



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Diseño y construcción de un Sistema Neumático Automatizado de Almacenamiento/ Recuperación (AS/RS) mediante el reconocimiento de productos con códigos QR, en el Laboratorio de Neutrónica e Hidrónica en la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe Sede Latacunga.

Almeida Cevallos, Sebastian Alejandro y Gálvez Jácome, Bryan Rafael

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Ingeniería en Electromecánica

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico

Ing. Sánchez Ocaña, Wilson Edmundo

Latacunga

29 de Septiembre del 2020



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, ***"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA NEUMÁTICO AUTOMATIZADO DE ALMACENAMIENTO/ RECUPERACIÓN (AS/RS) MEDIANTE EL RECONOCIMIENTO DE PRODUCTOS CON CÓDIGOS QR, EN EL LABORATORIO DE NEUTRÓNICA E HIDRÓNICA EN LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE SEDE LATACUNGA"*** fue realizado por el señor ***ALMEIDA CEVALLOS, SEBASTIAN ALEJANDRO*** y el señor ***GÁLVEZ JÁCOME, BRYAN RAFAEL***, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustenten públicamente.

Latacunga, 29 de Septiembre del 2020



ING. SÁNCHEZ OCAÑA, WILSON EDMUNDO





C.C.: 0501529937

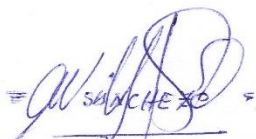


Document Information

Analyzed document TESIS_AS_RS_ALMEIDA_GÁLVEZ_27 Sep 2020.docx (D80008648)
Submitted 9/27/2020 4:25:00 PM
Submitted by Sanchez Ocaña Wilson Edmundo
Submitter email wesanchez@espe.edu.ec
Similarity 1%
Analysis address wesanchez.espe@analysis.arkund.com

Sources included in the report

- | | | |
|-----------|---|---|
| W | URL: https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10045/1/T-ESPEL-EMI-0287.pdf
Fetched: 7/7/2020 9:20:38 AM |  1 |
| SA | Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Tesis ESPE OK, DISCOS.docx
Document Tesis ESPE OK, DISCOS.docx (D14231920)
Submitted by: jcrocha@espe.edu.ec
Receiver: jcrocha.espe@analysis.arkund.com |  3 |
| W | URL: https://docplayer.es/122638663-Escuela-politecnica-del-ejercito-extension-latacung...
Fetched: 4/23/2020 8:33:07 AM |  1 |
| W | URL: https://docplayer.es/42950569-Universidad-tecnica-del-norte-facultad-de-ingenieria...
Fetched: 1/11/2020 8:06:59 AM |  1 |



ING. SÁNCHEZ OCAÑA, WILSON EDMUNDO
C.C.: 0501529937



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotros, **ALMEIDA CEVALLOS, SEBASTIAN ALEJANDRO** y **GÁLVEZ JÁCOME, BRYAN RAFAEL**, con cédulas de ciudadanía 0503236358 y 0503502015 declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación "**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA NEUMÁTICO AUTOMATIZADO DE ALMACENAMIENTO/ RECUPERACIÓN (AS/RS) MEDIANTE EL RECONOCIMIENTO DE PRODUCTOS CON CÓDIGOS QR, EN EL LABORATORIO DE NEUTRÓNICA E HIDRÓNICA EN LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE SEDE LATACUNGA**" es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas

Latacunga, 29 de Septiembre del 2020

ALMEIDA CEVALLOS, SEBASTIAN A.

GÁLVEZ JÁCOME, BRYAN RAFAEL

C.C.: 0503236358

C.C.: 0503502015



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros, *ALMEIDA CEVALLOS, SEBASTIAN ALEJANDRO* y *GÁLVEZ JÁCOME, BRYAN RAFAEL*, con cédulas de ciudadanía 0503236358 y 0503502015 autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: *"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA NEUMÁTICO AUTOMATIZADO DE ALMACENAMIENTO/ RECUPERACIÓN (AS/RS) MEDIANTE EL RECONOCIMIENTO DE PRODUCTOS CON CÓDIGOS QR, EN EL LABORATORIO DE NEUTRÓNICA E HIDRÓNICA EN LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE SEDE LATACUNGA"* en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 29 de Septiembre del 2020

ALMEIDA CEVALLOS, SEBASTIAN A.

C.C.: 0503236358

GÁLVEZ JÁCOME, BRYAN RAFAEL

C.C.: 0503502015

DEDICATORIA

A Dios por la fuerza espiritual y las buenas energías que he tenido en el transcurso de mi vida para no rendirme, a mis padres Edison y Nancy por su apoyo incondicional, paciencia y principios morales inculcados desde mi niñez, a mi hermano Daniel por su compañía, cuidado y aprecio en todo momento, por último, a mi abuelito Luis por estar presente siempre en mi vida con su amor, alegría, cariño y preocupación total por mi bienestar. Gracias por ser una familia tan genial.

Sebastian Almeida C.

DEDICATORIA

El proyecto le dedico a mi familia quienes son el motor y la fuerza que me impulsa a seguir adelante, asimismo por haberme inculcado que la humildad y los buenos valores son la base para la verdadera grandeza.

A mis padres Rafael y Lida quienes han sido los pilares más importantes para mi desarrollo personal, además de ser una fuerte inspiración para seguirme superando y enseñarme que el éxito depende del esfuerzo.

Bryan Gálvez J.

AGRADECIMIENTO

A mi familia por darme la oportunidad de formarme académicamente en esta Universidad, siendo el apoyo y fortaleza para culminar esta etapa. A todos mis amigos y personas que me brindaron su mano de manera desinteresada a lo largo de mi carrera, gracias por su amistad, ayuda y consejos en las peores circunstancias, suscitando buenos momentos y facilitando este proceso con compañerismo y alegría. De igual manera agradezco a mi director de tesis el Ing. Wilson Sánchez por la confianza y amistad para realizar este proyecto con sus conocimientos inculcados y consejos de seguir adelante.

En general, a todos los docentes de la carrera quienes fueron mi fuente de conocimientos, permitiéndome cumplir mi carrera profesional.

Sebastian Almeida C.

AGRADECIMIENTO

A Dios por bendecirme con una familia maravillosa y haberme acompañado en los momentos más difíciles. A mi familia por su apoyo constante y los consejos que me dieron para poder culminar con éxito esta meta.

A la Universidad y docentes quienes supieron brindarme sus sabios conocimientos, amistad y confianza durante mi formación profesional, de manera especial, a nuestro director de Carrera Ing. Wilson Sánchez, por su profesionalismo, paciencia y apoyo incondicional para poder plasmar nuestra idea en un proyecto de grado y haber fomentado en nosotros un anhelo de superación.

A las personas que de una u otra manera contribuyeron con su experiencia y conocimiento para culminar con mucha satisfacción este proyecto.

Bryan Gálvez J.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	1
CERTIFICACIÓN	2
REPORTE URKUND.....	3
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA.....	4
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....	5
DEDICATORIA	6
DEDICATORIA	7
AGRADECIMIENTO	8
AGRADECIMIENTO	9
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	10
ÍNDICE DE FIGURAS	13
ÍNDICE DE TABLAS.....	18
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	19
RESUMEN	20
ABSTRACT.....	21
CAPÍTULO I	
PROBLEMÁTICA.....	22
1.1. Planteamiento del problema.....	22
1.2. Antecedentes.....	22
1.3. Justificación e importancia.....	23
1.4. Objetivos	24
CAPÍTULO II	
FUNDAMENTOS TEÓRICOS	26
2.1. Sistemas de almacenamiento convencional.....	26
2.2. Sistemas de Almacenamiento Automatizados.....	26
2.3. Sistemas automatizados de Almacenamiento y Recuperación (AS/RS).....	27
2.4. Componentes y características de funcionamiento de un AS/RS.....	27
2.5. Tipos de AS/RS	29
2.6. Sistemas AS/RS en el mercado	32
2.7. Ventajas y desventajas de sistemas de almacenamiento automatizados.....	34
2.8. Módulos de entrenamiento didáctico de almacenamiento automático.....	35

