



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

Automatizado en corte del separador de placas para fabricación de baterías de plomo ácido utilizando PLC y HMI Delta en la empresa Baterías Volta

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Mecatrónico

AUTORES

Paico Rivas, Anthony German
ORCID: 0000-0002-4663-2252

Valenzuela Suarez, Jessy Luis Antony
ORCID: 0000-0001-9559-3125

ASESOR

Sotelo Valer, Freedy
ORCID: 0000-0003-3079-2857

Lima, Perú

2022

Metadatos Complementarios

Datos del autor(es)

Paico Rivas, Anthony German

DNI: 73114572

Valenzuela Suarez, Jessy Luis Antony

DNI: 46545310

Datos de asesor

Sotelo Valer, Freedy

DNI: 25804755

Datos del jurado

JURADO 1

Castro Salguero, Robert Gerardo

DNI: 06756101

ORCID: 0000-0001-9909-3435

JURADO 2

Mandujano Neyra, Demetrio Hugo

DNI: 07601347

ORCID: 0000-0002-3096-5626

JURADO 3

Rivas León, Javier Hipólito

DNI: 10250991

ORCID: 0000-0002-8365-4346

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 2.11.02

Código del Programa: 712046

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Paico Rivas Anthony German, con código de estudiante N° 201011562, con (DNI o Carné de Extranjería¹) N° 73114572, con domicilio en Sector 1 Grupo 7 Mz. I Lote 9, distrito Villa el Salvador, provincia y departamento de Lima, y, Valenzuela Suarez Jessy Luis Antony, con código de estudiante N° 201011560, con (DNI o Carné de Extranjería²) N° 46545310, con domicilio en Jirón República del Perú 238 V.S.M., distrito Carmen de la Legua, provincia y departamento de Callao.

En nuestra condición de bachilleres en Ingeniería Mecatrónica de la Facultad de Ingeniería, declaramos bajo juramento que:

(El/la) presente (tesis/ trabajo de suficiencia profesional/ proyecto de investigación) titulado: “Automatizado en corte del separador de placas para fabricación de baterías de plomo ácido utilizando PLC y HMI Delta en la empresa Baterías Volta” es de nuestra única autoría, bajo el asesoramiento del docente Sotelo Valer Freedy, y no existe plagio y/o copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación presentado por cualquier persona natural o jurídica ante cualquier institución académica o de investigación, universidad, etc; (el/la) cual ha sido sometido (a) al antiplagio Turnitin y tiene el 12% de similitud final.

Dejamos constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el(la) (tesis/ trabajo de suficiencia profesional/ proyecto de investigación), el contenido de estas corresponde a las opiniones de ellos, y por las cuales no asumo responsabilidad, ya sean de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o de internet.

Asimismo, ratificamos plenamente que el contenido íntegro del(la) (tesis/ trabajo de suficiencia profesional/ proyecto de investigación) es de nuestro conocimiento y autoría. Por tal motivo, asumimos toda la responsabilidad de cualquier error u omisión en el(la) (tesis/ trabajo de suficiencia profesional/ proyecto de investigación) y somos conscientes de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de falsa declaración, nos sometemos a lo dispuesto en las normas de la Universidad Ricardo Palma y a los dispositivos legales nacionales vigentes.

Surco, 06 de octubre de 2023

Paico Rivas Anthony German
DNI: 73114572

Valenzuela Suarez Jessy Luis Antony
DNI: 46545310

¹ Se debe colocar la opción que corresponda, realizar lo mismo en todo el texto del documento.

² Se debe colocar la opción que corresponda, realizar lo mismo en todo el texto del documento.

AUTOMATIZADO EN CORTE DEL SEPARADOR DE PLACAS PARA FABRICACIÓN DE BATERÍAS DE PLOMO ÁCIDO UTILIZANDO PLC Y HMI DELTA EN LA EMPRESA BATERÍAS VOLTA

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%	11%	1%	4%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%
2	idoc.pub Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
5	tecnonalon.wordpress.com Fuente de Internet	<1%
6	docplayer.es Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad de Deusto Trabajo del estudiante	<1%
8	kupdf.net Fuente de Internet	<1%

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre y a mi padre por fomentar en mí el proceso de crecimiento y ser fuente de inspiración. Y en especial a mis abuelos Chiman y Chabanita forjadores de mi vida, hasta el cielo.

Paico Rivas, Anthony German

Dedico este trabajo a mi madre Hayde Suarez por el incansable e incondicional apoyo que siempre tiene y tendrá hacia sus hijos para ser siempre mejores personas en todos los aspectos. De igual manera, lo dedico a mi tía Mariana Suarez por estar presente y ser participe en toda mi formación profesional y a mi padre Gilberto Valenzuela por todo lo que viene haciendo hasta ahora.

Valenzuela Suarez, Jessy Luis Antony

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Ricardo Palma por forjar nuestros conocimientos teóricos y en cierta forma, los valores éticos y morales que tenemos en nuestra vida profesional. De la misma manera, dar gracias a todos nuestros familiares y personas más cercanas que han estado en los momentos más importantes de nuestro desarrollo preprofesional y que siempre sus consejos y guías han sido fundamental para hoy estar donde estamos.

Paico, A. y Valenzuela, J.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
INTRODUCCIÓN	iii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1 Descripción de la problemática	1
1.2 Formulación y delimitación del problema.....	3
1.2.1 Problema general	3
1.2.2 Problemas específicos	4
1.3 Importancia y justificación del estudio.....	4
1.3.1 Importancia del estudio	4
1.3.2 Justificación del estudio	4
1.4 Limitación del estudio	5
1.5 Objetivo general y específico	5
1.5.1 Objetivo general.....	5
1.5.2 Objetivos específicos	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1 Marco histórico.....	7
2.2 Antecedentes de la investigación.....	10
2.2.1 Antecedentes internacionales	10
2.2.2 Antecedentes nacionales	11
2.3 Ópticas de la investigación.....	12
2.3.1 Hipótesis general.....	13
2.3.2 Hipótesis específicas	13
2.4 Selección de variables	13
2.5 Bases teóricas	14
2.5.1 La batería	14
2.5.2 Separador	15
2.5.3 Sistemas mecánicos	22
2.5.4 Sistemas eléctricos	32

2.5.5	Sistemas electrónicos	55
2.5.6	Sistemas neumáticos	68
2.5.7	Automatización industrial	79
CAPÍTULO III: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA		87
3.1	Entorno del sistema automatizado de corte	87
3.2	Requerimientos.....	88
3.2.1	Requerimientos del diseño mecánico.....	89
3.2.2	Requerimientos del diseño eléctrico	89
3.2.3	Requerimientos del diseño electrónico	89
3.2.4	Requerimiento del diseño por software	90
3.3	Selección de componentes mecánicos.....	90
3.4	Diseño del sistema eléctrico	109
3.5	Selección de componentes neumáticos	118
3.6	Selección del sistema electrónico	122
3.7	Desarrollo del software	126
3.8	Simulación del software	144
CAPÍTULO IV: PRUEBAS Y RESULTADOS DEL SISTEMA		151
4.1	Pruebas	151
4.1.1	Prueba del sistema electrónico.....	151
4.1.2	Prueba del sistema mecánico	151
4.1.3	Pruebas del sistema neumático	152
4.1.4	Pruebas de control del sistema.....	152
4.1.5	Prueba de eficiencia del sistema automatizado.....	152
4.2	Análisis de Resultados.....	153
4.2.1	Análisis de resultados de la parte electrónica	153
4.2.2	Análisis de resultados de la parte mecánica.....	154
4.2.3	Análisis de resultados del sistema neumático del sistema	154
4.2.4	Análisis de resultados de las pruebas de control del sistema.....	155
4.2.5	Análisis de resultados de la prueba de eficiencia.....	155
CONCLUSIONES		157
RECOMENDACIONES		158

REFERENCIAS	159
ANEXOS	165
Anexo 1: Soporte principal de la estructura	165
Anexo 2: Soporte lateral de la estructura.....	166
Anexo 3: Soporte base de la estructura	167
Anexo 4: Soporte trasero de la estructura.....	168
Anexo 5: Elemento de extracción - rodillo tipo A.....	169
Anexo 6: Elemento de extracción – soporte fijo	170
Anexo 7: Elemento de extracción - soporte móvil	171
Anexo 8: Elemento de direccionamiento - rodillo de tipo B.....	172
Anexo 9: Elemento de direccionamiento - soporte fijo.....	173
Anexo 10: Elemento de direccionamiento - soporte móvil	174
Anexo 11: Elemento de direccionamiento - plancha soporte	175
Anexo 12: Elemento de sujeción - eje transversal.....	176
Anexo 13: Elemento de sujeción - soporte larguero 1.....	177
Anexo 14: Elemento de sujeción - soporte larguero 2.....	178
Anexo 15: Elemento de sujeción - soporte larguero 3.....	179
Anexo 16: Elemento de sujeción - soporte fijo	180
Anexo 17: Elemento de sujeción - soporte móvil.....	181
Anexo 18: Plataforma de corte - plancha 1	182
Anexo 19: Plataforma de corte - plancha 2	183
Anexo 20: Plataforma de corte - plancha 3	184
Anexo 21: Plataforma de corte - soporte fijo 1	185
Anexo 22: Plataforma de corte - soporte fijo 2	186
Anexo 23: Elemento de posicionamiento - tornillo sinfín.....	187
Anexo 24: Elemento de posicionamiento - soporte de sensor.....	188
Anexo 25: Elemento de posicionamiento - tope extremo.....	189
Anexo 26: Elemento de posicionamiento – manivela	190
Anexo 27: Ficha de datos - cuchilla industrial	191
Anexo 28: Ficha técnica - Fuente de alimentación 24 VDC.....	192
Anexo 29: Ficha técnica - PLC Delta DVP-14SS	193
Anexo 30: Ficha técnica – HMI Delta TP04	194
Anexo 31: Carta de autorización para presentación de tesis	195

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Acervo Total de robots industriales en 2017	2
Tabla 2. Cantidad de separadores según el requerimiento de placas positivas	3
Tabla 3. Variables e indicadores.....	13
Tabla 4. Resultados de pruebas en laboratorios Better.....	16
Tabla 5. Relación medida y capacidad en amperes hora - normativa DIN	18
Tabla 6. Medida de los vasos establecidos por la norma DIN	19
Tabla 7. Relación medida y capacidad en amperes hora - normativa BS	21
Tabla 8. Medidas de vasos establecidos por la norma BS.....	22
Tabla 9. Composición química del acero A36	29
Tabla 10. Propiedades físicas del acero A36.....	30
Tabla 11. Detalles de la norma internacional UNE-EN-60617	34
Tabla 12. Símbolos eléctricos según norma internacional UNE-EN-60617	34
Tabla 13. Categoría de servicio para la selección de contactores	44
Tabla 14. Válvulas de control direccional	73
Tabla 15. Elementos de mando para los sistemas neumáticos	75
Tabla 16. Válvulas de control adicionales.....	76
Tabla 17. Cilindros de simple y doble efecto	78
Tabla 18. Factores de servicios para transmisiones por cadenas de rodillos.....	107
Tabla 19. Especificaciones para las cadenas de rodillos ANSI	107
Tabla 20. Variables de entrada en entrada.....	126
Tabla 19. Variables de salida.....	127
Tabla 22. Memorias internas del PLC	127
Tabla 23. Prueba de eficiencia del sistema autómatas	153

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Pila eléctrica.....	7
Figura 2: Placa planté	8
Figura 3: Placas positiva y negativa	9
Figura 4: Acumulador eléctrico químico.....	14
Figura 5: Muestra de separador de polietileno	15
Figura 6: Placa MA 18 tubos.....	17
Figura 7: Dimensiones para vasos - serie MA.....	18
Figura 8: Placa MG 16 tubos.....	20
Figura 9: Dimensiones para vasos - serie MG.....	21
Figura 10: Partes de un sistema mecánico.....	23
Figura 11: Partes de un rodillo	24
Figura 12: Partes de un rodamiento.....	25
Figura 13: Esquema de engranajes - posiciones de ejes.....	26
Figura 14: Tipos de engranajes.....	27
Figura 15: Sistema mecánico – cadena corona.....	28
Figura 16: Cuchillas industriales	28
Figura 17: Estructura mecánica modelada en SolidWorks.....	31
Figura 18: Modelamiento parametrizado de un perno.....	32
Figura 19: Componentes de un sistema eléctrico	33
Figura 20: Interruptor termomagnético bipolar - simbología.....	35
Figura 21: Protección térmica del interruptor termomagnético.....	36
Figura 22: Protección magnética del interruptor termomagnético	36
Figura 23: Curva de disparo de un interruptor termomagnético	37
Figura 24: Tipos de pulsador	38
Figura 25: Tipos de Conmutadores	39
Figura 26: Relé electromagnético, simbología y funcionamiento.....	40
Figura 27: Tipos de Relé	41
Figura 28: Contactor y su simbología.....	42
Figura 29: Partes del contactor	43
Figura 30: transformador eléctrico y simbología	45
Figura 31: Componentes de un transformador	45

Figura 32: Funcionamiento de un transformador	46
Figura 33: Transformadores de medida.....	47
Figura 34: Motor eléctrico trifásico de inducción y simbología.	48
Figura 35: Estator y rotor de un motor eléctrico asíncrono de inducción	49
Figura 36: Motor eléctrico seccionado.	50
Figura 37: Tipos de conexiones en bobinados trifásicos.....	52
Figura 38: Tablero eléctrico.	53
Figura 39: Tablero eléctrico autosoportado.....	54
Figura 40: Tablero eléctrico adosado.	54
Figura 41: Tablero eléctrico empotrado.	55
Figura 42: Sistema electrónico.	56
Figura 43: Conversión análoga - digital.	57
Figura 44: Tipos de resistencia y simbologías.....	58
Figura 45: Tipos de condensadores y simbologías.....	60
Figura 46: Composición y funcionamiento de un diodo	61
Figura 47: Tipos de diodos y simbologías.....	62
Figura 48: Tipos de transistores BJT y simbologías.....	62
Figura 49: Tipos de transistores FET y simbologías	63
Figura 50: Circuitos integrados	64
Figura 51: Tipos de transistores FET y simbologías	64
Figura 52: Estructura interna de un sensor fotoeléctrico.....	65
Figura 53: Modelo de sensores fotoeléctricos	65
Figura 54: Sensor fotoeléctrico, modelo reflectivo.	66
Figura 55: Sensor fotoeléctrico, modelo de barrera.	66
Figura 56: Sensor fotoeléctrico, modelo de barrera.	67
Figura 57: Fuente de alimentación industrial 24 VDC.....	68
Figura 58: Elementos de un sistema neumático.	68
Figura 59: Compresor neumático y simbología	69
Figura 60: Filtro neumático y simbología	70
Figura 61: Regulador de presión neumático y simbología.....	71
Figura 62: Lubricador neumático y simbología	71
Figura 63: unidad de mantenimiento neumático y simbología.....	72
Figura 64: válvula de control y simbología.....	74

Figura 65: Cilindro de simple y doble efecto	78
Figura 66: Motor neumático con 2 sentidos de giro y simbología	79
Figura 67: Sistema integrado de automatización.....	80
Figura 68: PLC Delta DVP-14SS2.....	81
Figura 69: Diagrama estructural de un PLC.....	83
Figura 70: Funcionamiento de un PLC	84
Figura 71: Diagrama de escalera o Ladder en ISPsoft.	85
Figura 72: HMI TP04	86
Figura 73: Flujograma del sistema automatizado de corte	88
Figura 74: Soporte Principal de la estructura	90
Figura 75: Soporte lateral de la estructura.....	91
Figura 76: Soporte base de la estructura.....	91
Figura 77: Soporte trasero de la estructura.....	92
Figura 78: Elemento de extracción de material separador	92
Figura 79: Elemento de extracción - rodillo de tipo A.....	93
Figura 80: Elemento de extracción – soporte fijo.....	93
Figura 81: Elemento de extracción – soporte móvil.....	93
Figura 82: Elemento de direccionamiento de material separador	94
Figura 83: Elemento de direccionamiento – rodillo de tipo B	94
Figura 84: Elemento de direccionamiento – soporte fijo	95
Figura 85: Elemento de direccionamiento – soporte móvil.....	95
Figura 86: Elemento de direccionamiento – plancha soporte	95
Figura 87: Elemento de sujeción de material separador.....	96
Figura 88: Elemento de sujeción – eje transversal	96
Figura 89: Elemento de sujeción – soporte larguero 1	97
Figura 90: Elemento de sujeción – soporte larguero 2	97
Figura 91: Elemento de sujeción – soporte larguero 3	97
Figura 92: Elemento de sujeción – soporte fijo.....	98
Figura 93: Elemento de sujeción – soporte móvil	98
Figura 94: Plataforma de desplazamiento y corte	99
Figura 95: Plataforma de corte – plancha 1	99
Figura 96: Plataforma de corte – plancha 2.....	99
Figura 97: Plataforma de corte – plancha 3.....	100

Figura 98: Plataforma de corte – soporte fijo 1	100
Figura 99: Plataforma de corte – soporte fijo 2	100
Figura 100: Elemento de posicionamiento para el sensor fotoeléctrico	101
Figura 101: Elemento de posicionamiento – tornillo sinfín	101
Figura 102: Elemento de posicionamiento – soporte de sensor	101
Figura 103: Elemento de posicionamiento – tope extremo	102
Figura 104: Elemento de posicionamiento – manivela	102
Figura 105: Estructura mecánica ensamblada	102
Figura 106: Rodamiento para eje de cilindros	103
Figura 107: Estructura mecánica en planta - vista 1	103
Figura 108: Estructura mecánica en planta – vista 2	104
Figura 109: Estructura mecánica en planta – vista 3	104
Figura 110: Cuchillas para el corte del material separador	105
Figura 111: Acoplamiento de Motor y reductor	106
Figura 112: Cadena seleccionada para el sistema mecánico	109
Figura 113: Arranque directo de motor trifásico	110
Figura 114: Contactor 24 VDC para el motor	113
Figura 115: Relé térmico de protección para el motor	113
Figura 116: Fusible para el circuito de control	114
Figura 117: Relés de 24 VDC 5 pines	115
Figura 118: Transformador 220 VAC a 24 VAC	115
Figura 119: Puente de diodos KBPC3510	116
Figura 120: Interruptor termomagnético 20 A	116
Figura 121: Esquema eléctrico – dispositivos de entrada	117
Figura 122: Esquema eléctrico – dispositivos de salida	117
Figura 123: Dispositivo de mando de la electroválvula	118
Figura 124: Cuerpo de la electroválvula	119
Figura 125: Electroválvula 5/2	119
Figura 126: Pistón de sujeción de doble efecto	120
Figura 127: Sensor magnético de posición de 2 hilos - Micro	120
Figura 128: Sensor magnético de posición de 2 hilos	121
Figura 129: Unidad de mantenimiento	121
Figura 130: Sensor fotoeléctrico	122

Figura 131: Sensor fotoeléctrico ubicado en el sistema mecánico.....	123
Figura 132: Fuente de alimentación 24 VDC.....	123
Figura 133: PLC Delta DVP-14SS.....	124
Figura 134: HMI Delta TP04.....	125
Figura 135: Pulsadores de arranque y parada.....	125
Figura 136: Enclavamiento de energía - Red 1.....	128
Figura 137: Habilitación del motor - Red 2.....	129
Figura 138: Habilitación de electroválvula de sujeción - Red 3.....	129
Figura 139: Timer para inicio del pistón de sujeción - Red 4.....	130
Figura 140: Etapa de corte - Red 5.....	130
Figura 141: Desactivación de electroválvula de corte - Red 6.....	131
Figura 142: Desactivación de electroválvula de expulsión - Red 7.....	131
Figura 143: Pistón de expulsión de material – Red 8.....	132
Figura 144: Energización de electroválvula de corte – Red 9.....	132
Figura 145: Energización de electroválvula de expulsión – Red 10.....	133
Figura 146: Memoria de Contadores – Red 11.....	133
Figura 147: Carga del valor D0 a la marca Word 1 – Red 12.....	134
Figura 148: TPEditor - Pantalla principal.....	134
Figura 149: TPEditor – ícono Button.....	135
Figura 150: TPEditor – área de trabajo.....	135
Figura 151: TPEditor – configuración de botón.....	136
Figura 152: TPEditor – ícono de entrada de datos.....	137
Figura 153: TPEditor – Elemento para entrada de datos numéricos.....	137
Figura 154: ISPSOft – Red 12 de programación de PLC.....	138
Figura 155: ISPSOft – Memoria retentiva.....	138
Figura 156: TPEditor – Configuración de entrada numérica.....	139
Figura 157: TPEditor – Elemento indicador de un parámetro del programa.....	139
Figura 158: TPEditor – Configuración para lectura de valor.....	140
Figura 159: TPEditor – Salto de página del HMI.....	141
Figura 160: TPEditor – Página principal del HMI.....	141
Figura 161: TPEditor – Página auxiliar del HMI.....	142
Figura 162: RS-232 - disposición cruzada para Tx y Rx.....	143
Figura 163: TPEditor – Conexión PC - HMI.....	143

Figura 164: COMMGR – Interfaz de comunicación.....	144
Figura 165: Diagrama completo de simulación en FluidSim.....	145
Figura 166: Condiciones iniciales del sistema	146
Figura 167: Activación del motor trifásico	146
Figura 168: Detección de material y activación del pistón de sujeción	147
Figura 169: Activación del pistón de corte.....	148
Figura 170: Desactivación de las electroválvulas de sujeción y corte	148
Figura 171: Retorno de los pistones de sujeción y corte	149
Figura 172: Activación del pistón de expulsión	150
Figura 173: Desactivación del pistón de expulsión y sensor fotoeléctrico.....	150
Figura 174: Guías mecánicas para la extracción del material	154
Figura 175: Corrección del soporte auxiliar del pistón de sujeción	155

RESUMEN

La investigación actual tuvo como objetivo realizar el Automatizado en la etapa de corte del separador de placas para la fabricación de baterías de plomo ácido utilizando PLC y HMI delta en la empresa Baterías Volta, para esto se planteó los rediseños relacionados a la parte mecánica y eléctrica, el diseño en cuanto a la electrónica y la creación del programa para la obtención de las cantidades y longitud requeridas de los separadores. Esto en respuesta a la problemática referente a la demanda de cortes que tiene que realizar manualmente un operador por un periodo mensual para la fabricación de baterías. Para la extracción del material, que viene en rollos, se utilizó un motor trifásico asíncrono y un sistema mecánico de rodillos para otorgar una adecuada estabilidad, asimismo cuenta con tres pistones neumáticos: uno encargado de la sujeción del material realizando presión sobre el separador y a la vez dejando el espacio adecuado para el paso de la cuchilla, el segundo con la finalidad de realizar el corte al separador y finalmente el tercero encargado de retirar el material cortado de la plataforma del sistema. El sistema requiere de la ubicación manual del material, un botón de arranque para el inicio de la secuencia, la longitud se establece mecánicamente, se configuran como parte de la programación la cantidad de cortes a realizar a través del PLC y la HMI, además, la máquina cuenta con un sensor óptico para la detección del material a la longitud establecida. El contenedor se diseñó de forma rectangular y se ubicó estratégicamente para acumular y almacenar la cantidad requerida de separadores.

Como resultado de la investigación, al implementar el sistema automatizado, se redujo el tiempo de obtención de cada corte a 6 segundos de los 11 segundos iniciales que le tomaba a un operador realizarlo y contabilizarlo, terminando toda una tarea 2.8 veces más rápida en promedio, contribuyó a que la longitud de los separadores cortados tenga dimensiones más exactas y sin excedente de material, disminuyó el cansancio por tarea repetitiva en los operadores que realizan manualmente este proceso. Así como también contribuirá a la confiabilidad en la automatización de los procesos en las industrias peruanas y permitirá mejorar el ciclo de vida de las baterías al evitar cortocircuitos y deterioros de material por manipulación indebida o dimensiones incorrectas del separador.

Palabras claves: PLC, HMI, Separadores, baterías, sensor, pistones neumáticos.

ABSTRACT

The objective of the current research was to automate the cutting stage of the plate separator for the manufacture of lead acid batteries using PLC and delta HMI in the company Baterías Volta, for this the redesigns related to the mechanical and electrical part, the design in terms of electronics and the creation of the program for obtaining the quantities and length required of the separators were proposed. This in response to the problems related to the demand of cuts that an operator has to make manually for a monthly period for the manufacture of batteries. For the extraction of the material, which comes in rolls, an asynchronous three-phase motor and a mechanical roller system were used to provide adequate stability. It also has three pneumatic pistons: one in charge of holding the material by applying pressure on the separator and at the same time leaving adequate space for the blade to pass through, the second in charge of cutting the separator and finally the third in charge of removing the cut material from the system platform. The system requires manual placement of the material, a start button for the beginning of the sequence, the length is set mechanically, the number of cuts to be made is configured as part of the programming through the PLC and the HMI, in addition, the machine has an optical sensor for the detection of the material at the established length. The container was designed in a rectangular shape and strategically located to accumulate and store the required amount of separators.

As a result of the research, by implementing the automated system, the time to obtain each cut was reduced to 6 seconds from the initial 11 seconds that it took an operator to perform and count it, finishing a whole task 2.8 times faster on average, contributed to the length of the cut separators having more accurate dimensions and without excess material, reduced fatigue due to repetitive tasks in operators who manually perform this process. It will also contribute to the reliability in the automation of processes in Peruvian industries and will improve the life cycle of the batteries by avoiding short circuits and material deterioration due to improper handling or incorrect separator dimensions.

Keywords : PLC, HMI, Separators, batteries, sensor, pneumatic pistons.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación es en respuesta a la alta demanda de fabricación de baterías que presenta actualmente la empresa Baterías Volta, la cual requiere un número determinado de insumos entre ellos los separadores, los cuales para su obtención conlleva un trabajo repetitivo que puede causar problemas ergonómicos en el operador e imprecisiones a la hora de realizar los cortes. El principal motivo de este tipo de tareas se debe a la producción de baterías aún se realiza de forma artesanal y mucho de los procesos que existen actualmente en la planta requieren supervisión e intervención del personal. Con una producción de entre 26 a 32 baterías por mes en distintas capacidades y voltajes, los cortes ascienden hasta el orden de los veintiséis mil por mes. Esto limita la posibilidad de desempeño del personal en otras actividades más relevantes, así como también constituye una tarea monótona y estresante. Esta investigación da respuesta proponiendo el Automatizado en corte del separador de placas para fabricación de baterías de plomo ácido utilizando PLC y HMI delta en la empresa baterías volta, para lo cual se plantea el rediseño mecánico y eléctrico, así como el diseño electrónico y el desarrollo del programa. La presente investigación se encuentra dividida en 4 capítulos.

En el primer capítulo se describe el planteamiento del problema, se realiza la pregunta general y específicas, así como se define el objetivo general y los específicos, además se expone los alcances, la justificación, las limitaciones e importancia de la investigación. En el segundo capítulo se resume de acuerdo a lo expuesto, los antecedentes internacionales y nacionales relacionados con la investigación, así como las bases teóricas donde se explica de forma concreta y precisa los términos relacionados a nuestro proyecto de automatización. En el tercer capítulo se detalla el desarrollo e implementación del sistema mecánico, eléctrico y electrónico, además el desarrollo del programa de la máquina automatizada de cortes para el separador de las baterías. En el cuarto capítulo se describen y analizan los resultados que se obtuvieron. Finalmente, se redacta las conclusiones en función a la evaluación y comprobación de la hipótesis, a los objetivos propuestos y las recomendaciones respectivas para futuras líneas de investigación, asimismo los anexos que ampliarán la información presentada para su referencia.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

En este capítulo se describe la problemática, la importancia, la justificación, la limitación del estudio y el objetivo general y los específicos de la tesis.

1.1 Descripción de la problemática

De acuerdo con la Federación Internacional de Robótica (IFR, por sus siglas en inglés) la cantidad de robots industriales instalados para la automatización de la industria manufacturera desde el año 2013 al 2017 en América Latina ha aumentado en 2945 unidades, de estos Perú contó solo con un equipamiento de 28 equipos los cuales inclusive fueron instalados utilizando recursos tecnológicos extranjeros, ya que no estaba preparado para proveer el personal adecuado para implementarlos ni realizar los mantenimientos a futuro (Suescun y Lee, 2019). En la tabla 1 se muestra la cantidad total de robots para la automatización de procesos de la industria manufacturera durante el año 2017 para América Latina.

Si bien es conocido, la automatización de procesos trae muchos beneficios para la industria manufacturera tales como la reducción de ciclos de producción, aumento de productividad, mejoras en la calidad y confiabilidad, mejor uso de los espacios, entre otros. No obstante, la implementación de estos sistemas automatizados implica la inversión de un capital muy elevado por lo que existe un gran temor por parte de las empresas en hacerlo y que los resultados no sean los esperados. (Piérola, 2017).

Tabla 1
Acervo Total de robots industriales en 2017

	ALIMENTOS Y BEBIDAS	PLÁSTICOS Y PRODUCTOS QUÍMICOS	VIDRIO, CERÁMICA Y AFINES	METAL	OTRAS RAMAS	TOTAL INDUSTRIA MANUFACTURERA
MÉXICO	417	2447	24	1010	454	4352
BRASIL	405	1445	59	1185	573	3667
ARGENTINA	147	75	8	437	51	718
CHILE	34	9	1	33	27	104
COLOMBIA	8	49	12	23	4	96
PERU	14	2	0	20	2	38
PUERTO RICO	0	12	0	1	0	13
VENEZUELA	17	4	2	1	1	25
TOTAL	1042	4043	106	2710	1112	9013

Fuente: IFR, 2017

En Perú, Baterías Volta es una empresa pionera en la fabricación de acumuladores eléctricos industriales utilizando plomo y ácido sulfúrico como solución electrolítica para trabajos de tracción fuerza en sus diversas aplicaciones en el mercado latinoamericano. Sus procesos de ensamblaje inician desde la adquisición de plomo al 99.98% de pureza, como materia prima, hasta la entrega de la batería definida por un voltaje y una capacidad, estas presentan una estructura interna basada en la composición de placas positivas (plomo puro) y placas negativas (plomo esponjoso), aisladas por un componente que se llama separador, el cual evita los cortocircuitos. Sin embargo, estos procesos existentes se realizan con la supervisión e intervención parcial o total de un personal para su ejecución porque no se cuenta con los recursos tecnológicos dentro del país para poder implementar ciclos de trabajo automatizados, obligando a la empresa a solicitar servicios técnicos del extranjero aumentando así los costos de instalación y mantenimientos.

Para la obtención de los separadores, citado en el párrafo anterior, los cuales vienen en presentación de bobinas de 600 metros lineales, actualmente se realizan cortes manuales según las dimensiones entregadas por las normas Deutsches Institut für Normung (DIN) y British Standard (BS).

En este proceso el operario desenrolla, ubica, mide y utiliza una guillotina para realizar el corte, luego repite esto las veces que sean necesarias dependiendo del requerimiento total de placas positivas, lo que causa inconvenientes como confusión al enumerarlos, imprecisión en el corte, problemas ergonómicos e inclusive desperdicio de material.

En la tabla 2 se muestra la cantidad de separadores obtenidos a lo largo del primer semestre del año 2022. Como se puede notar, la cantidad de separadores es el doble de la cantidad de placas positivas ya que estas necesitan aislamiento por ambas caras. Por ejemplo, para el mes de abril se tuvo un requerimiento de 4535 placas positivas, lo que demandó una cantidad de 9070 separadores, es decir el operario realizó 9070 cortes.

Tabla 2
Cantidad de separadores según el requerimiento de placas positivas.

MES / 2022	REQUERIMIENTO DE PLACAS POSITIVAS (UND)	CANTIDAD DE SEPARADORES (UND)	ESTADO
FEBRERO	3100	6200	Entregado
MARZO	3716	7432	Entregado
ABRIL	4535	9070	Entregado
MAYO	10317	20634	Entregado
JUNIO	6321	12642	Pendiente

Fuente: Propia

De acuerdo con lo expuesto se propone la siguiente tesis de Automatizado de la etapa de corte del separador de placas para la fabricación de baterías de plomo ácido utilizando PLC y HMI Delta, con la finalidad de acelerar la producción y mejorar la precisión de los cortes para el proceso de obtención de separadores.

1.2 Formulación y delimitación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo automatizar la etapa de corte del separador de placas para la fabricación de baterías de plomo ácido utilizando PLC y HMI Delta en la empresa Baterías Volta?

1.2.2 Problemas específicos

- a) ¿Cómo diseñar la estructura mecánica del sistema del corte del separador donde se ubicarán los rollos que contienen el producto, los actuadores y sensores?
- b) ¿Cómo calcular los parámetros de funcionamiento del motor trifásico, cadenas de transmisión, pistones neumáticos y circuito eléctrico y electrónico?
- c) ¿Cómo elaborar la programación para el PLC y HMI seleccionados, con el fin de automatizar la etapa de corte del separador de placas para la fabricación de baterías de plomo ácido?

1.3 Importancia y justificación del estudio

1.3.1 Importancia del estudio

El presente tesis sobre la automatización de la etapa de corte del separador de placas para la fabricación de baterías plomo ácido reducirá el tiempo de obtención de grandes lotes de estos, lo cual a su vez evitará que haya retrasos en la entrega del producto final, mejorará la calidad y precisión de los cortes efectuados, controlará de forma eficiente la administración del material, contribuirá a mejorar la implementación tecnológica de la empresa y disminuirá la posibilidad que el operario encargado de realizar cada corte sufra de problemas ergonómicos por el movimiento repetitivo que precisa esta tarea.

1.3.2 Justificación del estudio

a) Justificación técnica

Con la automatización de la etapa de corte del separador de placas se agilizará el proceso del ensamblaje de las baterías de plomo ácido, de igual manera se garantizará la calidad y exactitud de las medidas de dicho corte. Además de utilizar el programa SolidWorks para el modelamiento 3D de la estructura mecánica, un controlador lógico programable (PLC) con el software adecuado para su programación y una interfaz hombre máquina (HMI) para la configuración de parámetros.

b) Justificación económica

El proyecto de investigación para el automatizado de la etapa de corte logrará una mayor fluidez para la entrega de las baterías al cliente, lo cual significa que la empresa tendrá más días hábiles para fabricar y almacenar celdas y permitirá que puedan realizar la facturación reduciendo el tiempo de pago de los clientes que manejan cartas de crédito.

c) Justificación social

Aporte a la extensión de automatización en el Perú, ya que, al comprobarse la eficacia del trabajo, las empresas puedan evaluar las inversiones por etapas para luego completar un proceso integral. Asimismo, se evitarán problemas generados por movimientos repetitivos para la ejecución de una tarea, generando calidad de vida laboral entre los operarios de Baterías Volta.

1.4 Limitación del estudio

La automatización de la etapa de corte del separador no podrá colocar el rollo del producto el cual cuenta con 600 metros lineales y un diámetro aproximado de 1 metro en la posición adecuada ni introducir el material separador dentro de los actuadores de fijación para iniciar los cortes, ya que, implementar un sistema con esas características implica una mayor inversión por el tipo de tecnología que requiere.

1.5 Objetivo general y específico

1.5.1 Objetivo general

Automatizar la etapa de corte del separador de placas para la fabricación de baterías de plomo ácido utilizando PLC y HMI DELTA en la empresa Baterías Volta.

1.5.2 Objetivos específicos

- a) Rediseñar la estructura mecánica donde se ubicarán los rollos que contienen el producto, los actuadores y sensores para realizar el corte y acumulación de los separadores de forma eficiente.
- b) Determinar los parámetros de funcionamiento del motor trifásico, cadenas de transmisión, pistones neumáticos y circuito eléctrico y electrónico.
- c) Desarrollar la programación en el software del PLC y HMI seleccionados para automatizar la etapa de corte del separador de placas para la fabricación de baterías de plomo ácido.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

En este capítulo se mencionan los antecedentes en el ámbito internacional y nacional de la investigación que fueron tomados como guía. Asimismo, se exponen las bases teóricas que sustentan los temas que se utilizaron y aplicaron para el desarrollar la tesis.

2.1 Marco histórico

Durante la carrera tecnológica por lograr un flujo estable de la electricidad, Alessandro Volta fue uno de los primeros científicos en concretar a finales del siglo XVIII, la denominada pila eléctrica la cual estaba hecha con discos de metales (plata y de zinc) colocados de forma alterna, es decir un disco de un material luego de otro y separados por discos de cartón embebidos en salmuera, demostrando que no era el cuerpo de los animales los que conducían la electricidad si no el contacto de dos metales, como se muestra en la figura 1. De esta manera se terminó rompiendo el limitado estudio de la electricidad estática.



Figura 1: Pila eléctrica

Fuente: Guido B, 2018

Cursando el año 1859, el científico Gastón Plante desarrolló la primera batería basada en la tecnología de plomo ácido, él logró concretar un aumento en la capacidad y generar un sistema completamente recargable siendo hasta el día de hoy la más exitosa forma de acumulación de energía, se detalla en figura 2. A partir de esa fecha, estas tecnologías

se han ido mejorando e inclusive evolucionando en diferentes metales y soluciones, tal cual son los casos concretos de las baterías Alcalinas de Níquel Cadmio, Níquel metal hidruro, iones de Litio, silicio con electrolito sólido, entre otras. Aunque el principio sea el mismo, se han modificado mucho las densidades energéticas que pueden ofrecer los componentes, las cuales las hacen más eficientes con más ciclos de vida y con un mejor rendimiento frente a las exigencias del mercado automotriz, traccionario, de comunicaciones, generadoras eléctricas y energías renovables.



Figura 2: Placa planté

Fuente: IES San Isidoro, 2018

Los siguientes años lograron concretarse mejores placas, en 1881 se inventa la placa plana o de rejilla, hoy en día usada generalmente como negativa, la cual es patente de Volkmar y en 1910 se inventa con tubos de caucho, la placa tubular o panzer, actualmente se usa como positiva y con nueva composición material. Es de notar que, para impedir el contacto entre las estructuras positivas (izquierda) y negativas (derecha), mostradas en la figura 3, exista un material aislante que las divida todo el tiempo de su vida útil en el interior de la batería, éste es llamado el separador, el cual desde sus orígenes han sido materiales permeables, porosos y no conductores.



Figura 3: Placas positiva y negativa

Fuente: Hoppecke, 2019

Los fabricantes de componentes internos de las baterías, como gaunlets, separadores y bottom bar han ido adicionándoles propiedades químicas y eléctricas; tales que éstas permitan a la construcción final reducir características como resistencia eléctrica, evitar el desplazamiento del antimonio y obtener una mayor cantidad de ciclos de vida.

Los separadores tienen sus inicios en materiales no conductores de electricidad, se fabricaban en Estados Unidos con madera y se prefería el cedro Port Orford. Estos eran cortados en formas variadas y tratados con sosa cáustica hirviendo por un tiempo estimado de 8 horas con la finalidad de eliminar los compuestos orgánicos que podrían presentar. Posteriormente se empezaron a utilizar los primeros separadores sintéticos los cuales tenían como estructura caucho duro con hilos de algodón, ambos eran vulcanizados y cortados.

En los últimos años se han inventado muchos tipos de separadores como látex con sílice pulverizado, fibra de vidrio con plástico extruido, celulosa, fibra de vidrio compuesta por látex y tierra diatomácea, entre otros materiales plásticos.

2.2 Antecedentes de la investigación

A continuación, se muestran las tesis que fueron seleccionadas como precedentes para el desarrollo del automatizado de la etapa de corte de separadores de placas para la fabricación de baterías plomo ácido.

2.2.1 Antecedentes internacionales

Manzano (2018). En su tesis para obtener el grado profesional de Ingeniero Electrónico, titulado “Diseño e implementación de un robot móvil controlado por un PLC Delta para aplicaciones didácticas de automatización y control” de la Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador. Cuyo objetivo es el desarrollo e implementación de un robot móvil conectado inalámbricamente a una maleta didáctica el cual dispondrá de una interfaz de programación propia sin la necesidad de pagar licencias para utilizarla, generando así nuevos criterios de desarrollo y aplicaciones orientadas a la robótica y automatización industrial. Fue desarrollado mediante un PLC Delta y un microcontrolador Arduino Mega para el control, un módulo FireFly para la comunicación inalámbrica del robot móvil y la maleta didáctica, un HMI (panel de control) que permitirá la interacción con el operador para configurar las distintas tareas y distintos protocolos de comunicación. Se concluyó que, mediante el diseño e implantación del robot móvil, los maestros de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, complementarán con la práctica, la teoría expuesta referente a procesos de control y robótica.

Molina (2019). En su tesis para obtener el grado profesional de Ingeniero en Eléctrico Mecánica, titulado “Automatización y montaje del sistema para controlar los tiempos de proceso en un mezclador al vacío de productos cárnicos en la empresa Centro de Operaciones Guayaquil” de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. Cuyo objetivo fue la mejora de la eficiencia en el control del proceso de un mezclador al vacío de productos cárnicos debido a que el monitoreo de tiempos de cada tarea se realiza de manera manual. La automatización fue desarrollada mediante los programas TIA Portal y Logo Soft Comfort parametrizando variables de entradas y salidas para la configuración

del PLC, el HMI y su trabajo en conjunto con el circuito eléctrico compuesto por contactores e interruptores termomagnéticos de protección. Se concluyó que después de realizar la automatización del proceso en mención la productividad tuvo un aumento del 3% en comparación a cómo se operaba al inicio. De igual manera, se corroboró que el rechazo del producto, por baja calidad, disminuyó en un 56%.

2.2.2 Antecedentes nacionales

Cervantes y Vega (2018). En su tesis para obtener el grado profesional de Ingeniero Mecatrónico, titulado “Diseño e implementación de un sistema automatizado para mejorar el proceso de recubrimiento de estaño en placas de cobre en la empresa polivalente servicios industriales EIRL” de la Universidad Ricardo Palma, Lima. Cuyo objetivo principal fue diseñar un sistema automatizado capaz de controlar los tiempos empleados en cada proceso, así como el material utilizado y el requerimiento de los mismos como la elaboración de intercambiadores de calor. Fue desarrollado mediante una clasificación tecnológica de acuerdo a la demanda del proceso, la cual incluyó una lógica cableada (neumática, eléctrica y electrónica) y una lógica programada (PLC y microcontroladores). Así como también, cálculos matemáticos y resistencia de materiales para el diseño de la estructura mecánica. Se concluyó que el automatizado del proceso de recubrimiento de estaño de las placas de cobre se realizó de manera correcta y precisa, obedeciendo todas las configuraciones e instrucciones programadas. Logrando que haya menos pérdidas de material, mejores tiempos de respuesta en cada etapa y la extracción de los gases tóxicos producidos por las distintas reacciones químicas.

Navarro (2019). En su tesis para obtener el grado profesional de Ingeniero Industrial, titulado “Diseño de un sistema automatizado en el área de corte de la línea de producción de sacos de polipropileno para mejorar la productividad de la empresa Perusac E.I.R.L” de la Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo, Chiclayo. Cuyo objetivo principal fue implementar un sistema automatizado en el área de corte de la línea de producción de sacos de

polipropileno las cuales presentan una baja productividad debido a que los trabajos se realizan de manera manual requiriendo un personal perenne, lo que hace que por errores incesantes del operario se tenga una pérdida neta anual significativa. Fue desarrollado mediante el software SolidWorks para el modelado 3D, esquemas, planos eléctricos y la programación del PLC Modicon M241 en el software correspondiente. Se concluyó que el sistema automatizado en la etapa de corte mejoró indicadores como la productividad del operario, el tiempo que toma al realizar cada corte, la cantidad de fallas por tarea, entre otras.

Mamani (2021). En su tesis para obtener el grado profesional de Ingeniero Electrónico, titulado “Diseño e implementación de un prototipo para automatizar el proceso de embotellado de yogurt en la planta lechera Tacna” de la Universidad Privada de Tacna, Tacna. Cuyo objetivo principal fue automatizar el proceso de embotellado de yogurt, ya que este se realizaba de manera manual presentando pérdidas de producto y tiempos no medidos para el llenado, embotellado, tapado y enroscado restando eficiencia para la entrega del producto final. Fue desarrollado mediante un PLC, para la lectura de los parámetros de los sensores y gobernación de los actuadores, un variador de velocidad que trabaja en conjunto con un motorreductor para la faja transportadora, un HMI para que el operario configure las características del trabajo a realizar, sensores de proximidad (ópticos, capacitivos), válvulas, electroválvulas, pistones neumáticos entre otros dispositivos eléctricos y electrónicos. Se concluyó que tras numerosas pruebas del funcionamiento automático del proceso de embotellado de yogurt se mejoraron las siguientes etapas: transporte, llenado, tapado y roscado dando solución a las dificultades iniciales descritas líneas arriba.

2.3 Ópticas de la investigación

A continuación, se describe la óptica de la investigación, en la cual se define la hipótesis de la investigación y las variables que la delimitan.

2.3.1 Hipótesis general

El automatizado de la etapa de corte del separador de placas reducirá el tiempo de obtención del producto y mejorará la precisión en las medidas de los cortes en referencia a la operación manual de un operador.

2.3.2 Hipótesis específicas

- El diseño mecánico presentado soportará el peso de todos los componentes eléctricos y mecánicos, albergar el volumen de los separadores para que el proceso se ejecute de forma continua y correcta.
- El dimensionamiento y la ubicación de los actuadores, sensores y PLC medirán y cortarán los separadores de acuerdo a las cantidades requeridas y conforme a las medidas entregadas por las normativas.
- La programación en el PLC y su comunicación con el HMI analizarán la información (sensado de la medida del material) y activarán los actuadores correspondientes para realizar los cortes requeridos.

2.4 Selección de variables

Se seleccionó las siguientes variables, expuestas en la tabla 3, con la finalidad de realizar la demostración y comprobación de la hipótesis expuesta en el punto anterior.

Tabla 3

Variables e indicadores

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
AUTOMATIZADO DE LA ETAPA DE CORTE DEL SEPARADOR DE PLACAS (VARIABLE INDEPENDIENTE)	PREPARACIÓN DEL SISTEMA	SECUENCIA DE PASOS A IMPLEMENTAR
	PLANIFICACIÓN DEL PROCESO	NIVEL DE PARTICIPACIÓN DE LOS EQUIPOS
	REDISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES	CRITICIDAD Y PRECISIÓN DE LOS EQUIPOS
	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA	ELABORACIÓN E INTEGRACIÓN DEL SISTEMA
OBTENCIÓN DE SEPARADORES DEFINIDOS EN CANTIDADES Y MEDIDAS (VARIABLE DEPENDIENTE)	INGRESO DE VARIABLES	NÚMERO DE CORTES Y LONGITUD DEL SEPARADOR
	MODELO DE DATOS	PRECISIÓN DE LECTURA DE DATOS
	CONTROL	ANÁLISIS DE DATOS Y RETROALIMENTACIÓN

Fuente: propia

2.5 Bases teóricas

2.5.1 La batería

Es un acumulador eléctrico químico, que a través de reacciones de oxidación y reducción puede convertir energía química en eléctrica y viceversa. El componente que se llama electrodo negativo está compuesto por plomo en su estructura, la cual tiene valencia cero, y un electrodo positivo que contiene óxido de plomo tetravalente. Ambos se encuentran inmersos en una solución electrolítica compuesta por ácido sulfúrico y agua desmineralizada. Existen elementos primarios que solo tienen una vida, es decir no son recargables, y elementos secundarios los cuales tienen ciclos de vida definidos por carga y descarga. Esta composición interna en la batería logra conformar una fuerza electromotriz que se encuentra alrededor de los 2 voltios, como se muestra en la figura 4.

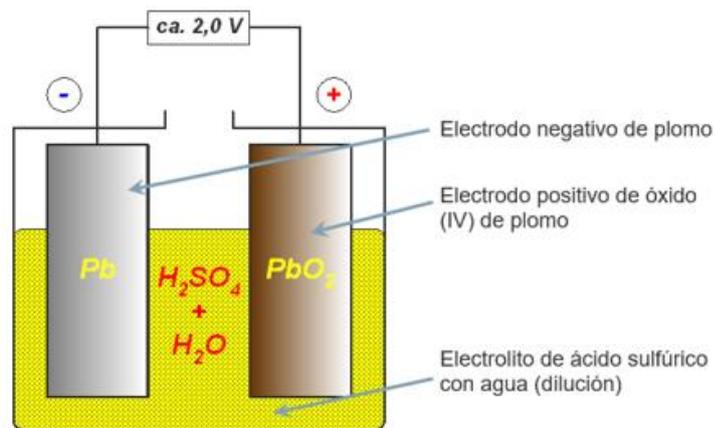
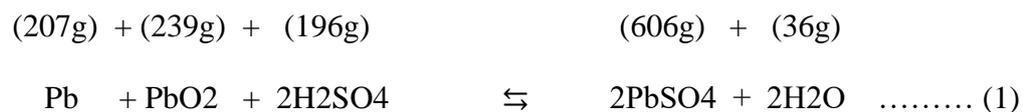


Figura 4: Acumulador eléctrico químico

Fuente: Hoppecke, 2019

Se tiene como Reacción General:



La ecuación del lado izquierdo es cuando la batería se encuentra cargada y la del lado derecho indica que se está descargada. Con respecto a la solución electrolítica, presenta en su composición agua desmineralizada o desionizada con la finalidad de que sea no conductora de la electricidad. Asimismo, como ya se ha mencionado, para evitar el contacto entre la placa positiva y la negativa existe un material llamado separador.

2.5.2 Separador

Son materiales plásticos y libres de PVC, se utilizan como separadores de placas con distinta polaridad para protegerlos del contacto que pueda presentar uno con el otro. Sus principales características son:

- Una gran porosidad, esta se demanda debido a la gran migración iónica que se tiene dentro de las baterías.
- Mantiene la estabilidad del ácido (electrolito) y de la temperatura interna de las celdas.
- Le da firmeza mecánica a la estructura, además que permite el ingreso del ácido sulfúrico en mayor volumen a la placa positiva, quien es la que tiene la materia activa.

Se muestra a continuación, en la figura 5, un rollo de separador de polietileno.



Figura 5: Muestra de separador de polietileno

Fuente: Propia

En la tabla 4 se exponen los resultados con datos técnicos referentes a las características de los separadores, todas tienen sus unidades métricas de referencia de acuerdo a un estándar de seguridad y luego son evaluados por un laboratorio para certificar los resultados.

El espesor total es la medida con las aletas que tiene el separador, mientras que el espesor sin hilo es sólo el de la lámina. Los separadores contienen un porcentaje de aceite en su composición, esto con la finalidad de hacerlo resistente a la sulfatación (sulfato de plomo) y corrosión (por el óxido de plomo y cobre). La resistencia eléctrica es un parámetro que tienen todos los componentes, es la capacidad de oponerse al paso de la corriente, en el caso de los materiales para la fabricación de las baterías se busca que estas sean muy bajas. La porosidad debe ser considerable ya que permite el paso de los electrones, por eso el material es permeable y posee la flexibilidad para evitar el quiebre o rajaduras (elongación). En cuanto a la estabilidad dimensional es la capacidad de mantener las medidas pese a las condiciones del entorno de aplicación, con respecto al contenido de humedad es la cantidad de agua del separador (sólido).

Tabla 4

Resultados de pruebas en laboratorios Better.

Nº	Ítem	Unidad	Estándar	Resultados Reales
1	Espesor total	mm	1.5±0.12	1.51
2	Espesor sin hilo	mm	0.4±0.08	0.43
3	Aceite contenido	%	≤22	17
4	Resistencia eléctrica	mΩ cm2	≤310	138
5	Porosidad	%	60±7.5	59.9
6	Elongación	%	≥200	400
7	Estabilidad dimensional	%	0±1	-0.02
8	Contenido de humedad	%	≤4	2.2

Fuente: Better, 2020

Las normativas DIN y BS tienen medidas definidas con referencia al tamaño de las placas y su capacidad de entregar energía. Para la fabricación de las baterías las placas positivas se reúnen con otras negativas para poder generar una fuerza

electromotriz cerca de 2 Voltios, pero ha de evitarse su contacto en todo momento por un separador, estos elementos son agrupados en un vaso, que es un recipiente de polipropileno copolímero de acuerdo a la norma DIN 43595, y un electrolito para la conducción de iones. Las medidas de los vasos se definen según la serie MA y la MG las cuáles son correspondientes a la Norma DIN y a la BS respectivamente.

- Serie MA

Las placas fabricadas bajo esta normativa DIN, están constituidas por 18 tubos con una longitud definida de 185 milímetros, las capacidades de éstas varían conforme a la medida que posea la altura de las placas. A continuación, podemos observar una estructura mencionada en la figura 6:



Figura 6: Placa MA 18 tubos

Fuente: Propia

Las alturas más utilizadas con sus respectivas capacidades en amperes a un régimen de descarga de 5 horas se muestran en la tabla 5.

Tabla 5

Relación medida y capacidad en amperes hora - normativa DIN

ALTURA EN CENTÍMETROS	CAPACIDAD EN AMPERES – HORA
25.5	60
32.5	80
36.5	90
40.5	105
44.5	115
49.5	125
56.5	140
59.5	155

Fuente: PLASTAM, 2001

La normativa indica que los vasos tienen dos medidas constantes: la altura máxima con 720 milímetros y la longitud con 197.5 milímetros, más el ancho puede variar de acuerdo al conjunto de placas que se agrupen, tal como se muestra en la figura 7.

