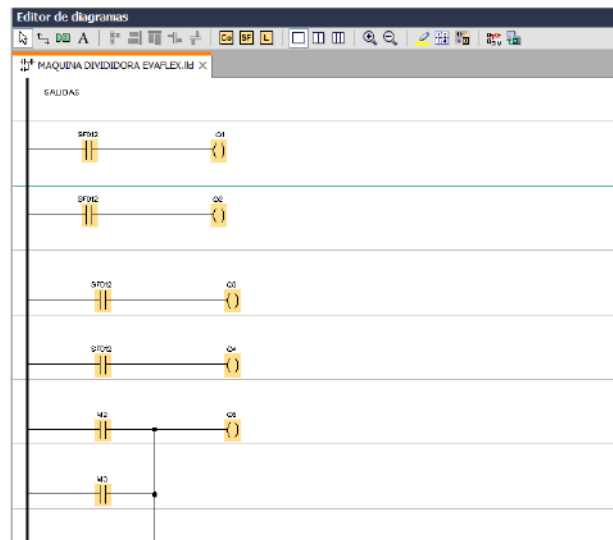
### 3.10.2.2 Programa principal

Para el programa principal se siguió la lógica de desarrollo del proceso para escribir el programa en lenguaje de contactos Ladder, en la ilustración 3-69 se muestra parte del programa implementado a partir del Grafcet desarrollado. Al final de cada bloque de programación se detalla la memoria de la etapa programada para una mejor comprensión.



**Ilustración 3-69:** Programación Ladder del prototipo en LOGO 7.  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Culminado con la programación de todas las etapas se procede a asignar a las memorias la activación de las salidas como se establece en el Grafcet, la ilustración 3-70 muestra parte de la asignación de salidas dentro del programa.

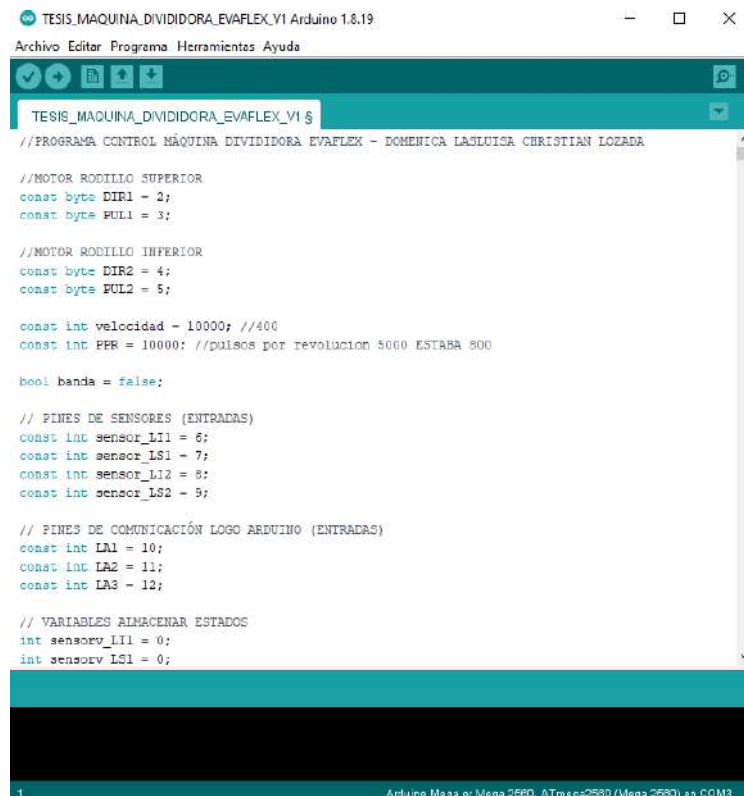


**Ilustración 3-70:** Programación salidas Ladder del prototipo en LOGO 7.  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

### 3.10.3 Programa tarjeta interfaz Arduino

#### 3.10.3.1 Designación de entradas y salidas

Para la programación dentro de Arduino Ide se inicia con la asignación de entradas y salidas declaradas para el control de todos los componentes descritos en la tarjeta electrónica como se aprecia en la ilustración 3-71.

The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. The title bar reads 'TESIS\_MAQUINA\_DIVIDIDORA\_EVAFLEX\_V1 Arduino 1.8.19'. The menu bar includes 'Archivo', 'Editor', 'Programa', 'Herramientas', and 'Ayuda'. The main editor area contains the following code:

```
TESIS_MAQUINA_DIVIDIDORA_EVAFLEX_V1 $
//PROGRAMA CONTROL MÁQUINA DIVIDIDORA EVAFLEX - DOMENICA LASLUISA CHRISTIAN LOZADA

//MOTOR RODILLO SUPERIOR
const byte DIR1 = 2;
const byte FUL1 = 3;

//MOTOR RODILLO INFERIOR
const byte DIR2 = 4;
const byte FUL2 = 5;

const int velocidad = 10000; //400
const int PFR = 10000; //pulsos por revolucion 5000 ESTABA 800

bool banda = false;

// PINES DE SENSORES (ENTRADAS)
const int sensor_L11 = 6;
const int sensor_LS1 = 7;
const int sensor_L12 = 8;
const int sensor_LS2 = 9;

// PINES DE COMUNICACIÓN LOGO ARDUINO (ENTRADAS)
const int LA1 = 10;
const int LA2 = 11;
const int LA3 = 12;

// VARIABLES ALMACENAR ESTADOS
int sensorv_L11 = 0;
int sensorv_LS1 = 0;
```

The status bar at the bottom indicates 'Arduino Mega or Mega 2560, ATmega2580 (Mega 2580) on COM3'.

**Ilustración 3-71:** Declaración de entradas y salidas en Arduino.  
**Realizado por:** Lasluisa D., Lozada C.,2023

#### 3.10.3.2 Programación calibración de los rodillos

Para la calibración de los rodillos se hace uso de las salidas que controlan el driver de los motores de paso, y mediante el control de la cantidad de giros que da el motor NEMA 23 se puede establecer la cantidad de milímetros que el rodillo avanza o retrocede.

La ilustración 3-72 muestra la programación de la posición inicial que se establece al iniciar el programa, comando que es enviado por LOGO e interpretado por Arduino. Haciendo uso de las lecturas de los sensores finales de carrera se establece la dirección de giro continuo para los rodillos, hasta que estos sean censados y establecer así la posición inicial y posterior detención de



movimiento de los motores. Para gobernar el movimiento de los motores mediante el pin DIR se establece la dirección de giro y mediante PUL se establece la cantidad de giros estableciendo que se necesitan de 200 pulsos para que el motor de una revolución completa.

```

void posicion_inicial() {
  digitalWrite(DIR1,HIGH); // MOVIMIENTO RODILLO SUPERIOR - SUBE
  sensorv_LS1 = digitalRead(sensor_LS1);
  while (sensorv_LS1 == LOW) {
    sensorv_LS1 = digitalRead(sensor_LS1);
    for(int x = 0; x < 200; x++) { // POS 0
      digitalWrite(PUL1,HIGH);
      delayMicroseconds(velocidad);
      digitalWrite(PUL1,LOW);
      delayMicroseconds(velocidad);
    }
  }

  digitalWrite(DIR2, HIGH); // MOVIMIENTO RODILLO INFERIOR - BAJA
  sensorv_LI2 = digitalRead(sensor_LI2);
  while (sensorv_LI2 == LOW) {
    sensorv_LI2 = digitalRead(sensor_LI2);
    for (int i = 0; i < 200; i++){
      digitalWrite(PUL2, HIGH);
      delayMicroseconds(velocidad);
      digitalWrite(PUL2, LOW);
      delayMicroseconds(velocidad);
    }
  }
}

```

**Ilustración 3-72:** Programación posición inicial de los rodillos.  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

### 3.10.3.3 Programación secuencia de etapas

Ya que el controlador principal efectúa un programa secuencial descrito por etapas en Arduino se hace una programación similar en el que mediante el uso de funciones se establecen el número de etapas según la calibración de corte necesaria. Estableciendo saltos a cada una de ellas e informando al finalizar a LOGO mediante la activación de una salida que es interpretada por el controlador como se aprecia en la ilustración 3-73.

```

void etapa_1() {
  v_LA1 = digitalRead(LA1);
  while (v_LA1 == LOW) {
    v_LA1 = digitalRead(LA1);
    if (v_LA1 == HIGH) {
      posicion_inicial(); // POSICION INICIAL CALIBRACIÓN 5 MM

      digitalWrite(DIR1,LOW); // MOVIMIENTO RODILLO SUPERIOR - BAJA
      for(int x = 0; x < 500; x++) { // POS 1
        digitalWrite(PUL1,HIGH);
        delayMicroseconds(velocidad);
        digitalWrite(PUL1,LOW);
        delayMicroseconds(velocidad);
      }

      digitalWrite(DIR2,LOW); // MOVIMIENTO RODILLO INFERIOR - SUBE
      for(int x = 0; x < 400; x++) { // POS 1
        digitalWrite(PUL2,HIGH);
        delayMicroseconds(velocidad);
        digitalWrite(PUL2,LOW);
        delayMicroseconds(velocidad);
      }

      digitalWrite(AL1, LOW);
      delay(500);
      digitalWrite(AL1, HIGH);
      delay(500);
    }
  }
  etapa_2();
}

```

**Ilustración 3-73:** Programación etapas en Arduino.  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En primer lugar, se diseñó un protocolo de pruebas que incluía la definición de los parámetros clave a evaluar, como la velocidad de corte, la precisión en la división de materiales y la resistencia de los componentes, con el fin de representar con precisión las condiciones reales de uso de la máquina, considerando aspectos como el grosor y la dureza del material a dividir y que el prototipo podría ser sometido a múltiples ciclos de operación.

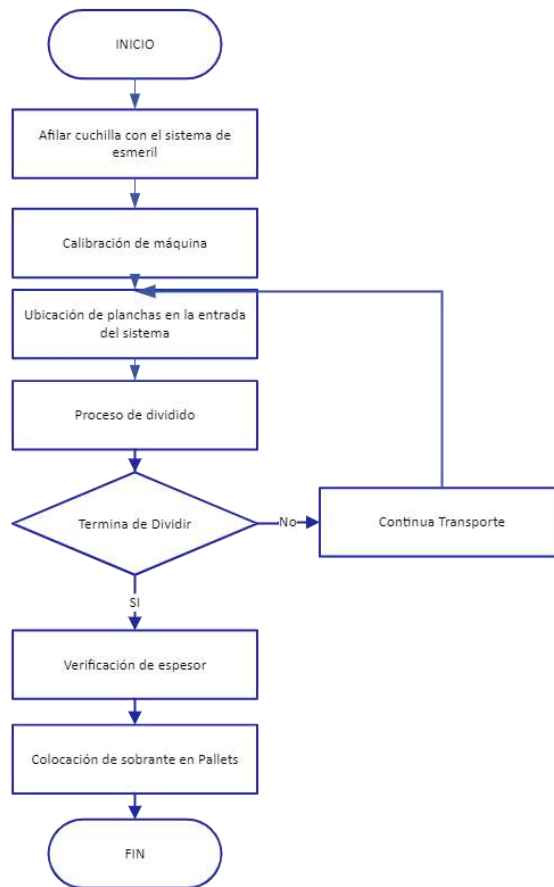
Se optó por describir la actividades realizadas dentro del prototipo para un correcto funcionamiento por tanto, está constituido por una serie de pasos lo cual inicia desde el afilado de cuchilla, continua con la calibración de los rodillos en cuanto se refiere al espesor que debe portar cada planchas, seguido de operaciones manuales donde el operario ubica la materia prima en la entrada de la máquina para continuar con el dividido, en donde, se verifica su calibre y calidad para finalmente ser colocadas en un pallet de producto terminado. Durante toda el desarrollando de pruebas dentro de prototipo se implementarán los siguientes parámetros:

**Tabla 4-1:** Parámetros de ejecución

PARÁMETROS DE EJECUCIÓN	
Cantidad de operarios	1
Turnos	2
Horas por turno	3
Tipo de instalación	Instalación fija
Formato por dividir	50x50 mm

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Es importante destacar que la construcción del prototipo tiene como finalidad el disminuir la cantidad de operarios, así como maximizar la producción, haciendo uso de la automatización y la optimización de procesos tratando de reducir la dependencia de mano de obra humana con el fin de aumentar la eficiencia. Dentro del prototipo se propone el cumplir una jornada laboral de 6 horas en total divididas en 2 turnos ya que este comprobará la rentabilidad de la propuesta con el cumplimiento de los objetivos en este marco de tiempo, de esta forma se busca minimizar los costos operativos y se maximizar el uso de materia prima comprobando que la organización y gestión efectiva de los recursos y el tiempo de trabajo son fundamentales para optimizar la productividad.










**Ilustración 4-1:** Diagrama de proceso prototipo a escala  
 Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

#### 4.1 Medidas de mantenimiento en prototipo

La implementación de medidas preventivas de mantenimiento dentro del prototipo permitirá asegurar el funcionamiento constante y seguro de la máquina, evitando tiempos de inactividad no planificados y garantizando la calidad y precisión de los productos fabricados. Un mantenimiento preventivo periódico incluye en primera instancia la identificación de sistemas y sus necesidades conforme a la función que cumplan dentro de la producción. Al llevar a cabo estas tareas de manera sistemática, se podrán identificar y abordar problemas potenciales antes de que se conviertan en fallas costosas o peligrosas, dicho plan mejorara la eficiencia operativa, además de contribuir a la seguridad de los operadores, reduciendo el riesgo de accidentes laborales para optimizar el rendimiento y prolongar la vida útil del prototipo, al tiempo que se garantiza un entorno de trabajo más seguro y productivo. Para iniciar con las operaciones se requiere seguir indicaciones como precauciones para cada uno de los sistemas de tal manera que se revisan varios puntos de control con la finalidad de garantizar la calidad del producto y posibles daños en la maquinaria por lo cual se plantea el siguiente diagrama:

**Tabla 4-2:** Reconocimiento de medidas preventivas en el prototipo

		<b>Industrias Diversas</b>		
<b>Elaborado por:</b>		Lasluisa Doménica, Lozada Christian		
<b>Fecha de Realización:</b>		27/06/2023		
Sistema	Indicaciones	Puntos de control	Seguridad	Mantenimiento
<b>Dividido</b>	Verificar que no exista obstrucciones dentro del sistema	Tensión adecuada de la cinta cuchilla		Revisar que no exista fisuras
<b>Calibración de rodillos</b>	Controlar la posición inicial y nivel de los rodillos	Lubricación en los engranajes tanto superior como inferior		Calibrar el nivel de los rodillos
<b>Arrastre de rodillos</b>	Observar el acabado de cada uno de los rodillos	Determinar presión idónea para el arrastre del material		Verificar estado de engranajes de transmisión
<b>Esmeriles</b>	Revisar calidad del afilado	Estado de piedras esmeriladas		Observar posición de esmeriles sea el indicado
<b>De transporte</b>	Comprobar limpieza adecuada en la banda transportadora	Velocidad adecuada		Verificar superficie adecuada
<b>Acople</b>	Observar que la banda tenga la superficie adecuada	No exista material en medio del acople.		Revisar guías internas


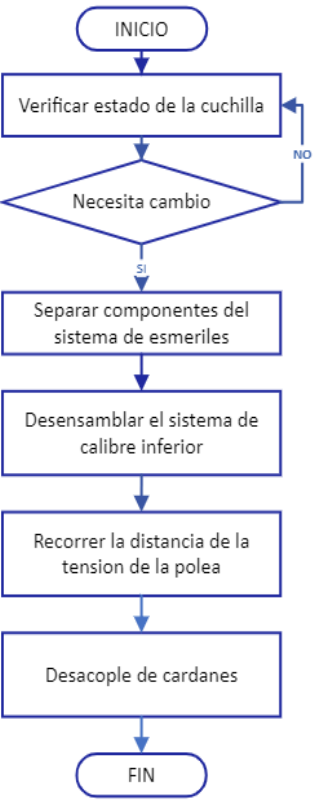
**Realizado por:** Lasluisa D., Lozada C., 2023

Las actividades mencionadas se deben llevar a cabo durante el inicio de la jornada laboral como una inspección visual para que el prototipo trabaje de forma eficiente, además, de cumplir con las normas de seguridad y los estándares de la empresa, por tanto, se debe mantener un registro detallado de todas las actividades de mantenimiento, con el fin de que se permita un seguimiento y una evaluación constantes. En última instancia, la cultura de seguridad y la diligencia en la implementación de medidas preventivas son clave para mantener un entorno de trabajo seguro y eficiente.