	11
2.9. Actuadores neumáticos.....	37
2.10. Electroválvulas neumáticas.....	39
2.11. Componentes complementarios de un sistema neumático.....	42
2.12. Sensores de proximidad.....	46
2.13. Fuente de alimentación	47
2.14. Banda transportadora.....	47
2.15. Códigos QR.....	50
2.16. Controlador Lógico Programable.....	50
2.17. PROFINET	52
2.18. Modbus TCP/IP.....	54
2.19. Arduino MEGA ADK	57
2.20. HMI (Interfaz Hombre - Máquina).....	59
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA	60
3.1. Antecedentes Investigativos	60
3.2. Modalidad de Investigación	62
3.3. Tipo de investigación	62
3.4. Diseño de la Investigación	63
3.5. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	64
3.6. Validez y confiabilidad del instrumento de recolección.....	65
3.7. Procesamiento y análisis de la información.....	65
CAPÍTULO IV	
ANÁLISIS DE DATOS	66
4.1. Análisis de resultados.....	66
4.2. Selección de elementos eléctricos-neumáticos.....	69
4.3 Esquema funcional del módulo.....	81
4.4 Modelo gráfico de la solución del módulo.....	83
4.5. Planteamiento de la Hipótesis.....	85
4.6. Comprobación de la Hipótesis	85
4.7. Viabilidad del proyecto	86
CAPÍTULO V	
PROPUESTA	87
5.1. Datos informativos.....	87

	12
5.2. Objetivos	87
5.3. Justificación de la Propuesta.....	88
5.4. Fundamentación de la Propuesta	89
5.5. Diseño de la Propuesta.....	89
5.6. Diseño del módulo de almacenamiento y recuperación	90
5.7. Diseño de la cinta transportadora	93
5.8. Diseño de la Máquina S/R (Storage/Retrieval)	112
5.9. Diseño de la estantería	131
5.10. Diseño de productos con códigos QR	132
5.11. Diseño de la mesa base.....	135
5.12. Diseño de la bancada	140
5.13. Diseño del circuito eléctrico y neumático.....	140
5.14. Construcción e implementación del módulo didáctico.....	141
5.15. Implementación del sistema de control para el módulo AS/RS.....	147
5.16. Programación S7 1200	159
5.17. Configuración y Programación de la Pantalla HMI	167
5.18. Pruebas de funcionamiento del módulo didáctico.....	172
5.19. Análisis de resultados de pruebas de funcionamiento.....	176
CAPÍTULO VI	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	178
6.1. Conclusiones.....	178
6.2. Recomendaciones.....	180
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	181
ANEXOS	188

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>AS/RS con Componentes Indicados</i>	28
Figura 2	<i>Unit Load AS/RS</i>	29
Figura 3	<i>Deep-Lane AS/RS</i>	30
Figura 4	<i>MiniLoad AS/RS</i>	30
Figura 5	<i>Man On Board AS/RS</i>	31
Figura 6	<i>Vertical Lift Storage Modules</i>	32
Figura 7	<i>Sistemas de Almacenamiento en Familia Sancela Colombia</i>	33
Figura 8	<i>Tecnología AS/RS en Amazon</i>	33
Figura 9	<i>Módulo ITS-201-Almacén Automático</i>	35
Figura 10	<i>Módulo de Almacenamiento Automático DLFA-AS/RS(A)</i>	36
Figura 11	<i>Esquema de un Actuador Neumático</i>	37
Figura 12	<i>Cilindro de Doble Efecto</i>	39
Figura 13	<i>Válvula N.C. 2/2</i>	39
Figura 14	<i>Válvula 5/3</i>	41
Figura 15	<i>Válvula Generadora de Vacío</i>	42
Figura 16	<i>Unidad de Mantenimiento FRL</i>	43
Figura 17	<i>Válvula de Control de Flujo de Aire</i>	44
Figura 18	<i>Racor Neumático</i>	45
Figura 19	<i>Manguera Neumática</i>	45
Figura 20	<i>Sensor Magnético</i>	46
Figura 21	<i>Sensor Óptico</i>	47
Figura 22	<i>Fuente de Alimentación</i>	47
Figura 23	<i>Banda Transportadora</i>	48
Figura 24	<i>Banda PVC con Agravado en Relieve</i>	49
Figura 25	<i>Banda de PVC, TPU o Cobertura Superior</i>	49
Figura 26	<i>Código QR y Lector</i>	50
Figura 27	<i>Estructura General de un PLC</i>	51
Figura 28	<i>Estructura general de un PLC S7 1200</i>	52
Figura 29	<i>Diagrama Básico de PROFINET</i>	53
Figura 30	<i>Instrucción MB_CLIENT</i>	55
Figura 31	<i>Arduino MEGA ADK</i>	58

Figura 32	<i>Interfaz Hombre-Máquina</i>	59
Figura 33	<i>Esquema del Módulo Didáctico AS/RS</i>	67
Figura 34	<i>Fuente de Alimentación 24 V DC, 120 W</i>	70
Figura 35	<i>Lector de Códigos QR</i>	72
Figura 36	<i>Sensor Óptico QIGI</i>	73
Figura 37	<i>Sensor Magnético SICK</i>	74
Figura 38	<i>Actuador Lineal DGLP FESTO</i>	75
Figura 39	<i>Cilindro Pistón CHINT</i>	75
Figura 40	<i>Electoválvula 5/3 Heschen</i>	76
Figura 41	<i>Válvula Reguladora de Caudal</i>	77
Figura 42	<i>Módulo E/S Telemecanique ABE7-HR1631</i>	80
Figura 43	<i>HMI Kinco</i>	81
Figura 44	<i>Algoritmo de la Pantalla Táctil</i>	82
Figura 45	<i>Módulo AS/RS Neumático Mediante Códigos QR</i>	83
Figura 46	<i>Caja de Control del Módulo AS/RS Neumático</i>	84
Figura 47	<i>Diseño de la Propuesta para el Módulo AS/RS Neumático</i>	89
Figura 48	<i>Resumen de la Propuesta para el Módulo AS/RS Neumático</i>	90
Figura 49	<i>Banda Transportadora Horizontal</i>	94
Figura 50	<i>Cinta Transportadora Lisa</i>	95
Figura 51	<i>Longitud Total de la Cinta</i>	97
Figura 52	<i>Soporte de la Banda</i>	98
Figura 53	<i>Fuerzas Aplicadas y Mallado en Soporte de la Banda</i>	99
Figura 54	<i>Fuerzas Aplicadas y Mallado en Soporte de la Banda</i>	99
Figura 55	<i>Análisis de Esfuerzos en Soporte de la Banda</i>	100
Figura 56	<i>Deformación en Soporte de la Banda</i>	101
Figura 57	<i>Factor de Seguridad en Soporte de la Banda</i>	103
Figura 58	<i>Rodillo Motriz y Fijo</i>	104
Figura 59	<i>Fuerzas Aplicadas y Mallado en Rodillos</i>	105
Figura 60	<i>Análisis de Esfuerzos en Rodillo</i>	105
Figura 61	<i>Deformación en Rodillo</i>	106
Figura 62	<i>Factor de Seguridad en Rodillo</i>	107
Figura 63	<i>Diagrama de Torque Requerido</i>	109