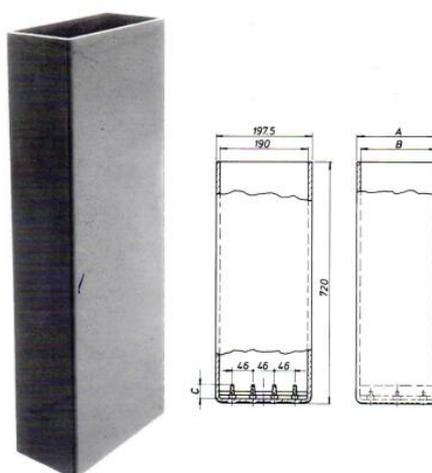


Figura 7: Dimensiones para vasos - serie MA

Fuente: PLASTAM, 2001

A continuación, se detallan las medidas de acuerdo al número de placas que se utilizarían. La cota A, según la gráfica anterior, se refiere a la medida completa que incluye el espesor del vaso, mientras que la B nos indica el interior del vaso utilizable como espacio para contener todos los materiales, tal como se detalla en la tabla 6.

Tabla 6

Medida de los vasos establecidos por la norma DIN

TIPO	A (mm)	B (mm)
2 MA	46.5	39
3 MA	64.5	57
4 MA	82.5	75
5 MA	100.5	93
6 MA	118.5	111
7 MA	135.5	129
8 MA	154.5	147
9 MA	172.5	165
10 MA	190.5	183
12 MA	227	219

Fuente: PLASTAM, 2001

Según la tabla 5, con los datos de relación altura - capacidad, si se requiere una batería de 775 amperes hora, se utilizarían 5 placas positivas de 155 amperes, ya que, si se multiplica 155 x 5, se obtendría los 775 necesarios. Esto implica que tendría que utilizar 5 placas positivas, 6 negativas y sus demás componentes, habría que medir todo para saber el espacio requerido para contener todos los materiales, este cálculo de medidas esta simplificado al elegir la placa 5 MA con capacidad de albergar esa cantidad de placas y materiales. Ahora, si requerimos una batería con una capacidad de 625 Amperes hora, utilizaríamos 6 placas positivas de 105 amperes cada una lo que nos llevaría a elegir un vaso 6 MA.

- SERIE MG

Las placas fabricadas bajo la normativa BS, están constituidas por 16 tubos y tienen una longitud de 145 milímetros, a diferencia de la DIN, estas entregan una menor capacidad correlativamente a la altura y esto se debe a que poseen menos material activo. Sin embargo, ocupan menos espacio en el ancho eso les da una ventaja en determinados espacios. Asimismo, se presentan en una variedad menor de modelos en cuanto a la Serie MA de la norma DIN. A continuación, se muestra la estructura de una de ellas en la figura 8.



Figura 8: Placa MG 16 tubos

Fuente: Propia

Las capacidades que corresponden según la altura de la placa se muestran en la tabla 7.

Tabla 7

Relación medida y capacidad en amperes hora - normativa BS

ALTURA EN CENTÍMETROS	CAPACIDAD EN AMPERES – HORA
30.5	55
35.5	65
40.5	75
44.5	80
51.5	100
59.5	108

Fuente: PLASTAM, 2001

Los vasos tienen una altura máxima de 690 milímetros y longitud correspondiente de 157.5 milímetros, en la figura 9 se muestra como son consideradas las medidas para el vaso.

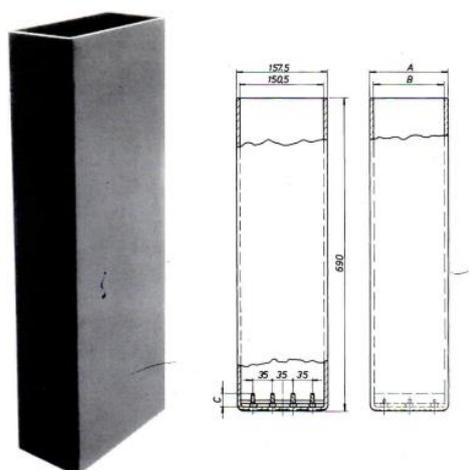


Figura 9: Dimensiones para vasos - serie MG

Fuente: PLASTAM, 2001

Los vasos utilizados para la fabricación de baterías son los siguientes, expuestos en la tabla 8:

Tabla 8

Medidas de vasos establecidos por la norma BS

TIPO	A (mm)	B (mm)
2 MG	45	38
3 MG	61	54
4 MG	77	70
5 MG	93	86
6 MG	109	102
7 MG	125	118
8 MG	141	134
9 MG	157	150
10 MG	173	166
11 MG	189	182
12 MG	205	198
13 MG	221	214
14 MG	237	230
15 MG	253	246

Fuente: PLASTAM, 2001

Conforme a estas medidas y datos es que se definen la medida de los separadores, notablemente, la altura es el parámetro más importante para poder realizar los cortes exactos para los separadores, si estos quedan muy cortos se generaría un cortocircuito dentro de las baterías, y si quedan muy altos podrían interferir con el sellado de la tapa.

2.5.3 Sistemas mecánicos

Para definir un sistema mecánico se debe de tener en cuenta el concepto de mecanismo, el cual es, un conjunto de piezas o elementos que están conectados entre sí mediante articulaciones móviles cuya función principal es transformar distintas magnitudes físicas como velocidad, fuerza, trayectoria e inclusive algún tipo de energía, en alguna otra distinta. A su vez los mecanismos se clasifican como simples, compuestos por dos elementos y complejos, compuestos por más de dos elementos de enlace.

A partir de lo descrito en el párrafo anterior, un sistema mecánico es la combinación de distintos mecanismos capaces de transformar velocidades, fuerzas, trayectorias o energías por medio de una serie de transformaciones

intermedias. Estos sistemas están constituidos, principalmente, por tres grandes bloques (Fajardo, 2015).

- **Bloque emisor:** Encargado de poner en funcionamiento el sistema mecánico, valiéndose de cualquier fuente de energía como el viento, el agua, una reacción química, dispositivos eléctricos e incluso la fuerza humana.
- **Bloque transmisor:** Aquí se encuentra el sistema necesario para interpretar al bloque motriz y convertir el movimiento de entrada en un movimiento de salida. De cierta forma, este bloque se encarga de transferir las fuerzas y el movimiento hasta el siguiente sistema.
- **Bloque receptor:** Este es el que recibe el cambio que ha sido producido por el bloque transmisor, por lo tanto, recibe las fuerzas y el movimiento, llevando adelante el trabajo para el que fue diseñado el sistema mecánico que se está utilizando (Rodríguez, 2021).

En la figura 10, se muestran los tres bloques descritos en un sistema mecánico automotriz, siendo el bloque emisor el motor el cual es accionado por una reacción química del combustible y el oxígeno, el bloque transmisor compuesto por los, embragues, ejes de transmisión, frenos, caja de cambios, etc. Y finalmente el bloque receptor conformado por las ruedas.

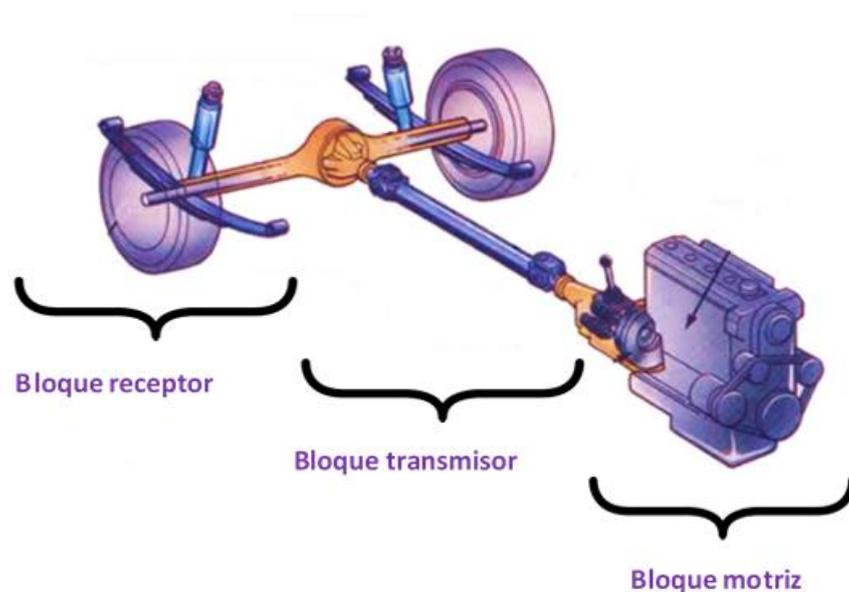


Figura 10: Partes de un sistema mecánico

Fuente: Propia

Existen una gran cantidad de mecanismos capaces de transmitir y transformar los diferentes tipos de movimientos. A continuación, se listan aquellos que fueron aplicados para el desarrollo de la tesis:

- Rodillos

son elementos que forma parte de un mecanismo o sistema mecánico, poseen una forma cilíndrica o tubular pudiendo ser de cualquier material, dependiendo de la aplicación que se les dé. Se caracterizan por ser mucho más largo que grueso, es decir, la longitud a lo largo del eje que posee es de mayor longitud al diámetro de las tapas o bases, además que manteniéndose fijo en el espacio permiten el desplazamiento de distintos objetos sobre ellos o entre ellos (Mecanoso, 2005). Los rodillos poseen las siguientes partes, como se muestra en la figura 11:

- Eje de giro: Elemento tubular y rectilíneo ubicado en la parte interna del cilindro el cual permite su giro.
- Rodamientos: Se encargan de reducir la fricción entre las piezas conectadas al rodillo y el eje de giro, ubicándose en los extremos de este.
- Cilindro: Es la parte que envuelve el eje de giro.
- Tapa: Elementos laterales encargados de proteger el interior del cilindro donde se ubican los el eje y los demás componentes (Embalajes Terra, 2019).

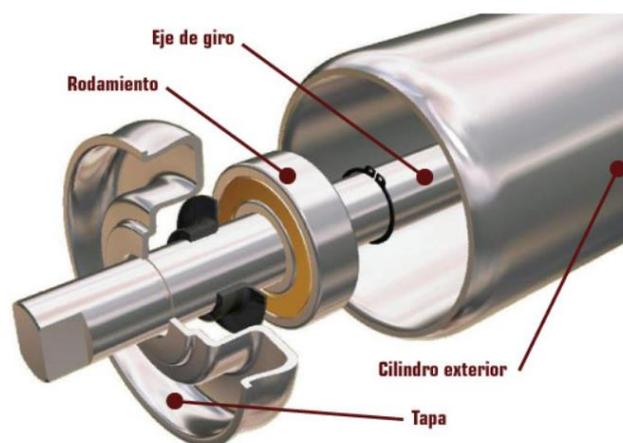


Figura 11: Partes de un rodillo

Fuente: Embalajes Terra, 2019

- Rodamientos

son un tipo de cojinete que emplean pequeños elementos rodantes como bolas o rodillos para menguar la fricción entre superficies que poseen un movimiento giratorio, debido a que la fricción por rodadura es menor que la fricción generada por deslizamiento. Algunas de las ventajas que posee este tipo de cojinete a diferencia de los lisos son: menor fricción en los procesos transitorios en los sistemas mecánicos, especialmente en el momento de romper la inercia. Soportan cargas combinadas radiales y axiales. El mantenimiento es más sencillo y pueden ser sometidos a mayores temperaturas de trabajo sin disminuir su eficiencia. Son elementos que están estandarizados, por ello son sencillos de seleccionarlos. (González, Isaza, Ramírez y Rodríguez, 1981).

La siguiente figura 12 muestra un rodamiento con una vista cortada, detallando cada una de las partes que lo componen, entre ellos tenemos a:

- Sellos: se encargan de mantener el lubricante dentro del rodamiento y evitar que entren impurezas.
- Aros: Son dos, interno y externo, estos poseen pistas en las cuales se apoyan los elementos rodantes. De igual manera, sirven como superficie de contacto para enlazar dos partes de un sistema mecánico.
- Elementos rodantes: Son aquellos que transfieren la carga tanto al aro exterior como interior.
- Jaula: Se encarga de mantener los elementos rodantes separados uniformemente con el objetivo de optimizar la distribución de carga (SKF, 2020).

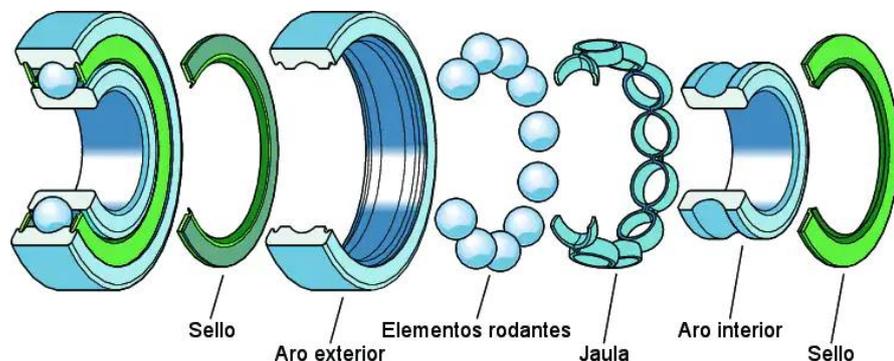


Figura 12: Partes de un rodamiento

Fuente: SKF, 2020

- Engranajes

elementos pertenecientes a sistemas mecánicos, cuya función es transmitir el movimiento entre ejes que no están alineados pudiendo así modificar la velocidad de giro. Los ejes podrían ser paralelos, cruzarse o inclusive cortarse formando un determinado ángulo, relacionando así la velocidad angular de los ejes y los diámetros de los engranes utilizados. En la figura 13 se muestran de forma esquemática las diferentes posiciones de los ejes, en las que una rueda transmite el movimiento a otra. Cada rueda posee dientes que se entrelazan con el objetivo de evitar deslizamientos. De igual manera se observa que una rueda es de mayor diámetro que la otra, por la que reciben nombres distintos, la pequeña es denominada piñón y grande, corona. a) esquema del engranaje cilíndrico. b) y c) esquema de engranajes cónicos con ejes que se cortan en dos ángulos diferentes ($\alpha \neq \beta$) (Fadón, Cerón y Díez, 2016).

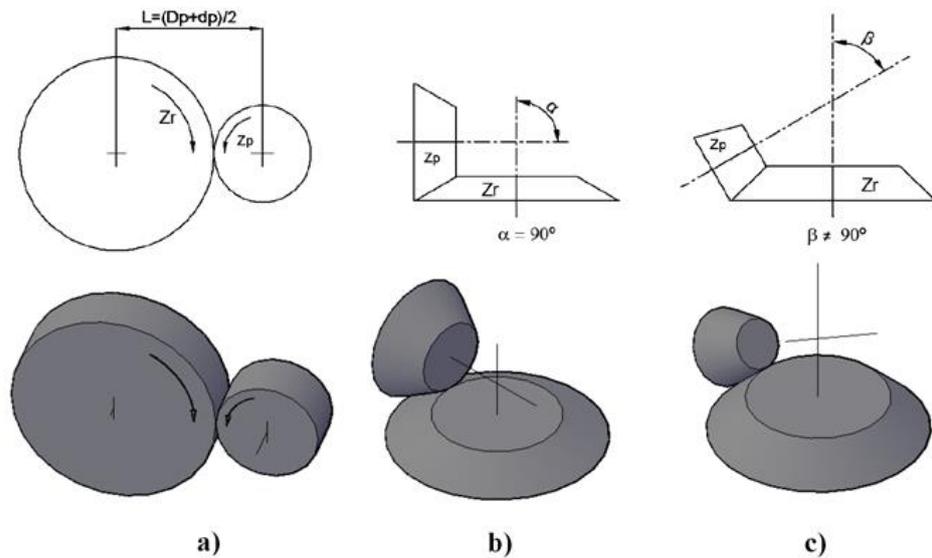


Figura 13: Esquema de engranajes - posiciones de ejes

Fuente: Fadón, Cerón y Díez, 2016

Dentro de los diferentes tipos de engranajes tenemos a: a) engranajes rectos, b) engranajes helicoidales, c) engranajes cónicos y d) tornillo sin fin. En la figura 14 se detallan.

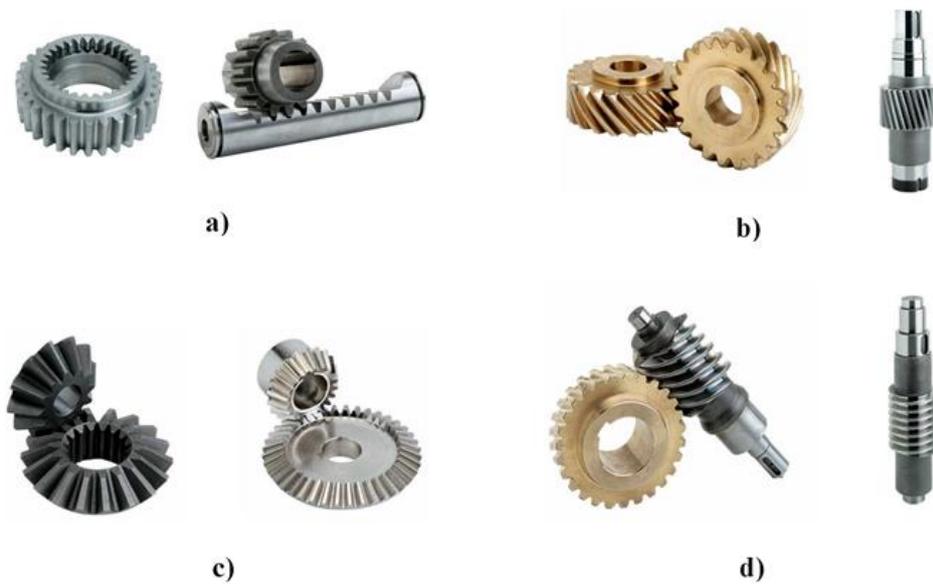


Figura 14: Tipos de engranajes

Fuente: UDC, 2006

- Cadenas

estos elementos flexibles cuyo resultado es la unión de otros más pequeños (eslabones), como se muestra en la figura 15, poseen 2 características principales, transmitir el movimiento y la potencia mecánica. Esto gracias a la interferencia mecánica que consta de introducir un componente en el compartimiento de otro siendo de la misma forma para que puedan encajar correctamente (pernos, casquillos rodillos y eslabones). Las cadenas realizan movimientos síncronos debido a que el plato o corona y la cadena coinciden en el tiempo el movimiento de ambos, a diferencia de las poleas y fajas que la fuerza de fricción es la que se encarga de la transmisión de movimiento (Fadón, Cerón y Díez, 2016).

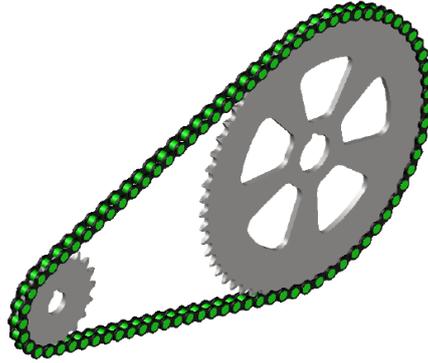


Figura 15: Sistema mecánico – cadena corona

Fuente: Fadón, Cerón y Díez, 2016

- Cuchillas industriales

son componentes que forman parte de una maquinaria o sistema mecánico, poseen un alto nivel de filo en los lados destinados a realizar la operación de corte. Su principal función es seccionar o golpear diversos materiales con los que se precisa trabajar, como por ejemplo metales, madera, papel, diferentes tipos de plásticos, etc. Están fabricadas de acero, aunque en sus inicios fueron de cobre, bronce y hierro. La forma, el largo y el grosor de las cuchillas industriales dependerá de la aplicación que tendrán, en siderurgia se tienen 5 tipos de cuchillas (rectas, circulares, de reciclado - plástico, cizallas y para chatarra), para la industria maderera (cuchillas descortezadoras y astilladoras) y para la industria del reciclado, están diseñadas con aceros especiales (Madera sostenible - Forestal, 2020). Ver En la figura 16.



Figura 16: Cuchillas industriales

Fuente: Cumema, 2021

- Estructura mecánica (acero A36)

las estructuras mecánicas son aquellos cuerpos formados por distintos elementos, inclusive con distintas propiedades y características, que pueden ser empleados para resistir pesos, unir puntos distantes, proteger o hasta dar rigidez a otros sistemas. Dentro de los tipos de estructuras se tienen a: armaduras, armazón o marcos y máquinas, estas últimas dentro de los elementos que la componen, presentan mecanismos articulados para poder transmitir o modificar fuerzas (Mecánica – estructuras, 2008).

Para la manufacturación de las estructuras mecánicas se utilizan diversos materiales siendo uno de ellos el acero estructural A36. Este material interviene para la fabricación de una gran variedad de herramientas, maquinarias, entre otros, que requieren de un mayor rendimiento (MaxAcero, 2021). Este acero es producido bajo la especificación de la Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales (ASTM, por sus siglas en inglés) ASTM A36, contiene una aleación de hierro (98% mínimo), carbono (0.29% máximo) y pequeñas cantidades de manganeso, silicio entre otros minerales, con el objetivo mejorar la resistencia a la tracción y buena influencia a la soldadura. Se detalla la tabla 9. (Cía. General de Aceros (CGA), 2020).

Tabla 9

Composición química del acero A36

COMPOSICIÓN QUÍMICA		
ELEMENTO	SÍMBOLO	PORCENTAJE (%)
HIERRO	Fe	98
CARBONO	C	0.29 MAX
MANGANESO	Mn	0.8 - 1.2
SILICIO	Si	0.15 - 0.40
FÓSFORO	P	0.04 MAX
AZUFRE	S	0.05 MAX

Fuente: CGA, 2020

En la tabla 10, se muestran las propiedades físicas del acero A36, estas propiedades le dan ciertas ventajas a este material como: ductilidad, homogeneidad, soldabilidad, relación resistencia/precio y es apto para ser seccionado con equipos de oxicorte, sin que se endurezca.

Tabla 10

Propiedades físicas del acero A36

PROPIEDADES FÍSICAS			
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	LÍMITE ELASTICO MIN	ALARGAMIENTO % MIN	
		200 mm	50 mm
41 - 56 Kg/mm ²	23 - 25 Kg/mm ²		
400 - 550 Mpa	250 Mpa	20	23
58 - 80 Ksi	36 Ksi		

Fuente: CGA, 2020

- SolidWorks y modelamiento paramétrico

SolidWorks es un software de diseño asistido por computadora 3D (CAD, por sus siglas en ingles), que ayuda al usuario a modelar piezas y ensamblajes en 3D y crear planos en 2D, brindando una gama de soluciones para cubrir los aspectos que implican el desarrollo de un producto. Las herramientas de este software ofrecen la posibilidad de diseñar, crear, fabricar, simular y gestionar los datos que intervienen en el diseño. La labor principal de SolidWorks es de acelerar los procesos de diseño de un producto permitiendo ahorrar tiempo y dinero, para eso incluye 5 herramientas las cuales se detallan: herramienta de diseño para modelar y ensamblajes, Herramientas de diseño para la fabricación mecánica, herramientas de simulación para evaluar y garantizar un buen diseño, herramientas que evalúan el impacto medio ambiental durante su siglo de vida y herramientas que reutilizan los datos de CAD en 3D, para simplificar el trabajo futuro (SolidBi, 2018). En la figura 17 se muestra la interfaz del programa SolidWorks 2022.

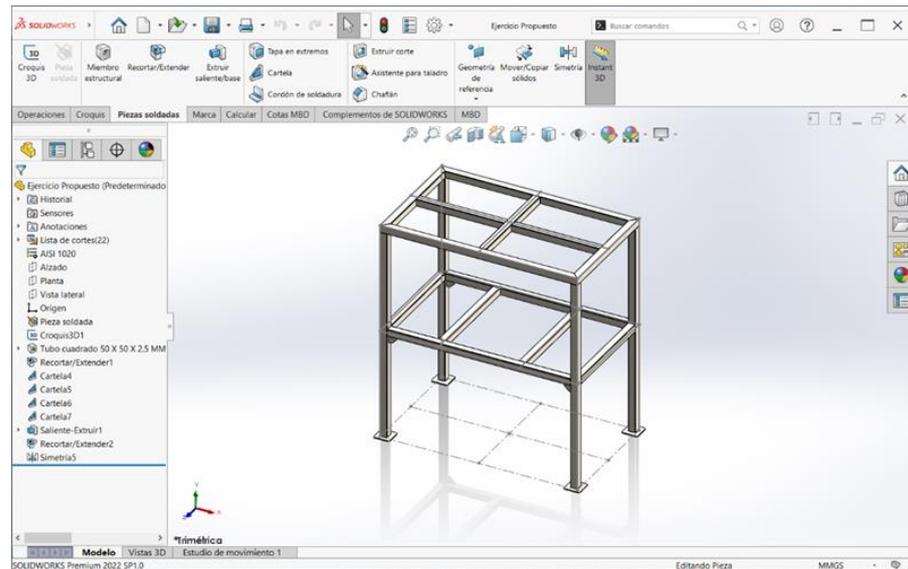


Figura 17: Estructura mecánica modelada en SolidWorks

Fuente: Propia

De igual manera, SolidWorks, es un software de diseño paramétrico, lo que significa que las geometrías se construyen a bases de condiciones y dimensiones, permitiendo modificar las formas y tamaños, siendo fundamental, esto, para la automatización en el diseño. El modelamiento paramétrico no solo facilita cualquier modificación que se requiera hacer de un modelo ya realizado, sino también reduce los costos de rediseño y facilita el trabajo en equipo. Un modelo paramétrico bien realizado orienta la resolución del problema hacia el ajuste de los parámetros claves con la confianza de que el resto del modelo (medidas iniciales) se actualizará automáticamente (3Designers CAD Studio, 2020). En la figura 18 se muestra un modelo parametrizado de un tornillo, el cual relaciona la longitud de la sección roscada y de la longitud total del perno.

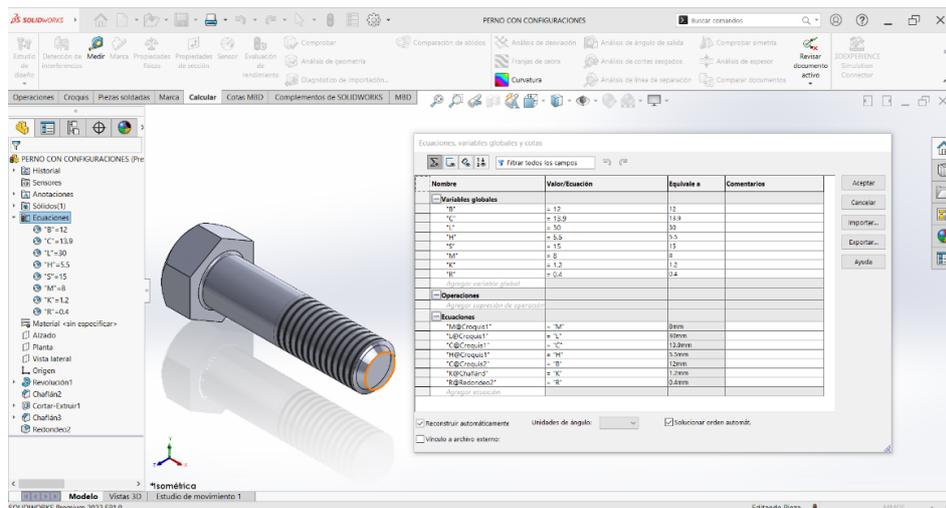


Figura 18: Modelamiento parametrizado de un perno

Fuente: Propia

2.5.4 Sistemas eléctricos

Se puede definir como el acervo de distintos dispositivos cuya función principal es proporcionar la energía eléctrica necesaria para hacer funcionar de manera correcta distintos aparatos eléctricos como por ejemplo motores, transformadores, generadores, etc. Dentro de los sistemas eléctricos se tienen los siguientes componentes, figura 19:

- **Generadores:** la característica principal de este componente es producir una diferencia de potencial o tensión la cual hace posible el flujo de electrones dentro de un circuito eléctrico. Ejemplo de ello se tienen a pilas, baterías, fuentes de alimentación, alternadores de carga, entre otros.
- **Receptores:** son aquellos componentes que se encargan de transformar la energía eléctrica en otro tipo de energía. Así es como una lámpara, conformada por un filamento incandescente puede transformar la energía eléctrica a luminosa y energía calorífica. Otro ejemplo de ello son los motores que producen algún tipo de energía mecánica. Cabe resaltar que un receptor siempre produce una caída de tensión.

- **Conductores:** estos componentes enlazan todos los elementos de un sistema eléctrico permitiendo el paso de la corriente eléctrica. El material mayormente utilizado para una conducción eficiente es el cobre, seguido por el aluminio.
- **Elementos de control:** son aquellos que regulan, permitiendo o impidiendo, el paso del flujo de electrones o corriente eléctrica dentro de un circuito. Es decir, de estos componentes dependerá el tipo funcionamiento del circuito eléctrico. Entre ellos se tienen pulsadores, interruptores, conmutadores, etc.
- **Elementos de Protección:** llamados también elementos de seguridad, ya que protegen la salud humana y los demás componentes de un sistema eléctrico de los efectos que produce el flujo de electrones y la diferencia de potencial, Son los interruptores termomagnéticos, interruptores diferenciales y fusibles. (IES Los Albares, 2017).

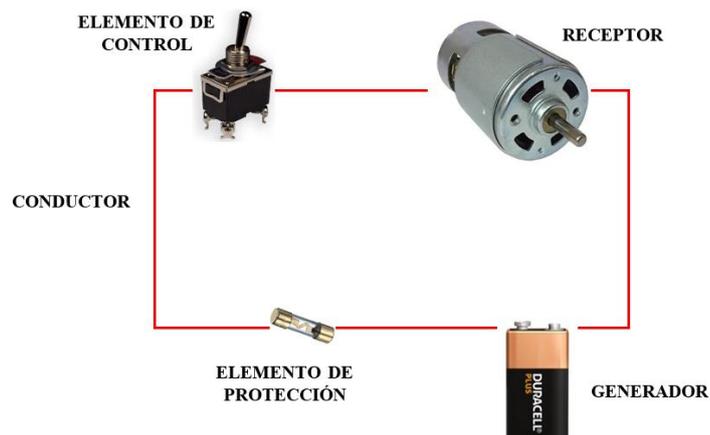


Figura 19: Componentes de un sistema eléctrico

Fuente: Propia

Se denomina simbología, en los sistemas eléctricos, a la representación gráfica de cada componente. Estos símbolos eléctricos se rigen por la norma internacional UNE-EN-60617 (IEC 60617), esta a su vez se divide en subcategorías, representadas en la tabla 11.

Tabla 11

Detalles de la norma internacional UNE-EN-60617

PARTE	DESCRIPCIÓN
UNE-EN 60617-2	Elementos de símbolos, símbolos distintivos y otros símbolos de aplicación general
UNE-EN 60617-3	Conductores y dispositivos de conexión
UNE-EN 60617-4	Componentes pasivos básicos
UNE-EN 60617-5	Semiconductores y tubos electrónicos
UNE-EN 60617-6	Producción, transformación y conversión de la energía eléctrica
UNE-EN 60617-7	Aparata y dispositivos de control y protección
UNE-EN 60617-8	Instrumentos de medida, lámparas y dispositivos de señalización
UNE-EN 60617-9	Telecomunicaciones : Conmutación y equipos periféricos
UNE-EN 60617-10	Telecomunicaciones : Transmisión
UNE-EN 60617-11	Esquemas y planos de instalación, arquitectónicos y topográficos.
UNE-EN 60617-12	Operadores lógicos binarios
UNE-EN 60617-13	Operadores analógicos

Fuente: Bueno A., 2013

En la tabla 12 se detallan los símbolos que se utilizarán de manera recurrente en la presente tesis.

Tabla 12

Símbolos eléctricos según norma internacional UNE-EN-60617

COMPONENTE	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
GENERADOR		GENERADOR
GENERADOR		PILA O ACUMULADOR
RECEPTOR		LÁMPARA
RECEPTOR		MOTOR LINEAL
RECEPTOR		RESISTENCIA
CONDUCTOR		CABLE CRUZADO
CONDUCTOR		CONECTOR
CONTROL		CONMUTADOR

COMPONENTE	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
CONTROL		INTERRUPTOR
CONTROL		RELÉ
CONTROL		PULSADOR NC
CONTROL		PULSADOR NO
PROTECCIÓN		FUSIBLE

Fuente: Bueno A., 2013

A continuación, se listan los principales dispositivos y componentes de un sistema eléctrico describiendo sus características más importantes.

- Interruptores termomagnéticos

Son dispositivos cuya función principal es proteger los distintos componentes de un sistema eléctrico. Actúan ante dos posibles eventos: sobrecargas en el circuito y cortocircuitos. En la figura 20 se muestra un interruptor termomagnético bipolar y su símbolo eléctrico.

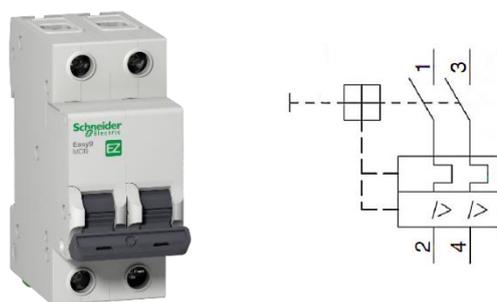


Figura 20: Interruptor termomagnético bipolar - simbología.

Fuente: Facogem, 2021

La parte térmica de estos dispositivos protege al sistema eléctrico cuando se encuentra sobrecargado, es decir cuando circula por él, más corriente de la que soporta el conductor. Esta protección está formada por un elemento bimetálico y un contacto móvil, tal y como se muestra en la figura 21, este contacto móvil permanece cerrado mientras la corriente circula por el sistema, por su lado el par bimetálico está configurado de acuerdo a una corriente nominal y cuando circula por este una corriente de mayor magnitud se deforma a causa del calor generado hasta que el contacto móvil se abre y corta el flujo de corriente, cuando el par iguala la temperatura ambiente el interruptor termomagnético puede ser accionado de manera normal (Macedo, 2012).



Figura 21: Protección térmica del interruptor termomagnético

Fuente: Área Tecnológica, 2019

La parte magnética actúa cuando en el sistema eléctrico se produce un cortocircuito, este está conformado por una bobina que tiene un contacto fijo, como se muestra en la figura 22, el contacto fijo se mantiene cerrado mientras la corriente circula por el sistema. Al ocurrir un cortocircuito, por un instante circula una elevada corriente que es mucho mayor a la nominal, produciendo un gran campo magnético que hace que se active la bobina abriendo de esta forma el contacto fijo cortando el flujo de corriente (Macedo, 2012).

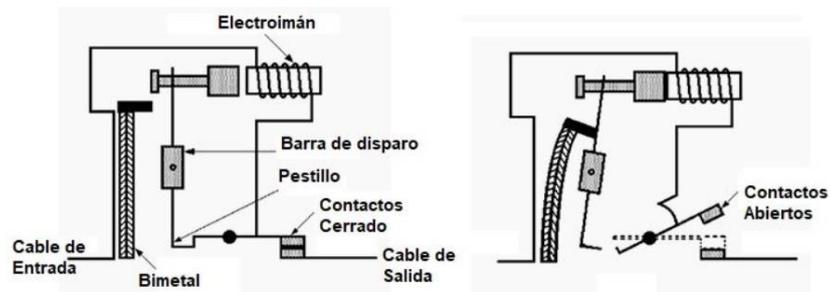


Figura 22: Protección magnética del interruptor termomagnético

Fuente: Área Tecnológica, 2019

Existen distintos tipos de interruptores termomagnéticos, y su clasificación depende de la curva característica que poseen. Esta curva determina la respuesta del interruptor a determinada intensidad de corriente. Actúan por efecto térmico en unas zonas (Respuesta lenta) y otras por efecto magnético (respuesta inmediata). Se tienen a los de tipo de curva B, C, D, MA y Z y sus usos dependerán de la aplicación que se le dé. En la figura 23 se muestra la curva de un interruptor termomagnético donde se observa los límites del disparo térmico y magnético (Rodríguez, 2018).

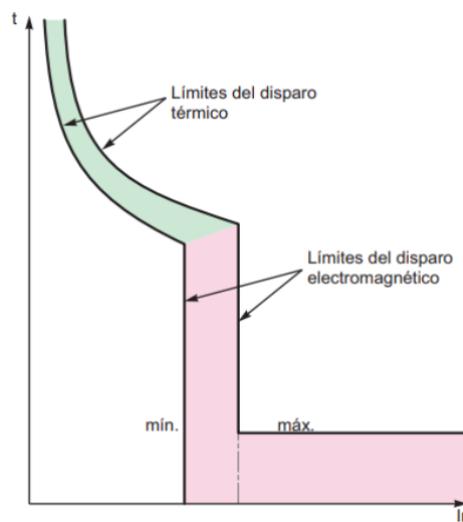


Figura 23: Curva de disparo de un interruptor termomagnético

Fuente: Schneider Electric, 2018

- Pulsadores

Un pulsador es un dispositivo eléctrico que es capaz de interrumpir el paso la corriente eléctrica cuando es accionado. Este necesita ser presionado para que realice la función de apertura o cierre del flujo eléctrico y para que funcione de manera correcta debe de contar con un muelle de retorno que le permita regresar a su posición inicial sin inconvenientes. Existen dos estados iniciales dentro de su funcionamiento que pueden darse inclusive de manera simultánea dependiendo de la cantidad de bornes que posea en su configuración. Estos estados son:

- Normalmente cerrado (NC), no permite el flujo de corriente debido a que, en su configuración interna, sus bornes se mantienen separados. Una vez accionado el pulsador, sus bornes se juntan permitiendo el paso de la corriente.
- Normalmente abierto (NO), permite el flujo de corriente debido a que, en su configuración interna, sus bornes se mantienen unidos. Una vez accionado el pulsador, sus bornes se separan impidiendo el paso de la corriente.

Dentro de los tipos de pulsadores se encuentran los siguientes: pulsadores momentáneos o sin enclavamiento (a), pulsadores de enganche o con enclavamiento (b), detallados en la figura 24. De igual manera tienen presentaciones de acuerdo al ambiente en donde serán instalados, como, por ejemplo, pulsadores con protección para ambientes severos, de plástico e inalámbricos (circuitos eléctricos, 2020).

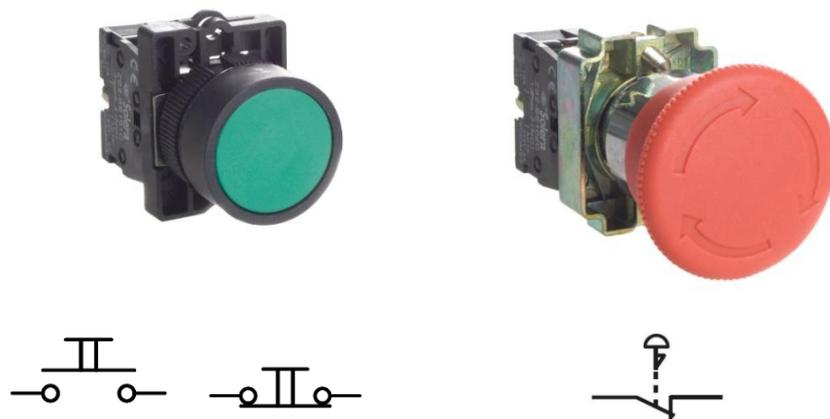


Figura 24: Tipos de pulsador

Fuente: Solera, 2021

- Conmutadores

Este dispositivo se encarga de desviar la circulación de corriente dentro de un sistema eléctrico. A diferencia del trabajo de un pulsador, un conmutador, no interrumpe el flujo eléctrico, sino más bien desconecta una ramificación de un circuito (bloqueo) para enlazarlo a otro circuito (habilitación), esta conexión

perdura en el tiempo hasta que se accione nuevamente el conmutador. Se distinguen dos tipos de conmutadores:

- Conmutador unipolar mostrado en la figura 25, punto (a), se define unipolar debido a que solo poseen un contacto común o de llegada con dos o más contactos de salida, si posee dos contactos de salida se le denomina de dos posiciones y si posee más de dos se le denomina conmutador unipolar multiposiciones.
- Conmutador multipolar mostrado en la figura 25, punto (b), se define multipolar debido a que posee dos o más contactos de llegada con diversos contactos de salida. Cada contacto de llegada está configurado internamente para garantizar una conexión con cada contacto de salida. Un conmutador bipolar consta de dos conmutadores unipolares de dos posiciones que se activan al mismo tiempo, es decir, va a poseer seis contactos en su configuración. (Torres, 2016)

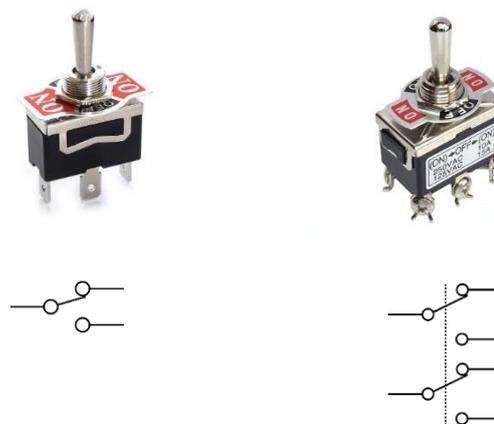


Figura 25: Tipos de Conmutadores

Fuente: Cetronic, 2019

- Relés

Dispositivo eléctrico que tiene la funcionalidad de un interruptor, sede y corta el paso de la corriente de manera eléctrica, en la mayoría de casos permite abrir o cerrar contactos mediante un electroimán. En la figura 26 se muestra un relé electromagnético que tiene dos contactos de salida, uno normalmente abierto (NO) y otro normalmente cerrado (NC), pudiendo tener más.

Cuando circula una corriente eléctrica por los contactos de la bobina se crea un campo magnético dando paso a un electroimán y por la acción interna del contacto C ocurre el cambio de estado, abriendo el contacto NC y cerrando el contacto NO. Notando así dos circuitos dentro de la estructura de un relé, el que activa la bobina, llamado de control y otro que activa los elementos de salida mediante los contactos internos, llamado de fuerza o secundario (Área tecnológica, 2016).

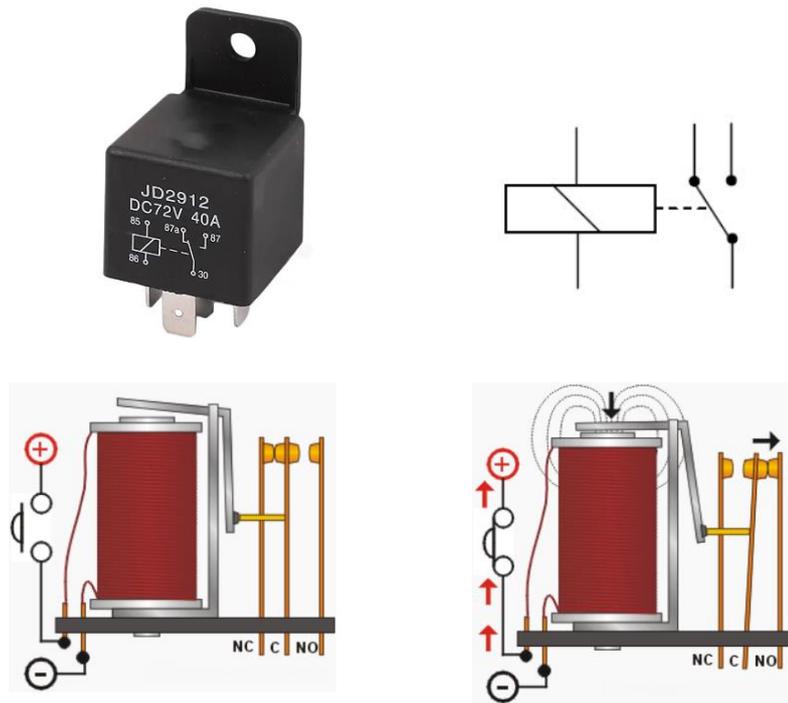


Figura 26: Relé electromagnético, simbología y funcionamiento

Fuente: Inventable, 2013

Existen distintos tipos de relés, de acuerdo a su composición y configuración interna, como se muestra en la figura 27.

- Relés electromecánicos convencionales, son los que se utilizan más en la industria eléctrica, estos fueron descritos líneas arriba.
- Relés de estado sólido, cumplen la misma función que los relés convencionales con la diferencia que en su estructura interior llevan un circuito electrónico para la parte de control.

- Relés de núcleo móvil, en vez de poseer una armadura como los relés convencionales, poseen un embolo. Y ya que se utiliza un solenoide para unir sus contactos, tiene una mayor fuerza de atracción que puede ser aprovechado para controlar corrientes de grandes magnitudes.
- Relés polarizados, son aquellos que se accionan cuando la corriente eléctrica fluye a través de su bobina en una dirección.
- Relés tipo Reed, están formados por una ampolla de vidrio, encontrándose en su interior los contactos ubicados sobre laminas metálicas de un fino espesor y una bobina situada alrededor de dicha ampolla. Para activarlos es suficiente acercar un imán a la ampolla. Se caracterizan por sus altas velocidades de conmutación (Área tecnológica, 2016).



Figura 27: Tipos de Relé

Fuente: Inventable, 2013

- Contactores

Es un dispositivo eléctrico, que al igual que el relé, cumple la función de un interruptor activado por un electroimán, retornando a la posición de reposo cuando se des energiza. Adicional a ello un contactor se puede controlar a distancia, está preparado para grandes frecuencias de trabajo y sus contactos son capaces conmutar circuitos en carga. En la figura 28 se muestra un contactor y su simbología.

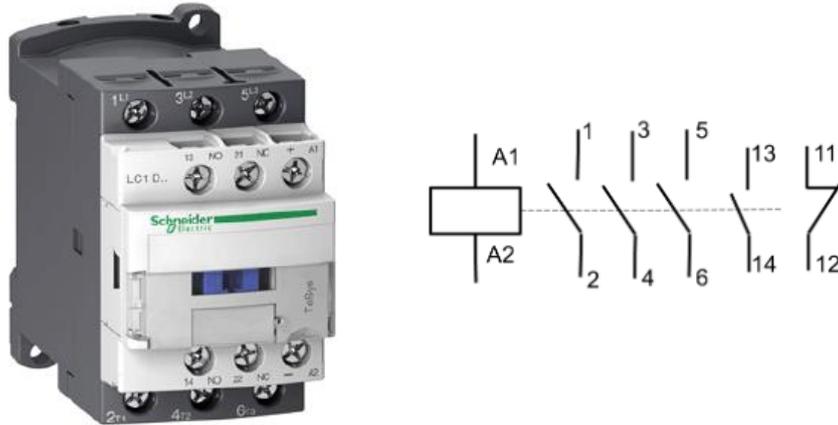


Figura 28: Contactor y su simbología

Fuente: Grainger, 2021

Un contactor posee las siguientes partes, en la figura 29 se muestra de manera detallada:

- Soporte, es la estructura externa cuya función principal es aislar la parte magnética y los contactos, absorber las vibraciones para evitar su mal funcionamiento, soportar golpes de armadura y evitar los arcos eléctricos. La base de este soporte está preparada para alojarse en los rieles dentro de los tableros eléctricos y poseen una palanca con un muelle para su fácil extracción.
- Electroimán, está compuesto por un núcleo y una armadura móvil sujeta a un muelle de retorno, formados por chapas laminadas y aisladas entre sí. La parte móvil cierra el circuito magnético, logrando que los contactos móviles se unan a los contactos fijos mientras este activado el electroimán.
- Bobina, se encarga de la activación del electroimán cuando se le genera una diferencia de potencial entre sus bornes. Estas bobinas pueden funcionar con corriente continua o alterna y con una amplia gama de voltaje. Se pueden cambiar fácilmente para adaptarse a la tensión de mando del circuito.
- Contactos principales, se encargan de alimentar el circuito de potencia, son también llamados contactos de potencia. Conformados por una parte fija que está unida a las conexiones de entrada (alimentación) y salida (actuador), y una parte móvil que cierra el circuito de potencia cuando se activa el electroimán. Estos contactos no se oxidan con facilidad, evitan pegarse o

soldarse entre la parte fija y móvil, son resistentes mecánicamente, no sufren desgaste al formarse arcos eléctricos y tienen una conductividad muy elevada al tener una baja resistencia eléctrica.

- Contactos auxiliares, estos contactos son utilizados para el mando, funciones de enclavamiento y retroalimentación indicando si esta activada o desactivada la bobina. Los contactos auxiliares pueden ser normalmente abiertos (NO) o normalmente cerrados (NC), o poseer ambos en su configuración. De ser necesario se pueden adicionar contactos auxiliares de activación inmediata o temporizada (Vaello, 2020)

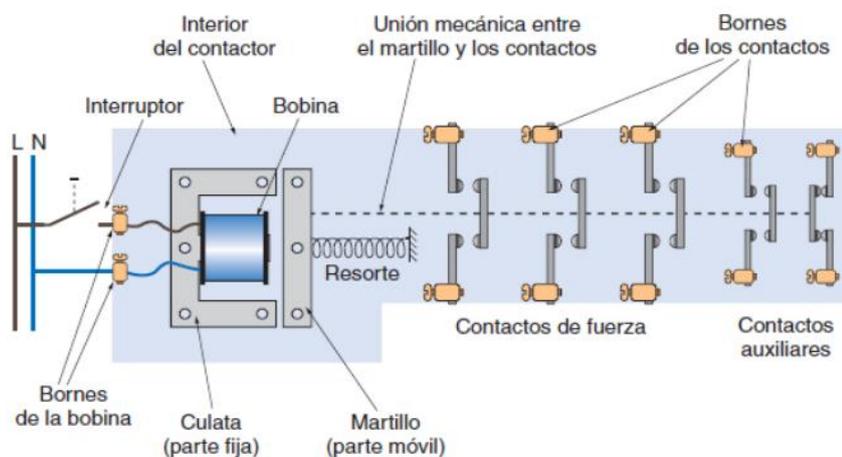


Figura 29: Partes del contactor

Fuente: Vaello, 2020

De acuerdo a sus características de utilización y tipos, los contactores se clasifican por:

- Corriente de servicio, es aquella que podría ser soportada, durante 8 horas seguidas, por los contactos principales o de potencia, siempre y cuando no se presenten arcos de ruptura ni el ambiente de trabajo este fuera de los límites térmicos soportados.
- Clase de servicio, indica la vida útil del contactor, está dada en miles e inclusive millones de operaciones.
- Tensión de servicio, describe las propiedades dieléctricas del contactor.

- Posición de servicio, posicionadas de forma vertical, aunque hay excepciones admitiendo una inclinación de 22 grados por exigencia de algunas entidades.
- Categoría de servicio, está relacionada al poder ruptura del contactor y se detallan en la tabla 13.

Tabla 13

Categoría de servicio para la selección de contactores

CATEGORÍA	APLICACIONES CARACTERÍSTICAS
CORRIENTE ALTERNA	AC1 CARGAS NO INDUCTIVAS O LIGERAMENTE INDUCTIVAS, HORNOS Y RESISTENCIAS
	AC2 ARRANQUE DE MOTORES DE ROTOR BOBINADOS, INVERSIÓN DE SENTIDO DE GIRO
	AC3 ARRANQUE DE MOTORES DE JAULA DE ARDILLA, DESCONEXIÓN DE MOTORES EN MARCHA
	AC4 ARRANQUE DE MOTORES DE JAULA DE ARDILLA, INVERSIÓN A ROTOR LANZADO Y MARCHA POR IMPULSOS
CORRIENTE CONTINUA	DC1 CARGAS NO INDUCTIVAS O LIGERAMENTE INDUCTIVAS, HORNOS Y RESISTENCIAS
	DC2 ARRANQUE DE MOTORES CON EXCITACIÓN EN DERIVACIÓN, DESCONEXIÓN DE MOTORES DURANTE LA MARCHA
	DC3 ARRANQUE DE MOTORES CON EXCITACIÓN EN DERIVACIÓN. INVERSIÓN A ROTOR LANZADO Y MARCHA POR IMPULSOS
	DC4 ARRANQUE DE MOTORES CON EXCITACIÓN EN SERIE, DESCONEXIÓN DE MOTORES DURANTE LA MARCHA
	DC5 ARRANQUE DE MOTORES CON EXCITACIÓN EN SERIE, INVERSIÓN A ROTOR LANZADO Y MARCHA POR IMPULSOS.

Fuente: UNLP, 2020

- Transformadores

Son dispositivos capaces de variar la intensidad del flujo eléctrico y el voltaje dentro de los circuitos de corriente alterna, manteniendo la frecuencia y la potencia, idealmente. Para lograr esto transforma la electricidad en magnetismo y luego, la transforma nuevamente en electricidad, lo hace a través de la configuración interna de sus componentes. En la figura 30 se muestra un transformador eléctrico de baja potencia y su simbología (UNR, 2019).

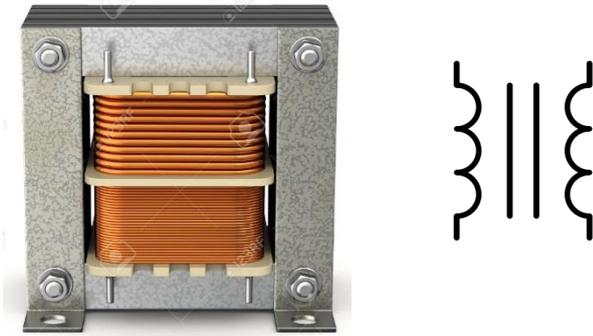


Figura 30: transformador eléctrico y simbología

Fuente: UNR, 2019

En la configuración interna de sus componentes se encuentran los devanados (primario y secundario) y el núcleo, en la figura 31 se detallan.