#### 4.1.1 Identificación del sistema crítico

Una parte fundamental e indispensable en el funcionamiento del prototipo se trata de la cuchilla tipo cinta, ya que esta tiene una relación directa con la calidad del corte de las láminas de eva y también influye durante todo el proceso de fabricación por lo cual debe encontrarse en un estado óptimo sin ningún tipo de fisuras y con condiciones de afilado idóneas que no representen ningún tipo de inconveniente, por estas razones se considera como una parte crítica para el proceso, ya que dicho componente sufre un desgaste considerable en relación con el tiempo de trabajo por lo que es necesario establecer un procedimiento para la sustitución e incorporación de una nueva herramienta según sea necesario.

**Tabla 4-3:** Diagrama para cambio de cuchilla


		<b>Industrias Diversas</b>
<b>Flujograma:</b>		Proceso de cambio de cuchilla
<b>Elaborado por:</b>		Lasluisa Doménica, Lozada Christian
<b>Fecha de Realización:</b>		20/06/2023
Actividad / Procesos	Descripción	Herramientas
	Se evalúa las condiciones de la cuchilla tales como si existe fisuras y el ancho adecuado de esta	Revisión Visual
	Desmontar sistema de esmeriles que sirve para el afilado de la cuchilla	Hexagonal 3 y 6 mm Llave de tuercas Nro. 19
	Se retira la varilla inferior conjunto el piñón y corona de calibre	Hexagonal 3 mm
	Ceder en el ajuste de la polea para retirar la cinta cuchilla	Llave de tuercas Nro. 17 Hexagonal 5mm
	Separar los cardanes para lo cual se requiere desajustar los acoples.	Hexagonal 3 y 6 mm Llave de tuercas Nro. 17
	FIN	

**Realizado por:** Lasluisa D., Lozada C.,2023

#### 4.2 Plan de mantenimiento (semestral)

Para prolongar la vida útil del prototipo es indispensable establecer un plan riguroso de mantenimiento de esta forma se logra asegurar la continuidad de las operaciones durante la jornada laboral, la calidad de los productos y la seguridad no solo de la infraestructura sino de los operarios también de tal manera que se obtenga un proceso eficiente, donde se evite la inactividad del prototipo evitando que se genere perdidas, reduciendo costos y riesgos asociados. A través de programas de mantenimiento preventivo adecuados, se pueden identificar y abordar problemas potenciales para lo cual se presenta el siguiente esquema con un plan de mantenimiento preventivo semestral:

**Tabla 4-4:** Plan de mantenimiento

				<b>Industrias Diversas</b>																											
				Plan de Mantenimiento																											
<b>Elaborado por:</b>				Lasluisa Doménica, Lozada Christian																											
<b>Fecha de Realización:</b>				23/06/2023																											
Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero											
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C., 2023

Código	Actividades Por Realizar
	Lubricación de engranajes
	Ajuste de tensión de cuchilla
	Rectificado de acabado de rodillos
	Cambio de poleas
	Cambio de cuchilla

Las actividades anteriormente mencionadas tienen una influencia directa en el proceso del prototipo, por lo cual se han establecido el tiempo en el cual deben ser ejecutadas cabe resaltar que estas pueden variar según el estado de los componentes.

### 4.3 Consumo de energía real y teórico dentro del prototipo

Esta etapa se basó en el estudio y selección de motores realizada anteriormente teniendo en cuenta la corriente nominal de cada uno, así como el trabajo que realiza dentro de la construcción y posterior funcionamiento del prototipo con el fin de calcular el consumo de energía real que utilizará la máquina durante el proceso de dividido.

**Tabla 4-5:** Consumo eléctrico teórico de los motores dentro de prototipo

ELEMENTO	VOLTAJE	CORRIENTE	ACTIVIDAD
W22 MONOFÁSICO	220 V	5,8 A	Velocidad de poleas de giro
E143/5T MONOFÁSICO	220 V	5,8 A	Velocidad de rodillos con motorreductor
MOTOR TOP LOAD PSC	127 V	3,8 A	Banda transportadora con variador de velocidad
PASO A PASO NEMA 23	24 V	2,8 A	Control de rodillo superior
PASO A PASO NEMA 23	24 V	2,8 A	Control de rodillo inferior
MOTOR HF120	110 V	1,5 A	Control de esmeril
MOTOR HF120	110 V	1,5 A	Control de esmeril

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

A continuación, se muestran el consumo de energía correspondiente durante la fase operativa del prototipo en cada sistema.

#### ETAPA 1 (Encendido)

- **Sistemas: Transporte, Esmeril, Dividido, Calibración y Arrastre**

**Tabla 4-6:** Consumo eléctrico etapa 1

ESTADO					CONSUMO		
Motor Poleas	Motor A Rodillos	Motor C Rodillos	Motor esmeril	Motor banda	Voltaje	Corriente	Potencia
OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	0 V	0 A	0 W
ON	ON	ON	ON	ON	12 V	14.83 A	1632.73 W

Lasluisa D., Lozada C.,2023

#### ETAPA 2 (Dividido)

- **Sistemas: Transporte, Dividido, Calibración y Arrastre**

**Tabla 4-7:** Consumo eléctrico etapa 2

ESTADO					CONSUMO		
Motor Poleas	Motor A Rodillos	Motor C Rodillos	Motor Esmeril	Motor banda	Voltaje	Corriente	Potencia
OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	0 V	0 A	0 W
ON	ON	ON	OFF	ON	12 V	14.34 A	1576.96 W

Lasluisa D., Lozada C.,2023

El consumo de energía del funcionamiento del sistema electromecánico depende de la activación y desactivación de los motores acorde a la fase de funcionamiento del prototipo:

- Dentro de la etapa 1 la cual es el encendido completo de la maquinaria se registra mayor consumo ya que se contempla el uso de todos los motores implementados dentro del prototipo.
- En la etapa 2 se apaga el sistema de esmeril lo cual registra disminución leve dentro del consumo de energía.

Por tanto, el consumo de energía dentro del prototipo no excede su capacidad lo que significa que sus componentes y sistemas de energía están adecuadamente dimensionados para la carga de trabajo prevista, lo cual indica que el prototipo no está utilizando más energía de la necesaria, evitando el desperdicio de recursos. Además, de obtener un prototipo más sostenible, reduciendo costos operativos y la huella ambiental demostrando la viabilidad y éxito a largo plazo de la propuesta.

#### 4.4 Prueba de sincronización de motores (con rpm)

- **Motores cuchilla – rodillos para arrastre haciendo uso de un motorreductor**

La relación entre la velocidad de corte y la velocidad de arrastre en una máquina es un factor crítico en la mecanización de procesos industriales en cuanto no referimos a la obtención de láminas de alta calidad. En particular, para el funcionamiento del prototipo se fija una velocidad de corte de 1700 revoluciones por minuto (rpm) según la selección de motores realizada, por lo cual es esencial que la velocidad de arrastre sea ajustada adecuadamente para lograr un mecanizado eficiente y de alta calidad. Dentro de la máquina divididora, la velocidad de corte determina la norma a la que se retira material del segmento de trabajo, mientras que la velocidad de arrastre de los rodillos controla la velocidad a la que la herramienta se desplaza a lo largo de la superficie de la plancha.

**Tabla 4-8:** Prueba de sincronización motores (cuchilla-rodillos)

N.º de Prueba	Velocidad de Corte (rpm)	Velocidad de rodillos para arrastre (rpm)	Corte Correcto/Incorrecto
1	1700	40	⊗
2	1700	45	⊙



3	1700	50	⊗
4	1700	55	⊗
5	1700	60	⊗
6	1700	65	⊗
7	1700	70	⊗
8	1700	75	⊗
9	1700	80	⊗
10	1700	85	⊗

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

En consecuencia, la atención meticulosa a la relación entre estas dos velocidades es fundamental para el éxito de cualquier operación de mecanizado dentro de la máquina divisoria, en las pruebas de campo realizadas en el prototipo se obtuvo un equilibrio adecuado entre ambas velocidades cuando los rodillos alcanzaron 45 rpm por tanto fijar esta velocidad es crucial para evitar daños en cuchilla y rodillos, minimizar la generación de calor y garantizar un acabado preciso y uniforme de cada lámina.

- **Motores rodillos para arrastre - banda transportadora haciendo uso de regulador de velocidad**

Esta calibración garantiza que los motores de la maquinaria funcionen en perfecta armonía, lo que se traduce en un corte preciso y uniforme del material. Con esta la sincronización de motores se busca evitar problemas como cortes desiguales, desperdicio de material y un mayor desgaste de las cuchillas, lo que podría aumentar los costos de mantenimiento. Dentro de las condiciones de funcionamiento para el prototipo la velocidad de los rodillos permanecerá fija por tanto para las pruebas ejecutadas en la máquina es preciso que los motores funcionen en sincronía para evitar un atascamiento, para ello se emplea un variador de velocidad con el fin de controlar las revoluciones y alcanzar la velocidad óptima de corte para el material eva.

**Tabla 4-9:** Prueba de sincronización motores (rodillos-banda)

N.º de Prueba	Velocidad de Rodillos (rpm)	Velocidad Banda Transportadora (rpm)	Corte Correcto/Incorrecto
1	45	25	⊗
2	45	30	⊗
3	45	35	⊗
4	45	40	⊙
5	45	45	⊙
6	45	50	⊙
7	45	55	⊗
8	45	60	⊗
9	45	65	⊗
10	45	70	⊗

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Finalmente, se concluye que el número de revoluciones por minuto en el arrastre de rodillos en comparación con el de transporte mediante banda deben ser directamente proporcional obteniendo un margen de error de  $\pm 5$  rpm, con lo cual se comprueba la contribución a la mejora de la eficiencia operativa, mediante la reducción los tiempos de producción y se garantiza la consistencia en la calidad de las láminas de eva.

#### 4.5 Prueba de calibración de corte

Para llevar a cabo la calibración de los rodillos es indispensable tener en consideración características principales de la materia prima y de las dimensiones que necesita el corte. De esta manera por motivos de estudio se decidió realizar cortes de 2mm inicialmente para eliminar imperfecciones en la superficie del material y a continuación cortes de 5mm cada uno para finalmente dejar un sobrante de aproximadamente 6 mm.

**Tabla 4-10:** Prueba de calibración de corte

	Rodillo Superior	Rodillo Inferior	N.º de vueltas	Dimensión de corte	Cumple	No Cumple	Observaciones
1	Baja 1mm	Sube 1mm	20	2mm	X		Saca Forro
2	Baja 1mm	Se mantiene	20	2mm		X	Saca Forro
3	Se Mantiene	Sube 5mm	50	5mm	X		Corte Formato
4	Se Mantiene	Sube 5mm	50	5mm	X		Corte Formato
5	Se Mantiene	Sube 5mm	50	5mm	X		Corte Formato
6	Se Mantiene	Sube 5mm	50	5mm	X		Corte Formato
7	Se Mantiene	Sube 5mm	50	5mm	X		Corte Formato
8	Se Mantiene	Sube 5mm	50	5mm	X		Corte Formato
9	Se Mantiene	Sube 5mm	50	5mm	X		Corte Formato
10	Se Mantiene	Sube 5mm	50	6mm		X	Rebaba

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Culminado los ensayos de calibración se determina que para obtener un corte de calidad y en menor tiempo se debe inicialmente eliminar las imperfecciones de la superficie del material por ende tanto el rodillo superior como inferior se deben ajustar un milímetro cada uno ejerciendo una presión y arrastre adecuado, mencionado proceso se lo realiza dos veces o hasta garantizar una superficie de calidad para el producto final, continuando con el proceso de dividido se procede a realizar cortes de 5 mm de grosor cada uno para lo cual se fija el rodillo superior con el fin que ejerza una presión además de permitir el arrastre continuo del material mientras que el rodillo inferior se calibra 5mm y se controla con los motores paso a paso, finalmente obtenemos un sobrante de material el cual aproximadamente es de 6 mm y puede ser reutilizado.

#### **4.6 Prueba Check para iniciar operaciones**

Como parte de las pruebas de funcionamiento en el prototipo, es necesario establecer un check list o también conocida como lista de verificación con el objetivo de detectar posibles problemas, defectos o mal funcionamiento en las diferentes etapas del proceso además de garantizar la calidad

y la confiabilidad de las máquinas y equipos de trabajo, para lo cual se marca las opciones de acuerdo con los puntos de control que se cumplan durante la realización de cada lote.

**Tabla 4-11:** Prueba check

N.º de Prueba	Etapas												
	Inicio				Proceso						Final		
1	X	X		X	X			X	X		X	X	X
2	X		X					X				X	X
3	X	X				X	X	X		X		X	X
4	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
5	X		X			X	X		X	X		X	X
6	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		X
7	X		X		X	X	X			X		X	X
8	X	X		X		X	X	X	X		X		X
9	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		X
10	X	X	X	X		X	X	X	X	X			X
<b>PUNTOS DE CONTROL</b>	Disponibilidad de materia prima	Existe limpieza	Posición de rodillos en cero	Correcta lubricación	Sistema de dividido libre de residuos	Energización de motores	Funciona de botones de emergencia	Panel de control óptimo	Detección de sensores	Banda sin acumulación de material	Acople libre de obstáculos	Fallas en el dividido	Afilado de cuchilla

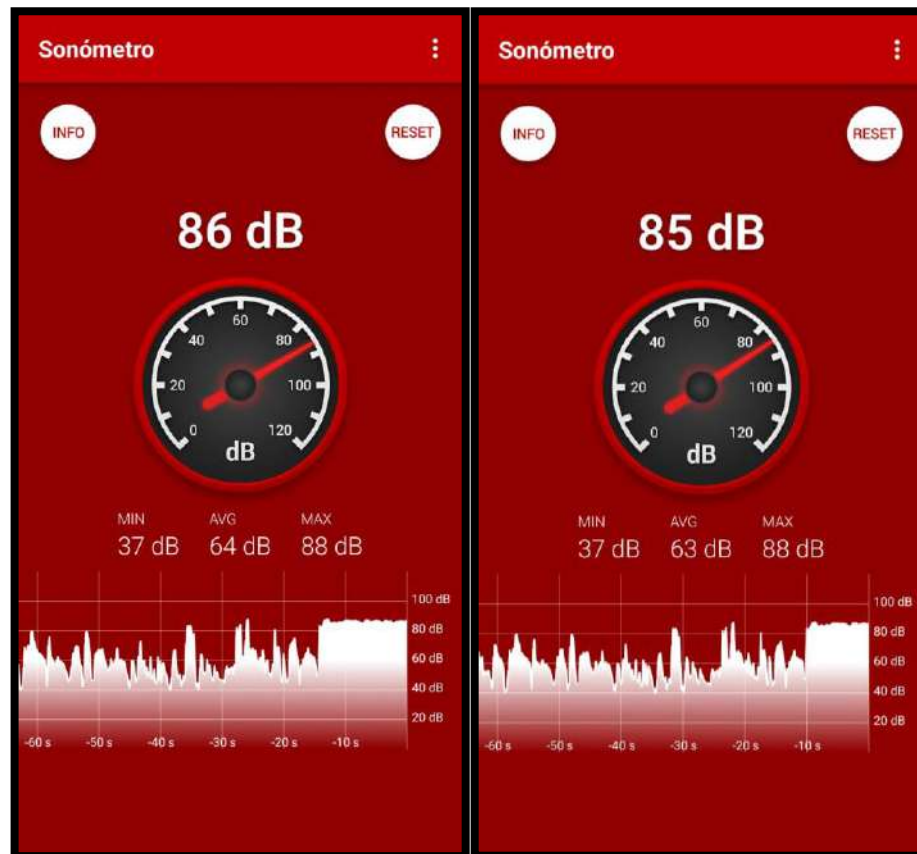
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Ejecutadas una serie de pruebas se logra determinar la importancia de realizar una revisión previa a la jornada laboral y la influencia que puede llegar a tener en la calidad y producción de láminas de eva, ya que de esta manera se garantiza la seguridad, el funcionamiento adecuado y la eficiencia del prototipo. Por otro lado, con la verificación del check list se proporcionan un registro documentado de regulaciones y normativas específicas que requieren un control, lo que es útil para el seguimiento y el análisis a lo largo del tiempo.