Figura 64	<i>Motor Paso a Paso NEMA 17</i>	111
Figura 65	<i>Modelado Ensamblaje Banda Transportadora</i>	111
Figura 66	<i>Configuración X, Y, Z Tipo Cartesiana</i>	112
Figura 67	<i>Modelado Eje X</i>	113
Figura 68	<i>Fuerza Teórica de Actuador DGPL Seleccionado</i>	115
Figura 69	<i>Diagrama de cuerpo libre en el eje X</i>	116
Figura 70	<i>Análisis de Esfuerzos Eje X</i>	117
Figura 71	<i>Deformación en el Eje X</i>	118
Figura 72	<i>Diagrama de cuerpo libre en el Eje X</i>	119
Figura 73	<i>Factor de Seguridad en el Eje X</i>	120
Figura 74	<i>Modelado Eje Y</i>	121
Figura 75	<i>Diagrama de cuerpo libre en el eje Y</i>	122
Figura 76	<i>Análisis de Esfuerzos en el Eje Y</i>	123
Figura 77	<i>Deformación en el Eje Y</i>	124
Figura 78	<i>Diagrama de cuerpo libre en el Eje Y</i>	125
Figura 79	<i>Factor de Seguridad en el Eje Y</i>	126
Figura 80	<i>Modelado Eje Z</i>	127
Figura 81	<i>Diagrama de cuerpo libre en el eje Z</i>	128
Figura 82	<i>Análisis de esfuerzos en el eje Z</i>	129
Figura 83	<i>Deformación del eje Z</i>	130
Figura 84	<i>Factor de Seguridad del Eje Z</i>	131
Figura 85	<i>Modelado de la Estantería</i>	132
Figura 86	<i>Modelado del Producto con Código QR</i>	133
Figura 87	<i>Creación de Código QR</i>	134
Figura 88	<i>Modelado de Productos Almacenados</i>	134
Figura 89	<i>Modelado de Mesa Base</i>	135
Figura 90	<i>Fuerzas Aplicadas y Mallado en Mesa Base</i>	137
Figura 91	<i>Análisis de Esfuerzos en la Mesa Base</i>	137
Figura 92	<i>Deformación de la Mesa Base</i>	138
Figura 93	<i>Factor de Seguridad de la Mesa Base</i>	139
Figura 94	<i>Modelado de la Bancada</i>	140
Figura 95	<i>Construcción de la Banda Transportadora</i>	141

Figura 96	<i>Montaje de la Banda Transportadora</i>	142
Figura 97	<i>Implementación del Eje X, Y</i>	142
Figura 98	<i>Implementación del Eje Z</i>	143
Figura 99	<i>Implementación de la Máquina S/R</i>	143
Figura 100	<i>Montaje de Válvulas, Módulo de E/S y Unidad FRL</i>	144
Figura 101	<i>Implementación de Sensores Magnéticos</i>	144
Figura 102	<i>Implementación del Sensor Óptico</i>	145
Figura 103	<i>Cableado del Módulo E/S y Caja de Componentes Electrónicos</i>	145
Figura 104	<i>Implementación del Módulo y Caja de Control</i>	146
Figura 105	<i>Montaje Panel de Control</i>	147
Figura 106	<i>Comunicación para el Sistema de Control del Proceso AS/RS</i>	148
Figura 107	<i>Código QR que Representa el Valor de 7943</i>	149
Figura 108	<i>Configuración IP Arduino</i>	151
Figura 109	<i>Código QR Escaneado e Impreso en Monitor Serie</i>	152
Figura 110	<i>Configuración del Motor Paso a Paso Nema 17</i>	153
Figura 111	<i>Configuración IP del PLC</i>	154
Figura 112	<i>Creación de la Instrucción MB_Client</i>	155
Figura 113	<i>Creación de Connect_ID y Mb_Data_Ptr</i>	155
Figura 114	<i>Propiedades del bloque Arduinouno_Data</i>	156
Figura 115	<i>Configuración del Bloque Arduinouno_Data</i>	156
Figura 116	<i>Configuración MB_Client</i>	157
Figura 117	<i>Función ArduinoMB</i>	157
Figura 118	<i>Comunicación entre Arduino y PLC Mediante MB_Client</i>	158
Figura 119	<i>Activación de una Salida del PLC Mediante Código QR</i>	158
Figura 120	<i>Declaración de Variables</i>	159
Figura 121	<i>Segmentos de Programación</i>	161
Figura 122	<i>Algoritmo de Programación para Almacenamiento de Objetos</i>	162
Figura 123	<i>Flujograma de Programación para Recuperación de Objetos</i>	165
Figura 124	<i>Selección de Idioma para Configuración de Pantalla</i>	167
Figura 125	<i>Selección de Hora y Fecha de la Pantalla</i>	167
Figura 126	<i>Configuración IP de Pantalla HMI</i>	168
Figura 127	<i>Selección de Modelo HMI, PLC en el Software Kinco DTolls V3.5</i>	169

Figura 128 <i>Asignación de Direcciones IP y Conexión Cable Ethernet</i>	169
Figura 129 <i>Interfaz HMI del Control Manual</i>	170
Figura 130 <i>Interfaz HMI del Proceso de Almacenamiento</i>	171
Figura 131 <i>Interfaz HMI del Proceso de Recuperación</i>	171
Figura 132 <i>Prueba de Funcionamiento de Programa en Línea</i>	175
Figura 133 <i>Representación de Código QR en Pantalla HMI</i>	175

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Componentes y Características de los Sistemas AS/RS.....</i>	28
Tabla 2	<i>Tipos de Datos para los Parámetros.....</i>	56
Tabla 3	<i>Lista de Necesidades del Usuario para el Desempeño.....</i>	67
Tabla 4	<i>Lista de Necesidades del Usuario para Usabilidad.....</i>	68
Tabla 5	<i>Lista de Necesidades del Usuario para Durabilidad.....</i>	68
Tabla 6	<i>Características Técnicas Fuente de Alimentación.....</i>	70
Tabla 7	<i>Características Arduino MEGA ADK.....</i>	71
Tabla 8	<i>Características Lector de códigos QR; Modelo: BEMATECH I-500.....</i>	72
Tabla 9	<i>Cantidad de Entradas y Salidas Necesarias por el PLC.....</i>	77
Tabla 10	<i>Características PLC SIEMENS S7-1200 1214C AC/DC/RLY.....</i>	79
Tabla 11	<i>Características Generales del Módulo E/S ABE7-HR1631.....</i>	80
Tabla 12	<i>Elementos del Módulo AS/RS Neumático.....</i>	84
Tabla 13	<i>Factores de Seguridad para Materiales Dúctiles.....</i>	92
Tabla 14	<i>Características Motor Paso a Paso NEMA 17.....</i>	110
Tabla 15	<i>Librerías Incluidas en Programación Arduino.....</i>	150
Tabla 16	<i>Verificación de Voltajes en Dispositivos Eléctricos y Electrónicos.....</i>	173
Tabla 17	<i>Pruebas de Presión del Sistema para Tiempo Óptimo.....</i>	174
Tabla 18	<i>Pruebas de Recepción de Datos Mediante el Lector QR.....</i>	176

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 <i>Factor de Seguridad</i>	91
Ecuación 2 <i>Esfuerzo de Diseño</i>	92
Ecuación 3 <i>Número de Piezas</i>	95
Ecuación 4 <i>Holgura de la Cinta</i>	96
Ecuación 5 <i>Peso de la Cinta</i>	97
Ecuación 6 <i>Fuerza Total</i>	98
Ecuación 7 <i>Deflexión</i>	102
Ecuación 8 <i>Torque</i>	109
Ecuación 9 <i>Potencia Mecánica del Motor</i>	110
Ecuación 10 <i>Fuerza Teórica en el Cilindro</i>	114

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se requiere realizar un sistema automatizado de almacenamiento y recuperación AS/RS, en el que, al ingresar un producto por una banda transportadora, este será escaneado con un lector de códigos QR, en donde se tendrá un registro previo de todas sus características del producto para su almacenamiento. Para realizar el almacenaje se contará con un sistema neumático, en el cual, con la ayuda de varios actuadores neumáticos que contribuirán en el desplazamiento de los ejes X, Y, Z. El usuario tiene la libertad de decidir mediante un control local donde va almacenar con referencia a la matriz vertical. Se realizará un diseño del sistema en tres dimensiones (3D) en el software SolidWorks, a fin de que el sistema sea funcional y estético al momento de comenzar a construir. Para la construcción de la estructura y el sistema, se procederá a realizar un estudio del diseño mecánico a través del software ANSYS para analizar todos los esfuerzos, cargas y factor de seguridad que van a intervenir en el funcionamiento. El equipo con el que va a controlar el funcionamiento del sistema, será a través de un PLC Siemens S7 1200, el cual, mediante una programación, activará en serie las válvulas solenoides, para permitir el flujo de aire a los pistones, según este lo requiera.