- El núcleo está constituido por lo general de chapas de hierro aisladas entre sí, también suelen estar formados por chapas de acero al silicio por su buena conducción. Poseen dos partes, las columnas donde van los devanados y las culatas que se encarga de unir ambas columnas.
- Los devanados son hilos de cobre enrollados a lo largo de las columnas del núcleo, están recubiertos por un barniz aislante. Existe un devanado primario y otro secundario y la relación de vueltas entre ambos definirá la relación de transformación (Endesa, 2019)

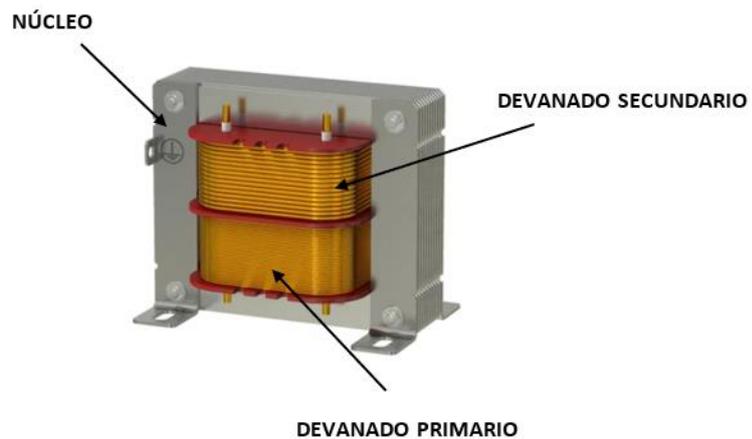


Figura 31: Componentes de un transformador

Fuente: Endesa, 2019

El funcionamiento de los transformadores está fundamentado con la teoría de la inducción electromagnética, cuando se aplica una tensión en el devanado primario, se genera un flujo magnético en el núcleo que viaja hasta el devanado secundario dando lugar a una corriente alterna y una tensión. De esta manera se puede reducir o aumentar las magnitudes de voltaje y corriente. Según las leyes que rigen su funcionamiento, ley de Lenz, solo la corriente eléctrica alterna es capaz de producir dicha variación del flujo, por lo que no tienen ningún efecto si se emplea corriente continua (Endesa, 2019). En la figura 32 muestra de manera esquemática las variables que están presentes en el funcionamiento de un transformador eléctrico.

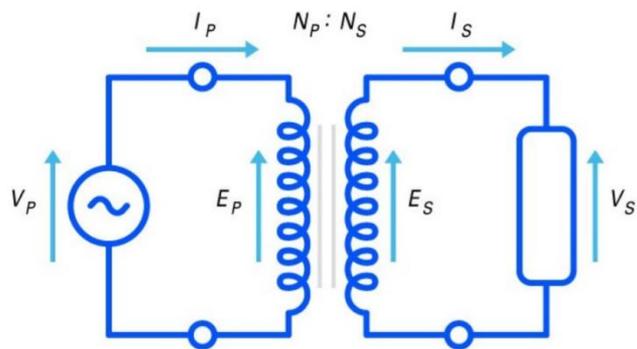


Figura 32: Funcionamiento de un transformador

Fuente: Endesa, 2019

Siendo:

N_p : Número de vueltas del devanado primario.

N_s : Número de vueltas del devanado secundario.

V_p : Tensión aplicada en el primario.

V_s : Tensión obtenida en el secundario.

I_s : Intensidad de corriente que llega al primario.

I_p : Intensidad de corriente generada por secundario.

r_t : Relación de transformación.

Relación de transformación:

$$N_p / N_s = V_p / V_s = I_s / I_p = r_t \dots\dots\dots (2)$$

Existe una gran variedad de transformadores que si bien es cierto tienen el mismo principio de funcionamiento, se diferencian y clasifican en dos grandes grupos:

- Transformadores de potencia: varían los valores de tensión en un circuito de corriente alterna, manteniendo la potencia. Dentro de ellos se encuentran los transformadores eléctricos elevadores, reductores y autotransformadores.
- Transformadores de medida: varían los valores de tensiones y corrientes de una elevada magnitud, para manipularlas sin riesgo alguno. Dentro de ellos se encuentran los transformadores eléctricos de intensidad y potencial. En la figura 33 se muestran los transformadores de medida (a) transformadores de potencial y (b) transformadores de intensidad de corriente (Endesa, 2019).



Figura 33: Transformadores de medida

Fuente: Endesa, 2019

- Motores eléctricos

Son maquinas o dispositivos que se encargan de transformar la energía eléctrica, la cual será suministrada por una fuente externa, a energía mecánica, que será producida y entregada por dicha máquina. Son utilizados para accionar numerosos y distintos mecanismos que son usados en la industria, entre ellos, la agrícola, la minera, la automotriz, entre otros, de igual manera dentro los hogares con los aparatos electrodomésticos (Alejandro, 2012). En la figura 34 se muestra un motor de inducción eléctrico trifásico con rotor bobinado y su simbología.



Figura 34: Motor eléctrico trifásico de inducción y simbología.

Fuente: Elektrim Motors, 2009

Dependiendo el tipo de corriente que utilizan como alimentación, los motores se clasifican en:

- Motores de corriente continua, que se a su vez se dividen en: de excitación independiente, de excitación serie, de excitación shunt o derivación y de excitación compuesta.
- Motores de corriente alterna, se dividen en dos grandes grupos: motores síncronos y motores asíncronos, estos últimos se subdividen en otros dos grupos, monofásicos (de bobinado auxiliar, de espira en cortocircuito y universal) y trifásicos (de rotor bobinado y de rotor en cortocircuito o jaula de ardilla).

La velocidad de sincronismo de los motores de corriente alterna está definido por:

$$n = \frac{60 * f}{p} \dots\dots\dots (3)$$

Donde:

n: número de revoluciones por minuto (RPM)

f: frecuencia de la red

p: número de pares de polos de la máquina

Los motores asíncronos de inducción están formados por un circuito magnético y dos circuitos eléctricos, que son, estator (la parte fija) y rotor (la parte móvil). El circuito magnético está compuesto por chapas unidas en forma de anillo en el estator y en forma de cilindro en el rotor, se muestran en la figura 35 (MHE, 2010).

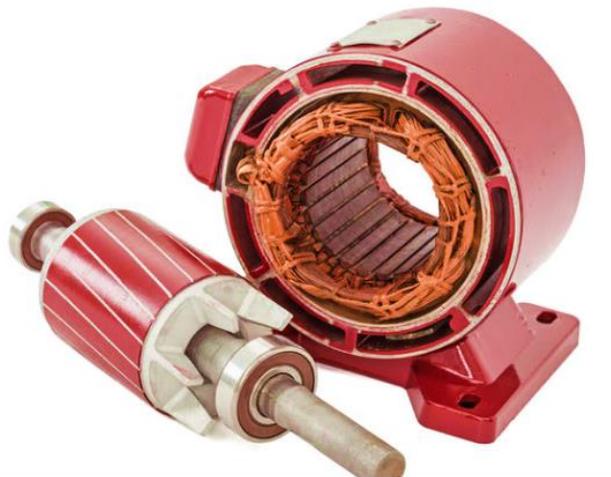


Figura 35: Estator y rotor de un motor eléctrico asíncrono de inducción

Fuente: BigJoker, 2018

El cilindro se posiciona dentro del anillo en cual hay un entrehierro constante para que se pueda dar el giro del rotor sin rozamiento. El anillo posee ranuras interiormente, las cuales sirven para colocar el bobinado inductor y está envuelto exteriormente por una pieza metálica llamada carcasa. El cilindro está unido al eje del motor, que puede contener ranuras en las cuales van posicionadas las bobinas inducidas o tener una configuración barras soldadas de extremo a extremo poniendo en cortocircuito las tapas formando una jaula o como comúnmente se le conoce, jaula de ardilla. Finalmente, el eje está apoyado en un rodamiento, por un extremo, para evitar fricciones mayores, y por el otro se acopla para la transmisión de movimiento. Este eje lleva acoplado unas paletas que cumplen la función de refrigeración interna de la máquina eléctrica (MHE, 2010). En la figura 36 se muestra a detalle un motor eléctrico asíncrono con rotor jaula de ardilla.

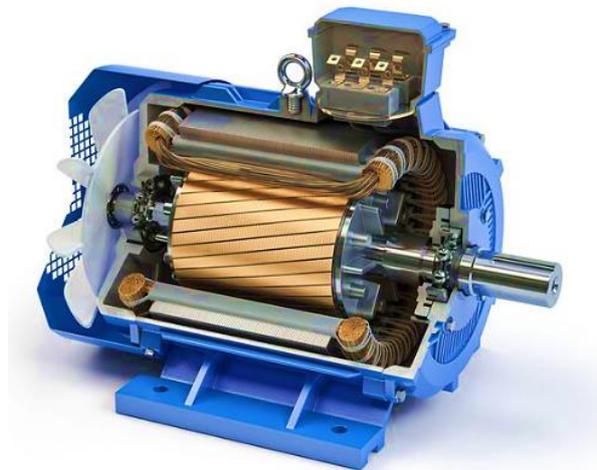


Figura 36: Motor eléctrico seccionado.

Fuente: MHE, 2010

Un motor asíncrono de inducción basa su funcionamiento en la ley de Lenz, que indica que la acción del flujo generado por el bobinado del estator y las corrientes que están presentes en los conductores del rotor generan fuerzas electrodinámicas sobre ellos mismos permitiendo que el rotor rompa la inercia e inicie su movimiento giratorio. La velocidad de rotación del rotor en este tipo de motores es siempre menor a la velocidad del campo magnético giratorio del estator o conocido como velocidad de sincronismo. La diferencia entre estas dos velocidades se define como deslizamiento (MHE, 2010).

$$S = \frac{n_1 - n}{n_1} \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

S: deslizamiento

n₁: velocidad de sincronismo medida en rpm

n: velocidad de giro del rotor medida en rpm

Los motores asíncronos trifásicos son aquellos que el bobinado inductor, posicionado en el estator, presenta en su configuración tres bobinas independientes que tienen una separación de 120° entre sí y son energizados por un sistema trifásico de corriente alterna, este bobinado se puede conectar en:

- Conexión estrella o “Y”, los tres extremos de cada bobina se conectan en un punto en común y los otros tres son alimentados por las tres líneas de la alimentación trifásica, se caracteriza por tener la misma intensidad de corriente de fases y líneas correspondientes. Mientras que la tensión entre cada fase es la tensión de cada línea dividido por la raíz cuadrada de tres (MHE, 2010). Se detalla en la figura 37 a).

$$U_f = \frac{U_l}{\sqrt{3}} \dots\dots\dots (5)$$

$$I_f = I_l \dots\dots\dots (6)$$

Siendo: U_f la tensión de fase, U_l la tensión de línea, I_f la intensidad de corriente de fase e I_l la intensidad de corriente de línea

- Conexión triángulo o “Δ”, se conectan el final de cada fase con el inicio de la siguiente y los tres puntos de unión generados son alimentados por las tres líneas de alimentación trifásica, se caracterizan por tener la misma tensión entre cada fase y su respectiva línea. Mientras que la intensidad de corriente de cada fase es la intensidad de línea dividido por la raíz cuadrada de tres (MHE, 2010). Se detalla en la figura 37 b).

$$I_f = \frac{I_l}{\sqrt{3}} \dots\dots\dots (7)$$

$$U_f = U_l \dots\dots\dots (8)$$

Siendo: U_f la tensión de fase, U_l la tensión de línea, I_f la intensidad de corriente de fase e I_l la intensidad de corriente de línea

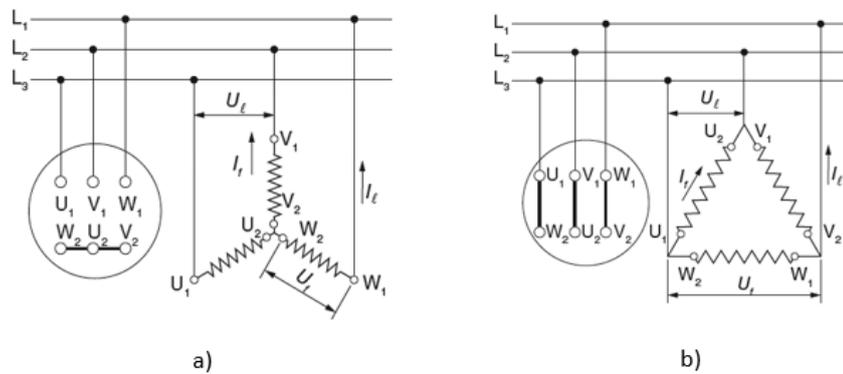


Figura 37: Tipos de conexiones en bobinados trifásicos
 Fuente: MHE, 2010

- Tableros eléctricos:

Son los gabinetes o contenedores en donde se realizan la instalación de todos los dispositivos eléctricos y electrónicos de control, fuerza, protección, alarmas, entre otros, con los soportes y cubiertas que le corresponden a cada uno de ellos, todo esto para cumplir una función en particular dentro de un sistema eléctrico – electrónico, se detalla en la figura 38. Su fabricación está

regida bajo ciertas normas y criterios de diseño para garantizar la seguridad del operario y del lugar donde son instalados una vez que están energizados. De la misma manera, estas normas y criterios definirán el material con el cual será confeccionado de acuerdo a la ubicación y los tipos de dispositivos que lo conforman (J.D. 2020).



Figura 38: Tablero eléctrico.

Fuente: J.D. 2020

Dentro de los tableros con la normativa nacional se tiene:

- Tableros autoportados, fabricados con plancha de acero galvanizado con un espesor aproximado entre 2 y 2.5 milímetros. Su estructura interna es soldada posee un diseño modular, las puertas son de acero laminado, tienen un tratamiento anticorrosivo y un grado de protección IP54 (protección completa contra la humedad y el polvo, además de estar protegido contra salpicaduras de agua) (Aemsys, 2017). Se muestra en la figura 39.



Figura 39: Tablero eléctrico autosoportado.

Fuente: Aemsys, 2017

- Tableros adosados, fabricados con planchas de acero laminado de 1.5 a 2 milímetros de espesor. Tienen un tratamiento anticorrosivo y tienen un grado de protección IP54. Sus componentes internos tienen un baño electrolítico tropicalizado (Aemsys, 2017). Se muestra en la figura 40.



Figura 40: Tablero eléctrico adosado.

Fuente: Aemsys, 2017

- Tableros empotrados, fabricados con plancha de acero galvanizado de 1.2 a 1.5 milímetros de espesor. Poseen un tratamiento anticorrosivo y un grado de protección IP40 (protección contra la penetración de objetos sólidos de 1 milímetro, no posee protección alguna frente al agua).

Sus componentes internos tienen un baño electrolítico tropicalizado (Aemsys, 2017). Se muestra en la figura 41.



Figura 41: Tablero eléctrico empotrado.

Fuente: Aemsys, 2017

2.5.5 Sistemas electrónicos

Estos sistemas están conformados por circuitos electrónicos, que definidos de manera general, son la sinergia de componentes o dispositivos electrónicos que, interconectados y configurados de una manera en específica, permiten cumplir ciertas tareas y funciones. Estos componentes podrían ser pasivos como los condensadores, resistencias, diodos, entre otros, también circuitos integrados, cuya composición interna tienen como principal elemento al silicio, o inclusive la mezcla de ambos. Estos sistemas están diseñados, en la mayoría de casos, para recepcionar una señal o un estímulo y entregar una respuesta con la acción requerida (Jiménez, 2020). En la figura 42 se muestra un Arduino que un pequeño sistema electrónico, capaz de recibir, interpretar y entregar distintas señales.

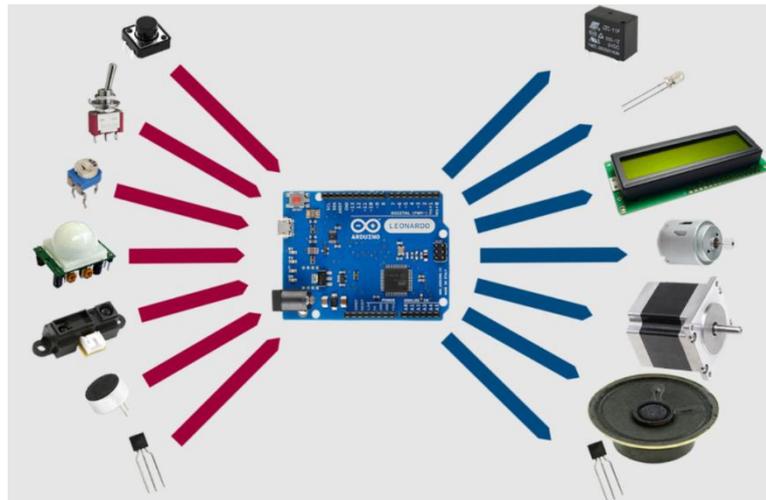


Figura 42: Sistema electrónico.

Fuente: Codebender, 2014

En estos sistemas, dependiendo el tipo de señal que ocupen pueden ser catalogados digitales o analógicos. Dentro de un sistema electrónico digital, una señal puede tomar dos valores distintos, comúnmente llamados estados lógicos, ceros y unos, correspondientes a los valores analógicos de cero y cinco voltios continuos. Dentro de un sistema electrónico analógico las señales pueden tomar valores indefinidos en un intervalo dado. La mayoría de los parámetros físicos, en la naturaleza, son analógicos por lo que es necesario convertirlos si se quiere trabajar con señales digitales.

En la figura 43 se muestra una señal analógica, el valor de un voltaje a través del tiempo, que se interpreta con una señal digital mediante un convertidor análogo digital (AD) (Leira, R. y Gómez, J, 2016).

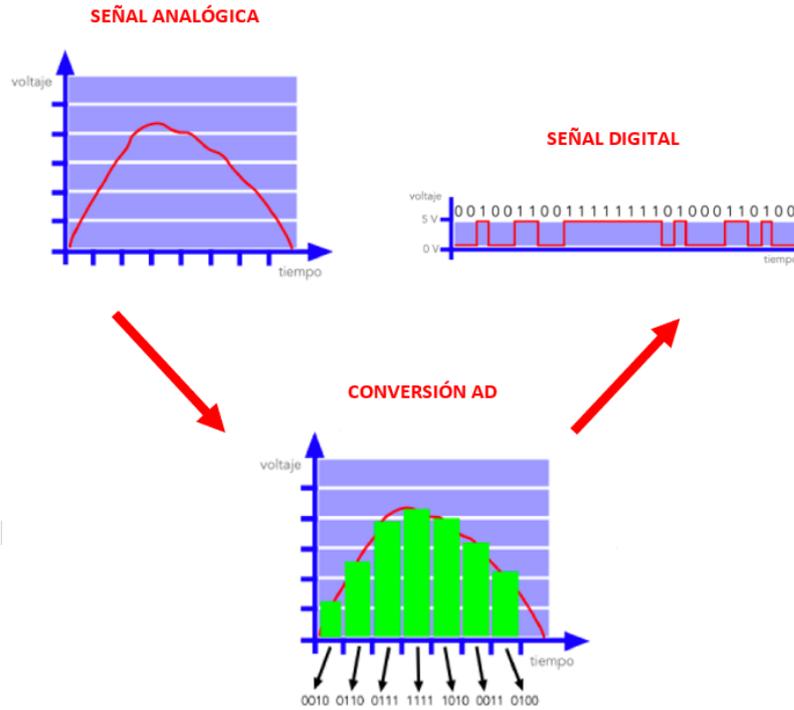


Figura 43: Conversión análoga - digital.

Leira, R. y Gómez, J., 2016

Los diferentes componentes electrónicos poseen ciertas características y parámetros que definen el funcionamiento de un sistema integrados por estos. A continuación, se detallan los más importantes.

- Resistencias

Componente electrónico cuya función principal es dificultar el paso de la corriente eléctrica, produciendo así una caída de tensión entre sus extremos y por consecuencia la transformación de energía eléctrica a calorífica. Se miden en Ohms (Ω). (Leira, R. y Gómez, J., 2016). Existen distintos tipos de resistencias:

- Resistencias fijas, el valor óhmico de estos componentes no cambia, este valor viene expresado por un código de colores que de acuerdo a su configuración indican además la tolerancia entre los cuales estará comprendido su valor real, esta expresado en porcentaje. Y la potencia que puede disipar medida en watts (W).

- Resistencias variables, también conocidos como potenciómetros, varían su valor óhmico de cero hasta un valor máximo por medio de una pieza desplazable que es activada manualmente.
- Resistencias dependientes, estas están fabricadas con materiales semiconductores, variando su valor óhmico por un factor físico externo. Se encuentran las fotorresistencias o LDR por sus siglas en inglés, varían su valor de acuerdo a la intensidad luminosa aplicada sobre su superficie, mayor intensidad menor resistencia. También se encuentran los termistores de coeficiente de temperatura positivos o PTC y termistores de coeficiente de temperatura negativos o NTC, su valor cambia con la temperatura. En los PTC mayor temperatura, mayor valor óhmico, en los NTC, mayor temperatura, menor valor óhmico.

En la figura 44 se muestran los distintos tipos de resistencias y su simbología.

a) Resistencia fija, b) Resistencia variable, c) Resistencia dependiente LDR, d) Resistencia dependiente PTC, e) Resistencia dependiente NTC.

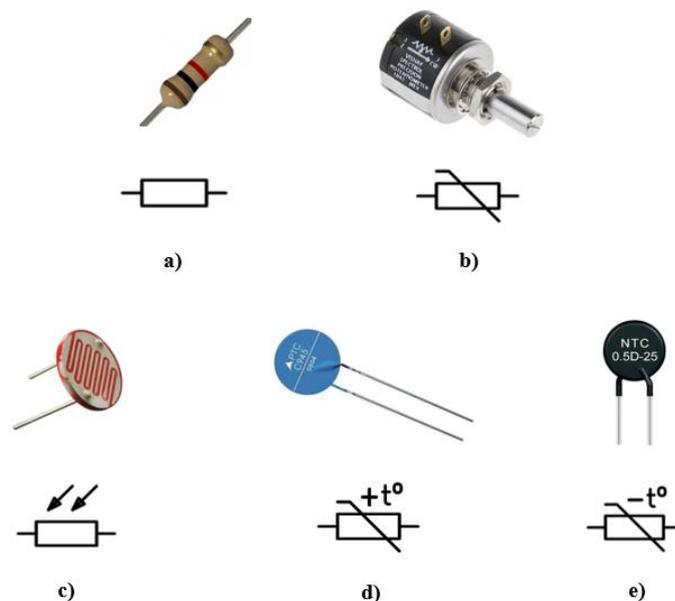


Figura 44: Tipos de resistencia y simbologías

Fuente: Propia

- Condensadores

Son componentes que acumulan cantidades pequeñas de energía eléctrica, su composición interna consta de dos placas metálicas posicionadas de forma paralela las cuales están separadas por un material aislante denominado dieléctrico. La cantidad de energía acumulada de un condensador está representada por la capacidad (C), esta se mide en Faradios (F) y están en el orden de los microfaradios (μF) y nanofaradios (nF). La tensión máxima que soporta el condensador está definida por la tensión de perforación de dieléctrico. Y la tolerancia está dada por un porcentaje entre el valor teórico y real de la capacidad de un condensador (Leira, R. y Gómez, J, 2016).

De acuerdo a su construcción interna, existen los siguientes tipos de condensadores:

- Condensadores fijos, son aquellos que poseen una capacidad ya establecida e invariable. Algunos de estos condensadores tienen polaridad y están contruidos con papel y láminas de aluminio, y por dieléctrico, oxido de aluminio. Entre sus características se tiene una alta capacidad de almacenamiento de energía eléctrica y una diferenciación de sus polos para ubicarlos correctamente en los circuitos eléctricos y electrónicos. Otros de estos condensadores fijos no poseen polaridad y están contruidos por un material cerámico y plástico. Suelen tener poca capacidad.
- Condensadores variables, el valor de su capacidad se puede ajustar manualmente.

En la figura 45 se muestran los distintos tipos de capacitores y su simbología.

- a) Condensador fijo sin polaridad o cerámico,
- b) Condensador fijo polarizado,
- c) Condensador variable.

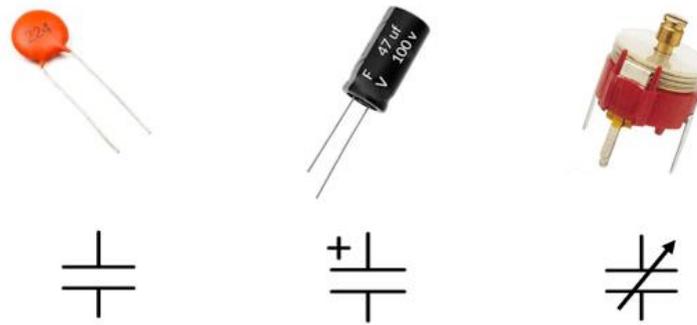


Figura 45: Tipos de condensadores y simbologías

Fuente: Propia

- Diodos

Son componentes electrónicos formados por dos semiconductores de características opuestas y complementarias, uno de tipo P (estructura molecular con espacios para ser ocupados por electrones) y otro de tipo N (estructura molecular con exceso de electrones). Cuando los diodos se polarizan directamente, es decir, se conecta el polo positivo de la fuente con el lado semiconductor tipo P del diodo o ánodo y el polo negativo de la fuente con el lado semiconductor tipo N o cátodo, actúa dejando circular la corriente eléctrica. Mientras que, si se polariza de forma inversa, es decir, se conecta el polo negativo de la fuente con el lado semiconductor tipo P del diodo o ánodo y el polo positivo de la fuente con el lado semiconductor tipo N o cátodo se comporta como un material aislante e impide el paso de la corriente eléctrica (Leira, R. y Gómez, J, 2016). En la figura 46 se detalla lo explicado.

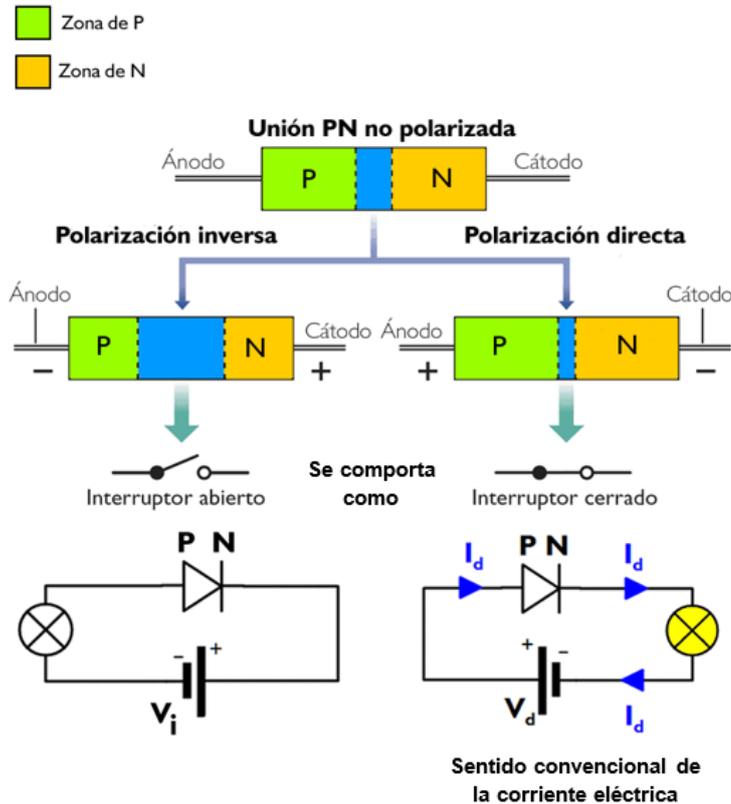


Figura 46: Composición y funcionamiento de un diodo

Fuente: Landín, 2014

Existen distintos tipos de diodos, siendo:

- Diodo LED, o emisor de luz, usualmente utilizado como un indicador visual para los circuitos electrónicos.
- Diodo Zener, tiene el comportamiento de un diodo convencional cuando esta polarizado directamente, pero la peculiaridad de este diodo es que también puede trabajar en polarización inversa. Usualmente se utilizan como estabilizadores de tensión de salida en fuentes reguladas de alimentación y como limitadores de tensión para proteger otros componentes de un sistema electrónico.
- Diodo rectificador, su principal utilización es para convertir la corriente alterna en corriente continua mediante los circuitos rectificadores.

En la figura 47 se muestran los tipos de diodos y su simbología. a) Diodo LED, b) Diodo Zener, c) Diodo rectificador.

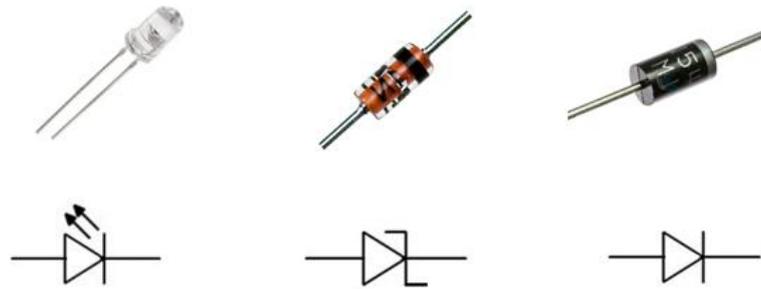


Figura 47: Tipos de diodos y simbologías

Fuente: Propia

- Transistores

Son componentes semiconductores capaces de manipular señales eléctricas y electrónicas de salida como respuesta a señales de entrada, este podría asemejar el funcionamiento de un interruptor automático que, además la intensidad de corriente eléctrica de salida es proporcional a la que lo activa, de igual manera son utilizados para circuitos amplificadores eléctrica (Leira, R. y Gómez, J, 2016). Según su configuración pueden ser:

Transistores BJT o de unión bipolar, permiten el paso de la corriente en una dirección y lo realiza de manera controlada. Estos transistores son bipolares porque están conformados por dos uniones tipo PN. Poseen tres estados, colector, emisor y base. En la figura 48 se muestran los 2 tipos de transistores BJT y su simbología, a) tipo NPN y b) tipo PNP.

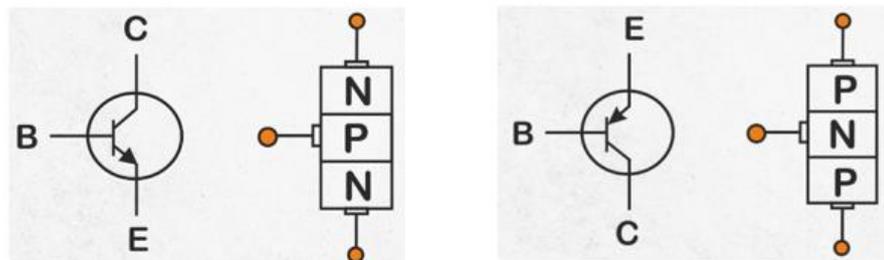


Figura 48: Tipos de transistores BJT y simbologías

Fuente: Cedeno, 2019

Transistores FET o de efecto de campo, son denominados unipolares. Estos son controlados por el voltaje de entrada o el voltaje de puerta, posee tres terminales, fuente, drenador y compuerta. En la figura 49 se muestran los 2 tipos de transistores FET y su simbología, a) tipo N y b) tipo P.

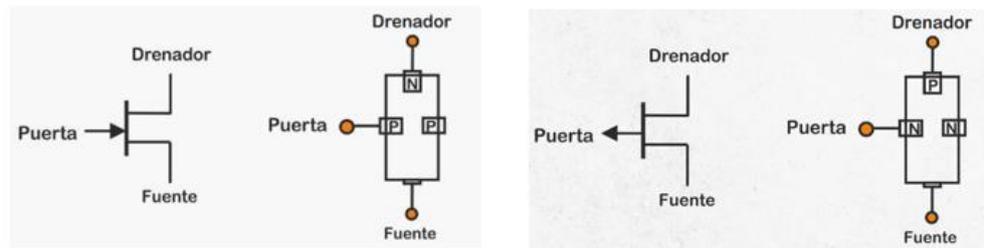


Figura 49: Tipos de transistores FET y simbologías

Fuente: Cedeno, 2019

- Circuitos integrados

Conocidos también como chips o microchips, se caracterizan por poseer distintos componentes electrónicos de tamaños diminutos como resistencias, diodos, condensadores y sobre todo transistores que son encapsulados en un mismo componente. Son diseñados para realizar una función determinada, pudiendo ser analógicos o digitales. Dentro de los principales tipos de circuitos integrados se tienen a los circuitos lógicos, circuitos amplificadores, circuitos comparadores, circuitos temporizadores, circuitos conmutadores, entre otros. Estos son aplicados para el desarrollo de ordenadores, electrodomésticos, dispositivos para grabar imágenes o sonidos, etc. En la figura 50 se muestra parte de un circuito electrónico con un chip de control.



Figura 50: Circuitos integrados

Fuente: Propia

- Sensores industriales

Son dispositivos que se encargan de captar un estímulo de su entorno e interpretar la información. Esta información es transformada en un impulso eléctrico para ser procesada por una serie de circuitos encargados de realizar tareas específicas dentro un sistema integrado. Tienen un alto nivel de exactitud, precisión, rango de funcionamiento, resolución, etc. Estos sensores también ofrecen un grado de confiabilidad que garantiza el desarrollo completo de la tarea que se está realizando (Autycom, 2019). Entre ellos se encuentran los sensores de temperatura, presión, de medición, proximidad, entre otros. En la figura 51 se detallan.



Figura 51: Tipos de transistores FET y simbologías

Fuente: Glod, 2021

Dentro de los sensores industriales de proximidad sin contacto se encuentran los inductivos, capacitivos y fotoeléctricos. Este último será empleado para el desarrollo de esta tesis, por lo que se detallaran sus características principales.

- El sensor de proximidad fotoeléctrico

se encarga de detectar objetos y los cambios en las condiciones de una superficie aprovechando las propiedades ópticas. El principio de funcionamiento de estos sensores consta en un componente de emisión y recepción de luz, cuando esta luz emitida se interrumpe o es reflejada por el objeto que es detectado, el receptor percibe una cantidad de luz diferente a la emitida, este receptor detecta esta diferencia y la transforma en una salida eléctrica que será entregada a un circuito de control. La luz emitida por lo general es infrarroja u otras veces, visible (Infosensores, 2020). En la figura 52 se muestra de manera simbólica las partes internas de un sensor fotoeléctrico. En la figura 53 se muestran los diferentes modelos de los sensores fotoeléctricos.

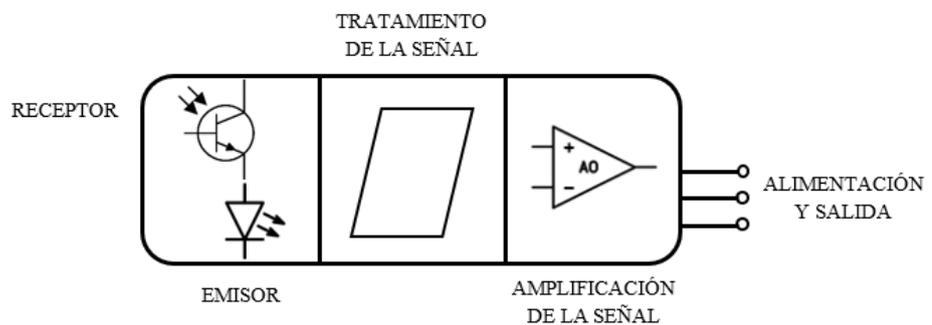


Figura 52: Estructura interna de un sensor fotoeléctrico

Fuente: Propia.



Figura 53: Modelo de sensores fotoeléctricos

Fuente: Infosensores, 2020

Existen 3 tipos de sensores fotoeléctricos (Keyence, 2016):

- Modelo reflectivo, el receptor y el emisor del sensor se encuentran en una sola carcasa. la luz reflejada es enviada desde el objeto hacia el sensor. Se muestra en la figura 54.

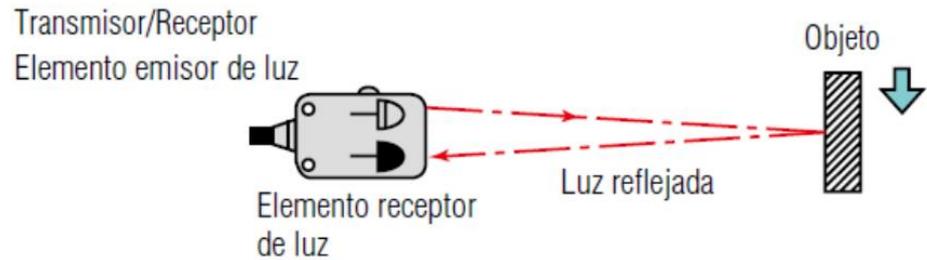


Figura 54: Sensor fotoeléctrico, modelo reflectivo.

Fuente: Keyence, 2016

- Modelo de barrera, el emisor y el receptor se encuentran en carcasas diferentes y distantes. El objeto será sentido entre ambas carcasas interrumpiendo la luz emitida. Se muestra en la figura 55.

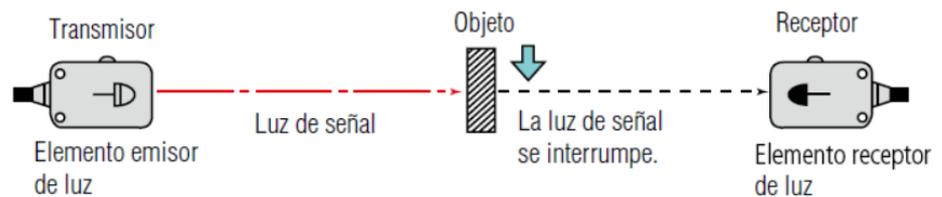


Figura 55: Sensor fotoeléctrico, modelo de barrera.

Fuente: Keyence, 2016

- Modelo retroreflectivo, emisor y receptor se encuentran en una misma carcasa, la luz emitida viaja hasta un elemento reflector y retorna al receptor, si hay un objeto presente en esa trayectoria se interrumpe la luz. Se muestra en la figura 56.

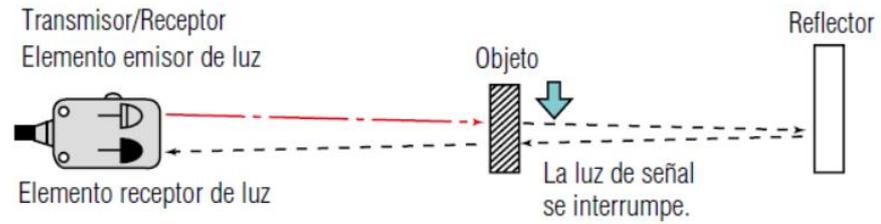


Figura 56: Sensor fotoeléctrico, modelo de barrera.

Fuente: Keyence, 2016

- Fuentes de alimentación industrial regulada

Estos dispositivos se encargan de suministrar las tensiones que son necesarias para distintos tipos de sistemas electrónicos, si se habla a nivel industrial, podrían ser los Controladores Lógicos Programables o PLC por sus siglas en inglés, módulos de control de las distintas máquinas dentro de una factoría como cortadoras, embotelladores, tableros de transferencia automática entre otros. La tensión de entrada de la fuente de alimentación, en la gran mayoría de casos, es alterna con un rango de 100 – 240 voltios, siendo la tensión de salida de 24 voltios continuos. Mientras que la potencia máxima entregada se seleccionará dependiendo de cuanto es lo requerido por el controlador y todos sus componentes internos, así como también los que se conectarán con él externamente como módulos de expansión de entradas y salidas analógicas o digitales, paneles de interfaz hombre máquina o como se le conoce por sus siglas en inglés, HMI, etc. (Birt LH, 2020).

Existen fuentes que poseen una batería interna de respaldo que permiten la continuidad de operación y alertan al controlador ante alguna falla energética. También hay algunas que incluyen protecciones contra oscilaciones en la tensión de entrada y contra las interferencias electromagnéticas para así evitar que estas fallas afecten al controlador. La figura 57 muestra una fuente de tensión de entrada alterna y tensión de salida continuo (Autycom, 2020).



Figura 57: Fuente de alimentación industrial 24 VDC.

Fuente: Allied, 2017

2.5.6 Sistemas neumáticos

Los sistemas neumáticos son aquellos que usualmente utilizan el aire en estado comprimido para poder transmitir diversas señales y potencia. Debido a los dispositivos o elementos que conforman un circuito neumático, se aprovecha la energía acumulada del aire comprimido para transformarla en energía mecánica teniendo así una gran utilización a nivel industrial y sobre todo para la automatización de procesos. Por la velocidad de respuesta que poseen los actuadores de estos circuitos, son empleados para realizar distintas tareas como ensamblados, cortes, empaquetados, entre otros (Horacio, N, 2019).

En todo sistema neumático se puede distinguir los siguientes elementos, como se muestran en la figura 58:

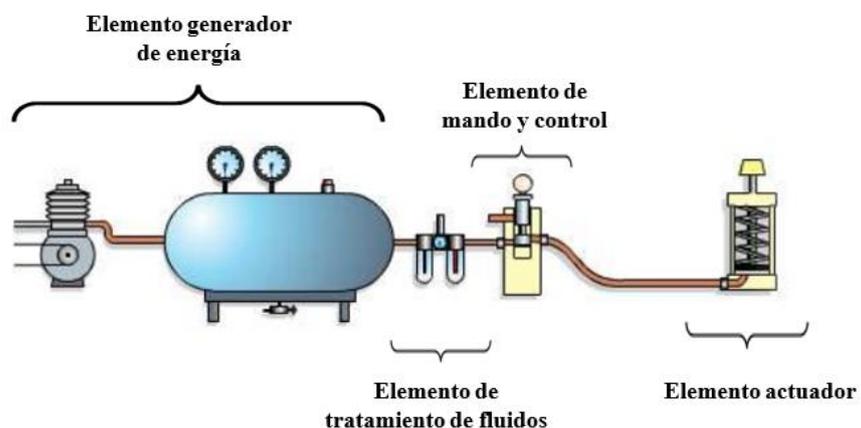


Figura 58: Elementos de un sistema neumático.

Fuente: Gobierno de canarias, 2015

- Elementos generadores de aire comprimido

Para lograr que el aire comprimido transmita la energía necesaria para todo el sistema se utiliza un compresor de aire, pudiendo ser común para otras aplicaciones que requieran de este. El compresor debe ser accionado por un motor eléctrico o en su defecto, de combustión interna (Guillén, A., 2012).

Los compresores son aquellos que aumentan la presión del aire hasta un valor adecuado para que pueda ser utilizado y aprovechado por todo el circuito neumático. Usualmente estos equipos son instalados en lugares aislados y distanciados de donde harán uso del aire comprimido porque poseen un alto nivel de ruido. La presión y el caudal dependerán de las características del compresor de aire. Su funcionamiento consta de la absorción del aire existente en la atmosfera y elevar su presión disminuyendo su volumen específico, se clasifican en volumétricos y dinámicos.

- Compresores volumétricos, basados en la ley de Boyle – Mariotte, indicando que para elevar la presión de un fluido es necesario reducir su volumen.
- Compresores dinámicos, se basan en otro principio haciendo pasar el aire por una tubería con secciones cada vez menores y aprovechando que el caudal es el mismo, la velocidad del aire aumenta hasta el último tramo. Se muestra en la figura 59.



Figura 59: Compresor neumático y simbología

Fuente: electromecánico, 2020

- Elementos de tratamiento de aire comprimido

Debido a la humedad existente en la atmosfera, es necesario secar el aire antes de utilizarlo dentro de un circuito neumático, así también, es importante filtrarlo y regular su presión para evitar la presencia de impurezas dentro del sistema y que se produzca sobre o bajas presiones que afecten en su rendimiento. Con el objetivo de reducir el rozamiento entre los elementos móviles o actuadores, se utilizan lubricadores que aportan un cierto porcentaje de aceite al aire (Guillén, A., 2012). Dentro de ellos se encuentran:

- Filtros, su función es purificar el aire de la atmosfera ya que este tiene una cantidad considerable de impurezas como partículas de polvo y vapor de agua que produce un desgaste prematuro de las tuberías y actuadores dentro del circuito neumático. Se muestra en la figura 60.

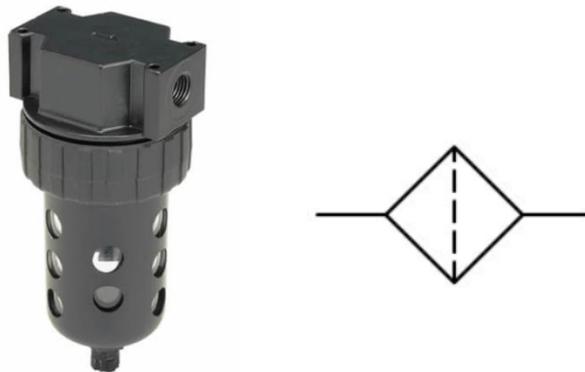


Figura 60: Filtro neumático y simbología

Fuente: Parkest, 2018

- Reguladores de presión, su función principal es de mantener constante la presión de trabajo del sistema, independientemente a la presión que exista en la red de aire, ya que presiones elevadas podrían causar daños en los componentes y presiones muy bajas podrían ocasionar rendimientos bajos. Su funcionamiento consta en permitir o impedir el flujo de aire comprimido a través de un obturador cuya apertura o cierre se lleva a cabo por un vástago y una membrana. Se muestra en la figura 61.

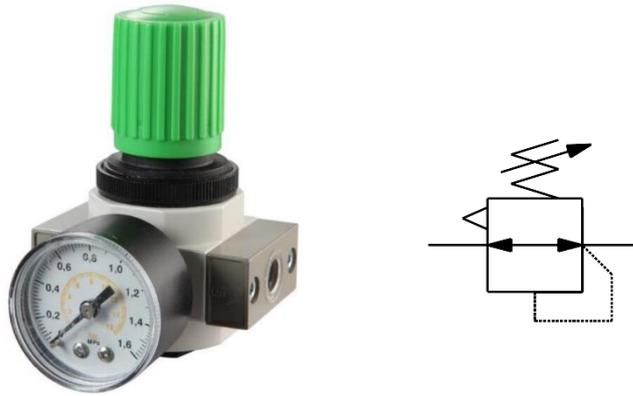


Figura 61: Regulador de presión neumático y simbología

Fuente: ICOFESA, 2020

- Lubricadores, dentro de los sistemas neumáticos hay elementos mecánicos móviles que están sujetos a rozamientos por lo que es necesario lubricarlos. Esta lubricación se da por medio del aire comprimido que es el que produce el movimiento mecánico. Se muestra en la figura 62.

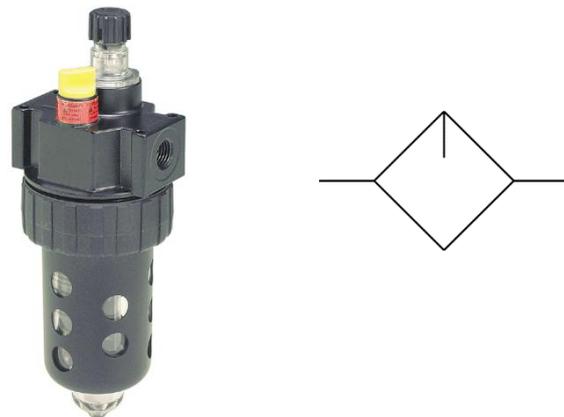


Figura 62: Lubricador neumático y simbología

Fuente: Parkest, 2018

- Unidad de mantenimiento, es un bloque compuesto por los tres elementos de tratamiento nombrados líneas arriba. Y su función principal es mantener al aire comprimido en la mejor condición posible, es decir, que esté libre de impurezas a la presión deseada y lubricado correctamente. Se muestra en la figura 63.

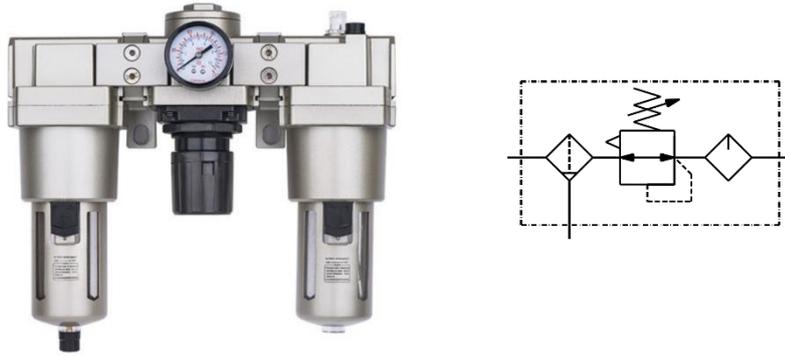


Figura 63: unidad de mantenimiento neumático y simbología

Fuente: Evans, 2018

- Elementos de mando y control

Se encargan de guiar de manera adecuada el aire comprimido hacia los elementos actuadores. Estos elementos son denominados válvulas y se dividen en tres tipos principalmente (Guillén, A., 2012).

- Válvulas de control direccional

Son elementos de un circuito neumático que se encargan de la dirección y el sentido en el que debe transitar el aire comprimido. Físicamente, las válvulas de control de dirección, tienen la forma de una caja pequeña con orificios conductivos para la entrada y salida del fluido. Están caracterizadas por dos números que indican el número de vías, que permiten desviar el aire en una u otra dirección, y las posiciones en la que se puede configurar, usualmente poseen dos o tres posiciones. Estas válvulas son representadas de forma simbólica por tantos cuadrados adyacentes como posiciones tenga y para la representación de las vías se emplean unos segmentos rectos indicando las conducciones de aire que llegan y salen de esta. Por ejemplo, una válvula 3/2 indica 3 vías y 2 posiciones. El funcionamiento está representado de manera esquemática dentro de los cuadrados, siendo la circulación de aire por flechas indicando el sentido y líneas transversales para las posiciones de cierre. En la tabla 14 se detallan algunas válvulas con diferentes configuraciones.

Tabla 14

Válvulas de control direccional

VÁLVULAS DE CONTROL DIRECCIONAL	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	VÁLVULA 2/2 EN POSICIÓN NORMALMENTE CERRADA
	VÁLVULA 3/2 EN POSICIÓN NORMALMENTE CERRADA
	VÁLVULA 4/2
	VÁLVULA 3/3 EN POSICIÓN NEUTRA NORMALMENTE CERRADA
	VÁLVULA 4/3 EN POSICIÓN NEUTRA NORMALMENTE CERRADA
	VÁLVULA 5/2
	VÁLVULA 5/3 EN POSICIÓN NORMALMENTE CERRADA

Fuente: Bueno, 2017

Los dispositivos de mando o tipos de accionamiento para las válvulas de control direccional son los encargados de cambiar la configuración de estas, es decir hacen que cambie de una posición inicial por defecto a otra requerida. Se detallan a continuación:

- Accionables por el operador, esta dependerá de la acción manual del operador mediante un dispositivo como pulsadores, pulsadores de diversos tipos y características, palancas, pedales entre otros.
- Accionable por un mecanismo móvil, los finales de carrera neumáticos son estos tipos de accionamiento y suelen ser activados por otros componentes del sistema autónomo.
- Accionables por un sistema eléctrico, el elemento móvil de la válvula es accionado por la fuerza producida por un electroimán. Este tipo de accionamiento es muy utilizado para la automatización de procesos debido a sus breves tiempos de conmutación y porque se pueden operar remotamente. Son conocidos como electroválvulas.
- Accionados por un sistema neumático, estas válvulas se pueden accionar por una señal neumática de pilotaje de presión o depresión.

En la figura 64 se muestra una válvula con distintos tipos de accionamiento y su simbología. De igual manera, en la tabla 15 se muestran algunos de los dispositivos de mando utilizados en la industria.

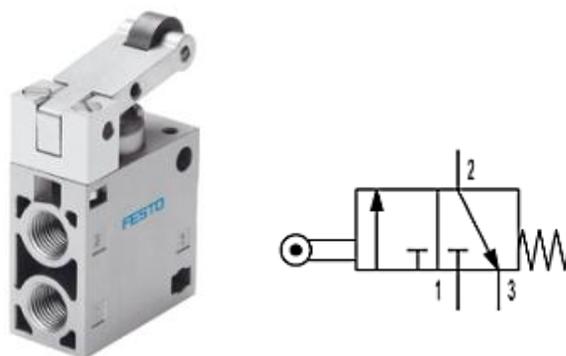
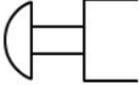
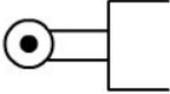
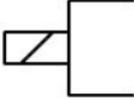
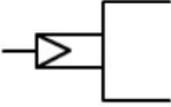


Figura 64: válvula de control y simbología

Fuente: Festo, 2018

Tabla 15

Elementos de mando para los sistemas neumáticos

DISPOSITIVOS DE MANDO	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	BOTÓN PULSADOR, ACCIONABLE POR EL OPERADOR
	FINAL DE CARRERA, ACCIONABLE POR UN MECANISMO MÓVIL
	MANDO ELECTROMAGNÉTICO, ACCIONABLE POR UN SISTEMA ELÉCTRICO
	MANDO POR PRESIÓN, ACCIONABLE POR UN SISTEMA NEUMÁTICO

Fuente: Bueno, 2017

Existen otros tipos de válvulas para distintas aplicaciones en la industria como:

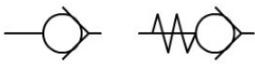
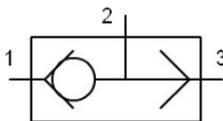
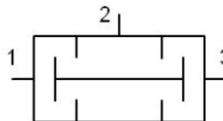
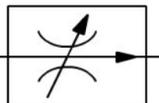
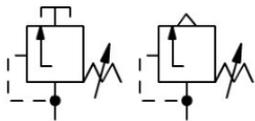
- Válvulas unidireccionales, también conocidas como las válvulas check o de antirretorno, estas funcionan impidiendo el paso del flujo de aire en un sentido, pero permitiéndolo en el otro.
- Válvulas selectoras (or), son usadas cuando dos flujos neumáticos que provienen de distintas fuentes coinciden en una salida y se requiere que no haya interferencias entre ambos.
- Válvulas de simultaneidad (and), estas poseen dos entradas y una salida, por lo que la única manera que haya salida de aire comprimido es que haya presión en ambas entradas.