#### 4.7 Prueba con sonómetro

Esta prueba se centra en la seguridad industrial con el fin de prevenir posibles riesgos para los operadores, el sonómetro, al medir los niveles de ruido generados por la maquinaria, proporcionó

información crucial para evaluar y gestionar los impactos acústicos en el entorno laboral. Para esto se implementó El Decreto Ejecutivo 2393 (1986) que fija como límite máximo de presión sonora 85 decibeles en escala A del sonómetro, medidos en el lugar en donde el trabajador mantiene habitualmente la cabeza, para el caso de ruido continuo con 8 horas de trabajo, con el fin de controlar y mantener niveles de ruido dentro de los límites permitidos se obtuvo lo siguientes datos:



**Ilustración 4-2:** Escala de decibeles obtenidos en el prototipo  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C., 2023

De este estudio se concluye que el prototipo cumple con las regulaciones de seguridad y salud ocupacional, sin embargo, es crucial implementar estrategias de mitigación del ruido, además del uso de equipos de protección personal como protectores auditivos ya que exposiciones prolongadas a niveles sonoros elevados pueden tener efectos adversos en la salud, como fatiga auditiva y estrés.

#### 4.8 *Tiempo promedio de corte*

Este cálculo proporciona una métrica valiosa que permite evaluar la eficiencia de la maquinaria y los procedimientos aplicados para el manejo del prototipo, con el fin de optimizar la asignación

de recursos y a su vez mejorar la productividad. En primer lugar, se consideró la velocidad de la máquina y su capacidad de corte por ciclo, en este sentido se implementó:

**Tabla 4-12:** Parámetros de realización tiempo promedio

<b>PARÁMETROS DE REALIZACIÓN</b>	
<b>LOTES POR EVALUAR</b>	2
<b>UNIDADES POR LOTE</b>	5
<b>MEDIDAS POR PLANCHA</b>	50x50x500 mm
<b>ESPESOR POR DIVIDIR</b>	5mm
<b>LÍMITE DE SEGURIDAD</b>	5mm

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Además, de evaluar la estabilidad de la máquina, posibles interrupciones o ajustes necesarios durante la operación, y la calidad del producto resultante, mostrando condiciones reales de operación por consiguiente permite proporcionar una base sólida para la optimización del proceso de corte en la máquina divisor. Para la realización de la prueba se aplicará la toma en regresión a cero tomando en cuenta el inicio y la finalización de cada corte, ya que influyen directamente en el tiempo requerido.

**Tabla 4-13:** Toma de tiempos en prototipo

<b>N.º PLANCHA</b>	<b>NÚMERO DE REPETICIONES (seg)</b>									<b>T. Total (seg)</b>
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	
<b>1</b>	26	22	15	10	9	8	5	6	5	106
<b>2</b>	26	23	15	11	9	8	6	6	5	109
<b>3</b>	25	23	14	10	9	7	6	5	5	104
<b>4</b>	25	23	15	10	10	7	6	5	5	106
<b>5</b>	25	22	14	10	10	8	6	5	5	105
<b>6</b>	26	23	14	11	9	7	6	5	5	106
<b>7</b>	25	23	14	11	9	8	5	5	5	105
<b>8</b>	26	22	15	11	9	7	5	5	5	105
<b>9</b>	25	22	15	10	10	7	5	5	5	104
<b>10</b>	25	22	14	11	10	7	5	5	5	104
<b>T. PROMEDIO (seg)</b>										105,4
<b>T. PROMEDIO (min)</b>										<b>1,76</b>

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Los resultados obtenidos al calcular el tiempo promedio de corte fueron altamente satisfactorios y reveladores para la eficiencia del proceso de producción. Tras la comparación con datos previos y mediciones precisas, determinamos que el tiempo promedio de corte de la máquina se sitúa en aproximadamente 1,76 minutos por plancha en lotes de 10. Este dato es de vital importancia ya

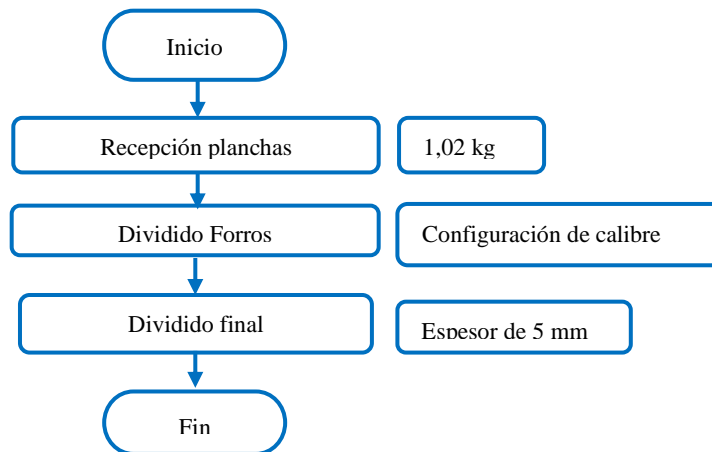
que nos permite optimizar los tiempos de producción y planificar de manera más efectiva la asignación de recursos.

**Tabla 4-14:** Parámetros de realización tiempo promedio

Resultados	
TOTAL DE LÁMINAS	90
LÁMINAS BUENAS	70
LÁMINAS (FORRO)	20
RESTANTE (PLANCHAS)	10

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

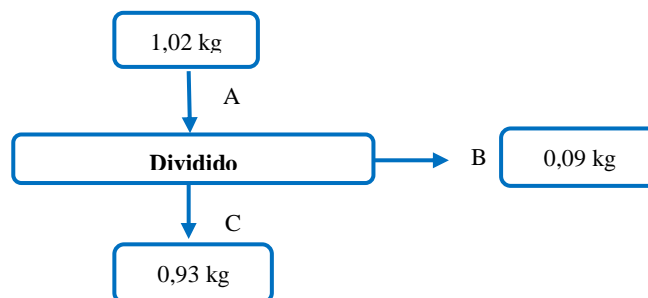
En base a la prueba realizada se ejecuta una comparación entre el estudio inicial y los datos obtenidos con el fin de calcular el rendimiento real suponiendo una jornada completa mediante el análisis del balance de masa elaborado para dicha actividad así tenemos:



**Ilustración 4-3:** Diagrama de proceso dividido en prototipo

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Al igual que para el estudio inicial el dividido de forros no serán considerados como merma de la producción.



**Ilustración 4-4:** Balance de masa para el proceso de dividido

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

$$E = S$$

$$A - B = C$$

$$1,02 \text{ kg} - 0,09 \text{ kg} = 0,93 \text{ kg}$$

$$0,93 \text{ kg} = 745,36 \text{ kg}$$

A= Representa el flujo de ingreso de la materia prima a dividir.

B=Representa la merma de producción después del proceso de corte.

C=Representa la cantidad de materia a utilizar en el proceso de dividido.

**Tabla 4-15:** Rendimiento Prototipo a escala

Muestra	Peso Inicial	Peso Final	Rendimiento
1	1,02 Kg	0,93 Kg	91,17 %

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Cálculo demostrativo para la obtención del rendimiento:

$$\%Rendimiento = \frac{\text{Peso Final}}{\text{Peso Inicial}} * 100 \quad (18)$$

$$\%Rendimiento = \frac{0,93 \text{ Kg}}{1,02 \text{ Kg}} * 100$$

$$\%Rendimiento = 91,17 \%$$

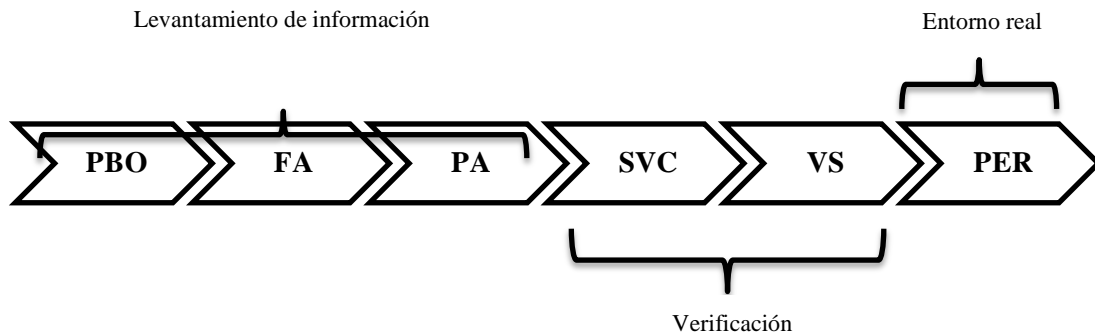
El rendimiento total en cuanto al funcionamiento del prototipo en la prueba realizada con 2 lotes de 5 planchas cada uno es del 91,17% considerando que el material merma dentro de la producción puede ser reutilizado para la creación de materia prima.

#### 4.9 Comparación de resultados con estándares obtenidos en la situación inicial

Se busca medir el desempeño en contexto a las pruebas realizadas dentro del proceso en el prototipo para de esta forma garantizar la coherencia en la calidad de los productos obtenidos, en este contexto se evaluará antiguos estándares frente a la propuesta generada por esta investigación. El prototipo actúa como una representación tangible de los procesos operativos y, al someterlo a pruebas exhaustivas, se logró medir su rendimiento frente a los estándares predefinidos, esta comparación no solo permite identificar posibles brechas o áreas de mejora,



sino que también sirve como base para ajustar y optimizar los estándares existentes, para lo cual se evaluó diferentes aspectos con el fin de definir y aclarar el entorno donde se llevó a cabo la prueba, así como otros parámetros:



**Ilustración 4-5:** Comparación con estándares previos  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C., 2023

- **PBO. Principios básicos observados**

Dentro de esta fase se busca definir las actividades con más relevancia dentro del proceso productivo de dividido obteniendo como resultado: la precisión en la medición, la gestión efectiva de los recursos y la seguridad. E cuanto a la precisión de corte está es esencial para asegurar dimensiones uniformes en cada pieza de foamy, lo que contribuye a su vez a la consistencia y la estandarización del producto, por otro lado la gestión de recursos como la materia prima y la energía utilizada en el proceso de dividido, se vuelve crucial para minimizar el desperdicio y optimizar los costos operativos y finalmente, se debe asegurar que los trabajadores involucrados en el proceso cuenten con equipos de protección adecuados y que se sigan protocolos para prevenir accidentes.

- **FA. Fórmula aplicada**

Al someter cada etapa del proceso de dividido a una evaluación rigurosa, se identificó posibles puntos de mejora, empezando por la implementación de técnicas de corte, la ubicación ordenada de láminas, la adaptación de un acople el posicionamiento de sensores, optimizando así el flujo de trabajo y reduciendo posibles errores además de ajustar y perfeccionar cada fase, asegurando un producto final de alta calidad.

- **PA. Pruebas Analíticas**

Estas pruebas permitieron medir con precisión el tiempo requerido para cada tarea específica, identificar posibles cuellos de botella y establecer estándares realistas dentro del actual proceso

de dividido. Al analizar minuciosamente los tiempos de ejecución, se logró optimizar sus operaciones, asignar recursos de manera más efectiva y establecer metas alcanzables.

- **SVC. Selección y validación de componentes**

Estos datos también son fundamentales para la planificación estratégica, la toma de decisiones informada y la identificación de áreas donde se pueden implementar tecnologías o procesos innovadores para aumentar la eficiencia global para lo cual en el presente proyecto se implementará un Logo 7 Siemens el cual permitirá ingresar el número de planchas a dividir por lote con el fin de permitir al operario obtener una calibración exacta para cada lámina.

- **VS. Validación de sistemas**

Dentro de la construcción del prototipo se buscó conseguir un escenario aproximado a la realidad por lo cual, el seleccionar los sistemas que cumplan con funciones relevantes dentro del sistema permitió determinar no solo la capacidad operativa dentro del prototipo, sino también su impacto en el entorno y su utilidad para los usuarios optimizando así el diseño y la producción.

- **PER. Pruebas en un entorno real**

En la transición del laboratorio al entorno real revela aspectos cruciales, como la interoperabilidad con otros sistemas, la resistencia a condiciones adversas y la adaptación a situaciones imprevistas, para lo cual se realizó una prueba en condiciones similares dentro del prototipo obteniendo así:

**Tabla 4-16:** Cálculo de métricas prototipo

<b>DIVIDIDO</b>	
<b>DATOS INICIALES</b>	
<b>Demanda mensual que cumplir</b>	4000 planchas mensuales
<b>Días laborados</b>	20
<b>Día trabajo</b>	480 min/día
<b>Hora no productiva</b>	30 min/día
<b>Disponibilidad de la máquina</b>	90%
<b>Scrap</b>	2%

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Basados en las prueba realizadas dentro del prototipo se estima una capacidad de producción de 34 panchas por hora y 272 planchas por jornada laboral de 8 horas por lo tanto 5440 planchas mensuales, teniendo en cuenta que se trabajará 5 días a la semana en un único turno con un porcentaje de desperdicios (scrap) de 2% ya que el material sobrante será utilizado para el reprocesado con el fin de obtener nueva materia prima y disponibilidad de la máquina del 90% pues el prototipo está diseñado únicamente para un formato de 50x50x500 mm por tanto no existe

ningún otro producto que sea fabricado dentro de la máquina durante la jornada laboral. Una vez contemplado dichos parámetros se procede a calcular:

**Tabla 4-17:** Estudio de tiempos en prototipo

<b>T. Promedio (seg)</b>	105,4	Por plancha
<b>T. Normal (seg)</b>	119,10	
<b>T. Estándar (seg)</b>	138,16	
<b>T. Estándar (min)</b>	2,30	

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

**Tabla 4-18:** Cálculo de Takt Time en prototipo

<b>Demanda real</b>	5549 planchas mensuales	Por plancha
<b>Demanda diaria</b>	277 planchas diarias	
<b>Tiempo neto disponible</b>	382,5 minutos netos	
<b>Takt Time (seg)</b>	1,37	

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

- **Evaluación de productividad**

Con el fin de comprender el desempeño en el prototipo a escala durante las pruebas realizadas, se examinaron diferentes aspectos, como la velocidad de procesamiento, la eficacia en la separación de materiales y la capacidad de adaptación a diversas condiciones de trabajo, posteriormente se recopilaron datos detallados sobre la cantidad de unidades procesadas por unidad de tiempo, la precisión en la división y cualquier anomalía detectada durante el funcionamiento. Este análisis exhaustivo no solo proporcionó información valiosa sobre la eficiencia operativa de la máquina, sino que también permite la detección de posibles fallos, asegurando así que el producto final cumpla con los estándares de calidad y rendimiento esperados.