PALABRAS CLAVE:

- **ALMACENAMIENTO Y RECUPERACIÓN DE PRODUCTOS**
- **NEUMÁTICA**
- **AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMAS AS/RS**

ABSTRACT

This degree work requires an automated AS / RS storage and recovery system, in which, upon entering a product through a conveyor belt, it will be scanned with a QR code reader, where all previous records will be recorded. Its product features for storage. To carry out the storage, there will be a pneumatic system in which, with the help of several pistons, they will contribute to the displacement of the X, Y, Z axes. The user has the freedom to decide by means of a local or remote control where it will be stored with reference to the vertical matrix. A three-dimensional (3D) system design will be carried out in the SolidWorks software, so that the system is functional and aesthetic when it begins to build. For the construction of the structure and the system, a mechanical design study will be carried out through the ANSYS software to analyze all the stresses, loads and safety factor that will intervene in the operation. The equipment with which you will control the operation of the system, will be through a Siemens S7 1200 PLC, which, by programming, will activate the solenoid valves in series, to allow the flow of air to the pistons, as this require.

KEYWORDS:

- **STORAGE AND RECOVERY OF PRODUCTS**
- **PNEUMATICS**
- **AUTOMATION OF SYSTEMS AS/RS**

CAPÍTULO I

PROBLEMÁTICA

1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad la automatización dirigida a sistemas de almacenamiento y recuperación (AS/RS) ha dado un gran paso en los últimos años con ayuda de la tecnología, el error humano está presente en el proceso manual de almacenaje, es por eso que la automatización es viable para que posea la capacidad de recibir el dato del producto u objeto a almacenar y poder clasificarlos de acuerdo a una información específica, generando un registro histórico para luego poder reutilizarlos.

El laboratorio de Neutrónica e Hidrónica de la carrera en Electromecánica de la ESPE-Latacunga, no dispone de un sistema modular didáctico con esta tecnología de vanguardia, por lo que, existe el desconocimiento de los sistemas de almacenamiento y recuperación de procesos a nivel industrial; con este sistema los estudiantes, docentes y personal técnico del área de investigación podrán familiarizarse y aplicar conocimientos de automatización, neumática e instrumentación controlando y coordinando el proceso de la planta.

1.2. Antecedentes

Los sistemas automatizados de almacenamiento y recuperación son desarrollados para minimizar el espacio utilizado en los almacenes industriales y obtener un más alto nivel de eficiencia y productividad, además, generando un control de registros, reduciendo el factor humano y el manejo de materiales disminuyendo las probabilidades de error.

Un AS/RS es un sistema controlado y manejado desde una computadora u ordenador donde se especifican las operaciones de almacenaje y recuperación de los mismos a una velocidad y precisión determinadas que permiten el éxito de cumplimiento con un nivel de automatización empleado. (Vélez, 2017)

En Ecuador existe una baja implementación de estos sistemas en la industria, debido a sus altos costos y falta de inversión, la empresa RAK ofrece un sistema de almacenamiento compacto en el que un carro con motor eléctrico se desplaza sobre los carriles por el interior de los canales de almacenaje, reduciendo considerablemente los tiempos de maniobra y permitiendo la agrupación de módulos por canales. Este sistema cuenta con transelevadores o Pallet Shuttle. (Parra, 2016)

En la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga en el laboratorio de Mecatrónica también cuenta con un prototipo de sistema flexible de almacenamiento y recuperación automatizado el cual mediante visión artificial tiene como función almacenar objetos con diferentes dimensiones, colores y formas, clasificando los mismo únicamente por su dimensión con la premisa de optimizar espacios. (Cárdenas & Diaz, 2018)

1.3. Justificación e importancia

Como es bien conocido, en la actualidad la administración de almacenes genera una gran demanda de trabajo, debido a la logística que debe tener cada producto para ser ubicado y registrado en el inventario; debido a esto, al no contar con un sistema automatizado desencadena en grandes pérdidas de tiempo en la búsqueda, organización y control. Los sistemas AS/RS o sistemas automatizado de almacenamiento y recuperación, son tecnologías que tiene como finalidad aumentar

la eficiencia en el almacenamiento de productos, debido a esto, las empresas son más eficientes y eficaces, a la hora de entregar y recibir su mercadería.

Para que estos sistemas durante jornadas extensas de trabajo, se necesita realizar un estudio objetivo, sobre todas las fuerza y cargas que van a efectuarse durante todo el proceso de trabajo, por lo que se requiere utilizar fórmulas y ecuaciones en base al diseño mecánico, además de ayudarnos con un software para fortalecer los estudios realizados. Para realizar esta aplicación se recomienda trabajar con sistemas neumáticos, ya que, son los sistemas más sencillos, rentables y con mayor futuro de aplicación en la industria. Con la neumática se puede realizar mejores trabajos a mayor velocidad, de forma más regular por mucho más tiempo sin sufrir los efectos de la fatiga en sus componentes.

La implementación de un módulo didáctico para sistemas flexibles en la industria, ayudará a fortalecer los conocimientos de los estudiantes para poder evaluar el impacto que tiene un sistema de almacenamiento y recuperación autorizado versus sistemas tradicionales.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Diseñar y construir un módulo didáctico para el almacenamiento/ recuperación (AS/RS) automatizado, mediante el reconocimiento de productos con códigos QR, dentro de una línea de almacenamiento en el laboratorio de Hidrónica y Neutrónica.

1.4.2. Objetivos específicos

- Diseñar y analizar los esfuerzos de los componentes de la estructura mecánica mediante el software ANSYS.

- Realizar el montaje de los elementos e instrumentos que constan en el proceso de almacenamiento/ recuperación (AS/RS).
- Programar el PLC para el control de sensores y máquina S/R de acuerdo a las condiciones del proceso.
- Implementar un sistema de reconocimiento y clasificación de productos mediante códigos QR.
- Diseñar e implementar un HMI para coordinar y controlar el proceso de (AS/RS).
- Controlar y verificar el funcionamiento del sistema neumático para la distribución y clasificación de productos con códigos QR.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Sistemas de almacenamiento convencional

Los sistemas convencionales de almacenaje están compuestos por un grupo de estanterías y corredores, su principal función es ubicar cada uno de los objetos, reduciendo los tiempos de almacenamiento y optimizando el espacio en un almacén. Este sistema permite el acceso directo a cada carga a través de un carro de almacenamiento.

Existe un sistema convencional llamado rack selectivo, el cual aporta con una solución apta a la demanda de una cantidad elevada de productos. Este sistema permite combinar las estanterías almacenadas para ubicarlas en cargas paletizadas el cual posibilita la selección manual de picking en niveles inferiores. Esto proporciona un control excelente de productos disponibles. (NoegaSystems, 2017)

2.2. Sistemas de Almacenamiento Automatizados.

El ingreso del sistema de almacenamiento automático en la industria a diferencia de los convencionales reduce los costos y aumenta la productividad en la cadena logística. Mediante equipos robotizados se ubica las cargas en la estantería de manera eficiente en tiempos reducidos. (Noegasystems, 2015)

Es una solución fiable al minimizar errores al momento de almacenar cargas o productos, proporcionando un control inmediato en el inventario, ya que reduce la densidad de personal en los pasillos de trabajo durante el registro.

Este sistema aprovecha al máximo los espacios de almacenamiento por la compactación de la mercancía, también utiliza la altura como un recurso disponible en la superficie de la edificación. A si mismo está incorporado un software de control, identificación y gestión de productos.

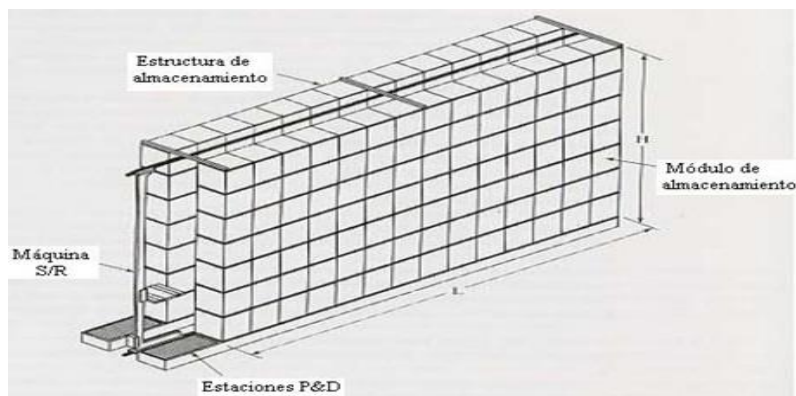
2.3. Sistemas automatizados de Almacenamiento y Recuperación (AS/RS)

De acuerdo con el autor (Vélez, 2017), las siglas AS/RS es un sistema de almacenamiento y recuperación automático, que es controlado y operado a través de una computadora, donde se detallan y establecen las operaciones específicas con una velocidad constante y precisión óptima, cumpliendo con las exigencias en un nivel alto de automatización industrial.