- Válvulas de control de caudal, también llamadas reguladoras, se encargan de dosificar la cantidad de aire comprimido que pasa entre sus ductos internos. Estas podrían ser unidireccionales o bidireccionales dejando regulando el caudal y controlando el sentido del flujo según sea el caso.
- Válvulas de control de presión, estas válvulas regulan la presión del aire comprimido y las mantienen en un valor configurable por el usuario mediante un elemento roscado. Son usadas como válvulas de seguridad o para elementos que precisan presiones distintas a la del sistema.

En la tabla 16 se detalla la simbología de las válvulas de control descritas.

Tabla 16

Válvulas de control adicionales

VÁLVULAS DE CONTROL	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	VÁLVULA UNIDIRECCIONAL
	VÁLVULA SELECTORA (OR)
	VÁLVULA DE SIMULTANEIDAD (AND)
	VÁLVULA DE CONTROL DE CAUDAL
	VÁLVULA DE CONTROL DE PRESIÓN

Fuente: Bueno, 2017

- Elementos actuadores

Son aquellos que se encargan de transformar el aire comprimido en movimiento, en trabajo útil. Son los llamados elementos de trabajo de los circuitos neumáticos, se dividen en dos grupos, los cilindros que realizan movimientos lineales y los motores que realizan movimientos rotativos (Guillén, A., 2012).

- Elementos lineales o Cilindros

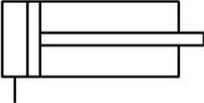
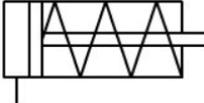
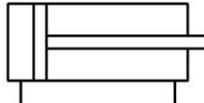
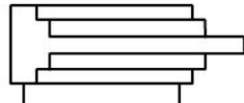
Son los actuadores lineales de los sistemas neumáticos. Según el trabajo que realizan poseen distintos diseños, sin embargo, se pueden clasificar en dos grupos según el número de recorrido en los que efectúa su trabajo.

- Cilindro de simple efecto, es capaz de producir un desplazamiento útil en un sentido, es decir, el vástago saliente es el que transmite el movimiento con la suficiente potencia y el retorno a la posición normal lo efectúa un muelle instalado en su interior o alguna carga externa. El aire comprimido solo actúa en uno de los compartimentos internos que delimita el émbolo. Físicamente poseen diámetros pequeños y desplazamientos cortos, son suficientes para realizar trabajos de expulsión o sujeción, así como para trabajos que requieran de poco esfuerzo.
- Cilindro de doble efecto, estos cuentan con dos tomas de aire ubicadas en ambos lados del embolo para transmitir el movimiento con la potencia necesaria para la ida y el retorno del vástago. Estos son los más utilizados en la industria para la automatización. Respecto a los cilindros de simple efecto el desplazamiento del este cilindro no posee limitaciones, no es necesario realizar algún trabajo para comprimir el muelle de retorno, tiene mayor precisión de trabajo y el retorno del vástago no dependerá de la carga que tenga ni de algún elemento mecánico.

En la tabla 17 se muestra los tipos de actuadores lineales de los sistemas neumáticos. De igual manera en la figura 65 se muestran ambos cilindros.

Tabla 17

Cilindros de simple y doble efecto

ELEMENTOS ACTUADORES	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	CILINDRO DE SIMPLE EFECTO, RETORNO POR ESFUERZOS EXTERNOS
	CILINDRO DE SIMPLE EFECTO, RETORNO POR MUELLE
	CILINDRO DE DOBLE EFECTO, VÁSTAGO SIMPLE
	CILINDRO DE DOBLE EFECTO, DOBLE VÁSTAGO
	CILINDRO DE DOBLE EFECTO, VÁSTAGO TELESCÓPICO

Fuente: Bueno, 2017

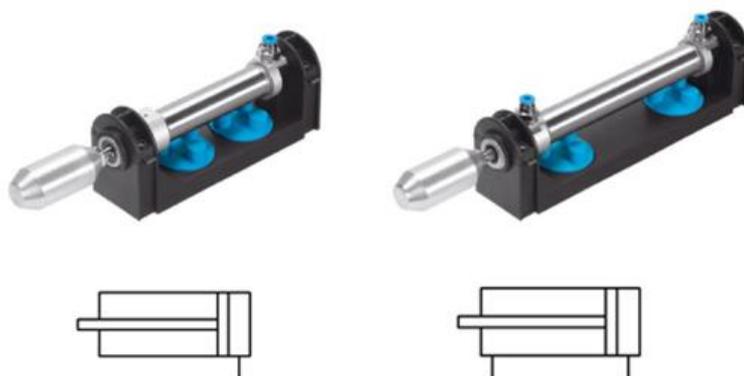


Figura 65: Cilindro de simple y doble efecto

Fuente: Festo, 2018

- Elementos rotativos o motores

Estos elementos transforman la energía del aire comprimido en movimiento rotativo. Son empleados para realizar trabajos muy exigentes como arranques y paros casi instantáneos o que requieran cambios de velocidades bruscas. Existen principalmente tres tipos de motores neumáticos, motores rotativos de pistones, motores de paletas y motores de turbina. En la figura 66 se detalla.



Figura 66: Motor neumático con 2 sentidos de giro y simbología

Fuente: Festo, 2018

2.5.7 Automatización industrial

Es la implementación de los distintos sistemas como el mecánico, eléctrico, neumático, electrónico y software para controlar de forma integral o parcial los diversos procesos en la industria. La automatización integra y abarca la parte de control, supervisión, gestión de datos, accionamientos, instrumentación, comunicaciones, producción, interacciones entre otros (Ripipsa, 2021).

Los sistemas automatizados o sistemas de automatización y control son los responsables del aumento de producción y optimización de la gran mayoría de industrias alrededor del mundo, es por ello que son implementados cuidadosamente y de acuerdo a un estudio realizado, seleccionando adecuadamente cada elemento para realizar una tarea específica de manera satisfactoria y eficiente. Dependiendo del tipo de sistema automatizado que se desarrolle se tienen:

- Sistemas de automatización fija, utilizan equipos especiales para agilizar procesos complejos, siendo poca o nula la posibilidad de realizar cambios a futuro sobre dicho sistema. Este modelo es idóneo para industrias que producen los mismos diseños durante un largo periodo.
- Sistemas de automatización programables, estos sistemas son ideales para la manufacturación por bloques debido a que muchas veces es necesario realizar cambios de acuerdo a los requerimientos específicos de distintas áreas dentro de una industria.
- Sistemas de automatización flexible, este sistema es aún más práctico de implementar cambios que los sistemas programables y esto debido a que poseen en su estructura, elementos más sofisticados. Inclusive los cambios se pueden aplicar de manera inmediata.
- Sistema integrado de automatización, son sistemas de control muy completos y complejos, son un conjunto de maquinaria y procesos independientes que trabajan sincrónicamente bajo el control de un único sistema integrador.

En la figura 67 se muestra un sistema integral de automatización dentro de la industria.



Figura 67: Sistema integrado de automatización

Fuente: Meinsa, 2019

Dentro de los sistemas de automatización y control se encuentran dos dispositivos de uso recurrente y de gran utilidad para lograr la integración entre las maquinarias y el operario.

- Controlador lógico programable (PLC)

Son sistemas electrónicos capaces de ser configurados digitalmente para utilizarlos en entornos industriales, por ejemplo, poseen memorias capaces de ser programadas para almacenar instrucciones de control y así realizar una acción. Estas instrucciones son fundamentales para llevar a cabo un control lógico o secuencial sobre los distintos tipos de maquinaria y procesos y se realiza a través de señales de entrada y salida que pueden ser analógicas o digitales, es decir, los PLC brindan la posibilidad de controlar sistemas mediante actuadores y sensores. Estos controladores tienen un software y una interfaz por el cual se les puede configurar las instrucciones requeridas para realizar una tarea (Sicma21, 2021). En la figura 68 se muestra un PLC de la marca delta.



Figura 68: PLC Delta DVP-14SS2

Fuente: Delta, 2016

Los PLCs son utilizados para diversas aplicaciones en las distintas áreas de la industria como:

- Industria del vidrio, se utilizan los PLC para controlar la proporción de las mezclas que se utilizan y para el procesamiento de vidrios planos

- Industria del papel, se utilizan los PLCs para el control de las maquinarias que se encargan de la producción de papel a grandes velocidades.
- Industria cementera, debido a la gran cantidad de productos a mezclar para obtener el cemento, esta industria emplea un sistema de control distribuido que esta comandado por un PLC.
- Industria eólica, los PLCs son de vital importancia para un mejor control y mayor eficiencia de los aerogeneradores debido a que estos se encargan de transformar las señales de los sensores de velocidad y dirección del viento para evitar que haya menos tiempo de inactividad y protección de las turbinas.
- Industrias inteligentes, a pesar de que el proceso de fabricación se ha vuelto más eficiente en los últimos años y esto gracias a la automatización inteligente, la robótica avanzada y el internet de las cosas (IoT) los PLCs siguen operando como procesador central para la toma de decisiones en tiempo real.

Los PLCs posee una estructura muy parecida a la de una computadora, de manera que están supervisando de manera continua los valores de entrada del entorno para producir una salida correspondiente a lo solicitado. Dentro de su estructura se encuentran cinco partes principales:

- Chasis, forma una de las partes más importantes dentro de los sistemas de control, ya que permite la conexión física de las entradas y salidas.
- Módulo de alimentación, se encarga de suministrar energía a todo el sistema del PLC, convirtiendo la corriente alterna a corriente continua necesaria para sus componentes internos.
- CPU o unidad central de procesamiento, este módulo está compuesto por memorias ROM y RAM que son para el almacenamiento del sistema operativo y los datos configurables respectivamente. Los PLC pueden incorporar dos tipos de procesadores, el de un solo bit y el de palabras, utilizados para aplicaciones de distintos niveles de complejidad.

- Módulos de entrada y salida, estos módulos ayudan para la interconexión de los dispositivos de entrada y salida con el CPU. Siendo dispositivos de entrada, pulsadores de marcha o paro, interruptores, etc. y los de salida relés, electroválvulas, indicadores visuales y sonoros, etc.
- Módulo interfaz de comunicación, estos hacen posible la comunicación entre PLCs y PLC y computadora de forma remota.

En la figura 69 se muestra un diagrama estructural de un PLC

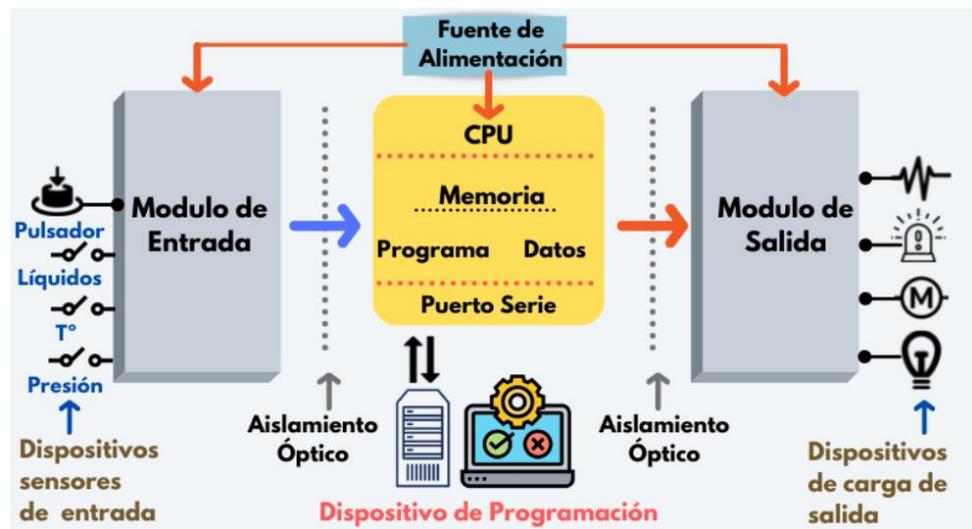


Figura 69: Diagrama estructural de un PLC

Fuente: Sicma21, 2021

El funcionamiento de un PLC está regido por los siguientes pasos:

- Monitorización el estado de las entradas
- Ejecución del programa de control previamente estructurado y configurado
- Actualización del estado de las salidas.

En la figura 70 se muestra de manera gráfica el funcionamiento de un PLC.



Figura 70: Funcionamiento de un PLC

Fuente: Sicma21, 2021

La programación y configuración de un PLC conlleva al diseño e implementación de aplicaciones de control en función a los requerimientos del usuario. Esta programación está conformada por una serie de instrucciones que representa la lógica que se implementará para tareas específicas en la industria. El PLC se enlaza mediante un periférico hacia el computador y a través de un software especializado se descarga el programa que fue desarrollado. Para el desarrollo de la lógica de programación se emplean distintos lenguajes, entre ellos se tienen.

- Diagrama de escalera o Ladder, es un lenguaje de programación gráfico que emula el funcionamiento de interruptores y relés, es decir, las bobinas y los contactos normalmente cerrados y abiertos.
- Diagramas de bloques, la configuración de entradas y salidas van anexados a través de líneas de conexión. Usualmente son empleados para realizar tareas repetitivas.
- Texto estructurado, este tipo de programación es textual, utilizando funciones e instrucciones y una sintaxis muy similar a las de los lenguajes C o Java.
- Lista de instrucciones, fue uno de los primeros lenguajes de programación para los PLCs por lo que es considerado de bajo nivel, lo que significa que es muy parecido al código de máquina.

- Diagrama de funciones secuenciales, lenguaje de programación gráfico que emplea una lógica parecida al de un diagrama de flujo.

En la figura 71 se muestra el lenguaje de programación Ladder o diagrama de escalera desarrollado en el software ISPsoft de la marca Delta.

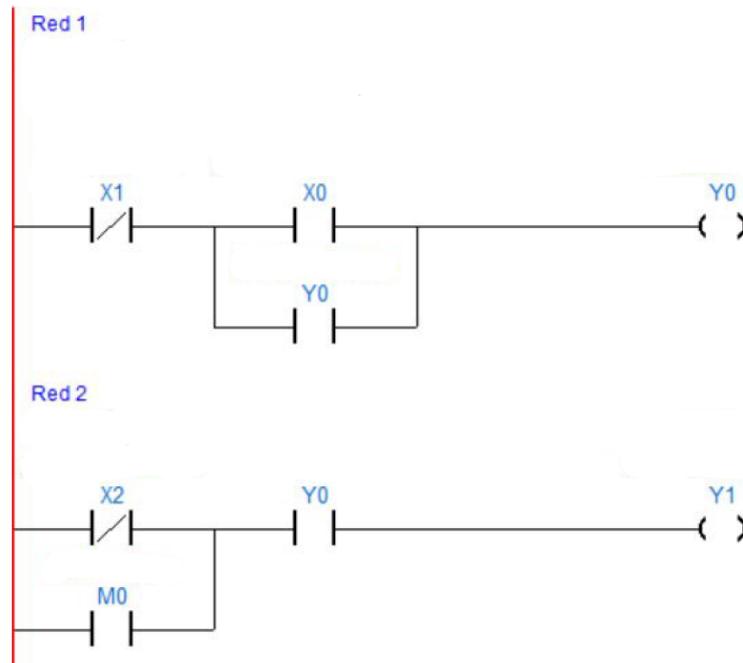


Figura 71: Diagrama de escalera o Ladder en ISPsoft.

Fuente: Propia

- Interfaz hombre maquina (HMI)

Es un dispositivo electrónico utilizado como un panel de control y es empleado para asistir al operario con la comunicación entre sistemas y maquinas. Los HMIs pueden ser desde simples pantallas instaladas en las mismas maquinas hasta paneles táctiles avanzados que son contralados y monitorizados remotamente. El objetivo de estos equipos es aumentar la productividad, el tiempo de funcionamiento del ciclo de trabajo y la mantener la calidad del producto final. Al igual que los PLCs, estos dispositivos son programados y configurados, mediante un computador, para que se puedan enlazar con el controlador principal y se pueda monitorizar el estado de los periféricos de entrada y salida como sensores y actuadores (Sicma21, 2021).

Existen distintos tipos de HMIs y se clasifican por sus funcionalidades, entre ellos se tienen.

- Reemplazo de botones de pulsador, estos HMIs poseen en su estructura física distintos botones para realizar las diferentes tareas programadas por el usuario.
- Controlador de datos, son empleados principalmente para la recopilación del historial de trabajo de una máquina que posteriormente será almacenado en una unidad rígida o en la nube, dependiendo de la necesidad de usuario.
- Supervisor, usualmente estos dispositivos tienen a Windows por sistema operativo y poseen una pantalla táctil para la interacción con el usuario. Estos son los más utilizados en la industria.

En la figura 72 se muestra un HMI de la marca Delta, modelo TP04 con pulsadores e indicadores visuales.



Figura 72: HMI TP04

Fuente: Delta, 2016

CAPÍTULO III: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Previo al diseño e implementación del sistema automatizado de corte del separador, se debe tener en consideración las características y especificaciones requeridas para poder cumplir con los objetivos establecidos en el capítulo I.

3.1 Entorno del sistema automatizado de corte

La máquina automatizada, que realiza el corte del material separador de las placas internas para la fabricación de baterías, cuenta con un sistema de sujeción, extracción y direccionamiento de dicho material que está contenido en rollos de 600 metros lineales aproximadamente y un ancho de 156 o 192 milímetros dependiendo de la normativa de fabricación, ya sea BS o DIN. Este sistema está conformado por siete rodillos colocados estratégicamente sobre una estructura que los soporta, pistones neumáticos, electroválvulas, una cuchilla de corte, un sensor fotoeléctrico acoplado a un tornillo sinfín que se desplaza para dar la longitud al separador según lo requerido, una tolva que almacena el material seccionado y un tablero de control que contiene un PLC, un HMI y la lógica cableada de mando y fuerza.

El sistema automatizado debe de contar con una configuración inicial para que cada corte que realice, se haga de manera correcta y cumpla los estándares de fabricación. Para ello se debe efectuar, por única vez y al inicio de cada tarea de cortes, las siguientes acciones.

- El material separador debe ser colocado por el operario, entre el primer par de rodillos para poner en funcionamiento el sistema.
- El operario debe posicionar el sensor fotoeléctrico mediante el tornillo sinfín para dar el tamaño adecuado a cada corte siguiendo las normas de fabricación DIN o BS.
- El operario debe de programar el número de cortes que debe realizar la máquina mediante el HMI y los pulsadores que contiene.

3.2 Requerimientos

Para el desarrollo del corte automatizado del material separador, se siguió una serie de pasos para lograr que el sistema eléctrico, electrónico, mecánico y neumático que lo conforman, trabajen de manera conjunta y efectiva. En la figura 73 se muestra el diagrama de flujo que detalla el proceso considerado.

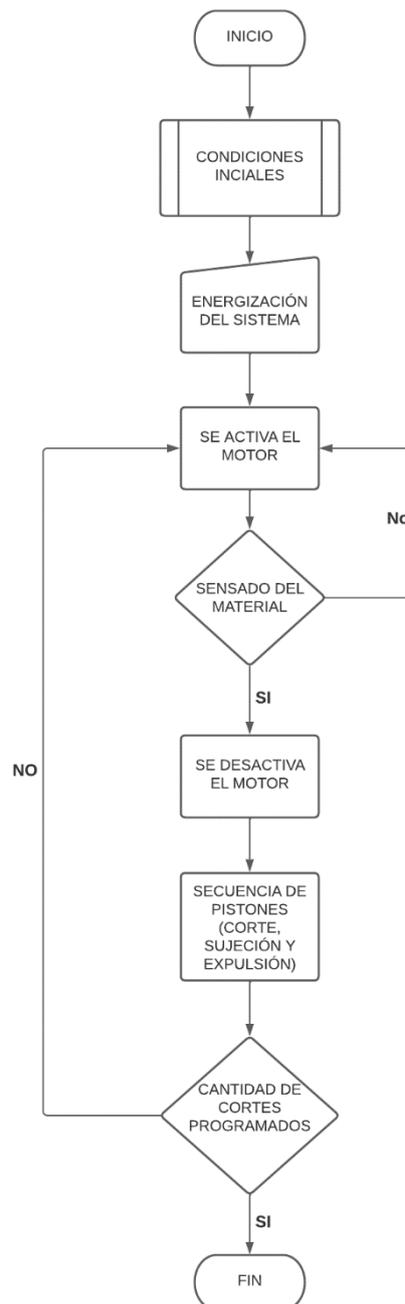


Figura 73: Flujograma del sistema automatizado de corte

Fuente: Propia

3.2.1 Requerimientos del diseño mecánico

- Estructura metálica maciza y resistente para el ambiente corrosivo, se seleccionó una aleación de hierro, acero y otros elementos denominado acero A36.
- Estructura mecánica adecuada para soportar las vibraciones del motor al iniciar su trabajo.
- Estructura mecánica adecuada para soportar los impactos del sistema neumático, pistones de sujeción, corte y expulsión.
- Hoja de corte industrial y de alta resistencia para evitar desgastes prematuros al realizar el seccionamiento del material separador.

3.2.2 Requerimientos del diseño eléctrico

- Protección de sobre tensión y sobre corriente para el motor eléctrico de configuración trifásica, utilización de relés de protección térmicos y fusibles.
- Protección contra cortos circuitos, selección de llave termomagnética correctamente dimensionada.
- Alimentación alterna constante para el sistema eléctrico
- Tablero eléctrico con dimensiones y protecciones adecuadas para que se puedan instalar los dispositivos eléctricos y de control dentro de él.

3.2.3 Requerimientos del diseño electrónico

- Alimentación de actuadores que requieran de voltaje continuo. De acuerdo a la potencia que se necesite dimensionar el transformador y elementos para la rectificación de energía.
- Selección de una fuente de tensión regulada y con la potencia adecuada para la alimentación de los dispositivos de control PLC y HMI.
- Selección del PLC de acuerdo al número de entradas y salidas requeridas para el control de integral del sistema, así como al tiempo de respuesta.
- Selección de HMI capaz de conectarse sin inconvenientes con el PLC e interactuar de manera práctica con el operario.

3.2.4 Requerimiento del diseño por software

- Programación del PLC con tiempos de trabajo eficientes para lograr que cada secuencia del automatismo se realice en el momento preciso. Lenguaje de programación utilizado, diagrama de escalera o Ladder.
- Interfaz de trabajo y operación del HMI amigable.
- Variables de ingreso por parte del operario hacia el HMI a considerar: número de cortes a realizar e inicio del trabajo.

3.3 Selección de componentes mecánicos

La estructura mecánica fue elegida y dimensionada para que trabaje sin inconvenientes con cada componente que vaya ensamblado sobre ella, como son los pistones, el motor trifásico, sensores, las estructuras menores de sujeción, corte y expulsión, el tablero de control y sobre todo para que el trabajo que realice el operario no requiera de esfuerzos mayores ni posturas incómodas.

A continuación, se muestra cada componente de la estructura, modelada en SolidWorks.

- Soporte principal de la estructura mecánica, sobre este se ensamblan los demás componentes de la estructura. Tiene 1174.8 milímetros de largo, 522.5 milímetros de alto y 800 milímetros de ancho. En la figura 74 se muestra el modelado. Se adjunta el anexo 1 para mayor detalle.

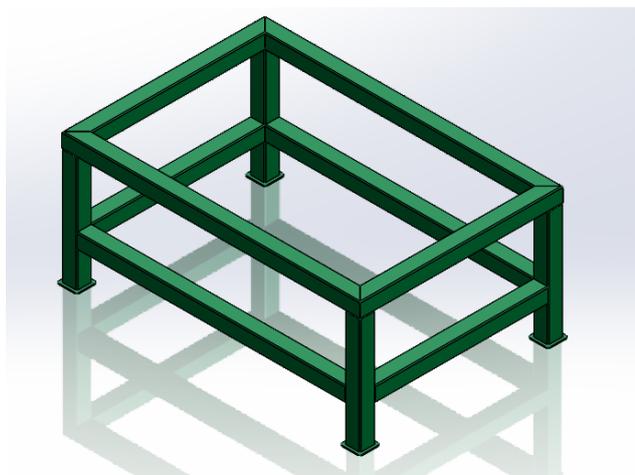


Figura 74: Soporte Principal de la estructura

Fuente: Propia

- Soportes laterales, son dos unidades y se acoplan a lo largo de la estructura principal, sobre estas se instalan los rodillos por medio de rodamientos, el motor y la caja reductora de velocidad. En la figura 75 se muestra el modelado. Se adjunta el anexo 2 para mayor detalle.

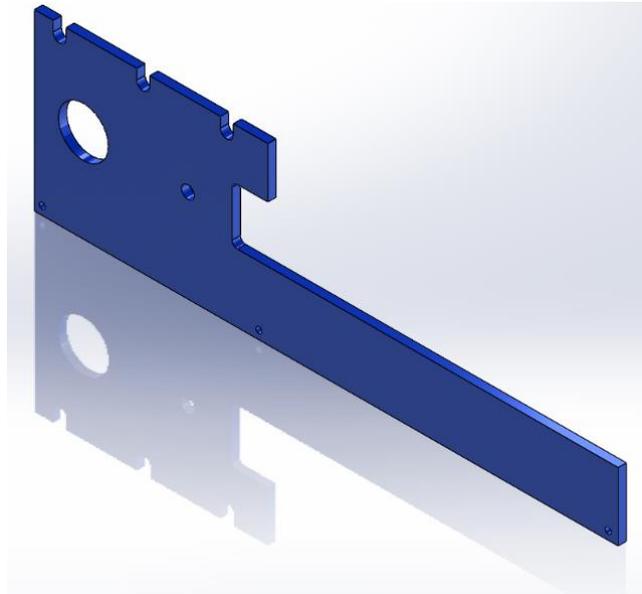


Figura 75: Soporte lateral de la estructura

Fuente: Propia

- Soporte base, se acopla sobre el soporte principal y es de apoyo para mejorar la estabilidad de la estructura y para el cilindro neumático que se encargará de realizar el corte. En la figura 76 se muestra el modelado. Se adjunta el anexo 3 para mayor detalle.

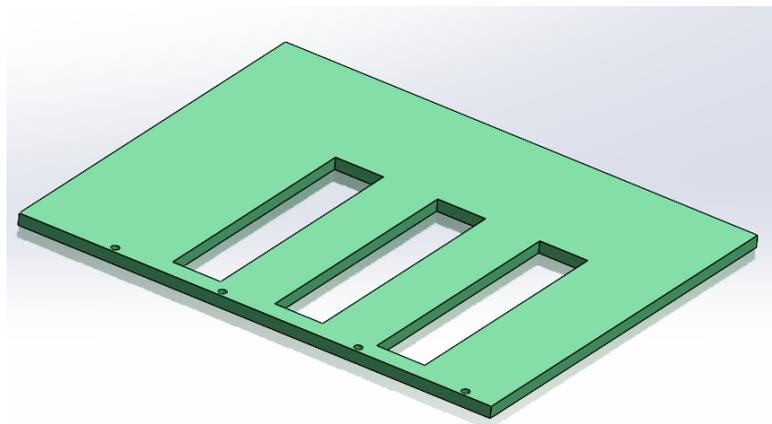


Figura 76: Soporte base de la estructura

Fuente: Propia

- Soporte trasero, se acopla entre los dos soportes laterales dando mayor estabilidad a la estructura del sistema mecánico, de igual manera, sobre este se acoplan los soportes fijos del elemento de extracción para el material separador. En la figura 77 se muestra el modelado. Se adjunta el anexo 4 para mayor detalle.

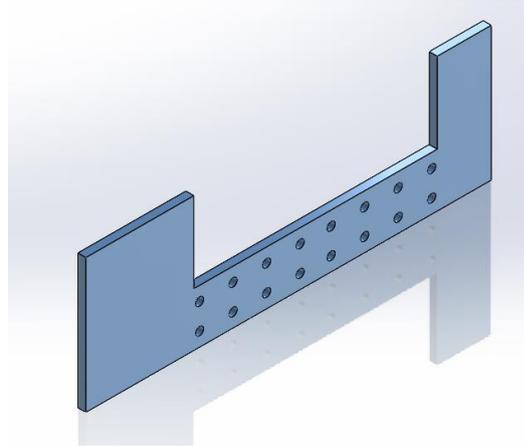


Figura 77: Soporte trasero de la estructura

Fuente: Propia

- Elemento de extracción del material separador, mostrado en la figura 78. Está compuesto por dos rodillos del tipo A, mostrados en la figura 79, dos soportes fijos, mostrados en la figura 80 y dos soportes móviles, mostrados en la figura 81. Este se encarga de que la extracción del material, el cual se coloca entre ambos rodillos, se dé sin deslizamiento alguno. El rodillo inferior gira sobre su eje y esta enlazado al motor eléctrico por una cadena de transmisión mientras que el rodillo superior gira por fricción. Se adjunta el anexo 5, 6 y 7 para mayor detalle.

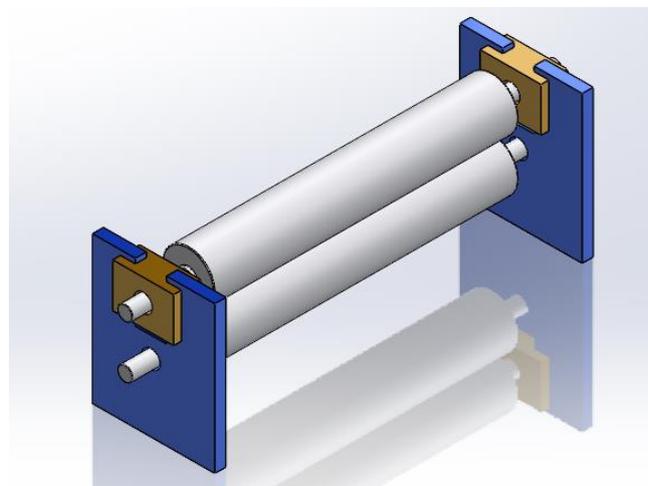


Figura 78: Elemento de extracción de material separador

Fuente: Propia



Figura 79: Elemento de extracción - rodillo de tipo A

Fuente: Propia

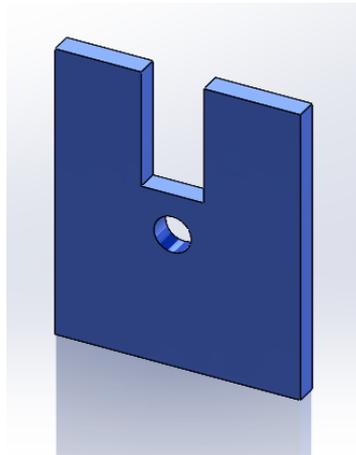


Figura 80: Elemento de extracción – soporte fijo

Fuente: Propia

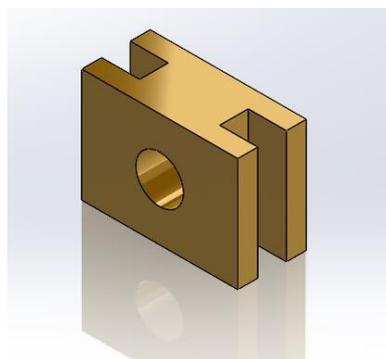


Figura 81: Elemento de extracción – soporte móvil

Fuente: Propia

- Elemento de direccionamiento del material separador, mostrado en la figura 82. Está compuesto por cuatro rodillos tipo A, mostrado en la figura 79, un rodillo de tipo B, mostrado en la figura 83, cuatro soportes fijos, mostrado en la figura 84, cuatro soportes móviles, mostrado en la figura 85 y una plancha soporte para una mayor estabilidad, mostrado en la figura 86. Este se encarga de dirigir el material a lo largo de todo su recorrido, desde el elemento de extracción hasta el punto donde se realiza el corte, pasando por un rodillo que tensa el material, y otros dos pares de rodillos que no permiten que salga de su recorrido. El rodillo tipo B tiene dos secciones con un diámetro mayor para obtener una sujeción extra para cuando se realice el corte. Los soportes fijos, móviles y la plancha soporte garantizan el trabajo en conjunto de todo elemento de direccionamiento que es movido por el motor trifásico mediante una transmisión por cadena. Se adjunta el anexo 8, 9, 10 y 11 para mayor detalle.

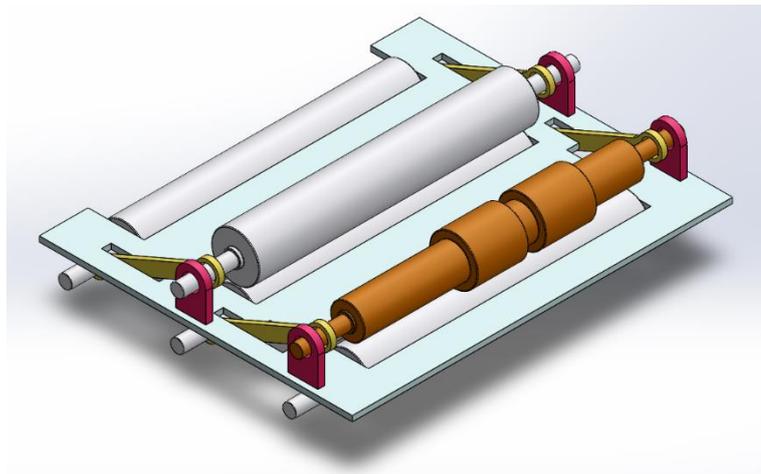


Figura 82: Elemento de direccionamiento de material separador

Fuente: Propia

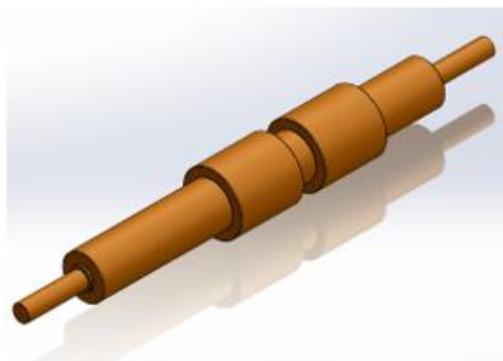


Figura 83: Elemento de direccionamiento – rodillo de tipo B

Fuente: Propia

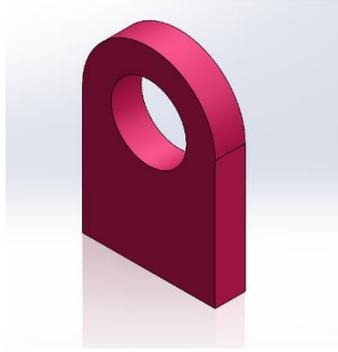


Figura 84: Elemento de direccionamiento – soporte fijo

Fuente: Propia

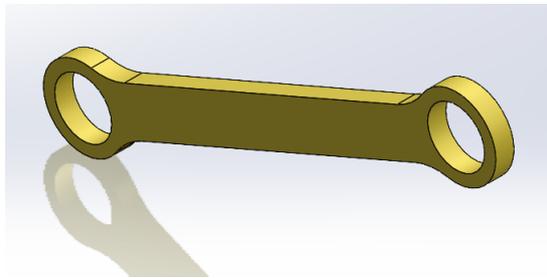


Figura 85: Elemento de direccionamiento – soporte móvil

Fuente: Propia

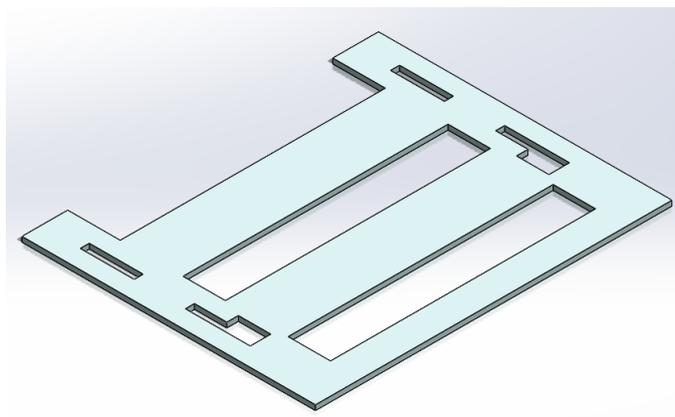


Figura 86: Elemento de direccionamiento – plancha soporte

Fuente: Propia

- Elemento de sujeción del material separador, mostrado en la figura 87. Está compuesto por un eje transversal, mostrado en la figura 88, tres soportes largueros, mostrado en las figuras 89, 90 y 91, dos soportes fijos, mostrado en la figura 92 y dos soportes móviles, mostrado en la figura 93. Este se encarga de sujetar el material separador una vez que el motor trifásico para su marcha y deje de transmitir movimiento a los elementos de extracción y direccionamiento. La sujeción es activada por un pistón haciendo rotar el elemento a lo largo del eje transversal acoplado entre los dos soportes laterales. El soporte larguero que sujeta al material tiene un canal para que el trabajo de corte se realice sin inconvenientes. Se adjunta el anexo 12, 13, 14, 15, 16 y 17 para mayor detalle.

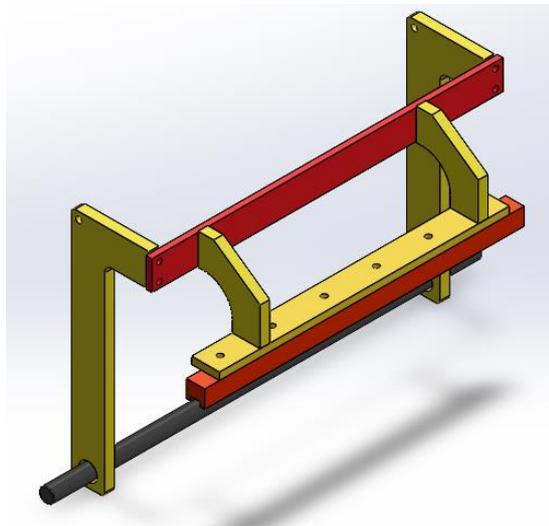


Figura 87: Elemento de sujeción de material separador

Fuente: Propia

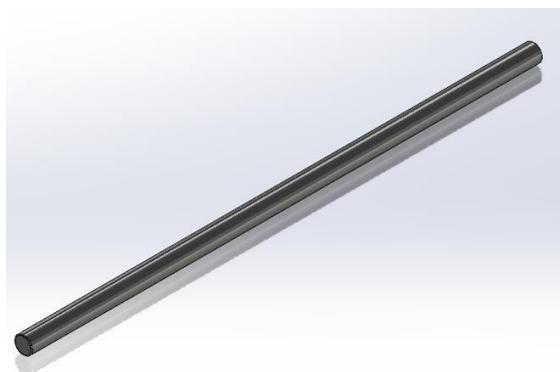


Figura 88: Elemento de sujeción – eje transversal

Fuente: Propia

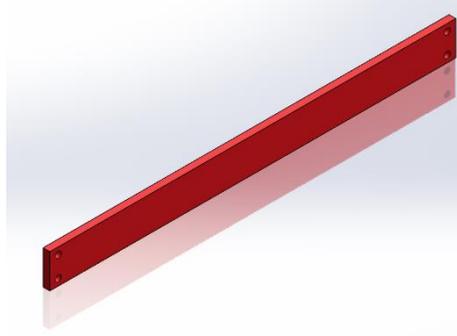


Figura 89: Elemento de sujeción – soporte larguero 1

Fuente: Propia

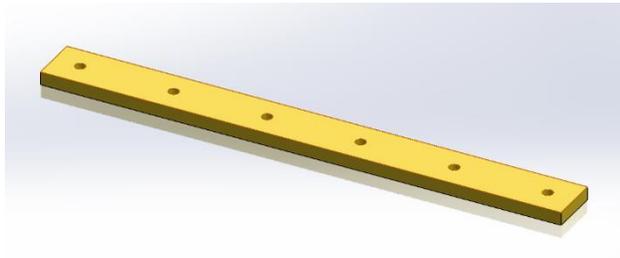


Figura 90: Elemento de sujeción – soporte larguero 2

Fuente: Propia

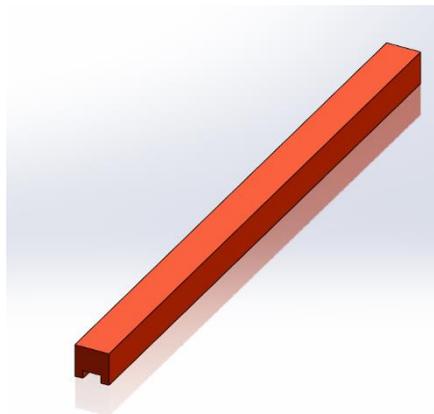


Figura 91: Elemento de sujeción – soporte larguero 3

Fuente: Propia

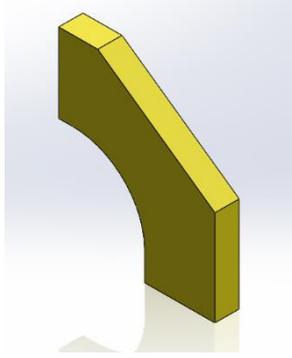


Figura 92: Elemento de sujeción – soporte fijo

Fuente: Propia

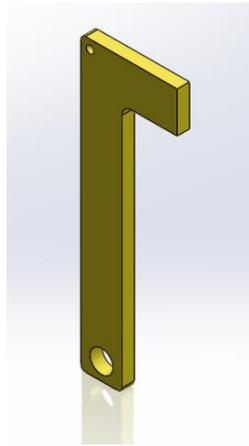


Figura 93: Elemento de sujeción – soporte móvil

Fuente: Propia

- Plataforma de desplazamiento y corte del material separador, mostrado en la figura 94. Está compuesto por tres planchas, mostradas en las figuras 95, 96 y 97, dos al lado izquierdo y una al lado derecho, ubicadas al nivel del ingreso del material y dejando un espacio entre ambos lados para ubicar el elemento de posicionamiento para el sensor fotoeléctrico. Estas planchas van sobre cuatro soportes fijos ubicados sobre el soporte base de la estructura, mostrados en las figuras 98 y 99. Se adjunta el anexo 18, 19, 20, 21 y 22 para mayor detalle.

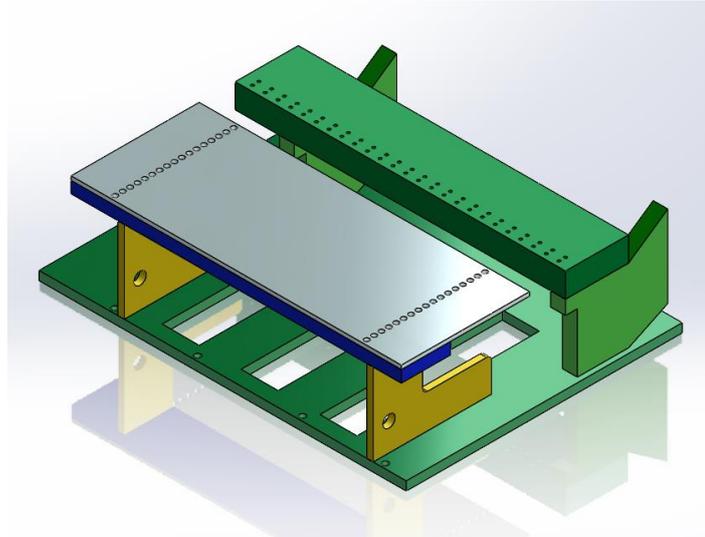


Figura 94: Plataforma de desplazamiento y corte

Fuente: Propia

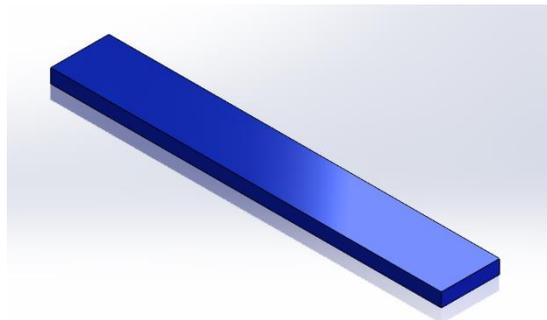


Figura 95: Plataforma de corte – plancha 1

Fuente: Propia

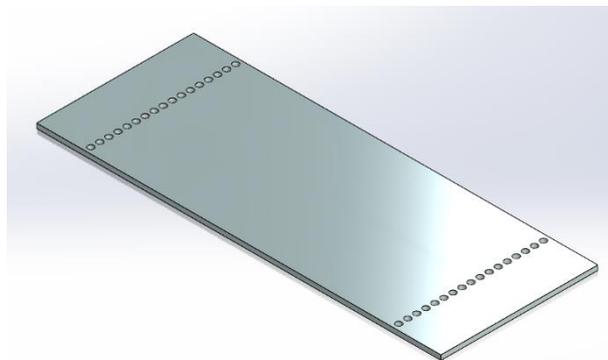


Figura 96: Plataforma de corte – plancha 2

Fuente: Propia

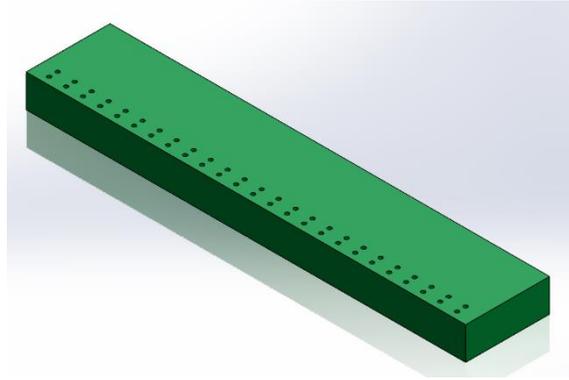


Figura 97: Plataforma de corte – plancha 3

Fuente: Propia

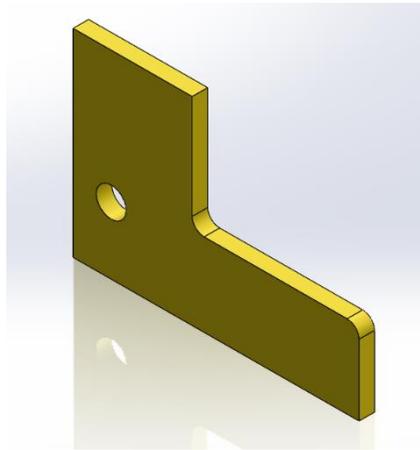


Figura 98: Plataforma de corte – soporte fijo 1

Fuente: Propia

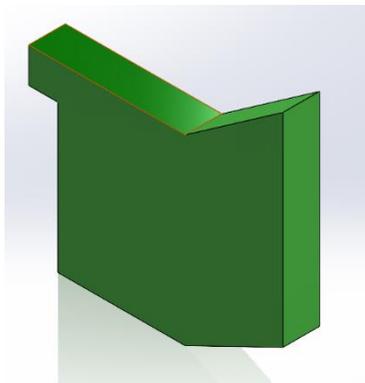


Figura 99: Plataforma de corte – soporte fijo 2

Fuente: Propia

- Elemento de posicionamiento para el sensor fotoeléctrico, mostrado en la figura 100. Está compuesto por un tornillo sinfín, mostrado en la figura 101, un soporte para el sensor, mostrado en la figura 102, dos toques extremos acoplados a una de las plataformas de corte, mostrado en la figura 103 y una manivela para realizar el desplazamiento del soporte del sensor a lo largo del tornillo sinfín, mostrado en la figura 104. Se adjunta el anexo 23, 24, 25 y 26 para mayor detalle.

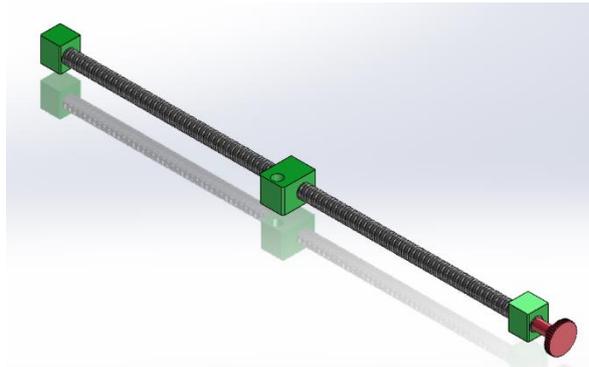


Figura 100: Elemento de posicionamiento para el sensor fotoeléctrico

Fuente: Propia

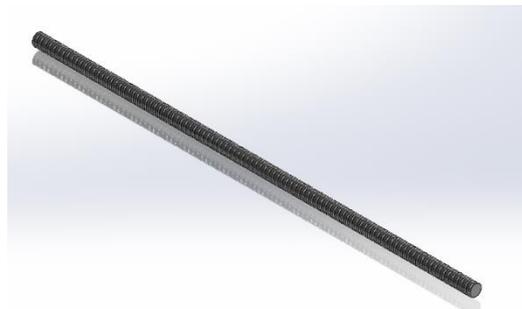


Figura 101: Elemento de posicionamiento – tornillo sinfín

Fuente: Propia

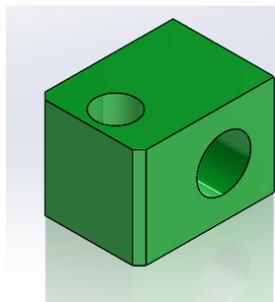


Figura 102: Elemento de posicionamiento – soporte de sensor

Fuente: Propia

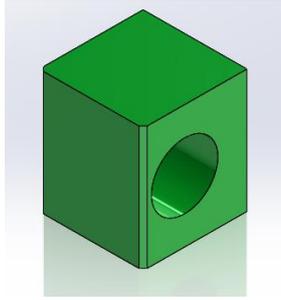


Figura 103: Elemento de posicionamiento – tope extremo

Fuente: Propia

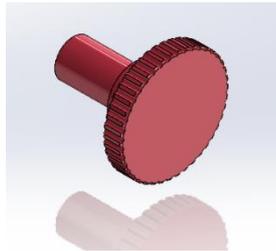


Figura 104: Elemento de posicionamiento – manivela

Fuente: Propia

- En la figura 105 se muestra la estructura mecánica ensamblada con todos los elementos descritos líneas arriba.

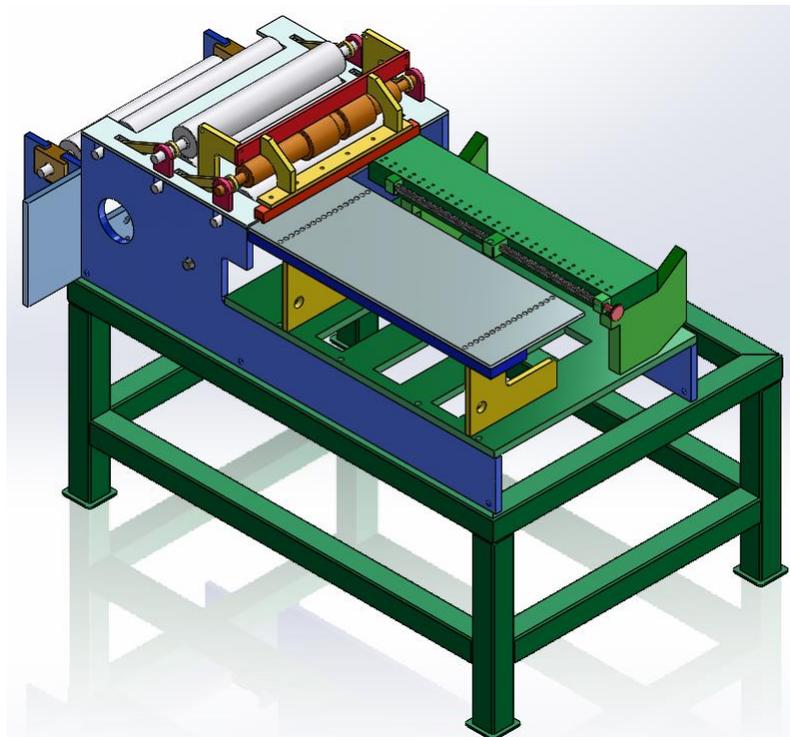


Figura 105: Estructura mecánica ensamblada

Fuente: Propia

- Para el posicionamiento de los ejes de los rodillos en los soportes laterales y soportes de apoyo móviles fue necesario el empleo de rodamientos para disminuir la fricción y evitar un desgaste prematuro de los componentes mecánicos y que el motor tenga un mayor consumo energético. Se acopló un total de 14 unidades, dos para cada rodillo. Estos fueron seleccionados de acuerdo a su diámetro interior que debe coincidir con el diámetro del eje de los cilindros. Se muestra en la figura 106.



Figura 106: Rodamiento para eje de cilindros

Fuente: Propia

- En las figuras 107, 108 y 109 se muestran la estructura mecánica acoplada y en su lugar de trabajo en la planta de Baterías Volta.