**Tabla 4-19:** Cálculo de productividad en prototipo

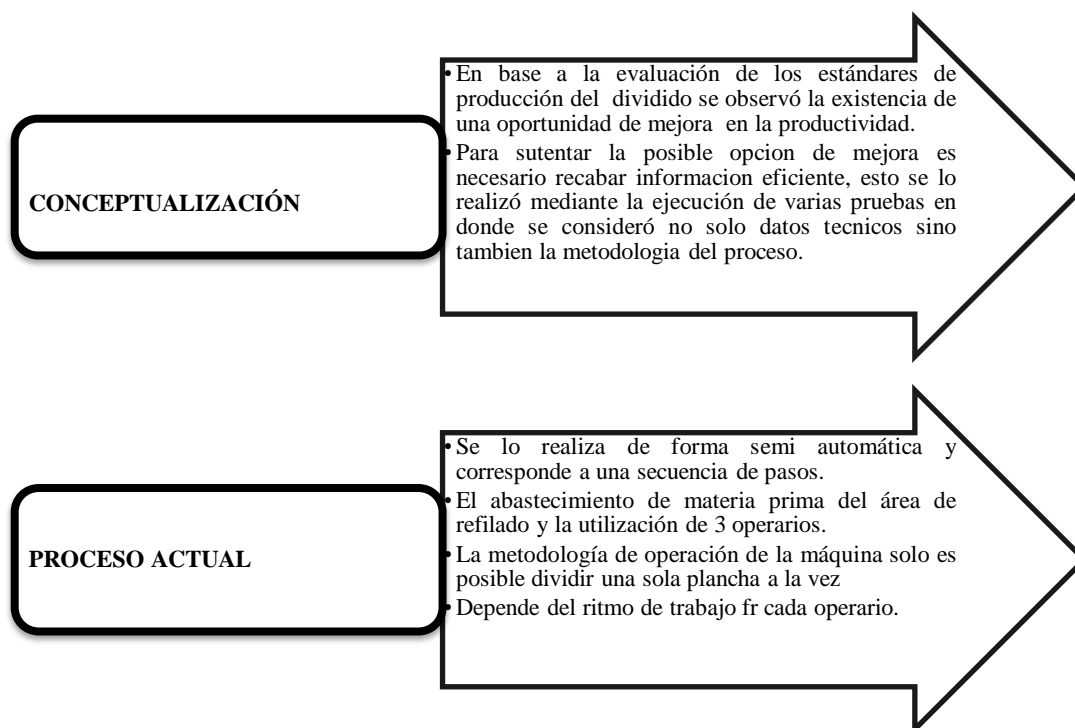
<b>PRODUCCIÓN PLANIFICADA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo de trabajo: Jornada laboral de 8 horas</li> <li>• Velocidad de la máquina: 34 planchas/hora o 306 láminas/hora</li> <li>• Producción mensual planificada: 5440</li> </ul>	<b>100%</b>
<b>DISPONIBILIDAD</b>	Para las 8 horas de jornada, considerando posibles paros, cambios, averías, falta de materia prima, así como el tiempo no productivo por parte del operario, se trabaja durante 7 horas y media por tanto la producción se reduce a 255 planchas durante el turno.	<b>93,75%</b>
<b>RENDIMIENTO</b>	Cabe recalcar que el prototipo está diseñado únicamente para este formato por tanto no existe cambios de materia prima o cambio alguno en los parámetros de dividido sin embargo por precautelar	<b>93,75%</b>

	un posible fallo se opta por reducir la velocidad de las máquinas hasta las 33 piezas/hora contando con un lapso de 5 minutos entre lotes. Planchas divididas reales durante 7 horas y media: 255	
<b>CALIDAD</b>	En el control de calidad se rechazan 3 láminas defectuosas debido a la porosidad e imperfecciones en el material. Láminas fabricadas en una jornada: 2292 láminas	<b>93,62%</b>

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

#### 4.10 Propuesta

Ante una industria en constante crecimiento es esencial identificar oportunidades de desarrollo dentro del ambiente de trabajo, por otro lado, la integración de tecnología con la mano de obra dentro de los distintos procesos productivos son una ventaja, ya que el trabajo en conjunto incrementa la eficiencia del proceso y la competitividad de la empresa. La inversión tanto de tiempo como económico en esta iniciativa no solo se traducirá en progreso a corto plazo, sino que sentará las bases para incrementar la productividad, de tal manera que no sea solo considerada como una respuesta estratégica a las demandas actuales, sino también un compromiso firme con la excelencia a largo plazo.



**Ilustración 4-6:** Evaluación proceso actual

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

Para determinar el estado del proceso fue necesario de visitas técnicas a la planta de Industrias Diversas también se contó con la colaboración del personal técnico, administrativo y operativo,

donde se llevó a cabo la recopilación de información importante como la secuencia en las operaciones, demanda de un lote y el tiempo de trabajo esto con el objetivo de calcular parámetros de rendimiento y Takt Time que sirvan como referencia para contrastar con los valores obtenidos en el prototipo.



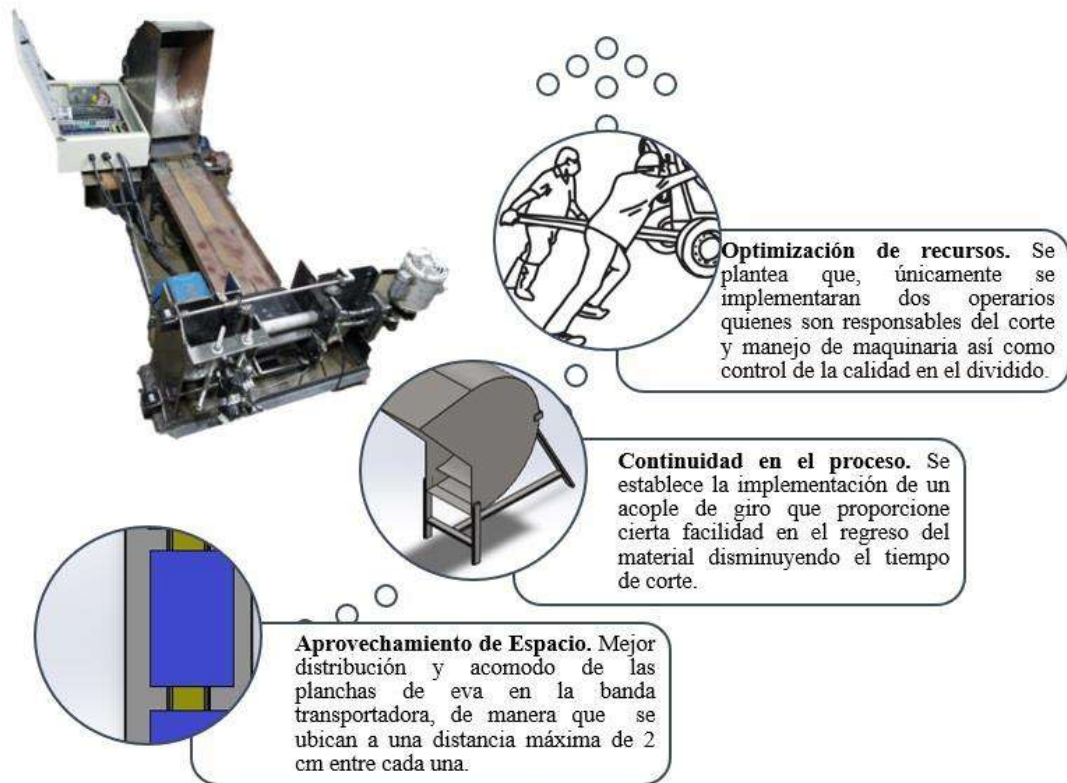
**Tabla 4-20:** Descripción de actividades

Nro. de Operario	Actividad
1	Se encarga de recibir la materia prima proveniente de la etapa de refilado, además es quien inicia el proceso de divido de tal manera que lo envía a través de la máquina dividora.
2	Es quien receipta las planchas de eva aun por dividir y las coloca en un pallet de forma ordenada para continuar con el proceso.
3	Toma el resultado del dividido y verifica el estado del producto terminado, si este resultada dañado o en mal estado se lo considera como material para reproceso

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

#### 4.10.1 Estrategias

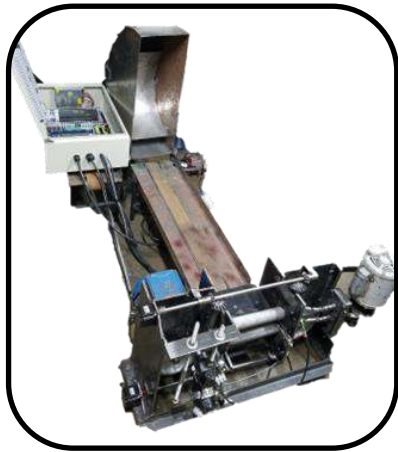
El prototipo diseñado representa una respuesta estratégica a este desafío. Al incorporar tecnologías avanzadas y metodologías eficientes, no solo abordamos las áreas de mejora identificadas, sino que también se ofrece una alternativa de trabajo versátil que pretende mejorar la producción con la utilización de menos recursos.



**Ilustración 4-7:** Estrategias de cambio dentro del prototipo  
 Realizado por: Lasluisa D., Lozada C., 2023

#### 4.10.2 Beneficios

Una vez concluida la fase de pruebas se logra evidenciar diferentes beneficios dentro de la operación del prototipo presentando una nueva alternativa de operación para el dividido de planchas permitiendo una comprensión más clara y tangible de la visión del producto, facilitando la comunicación entre los equipos de diseño y desarrollo al ofrecer un método de trabajo diferente e innovador obtenido mediante los cambios propuestos, se demuestra el cumplimiento de los objetivos planteados dentro del trabajo los cuales a su vez se traducen en una notable reducción de costos operativos, debido a la disminución del tiempo de producción, identificación y pronta corrección ante posibles problemas o mejoras de manera temprana con el fin de ahorrar tiempo y recursos además de la mejora en la coordinación entre las diversas etapas del proceso productivo por tanto se logra evidenciar resultados y metas que puede llegar a alcanzar el prototipo en un escenario real fomentando la innovación y la adaptación continua, impulsando así la eficiencia y la calidad del producto final.



Disminucion del material rechazado (rebaba), obteniendo un incremento en el rendimiento del proceso.



Reduccion en el personal operativo para este puesto de trabajo sin afectar la calidad en el producto terminado



Se proporciona un proceso seguro para los operarios contando con un funcionamiento adecuado en el prototipo.



Aprovechamiento máximo del tiempo de trabajo generando una mayor producción en el mismo intervalo de tiempo.

**Ilustración 4-8:** Beneficios obtenidos en el prototipo a escala  
Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

## CAPÍTULO V

### 5. GESTIÓN DEL PROYECTO

#### 5.1 Cronograma

En la tabla 5-1 se muestra el cronograma con las actividades ejecutadas para la obtención del prototipo de la “CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO A ESCALA DE UNA MÁQUINA DIVIDIDORA CONTINUA DE PLANCHAS EVAFLEX PARA EL PROCESO DE LAMINADO DENTRO DE LA PLANTA DE INDUSTRIAS DIVERSAS EN LA EMPRESA PLASTICAUCHO S.A.”

**Tabla 5-1:** Cronograma de actividades para el desarrollo del trabajo de titulación.

ACTIVIDADES	TIEMPO ESTIMADO															
	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Recopilación de la información en campo.																
Desarrollo de un modelo CAD de máquina divididora para la validación de las condiciones de funcionamiento.																
Selección de herramientas hardware y software adecuadas según criterios establecidos en la etapa de recopilación de información.																
Ensamble de equipos mecánicos, electrónicos y eléctricos para la construcción de un prototipo a escala de una máquina divididora continua para planchas de evaflex.																
Ejecutar pruebas en el prototipo del proceso de dividido por planchas para validar la funcionalidad y eficiencia.																
Etapa de redacción del informe final.																

**Realizado por:** Lasluisa D., Lozada C.,2023

#### 5.2 Costos de la propuesta tecnológica

Los recursos a los que se han destinado los fondos deben ser revisados y evaluados al finalizar cualquier proyecto que involucre el desarrollo de una nueva propuesta de producción con el fin de evaluar su rentabilidad en comparación con rivales potenciales o el desarrollo de obras similares.

##### 5.2.1 Costos directos

En la tabla 5-2 se muestra los costos directos asociados con el desarrollo y construcción del prototipo mismos que se encuentran agrupados de forma global en tres componentes principales



siendo el apartado de estructura y componentes mecánicos, componentes electrónicos, componentes eléctricos y elementos varios empleados. En el Anexo E se muestra de forma detallada cada uno de los componentes empleados en el desarrollo del trabajo.

**Tabla 5-2:** Costos directos del prototipo implementado.

Descripción	Cantidad	Precio unitario USD	Precio total USD
Estructura y componentes mecánicos.	1	455,87	455,87
Componentes electrónicos.	1	400,30	400,30
Componentes eléctricos.	1	446,00	446,00
Elementos varios.	1	32,00	50,00
<b>TOTAL (USD)</b>			<b>1334,17</b>

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

### 5.2.2 Costos indirectos

Después de examinar los costos directos del proyecto, se calculan los costos indirectos, estos costos se derivaron de los costos incurridos durante la producción del prototipo, y se representan en la tabla 5-3.

**Tabla 5-3:** Costos indirectos del prototipo implementado.

Descripción	Costo USD
Transporte.	216,74
Imprevistos.	110,25
Corte por guillotina	150,00
Corte y doblado para bandas	19,15
Soldadura de cuchillas	5,50
Corte para laterales de banda	89,15
<b>TOTAL (USD)</b>	<b>590,79</b>

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

### 5.2.3 Costos totales

La tabla 5-4 muestra el proceso que utilizado para determinar el costo total del proyecto de desarrollar el prototipo usando los costos directos e indirectos del mismo.

**Tabla 5-4:** Costo total del prototipo implementado.

Descripción	Costo USD
Costo directo.	1334,17
Costo indirecto.	590,79
<b>TOTAL (USD)</b>	<b>1875,96</b>
<b>Fuente de financiamiento</b>	Autónomo

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

El prototipo a escala de una máquina divididora continua se construyó con un costo total de USD 1739,63, el cual fue financiado en su totalidad por los proponentes del trabajo de titulación, dicho

análisis realizado se utiliza como punto de referencia para futuras réplicas en obras o sistemas relacionados.

#### **5.2.4 Recurso humano**

Los autores de esta propuesta tecnológica, la Srta. Doménica Lasluisa y el Sr. Christian Lozada, son el principal recurso humano ya que fue a través de su dedicación a la tarea que se concretaron los objetivos propuestos y el resultado esperado del trabajo.

#### **5.2.5 Recurso material**

El software, las herramientas y los recursos mencionados anteriormente proporcionaron algunas alternativas para la construcción de cada etapa del prototipo tal como la selección de material para la parte estructural o mecánica, sensores, motores, entre otros. Estos se pueden utilizar de acuerdo con sus preferencias y necesidades.

Los autores del trabajo de titulación acordaron cubrir los costos para presentar una alternativa de producción dentro de la planta de Industrias Diversas en la línea de producción de evaflex con el fin de ayudar a la empresa a funcionar de manera efectiva para lograr sus objetivos, el prototipo presenta las adecuaciones necesarias para una la realización de una operación continua y por planchas, tomando en cuenta indicadores clave para asegurarse que se cumplan los estándares de calidad.

#### **5.2.6 Relación Beneficio Costo**

Una vez planteados los beneficios es necesario medir la relación que existe entre los costos de producción del material eva con los ingresos que este podrá generar. Para esto se realiza una proyección establecida para un año en donde se toma en cuenta la inversión para la construcción del prototipo, jornadas de trabajo, recurso humano y diferentes estándares de calidad como de producción. Para el cálculo se empleó la siguiente fórmula:

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Beneficios Netos}}{\text{Inversión} + \text{Costos de Produccion}} \quad (19)$$

En donde:

- **Beneficios Netos:** para este valor se toma en cuenta la producción mensual de 5440 planchas o 32 640 láminas lo que a su vez representa 391 680 lám/año con un costo de 0.30 \$
- **Inversión:** Este dato hace referencia a los costos directos e indirectos que se utilizaron para la construcción del prototipo.
- **Costos de Producción:** Se trata de un desglose de gastos operativos, mantenimiento y del costo de la materia prima

Cabe destacar que dichos gastos se los establece en base a la propuesta de mejora y al plan de mantenimiento, por otro lado, el costo de la materia prima se conoce que es de 1.30\$ para cada una de las planchas a utilizar para nuestro prototipo.

DATOS	
<b>Ingreso Anual</b>	117 504\$
<b>Inversión</b>	1875.96\$
<b>G. Operativos</b>	10 800\$
<b>G. Mantenimiento</b>	1100\$
<b>Costo de la Materia Prima</b>	84 864\$

Realizado por: Lasluisa D., Lozada C.,2023

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Ingresos anuales}}{\text{Inversión} + \text{G. Operativos} + \text{G. Mntto} + \text{C. M Prima}} \quad (20)$$

$$= \frac{117\,504\$}{1875.96\$ + 10\,800\$ + 1100\$ + 84\,864\$} = 1.19 \quad (21)$$

De acuerdo con evaluación de este indicador se menciona que si el valor obtenido es superior a 1 generalmente se considera positivo, para nuestro caso el valor de 1.19 sugiere que los beneficios anuales sean aproximadamente un 19% mayores que los costos anuales.

## CAPÍTULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

La realización de un estudio del arte permitió identificar y definir los requerimientos necesarios para caracterizar una máquina dividorora continua, proporcionando una base sólida de conocimiento existente acerca de sus sistemas, áreas críticas, tiempo estándar, características mecánicas y posibles mejoras dentro de la construcción, permitiendo delimitar a fondo los desafíos y oportunidades asociados con la maquinaria y el material en cuestión tales como obtener un calibre para dividido de  $\pm 5$  mm y las medidas de formato a utilizar 50x50x500 mm. Además, al establecer una comprensión precisa de los requerimientos y criterios de caracterización, se facilitó la planificación y ejecución de diseño, pruebas y experimentos de manera eficiente y efectiva. En última instancia, el estudio del arte en este contexto ayudó a garantizar que el diseño, producción y aplicaciones de la máquina dividorora sean exitosos, ofreciendo resultados más precisos y confiables.

El modelado CAD del prototipo no solo facilitó la detección temprana de fallos a través de la simulación y análisis detallado de los componentes, sino también posibilita la implementación de cambios y mejoras de manera más ágil y eficaz, reduciendo la posibilidad de fallos en el ensamble del prototipo lo que contribuye a un diseño más robusto y confiable. Además, la capacidad de realizar pruebas virtuales permite la evaluación de diferentes escenarios operativos, lo que mejora la adaptabilidad del prototipo a diversas condiciones de trabajo. Este enfoque también simplifica la validación y optimización de procesos de fabricación, reduciendo tiempos y costos asociados. En definitiva, el modelado CAD evalúa aspectos de seguridad, durabilidad y rendimiento, lo que contribuye significativamente a la calidad del producto final.

Por otra parte, mediante la selección cuidadosa del material, y con la utilización del modelo CAD, se logró visualizar, simular y optimizar el diseño del prototipo, consiguiendo elegir componentes que cumplen con los requisitos específicos que el material debe portar para la construcción de acuerdo con el propósito y las condiciones con las que se debe cumplir dentro de cada sistema, tales como resistencia, durabilidad, conductividad, peso y propiedades térmicas, dicha elección acertada permitió garantizar que el prototipo se comporte de manera similar a una máquina dividorora de escala real, lo que facilita la evaluación de su rendimiento y funcionalidad así mismo se pudo reducir costos y tiempos al minimizar la necesidad de iteraciones y cambios posteriores

en el proceso de fabricación. Esta selección contribuye a la mejora de la calidad del producto, a la reducción de errores en la etapa de diseño y al aumento de la productividad, factores clave en la competitividad y viabilidad del proyecto.

En cuanto, al proceso de construcción se requirió el uso de una variedad de implementos y componentes especializados. Entre los implementos clave se encuentran motores y transmisiones, que proporcionan la energía necesaria para el funcionamiento de la máquina, y sistemas de control como PLCs (Controladores Lógicos Programables) que permiten la automatización y el monitoreo de las operaciones, además, se utilizaron elementos mecánicos como cuchillas, rodillos y sistemas de sujeción para el proceso de dividido en sí, en cuanto a el sistema de transporte se implementó una banda transportadora junto con la implementación de marcos y estructuras robustas para mantener la estabilidad y precisión durante la operación, En cuanto a los sistemas de seguridad, como sensores y dispositivos de parada de emergencia, son fundamentales para crear una máquina divididora funcional y eficiente, capaz de llevar a cabo sus tareas de manera confiable y segura.

La ejecución de pruebas exhaustivas en el prototipo represento un paso fundamental para validar la funcionalidad y eficiencia de este método. Estos ensayos permitieron validar la operatividad del proceso de dividido, obteniendo un tiempo estándar de 1,76 minutos por lotes de 10 planchas además de ofrecer la oportunidad de ajustar y perfeccionar su funcionamiento mediante la implementación de pruebas como la sincronización de motores y calibración de rodillos, mejorando la calidad del resultado final y posibilitando la identificación de áreas de mejora, proporcionando información crucial sobre la viabilidad y desempeño del proceso, lo cual permite garantizar el cumplimiento de los objetivos planteados y el ajuste a los estándares de calidad y eficiencia deseados. Esto no solo contribuye a la validez de la investigación, sino que también sienta las bases para una implementación exitosa en aplicaciones reales.

## **6.2 Recomendaciones**

Es fundamental que el proceso de construcción del prototipo se realice siguiendo un enfoque metódico y basado en el diagnóstico de situación actual, se recomienda comenzar con una revisión exhaustiva de la literatura existente y de las tecnologías disponibles en el campo de las máquinas divisoras, esto proporcionará una base sólida para la toma de decisiones de diseño, además de definir claramente los requisitos y especificaciones para el funcionamiento del prototipo ayudando a identificar las mejores prácticas y soluciones a factores que pueden influir en el cálculo final de los indicadores, así mismo, se debe establecer un plan de trabajo claro con plazos determinados, lo que permitirá un seguimiento efectivo del progreso y garantizará que el proyecto avance de manera eficiente.

Si se desea utilizar el prototipo en calibres diferentes a 5mm y formatos distintos a 50x50x500mm, se deberá realizar un estudio previo donde se defina las herramientas y entornos experimentales, con el fin de recopilar la información necesaria para brindar un marco más completo que se puede implementar en la mayoría de las situaciones. Este enfoque brindará la oportunidad de desarrollar una profunda comprensión de los principios de diseño y funcionamiento de las posibles mejoras en el prototipo, al tiempo que permitirá la aplicación de conceptos teóricos en un contexto práctico.

Dentro de la selección de software se recomienda dimensionar la cantidad de entradas y salidas necesarias con las que se debe contar para el proceso de dividido en general, con el objetivo de lograr ensamblar el tablero de control de forma apropiada, conjuntamente al seleccionar el software adecuado, se debe asegurar de que sea compatible con la plataforma de hardware que se está utilizando con el fin de que ofrezca las capacidades de control y programación necesarias para el prototipo con el fin de no sobredimensionar los componentes y de esta forma reducir costos.

Para mantener el prototipo en óptimas condiciones de trabajo, se recomienda acogerse al programa de mantenimiento, en donde se especifican procedimientos preventivos tales como: inspecciones periódicas, limpieza, lubricación adecuada de componentes móviles, y reemplazo o reparación de piezas desgastadas o dañadas, actividades que permiten abordar cualquier fallo antes de que se convierta en un problema grave, por tanto, se sugiere, llevar un registro detallado de todas las actividades de mantenimiento realizadas, lo que facilitará el seguimiento de cualquier deterioro o problemas recurrentes, con el objeto de obtener un control riguroso en cuanto al funcionamiento y rendimiento dentro del proyecto.

Para garantizar el correcto funcionamiento se deberá realizar una secuencia de pruebas que abarque diversas condiciones y escenarios que simulen condiciones reales y extremas con la finalidad de evaluar la robustez, versatilidad del prototipo y calidad del producto terminado, de tal manera que los ensayos se repitan hasta que cumpla con los estándares deseados. Es necesario también documentar minuciosamente los resultados de las pruebas, incluyendo cualquier anomalía o comportamiento inesperado, para facilitar la identificación y corrección de problemas a tiempo.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1. ALBITE ORTEGA, Jorge.** *Estudio del efecto de agentes intumescentes a base de aminoácidos (ADN) y proteínas (fibra de queratina) en las propiedades de retardancia a la flama y mecánicas en nanocompuestos LDPE/EVA/MG(OH)2*. Saltillo, Coahuila, México : Centro de Investigaciones en Química Aplicada, 2018. p. 27.
- 2. ANDRADE, Adrián M; et al.** "Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado". *Información Tecnológica* [en línea] , 2019, (Ecuador) 30(3), pp. 83-93. [Consulta: 20 de abril de 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/28589>
- 3. ART PINI.** Los fundamentos de los sensores de proximidad: Su selección y uso en la automatización industrial. *DigiKey*. [En línea]. 2021. [Consulta: 21 de abril de 2023]. Disponible en: <https://www.digikey.com/es/articulos/the-fundamentals-of-proximity-sensors-selection-and-use-industrial-automation>.
- 4. AVILÉS AVILÉS, Edwin Javier. 2019.** Diseño y distribución en planta para la empresa Reencavi Compañía Anónima. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. 2019. p. 32. [Consulta: 10 de mayo 2023]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18295>
- 5. BALAREZO SARMIENTO, Mario Andrés.** Diseño de layout para la optimización de los procesos productivos en la lubricadora salcedo. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ambato, Ecuador. 2022. p. 35. [Consulta: 3 de junio 2023]. Disponible en: <https://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/3701>
- 6. BARRAGAN ANDRADE, Jerson A; & MERINO NOGALES, Cristian P.** Diseño y simulación de una volteadora de compost impulsado por un sistema oleohidráulico como parte del diseño e implementación del proyecto de producción, transformación, comercialización y promoción de consumo de la Quinoa y sus derivados. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2021. p. 23. [Consulta: 25 de junio 2023]. Disponible en: <https://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/3701>



- 7. BEJARANO, Carlos; et al.** Estandarización de los procesos productivos en la empresa Lincoln. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2019. p. 34. [Consulta: 10 de junio 2023]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/5302>
- 8. BELLO PARRA, Daniel; et al.** Análisis de tiempos y movimientos en el proceso de producción de vapor de una empresa generadora de energías limpias. *Ciencia Administrativa* [en línea] , 2020, (México) 1(1), pp. 1-9. [Consulta: 17 de abril de 2023]. Disponible en: <https://www.uv.mx/iiesca/files/2020/09/01CA2020-01.pdf>
- 9. BRUNETE, Alberto; et al.** *Introducción a la Automatización Industrial*. Madrid: Pearson, 2020, ISBN 978-84-09-22291-9, pp. 44-45.
- 10. CEDEÑO SARES, Luis.** *Fundamentos Básicos de Cálculos de Ingeniería Química con Enfoque en Alimentos*. Machala:UTMACH, 2018. ISBN 978-9942-24-118-4, p. 20.
- 11. CHIPANTIZA AGUALONGO, Carlos; & CHOLOTA MORETA, Edwin.** Diseño y construcción de un prototipo de intercambiador de calor de coraza y tubos para el uso del laboratorio de energías de la carrera de Ingeniería Mecánica. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. 2022. p. 35. [Consulta: 15 de junio 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/34705>
- 12. CRESPO VARGAS, Ricardo Ismael.** Sistema automatizado para el proceso de pasteurización y cuajada de leche en la elaboración de queso fresco para el consorcio de lácteos Tungurahua. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. 2020. p. 33. [Consulta: 17 de junio 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/31641>
- 13. DIETRICH, Aaron.** *Actuadores eléctricos con vástago frente a cilindros hidráulicos: una comparación de los pros y los contras de cada tecnología*. Minnesota:Tolomatic, Inc., 2020. ISBN 9960-4412\_02, p. 1.
- 14. DIRECT INDUSTRY.** *Máquina Divisora*. Bogotá : Peason, 2019, p. 1.

- 15. DURDÁN, Milan; et al. 2020.** Modeling of material balance from the experimental ucg, Košice [en línea] , 2020, (Slovak Republic) 60(3), p. 24. [Consulta: 19 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.14311/AP.2020.60.0391>
- 16. FERNÁNDEZ BAO, Sheila.** *Diseño de experimentos: diseño factorial*. Barcelona, España : Universidad Politécnica de Caralunya Barcelonatech, 2020, p. 22.
- 17. GARCÍA GUILIANY, Jesús; et al.** *Indicadores de Eficacia y Eficiencia en la gestión de procura de materiales en empresas del sector construcción del Departamento del Atlántico*, Colombia. Barranquilla : Pearson, 2019. Vol. 40. ISSN 0798 1015.
- 18. GARCÍA MELÓN, Mónica; et al.** *Fundamentos del Diseño en la Ingeniería*. València : Universitat Politècnica de València, 2017.
- 19. GARCIA MORENO, Emilio.** *Automatización de procesos industriales. Robótica y Automática*. Valencia : Universitat Politècnica de València, 2020. ISBN 978-84-9048-894-2, pp. 51-52.
- 20. GARCÍA SABATER, José Pedro.** *El tiempo y las operaciones*. Valencia : Universitat Politècnica de València, 2020, p. 17.
- 21. GARCÍA SANCHO, Adrián.** *Manual para el diseño paramétrico con SolidWorks*. Valladolid : s.n., 2019, p. 38.
- 22. GEORGE QUINTERO, Ramón Sergio; et al.** *Eficacia, efectividad, eficiencia y equidad en relación con la calidad en los servicios de salud*. Baracoa : Editorial Ciencias Médicas, Cuba, 2020. ISBN 1996-3521, p. 31.
- 23. GUTIERREZ VILELA, Maria Fernanda.** Repotenciación y automatización del molino de martillo en el laboratorio de procesos industriales de la Facultad de Ciencias. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2018. p. 32. [Consulta: 2 de julio 2023]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/10523>

**24. GUZMÁN CABALLERO, Elvia R; & SÁNCHEZ DÍAZ, José D.** Diseño de módulos para la adquisición de datos y caracterización de sensores de proximidad con PLC y HM. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Antonio Nariño, Bogota, Colombia. 2020. p. 43. [Consulta: 5 de julio 2023]. Disponible en: <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/3099>

**25. HERRERA CRUZ, Laura V; & PINEDA GUERRERO, Jairy M.** Evaluación de la mezcla de etileno vinil acetato (eva) con caucho natural o sintético, para la incorporación en la formulación de suelas y cintas de calzado de la compañía. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Fundación Universidad de América, Bogota, Colombia. 2018. p. 21. [Consulta: 6 de julio 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.11839/6941>

**26. HIDALGO CASTELO, Fernando Mauricio.** Automatización del proceso de envasado de la pulpa de fruta para optimizar la producción en la procesadora agroindustrial Mis Frutales en la parroquia de San Luis de la ciudad de Riobamba. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2021. p. 41. [Consulta: 2 de julio 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16238>

**27. LAURA NATA, Ana G; & LOZADA JURADO, Marco A.** Sistema automático para el control de la calidad del calzado mediante visión artificial. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. 2023. p. 35. [Consulta: 5 de julio 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/38449>

**28. LEMA REMACHE, Oscar B; & APUPALO YANCHAPANTA, Tania F.** Implementación de un sistema de control y análisis de la producción en la empresa curtiembre quisapincha aplicando las herramientas del lean manufacturing para incrementar la productividad. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2019. p. 23. [Consulta: 8 de julio 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13518>

**29. MARTÍN IBÁÑEZ, Maite.** *Diseño Experimental y de Proyectos de Investigación.* Barcelona : Universitat Autònoma de Barcelona, 2022, p. 27.