Estos sistemas cuentan con varios pasillos propios para el recorrido de la máquina S/R (Storage/Retrieval) permitiendo su operación de almacenamiento y recuperación de productos a través de los estantes que cuentan con estaciones de P&D (Pickup-and-Deposit) que extrae y deposita objetos de manera manual o AGVs (Automatic Guided Vehicle). (Vélez, 2017)

2.4. Componentes y características de funcionamiento de un AS/RS

Los componentes y características de los sistemas AS/RS (véase figura 1) se componen de:

Figura 1*AS/RS con Componentes Indicados*

Nota: El gráfico presenta los componentes principales de un sistema AS/RS. (Noriega, 2012)

En la tabla 1 se describe cada uno de los componentes de un sistema general AS/RS

Tabla 1*Componentes y Características de los Sistemas AS/RS*

Componente	Descripción
Estructura de almacenamiento	Soporta las cargas contenidas en el AS/RS, conforma compartimentos individuales y sirve de apoyo para otros componentes (carriles guía, paradas finales, etc.)
Máquina S/R	Se encarga de recoger cargas desde la estación de entrada y depositar en el estante de almacenamiento correspondiente para luego ser recuperadas a una estación de salida.
Módulos de almacenaje	Son módulos en los cuales se almacena la carga para posteriormente ser trasladados por la máquina S/R, tiene dimensiones para encajar en cada compartimento de la estantería
Estaciones P&D	Las estaciones P&D son las encargadas de transportar del interior al exterior del AS/RS. Además, que su manejo puede ser manual o AGVS.
Sistema de control	Es el encargado de controlar todo el proceso de almacenamiento y recuperación mediante la máquina S/R. a través de comandos lógicos programables identifica y posiciona el objeto en cada casillero establecido.

Nota: La tabla presenta una breve descripción de los componentes en los sistemas AS/RS.

(Noriega, 2012)

2.5. Tipos de AS/RS

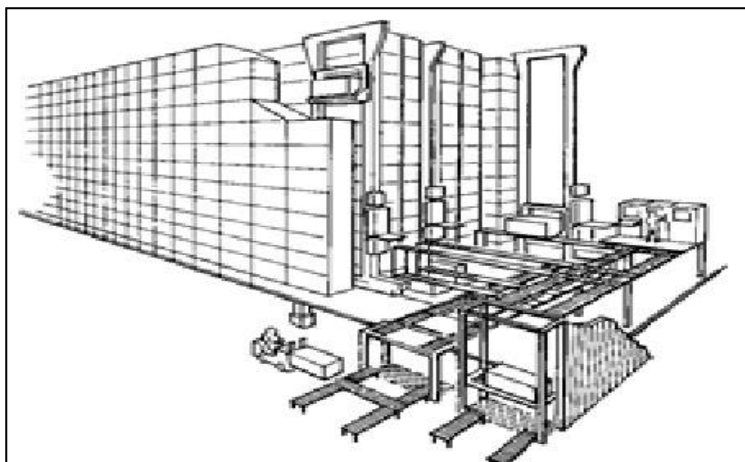
Como principales tipos, constan los siguientes:

2.5.1. Unit Load AS/RS (AS/RS de unidad de carga)

Es un gran sistema automatizado que opera por medio de un ordenador la máquina S/R, la cual maniobra unidades de carga que se encuentran en plataformas o módulos de almacenaje estándar (véase Figura 2).

Figura 2

Unit Load AS/RS



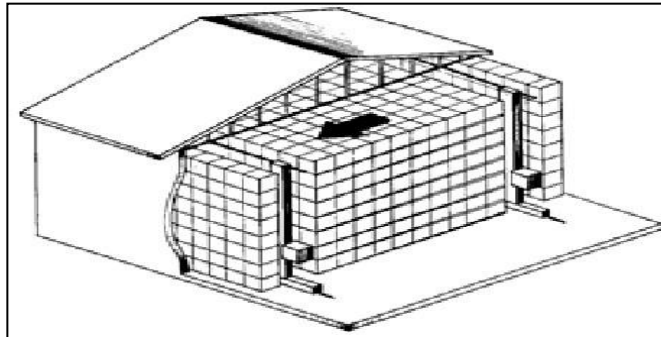
Nota: En la figura se representa un sistema AS/RS de unidad de carga. (Noriega, 2012)

2.5.2. Deep-Lane AS/RS

El Deep-Lane AS/RS es utilizado para almacenar cargas relativamente grandes en stock, pero con un número pequeño de códigos para cada objeto. Se manejan mediante dos máquinas S/R, una para la recuperación y otra para transferir la carga a la entrada de la estantería. (Noriega, 2012)

Figura 3

Deep-Lane AS/RS



Nota: En la figura se representa un sistema Deep-Lane AS/RS para la industria. (Noriega, 2012)

2.5.3. MiniLoad AS/RS (AS/RS de Mini carga)

Según el autor (Noriega, 2012), este sistema se diferencia del Deep-Lane, ya que trabaja con cargas pequeñas e individuales que se almacenan en un sistema provisto de cajones, la maquina S/R está diseñada para guardar y extraer los cajones de los estantes. A continuación, entrega al mecanismo P&D (Pick and Delivery) en el final del pasillo (véase Figura 4). Estas cajas son recogidas manualmente por un operario.

Figura 4

MiniLoad AS/RS



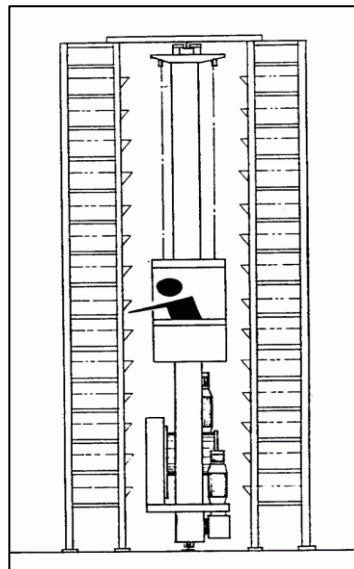
Nota: Representación de un sistema MiniLoad AS/RS para cargas pequeñas. (Noriega, 2012)

2.5.4. Man On Board AS/RS (AS/RS de hombre a bordo)

El sistema Man On Board posibilita el almacenamiento y recuperación de unidades de carga por medio de una persona que se encuentra a bordo de una máquina S/R (véase Figura 5) teniendo un contacto directo con la estantería.

Figura 5

Man On Board AS/RS



Nota: Se presenta un operador a bordo de la máquina AS/RS para almacenamiento de productos. (Noriega, 2012)

2.5.5. Módulo de almacenaje de levantamiento vertical (VL-AS/RS)

El módulo de almacenaje VL-AS/RS es un sistema que cuenta con un diseño de almacenamiento y recuperación vertical automatizado (véase Figura 6), consta de un pasillo central para obtener las cargas. (Noriega, 2012)

Figura 6

Vertical Lift Storage Modules



Nota: Sistema de almacenamiento y recuperación vertical con un pasillo central. (Noriega, 2012)

2.6. Sistemas AS/RS en el mercado

La preocupación de grandes empresas multinacionales es obtener un recurso logístico de mayor nivel de almacenamiento en mercadería, para satisfacer las necesidades del cliente.

Si se posee un sistema sofisticado de información y se conoce todos los parámetros dentro de la cadena de producción, la organización se puede adaptar a las características que requiere el producto así mismo a los tiempos establecidos por los clientes. Estas medidas permitirán cumplir las expectativas previstas por los consumidores. (González, 2018)

2.6.1. Familia Sancela de Colombia

Según el autor (González, 2018), la empresa consta de centros de distribución con tecnología y equipos sofisticados que actúan de manera vertical (véase Figura 7).