Figura 107: Estructura mecánica en planta - vista 1

Fuente: Propia



Figura 108: Estructura mecánica en planta – vista 2

Fuente: Propia

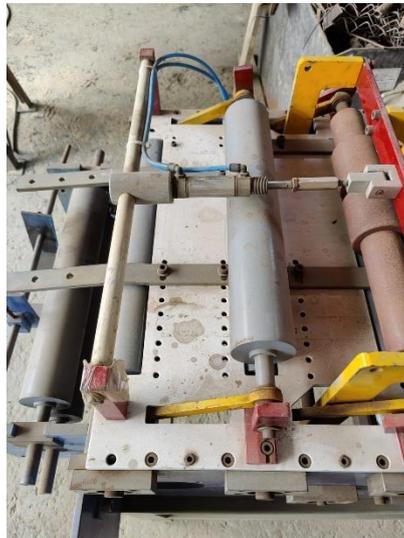


Figura 109: Estructura mecánica en planta – vista 3

Fuente: Propia

- EL seccionamiento del material separador se da por un movimiento lineal de un cilindro que tiene una cuchilla industrial acoplada a uno de sus extremos, esta cuchilla pasa por el soporte larguero 3 del elemento de sujeción, mostrado en la figura 91, que tiene un canal por el cual dicha cuchilla se desliza sin ningún inconveniente para realizar el corte. La composición química de esta cuchilla es a base de óxido de zirconio, cuya principal característica es ser un compuesto inerte, y por ser cerámico, nunca se oxidan. La selección del material fue en base a la resistencia al desgaste que tienen a lo largo de su vida útil y porque poseen características no magnéticas que puedan alterar los sensores de posicionamiento ubicados en el cilindro de corte, adicional a ello son antiestáticas, no son conductoras de electricidad, no provocan chispas, no son porosas ni reactivas y no necesitan lubricación. En la figura 110 se muestra su forma física. se adjunta el anexo 27 para mayor detalle



Figura 110: Cuchillas para el corte del material separador

Fuente: Slice, 2020

- El motor está posicionado sobre uno de los soportes laterales de la estructura mecánica, este cuenta con un reductor acoplado de forma directa, como se muestra en la figura 111. El traslado del separador requiere una velocidad y una fuerza realizada por el motor, para ello, este genera una velocidad en rpm y un torque en Newton-metro nominales para realizar dichas funciones. Razón por la cual muchas veces se requiere un sistema de transmisión compuesto por diferentes piezas mecánicas para poder cambiar los parámetros nominales del motor según lo requerido.



Figura 111: Acoplamiento de Motor y reductor

Fuente: Propia

El motor utiliza una caja reductora de engranajes y su característica principal es que logran adaptar su velocidad para entregar el par que se necesita. Para ello se considera lo siguiente:

- Tipo de trabajo: carga variable, debido a que el rollo va quedando con menos material cada vez que se van realizando los cortes.
 - Frecuencia de arranque: 600 arranques por hora
 - Funcionamiento máximo por día: 8 horas diarias.
 - Velocidad del motor: 1620 RPM
- Para la selección de las cadenas se ha utilizado la siguiente información sobre los factores de servicios para transmisiones por cadenas de rodillos y comparado con el requerimiento para el diseño, según menciona tiene 3 clasificaciones:
 - Clase A: Motores de combustión interna para acoplamiento hidráulico
 - Clase B: Motores eléctricos y turbinas.
 - Clase C: Motores de combustión interna con acoplamiento mecánico.

El motor trifásico utilizado pertenece a la Clase B, a la sección de transportadores con carga alimentada y variable por lo que se selecciona el factor 1.3, según la tabla 18.

Tabla 18

Factores de servicios para transmisiones por cadenas de rodillos.

FACTORES DE SERVICIOS PARA TRANSMISIONES POR CADENAS DE RODILLOS			
MÁQUINAS MOVIDAS TRANSPORTADORAS	CLASES		
	A	B	C
ALIMENTADOS O CARGADOS UNIFORMEMENTE	1,0	1,0	1,2
NO ALIMENTADOS O CARGADOS UNIFORMEMENTE	1,2	1,3	1,4

Fuente: Alva, 2008.

Procedimiento para el cálculo:

- Para la relación de transmisión se divide las revoluciones por minuto del eje más rápido con las revoluciones por minuto del otro eje.
- Se asume un numero de dientes del piñón generalmente entre 17 y 25.
- De acuerdo al factor seleccionado es que se determina la potencia nominal equivalente.
- Para la selección de la cadena se utiliza la información de la tabla 19.

Tabla 19

Especificaciones para las cadenas de rodillos ANSI

ESPECIFICACIONES PARA LAS CADENAS DE RODILLOS ANSI						
ANSI N°	PASO Pulg	CARGA DE ROTURA Lbs.	PESO EN PROMEDIO lbs/pie	VELOCIDAD MÁXIMA, PIES/MIN		
				TIPOS DE LUBRICACIÓN		
				MANUAL	GOTEO	SALPICADURA
25	0.25	875	0.09	500	2500	3500
35	0.375	2100	0.21	370	1700	2800
40	0.5	3700	0.42	300	1300	2300
50	0.625	6100	0.68	250	1000	2000
60	0.75	8500	1	220	850	1800
80	1	14500	1.73	170	650	1500
100	1.25	24000	2.5	150	520	1300
120	1.5	34000	3.69	130	430	1200
140	1.75	46000	5	115	370	1100
160	2	58000	6.5	100	330	1000
180	2.25	76000	9.06	95	300	950
200	2.5	95000	10.65	85	260	900

Fuente: Alva, 2008

Se sabe que:

La relación de número de vueltas de la salida del motorreductor es de 1 a 19, es decir que por cada 19 vueltas que da el eje del motor, se tiene 1 vuelta en la salida. Entonces se realiza el siguiente calculo usando la fórmula 9:

$$G = \frac{V}{R} \dots\dots\dots (9)$$

Donde:

G: número de vueltas del motorreductor al eje de los piñones

V: velocidad del motor en rpm

R: valor constante de relación de número de vueltas

Reemplazando los datos conocidos se tiene,

$$G = 1620/19$$

$$G = 85.26 \text{ RPM}$$

Dado que en la Tabla 19, se muestra la selección de acuerdo a la velocidad máxima en pies/min, se convierte el valor de G, dado en rpm, a su equivalente en esa unidad, para ello se aplica la fórmula 10:

$$Vc = Vg * \pi * d \dots\dots\dots (10)$$

Donde:

Vc: velocidad en pies por minuto

Vg: Velocidad en rpm

d: diámetro del piñón conectado al motorreductor

Haciendo la medición de la longitud del piñón, se tiene que es de 5 centímetros, adicional a ello se sabe que, 1 pie es igual a 30.48 centímetros, de donde se obtiene que, por relación de tres simple, para el valor de 5 centímetros corresponde 0.164 pies. Reemplazando en la fórmula 10 se tiene,

$$V_c = 85.26 * 3.14 * 0.164$$

$$V_c = 43.90 \text{ pies/min}$$

Siendo el tipo de lubricación designado de forma manual y de acuerdo al cálculo anterior de 43.90 pies/min, se selecciona ANSI N° 200. En la figura 112, se muestra la cadena seleccionada.

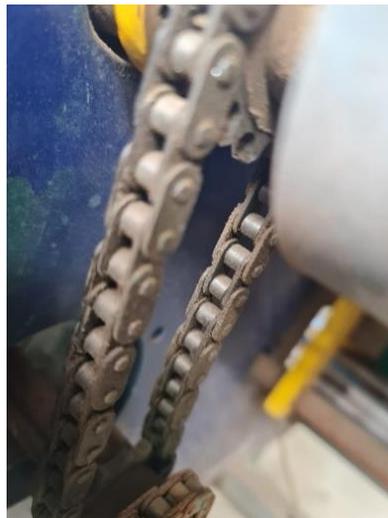


Figura 112: Cadena seleccionada para el sistema mecánico

Fuente: Propia

3.4 Diseño del sistema eléctrico

Para el diseño del sistema eléctrico y selección de sus distintos componentes se realizaron los cálculos necesarios con el fin de que estén correctamente dimensionados y que tengan sus parámetros de funcionamiento dentro de lo que se requiere para llevar a cabo el trabajo de corte del material separador sin inconvenientes.

- Los rodillos y el sistema de transmisión de movimiento conformado por las cadenas, engranajes y el reductor son accionados por un motor eléctrico trifásico de jaula de ardilla, la potencia seleccionada fue de 0.3 HP o 0.22 KW la cual está correctamente dimensionada para romper la inercia de todos los elementos móviles de la estructura mecánica. Por el tipo de trabajo intermitente que tiene el motor seleccionado y por sus características fijas de consumo de corriente, se optó por un tipo de arranque directo. En la figura 113 se muestra la configuración de arranque del motor.

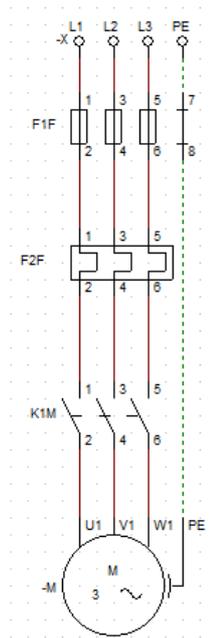


Figura 113: Arranque directo de motor trifásico

Fuente: Propia

Al saber que la potencia de eje del motor es de 0.3 HP y que la frecuencia de trabajo es de 60 ciclos por segundo, se tiene que la velocidad sincrónica del giro que este tiene es:

$$n_2 = \frac{60 * f}{p} \dots\dots\dots (11)$$

En donde:

n₂: velocidad de sincronismo del motor

f: frecuencia del sistema

p: número de par de polos

Se tiene como dato el número de polos del motor, los cuales son 4, por ende, se tiene 2 pares, reemplazando en la fórmula 11:

$$n_2 = 60 \cdot 60 / 2$$

$$n_2 = 1800 \text{ RPM}$$

Se sabe que a una frecuencia de 60 Hz la velocidad del motor es de 1620 RPM, por lo tanto, se conoce que la eficiencia del motor es:

$$n = 1800 / 1620$$

$$n = 0.9$$

se concluye que la eficiencia del motor es del 90%. Podemos calcular la corriente de la línea asumiendo que trabaje a plena carga con los 0.3 HP en el eje tendríamos una potencia de 223.71 Vatios en el eje y si lo dividimos entre el rendimiento, obtenemos 248.56 Vatios, con la siguiente fórmula:

$$P = \sqrt{3} \cdot V_l \cdot I_l \cdot \cos \phi \dots\dots\dots (12)$$

Donde:

P: Potencia

V_l: Voltaje de la línea

I_l: Corriente de línea

Cosφ: Factor de potencia

$$248.56 = 1.732 \cdot 220 \cdot I \cdot 0.68$$

$$248.56 = I \cdot 259.1$$

$$I = 0.96 \text{ A}$$

Se obtuvo la corriente de Línea, para determinar la corriente de fase, que es la de consumo real tendremos que dividir entre la raíz cuadrada de 3:

$$I_f = I / 1.7371$$

$$I_f = 0.96 / 1.723$$

$$I_f = 0.55 \text{ A}$$

Se toma en cuenta un factor de seguridad del 20%:

$$I_f = 0.55 * 120\%$$

$$I_f = 0.66 \text{ A}$$

En base a todo lo anterior, se calcula el par del motor considerando solo las pérdidas mecánicas, utilizando la fórmula 13:

$$T = \frac{P}{s * w} \dots\dots\dots (13)$$

Donde:

T: Par del motor

P: Potencia en el eje

w: Velocidad angular

s: Deslizamiento del motor.

Para hallar el deslizamiento del motor, se utiliza la fórmula 14:

$$s = \frac{ns - nr}{ns} \dots\dots\dots (14)$$

Donde:

s: Deslizamiento del motor

ns: velocidad del campo magnético del motor

nr: Velocidad en el eje

Reemplazando valores se tiene:

$$S = (1800 - 1620) / 1800 = 0.1$$

$$T = 223.71 / (0.1 * 2 * 3.1415 * 1620 / 60)$$

$$T = 223.71 / 16.96$$

$$T = 13.19 \text{ N*m}$$

De acuerdo a los cálculos realizados se seleccionan los siguientes componentes eléctricos:

- Para la determinación del contactor y relé térmico para la activación y protección del motor trifásico respectivamente, se seleccionó un contactor de 10 Amperes de tolerancia para el paso del circuito de fuerza, asimismo por motivos económicos se elige con un solo contacto normalmente abierto, el cual no se utilizará ya que no es necesario retroalimentar su bobina de activación ni realizar alguna etapa posterior con el cambio de este estado. El relé térmico es de 4 Amperes para que pueda cumplir su función en el caso de sobrecarga del motor. En la figura 114 y 115 se detallan.



Figura 114: Contactor 24 VDC para el motor

Fuente: Propia



Figura 115: Relé térmico de protección para el motor

Fuente: Propia

- El suministro eléctrico en la empresa Baterías Volta es de 220 VAC trifásico, los cuales ingresarán directamente al motor. Para la protección contra cortocircuitos se está utilizando un fusible, para la sobrecarga que pueda sufrir el motor, se considera un relé térmico y se pueda evitar sobrecalentamientos, un contactor para el control del encendido y apagado del motor, respectivamente, el cual será accionado mediante la programación realizada en el PLC. El fusible seleccionado para la operación de proteger contra cortocircuitos al sistema de control donde se encuentra el PLC será de dos amperes, como se muestra en la figura 116, esto debido a que las cargas existentes de los componentes electrónicos tales como los relés e indicadores luminosos son muy pequeños, en cuanto a los demás componentes se utilizará una fuente externa la cual llevará su propio fusible.



Figura 116: Fusible para el circuito de control

Fuente: Propia

- En cuanto a los Relés, se utilizarán de la marca Bosch y del tipo electromecánico, los cuales presentan 5 pines y para la activación de la bobina requieren 24 VDC, favorable para el voltaje de trabajo del PLC, estos presentan una tolerancia de 250 voltios para la parte de fuerza y permitirán realizar el control del contactor de mando para el motor trifásico y también para realizar la activación de las electroválvulas Y1, Y2 y Y3. Se detalla el arreglo de relés en la figura 117.



Figura 117: Relés de 24 VDC 5 pines

Fuente: Propia

- Se selecciona un transformador, mostrado en la figura 118, para realizar la reducción de voltaje, el trabajo es llevar los 220 a 24 VAC, tiene una potencia de 150 VA y trabaja con los 60 Hz de la red eléctrica. La nueva señal senoidal será enviada a un puente de diodos con un filtro RC para disminuir el voltaje de rizado. Este voltaje está destinado para la alimentación de los periféricos.

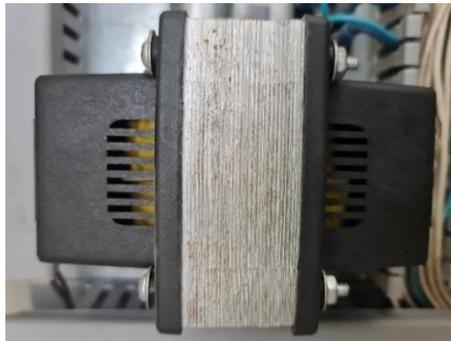


Figura 118: Transformador 220 VAC a 24 VAC

Fuente: Propia

- Para la selección del puente de diodos debemos entender que requeriremos uno para la tensión monofásica, estructurada con 4 diodos internos que convierten la señal de alterna en únicamente positiva y casi lineal. Para consolidar la rectificación se requiere que trabaje con un condensador y un diodo, generalmente Zener, que hacen el papel de estabilizadores de señal. Asimismo, que sea superior a nuestra tensión de trabajo y nos permita pequeños picos de corriente, por ello y estando en la planta se procede a reciclar el diodo KBPC3510:

- Tensión inversa pico máxima: 1000 Voltios.
- Tensión máxima de bloqueo de corriente continua: 1000 Voltios.
- Máximo Voltaje de RMS: 700 Voltios
- Corriente: 35 amperes

Este se encargará de realizar la rectificación de la salida del transformador y a través de un filtro RC se podría realizar la reducción del rizado del voltaje. Este voltaje servirá para alimentar los circuitos de control que requieren un consumo mayor de corriente. Se muestra la figura 119.



Figura 119: Puente de diodos KBPC3510

Fuente: Propia

- El control de la alimentación de la energía la realizará un termomagnético, mostrado en la figura 120. La parte térmica realiza su trabajo de protección ante alguna sobrecarga del sistema y la magnética frente a cortocircuitos generados. Es una primera protección entendiendo que se tiene un fusible en la etapa de control y de fuerza, como también un relé térmico para el motor a la salida del contacto K1M.



Figura 120: Interruptor termomagnético 20 A

Fuente: Propia

- Para integrar todos los dispositivos descritos líneas arriba se realizó un esquema del sistema eléctrico, se detallan en las figuras 121 y 122.

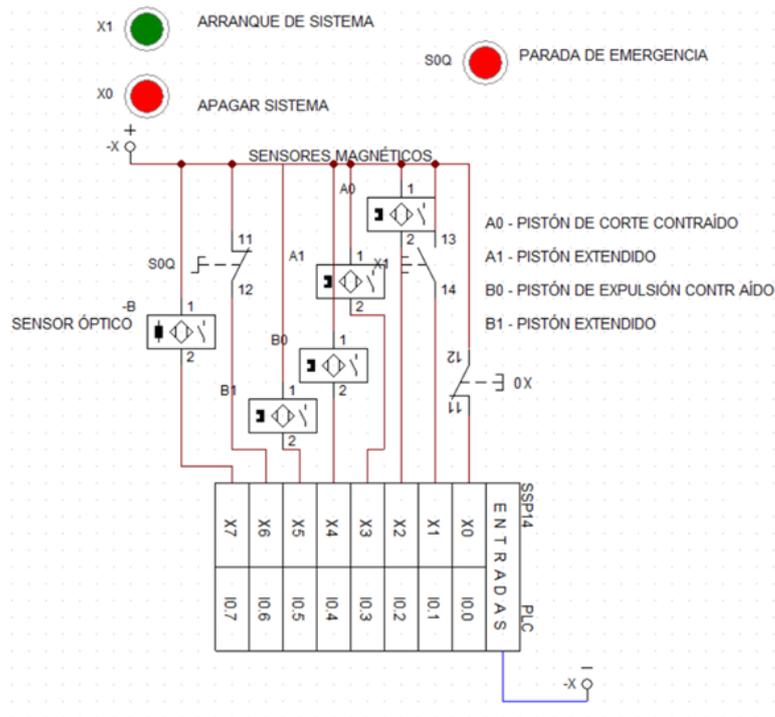


Figura 121: Esquema eléctrico – dispositivos de entrada

Fuente: Propia

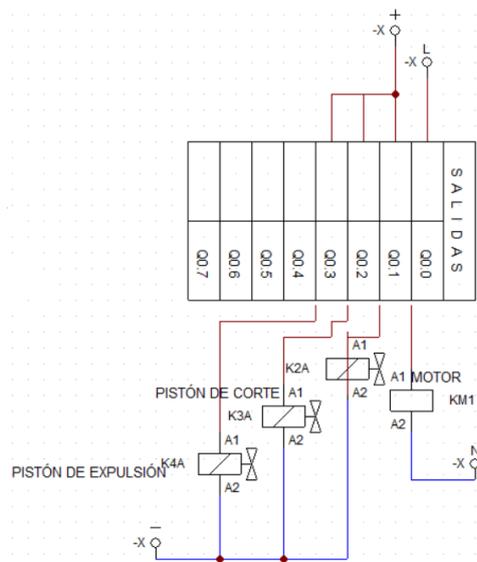


Figura 122: Esquema eléctrico – dispositivos de salida

Fuente: Propia

3.5 Selección de componentes neumáticos

- El voltaje para activar las electroválvulas es de 24 VDC y tiene un consumo de 4 Watts, por ende, se puede determinar el consumo de corriente utilizando la fórmula 15:

$$P = V * I \dots\dots\dots (15)$$

Donde:

P=Potencia

V= Voltaje

I= intensidad

Reemplazando los valores se tiene:

$$4 = 24 * I$$

$$I = 0.17 \text{ A}$$

Para el sistema neumático se utilizó un total de 3 electroválvulas, como se muestra en la figura 123.



Figura 123: Dispositivo de mando de la electroválvula

Fuente: Propia

Para realizar cambios electromecánicos, los cuerpos de las electroválvulas, mostrado en la figura 124, se distribuyen conjuntamente para su identificación, maniobra y alimentación de aire comprimido.

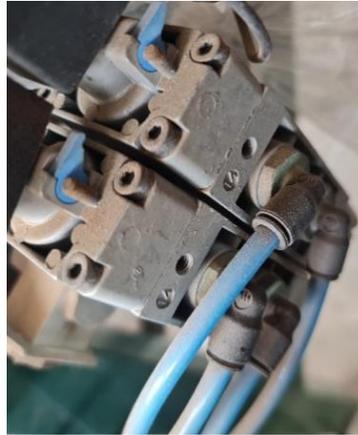


Figura 124: Cuerpo de la electroválvula.

Fuente: Propia

El sistema electromecánico de la válvula consiste en una distribución 5/2, ya que tiene 5 vías y dos estados diferentes, Para este caso, se tiene una activación manual y eléctrica (pulsos eléctricos), cuando la corriente circula por la solenoide la posición de la válvula podrá ser controlada. La desactivación está gobernada por un retorno por muelle, por eso se le conoce como válvula monostable. Tiene una resistencia máxima de 10 bares y un rango de temperatura de trabajo de menos 5 a 50 grados celsius. Se detalla en la imagen 125.



Figura 125: Electroválvula 5/2

Fuente: Propia

- El pistón de sujeción es de doble efecto ya que es bidireccional, es decir que compensa la presión en ambos lados (expansión y retracción), el pistón seleccionado presenta una carrera corta de aproximadamente 8 centímetros. Se determina como doble efecto debido a que el pistón tiene que movilizar el elemento de sujeción de la estructura mecánica, en la expansión para realizar la presión del material y en el retorno para liberar y que continúe con el corte automatizado. En la figura 126 se detalla.



Figura 126: Pistón de sujeción de doble efecto

Fuente: Propia

- Se utilizan sensores magnéticos, mostrado en figura 127, para monitorizar la posición del pistón del cilindro, debido a su compatibilidad con un gran número de actuadores neumáticos lineales y su fácil ubicación, se utiliza un sensor de dos hilos normalmente abierto para la detección del pistón (extendido o retraído) el cual realiza una conmutación electrónica ante la presencia de un campo magnético (el pistón lleva un imán) y realiza el envío de una señal a la entrada del PLC (24 VDC). Tiene una capacidad de trabajo de 30 voltios y una corriente de 0.1 Amperes.



Figura 127: Sensor magnético de posición de 2 hilos - Micro

Fuente: Propia

- El segundo sensor, mostrado en la figura 128, de posición magnético utilizado para la detección de la ubicación de los pistones es de la marca Bosch, la cual tiene una tolerancia de voltaje en continua de hasta 60 voltios y en alterna hasta de 240. El principio de funcionamiento de este sensor es el mismo del sensor detallado líneas arriba.



Figura 128: Sensor magnético de posición de 2 hilos

Fuente: Propia

- La unidad de mantenimiento del equipo hace que el aire comprimido pase a través de una placa deflactora para el filtro. Debido a que en este, circulan partículas más pesadas como suciedad y gotas de agua, lo que hace es expulsarlas hacia las paredes internas del vaso mediante la aplicación de la fuerza centrífuga, para que finalmente descendan y sean retiradas manualmente. Este proceso se conoce como pre filtrado, va combinado con un regulador de presión. Se detalla en la figura 129.



Figura 129: Unidad de mantenimiento

Fuente: Propia

3.6 Selección del sistema electrónico

- En la figura 130 a) se muestra el sensor de proximidad fotoeléctrico utilizado para la detección del separador, tanto el emisor como el receptor se encuentra en la misma carcasa ya que es de tipo reflectivo. En la figura 130 b) se muestra donde se va a enroscar el sensor, este a su vez estará trabajando en conjunto con un tornillo sin fin, esta solución mecánica se presenta para el correcto dimensionamiento de la longitud que requiere el separador y se pueda ser cortado. Este ajuste lo realizará el operador de forma manual de acuerdo a las medidas requeridas según la norma DIN o BS.

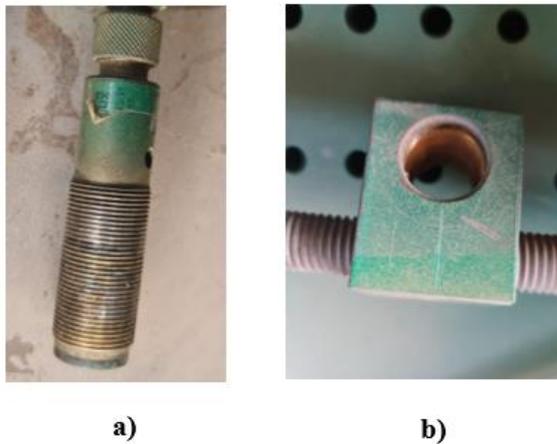


Figura 130: Sensor fotoeléctrico

Fuente: Propia

En la figura 131 a) y b) se muestra al sensor ya ubicado en las vistas frontal y de planta respectivamente, ubicado en la estructura metálica de soporte y tendrá un grado de libertad en el eje de las abscisas. Su punto de referencia inicia a la altura del término del pistón de sujeción, lugar del cual se tomará como referencia para la medida requerida según las normas ya mencionadas. El cable está dimensionado y ubicado de forma adecuada para que el sensor pueda realizar todo el recorrido sin inconvenientes.

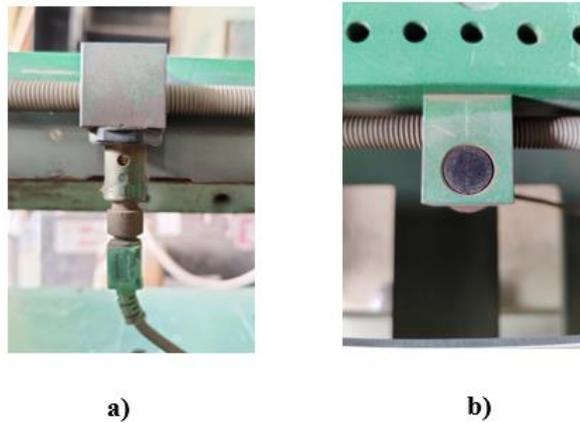


Figura 131: Sensor fotoeléctrico ubicado en el sistema mecánico

Fuente: Propia

- Para el suministro de energía hacia el PLC se cuenta con una fuente de alimentación integrada de la marca Schneider, como muestra la figura 132, la cual presenta una potencia nominal de 30W, una tolerancia al coltaje de entrada de entre 100 a 240 VAC y para la salida es ajustable entre los rangos de 22,2 a 28,8 VDC. Asimismo, su corriente alterna de entrada es de 20 Amperes máximo y la salida en corriente continua es de 1.2 Amperes. En el anexo 28 se detallan sus características técnicas.



Figura 132: Fuente de alimentación 24 VDC

Fuente: Propia

- En la figura 133 se muestra el modelo del PLC de la marca Delta, el cual está compuesta por 8 entradas digitales y 6 salidas digitales, los cuales son suficiente para el funcionamiento del sistema de trabajo automatizado. Su alimentación se realiza a través de 24 Voltios en continua y a 3.5 vatios, Este módulo tiene una salida de 0.3 amperes y hasta de 30 voltios continuos. Tiene una salida para comunicación por RS 485 con otros módulos PLC, y para su comunicación con la laptop para cargar y descargar programas lo realiza a través del RS232, este mismo protocolo es utilizado para la comunicación con el HMI, además se pueden adicionar entradas y salidas tanto analógicas como digitales, esto se logra añadiendo más módulos. En el anexo 29 se detallan sus características técnicas.



Figura 133: PLC Delta DVP-14SS

Fuente: Propia

- En la imagen 134 se muestra el HMI de la marca Delta Modelo TP04G-AS1, el cual tiene como teclas auxiliares: 7 de sistema y 10 de función (F0-F9), la pantalla proyecta una imagen monocromática en un tamaño de 72 mm de ancho por 40 mm de alto y trabaja con un voltaje de 24 en continua, con una tolerancia de -10 a +20%. Asimismo, posee tres indicadores led, rojo para alarmas; amarillo que destaca la comunicación RS232, esta es una transmisión- recepción bit a bit de un byte completo de datos en forma serial, y el verde que indica que la comunicación RS485 está activa, la cual se define como un sistema de bus multipunto diferencia y es la más adaptada para las transmisiones de datos a altas velocidades y hasta de 12 metros. Además también reduce ruidos. EL HMI viene incorporado con una batería auxiliar. En el anexo 30 se detallan sus características técnicas



Figura 134: HMI Delta TP04

Fuente: Propia

- Finalmente en la parte de control del sistema se instalan pulsadores normalmente abiertos color verde para gobernar la energización del sistema y un interruptor rojo para parada de emergencia. Se detalla en la figura 135.



Figura 135: Pulsadores de arranque y parada

Fuente: Propia

3.7 Desarrollo del software

Para el desarrollo de las instrucciones del PLC y HMI fue necesario un software propio de la marca, en este caso de Delta y es necesario instalar 3 programas ISPsoft, COMMGR y TPEditor para realizar las operaciones y el desarrollo de software se definen las siguientes variables expuestas en las tablas 20 y 21.

Tabla 20

VARIABLES DE ENTRADA

DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	OPERANDO
X0	PULSADOR NORMALMENTE CERRADO	APAGAR EL SISTEMA
X1	PULSADOR NORMALMENTE ABIERTO	INICIO DE LA OPERACIÓN
X2	SENSOR MAGNÉTICO	POSICIÓN RETRAÍDA - PISTÓN DE CORTE
X3	SENSOR MAGNÉTICO	POSICIÓN EXTENDIDA - PISTÓN DE CORTE
X4	SENSOR MAGNÉTICO	POSICIÓN RETRAÍDA - PISTÓN DE EXPULSIÓN
X5	SENSOR MAGNÉTICO	POSICIÓN EXPANDIDA - PISTÓN DE EXPULSIÓN
X6	PULSADOR NORMALMENTE CERRADO	PULSADOR DE EMERGENCIA
X7	SENSOR ÓPTICO	DETECCIÓN DE MATERIAL

Fuente: Propia

Tabla 19

VARIABLES DE SALIDA

VARIABLES DE SALIDA		
DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	OPERANDO
Y0	BOBINA DE CONTACTOR	ON/OFF DEL MOTOR TRIFÁSICO
Y1	ELECTROVÁLVULA 5/2	ACTIVAR PISTOS DE SUJECCIÓN
Y2	ELECTROVÁLVULA 5/2	ACTIVAR PISTOS DE CORTE
Y3	ELECTROVÁLVULA 5/2	ACTIVAR PISTOS DE EXPULSIÓN

Fuente: Propia

También se utilizarán indicadores internos del PLC para la designación de algunas funciones como temporizadores y bobinas memorias, estos valores se exponen en la tabla 22.

Tabla 22

MEMORIAS INTERNAS DEL PLC

MEMORIAS INTERNAS DEL PLC		
DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	OPERANDO
M0	MEMORIA INTERNA	ENCLAVAMIENTO DE ENERGÍA DEL SISTEMA
M1	MEMORIA INTERNA	MEMORIA PARA EL CONTADOR
M2	MEMORIA INTERNA	MEMORIA DE ACTIVACIÓN DE PISTÓN DE CORTE
M3	MEMORIA INTERNA	MEMORIA DE DESACTIVACIÓN DE PISTÓN DE CORTE
M4	MEMORIA INTERNA	MEMORIA DE ACTIVACIÓN DE PISTÓN DE EXPULSIÓN
M5	MEMORIA INTERNA	MEMORIA DE DESACTIVACIÓN DE PISTÓN DE EXPULSIÓN

Fuente: Propia

El desarrollo del software para el PLC DVP-14SS realizó con el programa ISPSOft y COMMGR teniendo las siguientes consideraciones.

- En esta primera etapa de la programación se va a realizar el enclavamiento del sistema, utilizando la memoria interna del programa denominada M0, la cual tiene la función de “energizar” todas las líneas del programa con la finalidad de tener el control en todas las redes del programa tanto como para activar o desactivarlas. Asimismo, el pulsador de inicio o de activación de la secuencia X1 energizará la bobina de la memoria M0, la cual también se podrá activar desde la pantalla del HMI a través de la M100 (tecla F0 en el TP04), panel en el cual el usuario también programará el número de cortes a realizarse durante su funcionamiento, cuando se haya alcanzado el valor de cortes, el contacto normalmente cerrado C0, se abrirá desactivando así toda la secuencia programada. El operador puede detener la producción, desde el panel, con la M200 asociada a la tecla F1.

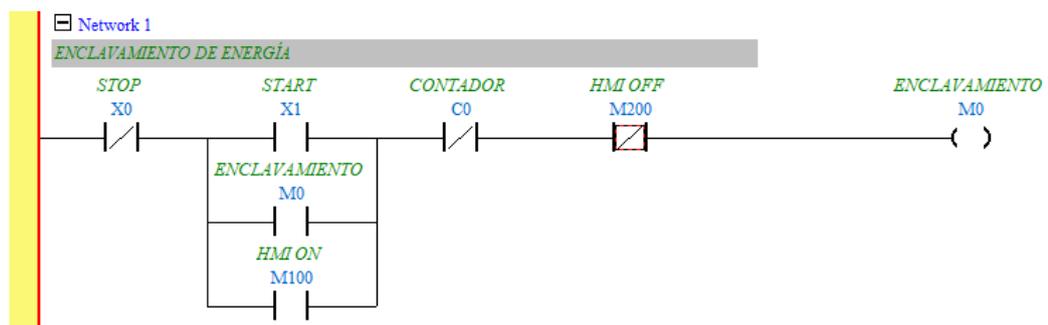


Figura 136: Enclavamiento de energía - Red 1

Fuente: Propia

- En la red 2, mostrada es la figura 137, se realizará la activación del motor, ya que este realizará la extracción de material desde la estructura que contiene el rollo. Para esto es requerido comprender quiénes son los elementos que determinan su detenimiento y funcionamiento. En primer lugar, está el sensor óptico, el cual define la longitud del separador, una vez activado, este debe detener el motor para que inicie la secuencia de los pistones. Asimismo, el sensor magnético de posición del cilindro de expulsión del material es quien determina su reactivación, ya que este no puede volver a funcionar hasta que el pistón de expulsión haya sido completamente retraído. Por ser un actuador mecánico se requiere desactivar por un pulsador de emergencia

frente a situaciones que pueden generar incidentes o accidentes, en caso ocurran incidentes o accidentes.

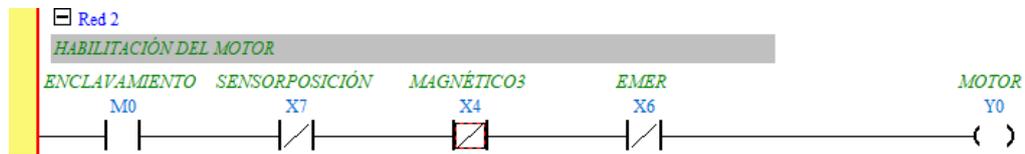


Figura 137: Habilidad del motor - Red 2

Fuente: Propia

- En la red 3, mostrada en la figura 138, se establecen las condiciones para el energizado la electroválvula del pistón de sujeción, el sensor de posición se activará solo si hay presencia de material, al mismo tiempo que esto sucede el motor quedará des energizado dejando el contacto en la posición inicial normalmente cerrado (representado por Y0), mientras que el sensor magnético 3 que es el de posición del pistón de expulsión del material estará activada. El que se encargará de des energizar la electroválvula serán las memorias paso2, paso3 y paso4, las cuales proviene de la secuencia de los pistones y retornará en conjunto con el pistón de corte.

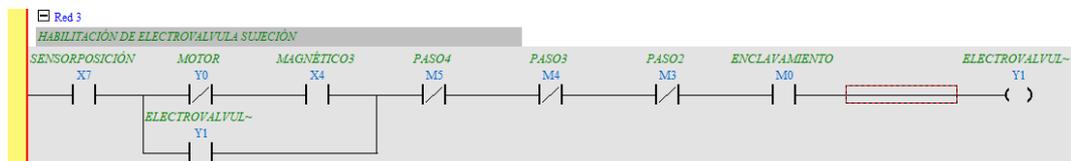


Figura 138: Habilidad de electroválvula de sujeción - Red 3

Fuente: Propia

- En la red 4, mostrada en la figura 139, se realiza un retardo a la conexión de 3 segundos y la activación de este temporizador la realiza el contacto asociado a la electroválvula Y1, terminado el conteo de la memoria T0, usaremos la señal para la activación de la siguiente red. Asimismo, quien se encarga de resetear este temporizador es el paso4. Este temporizado se está realizando con la finalidad que el pistón realice su desplazamiento completo y luego pueda realizar la ejecución de los demás paso sin problemas.



Figura 139: Timer para inicio del pistón de sujeción - Red 4

Fuente: Propia

- En la Red 5, mostrada en la figura 140, se inicia el proceso de corte y expulsión del material con memorias de paso1 al paso4. Durante este proceso se considera la activación del temporizador T0 y la posición del cilindro1 (Magnético1) para dar inicio a la siguiente instrucción. Los contactos normalmente cerrados de PASO2 y PASO3 nos deshabilitarán la activación de la bobina paso1, la cual energiza la electroválvula Y2 (Pistón de corte).

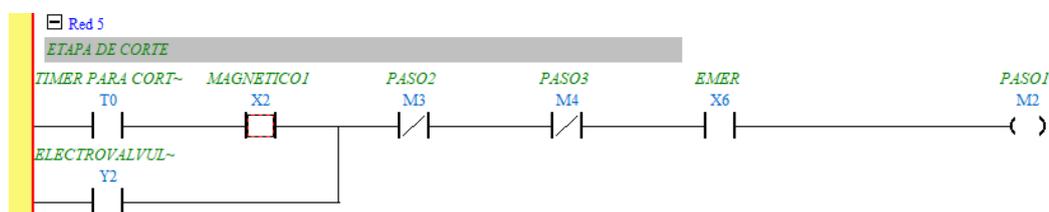


Figura 140: Etapa de corte - Red 5

Fuente: Propia

- En la Red 6, mostrada en la figura 141, el PASO2 se utiliza para poder resetear el PASO1 y por consecuencia poder desactivar la electroválvula. Se activa dependientemente de la Red 5 y también de la posición del pistón de expulsión (Magnético2). Su estado de energización depende completamente de la siguiente Red 7, que es el PASO3 y como seguridad del pulsador de emergencia.

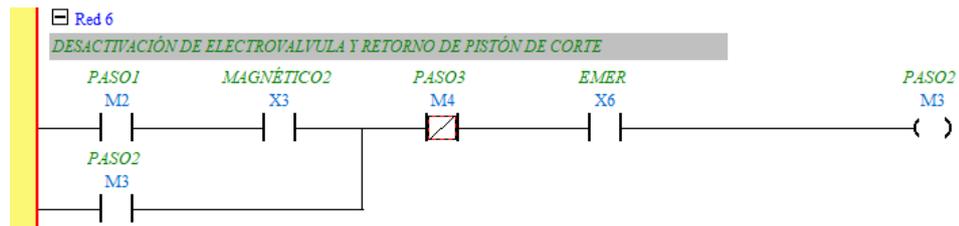


Figura 141: Desactivación de electroválvula de corte - Red 6

Fuente: Propia

- En la Red 7, mostrada en la figura 142, la activación de la bobina M4 denominada como PASO3 permitirá habilitar la electroválvula del pistón de expulsión. Para ellos es requerido entender que el pistón de corte ya ha sido retraído (Magnético1) y que el PASO2 ya ha sido ejecutado. Asimismo, la deshabilitación de esta bobina viene siendo controlada por la M5 (bobina de memoria del siguiente paso).

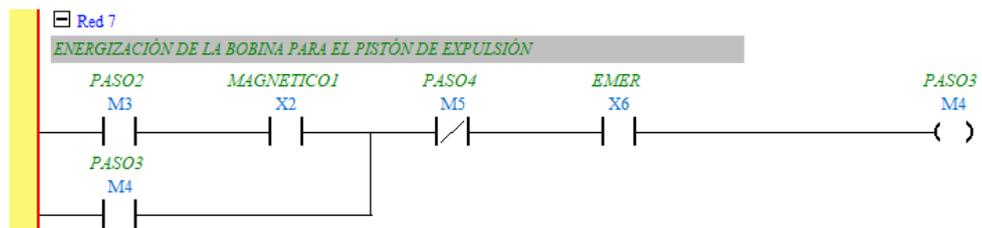


Figura 142: Desactivación de electroválvula de expulsión - Red 7

Fuente: Propia

- En la Red 8, mostrada en la figura 143, se realiza la desactivación de la electroválvula del pistón de expulsión, para ello se requiere saber que él ha realizado su recorrido completamente, logrando así retirar el separador cortado, esto es determinado por su sensor de posición ubicado al final de su carrera (X5). Y como condición de reinicio vamos a tomar la reactivación del motor que hará circular el material. De esta forma el PASO4, quedará reseteado y habilitado para el próximo ciclo.

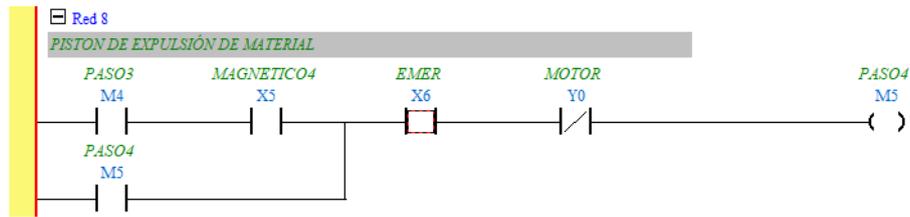


Figura 143: Pistón de expulsión de material – Red 8

Fuente: Propia

- En Red 9, mostrada en la figura 144, se activa la electroválvula del pistón de corte, el cual realiza la separación a medida del separador y luego retorna, dejándolo listo para su expulsión.

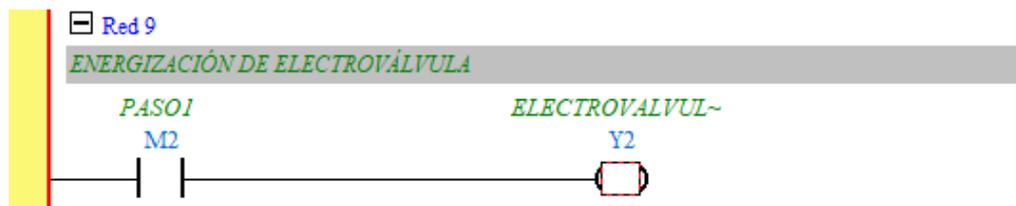


Figura 144: Energización de electroválvula de corte – Red 9

Fuente: Propia

- En la Red 10, mostrada en la figura 145, la M4 (bobina de memoria) se encarga de activar la electroválvula del pistón de expulsión, el cual se retira el separador ya cortado a la medida requerida de la plataforma y su retorno se da en el PASO4. Una vez que el pistón ha retornado, se reactiva el motor para que el ciclo pueda continuar. Asimismo, se debe entender que, al ya no haber material, el sensor de posición no envía señal a la entrada del PLC, este cambiará el estado de todos los contactos asociados a esta entrada. Sucedido esto, el programa vuelve a iniciar el ciclo si es que aún le faltan realizar cortes en referencia a lo programado.

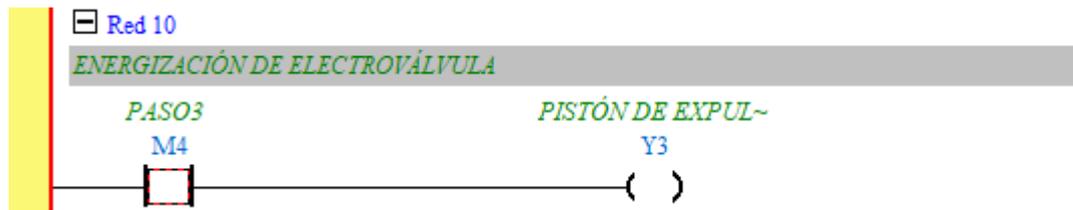


Figura 145: Energización de electroválvula de expulsión – Red 10

Fuente: Propia

- En la Red 11, mostrada en la figura 146, se tendrá el contador C0 el cual grabará de forma ascendente los cortes realizados y al alcanzar el valor configurado en el HMI deberá detener toda la secuencia. Su valor irá aumentando cada vez que la memoria interna M1 sea activada, es decir se haya producido un separador. Su valor será ingresado a través de una marca de palabra, es decir de 16 bits.

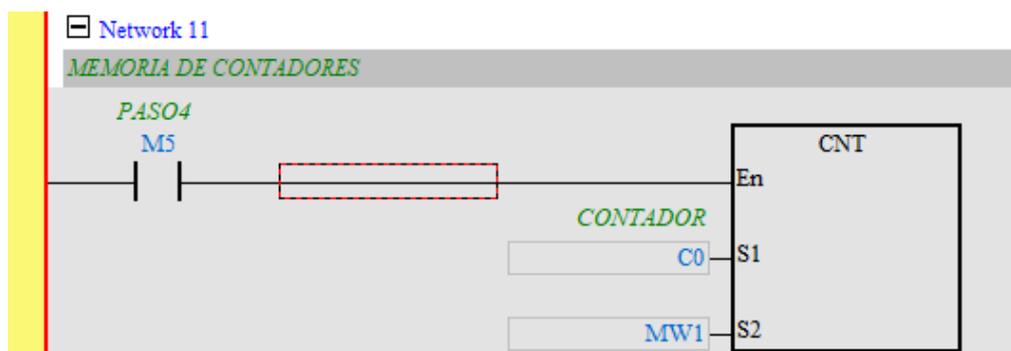


Figura 146: Memoria de Contadores – Red 11

Fuente: Propia

- En la Red 12, mostrada en la figura 147, se está realizando el movimiento de la variable D0, la cual será introducida por el panel HMI mediante un operador, hacia la marca Word 1. Esto debido a que en algunas ocasiones se ingresará un valor por encima de los 8 bits (255). El número cargado a la variable D0 será asignada en la programación del HMI y su valor será definido entre los valores 1 hasta 9999.

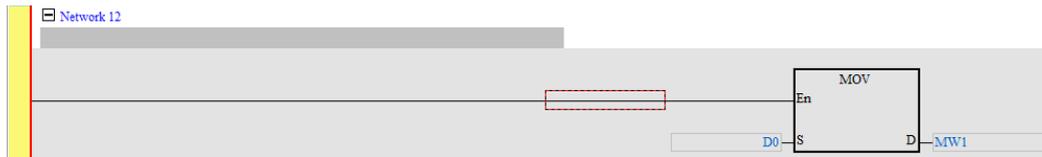


Figura 147: Carga del valor D0 a la marca Word 1 – Red 12

Fuente: Propia

El desarrollo del software para el HMI se realizó con el programa TPEditor teniendo las siguientes consideraciones:

Para realizar la programación de la interfaz a interactuar con el operario, se ha utilizado el programa TPEditor, en su configuración se podrá ingresar el valor del número de cortes, dar inicio a la operación, detener la secuencia del programa y visualizar el valor del contador. Para ello, se muestra a continuación cómo se ha realizado su programación y definido sus variables para su desempeño en el proceso. En la figura 148 se muestra la interfaz del programa para el desarrollo del software y su exhibición en el HMI TP04.

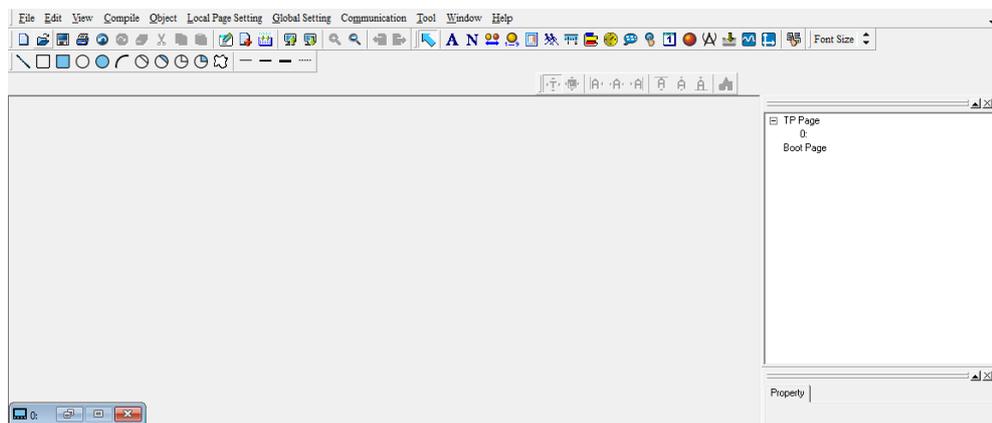


Figura 148: TPEditor - Pantalla principal

Fuente: Propia

A continuación, se muestran los procedimientos para las configuraciones realizadas en la interfaz:

- El primer componente se creará por medio de un ícono ubicado en la barra de menú de objetos, el cual tiene como imagen representativa una mano que presiona un círculo de color azul y tiene por nombre button, tal y como se muestra en la figura 149.



Figura 149: TPEditor – ícono Button

Fuente: Propia

- Al seleccionar el ícono button, luego ubicar el cursor en el área de trabajo del programa, se procede a hacer clic derecho sobre la pantalla y a arrastrar sin soltar hasta el tamaño deseado. Se utilizó la pantalla 1 para las ilustraciones, siendo la pantalla 0 la página principal del programa y en donde se han crearán todos los íconos y se les enlazarán, respectivamente a cada, a las variables que están definidas en la programación del PLC. En la figura 150 se detalla.

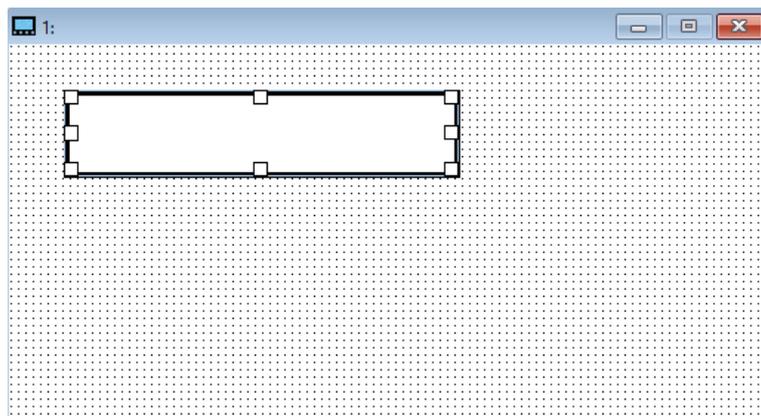


Figura 150: TPEditor – área de trabajo

Fuente: Propia

- Se procede a dar las asignaciones correspondientes a este primer button creado. Se hace doble clic sobre el recuadro y se desplegará una nueva ventana donde se podrá asignar los caracteres visibles y de asociación a su variable correspondiente. Ya en la ventana de configuraciones se declarará como un botón del tipo momentáneo, es decir que, cambiará de estado cuando se haga clic sobre él, esta característica será netamente binaria (0 y 1) y cambiará de estado a la memoria de enclavamiento M0. Asimismo, se le está asignando una tecla del HMI TP04, “F0” para su activación correspondiente, es decir que al realizar la presión en el botón “F0” del HMI este se debe activar (cambiar de estado). Se asigna un texto para su identificación: “FO - ENCENDER”. Todas las demás configuraciones son para la parte estética. Los detalles expuestos se muestran en la figura 151.

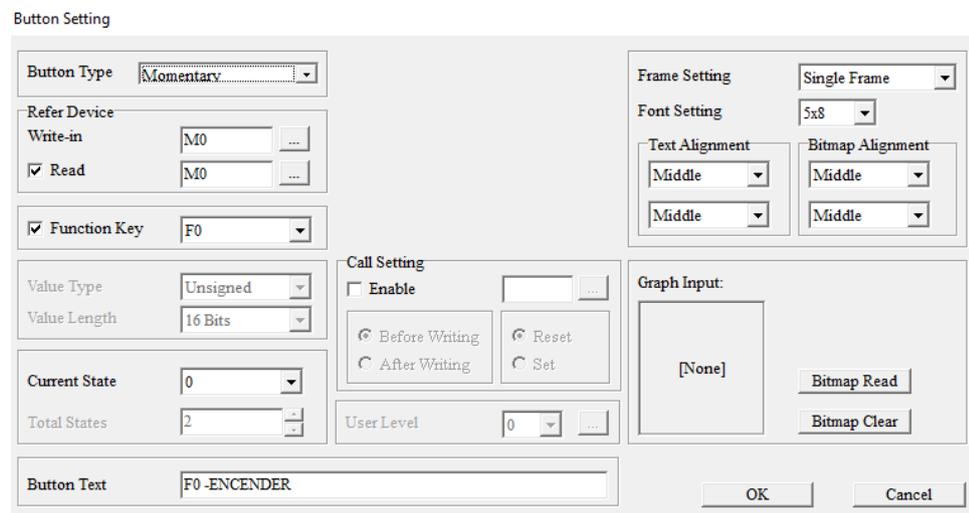


Figura 151: TPEditor – configuración de botón

Fuente: Propia

- Se continua el desarrollo del software con la creación de otro objeto, se muestra en la figura 152. Desde la barra de menú de objetos se inserta una entrada numérica para el ingreso del valor del número de cortes. Este valor se cargará y será comparado con el número de ciclos realizados, el cual inicia cuando se activa el motor y termina cuando el pistón de expulsión regresa a su posición inicial (un ciclo). A continuación, se muestra en la figura 153 su simbología en el área de trabajo.