**30. MARTÍNEZ, Rossana.** Control de líneas de producción basado en indicadores de rendimiento en las pequeñas y medianas empresas. [En línea] (Trabajo de titulación). (Posgrado) Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción”, Asunción, Paraguay. 2021. p. 30. [Consulta: 13 de julio 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.14066/3072>

- 31. MÉNDEZ MELÉNDEZ; et al.** *El tiempo estándar y su importancia en las cotizaciones de proyectos de manufactura. Un enfoque de gestión.* Ciudad Juárez : s.n., 2020, p. 29.
- 32. MOLINA CRUZ, Dolores Anticlia; et al.** *Módulo con controladores lógicos programables para la enseñanza-aprendizaje de electrónica.* 2019. ISBN 978-84-949985-7-7, p. 12.
- 33. MOSCONI SPA MAKING LEATHER.** Máquina Divisora. *MOSCONI SpA.* [En línea] 2023. [Consulta: 17 de abril de 2023.] Disponible en: <https://www.mosconispa.it/es/maquina-divisora-pieles-super-zenit-evolution.html>.
- 34. NÁJAR NAVARRO, Francisco.** Implementación de un plan de mejora con el uso de kpis en los procesos de gestión comercial para la fuerza de ventas de las distribuidoras ferreteras de Arequipa para el 2019. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial”, Arequipa, Perú. 2019. p. 30. [Consulta: 17 de mayo 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12394/7204>
- 35. NARRO CASTILLO, Jorge L; & VALVERDE SANCHEZ, Roberto C.** Implementación del Sistema de Eficiencia Global de los Equipos (OEE) para mejorar la Productividad de las Máquinas en el Chapodo Mecanizado en una Agroindustrial de la Región La Libertad. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú. 2020. p. 37. [Consulta: 20 de mayo 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/23694>
- 36. NORIS LEONOR, Tejada Díaz; et al.** *Metodología de estudio de tiempo.* Valencia : s.n., 2018.
- 37. ORTIZ ALVARADO, Bryon G; & NAULA AUCANCELA, Bebetho G.** Diseño e implementación de un bombo metálico para la curtición de pieles menores. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2018. p. 12. [Consulta: 23 de julio 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10395>
- 38. ORTIZ BUITRAGO, Valentina; & PARDO LÓPEZ, Hugo F.** Importancia y ventajas de loskpi (key performance indicators) en los proyectos: enfoque de procesos en el sector petrolero. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Pontificia Bolivariana - Seccional Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia. 2021. p. 22. [Consulta: 13 de junio 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.11912/9609>

**39. ORTIZ QUICHIMBO, Ana Soledad.** El fomix como recurso didactico en el proceso, enseñanza aprendizaje de las niña/os del sexto año de educación básica en el centro de educación general básica “la providencia” del canton ambato. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. 2012. p. 25. [Consulta: 5 de julio 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/5599>

**40. PACHANA SALINAS, Ricardo A; & VILLALONGA ÁVILA, Luis A.** Diseño y construcción de módulos para sensores de proximidad y transductores de temperatura para el laboratorio de instalaciones industriales. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador. 2020. p. 20. [Consulta: 15 de junio 2023]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19316>

**41. PÉREZ LÓPEZ, Delfina de Jesús; et al.** "Diseño de experimentos factoriales  $2^n$  para su análisis con Infostat e Infogen". *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12, 1(2021), (México), p. 16

**42. QUINDE CAMACHO, Julio Medardo. 2021.** Optimización de procesos como mejoramiento continuo para la fabricación del cuero en la empresa “CURTIEMBRE QUISAPINCHA”. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador. 2021. p. 32. [Consulta: 18 de junio 2023]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8254>

**43. QUINTO DE LA CRUZ, Jorge Luis.** Aplicación del estudio de tiempos y su relación con la productividad del personal operativo en el área de reparación en una empresa metalmeccánica dedicada al mantenimiento de maquinaria pesada-2018. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional de Callao, Callao, Perú. 2019. p. 25. [Consulta: 28 de junio 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12952/4240>

**44. RAMÍREZ MÉNDEZ, Graziella Guadalupe; et al. 2022.** "Productividad, aspectos que benefician a la organización". *Revisión sistemática de la producción científica*. Sonora, México : s.n., 2022, p. 22.


















































**45. RAMOS GALARZA, Carlos.** *Diseños de Investigación Experimental*. Quito : Univeridad Tecnológica Indoamérica, 2021. ISBN 1390-9592, p. 18.

- 46. RAMOS, Jorge Alberto López.** Redistribución física de la planta de FOAMY EVA en la empresa PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. 2021. p. 23. [Consulta: 10 de junio 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/32048>
- 47. REY SÁNCHEZ, Sandra Patricia; et al.** *Industria 4.0 y gestión de calidad empresarial.* Zulia, Venezuela : Universidad del Zulia, 2022, p. 8.
- 48. ROJAS ORTIZ, Itamar Fernando. 2019.** Optimización del proceso de carguío y acarreo mediante el uso de kpi's en la fase de relleno del espaldón de la presa de relaves – antamina. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú. 2019. p. 20. [Consulta: 15 de junio 2023]. Disponible en: <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1739>
- 49. ROJAS, M; et al. 2018.** *Efectividad, eficacia y eficiencia en equipos de trabajo.* Bogotá, Colombia : Universidad Pontificia Bolivariana, 2018, p. 27.
- 50. SÁENZ OROZCO, Diego Gonzalo.** Análisis y propuesta de estrategias para el incremento de capacidad en las líneas de producción de vehículos en el área suelda de carrocerías caso de estudio gm - obb. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. 2019. p. 28. [Consulta: 11 de mayo 2023]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/17251>
- 51. SAGARNA, Gustavo H.; et al.** *Controlador Lógico Programable de bajo costo para aplicaciones robóticas.* San Justo, Buenos Aires, Argentina : s.n., 2018, p. 3.
- 52. SÁNCHEZ CANO, Julieta Evangelina.** *Gestión energética, automatización industrial y tecnologías de información y comunicación.* Durango : Universidad Juárez del Estado de Durango, ISBN 2020. 9786075032337, p. 22.
- 53. SÁNCHEZ CRIOLLO, Luis Roberto.** Sistema de automatización y control para una sillabipedestadora en el centro de rehabilitación física. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. 2020. p. 10. [Consulta: 19 de mayo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/31983>
- 54. SANCHIS GISBERT, Raquel.** *Diagrama de Procesos.* Valencia : Universitat Politècnica de València, 2020, p. 22.



- 55. SOLIS SALINAS, Edison Javier.** Planeación y control de la producción con estrategia de manufactura pull en industrias diversas de la empresa plasticaucho industrial s.a. Ambato, [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. 2018. p. 20. [Consulta: 21 de mayo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/27598>
- 56. SORIANO OSORIO, André Gregorio.** Determinación de los tiempos estándares de fabricación de los productos elaborados por una empresa química. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador. 2021. p. 10. [Consulta: 18 de mayo 2023]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20690>
- 57. SUPER ZENIT EVO.** *Máquina Divisora*. Verona, Italia : s.n., 2021.
- 58. TEN SHEEG.** *Máquina divisora de bucles de cuchilla de banda (Tipo Transportador de vacío con carpinadora) SM-690T*. Tainan, Taiwán : s.n., 2020.
- 59. TOUS ZAMORA, Dolores; et al.** *Sistemas de Producción: Análisis de las actividades primarias de la cadena de valor*. Madrid : Esic Editorial, 2019. ISBN 978-84-17914-29-5, p. 19.
- 60. VANEGAS USECHE, Libardo Vicente.** *Diseño de Elementos de Máquinas*. Primera Edición. Pereira : Editorial UTP, 2018. ISBN 978-958-722-301-9, p. 24.
- 61. VILLACRESES LOZADA, Gilly Marilyn.** Estudio de tiempos y movimientos en la empresa embotelladora de guayusa ecocampo. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ambato, Ecuador. 2018. p. 29. [Consulta: 21 de mayo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/2532>
- 62. ZAPANA MAMANI, Luis Alberto.** Diseño e implementación de un módulo didáctico para el arranque electrónico de motores eléctricos de inducción por controlador lógico programable (plc). [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú. 2019. p. 35. [Consulta: 25 de junio 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/9885>
- 63. ZAPATA, Mireya; et al.** *Fundamentos de Automatización y Redes Industriales*. Hugo Arias Flores. Quito : Universidad Tecnológica Indoamérica, 2021. ISBN 978-9942-821-21-8, p. 20.
















































































# ANEXOS

## ANEXO A: DIAGRAMAS DE ANÁLISIS DEL PROCESO

PLASTICAUCHO INDUSTRIAL										
DIAGRAMA DE ANALISIS DEL PROCESO										
METODO ACTUAL		X		DIAGRAMA DEL PROCESO: "REFILADO DE MATERIA PRIMA"						
METODO PROPUESTO				SIMBOLOS		INDUSTRIAS DIVERSAS SECCIÓN EVA				
				 OPERACIÓN		PRODUCTO: FMY-01				
						MÁQUINAS: Refiladora Fecha de elaboración: 12/04/2023				
El diagrama inicia desde la recepción de los subensambles hasta el transporte de planchas al Área de Dividido				 TRANSPORTE		REALIZADO POR: Lasluisa Doménica, Lozada Christian				
						 INSPECCIÓN		DIAGRAMA: DIAGRAMA DE PROCESO		
				 DEMORA				HOJA N: 01		
						 ALMACENAJE		PLANTA PARQUE INDUSTRIAL		
 OPERACIÓN COMBINADA		LECTURA EN SEGUNDOS								
		OP	Nº	DISTANCIA (m)	TIEMPO (seg)	SIMBOLOS DEL DIAGRAMA				
A	1	2	45,01							Transporte de materia prima desde área de prensado
B	1	0	10,12							Inspección de Medidas y Colocación de SUBENSAMBLE
C	1	0	8,42							Calibración máquina según parámetros de corte
D	2	0	42,15							Corte de las Planchas y Clasificación (Primera mitad)
E	2	0	9,15							Calibración máquina según parámetros de corte
F	3	0	40,15							Corte de las Planchas y Clasificación (Segunda mitad)
G	2	1	30,16							Transporte hacia área de dividido












































































RESUMEN				
SIMBOLOS		CANT.	TIEMPOS	RECORRIDO
	OPERACIÓN	2	17,57	0
	TRANSPORTE	2	75,17	3
	INSPECCIÓN	0	0	0
	DEMORA	0	0	0
	ALMACENAJE	0	0	0
	OPERACIÓN COMBINADA	3	92,42	0
SUMA TOTAL		7	185,16	3
			<b>3,086</b>	<b>Minutos</b>
			<b>0,05143333</b>	<b>Horas</b>






PLASTICAUCHO INDUSTRIAL										
DIAGRAMA DE ANALISIS DEL PROCESO										
METODO ACTUAL		X	DIAGRAMA DEL PROCESO: "REFILADO DE MATERIA PRIMA(FOAMY)"							
METODO PROPUESTO										
		SIMBOLOS					INDUSTRIAS DIVERSAS			
							SECCIÓN EVA			
<p>El diagrama inicia desde la recepción desde el área de refilado hasta el transporte de planclas hacia al área de corte</p>			OPERACIÓN			PRODUCTO: FMY-01	MÁQUINAS: Divididora TS10			
			TRANSPORTE			REALIZADO POR: Lasluisa Doménica, Lozada Christian				
			INSPECCIÓN			DIAGRAMA: DIAGRAMA DE PROCESO				
			DEMORA			HOJA N: 02				
			ALMACENAJE			PLANTA PARQUE INDUSTRIAL				
	OPERACIÓN COMBINADA			LECTURA EN SEGUNDOS						
OP	Nº	DISTANCIA (m)	TIEMPO (seg)	SIMBOLOS DEL DIAGRA						DESCRIPCIÓN DEL PROCESO
A	1	1,5	36							Transporte de materia prima desde Refilado
B	1	0	30							Inspección y ajuste de parámetros iniciales
C	1	0	66							Calibración
D	2	0	566,2							Sacar Primer Forro
E	3	0	182,4							Sacar Segundo Forro
F	4	0	92,4							Sacar Tercer Forro
G	5	0	90							Forro Reutilizable
H	1	0	30							Inspección de espesor de PLS
I	6	0	36							Calibración correcta para laminado
J	2	0	30							Inspección de espesor de PLS
K	7	0	2507,8							Dividido y Clasificación de material
L	8	0	25							Colocación de Materia Prima en Paletas

<b>RESUMEN</b>				
<b>SIMBOLOS</b>		<b>CANT.</b>	<b>TIEMPOS</b>	<b>RECORRIDO</b>
	<b>OPERACIÓN</b>	8	3565,8	0
	<b>TRANSPORTE</b>	1	36	1,5
	<b>INSPECCIÓN</b>	2	60	0
	<b>DEMORA</b>	0	0	0
	<b>ALMACENAJE</b>	0	0	0
	<b>OPERACIÓN COMBINADA</b>	2	2537,8	0
<b>SUMA TOTAL</b>		13	3691,8	1,5
			<b>61,530</b>	<b>Minutos</b>
			<b>1,0255</b>	<b>Horas</b>


**PLASTICAUCHO INDUSTRIAL**

**DIAGRAMA DE ANALISIS DEL PROCESO**


METODO ACTUAL		X		DIAGRAMA DEL PROCESO: "REFILADO DE MATERIA PRIMA(FOAMY)"							
METODO PROPUESTO				INDUSTRIAS DIVERSAS							
				SIMBOLOS					SECCIÓN EVA		
					OPERACIÓN				PRODUCTO: FMY-90	MÁQUINAS: Divididora TS8	
El diagrama inicia desde la recepción desde el área de refilado hasta el transporte de planchas hacia al área de corte					TRANSPORTE				REALIZADO POR: Lasluisa Doménica, Lozada Christian		
					INSPECCIÓN				DIAGRAMA: DIAGRAMA DE PROCESO		
					DEMORA				HOJA N: 02		
					ALMACENAJE				PLANTA PARQUE INDUSTRIAL		
					OPERACIÓN COMBINADA				LECTURA EN SEGUNDOS		
OP	Nº	DISTANCIA (m)	TIEMPO (seg)	SIMBOLOS DEL DIAGRA						DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	
A	1	0	15,17							Colocación de materia prima (2 planchas a lo largo de la banda transportadora)	
B	1	0	12,11							Inspección y ajuste de parámetros iniciales	
C	2	0	9,45							Calibración	
D	3	0	18,47							Sacar Primer Forro	
E	4	0	16,14							Sacar Segundo Forro	
F	1	0	12,11							Inspección de espesor de PLS	
G	5	0	8,17							Calibración correcta para laminado	
H	2	0	4,12							Inspección de espesor de PLS	
I	6	0	10,19							Dividido y Clasificación de material	
J	7	0	13,56							Colocación de Materia Prima en Paletas	
K	1	6,32	99,15							Proceso de banda transportadora	

RESUMEN				
SIMBOLOS		CANT.	TIEMPOS	RECORRIDO
	OPERACIÓN	7	80,96	0
	TRANSPORTE	1	99,15	6,32
	INSPECCIÓN	2	16,23	0
	DEMORA	0	0	0
	ALMACENAJE	0	0	0
	OPERACIÓN COMBINADA	2	22,3	0
<b>SUMA TOTAL</b>		12	218,64	6,32
			<b>3,644</b>	<b>Minutos</b>
			<b>0,060733333</b>	<b>Horas</b>

**ANEXO B: ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS**

	REFILADO (Tiempo en seg)													
	A		B		C		D		E		F		G	
<b>1</b>	45,01	45,01	10,05	55,06	8,25	63,31	42,15	105,46	9,15	114,61	40,15	154,76	30,16	184,92
<b>2</b>	44,15	44,15	10,15	54,3	8,13	62,43	41,95	104,38	9,16	113,54	40,18	153,72	30,63	184,35
<b>3</b>	45,25	45,25	10,13	55,38	8,2	63,58	42,25	105,83	9,18	115,01	40,15	155,16	30,05	185,21
<b>4</b>	44,12	44,12	10,1	54,22	8,31	62,53	42,15	104,68	9,18	113,86	40,36	154,22	30,14	184,36
<b>5</b>	45,26	45,26	10,15	55,41	8,25	63,66	42,15	105,81	9,2	115,01	40,15	155,16	30,25	185,41
<b>6</b>	45,59	45,59	10,16	55,75	8,4	64,15	42,25	106,4	9,21	115,61	40,2	155,81	30,06	185,87
<b>7</b>	45,45	45,45	10,12	55,57	8,1	63,67	42,15	105,82	9,15	114,97	40,15	155,12	30,04	185,16
<b>8</b>	45,14	45,14	10,08	55,22	8,15	63,37	42,15	105,52	9,16	114,68	40,22	154,9	30,09	184,99
<b>9</b>	45,01	45,01	10,02	55,03	8,16	63,19	42,15	105,34	9,2	114,54	40,36	154,9	30,1	185
<b>10</b>	45,12	45,12	10,1	55,22	8,25	63,47	42,16	105,63	9,15	114,78	40,15	154,93	30,16	185,09
<b>TOTAL</b>	450,1		101,06		82,2		421,51		91,74		402,07		301,68	
<b>T. Promedio</b>	45,01		10,106		8,22		42,151		9,174		40,207		30,168	
<b>F. Calf</b>	1,35		1,35		1,35		1,35		1,35		1,35		1,35	
<b>T. Normal</b>	60,7635		13,6431		11,097		56,90385		12,3849		54,27945		40,7268	
<b>T. Estándar</b>	70,49		15,83		12,87		66,01		14,37		62,96		47,24	


<b>T. Promedio (seg)</b>	185.9
<b>T. Normal (seg)</b>	251
<b>T. Estándar (seg)</b>	291.2
<b>T. Estándar (min)</b>	4.85