Funcionan con un sistema de comandos por voz (vocollect), conjunto a un WMS SAP RFID y la implementación de visión artificial mediante cámaras y antenas.

Figura 7

Sistemas de Almacenamiento en Familia Sancela Colombia



Nota: Sistema AS/RS implementado en la empresa Familia Sancela Colombia. (González, 2018)

2.6.2. Amazon

Utiliza un sistema de almacenamiento complejo totalmente automatizado mediante drones con islas y georreferenciación (véase Figura 8) los cuales se desplazan por espacios horizontales hasta llegar al área de descarga.

Figura 8

Tecnología AS/RS en Amazon



Nota: Sistema AS/RS automatizado en la empresa Amazon. (González, 2018)

2.6.3. Sysco

Esta empresa cuenta con estándares altos en calidad de distribución de productos, siendo una de las más importantes en el mercado de Estados Unidos. Cuenta con infraestructuras únicas para la distribución masiva, además de tener varios puntos de almacenaje con sistemas automatizados de vanguardia. (González, 2018)

2.7. Ventajas y desventajas de sistemas de almacenamiento automatizados

Entre las principales ventajas, figuran las siguientes:

- Menor número de mano de obra.
- Ahorro de recursos de materia prima.
- Alta capacidad de almacenaje.
- Disminución de errores en el proceso de almacenaje.
- Mejor control de stock.
- Satisface las necesidades del consumidor.
- Mayor rendimiento.

Desventajas:

- Alto costo.
- Alto tiempo de mantenimiento o reparación.
- Impedimento de modificación en el sistema.

2.8. Módulos de entrenamiento didáctico de almacenamiento automático

2.8.1. Módulo ITS-201- Almacén automático

El módulo está compuesto de una línea de almacenamiento automático (véase Figura 9), tiene como función principal el almacenamiento y extracción de contenedores el cual es controlado por medio de un terminal HMI (Interface Hombre-Máquina). Este terminal permite visualizar la entrada y salida de los contenedores y cambiar la velocidad de la cinta transportadora. (SMC, 2019)

Los objetos destinados al almacenaje incluyen un color representativo y un código numérico. Contienen una memoria RFID, las piezas están fabricadas con un material de nylon de colores.

Figura 9

Módulo ITS-201-Almacén Automático



Nota: Módulo didáctico AS/RS para el almacenamiento de productos mediante memoria RFID. (SMC, 2019)

Características técnicas

- Dimensiones: 940x1060x1645 mm

- Otros dispositivos: Ventosa, eyector vacío, Servo controladores
- Actuadores: lineales neumáticos, actuadores lineales servo controlados, Giratorio neumático, motor DC, motor AC
- Controlador: PLC
- Módulos: cilindro de carga/descarga, ejes posicionadores, cintas transportadoras
- Sensores: magnéticos reed (x7), Vacuostato (x1), Focélulas (x21)
- Entradas/Salidas: digitales 42/22. (SMC, 2019).

2.8.2. Módulo de almacenamiento automático DLFA-AS/ RS (A)

Este sistema es un modelo representativo de un almacenamiento para automóviles en estacionamientos. El control es realizado por un PLC, el cual maneja la transmisión y sujeción de cada pieza de trabajo con tres grados de libertad, la estructura de almacenamiento cuenta con 20 unidades de compartimento. Se puede seleccionar dos modos de operación manual y automático, teniendo como una representación gráfica la simulación del proceso. Este modelo está diseñado específicamente para estudiantes en proyectos enfocados a la automatización. (IMEXBB, 2014)

Figura 10

Módulo de Almacenamiento Automático DLFA-AS/RS(A)



Nota: Módulo AS/RS para el almacenamiento automatizado. (IMEXBB, 2014)

Características técnicas

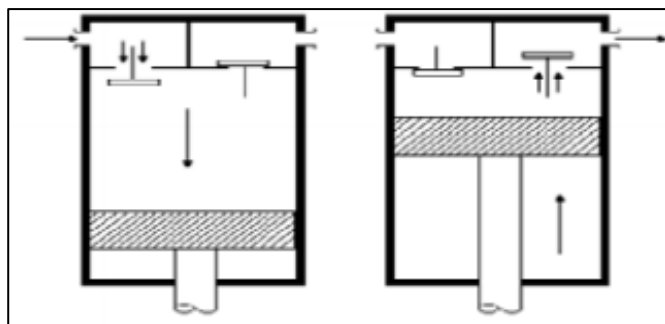
- Dimensiones: 1200x750x1800 mm
- Controlador: PLC
- Capacidad: 20 unidades
- Máquina S/R: robot lineal moto reductor DC.

2.9. Actuadores neumáticos

Estos mecanismos trabajan convirtiendo la energía del aire comprimido en trabajo mecánico, mediante el movimiento lineal de un émbolo al interior de un cilindro (véase Figura 11). El uso de aire comprimido, pasa por diferentes etapas de transformación de energía para ser utilizado en actuadores. Parte desde el accionamiento de un motor, que es alimentado por medio de energía eléctrica, el cual, hace girar mecánicamente el eje del compresor consiguiendo almacenar aire en su interior, por último, se puede utilizar nuevamente esta energía de aire comprimido a energía mecánica al momento de poner en marcha un actuador.

Figura 11

Esquema de un Actuador Neumático



Nota: Representación de un actuador neumático de aire comprimido. (Zimmerman, 2019)

Las ventajas que representa trabajar con aire comprimido como fuente de potencia son varias, ya que, poseen cualidades propias, como son:

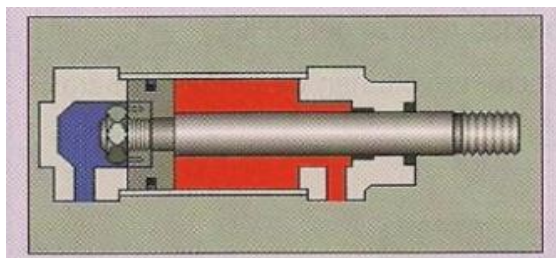
- El aire es limpio
- Es cuantioso y de fácil acceso
- Se almacena y transporta con facilidad
- Eficiencia energética

También existen desventajas:

- La humedad provoca condensación la cual afecta en el funcionamiento de los dispositivos neumáticos.
- Trabajar con equipos neumáticos presenta un alto costo de mantenimiento.
- Presenta una limitación cuando se necesita trabajar con cargas muy pesadas.

2.9.1. Cilindro de doble efecto

El cilindro de doble efecto se distingue por sus dos conexiones útiles en las tapas del cilindro, se somete a presión alternadamente en ambos lados para ejecutar los movimientos de avance y retroceso, esto quiere decir que se puede trabajar en dos direcciones de desplazamiento. La carrera es más larga que los cilindros de simple efecto. Además, se debe tener en cuenta el pandeo del vástago cuando se encuentra totalmente extendido (véase Figura 12).

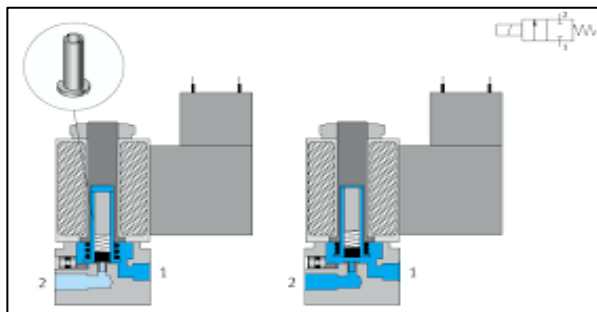
Figura 12*Cilindro de Doble Efecto*

Nota: Representación de un actuador neumático de doble efecto. (Automatic, 2017)

2.10. Electroválvulas neumáticas

La electroválvula es un dispositivo electromecánico que permite el control de flujo de aire que circula a través de conductos, estas pueden ser de dos hasta cinco vías, por lo general dispone de dos posiciones abierto (NA) y cerrado (NC).