Figura 152: TPEditor – ícono de entrada de datos

Fuente: Propia

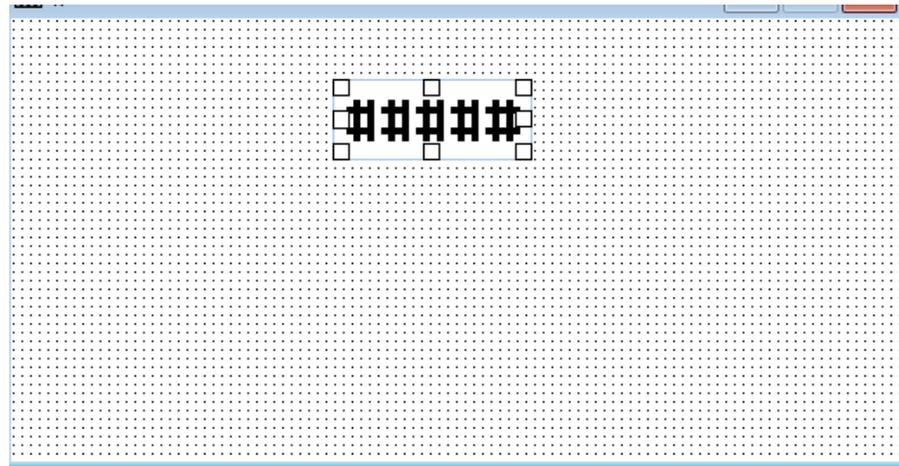


Figura 153: TPEditor – Elemento para entrada de datos numéricos

Fuente: Propia

- Una entrada numérica corresponde a un valor asignable, es decir, que se cargará un número hexadecimal a través del panel del HMI con los siguientes límites: mínimo 1 y máximo 9999. Esto con la finalidad de obtener cantidades variables de cortes durante cada activación. Se asignará una variable a cargar dentro del programa la cual es D0. Se usa la función MOV para cargar 16 bits a un solo valor, esto se realiza ya que si se emplea un solo byte se tendría solo 256 como valor de carga máximo. Por ello se utiliza dos bytes los cuales nos dan hasta 65535 valores para su ingreso. Definido el proceso, solo se podrá asignar el valor de 9999 como máximo por ciclo de trabajo. En la figura 154 se realiza la línea de programación para que el valor D0, el cual es ingresado por la interfaz HMI, sea cargada a la memoria Word1 de 16 bits, y esta se utilizará como comparación, cuando el contador iguale a ese valor, cambie de estado y se pueda dar por concluido el ciclo de trabajo.

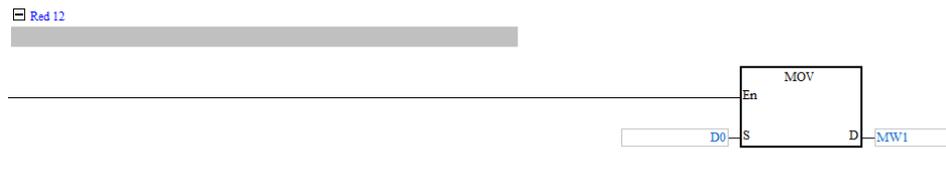


Figura 154: ISPSOft – Red 12 de programación de PLC

Fuente: Propia

- Una memoria retentiva es aquella que puede mantener el último valor guardado, así pierda el suministro de energía. Esto se utiliza en casos muy críticos donde el proceso requiera mantener información, de ser el caso se podría utilizar alguna de estas direcciones. Se detalla en la figura 155.

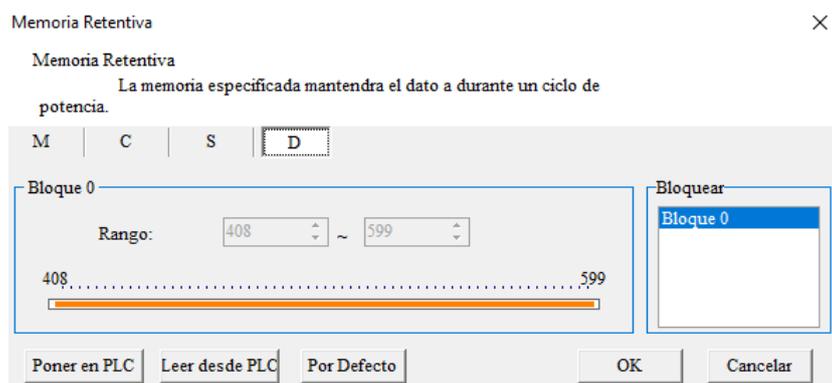


Figura 155: ISPSOft – Memoria retentiva.

Fuente: Propia

- En la figura 156 se muestra el cuadro de la configuración desplegada al hacer doble click sobre su ícono tal cual se ve su representación en la figura 121. Para ingresar el valor de D0, se utilizará la siguiente configuración, se asignará su activación a la tecla del HMI denominada “F2” para el ingreso a su valor, luego se está configurando el máximo valor de ingreso a 9999. Es decir, que una vez accedido a su parametrización se tendrá que desplazar entre los cuatro dígitos utilizando las teclas left y right del teclado de navegación del TP04 e introducir los números. Estos se encuentran correlativamente direccionados del 1 al 9 con las teclas del “F1” al “F9”.

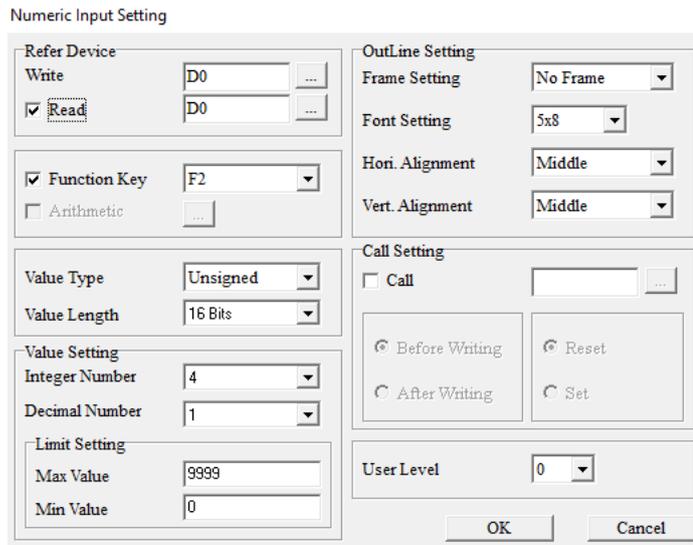


Figura 156: TPEditor – Configuración de entrada numérica

Fuente: Propia

- Finalmente, se adicionó, en el área de trabajo del programa, un indicador de una variable en específico, como se muestra en la figura 157, esta se encuentra en la barra de objetos con el nombre de Numeric/AC display, el cual mostrará el valor de la cuenta ascendente, lo que corresponde para el término de la producción. Con esto el operario puede monitorizar el avance que se presenta en el proceso.

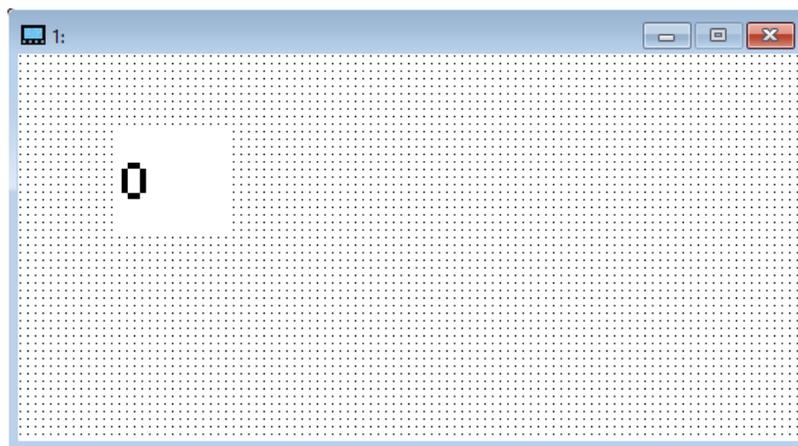


Figura 157: TPEditor – Elemento indicador de un parámetro del programa

Fuente: Propia

- En la figura 158 se muestra configuración a realizar en el indicador de valor, el cual hará el seguimiento del valor del contador y lo mostrará en la pantalla HMI, esto con la finalidad de tener una retroalimentación no asistida del proceso. De esta forma también el operador puede saber la evolución del proceso. Se le asigna el poder leer dos bytes (Word) y también mostrar como máximo solo 4 dígitos enteros conforme a la programación del valor que será ingresado en D0.

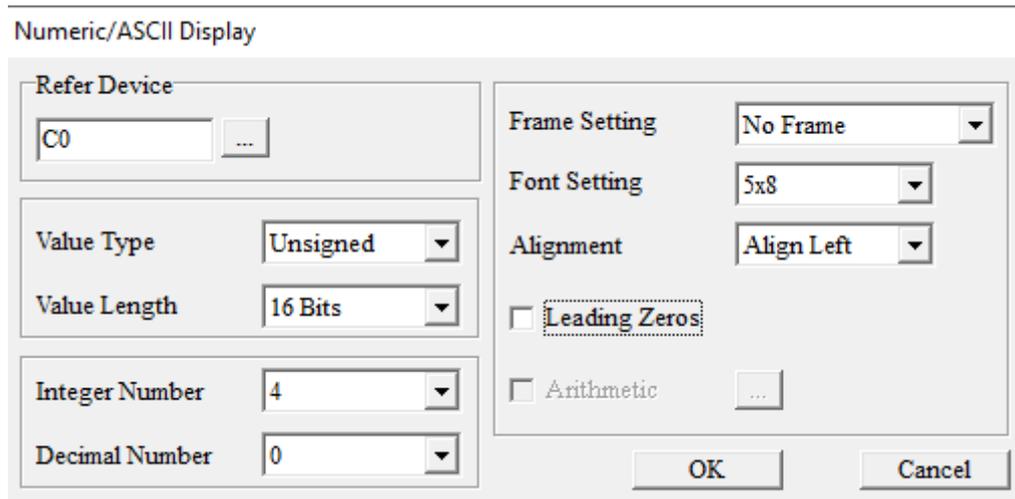


Figura 158: TPEditor – Configuración para lectura de valor

Fuente: Propia

- El software diseñado, muestra la interfaz en una hoja nueva (1) con la configuración del parámetro de introducción del valor para el contador en una hoja nueva que lleva por nombre 1. Para ello se utiliza la opción de Page Jump, del mismo objeto button y debe estar relacionada a uno de los botones del HMI, que es utilizada para ir a la siguiente página y poder introducir el valor para D0, tal y como se muestra en la figura 126. Una vez realizado esto, se debe volver a la página 0 que es del menú principal, para la monitorización de los parámetros a controlar. Se detalla en la figura 159.

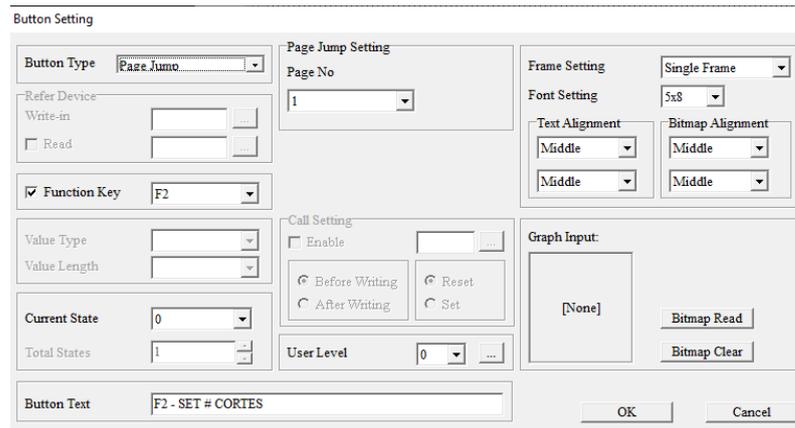


Figura 159: TPEditor – Salto de página del HMI

Fuente: Propia

- La página principal del HMI quedó como se muestra en la figura 160.

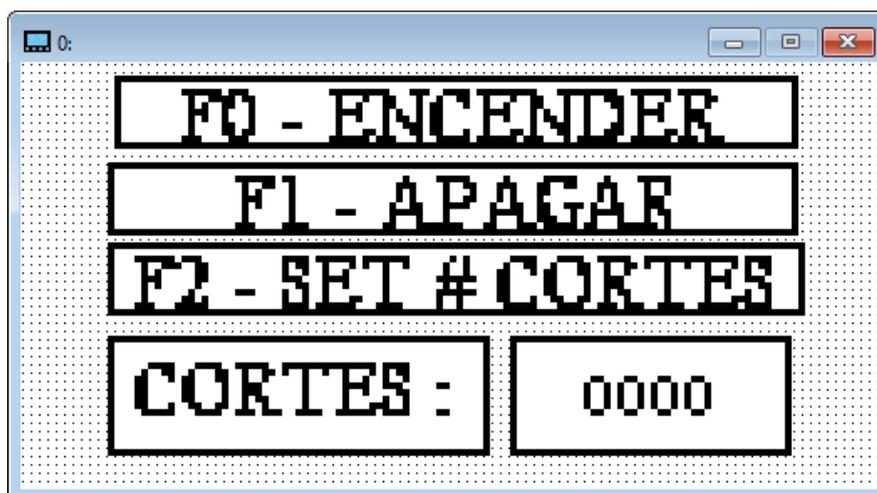


Figura 160: TPEditor – Página principal del HMI

Fuente: Propia

Donde:

- F0: Activación de la bobina de memoria cero (M0) del PLC (M100).
- F1: Desactivación de la bobina de memoria cero (M0) del PLC (M200).
- F2: Función de cambio de página. Enlaza a la página 1.
- Cortes: Texto indicador de la cantidad de cortes efectuados en el proceso.
- 0000: Display asociado a la variable C0 (contador de número de cortes).

La página 0 queda programada y establecida, se debe entender que, si en el HMI se presiona la tecla F0, se activará el contacto normalmente abierto M100 en el software y cambiará su estado, encendiendo así la bobina M0. Asimismo, si se presiona la tecla F1, la cual está asociada al contacto normalmente cerrado M200, este deberá cambiar su estado y desenergizar la bobina M0.

- En la figura 161, se muestra la página 1, la cual indica como se realizará el ingreso de la variable D0, a través del panel TP04. Se asocia con el botón F3 para el acceso a su edición (ya explicadas líneas arriba). Para el retorno a la página 0 se asocia el pulsado de la tecla F4.

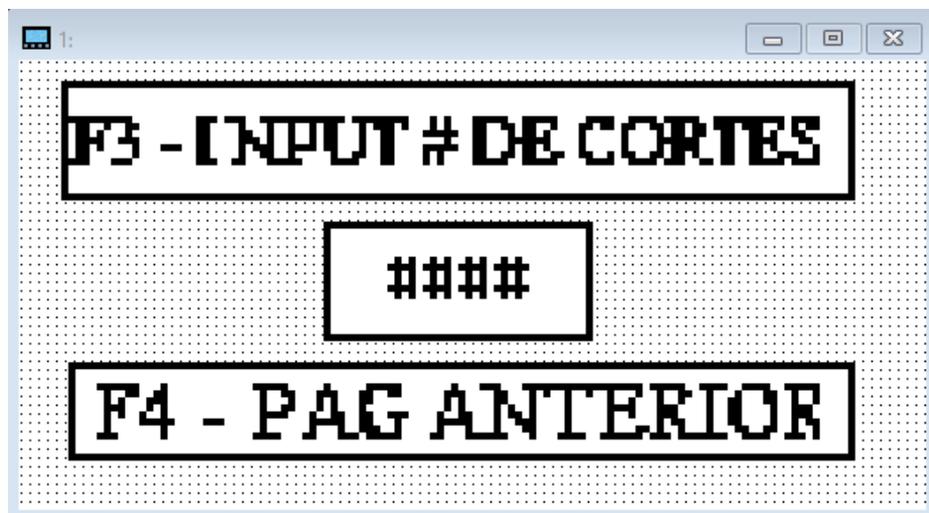


Figura 161: TPEDITOR – Página auxiliar del HMI

Fuente: Propia

- Definida ya la programación, se procede a realizar la transmisión de este hacia el TP04, para ello primero se debe conectar el HMI a la PC a través del puerto de comunicación RS-232 con los pines 3 y 2 cruzados, según muestra la figura 162.

- Una vez que se ha cargado el programa en el HMI, se procede a realizar la conexión con el PLC a través del protocolo RS 232, se utilizan los puertos ubicados en cada dispositivo para que realicen su comunicación y el TP04 muestre las pantallas cargadas. La configuración del puerto a través del COMMGR mostrada en la figura 164, se utiliza para realizar la comunicación del PLC con la PC y poder leer programas existentes o escribir nuevos para su respectiva funcionalidad en las diversas aplicaciones que requieran las industrias.

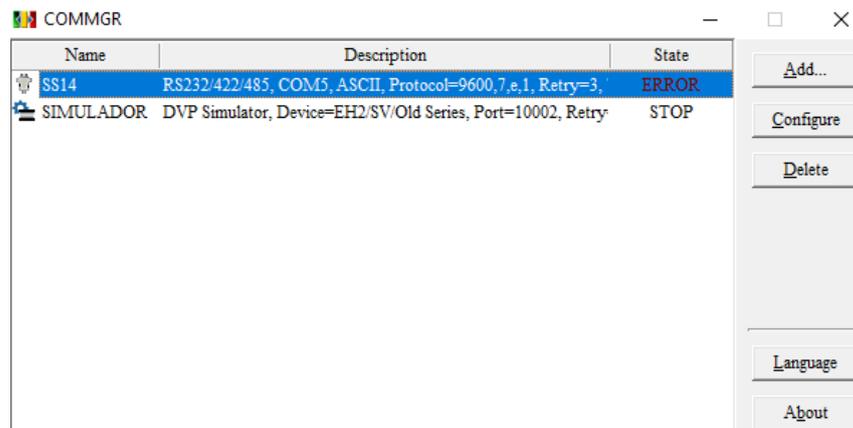


Figura 164: COMMGR – Interfaz de comunicación

Fuente: Propia

3.8 Simulación del software

Se realiza la simulación de la programación Ladder con ayuda del programa FluidSim, el cual posee la capacidad de representar componentes de neumática e hidráulica. Como se muestra en la Figura 165 se han ubicado los 3 pistones: el de sujeción que solo se activa por el sensor óptico y su desactivación la gobierna un temporizador; el de corte, que tiene dos sensores de posición A0 (contraído) y A1 (expandido). El pistón de expulsión también presenta 2 sensores de posición B0 (retraído) y B1 (final de su recorrido). Todos estos son del tipo magnéticos, sus valores discretos ingresan al PLC como causas para la toma de decisiones. Los módulos de entrada y salidas están representados por el EzOPC.2, estos realizarán la comunicación con las instrucciones del programa en Ladder, asimismo, activarán las salidas de acuerdo a sus posibilidades.

En la primera encontraremos al motor trifásico, representado en el programa por un indicador lumínico, encargado de extraer el material hasta la medida correcta, la cual es determinada por el sensor óptico, la segunda salida la tiene la electroválvula Y1, esta activará el pistón de sujeción, el cual posee una barra con riel para el paso de la cuchilla. La tercera salida es para la electroválvula 2 para el control del pistón de corte y la última electroválvula controla el pistón de expulsión.

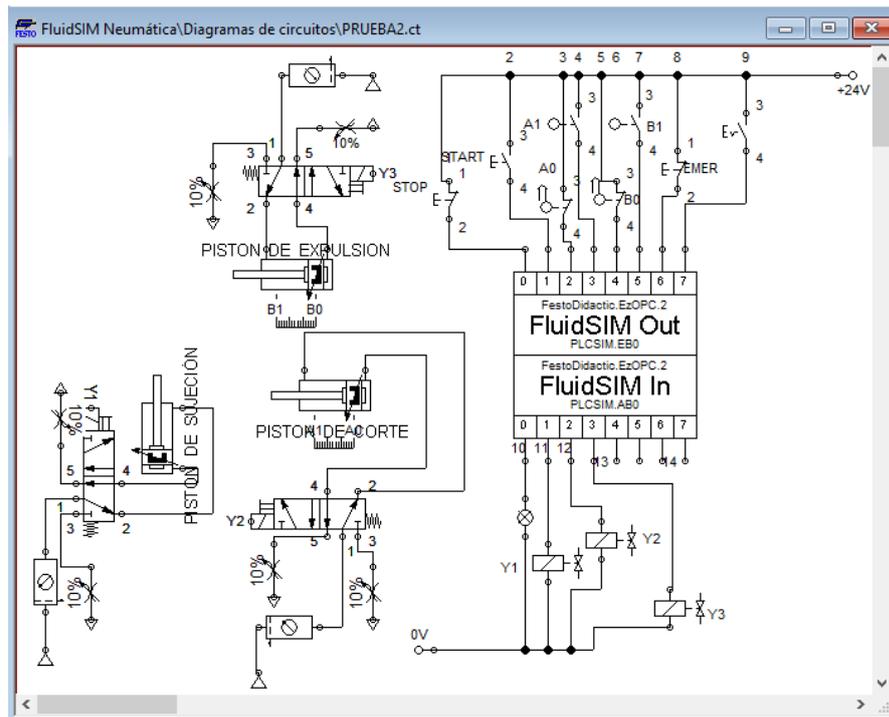


Figura 165: Diagrama completo de simulación en FluidSim

Fuente: Propia

A continuación, se detalla la simulación del sistema automatizado paso a paso:

- En la figura 166 se muestra la conexión de la simulación en tiempo real con el Simatic manager (programa usado solo para comunicación) estando en modo “Run” el FluidSim y el S7 - PLCSim. Las entradas que ya reciben señales como condiciones iniciales del sistema son la entrada 0 por el botón de Stop, las entradas 2 y 4 por ser posiciones iniciales de los pistones y la entrada 6 por ser una parada “virtual” de emergencia.

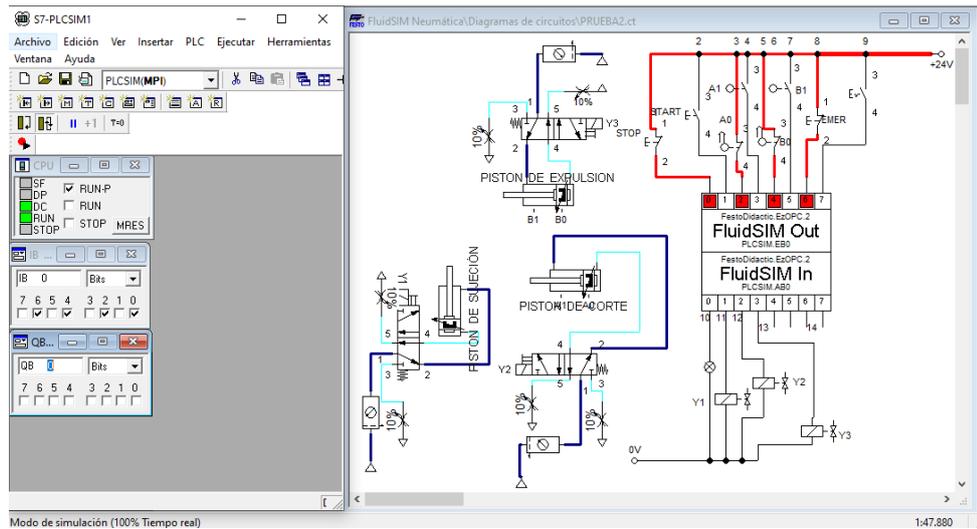


Figura 166: Condiciones iniciales del sistema

Fuente: Propio

- En la Figura 167 se muestra las acciones tras presionar el botón de Start, la señal ingresa por la entrada 1 del módulo del PLC y se activa el motor que está representado por un indicador lumínico de color amarillo. Hasta que la entrada 6 no reciba señal por parte del sensor óptico, el motor no se detendrá y seguirá extrayendo material hasta que se alcance la medida requerida. Durante esta etapa de espera ninguno de los pistones se activa.

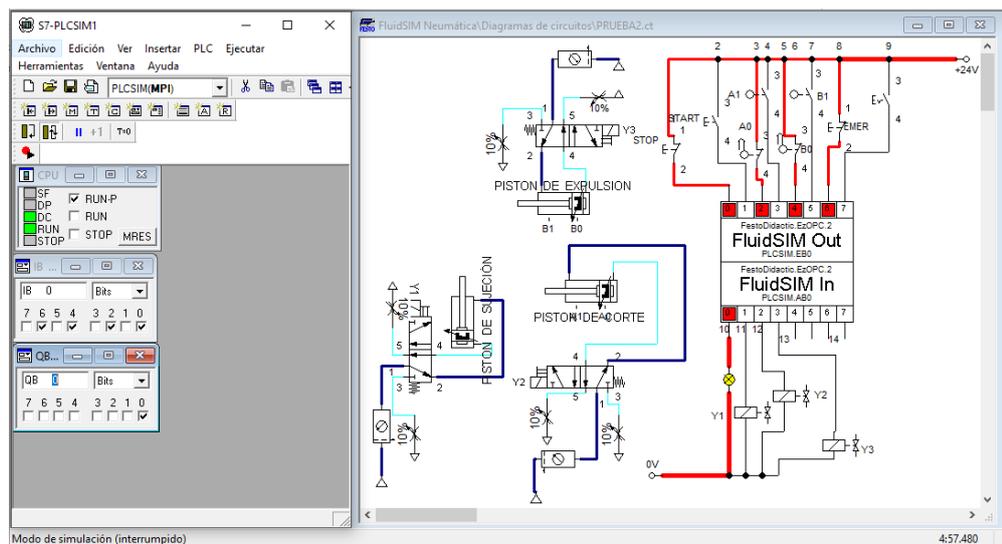


Figura 167: Activación del motor trifásico

Fuente: Propio

- En la figura 168 se muestra lo que sucede cuando la señal del sensor óptico es activada (entrada 7), el motor se desenergiza para dar paso a la activación de la electroválvula Y1, este a su vez cambia, por un proceso electromecánico, el estado de la válvula y permite el paso del aire comprimido para la extensión del pistón. Como se trabaja con un temporizador para esto, el cual está configurado a 3 segundos en el programa, el simulador identifica, transcurrido este tiempo, la siguiente salida a activarse.

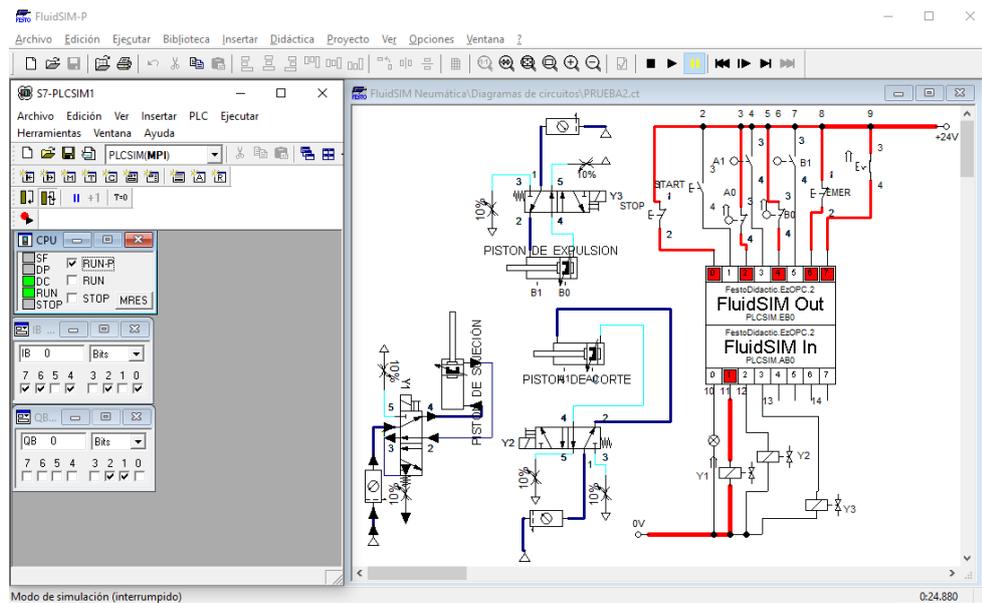


Figura 168: Detección de material y activación del pistón de sujeción

Fuente: Propio

- En la Figura 169, se muestra al pistón de sujeción extendido (esta posición se mantendrá hasta antes que el pistón de expulsión se active), transcurrido el tiempo de la programación se activa la electroválvula Y2, dando conmutación a su estado, permitiendo que el pistón de corte se extienda y realice la separación del material en ambas normativas (DIN y BS).

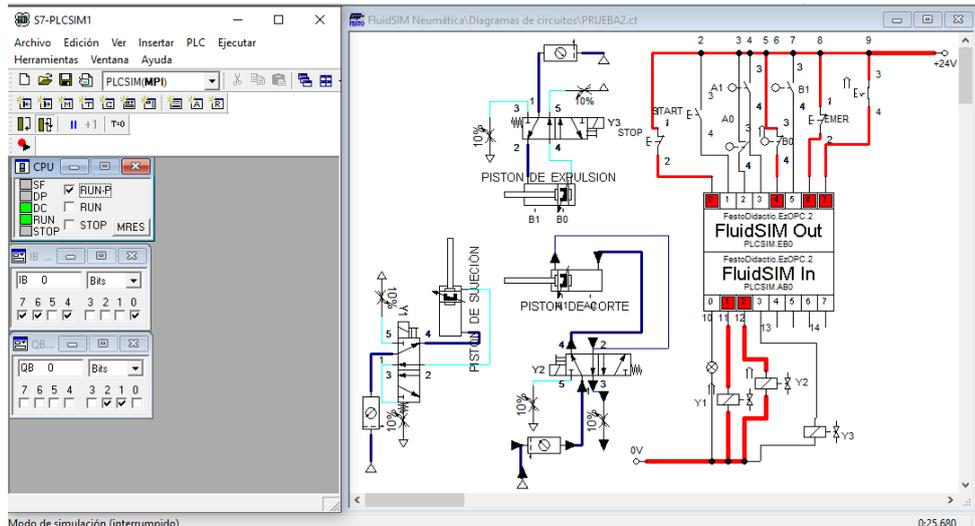


Figura 169: Activación del pistón de corte

Fuente: Propio

- Una vez que el pistón de corte ha llegado a su recorrido completo, el sensor de posición del mismo se activará (A1 - magnético) y enviará una señal al módulo PLC a través de la entrada 3, con esta información se desactivarán las salidas de las electroválvulas Y1 y Y2, haciendo el cambio de estado (retorno por muelle) para que los pistones regresen a su posición inicial. Se muestra a continuación en la imagen 170.

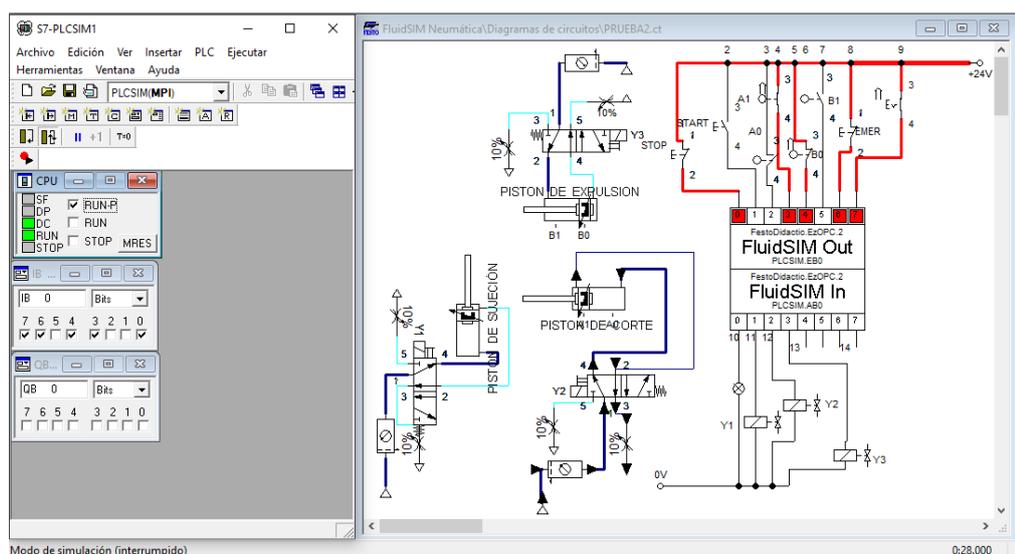


Figura 170: Desactivación de las electroválvulas de sujeción y corte

Fuente: Propio

- En la figura 171 se nota que ambos pistones han retornado a su posición inicial y que se ha activado la entrada 2, el separador ya ha sido cortado y se encuentra libre listo para ser retirado de la plataforma. Asimismo, se energiza la electroválvula 3, quién controla la extensión del pistón de expulsión.

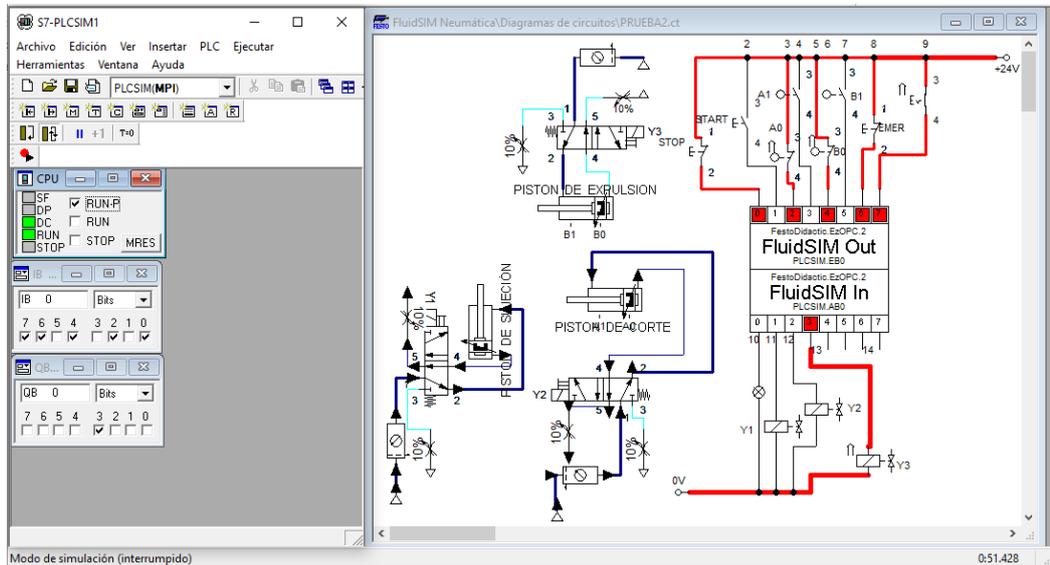


Figura 171: Retorno de los pistones de sujeción y corte

Fuente: Propio

- En la figura 172 se aprecia que el pistón de expulsión ha realizado su trabajo de retirar el separador al estar expandido, por consecuencia el sensor óptico ya no tiene nada que detectar, por ende, se desactivará su señal de entrada (Entrada 7 del PLC). Estas nuevas condiciones, aún no hacen que el motor se active, puesto que el pistón aún se encuentra extendido. El separador caerá en una tolva contenedora para que se pueda almacenar mientras se termina el proceso.

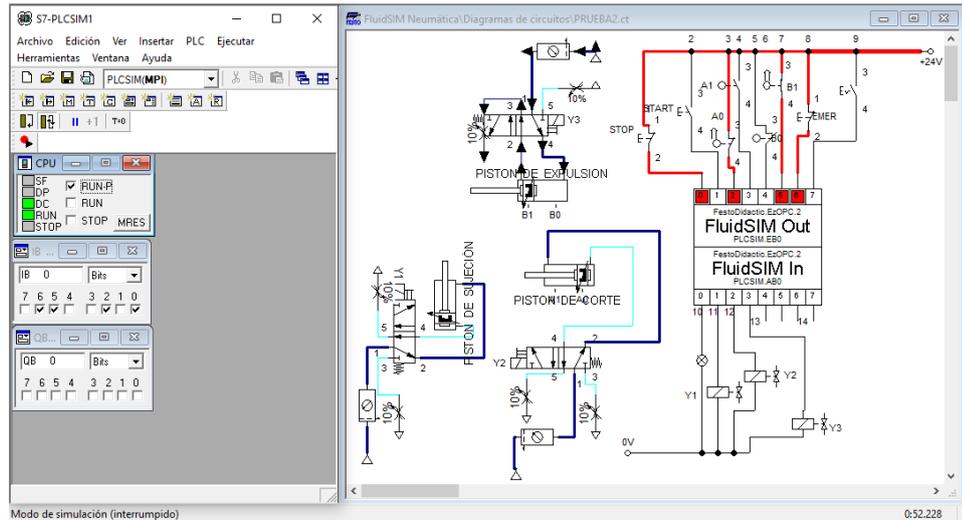


Figura 172: Activación del pistón de expulsión

Fuente: Propio

- Una vez que el pistón ha retornado a su posición inicial, se reactivará el motor para extraer el material hasta que este llegue nuevamente a la posición del sensor óptico como se detalla en la Figura 173. Todas las condiciones han vuelto a ser las iniciales y el sistema se encuentra listo para realizar otro ciclo. El contador aumentará hasta que su valor sea equivalente al programado en el HMI, entonces la operación se dará por finalizada.

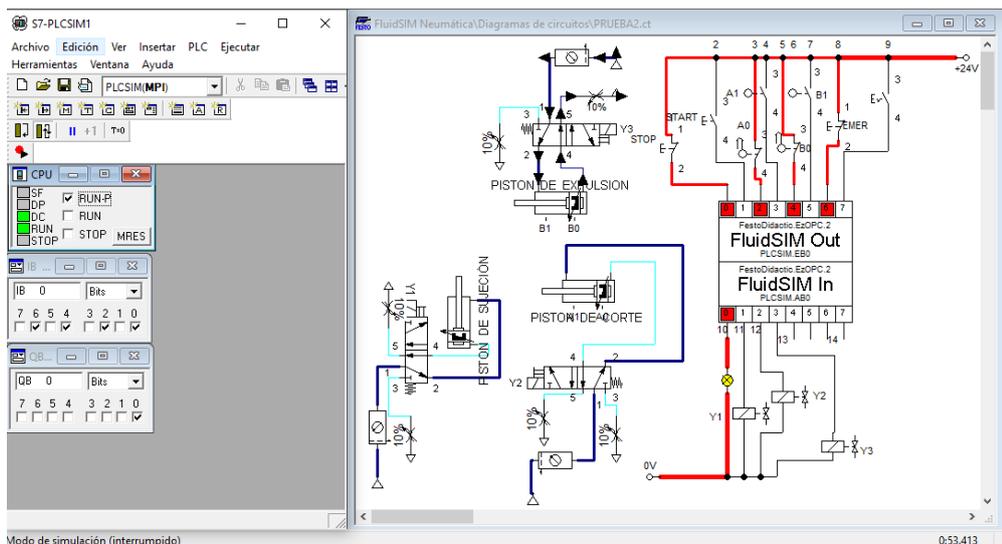


Figura 173: Desactivación del pistón de expulsión y sensor fotoeléctrico

Fuente: Propio

CAPÍTULO IV: PRUEBAS Y RESULTADOS DEL SISTEMA

En este capítulo se muestran las pruebas realizadas y los resultados obtenidos del sistema implementado, en este proceso se permite determinar el funcionamiento de la parte mecánica, eléctrica-electrónica y desarrollo de software, complementando la guía estructurada en los objetivos y comprobando las hipótesis planteadas.

4.1 Pruebas

Se detallan las pruebas tomadas en cuenta para verificación de los cumplimientos establecidos para su trabajo.

4.1.1 Prueba del sistema electrónico

- Se realizó mediciones de continuidad para comprobar el aislamiento de los relés de 24 voltios continuos. Se realizó una simulación con señal directa para la activación de los relés, control de las electroválvulas y el contactor de mando para la activación del motor trifásico. De forma aislada, se realizó la entrada de señales al módulo del PLC simulando voltajes de 24 voltios en continua y comprobando que las salidas activadas a través de los indicadores led se encendieran correlativamente a sus entradas y condiciones asociadas.
- La distancia configurada para el sensor se reguló de acuerdo a su posición con el nivel de paso del material, estableciéndose así el sensado de forma correcta. Su distancia longitudinal es configurable, por lo que se hará pruebas con las medidas de los separadores, esto se obtiene una vez que se haya detectado la presencia del separador y dado la señal al PLC para que desenergice al motor. Esta medida tendrá una tolerancia de error de 2 milímetros por sobre o por debajo de lo establecido.

4.1.2 Prueba del sistema mecánico

Se accionó el motor trifásico de manera manual para observar la extracción del material y así verificar que no existan desviaciones o posibles atoramientos durante este proceso, se revisó la rotación de los rodillos para ver que ninguno esté girando en sentido contrario al desplazamiento deseado y que no esté desalineado el motorreductor ni los piñones de las cadenas, ya que esto puede generar fallos en los rodamientos o problemas de sobrecalentamiento.

4.1.3 Pruebas del sistema neumático

Para la revisión de esta etapa, se activaron las electroválvulas ya conectadas a sus respectivos pistones para poder ver que sus desplazamientos se ubiquen en la posición adecuada y cumplan la función designada de sujeción, corte y expulsión del material al igual que sus retornos sean los adecuados. Se verificó que no haya fugas en las mangueras o que haya atascamientos en los filtros de salida, para que la circulación del aire sea fluida.

4.1.4 Pruebas de control del sistema

Esta consistió en accionar el sistema automatizado, es decir, que el material atraviese el elemento de extracción, hasta que llegue al sensor, se detenga el motor, se active el pistón de sujeción, se realice el corte, retorne el pistón de sujeción y de corte para así dar pase a la activación del pistón de expulsión, el cual se encarga de retirar el material ya cortado y liberado hacia la tolva de almacenamiento.

4.1.5 Prueba de eficiencia del sistema automatizado

La prueba de eficiencia se realizó considerando los siguiente.

- Tiempo para obtener un corte del separador de forma manual: 11 segundos.
- Tiempo para obtener un corte del separador de forma automática: 6 segundos.
- Tiempo tomado para realizar una tarea de 500 cortes por el operador: 2.3 horas en promedio, considerando un tiempo de descanso de 2 minutos cada 50 cortes y 3 segundos para tomar nota de la cantidad de cortes acumulados.
- Tiempo tomado para realizar una tarea de 500 cortes por el sistema automatizado: 0.85 horas, considerando que la tarea se realiza sin intervalos de descanso y contabilizando cada corte.

En la tabla 23 se detalla lo expuesto.

Tabla 23

prueba de eficiencia del sistema automático.

PRUEBA DE EFICIENCIA DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE CORTE DE MATERIAL SEPARADOR		
	TRABAJO REALIZADO DE FORMA MANUAL	TRABAJO REALIZADO POR EL SISTEMA AUTÓMATA
TIEMPO TOMADO PARA COMPLETAR 01 CORTE	11 SEGUNDOS	06 SEGUNDOS
TIEMPO DE DESCANSO CADA 50 CORTES	120 SEGUNDOS	0 SEGUNDOS
TIEMPO QUE TOMA PARA LLEVAR LA CUENTA DE LA CANTIDAD DE CORTES	03 SEGUNDOS	0 SEGUNDOS
TIEMPO TOMADO PARA COMPLETAR 500 CORTES	8080 SEGUNDOS	3000 SEGUNDOS

Fuente: Propia

4.2 Análisis de Resultados

Líneas abajo se muestran los resultados de las pruebas realizadas en los 5 puntos mencionados en el apartado anterior.

4.2.1 Análisis de resultados de la parte electrónica

- Las pruebas aplicadas a los relés se dieron con la conexión a voltaje directo 24 voltios dando como resultado el cambio de estado de las conexiones. Asimismo, se verificó el aislamiento a través del uso de un multímetro en su función de evaluación de continuidad, dando como resultado que todas las conexiones están correctamente aisladas como condiciones iniciales. Para el PLC se conectó a las entradas 24 voltios simulando las condiciones de entrada para poder verificar que las salidas sean las adecuadas, es decir que las salidas para el control del motor y de las 3 electroválvulas se dieran en el orden correcto.

- El sensor óptico se calibró de manera tal que pueda detectar de forma precisa la llegada del material separador. Asimismo, se verificó que las distancias de los separadores cortados sean muy próximas a las solicitadas por el usuario, confirmándose que el producto obtenido es útil para su utilización e instalación dentro de las celdas para las baterías.

4.2.2 Análisis de resultados de la parte mecánica

El desplazamiento del material separador tuvo un pequeño desvío al activarse el sistema automático, por ende, se tuvo que adicionar dos guías en la entrada de la máquina y también a la estructura que soporta el rollo de separador. En cuanto a las posiciones de los rodillos y de los piñones para las alineaciones todo fue correcto y trabajaron de forma síncrona. Se muestra la figura 174.



Figura 174: Guías mecánicas para la extracción del material

Fuente: Propio

4.2.3 Análisis de resultados del sistema neumático del sistema

Para la verificación de los pistones, las electroválvulas se activaron de forma correcta y cambiaron de estado sus posiciones, no se presentaron fugas por las mangueras ni ninguna deformación de estos en el recorrido que realizan desde la distribución del aire hasta su posición en la estructura mecánica.

Se modificó la estructura del pistón de sujeción el cual no alcanzaba la posición adecuada para que el pistón de corte realice su trabajo de manera efectiva, este se simuló solo con una hoja de papel como reemplazo de la cuchilla real para evitar choques con el material. se retiró la estructura y se modificó su posición para lograr que su ubicación sea la correcta. Se muestra en la figura 175.



Figura 175: Corrección del soporte auxiliar del pistón de sujeción

Fuente: Propio

4.2.4 Análisis de resultados de las pruebas de control del sistema

El proceso completo se realizó en un tiempo aproximado de 6 segundos, el ciclo de activación del sensor, apagado del motor, secuencia de pistones y almacenado del material separador se realizó de forma correcta.

4.2.5 Análisis de resultados de la prueba de eficiencia

Realizada la prueba de eficiencia se observó lo siguiente.

- El tiempo total tomado para realizar una tarea de forma manual de 500 cortes es de 8080 segundos que es obtenido al sumar el tiempo empleado para realizar solo los 500 cortes con 11 segundos por corte ($500 * 11$, igual 5500 segundos), el tiempo de descanso de 120 segundos cada 50 cortes, es decir 9 intervalos de descanso ($9 * 120$, igual a 1080 segundos) y el tiempo que le toma al operador en anotar la cantidad de cortes realizados, 3 segundos por cada corte ($3 * 500$, igual a 1500 segundos).

- El tiempo total tomado para realizar una tarea de forma automática de 500 cortes es de 3000 segundos que es obtenido solo de calcular el tiempo que tarda en realizar un corte, que es 6 segundos y la cantidad total, que es 500 ($6 * 500$, igual a 3000). El sistema autómeta está configurado para realizar el conteo de cada ciclo de corte que realice, no tiene intervalos de descanso y solo dependerá de un suministro energético continuo.
- Se sabe que de forma manual se logra cumplir una tarea de 500 cortes en un tiempo de 8080 segundos, correspondiente a 2.3 horas aproximadas y de forma automática en un tiempo de 3000 segundos, correspondiente a 0.83 horas aproximadas. Comparando ambos resultados, el sistema automático de corte del material separador es 2.8 más rápido que realizar el corte de forma manual.
- El factor 2.8, calculado en el punto anterior, puede variar positivamente si las tareas son de mayor proporción, es decir si se solicitan pedidos de 2000 a 4000 cortes, ya que el trabajo manual por ser realizado por un operario, dependerá en gran medida por el nivel de cansancio corporal que pueda adquirir este por los movimientos repetitivos, por ende, el tiempo total que tomará para producir los cortes aumentará.

CONCLUSIONES

1. Fue posible optimizar el proceso de fabricación y entrega de bancos de baterías, reduciendo el tiempo para la obtención de los separadores mediante la automatización de la etapa de corte empleando el PLC y el HMI de la marca Delta.
2. Fue posible el rediseño y selección de la estructura mecánica para posicionar de manera estratégica cada componente actuador y sensor que fueron instalados sobre esta y lograr que el corte automatizado se realice de manera eficiente. Para ello se modeló toda la estructura en SolidWorks para decidir el posicionamiento de cada elemento.
3. Los pistones neumáticos, el motor eléctrico trifásico, las cadenas de transmisión, y componentes del circuito eléctrico y electrónico que fueron seleccionados cumplieron en su totalidad la función del corte del separador logrando que el material entregado tenga una longitud y un seccionamiento aún más exacto que el trabajo realizado de forma manual.
4. Fue posible diseñar el software en los programas ISPSOft, COMMGR y TPEditor para el funcionamiento en conjunto del PLC y el HMI y que puedan ejercer el control del sistema mecánico, neumático, eléctrico y electrónico a través de las señales de entrada y salida del programador lógico.
5. Tras la prueba en campo del funcionamiento del sistema automatizado descrita en el capítulo cuatro, se concluyó que este puede llegar a cumplir una tarea de 500 cortes 2.8 veces más rápida de lo que tardaría un operador de forma manual, considerando que el sistema trabaja de manera ininterrumpida y que un operador tiene intervalos de descanso.

RECOMENDACIONES

1. Se puede mejorar el sistema electrónico con la utilización de componentes como un arrancador de estado sólido o un variador de velocidad, estos permiten realizar un control de frenado por inyección de corriente continua al motor, de esta manera la detención del traslado del material sería de forma inmediata.
2. Se puede implementar la parte mecánica con fajas en vez de cadenas y reducir el mantenimiento del sistema mecánico. Además, se puede desarrollar una estructura electrónica para el posicionamiento automático del sensor fotoeléctrico en las medidas indicadas según las normas DIN y BS.
3. Se puede optimizar el sistema automatizado si se ubican sensores de posición en el pistón de sujeción, lo cual no se ha hecho en este proyecto por falta de entradas en el PLC, de esta forma no se tendría que realizar un temporizado para asegurar que el material separador ya fue presionado por la expansión del émbolo y vástago que trabajan en conjunto dentro del pistón de sujeción.
4. En trabajos futuros, se recomienda implementar un módulo adicional para salidas y entradas o en su defecto, reemplazar el programador lógico por uno de características superiores y así ampliar el control, retroalimentación y detección de fallas en el sistema por choques o atascamientos.
5. Se recomienda a futuro implementar una interfaz hombre máquina de mayor versatilidad, en la cual se pueda monitorizar y controlar el estado de las salidas y entradas del PLC, lo que conlleva a una reprogramación integral de todo el sistema automática.
6. Para la fabricación de una batería es necesario realizar varios procesos y subprocesos como la obtención de placas positivas y negativas, la obtención del separador, ensobrado, ensamblaje y la activación electroquímica. Con el estudio adecuado y seleccionando las variables a medir se puede ir mecanizando cada proceso a futuro con el objetivo de integrarlos y formar una línea de automatización completa.