	DIVIDIDO PARQUE INDUSTRIAL (Tiempo en seg)											
	A		B		C		D		E		F	
<b>1</b>	36	36	29,89	65,89	66,01	131,9	566,2	698,1	182,4	880,5	92,4	972,9
<b>2</b>	35,53	35,53	30	65,53	66	131,53	566,1	697,63	182,1	879,73	92,1	971,83
<b>3</b>	36,01	36,01	30,01	66,02	66,05	132,07	566,1	698,17	182,1	880,27	92,14	972,41
<b>4</b>	36,05	36,05	30,2	66,25	66,07	132,32	566,1	698,42	182,1	880,52	92,2	972,72
<b>5</b>	36	36	30,36	66,36	66,1	132,46	566	698,46	182	880,46	92,34	972,8
<b>6</b>	36,01	36,01	30,1	66,11	66,12	132,23	566	698,23	182,17	880,4	92,4	972,8
<b>7</b>	36,06	36,06	30,01	66,07	66,05	132,12	566	698,12	182,4	880,52	92,41	972,93
<b>8</b>	36,08	36,08	29,89	65,97	66,03	132	566	698	182,3	880,3	92,38	972,68
<b>9</b>	36,01	36,01	29,96	65,97	66,01	131,98	566	697,98	182,1	880,08	92,4	972,48
<b>10</b>	36,1	36,1	29,9	66	66,01	132,01	566	698,01	182,4	880,41	92,45	972,86
<b>TOTAL</b>	359,85		300,32		660,45		5660,5		1822,07		923,22	
<b>T. Promedio</b>	35,985		30,032		66,045		566,05		182,207		92,322	
<b>F. Calf</b>	1,13		1,13		1,13		1,13		1,13		1,13	
<b>T. Normal</b>	40,66305		33,93616		74,63085		639,6365		205,89391		104,32386	
<b>T. Estándar</b>	53,27		44,46		97,77		837,92		269,72		136,66	

	DIVIDIDO PARQUE INDUSTRIAL (Tiempo en seg)											
	G		H		I		J		K		L	
<b>1</b>	90	1062,9	29,9	1092,8	36,02	1128,82	29,98	1158,8	2506	3664,8	24,89	3689,69
<b>2</b>	89,9	1061,73	29,95	1091,68	36	1127,68	29,87	1157,55	2507	3664,55	24,9	3689,45
<b>3</b>	89,98	1062,39	29,9	1092,29	36,02	1128,31	30,01	1158,32	2506	3664,32	25	3689,32
<b>4</b>	90,01	1062,73	30	1092,73	35,98	1128,71	30	1158,71	2507	3665,71	25,02	3690,73
<b>5</b>	90	1062,8	30,01	1092,81	36	1128,81	30,02	1158,83	2507	3665,83	25,01	3690,84
<b>6</b>	90,03	1062,83	30	1092,83	36,01	1128,84	30,01	1158,85	2506	3664,85	25	3689,85
<b>7</b>	90,02	1062,95	30,02	1092,97	36,05	1129,02	30	1159,02	2506	3665,02	25,07	3690,09
<b>8</b>	90,08	1062,76	30,05	1092,81	35,98	1128,79	30,03	1158,82	2506	3664,82	25,01	3689,83
<b>9</b>	90,03	1062,51	30,01	1092,52	35,99	1128,51	30	1158,51	2506	3664,51	25	3689,51
<b>10</b>	90	1062,86	30	1092,86	36	1128,86	30,01	1158,87	2506	3664,87	25,02	3689,89
<b>TOTAL</b>	900,05		299,84		360,05		299,93		25063		249,92	
<b>T. Promedio</b>	90,005		29,984		36,005		29,993		2506,3		24,992	
<b>F. Calf</b>	1,35		1,35		1,35		1,35		1,35		1,35	
<b>T. Normal</b>	121,50675		40,4784		48,60675		40,49055		3383,505		33,7392	
<b>T. Estándar</b>	159,17		53,03		63,67		53,04		4432,39		44,20	

<b>T. Promedio (seg)</b>	3690
<b>T. Normal (seg)</b>	4170
<b>T. Estándar (seg)</b>	4837
<b>T. Estándar (min)</b>	80.61



	DIVIDIDO CATIGLATA (Tiempo en seg)											
	A		B		C		D		E		F	
<b>1</b>	15,17	36	12,11	48,11	9,45	57,56	18,47	76,03	16,1	92,13	12,09	104,22
<b>2</b>	15,1	35,53	12,1	47,63	9,44	57,07	18,4	75,47	16,14	91,61	12,11	103,72
<b>3</b>	15,09	36,01	12,14	48,15	9,44	57,59	18,45	76,04	16,14	92,18	12,1	104,28
<b>4</b>	15,15	36,05	12,11	48,16	9,4	57,56	18,45	76,01	16,14	92,15	12,12	104,27
<b>5</b>	15,14	36	12,11	48,11	9,46	57,57	18,4	75,97	16,1	92,07	12,11	104,18
<b>6</b>	15,1	36,01	12,12	48,13	9,45	57,58	18,47	76,05	16,14	92,19	12,11	104,3
<b>7</b>	15,14	36,06	12,11	48,17	9,45	57,62	18,45	76,07	16,15	92,22	12,14	104,36
<b>8</b>	15,17	36,08	12,11	48,19	9,45	57,64	18,4	76,04	16,14	92,18	12,11	104,29
<b>9</b>	15,15	36,01	12,14	48,15	9,42	57,57	18,45	76,02	16,15	92,17	12,11	104,28
<b>10</b>	15,15	36,1	12,13	48,23	9,44	57,67	18,47	76,14	16,14	92,28	12,1	104,38
<b>TOTAL</b>	151,36		121,18		94,4		184,41		161,34		121,1	
<b>T. Promedio</b>	15,136		12,118		9,44		18,441		16,134		12,11	
<b>F. Calf</b>	1,13		1,13		1,13		1,13		1,13		1,13	
<b>T. Normal</b>	17,10368		13,69334		10,6672		20,83833		18,23142		13,6843	
<b>T. Estándar</b>	22,41		17,94		13,97		27,30		23,88		17,93	

	DIVIDIO CATIGLATA (Tiempo en seg)									
	G		H		I		J		K	
<b>1</b>	8,11	9,11	4,1	13,21	10,19	23,4	13,58	36,98	99,14	136,12
<b>2</b>	8,17	10,17	4,11	14,28	10,16	24,44	13,56	38	99,15	137,15
<b>3</b>	8,17	11,17	4,11	15,28	10,18	25,46	13,56	39,02	99,15	138,17
<b>4</b>	8,15	12,15	4,11	16,26	10,17	26,43	13,56	39,99	99,16	139,15
<b>5</b>	8,1	13,1	4,12	17,22	10,19	27,41	13,56	40,97	99,15	140,12
<b>6</b>	8,15	14,15	4,12	18,27	10,19	28,46	13,5	41,96	99,14	141,1
<b>7</b>	8,17	15,17	4,12	19,29	10,19	29,48	13,52	43	99,14	142,14
<b>8</b>	8,17	16,17	4,1	20,27	10,18	30,45	13,56	44,01	99,15	143,16
<b>9</b>	8,17	17,17	4,1	21,27	10,19	31,46	13,56	45,02	99,15	144,17
<b>10</b>	8,17	18,17	4,12	22,29	10,18	32,47	13,56	46,03	99,14	145,17
<b>TOTAL</b>	81,53		41,11		101,82		135,52		991,47	
<b>T. Promedio</b>	8,153		4,111		10,182		13,552		99,147	
<b>F. Calf</b>	1,35		1,35		1,35		1,35		1,35	
<b>T. Normal</b>	11,00655		5,54985		13,7457		18,2952		133,84845	
<b>T. Estándar</b>	14,42		7,27		18,01		23,97		175,34	

<b>T. Promedio (seg)</b>	218.52
<b>T. Normal (seg)</b>	276.66
<b>T. Estándar (seg)</b>	370.73
<b>T. Estándar (min)</b>	6.17

**ANEXO C: DISEÑO EXPERIMENTAL DE VARIABLES**

VMBT(RPM)	VAR (RPM)			
	30		45	
45	1,54	1,58	1,24	1,05
	1,52	1,55	1,08	0,59
55	1,02	0,57	0,53	0,5
	0,58	0,59	0,56	0,52

n =	4
N =	16

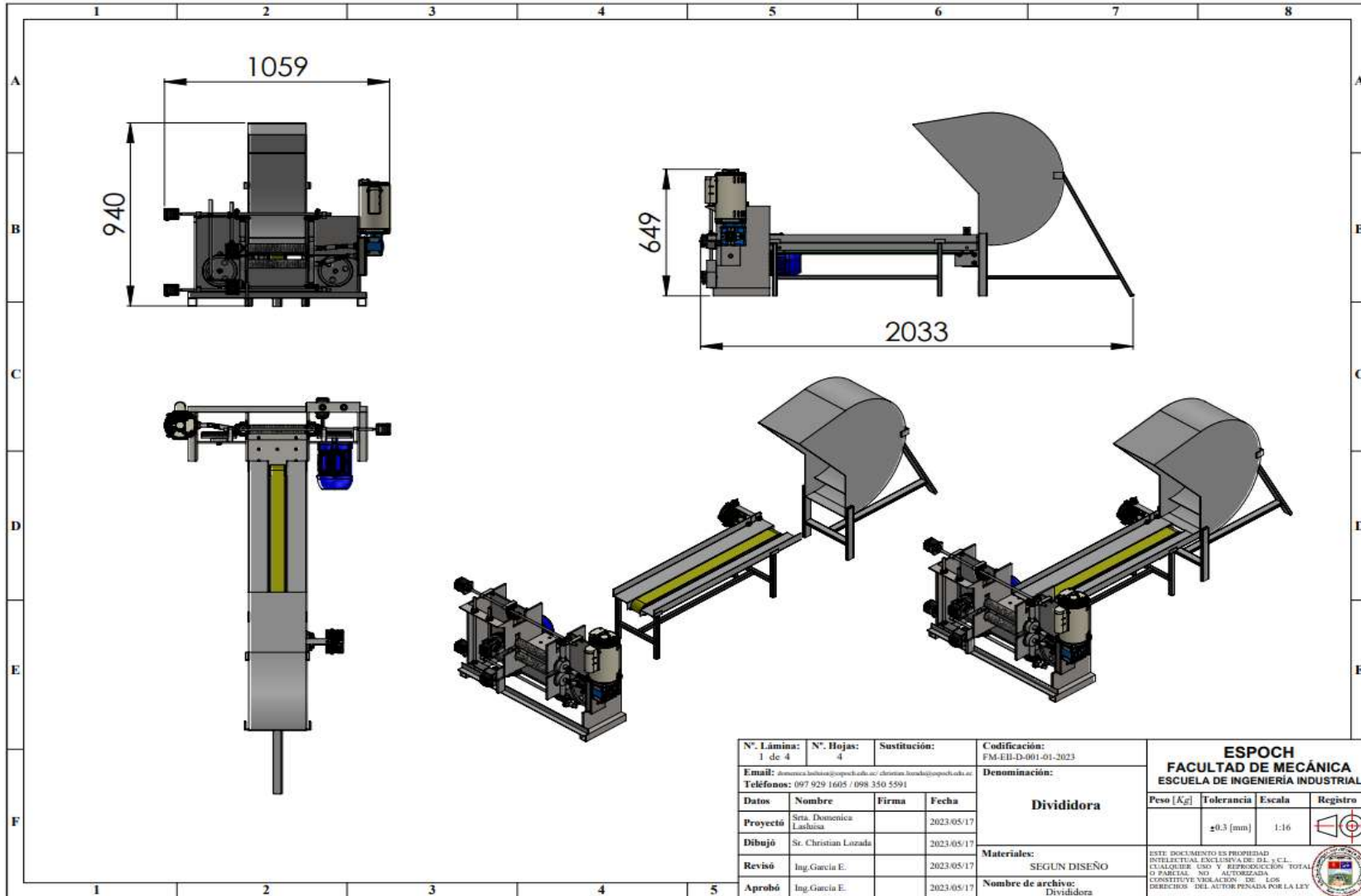
Factores			Observaciones				TOTAL	Notación Yates	PROMEDIO
A	B	AB	I	II	III	IV			
-	-	+	1,54	1,58	1,52	1,55	6,19	(-1)	1,5475
+	-	-	1,02	0,57	0,58	0,59	2,76	a	0,69
-	+	-	1,24	1,05	1,08	0,59	3,96	b	0,99
+	+	+	0,53	0,5	0,56	0,52	2,11	ab	0,5275
							<b>15,02</b>		

$\bar{Y}_{..} =$	<b>0,94</b>
$\sum y_{ij}^2 =$	<b>16,9002</b>

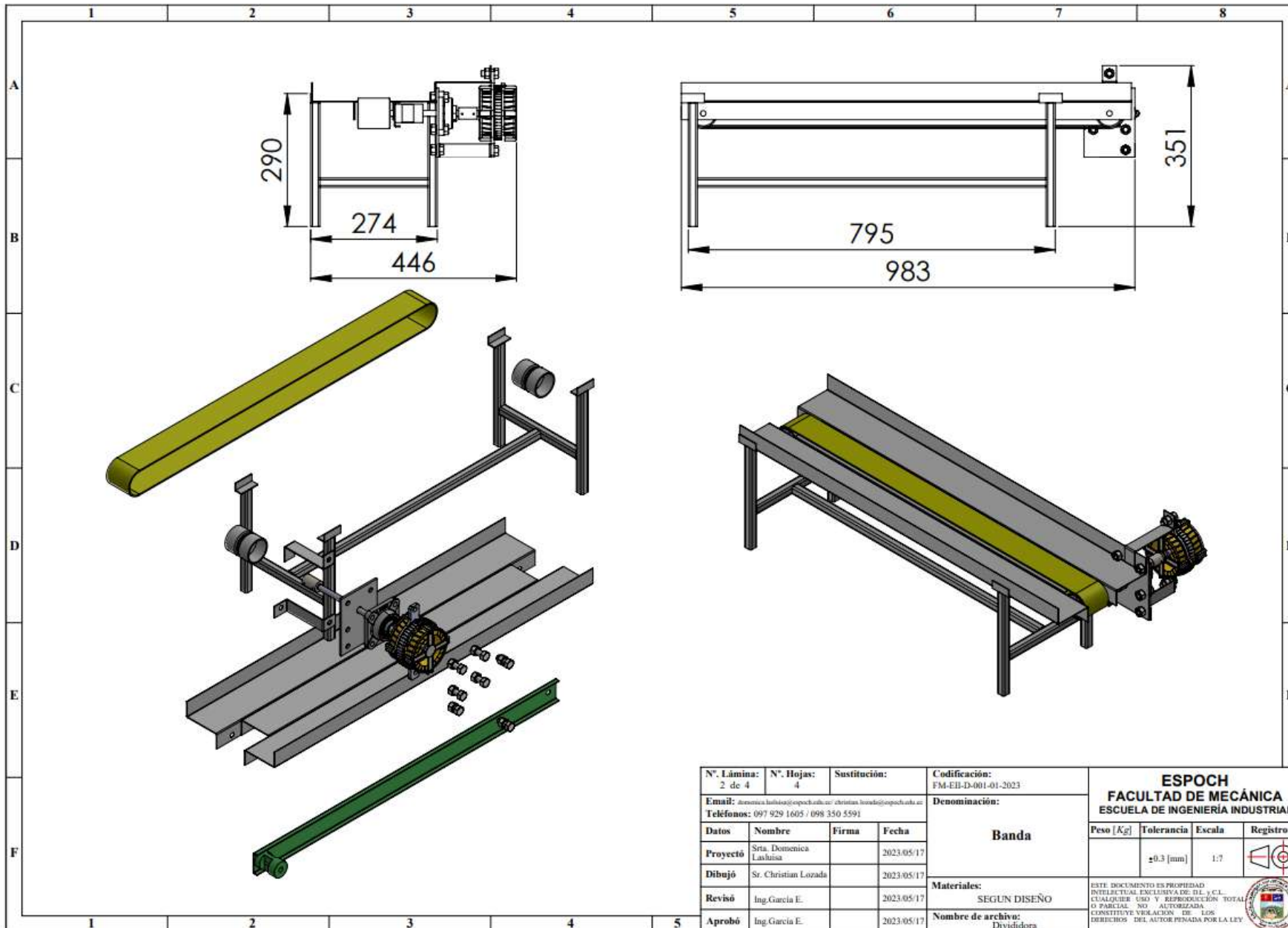
Observaciones			
I	II	III	IV
2,3716	2,4964	2,3104	2,4025
1,0404	0,3249	0,3364	0,3481
1,5376	1,1025	1,1664	0,3481
0,2809	0,25	0,3136	0,2704