En las válvulas N.A. el conducto de aire siempre está abierto mediante la acción de un resorte, al momento de energizar la bobina el émbolo empuja al resorte haciendo que el conducto se bloquee por completo impidiendo el flujo de aire. Así mismo en la posición N.C. el émbolo permanece bloqueando al orificio de aire, cuando se energiza la bobina, el émbolo se magnetiza liberando el paso del flujo (véase Figura 13).

Figura 13*Válvula N.C. 2/2*

Nota: Esquema de una electroválvula normalmente cerrada. (Bernal, 2008)

2.10.1. Tipos de accionamientos en válvulas

Existen diferentes tipos de accionamiento en válvulas, debido a la cantidad de vías y posiciones que presentan cada una de ellas. Los tipos de accionamiento más usados son los siguientes:

Accionamiento manual: Este mando es el que menos se utiliza en la actualidad, debido a que involucra la acción directa del operario con el sistema neumático, lo que limita el proceso en la automatización. Por lo tanto, el operario controla el paso de aire mediante un pulsador, palanca o un pedal. (Brunstein, 2013).

Accionamiento mecánico: Esta acción mecánica se efectúa cuando un objeto tiene contacto físico con un rodillo escamoteable (final de carrera), el cual activa la válvula cambiando su posición, caso contrario mantiene su posición original. Existen otros mandos como muelles o levas. (Brunstein, 2013).

Accionamiento neumático: El método de maniobra para estas válvulas se logra mediante aire comprimido. Se trabaja de dos maneras distintas cuando ingresa aire y cuando sale, por lo general se necesita de una presión mínima para la activación. (Brunstein, 2013)

Accionamiento eléctrico: Se ejecuta por medio de una orden o señal eléctrica para el accionamiento de la válvula, lo que provoca el paso de corriente alrededor de una bobina situando el émbolo en sus diferentes posiciones. Teniendo en cuenta el voltaje y el tipo de corriente para la activación. (Brunstein, 2013)

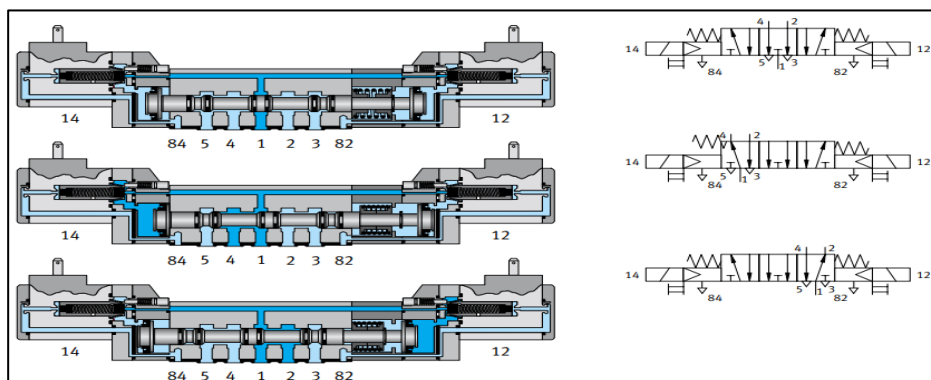
2.10.2. Electroválvula 5/3

Esta válvula tiene cinco vías y tres posiciones de funcionamiento (véase Figura 14). Cuenta con un servopilotaje que reduce los esfuerzos de accionamiento en la bobina y el pulsador manual. Los cuales permiten la maniobra de las tres posiciones que son las siguientes:

1. En la posición central las bobinas se encuentran desenergizadas provocando que los muelles mantengan al émbolo en reposo. Las vías 2,3 y 4,5 están comunicadas, pero no permiten el flujo de aire.
2. Cuando se energiza la bobina izquierda el émbolo recorre hacia la derecha. Las vías 2 y 3, así como la 1 y 4 quedan habilitadas para el paso de aire. El terminal 5 permanece cerrado.
3. Al aplicar corriente por la bobina derecha el émbolo se traslada hacia la izquierda el cual establece la comunicación de las vías 1 y 2 como también la 4 y 5. (Croser & Thomson, 2000)

Figura 14

Válvula 5/3



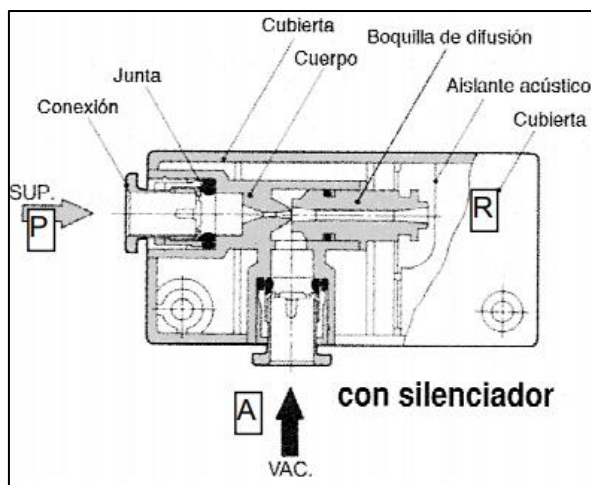
Nota: Electroválvula de 5/3, con pulsador manual. (Croser & Thomson, 2000)

2.10.3. Generadoras de vacío

De acuerdo a los autores (Almandoz, Mongelos, & Idoia, 2007), el funcionamiento de los generadores de vacío se basa en el principio de Venturi, es decir al ingresar aire por la entrada P y atravesar el estrechamiento de la sección o conducto, la velocidad del aire crece hacia R y en terminal A se genera una depresión para la sujeción y el desplazamiento de objetos con superficies planas y lisas por medio de una ventosa (véase Figura 15).

Figura 15

Válvula Generadora de Vacío



Nota: Partes principales de una válvula generadora de vacío. (Almandoz, Mongelos, & Idoia, 2007)

2.11. Componentes complementarios de un sistema neumático

2.11.1. Unidad de mantenimiento FRL

El autor corporativo (HNSA, 2019) menciona que las siglas de las unidades de mantenimiento FRL, quieren decir filtro regulador lubricador (véase Figura 16). El cual está conformado por tres elementos: Filtro de aire comprimido, Regulador de presión y Lubricador de aire comprimido.

Figura 16

Unidad de Mantenimiento FRL



Nota: En la figura se muestra un filtro regulador lubricador. (HNSA, 2019)

Funcionamiento:

Filtro de aire: Elimina todas las impurezas o partículas que se encuentran en el aire comprimido al mismo tiempo suprime la condensación del agua, las cuales pueden causar daños internos en los componentes neumáticos. (HNSA, 2019)

Regulador de presión: Se encarga de mantener una presión constante a un valor requerido, ya que, a mayores presiones el desgaste es más rápido en sus componentes. Además, si se trabaja a menores presiones, el rendimiento baja lo que resulta más costoso. Aparte de que exista variaciones de presión en la red. (HNSA, 2019)

Lubricador de aire: Este componente tiene la misión de lubricar los elementos neumáticos en un grado adecuado, con el objetivo de prevenir el desgaste prematuro de

las piezas móviles, reducir el rozamiento y proteger los elementos contra la corrosión. Regulan y controlan la mezcla de aire-aceite en el fluido. (HNSA, 2019)

Lubricador de aire: Su función principal es lubricar los componentes móviles que se encuentran operando bajo condiciones extremas, esto limita el desgaste por rozamiento y reduce la corrosión, lo que provoca el aumento de la vida útil de estos. (HNSA, 2019)

2.11.2. Válvula de control de flujo de aire

Las válvulas de control de flujo o unidireccionales delimitan el paso del aire ajustando un tornillo desde el exterior (véase Figura 17), debido a esto controla la velocidad del émbolo en un cilindro de simple o doble efecto.

Figura 17

Válvula de Control de Flujo de Aire



Nota: Válvula de control unidireccional para regular el flujo del aire. (Pneuflex, 2019)

2.11.3. Racor neumático

Este componente facilita las conexiones entre elementos como válvulas, compresores, actuadores, unidades FRL, etc. Estos racores existen en diferentes disposiciones, tamaños y diámetros de manguera según lo requerido en el sistema neumático. (RomeCoIndustrial, 2017)

Figura 18

Racor Neumático



Nota: Representación de diferentes tipos de racores neumáticos. (RomeCoIndustrial, 2017)

2.11.4. Manguera neumática

Es el medio por el cual el aire comprimido fluye para suministrar a diferentes elementos neumáticos en un sistema. La cantidad de flujo de aire es directamente proporcional al diámetro de la manguera.