REFERENCIAS

- Aemsys (2017). Tableros eléctricos normativa nacional. Recuperado de <http://www.aemsys-peru.com/productos/tableros-electricos-normativa-nacional/>
- Alejandro (2012). Maquinas eléctricas. Recuperado de <https://sites.google.com/site/aleblogtecin/home/2-electronica-1>
- Allied (2017). Fuentes de alimentación AC-DC. Recuperado de <https://mx-es.alliedelec.com/product/schneider-electric/abl8mem24012/70008368/>
- Alva, F. (2008). Diseño de elementos de máquina 1. Lima. Perú: Impresión Pool producciones SRL
- Área tecnológica (2019). Interruptores magnetotérmicos. Recuperado de <https://www.areatecnologia.com/electricidad/magnetotermico.html>
- Área tecnológica (2016). Rele o Relevador. ¿Qué es?, Tipos, Funcionamiento. Recuperado de <https://www.areatecnologia.com/electricidad/magnetotermico.html>
- Autycom (2020). Fuente de alimentación de un PLC: estructura y funcionamiento. Recuperado de <https://www.autycom.com/fuente-de-alimentacion-de-un-plc/>
- Autycom (2019). Tipos de sensores industriales. Recuperado de <https://www.autycom.com/tipos-de-sensores-industriales/#:~:text=Un%20sensor%20industrial%20es%20un,acci%C3%B3n%20predeterminada%20en%20un%20sistema.>
- BigJoker (2018). Rotor y estator de motor eléctrico. Recuperado de <https://www.alamy.es/el-rotor-y-el-estator-del-motor-electrico-aislado-sobre-fondo-blanco-image215653670.html>
- Birt LH (2020). Fuente de alimentación. Recuperado de https://ikastaroak.birt.eus/edu/argitalpen/backupa/20200331/1920k/es/IEA/AI/AI08/es_IEA_AI08_Contenidos/website_24_fuente_de_alimentacin.html
- Bueno, A (2013). Simbología eléctrica. Recuperado de https://www.arcel.com.pt/infotec/ARCEL_SIMBOLOGIA%20ELECTRICA.pdf
- Bueno, A. (2017). Simbología neumática e hidráulica. Recuperado de http://www.portaleso.com/web_simbologia_neuma/simbolos_neumatica_indice.html
- Cedeno Fabian (2019). Conozca cuales son las diferencias entre los transistores BJT y FET. Recuperado de <https://www.vistronica.com/blog/post/conozca-cuales-son-las-diferencias-entre-los-transistores-bjt-y-fet.html>

- Cervantes, J. y Vega, G. (2018). Diseño e implementación de un sistema automatizado para mejorar el proceso de recubrimiento de estaño en placas de cobre en la empresa polivalente servicios industriales EIRL. Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
- Cetronic (2019). Conmutador de palancas 2 circuitos 3 posiciones. recuperado de <https://www.cetronic.es/sqlcommerce/disenos/plantilla1/seccion/producto/DetalleProducto.jsp?idIdioma=&idTienda=93&codProducto=352140002&cPath=1171>
- Cía. General de Aceros (2020). Recuperado de https://www.cga.com.co/wp-content/uploads/2020/07/Ficha_T%C3%A9cnica_Aceros_Grado_Estructural_A36.pdf
- Circuitos eléctricos (2021). Pulsador eléctrico. ¿Qué es?, símbolo y funcionamiento. Recuperado de <https://www.circuitos-electricos.com/pulsador-electrico/>
- Codebender (2014). Inputs and Outputs. Recuperado de <https://blog.codebender.cc/2014/03/07/lesson-1-inputs-and-outputs/>
- Cumema (2021). Cuchillas Industriales. Recuperado de <https://www.cumema.com/>
- Designers CAD Studio (2020). Recuperado de <https://blogs.solidworks.com/solidworkslatamyesp/solidworks-blog/solidworks/solidworks-el-poder-del-modelado-parametrico-y-un-buen-intento-de-diseno/>
- Diccionario Actual (2016). ¿Qué es sistema eléctrico? Recuperado de <https://diccionarioactual.com/sistema-electrico/#definicion>
- Electromecánico (2020). Compresor DARI SKM 11. Recuperado de <https://www.electromecanico.co/producto/compresor-de-piston-lubricado-dari-4/>
- Elektrim Motors (2009). Metric IEC Motors 40MCM-3-.12-36/1. Recuperado de <https://www.elektrimmotors.com/dbmotors/40mcm-3-.12-36%2F1>
- Embalajes Terra (2019). ¿Qué son los rodillos transportadores? Recuperado de <https://www.embalajesterra.com/blog/rodillos-transportadores-embalaje/>
- Evans (2020). Unidad de mantenimiento 3/4". Recuperado de <https://evans.com.mx/compresores-industriales/filtros-yfrl-s/unidad-de-mantenimiento-3-4-frlmp3-4cpe.html>
- Facogem (2021). Interruptor termomagnético bipolar. Recuperado de <https://ventas.facogemi.com.pe/products/interruptor-termomagnetico-bipolar-easy-9-2p-c-63a>
- Fadón, F., Cerón, J. y Díez, J. (2016). Transmisión de movimiento. Recuperado de https://ocw.unican.es/pluginfile.php/228/course/section/139/tema_5%201.pdf
- Fajardo, B. (2015). Elementos de máquinas y sistemas. Recuperado de <https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2015/04/elementos-de-mc3a1quinas-y-sistemas.pdf>

- Festo (2018). Elementos neumáticos. Recuperado <https://www.festo-didactic.com/es-es/productos/equipos-de-practicas/neumatica/componentes/motor-neumatico.htm?fbid=ZXMuZXMuNTQ3LjE0LjE4LjU2NC44NDYy>
- Fundación Endesa (2019). El transformador eléctrico. Recuperado de <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/corrientes-alternas-con-un-transformador-electrico>
- Glod Kennerth (2021). Introducción a los sensores. Recuperado de <https://es.prinautomazione.com/post/introducci%C3%B3n-a-los-sensores>
- Gobierno de canarias (04 de mayo del 2015). Neumática: el poder del aire. Recuperado de <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/mmormarf/files/2015/05/El-poder-del-aire.pdf>
- Grainger (2021). IEC Magnetic Contactor. Recuperado de https://www.grainger.com/product/48N943?cm_mmc=PPC:Google-_-GlobalExport-_-PE-_-Acquisition-_-2020009&gclid=CjwKCAjwpqCZBhAbEiwAa7pXeR6G1nRSNori3fomBNOs6pe cKYbL2qzlk2v-mUfUGBs-djV-I6vLMxoCGU4QAvD_BwE
- Guillén, A. (2012). Neumática. Recuperado de <https://sites.google.com/site/aleblogtecin/home/3-neumatica>
- Hoppecke (2019). Área de Ingeniería. Recuperado de <https://www.hoppecke.com/en/>
- Horacio, N. (2019). Sistemas neumáticos. Recuperado de https://www.tecnologia-tecnica.com.ar/index_archivos/Page4697.htm
- ICOFESA (2020). regulador presión neumática c/r Npt 1". Recuperado de <http://www.icofesa.com/producto.php?id=19613>
- IEM Luis Eduardo Mora Osejo (2019). Electrónica y Tecnología. Recuperado de <https://dgraficolemo2015.wixsite.com/tecnograficolemo/grado-sexto>
- IES Los Albares (2017). La electricidad. Recuperado de http://www.ieslosalbares.es/tecnologia/Electricidad%20II/componentes_elctricos.html
- Infosensores (2020). sensores fotoeléctricos. Recuperado de <https://infosensores.com/sensor-fotoelectrico/>
- Inventable (2013). Introducción a los relés. Recuperado de <https://www.inventable.eu/introduccion-a-los-reles/>
- J.D. (2020). Tableros Eléctricos: Tipos Y Aplicaciones. Recuperado de <https://jdelectricos.com.co/tableros-electricos/>
- Jiménez Andrea (2020). ¿Qué son los circuitos y sistemas electrónicos? Recuperado de <https://geeelectronica.com/que-son-los-circuitos-y-sistemas-electronicos/>

- Landín Pedro (2014). ¿Cómo funciona una unión PN? Recuperado de <http://pelandintecno.blogspot.com/2014/04/como-funciona-una-union-pn.html>
- Leira Rocío y Gómez Jorge (2016). Electrónica analógica. Recuperado de https://www.edu.xunta.gal/centros/iesblancoamorculleredo/aulavirtual/pluginfile.php/37095/mod_resource/content/2/analo%CC%81gica.pdf#:~:text=Los%20sistemas%20electr%C3%B3nicos%20son%20conjuntos,teclado%2C%20temperatura%2C%20etc.)
- Madera Sostenible – Forestal (2020). Recuperado de <https://madera-sostenible.com/forestal/cuchillas-industriales-y-sus-tipos/>
- Mamani, G. (2021). Diseño e implementación de un prototipo para automatizar el proceso de embotellado de yogurt en la planta lechera Tacna. Universidad Privada de Tacna, Tacna, Perú.
- Macedo, S (2012). Interruptores Termomagnéticos. Recuperado de <https://www.acomee.com.mx/clasificaciones/INTERRUPTOR%20TERMOMAGNETICO.pdf>
- Manzano, A. (2018). Diseño e implementación de un robot móvil controlado por un PLC Delta para aplicaciones didácticas de automatización y control. (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador.
- Max Acero Monterrey (2021). Recuperado de <https://maxacero.com/blog/a-36-para-estructuras-metalicas-que-es/#:~:text=Como%20se%20mencion%C3%B3%20anteriormente%20el,para%20edificar%20estructuras%20y%20puentes.>
- McGraw-Hill Education, MHE. (2010). Motores eléctricos. Recuperado de <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448173104.pdf>
- Mecanoso (2005). Rodillos. Recuperado de http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/operadores/ope_rodillo.htm#titulo
- Mecánica – Estructuras (2008). Recuperado de <https://clasesdemecanica.net/index.php/estructuras/>
- Molina, F. (2019). Automatización y montaje del sistema para controlar los tiempos de proceso en un mezclador al vacío de productos cárnicos en la empresa Centro de Operaciones Guayaquil. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Mora, J. y Ardanuy, J. (2011). Maquinas eléctricas. España: Mc Graw – Hill/ interamericana de España SL 2011

- Navarro, J. (2019). Diseño de un sistema automatizado en el área de corte de la línea de producción de sacos de polipropileno para mejorar la productividad de la empresa Perusac E.I.R.L. Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo, Chiclayo, Perú.
- Parkest (2018). Filtros Neumáticos Parker Serie 06F. Recuperado de <https://parkest.com.ar/productos/filtros-neumaticos-parker-serie-06f/>
- Pierola, J. (2017). Automatización y robótica en el Perú. recuperado de <https://canalti.pe/automatizacion-y-robotica-en-el-peru/>
- Ripipsa (2021). Automatización. Recuperado de <https://ripipsabots.com/automatizacion/>
- Rodriguez, J. (2021) Sistemas mecánicos. Recuperado de <https://comofunciona.co/sistemas-mecanicos/>
- Rodríguez, J. (2018). ¿Cómo funciona un interruptor termomagnético? Recuperado de <https://como-funciona.co/un-interruptor-termomagnetico/>
- Schneider Electric (SE) (2018). ¿Qué son las curvas de disparo en interruptores Riel Din? Recuperado de <https://www.se.com/cl/es/faqs/FA363567/>
- Sicma21 (2021). ¿Qué es un HMI y cómo funciona? Recuperado de <https://www.sicma21.com/que-es-un-hmi-y-como-funciona/>
- Sicma21 (2021). ¿Qué es un PLC y cuándo se usa? Recuperado de <https://www.sicma21.com/que-es-un-plc/>
- SKF (2020). Conceptos básicos de rodamientos / Componentes y materiales. Recuperado de <https://www.skf.com/es/products/rolling-bearings/principles-of-rolling-bearing-selection/general-bearing-knowledge/bearing-basics/components-and-materials>
- Solera (2021). Pulsador de emergencia. Recuperado de <https://www.psolera.com/es/catalogo/protecciones/protecciones-mando-y-senalizacion/pulsadores-e-interruptores/pe12/pe12>
- SolidBi (2018). Recuperado de <https://solid-bi.es/solidworks/>
- Suescun, R. y Lee, Sh., (2019). Robots en América Latina: ¿cuántos son, ¿dónde están y cuánto tributan? [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://blogs.iadb.org/gestion-fiscal/es/robots-en-america-latina-cuantos-son-donde-estan-y-cuanto-tributan/#comments>
- Torres, Julia. (2018). Conmutador eléctrico: qué es, para qué sirve, cómo funciona. Lifeder. Recuperado de <https://www.lifeder.com/conmutador-electrico/>.
- Torres, Manuel. (2016). Electricidad. Recuperado de https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947843/contido/314_elementos_de_manobra_y_control.html
- Universidad de la Coruña (2006). Tipos de engranajes y nomenclatura. Recuperado de <https://lim.ii.udc.es/docencia/din-teomaq/Engranajes.pdf>

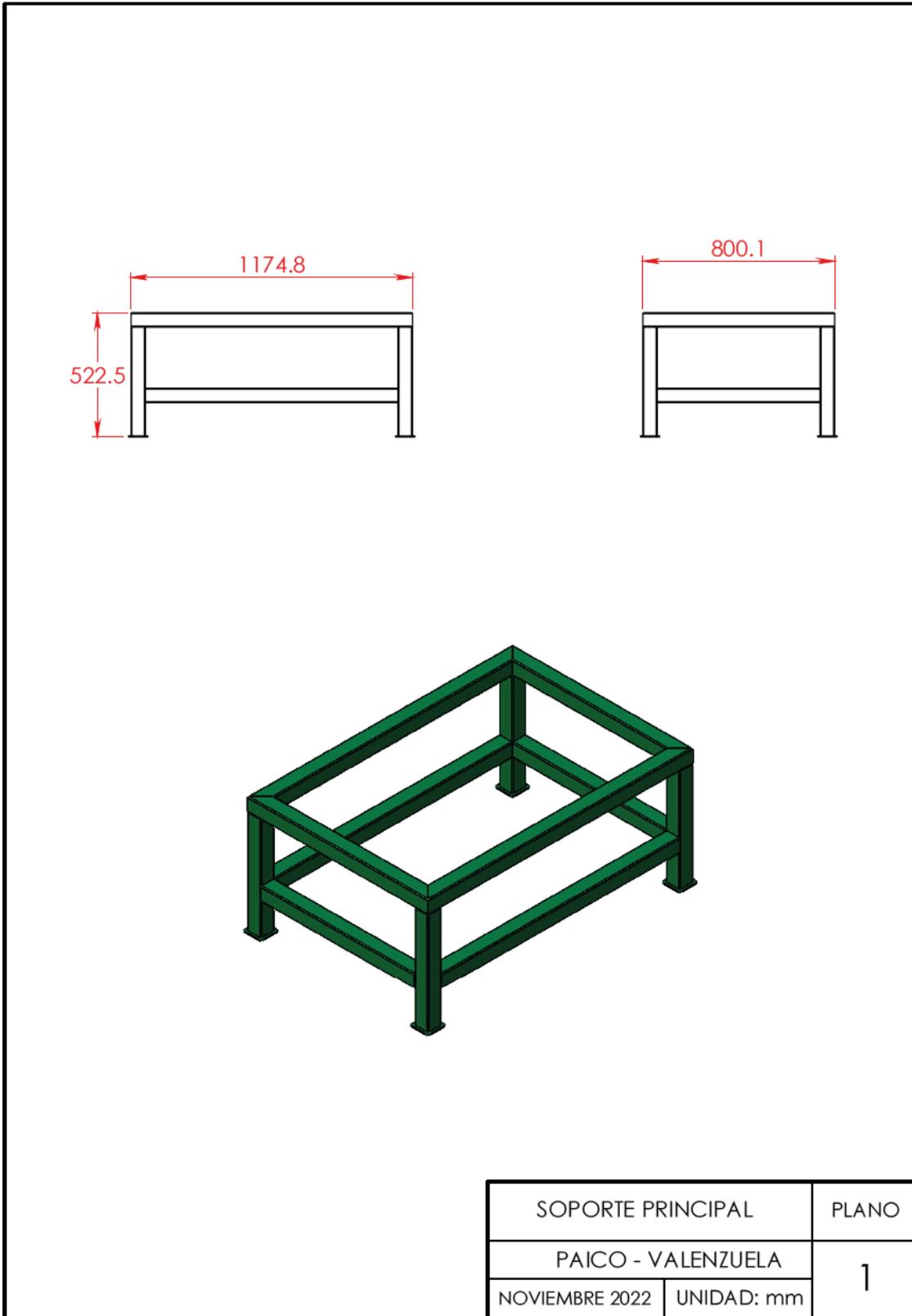
Universidad nacional de la plata (2020). Electricidad. Recuperado de <https://unlp.edu.ar/wp-content/uploads/29/33729/08e425f5255f47f7fd9e7dbc92ee7dfe.pdf>

Universidad Nacional del Rosario (UNR) (2019). Transformadores. Recuperado de <https://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/16745/21503-19%20ACCIONAMIENTOS%20ELECTROMECC3%81NICOS%20Transformadores.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

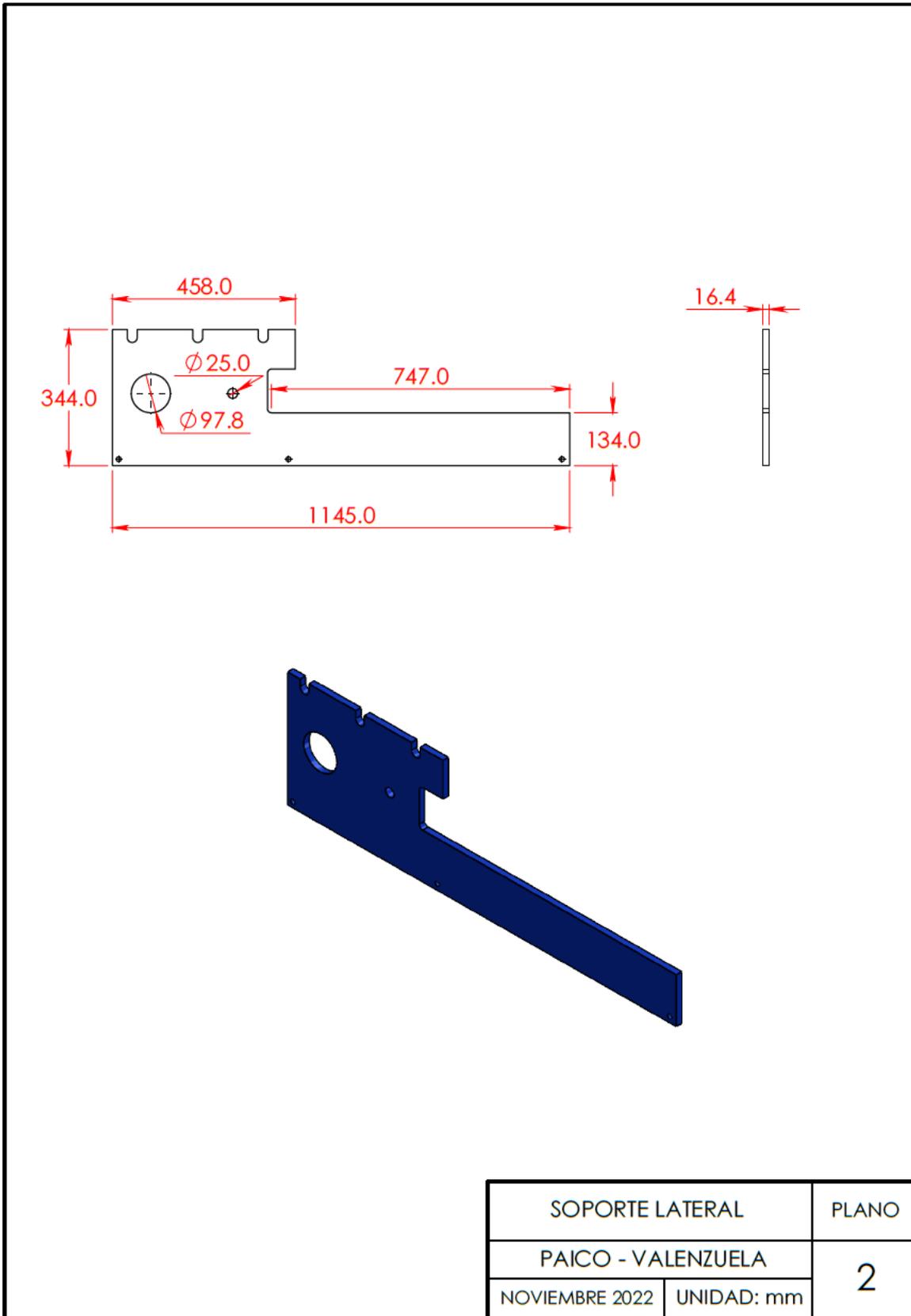
Vaello José (2020). El contactor. Recuperado De <https://automatismoidustrial.com/cursocarnet-instalador-baja-tension/d-automatizacion/1-2-control-de-potencia-aparamenta-electrica/contactores/>

ANEXOS

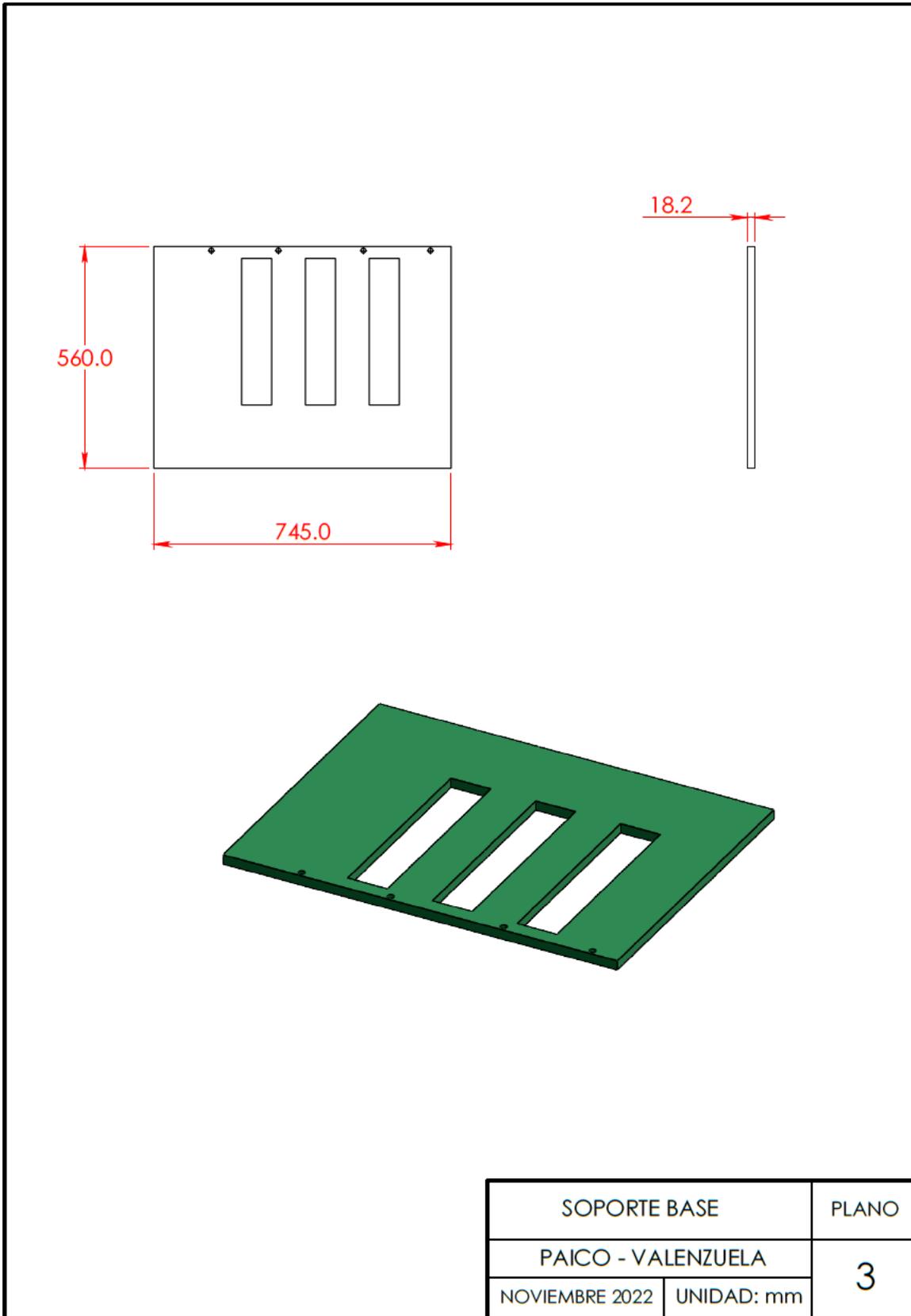
Anexo 1: Soporte principal de la estructura



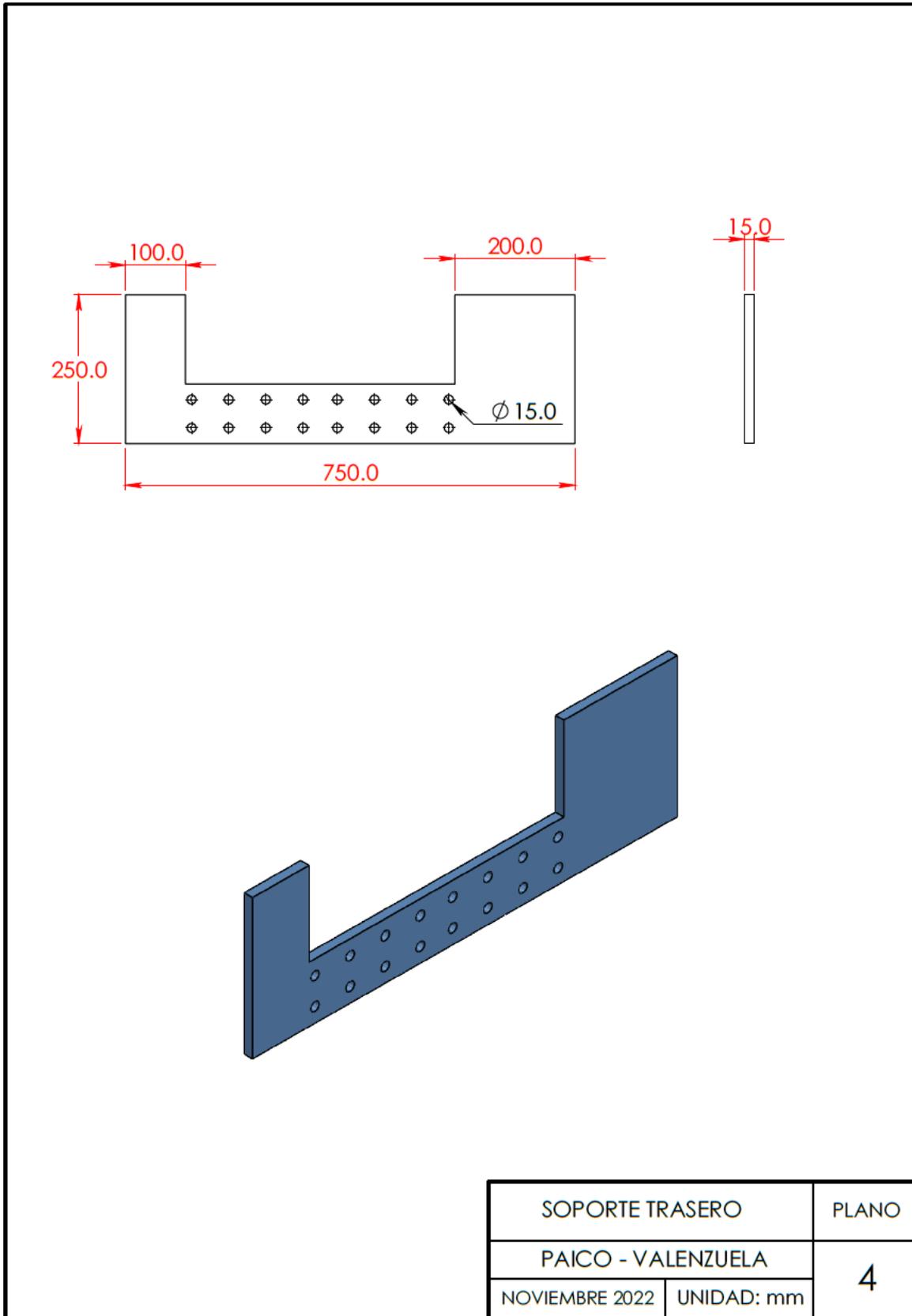
Anexo 2: Soporte lateral de la estructura



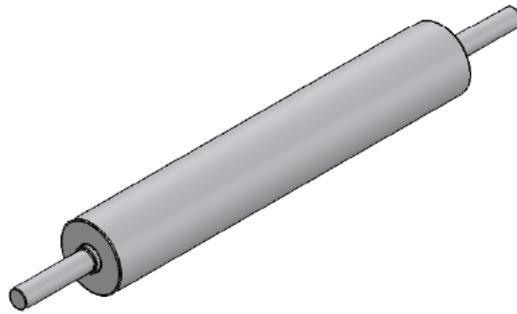
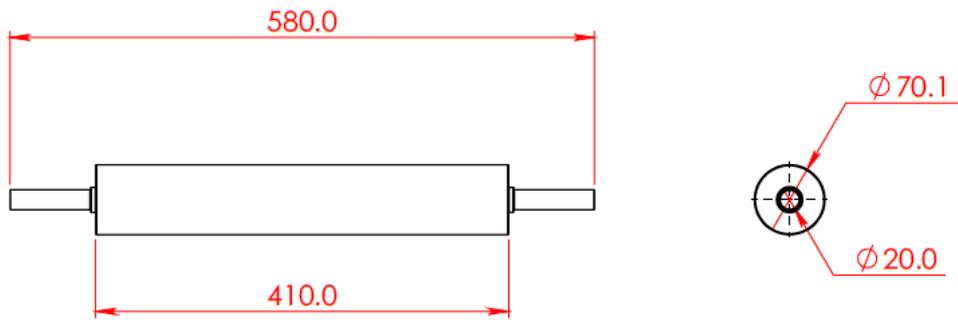
Anexo 3: Soporte base de la estructura



Anexo 4: Soporte trasero de la estructura

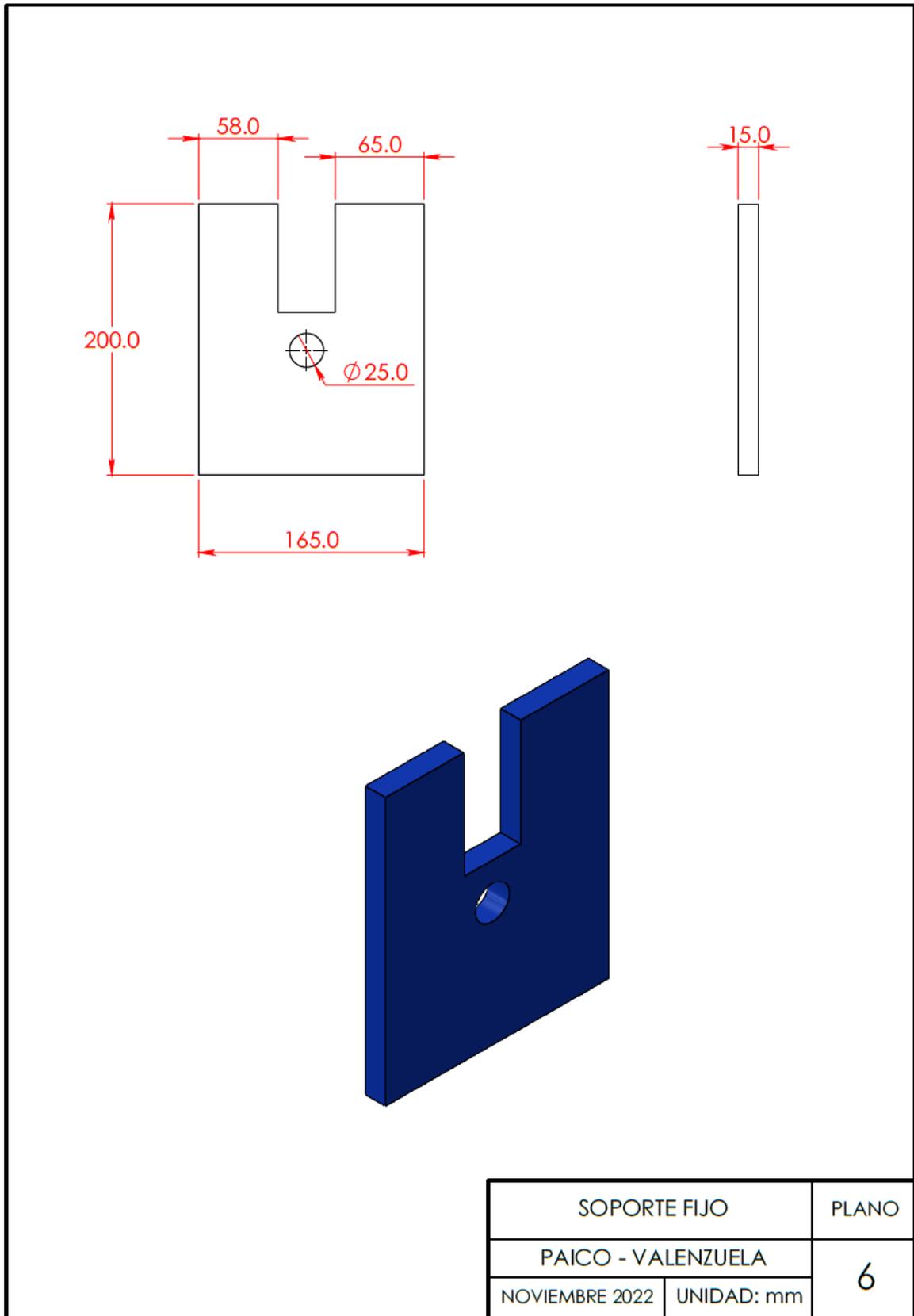


Anexo 5: Elemento de extracción - rodillo tipo A

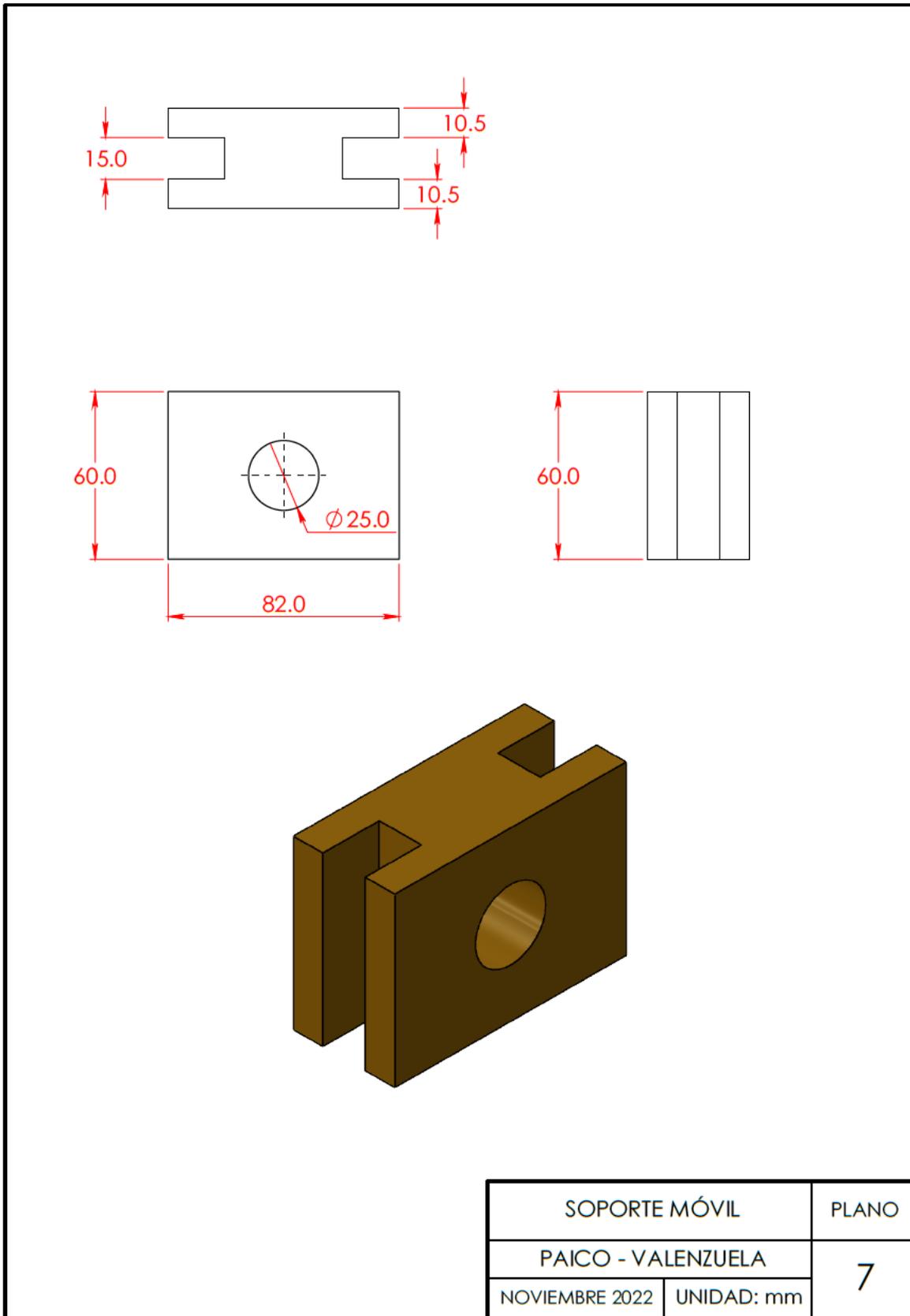


RODILLO TIPO A		PLANO
PAICO - VALENZUELA		5
NOVIEMBRE 2022	UNIDAD: mm	

Anexo 6: Elemento de extracción – soporte fijo

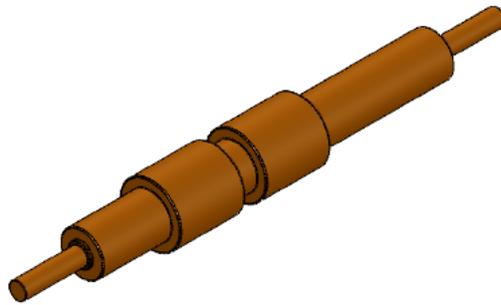
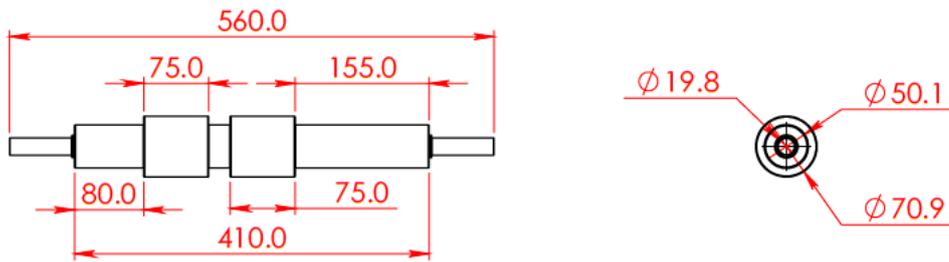


Anexo 7: Elemento de extracción - soporte móvil



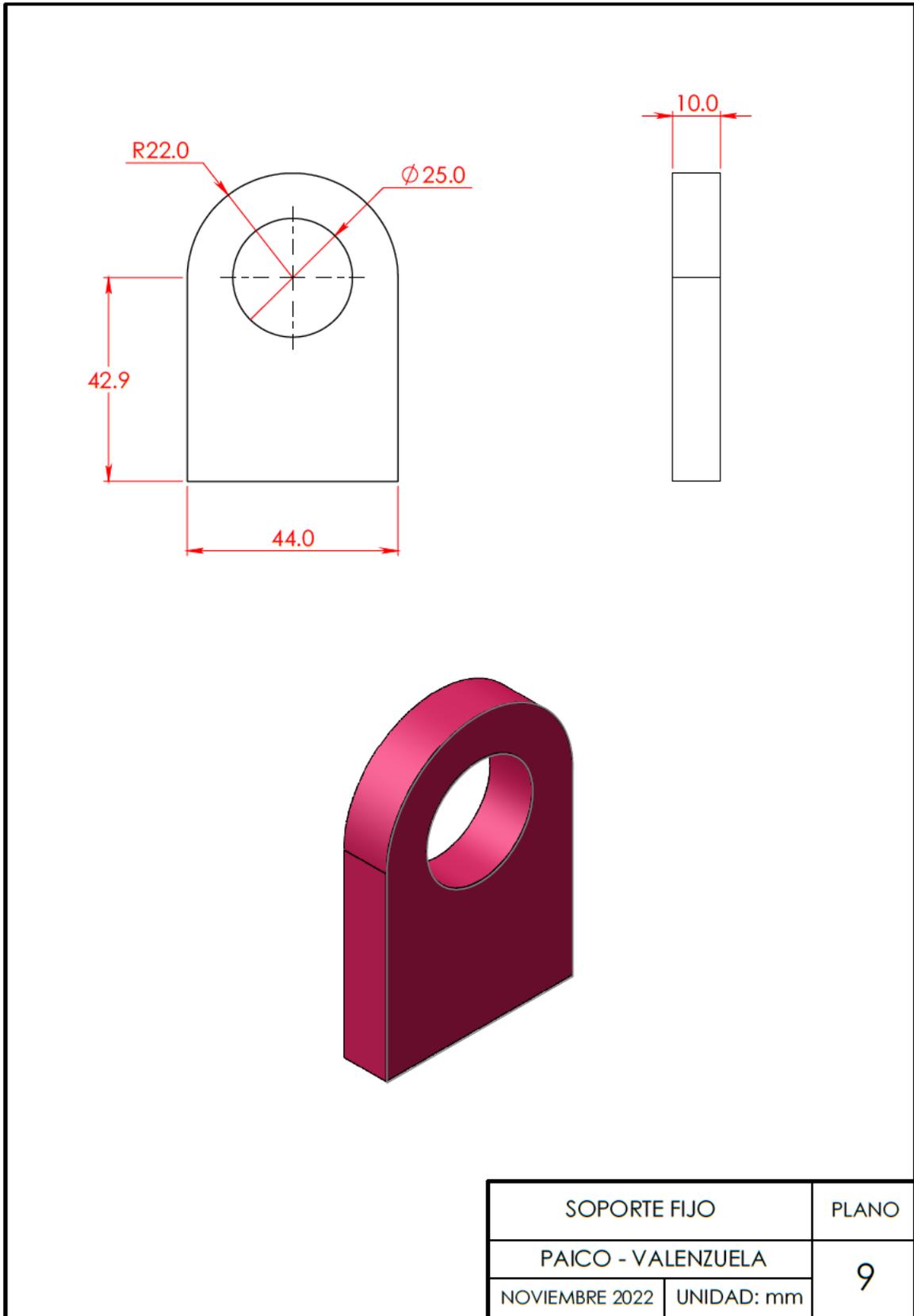
SOPORTE MÓVIL		PLANO
PAICO - VALENZUELA		7
NOVIEMBRE 2022	UNIDAD: mm	

Anexo 8: Elemento de direccionamiento - rodillo de tipo B

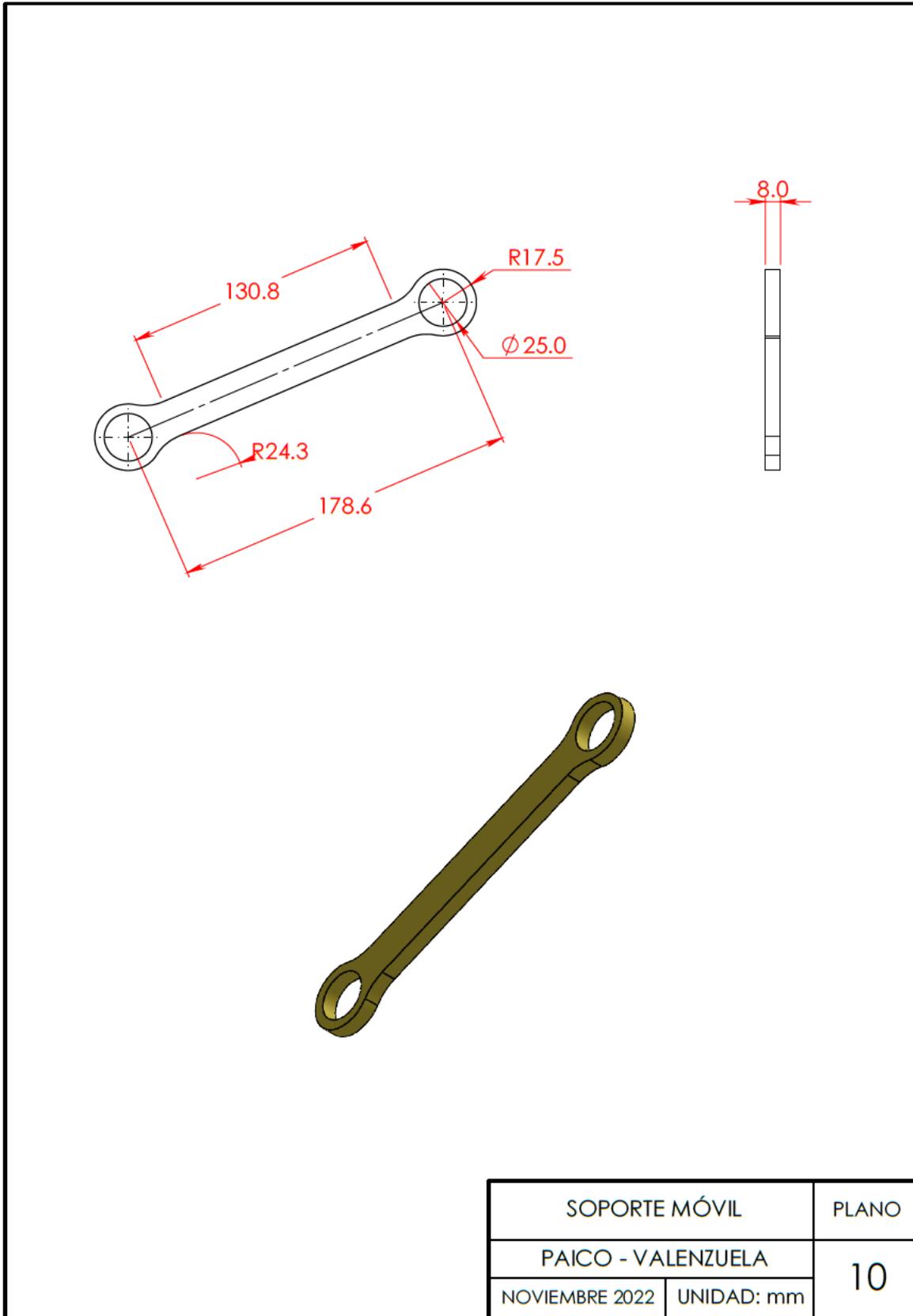


RODILLO TIPO B		PLANO
PAICO - VALENZUELA		8
NOVIEMBRE 2022	UNIDAD: mm	

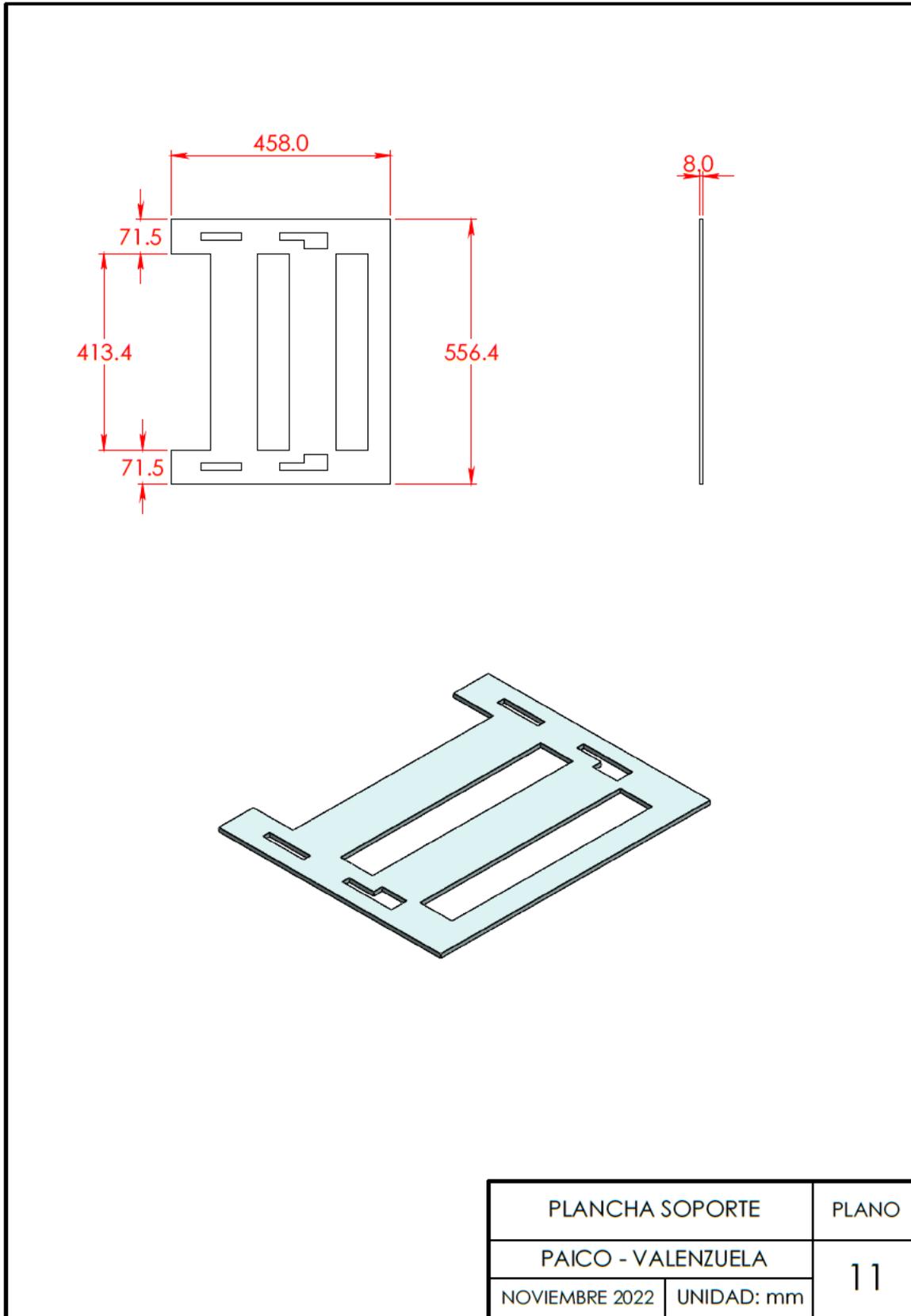
Anexo 9: Elemento de direccionamiento - soporte fijo



Anexo 10: Elemento de direccionamiento - soporte móvil

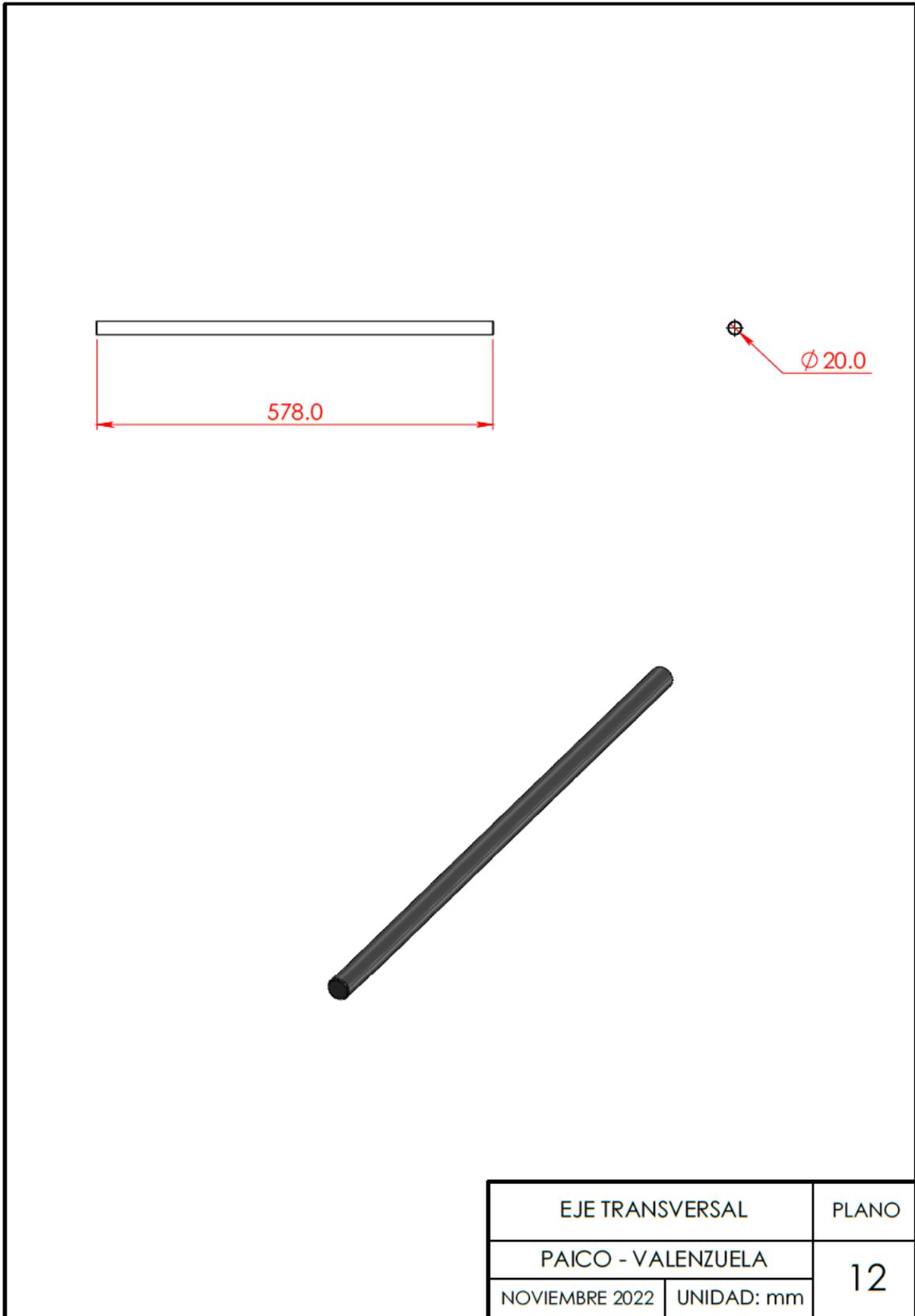


Anexo 11: Elemento de direccionamiento - plancha soporte

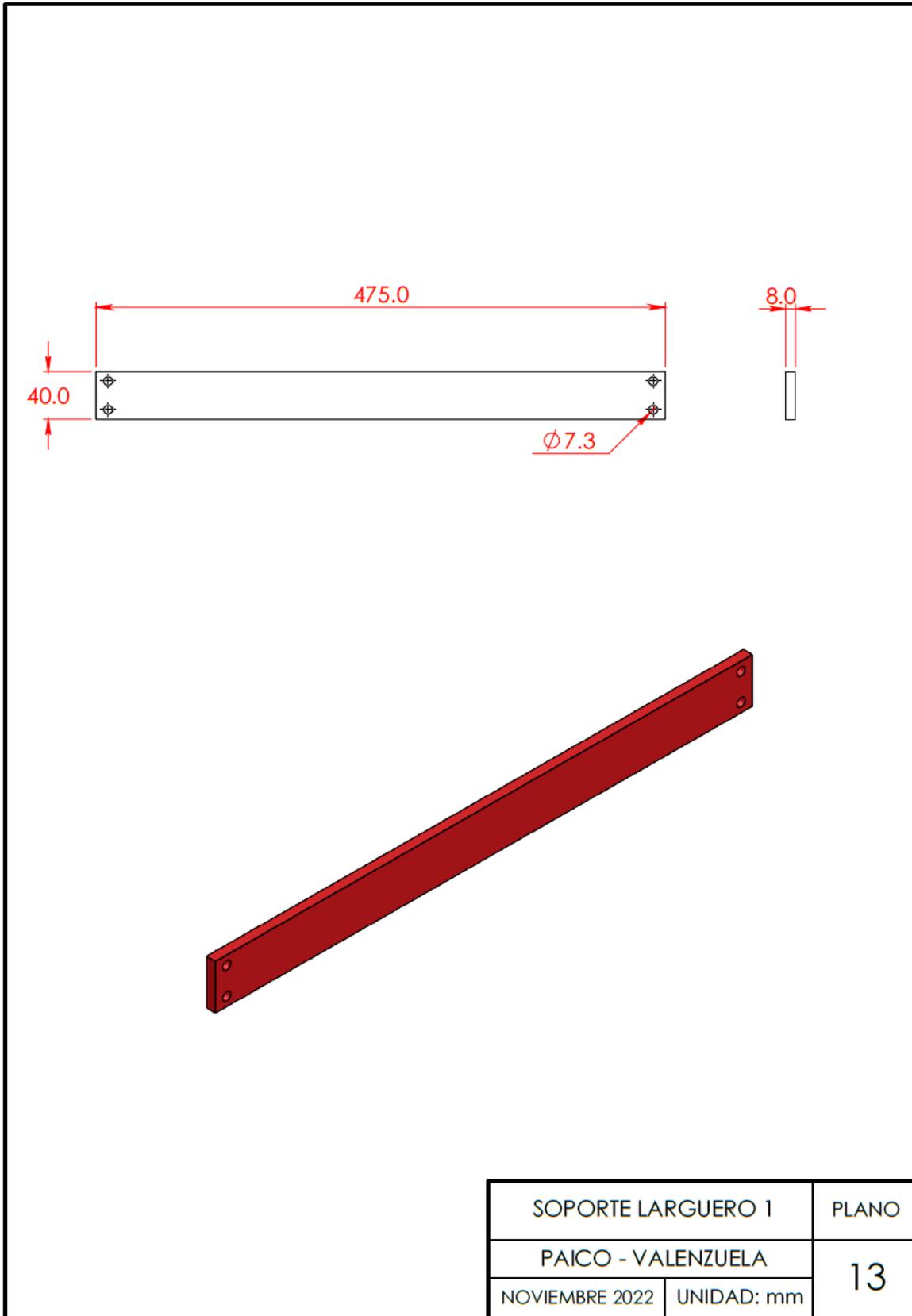


PLANCHA SOPORTE		PLANO
PAICO - VALENZUELA		11
NOVIEMBRE 2022	UNIDAD: mm	

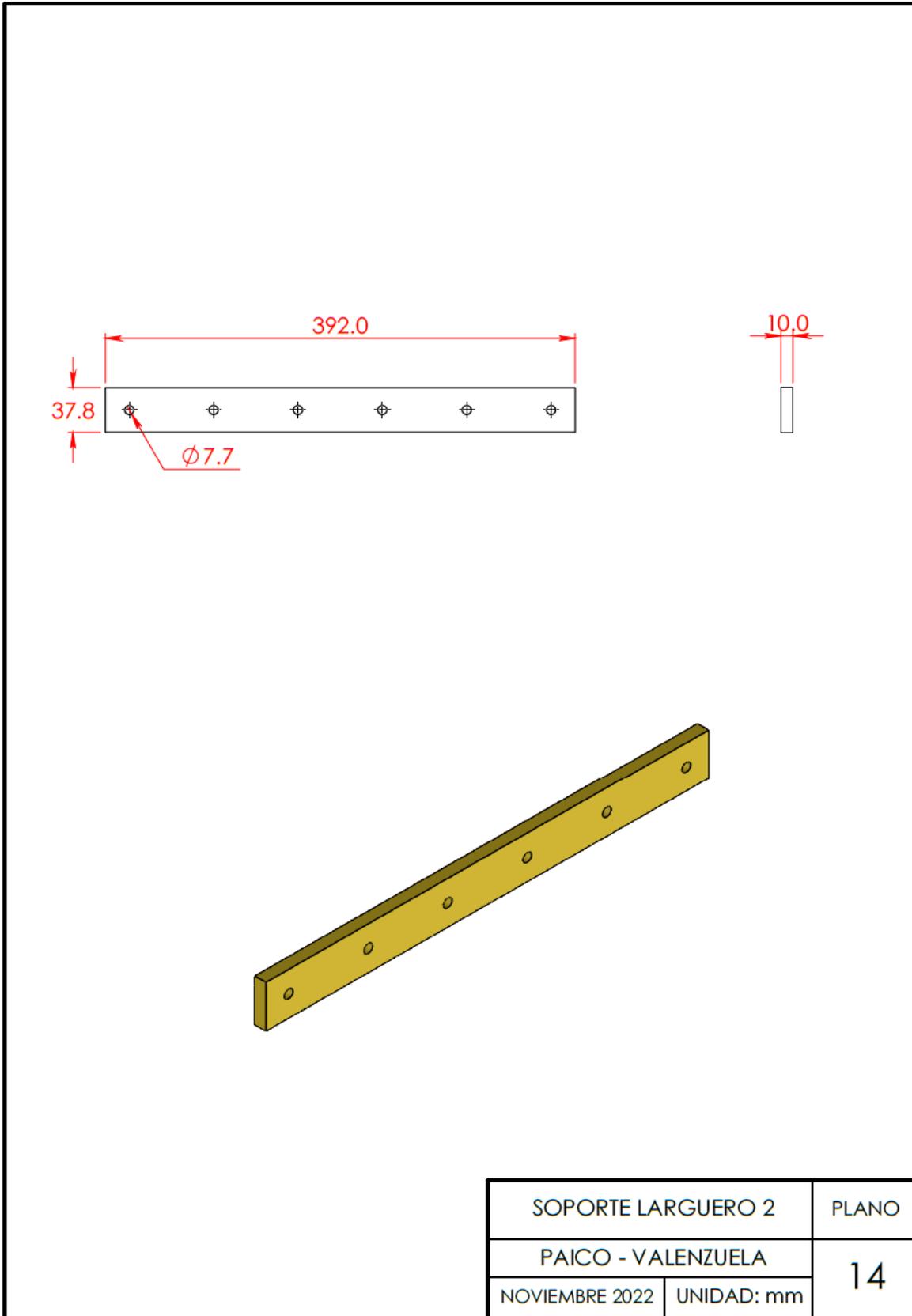
Anexo 12: Elemento de sujeción - eje transversal