RESULTADOS	
Efecto A =	-0,66
Efecto B =	-0,36
Efecto AB =	0,1975
SCA =	1,742
SCB =	0,518
SCAB =	0,156
SCT =	2,800
Scerror =	0,383

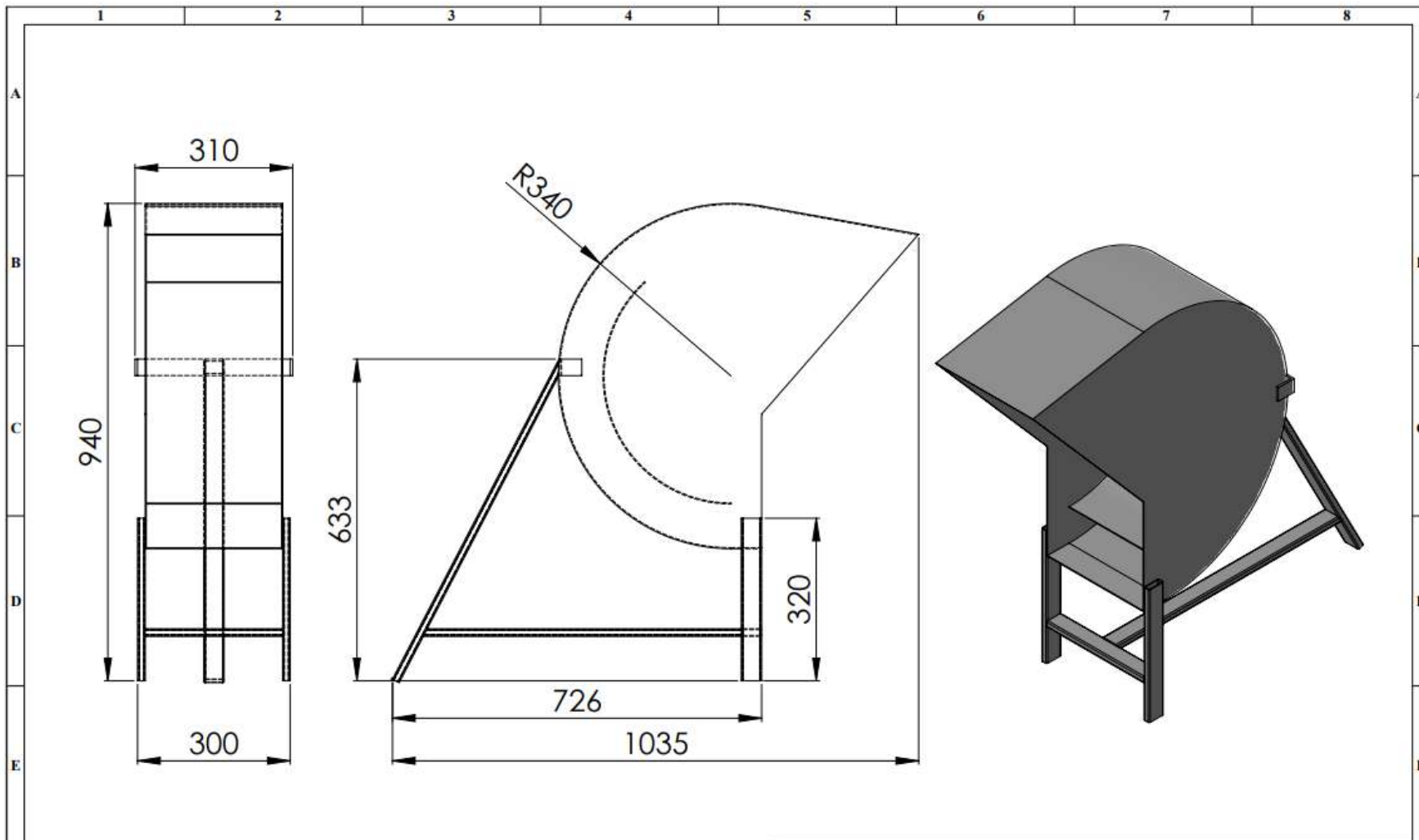
**ANEXO D: PLANOS DE PROTOTIPO**



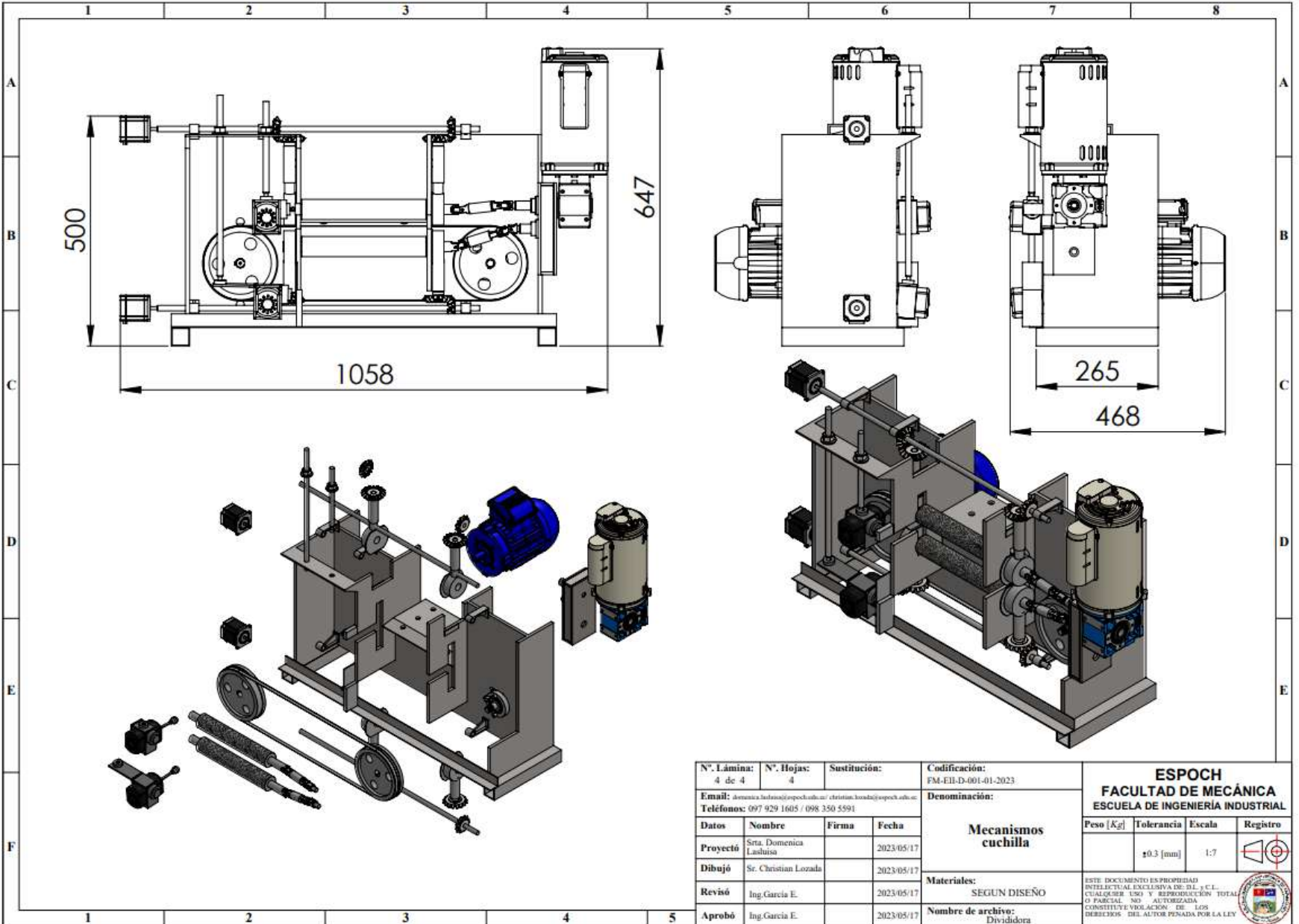
N°. Lámina: 1 de 4		N°. Hojas: 4		Sustitución:		Codificación: FM-EB-D-001-01-2023		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</b>							
Email: <a href="mailto:domecnica.luchina@esPOCH.edu.ec">domecnica.luchina@esPOCH.edu.ec</a> / <a href="mailto:christian.luchina@esPOCH.edu.ec">christian.luchina@esPOCH.edu.ec</a>						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia	
Teléfonos: 097 929 1605 / 098 350 5591						Divididora				±0.3 [mm]		1:16			
Datos	Nombre	Firma	Fecha			Materiales:		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE D.L. y C.L. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, NO AUTORIZADA, CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY							
Proyectó	Sra. Doménica Luchina		2023/05/17			SEGUN DISEÑO		Nombre de archivo:							
Dibujó	Sr. Christian Lozada		2023/05/17			Divididora									
Revisó	Ing. García E.		2023/05/17												
Aprobó	Ing. García E.		2023/05/17												



N°. Lámina: 2 de 4		N°. Hojas: 4		Sustitución:		Codificación: FM-EII-D-001-01-2023		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</b>							
Email: <a href="mailto:domenica.lashuisa@esPOCH.edu.ec">domenica.lashuisa@esPOCH.edu.ec</a> / <a href="mailto:christian.lozada@esPOCH.edu.ec">christian.lozada@esPOCH.edu.ec</a>						Denominación:						Banda			
Teléfonos: 097 929 1605 / 098 350 5591						Dato		Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Proyectó		Nombre		Firma		Fecha		±0.3 [mm]		1:7					
Dibujó		Sr. Christian Lozada				2023/05/17		Materiales:		SEGUN DISEÑO		<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE I.L. Y C.I. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA. CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small>			
Revisó		Ing. García E.				2023/05/17		Nombre de archivo:		Divididora					
Aprobó		Ing. García E.				2023/05/17									



N°. Lámina: 3 de 4		N°. Hojas: 4		Sustitución:		Codificación: FM-EII-D-001-01-2023		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</b>				
Email: domonica.lola@esPOCH.edu.ec / christian.lozada@esPOCH.edu.ec						Denominación:						Peso [Kg]
Teléfonos: 097 929 1605 / 098 350 5591						Tolva				±0.3 [mm]	1:7	
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales:				ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL EXCLUSIVA DE DL. F.C.I. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA. CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY				
Proyectó	Sra. Doménica Laulisa		2023.05/17	SEGUN DISEÑO								
Dibujó	Sr. Christian Lozada		2023.05/17	Nombre de archivo:								
Revisó	Ing. García E.		2023.05/17	Divididora								
Aprobó	Ing. García E.		2023.05/17									



N°. Lámina: 4 de 4	N°. Hojas: 4	Sustitución:	Codificación: FM-EII-D-001-01-2023		
Email: <a href="mailto:domenica.lasruiso@esPOCH.edu.ec">domenica.lasruiso@esPOCH.edu.ec</a> / <a href="mailto:christian.lozada@esPOCH.edu.ec">christian.lozada@esPOCH.edu.ec</a>		Denominación:			
Teléfonos: 097 929 1605 / 098 350 5591		<b>Mecanismos cuchilla</b>			
Datos	Nombre			Firma	Fecha
Proyectó	Sra. Doménica Lasruiso				2023/05/17
Dibujó	Sr. Christian Lozada				2023/05/17
Revisó	Ing. García E.				2023/05/17
Aprobó	Ing. García E.		2023/05/17		
		Materiales: SEGUN DISEÑO			
		Nombre de archivo: Divididora			

**ESPOCH  
FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
	±0.3 [mm]	1:7	

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE D.L. S.C.L. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY



**ANEXO E: LISTA DE COMPONENTES PARA CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO.**

Descripción	Med.	Cant.	P. unitario USD	P. total USD
Plancha 4x6 10mm Acero 1040	Unidad	1,00	151,22	151,22
Chumacera UCF201-08	Unidad	2,00	20,00	40,00
Disco Acero 1040	Unidad	2,00	10,00	20,00
Rodamientos 2RS 6304	Unidad	4,00	2,00	8,00
Motor de paso 28byj-48 12v	Unidad	2,00	16,00	32,00
Motor HF 120	Unidad	2,00	11,50	23,00
Cuchilla Torrey 98	Unidad	6,00	15,00	90,00
Soldadura Plana	Unidad	6,00	3,00	18,00
Contacto 3.0 HP/9ª 1NO-1NC Bobina: 110V CHNT	Unidad	1,00	9,70	9,70
Base para fusible 10x38mm 1 Polo 32A	Unidad	2,00	2,30	4,60
Fusible cilíndrico 10x38mm 6A	Unidad	1,00	1,50	1,50
Fusible cilíndrico 10x38mm 16A	Unidad	1,00	1,50	1,50
Tornillo autoperforante C/100 1/2	Funda	1,00	2,25	2,25
Bornera Riel 2,5mm #12AWG Leipole	Unidad	44,00	0,30	13,20
Bornera Riel 4mm #10AWG Leipole	Unidad	2,00	0,50	1,00
Tope de Bornera Leipole/W/F	Unidad	4,00	0,45	1,80
Cable Concéntrico 3x18AWG	Metro	4,00	1,15	4,60
Cable Concéntrico 4x18AWG	Metro	10,00	1,00	10,00
Cable Concéntrico 3x14AWG	Metro	3,00	1,75	5,25
Base Adhesiva 25x25mm CV-200 A CV-400	Unidad	10,00	0,25	2,50
Base Adhesiva 20x20mm CV-100 A CV-400	Unidad	10,00	0,15	1,50
Enchufe amarillo blindado 110V 15A Polarizado	Unidad	1,00	2,50	2,50
Juego de piedras de esmeril	Unidad	2,00	6,75	13,50
Motor E143/5T Monofásico	Unidad	1,00	145,00	145,00
Motor W22 Monofásico	Unidad	1,00	210,00	210,00
Terminal Puntera Simple 14-12AWG Azul	Funda	1,00	3,40	3,40
Terminal Puntera SDoble 2x18 Rojo	Funda	1,00	2,90	2,90
Plancha de Aluminio	Unidad	1,00	12,00	12,00
Plancha de Acero Inoxidable Mate 150mm	Unidad	1,00	100,00	100,00
Luz piloto voltímetro verde 22 mm EBASEE	Unidad	1,00	1,50	1,50
Luz piloto voltímetro roja 22 mm EBASEE	Unidad	1,00	1,50	1,50
Luz piloto voltímetro azul 22 mm EBASEE	Unidad	1,00	1,50	1,50
Caja de control 300x200x150 Gris (ASTM) A366	Unidad	1,00	80,00	80,00
Terminal hembra rojo 5/32 22-18 4,8 mm	Funda	30,00	0,10	3,00
Cable de instrumentación	Metros	45	1,25	56,25
Amarras 15 cm TAHO negra DXN3004N	Funda	1,00	15,00	15,00
Terminal puntera simple 18-16AW Amarillo	Funda	30,00	1,70	51,00
Pulsador tipo hongo	Unidad	1,00	7,80	7,80
Botón paro de emergencia	Unidad	1,00	7,80	7,80
Cuchilla Starret S1101	Unidad	1,00	35,00	35,00
Plancha de tol negro	Unidad	1,00	25,00	25,00
Mini Micro V-156 Varilla y Rodillo	Unidad	6,00	2,50	15,00
Cuchilla Torrey 101	Unidad	1,00	15,00	15,00
Engranajes Z32-M2-REL 1:2-E.C CSR	Unidad	3,00	5,05	15,15
Eje roscado 1/2"	Unidad	4,00	1,70	6,80
Eje 1/2"	Unidad	4,00	1,25	5,00
Prisioneros M6	Caja	1,00	5,00	5,00
Perno de máquina hexagonal de 3/4 x 20"	Caja	1,00	6,60	6,60
Perno de cabeza hueca hexagonal de 1/2 x 20"	Caja	1,00	7,00	7,00
Motor TopLoad PSC 110V	Unidad	1,00	36,00	36,00
Lata de pintura azul mate	Lata	1,00	5,25	5,25
<b>TOTAL (USD)</b>			<b>1334,17</b>	