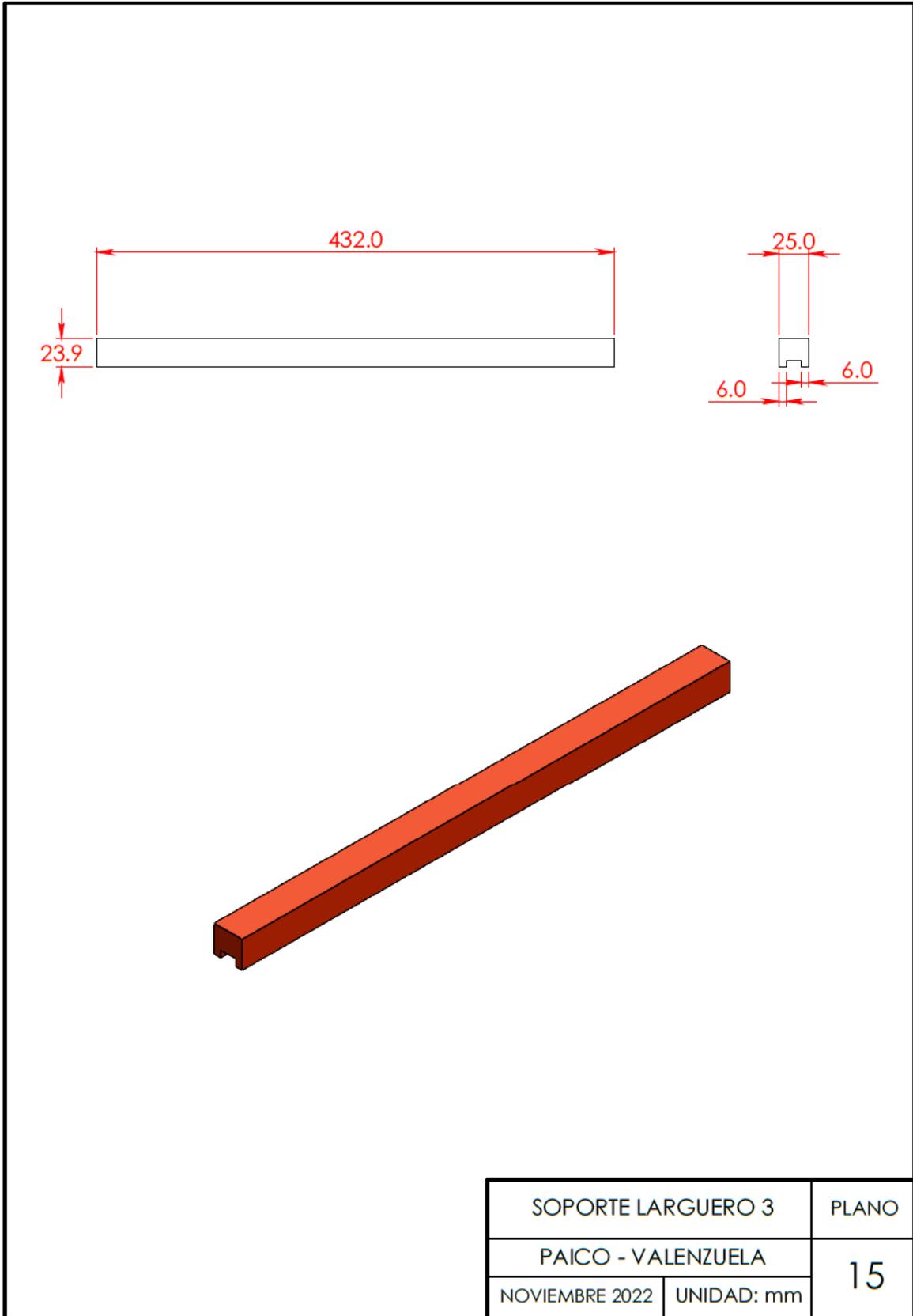
Anexo 13: Elemento de sujeción - soporte larguero 1



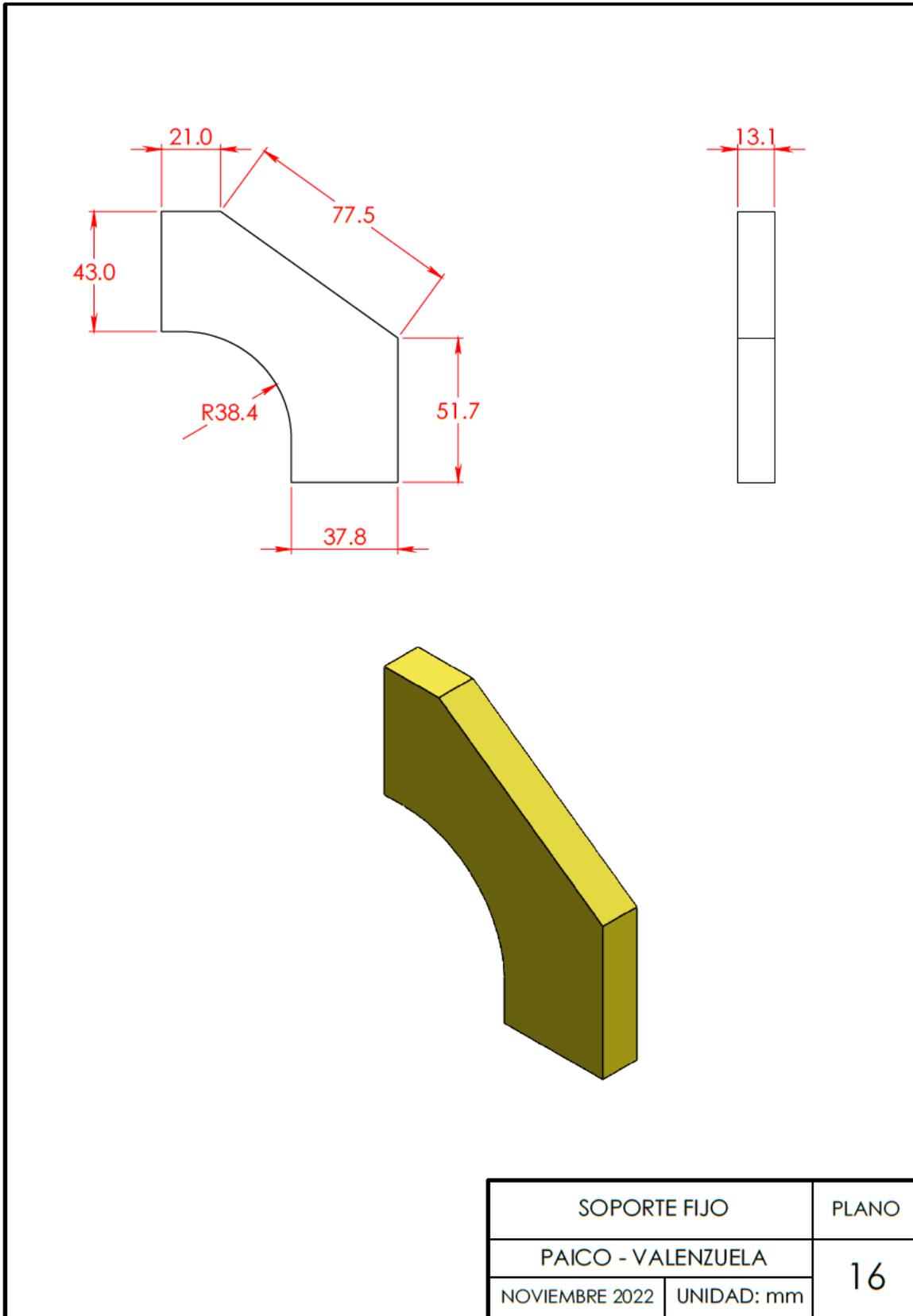
Anexo 14: Elemento de sujeción - soporte larguero 2



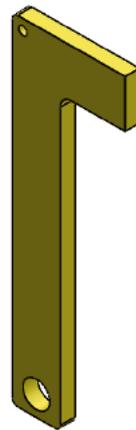
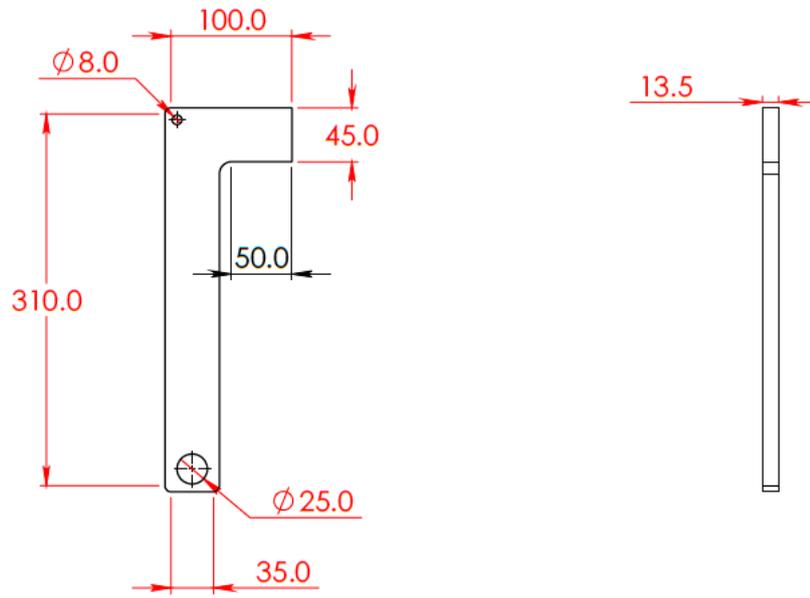
Anexo 15: Elemento de sujeción - soporte larguero 3



Anexo 16: Elemento de sujeción - soporte fijo

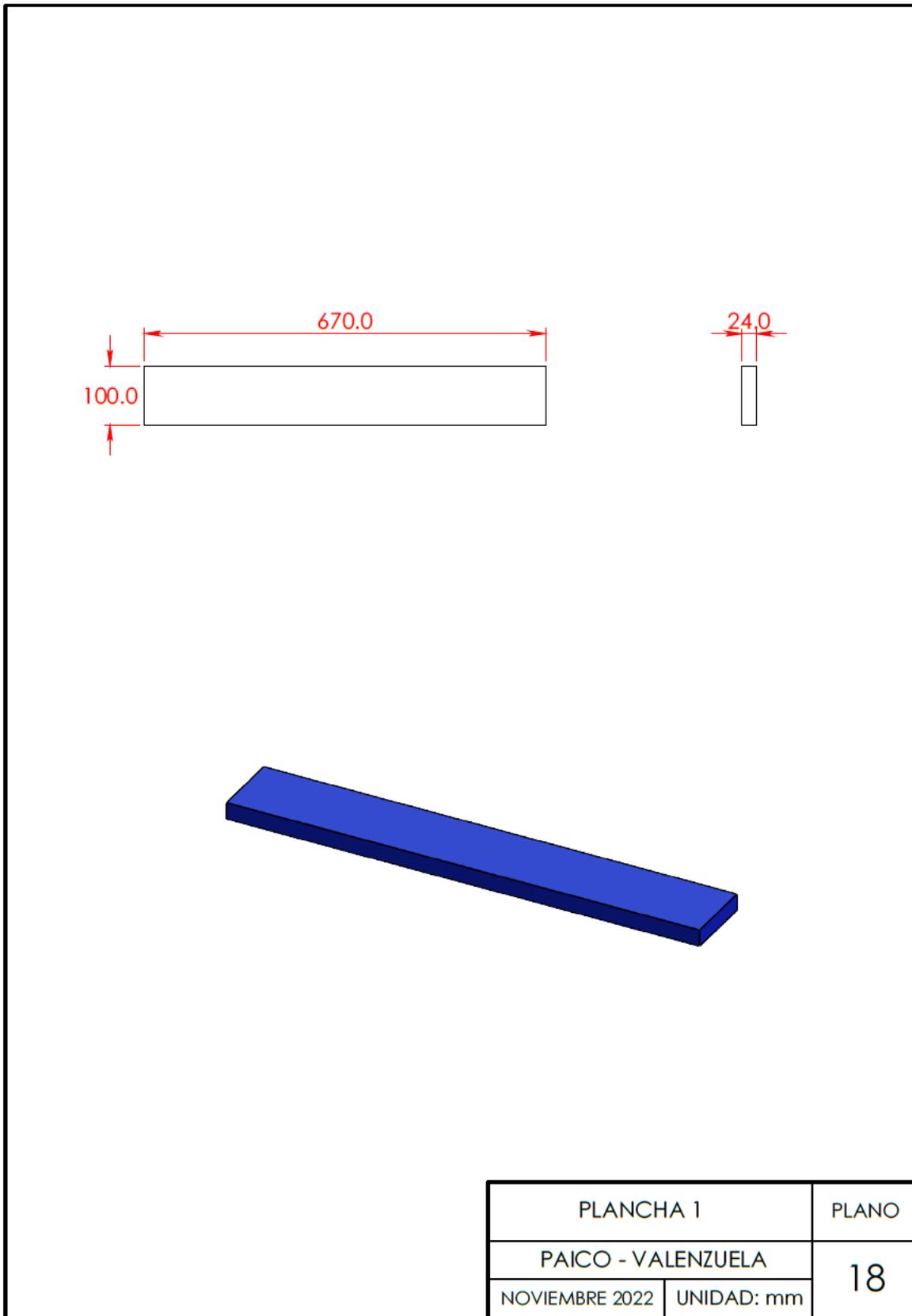


Anexo 17: Elemento de sujeción - soporte móvil

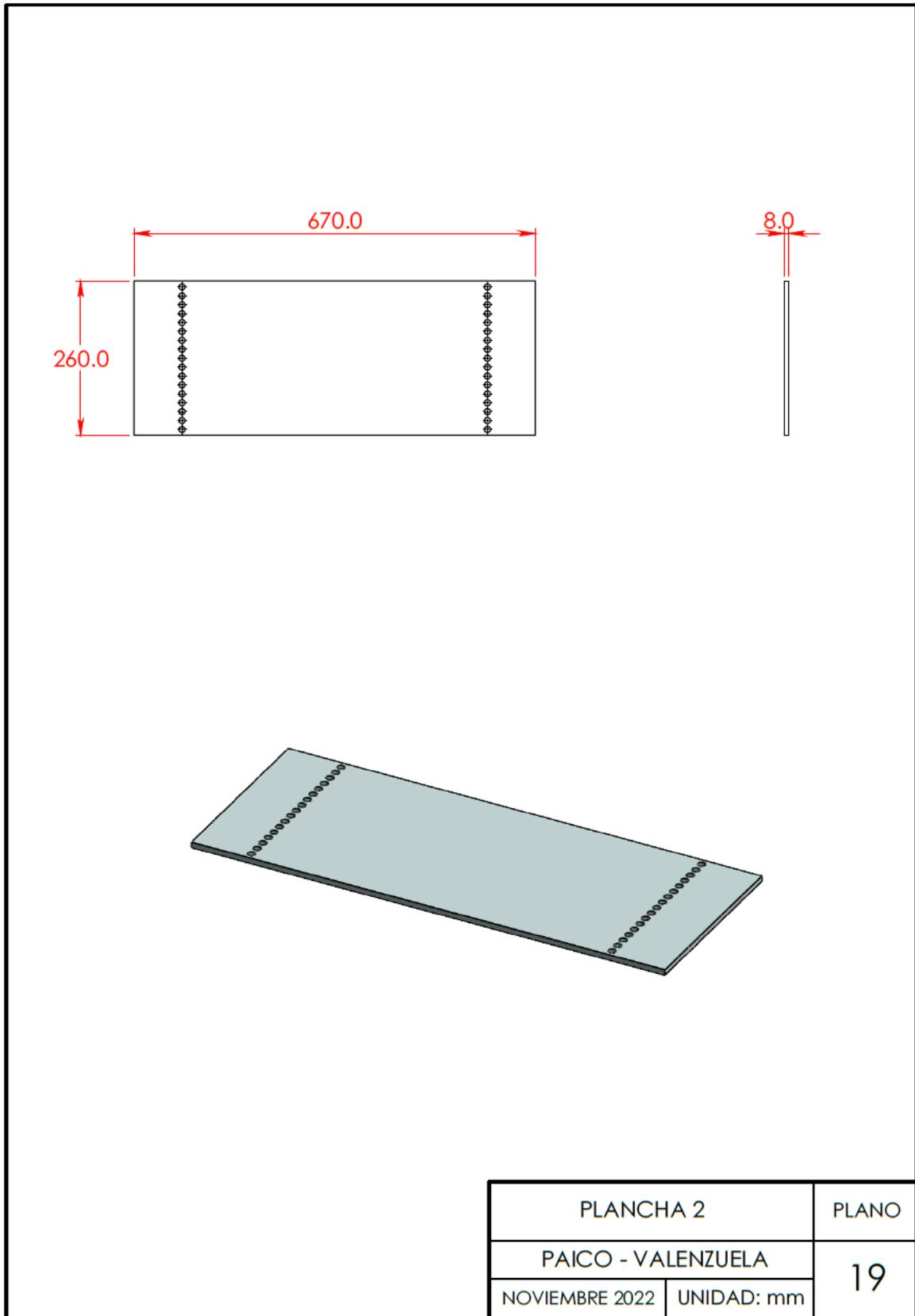


SOPORTE MÓVIL		PLANO
PAICO - VALENZUELA		17
NOVIEMBRE 2022	UNIDAD: mm	

Anexo 18: Plataforma de corte - plancha 1

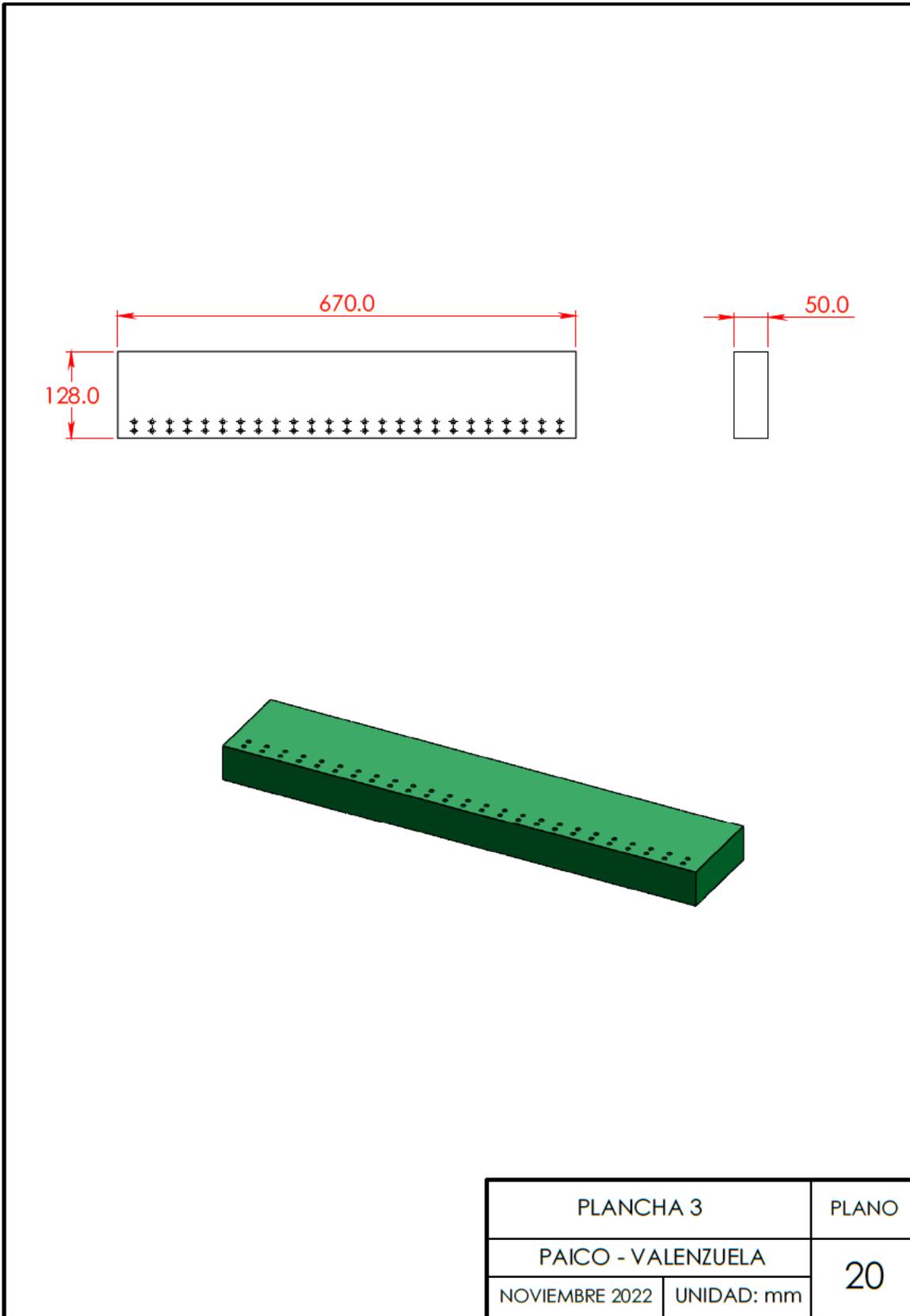


Anexo 19: Plataforma de corte - plancha 2



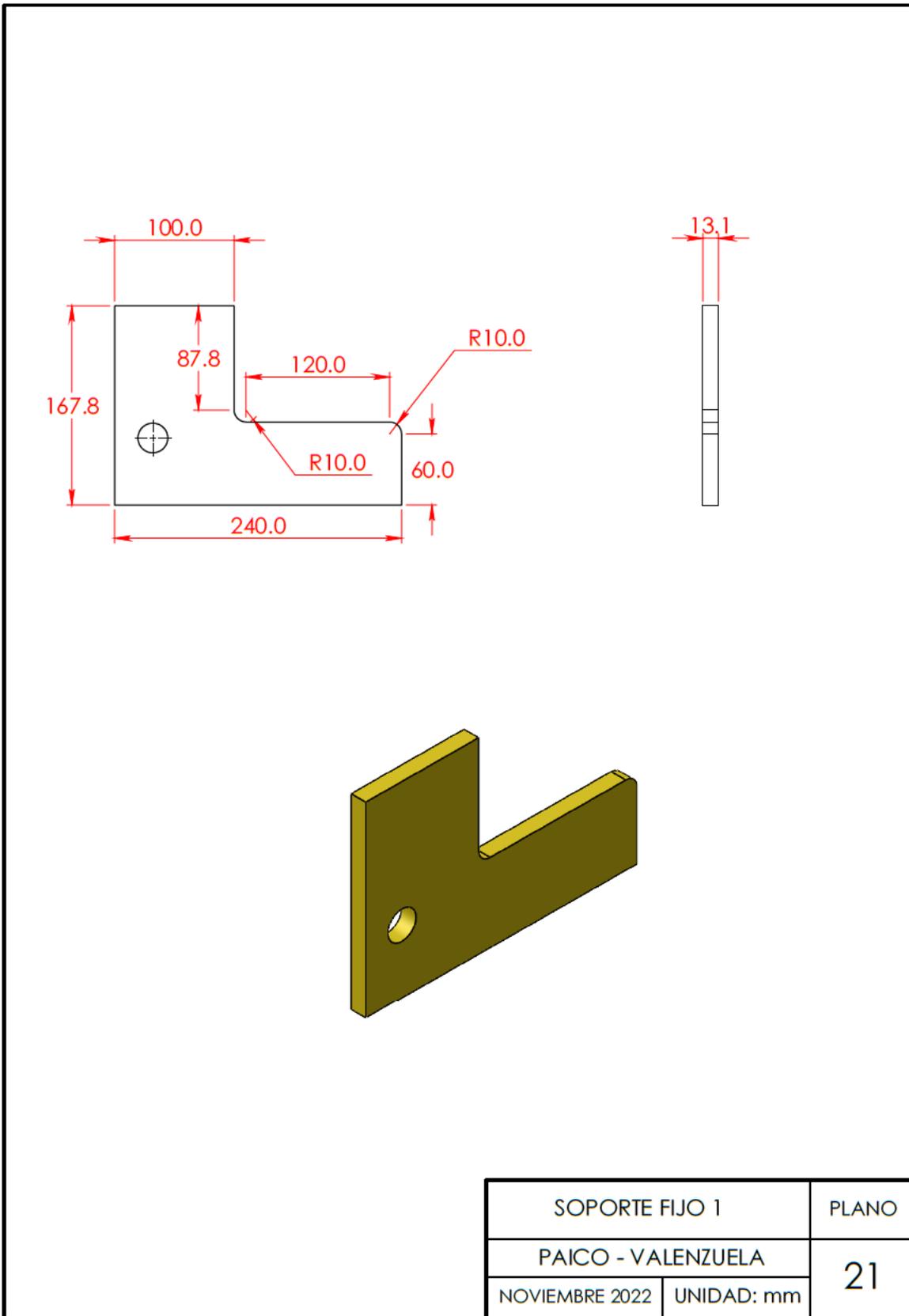
PLANCHA 2		PLANO
PAICO - VALENZUELA		19
NOVIEMBRE 2022	UNIDAD: mm	

Anexo 20: Plataforma de corte - plancha 3

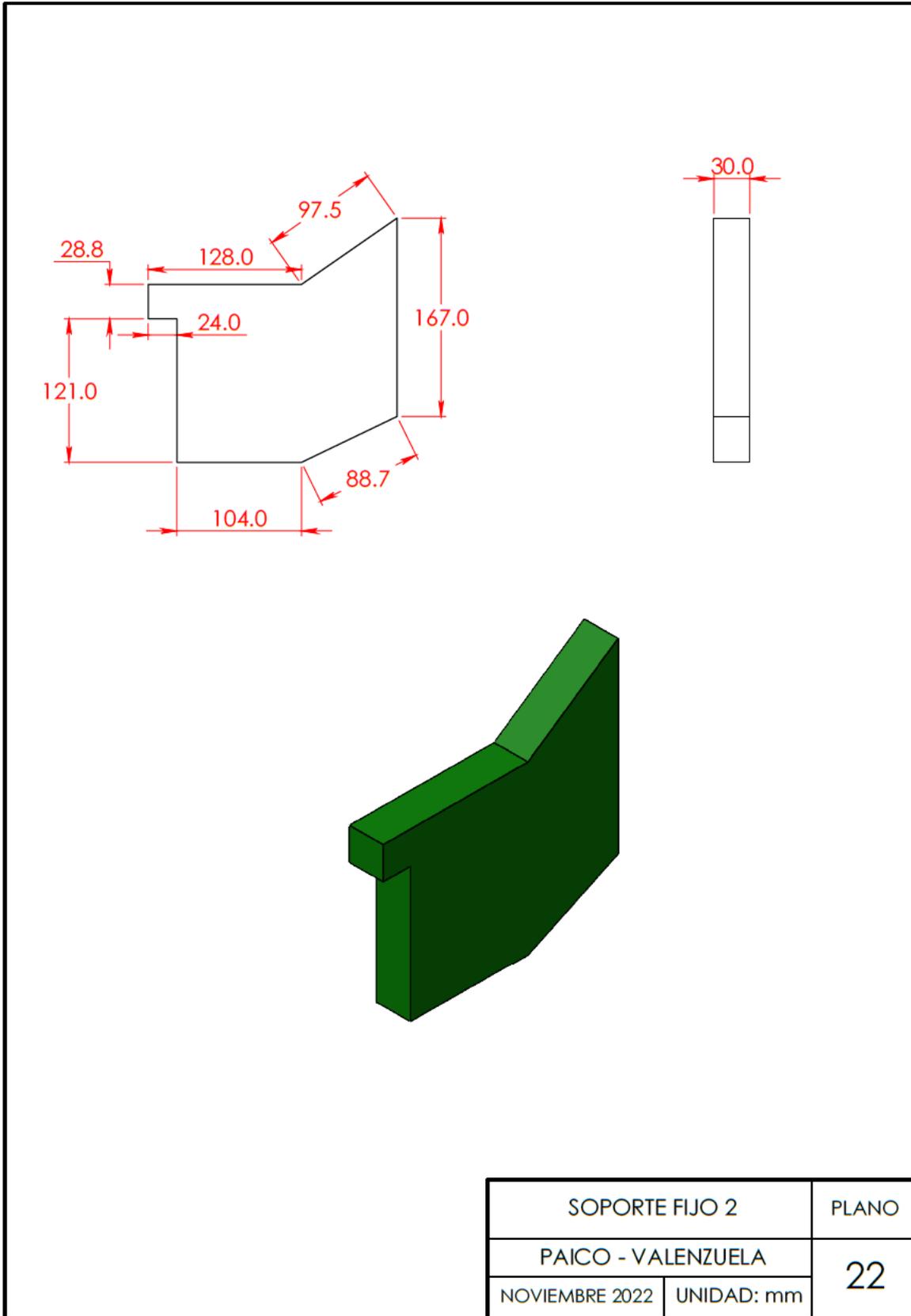


PLANCHA 3		PLANO
PAICO - VALENZUELA		20
NOVIEMBRE 2022	UNIDAD: mm	

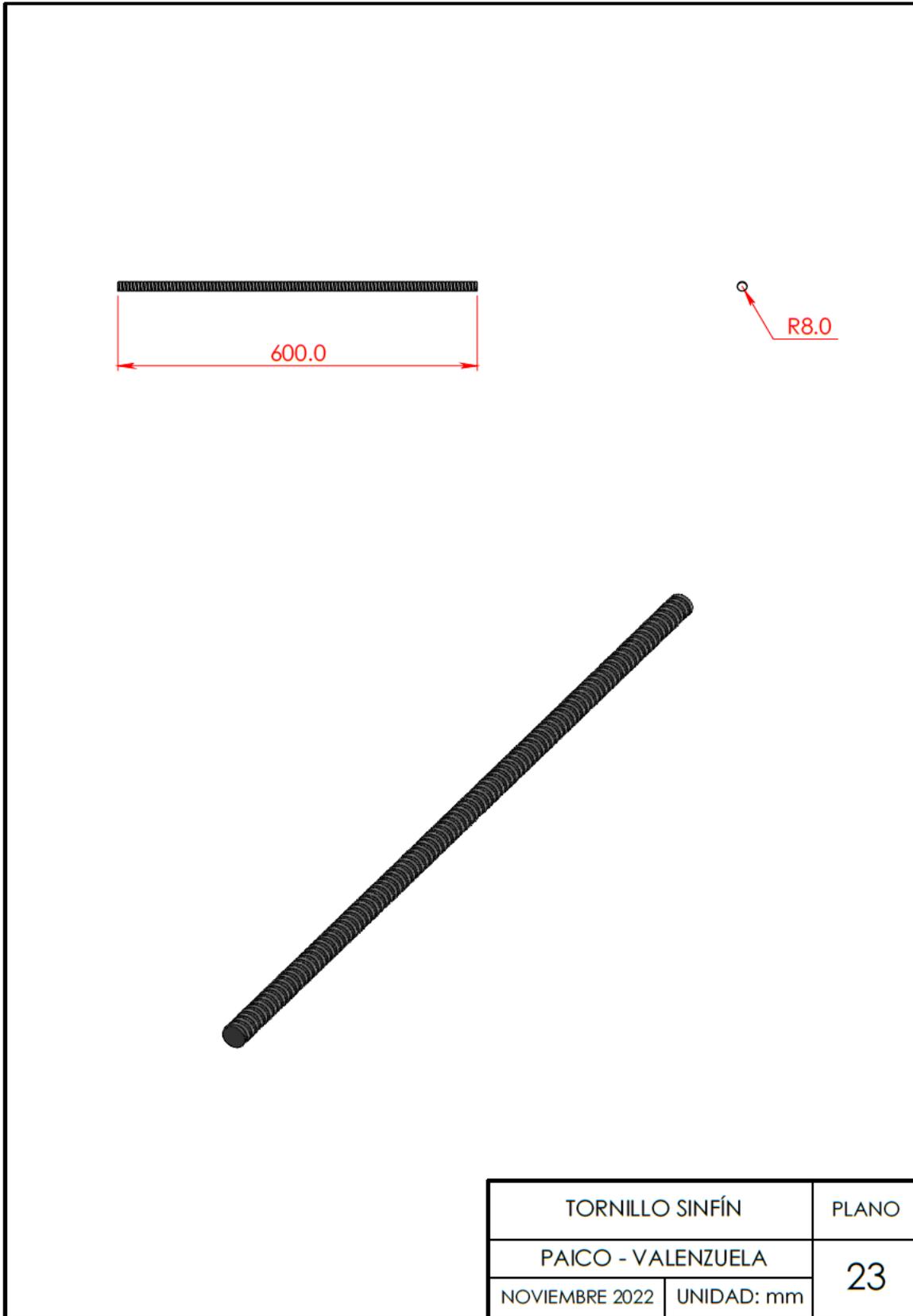
Anexo 21: Plataforma de corte - soporte fijo 1



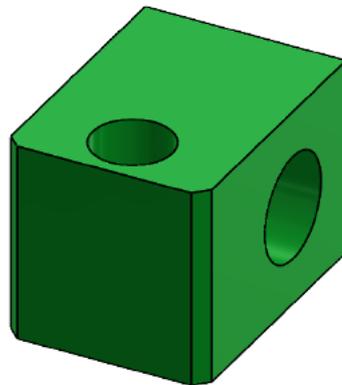
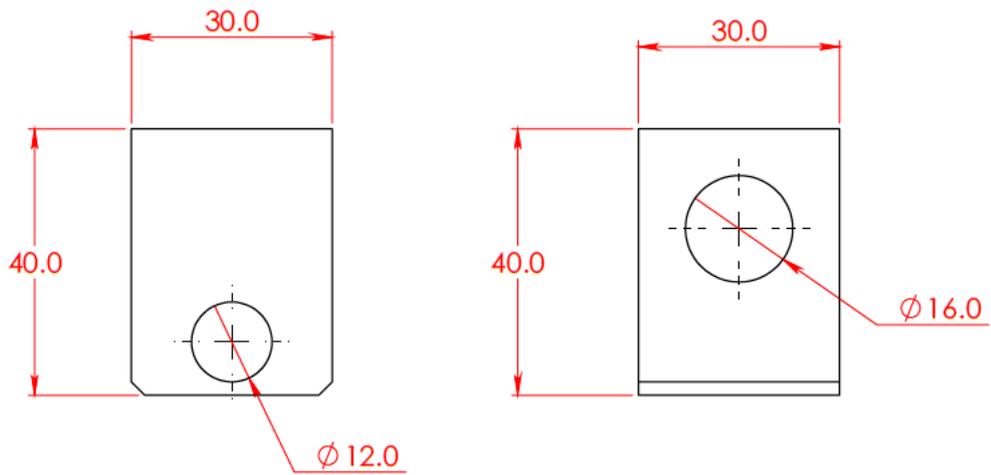
Anexo 22: Plataforma de corte - soporte fijo 2



Anexo 23: Elemento de posicionamiento - tornillo sinfín

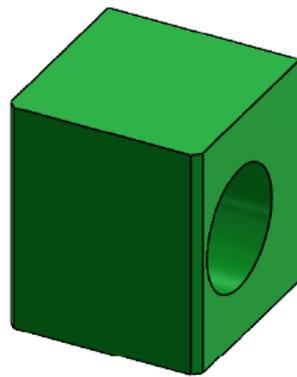
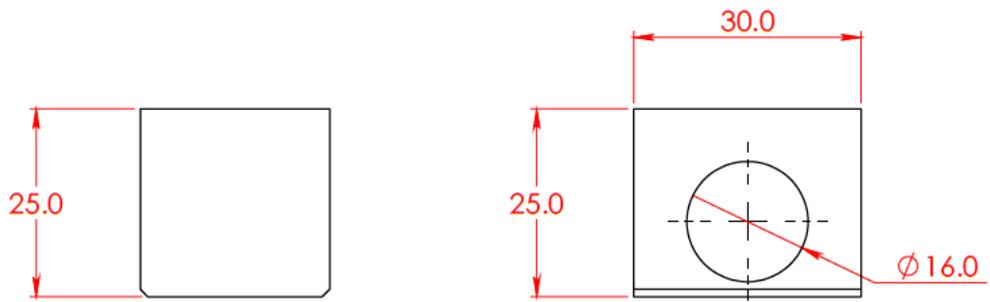


Anexo 24: Elemento de posicionamiento - soporte de sensor



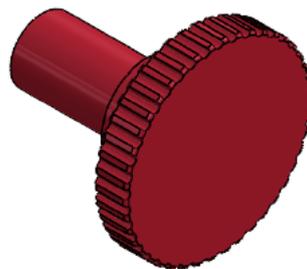
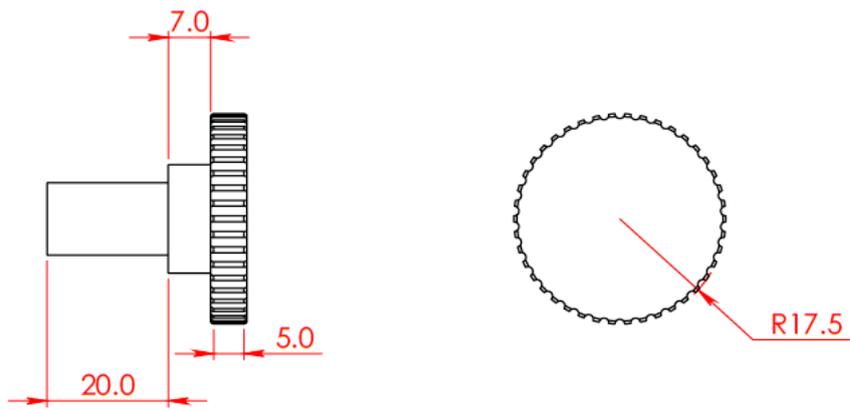
SOPORTE DE SENSOR		PLANO
PAICO - VALENZUELA		24
NOVIEMBRE 2022	UNIDAD: mm	

Anexo 25: Elemento de posicionamiento - tope extremo



TOPE EXTREMO		PLANO
PAICO - VALENZUELA		25
NOVIEMBRE 2022	UNIDAD: mm	

Anexo 26: Elemento de posicionamiento – manivela



MANIVELA		PLANO
PAICO - VALENZUELA		26
NOVIEMBRE 2022	UNIDAD: mm	

Industrial Blades

ROUNDED TIP / 4 PACK

#10538



longer-lasting Slice® safety blades

- never rust
- non-conductive
- non-magnetic
- non-sparking
- chemically inert
- safe up to 1600°C
- no sharps box needed
- no oil coating



Why Slice®?

- Slice patented safety blades are safer than traditional blades
- Slice blades last up to 11.2x longer than steel blades
- fewer blade changes means less downtime and fewer injuries
- Slice blades never rust, do not conduct electricity, are non-sparking, and are non-magnetic
- Slice blades are oil and lubricant free
- safer finger-friendly® edge cuts materials effectively
- blades are 100 percent recyclable

1% for autism
a portion of purchase price is donated to autism research.

© 2020 Slice, Inc.
Slice® is a registered trademark.
Protected by U.S. and foreign patents and patents pending.
Prices, features, specifications subject to change without notice.

SELL 10538-2.0200.627

Specifications

SKU#	10538
INNER/MASTER	6/48
PACKAGED UNIT	8-95142-10538-2 224 x 104.8 x 11.9 mm (78 g) 8.82 x 4.13 x 0.47 in (2.75 oz)
INNER	2-08-95142-10538-6
MASTER	5-08-95142-10538-7 38.2 x 24.8 x 25.3 cm (4.9 kg) 15.04 x 9.76 x 9.96 in (10.8 lb)

Technical

BLADE MATERIAL	zirconium oxide
BLADE SIZE & WEIGHT	120.6 x 17.6 x 1.33 mm (12 g) 4.75 x 0.69 x 0.05 in (0.42 oz)

Compatibility

Slice® industrial blades are designed to work exclusively with Slice handles for optimal safety and function.



- #10559 / #10560 Industrial Knives
- #10599 Long-Handled Scraper

Contact Us

Slice, Inc. (USA)
38 N. Almaden Blvd Unit 115
San Jose, California 95110 USA
T 408.370.6050 F 408.645.7045
E orders@sliceproducts.com
W www.sliceproducts.com



Anexo 28: Ficha técnica - Fuente de alimentación 24 VDC

Product data sheet Characteristics

ABL8MEM24012

regulated power supply, Phaseo, 1 or 2-phase,
100 to.240 VAC, 24 V, 1.2 A

Product availability: Stock - Normally stocked in distribution facility



Main

Range of product	Phaseo
Product or component type	Power supply
Power supply type	Regulated switch mode
Input voltage	100...240 V AC phase to phase, terminal(s): L1-L2 100...240 V AC single phase, terminal(s): N-L1 120...250 V DC
Output voltage	24 V DC
Rated power in W	30 W
Input protection type	Integrated fuse (not interchangeable)
Power supply output current	1.2 A
Output protection type	Against short-circuits
Ambient air temperature for operation	-13...131 °F (-25...55 °C) without 55...70 °C with

Complementary

Input voltage limits	85...264 V
Network frequency	47...63 Hz
Inrush current	20 A
Cos phi	0.5
Efficiency	82 %
Output voltage limits	22.2...28.8 V adjustable
Power dissipation in W	6.6 W
Current consumption	0.4 A at 240 V 0.65 A at 100 V
Line and load regulation	+/- 3 %
Residual ripple	250 mV
Holding time	>= 10 ms at 100 V >= 150 ms at 230 V
Connections - terminals	Screw type terminals input connection, connection capacity: 2 x 0.14...2 x 2.5 mm ² AWG 26...AWG 14 Screw type terminals output connection, connection capacity: 4 x 0.14...4 x 2.5 mm ² AWG 26...AWG 14
Marking	CE
Mounting support	35 x 15 mm symmetrical DIN rail Panel 2 screws, diameter : 4 mm 35 x 7.5 mm symmetrical DIN rail
Operating position	Vertical
Operating altitude	6561.68 ft (2000 m)
Output coupling	Parallel Series
Name of test	Harmonic current emission conforming to EN/IEC 61000-3-2 Conducted emissions on the power line conforming to EN 55022 Class B Electrostatic discharges conforming to EN/IEC 61000-4-2 Emission conforming to EN 50081-1 Induced electromagnetic field conforming to EN/IEC 61000-4-6 Primary outage conforming to IEC 61000-4-11 Radiated electromagnetic field conforming to EN/IEC 61000-4-3 Radiated emissions conforming to EN 55022 Class B Rapid transient conforming to IEC 61000-4-4 Surge conforming to EN/IEC 61000-4-5
Status LED	1 LED green output voltage

Aug 9, 2019

Anexo 30: Ficha técnica – HMI Delta TP04

■ Panel Function Explanation

Panel component	Explanation
Alarm LED indicator (RED)	Status 1: When power is on, LED will start to blink slowly Status 2: When there is an abnormal situation, LED will blink quickly along with an alarm sound.
RS-232 LED indicator (yellow)	LED will blink when transmits program and communicates via RS-232.
RS-485/RS-422 LED indicator (green)	LED will blink when communicates via RS-485/RS-422.
Displaying area	Liquid Crystal Module display area. It is used to display current program status.
Escape/Exit key	It is used to cancel an incorrect input, or to exit a programming step.
Shift key	It is used to select function keys F0 ~ F9 and other keys for special function.
Arrow keys	UP/Pg Up: It is used to increase the value or move up one page. Pg Dn/DOWN: It is used to decrease the value or move down one page. Left: This key is left direction key and it can be used to select the position of the value. Right: This key is right direction key and it can be used to select the position of the value.
Enter key	It is used to input a value or accept a programming command.
Function keys	F0/F5: It is used to be constant 0 (F0) and 5 (Shift+F0) when it is in the system menu, the user can use it to define functions separately when they are in user page. F1/F6: It is used to be constant 1 (F1) and 6 (Shift+F1) when it is in the system menu, the user can use it to define functions separately when they are in user page. F2/F7: It is used to be constant 2 (F2) and 7 (Shift+F2) when it is in the system menu, the user can use it to define functions separately when they are in user page.

■ Function Specifications

Item	TP04G-AS2	
Screen type	STN-LCD	
Display color	Monochromatic	
Backlight	The back-light automatic turn off time is 1 ~ 99 minutes (0 = DO NOT turn off) (The back-light life is about 50 thousand hours at 25°C)	
Resolution	128x64 dots	
Display range	(W) x (H) = 72 x 40 (unit: mm); 3.00" (diagonal preferred)	
Contrast adjustment	10 levels of adjustment	
Language/Font	ASCII: (Code page 850) Alphanumeric (including European characters) Taiwan: (Big 5 codes) Traditional Chinese Fonts China: (GB2324-80 codes) Simplified Chinese Fonts	
Display screen	5x8 dots	25 charactersx8 rows
	Display 8x8 dots	16 charactersx8 rows
	text 8x12 dots	16 charactersx5 rows
	8x16 dots	16 charactersx4 rows
Font Size	ASCII: 5x8, 8x8, 8x12, 8x16	
Alarm LED indicator (RED)	1. Power on indication (Blink for three times); 2. Communication error alarm; 3. Special indication by user programming.	
RS-232 LED indicator (yellow)	It will blink when transmitting program and communicating by using RS-232.	
RS-485/RS-422 LED indicator (green)	It will blink when communicating by using RS-485/RS-422.	
Program memory	256KB flash memory	
RAM of system	32K Byte	
External interface	Serial communication port RS-232 (COM1)	Unsynchronized transmission method: RS-232; Data length: 7 or 8 bits, Stop bits: 1 or 2 bits; Parity: None/Odd/Even; Transmission speed: 9,600 bps ~ 115,200 bps; RS-232: 9 PIN D-SUB male.
	Extension communication port RS-422 (COM1) RS-485 (COM2)	Unsynchronized transmission method: RS-485 / RS-422; Data length: 7 or 8 bits; Stop bits: 1 or 2 bits; Parity: None/Odd/Even; Transmission speed: 9,600 bps ~ 115,200 bps; RS-422: 9 PIN D-SUB male; RS-485: 5 PIN removal terminal.
	Extension interface	1. Update firmware version. 2. The slot for program copy card.
	Battery cover	3V DC battery for HMI
	5 PIN removal terminal	Include 24V DC input and RS-485 communication input

■ Electrical Specifications

Specifications	TP04G-AS2
Communication interface	COM1: RS-232/RS-422; COM2: RS-485.
Waterproof class of front panel	IP65/NEMA4
Operating temperature for hardware	0 ~ 50°C; 20 ~ 90% RH (non-condensing)
Storage temperature for hardware	-20 ~ 60°C
Vibration	5Hz ≤ f < 9Hz = Continuous: 1.75mm/Occasional: 3.5mm 9Hz ≤ f ≤ 150Hz = Continuous: 0.5g/Occasional: 1.0g
Shock	15g peak, 11ms duration, half-sine, three shocks in each direction per axis, on 3 mutually perpendicular axes (total of 18 shocks)
Radiated emission	CISPR 11, Class A
Electrostatic discharge immunity	EN61000-4-2
Radiated immunity	EN61000-4-3
Electrical fast transient	EN61000-4-4
Weight/dimensions	0.24kg; 147x97x35.5mm (Width(W)xHeight(H)xDeep(D))
Cooling method	Natural air cooling

Anexo 31: Carta de autorización para presentación de tesis



Lima, noviembre del 2022

Señores:

Universidad Ricardo Palma
Facultad de Ingeniería
Escuela profesional de Ingeniería Mecatrónica

Presente. -

Por medio del siguiente documento, autorizamos a los señores Anthony German Paico Rivas y Jessy Luis Antony Valenzuela Suarez la presentación de su tesis, la cual lleva como título: "Automatizado en corte del separador de placas para fabricación de baterías de plomo ácido utilizando PLC y HMI Delta en la empresa Baterías Volta". A fin de que puedan tomar datos y realizar fotografías y videos dentro de nuestras instalaciones.

Sin otro particular, me despido

Atentamente,



BATERIAS VOLTA S.A
.....
ALFONSO PEYON CASARETTO
GERENTE GENERAL



Calle Cuatro Mz "A1" Lt 7y8 - Z.I. Las Vegas - Puente Piedra

Teléfono: (511) 715-6076 / 715-6077

volta@bateriasvolta.com

www.bateriasvolta.com