Figura 19

Manguera Neumática



Nota: Manguera de poliuretano y nylon, para el flujo del aire hacia los componentes neumáticos.
(Peralta, 2018)

2.12. Sensores de proximidad

2.12.1. Sensores magnéticos para cilindros

Estos sensores se utilizan para conocer la posición del pistón dentro de un cilindro. Se emite una señal eléctrica cuando detecta el campo magnético del imán permanente en el émbolo, con esta señal se controla periféricos de salida como relés o electroválvulas (véase Figura 20).

Figura 20

Sensor Magnético



Nota: Sensor magnético para detectar la posición de actuadores neumáticos. (FestoSE, 2018)

2.12.2. Sensores ópticos

Los sensores ópticos detectan la presencia de objetos, generalmente envían una señal cuando este interrumpe el rayo de luz entre el emisor y el receptor (véase Figura 21). Este medio óptico es visible mediante la emisión de luz roja de un diodo semiconductor que marca el desplazamiento hacia un fototransistor receptor. (WEG, 2016)

Figura 21*Sensor Óptico*

Nota: Sensor óptico mediante luz roja para la detección de objetos. (WEG, 2016)

2.13. Fuente de alimentación

El objetivo principal es suministrar un valor de voltaje óptimo para la alimentación de dispositivos eléctricos (véase Figura 22). Esta fuente convierte una corriente alterna en corriente continua a través de varias etapas como son: la transformación, rectificación, filtrado y regulación. (Rivera, 2015)

Figura 22*Fuente de Alimentación*

Nota: Representación de una fuente de alimentación de marca Delta. (Rivera, 2015)

2.14. Banda transportadora

De acuerdo con el autor (Álvarez, 2012), las bandas transportadoras se utilizan para el transporte de material desde un punto hacia otro. Están conformadas por estaciones de rodillos y una cinta transportadora que aportan en la estabilidad y permite el traslado

de diferentes tamaños y tipos de materiales. También suelen ser puntos donde se realizan operaciones sobre el producto que se traslada.

Figura 23

Banda Transportadora



Nota: Banda transportadora de tipo horizontal, utilizando rodillos fijos y móviles. (Proymec, 2019)

La cinta es arrastrada por fricción por la acción de un rodillo motriz generalmente accionado por un motor eléctrico.

Tipos de bandas:

Las bandas de PVC que cuentan con relieves sobre la cara superior (véase Figura 24), son eficaces cuando el transporte es inclinado en ascenso o descenso. Está compuesta por dos tipos de telas resistentes que eliminan la carga estática. De igual manera existen otro tipo de telas resistentes a la abrasión o anti llama. (Álvarez, 2012)

Figura 24

Banda PVC con Agravado en Relieve



Nota: Banda transportadora de tipo inclinada para el ascenso y descenso de productos.

(Álvarez, 2012)

Bandas de PVC, TPU son requeridas para el transporte de alimentos, como grasas animales o vegetales (véase Figura 25). Son apropiadas ya que presentan un alto grado de resistencia a líquidos o aceites debido a la cobertura de tejido de poliéster atóxico y termoplástico. (Álvarez, 2012).

Figura 25

Banda de PVC, TPU o Cobertura Superior



Nota: Banda transportadora utilizada en la industria de alimentos. (Álvarez, 2012)

2.15. Códigos QR

Los códigos QR (“Quick Response”) es una matriz compuesta por puntos, en el cual se pueden almacenar hasta 4200 caracteres entre ellos letras, caracteres y números. Se caracteriza por tener tres cuadrados en las esquinas que permiten posicionar al lector QR para decodificar el dato (véase Figura 26). Esta lectura es instantánea en el rango de los milisegundos, también funciona cuando la matriz está incompleta. (Unitag, 1998)

Figura 26

Código QR y Lector



Nota: En la figura se observa el escaneo de un código QR. (posiberica, 2018)

El uso de códigos QR para empaquetado de productos en el ámbito comercial, es una herramienta efectiva y de fácil acceso para todo público que no puede ingresar a la base de datos donde se encuentra la información específica.

2.16. Controlador Lógico Programable

Un controlador lógico programable o PLC es una computadora industrial utilizada para el control y automatización de procesos electromecánicos, tales como, actuadores, bombas, motores, líneas de montaje o maquinarias en cualquier proceso industrial. La

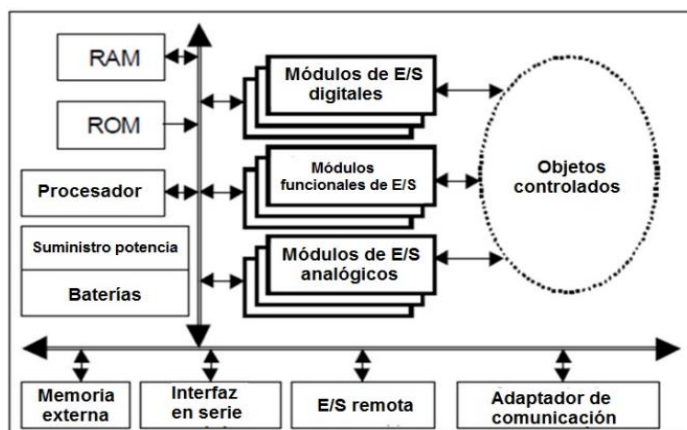
ventaja principal de este autómata es la reducción de personal y costos debido a que todos los procesos son automatizados. Este dispositivo localiza los fallos que presenta el sistema ya que monitorea todas las acciones en tiempo real. (ingmecafenix, 2018)

Para que un PLC cumpla su función, se requiere una programación en un software específico basada en instrucciones, secuencias lógicas y acciones para el control de E/S digitales o analógicos para distintas máquinas o procesos. Así mismo, permite una comunicación con diversos controladores u ordenadores para realizar operaciones en red. (ingmecafenix, 2018)

La estructura general de un PLC está compuesta por un CPU que incorpora un microprocesador que utiliza operaciones lógicas y aritmética para realizar procesos complejos, cuenta con una fuente de alimentación que suministra los voltajes de operación en sus componentes internos como son los circuitos de entradas y salidas. En la figura 27 se muestra un diagrama de flujo de los componentes y la estructura de un PLC.

Figura 27

Estructura General de un PLC

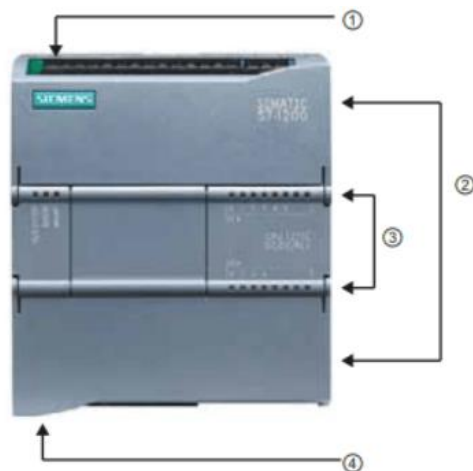


Nota: En la figura se representa la estructura que conforma un PLC. (DIEEC, 2019)

Las partes externas de un PLC S7 1200 SIEMENS son las siguientes:

Figura 28

Estructura general de un PLC S7 1200



Nota: Representación física de un PLC S7 1200. (DIEEC, 2019)

1. Conector serie.
2. Conectores extraíbles para el cableado de usuario (detrás de las tapas) y ranura para una tarjeta de memoria (debajo de la tapa superior).
3. Leds de estado para las E/S integradas.
4. Conector PROFINET (en el lado inferior de la CPU).

2.17. PROFINET

Es un protocolo de comunicación Ethernet que se utiliza en el campo industrial, ya que las fábricas necesitan que la emisión del dato sea rápido y preciso, opuesto a lo que representa la comunicación por internet, que no es muy confiable y tiene un cierto retraso en el tiempo de respuesta.

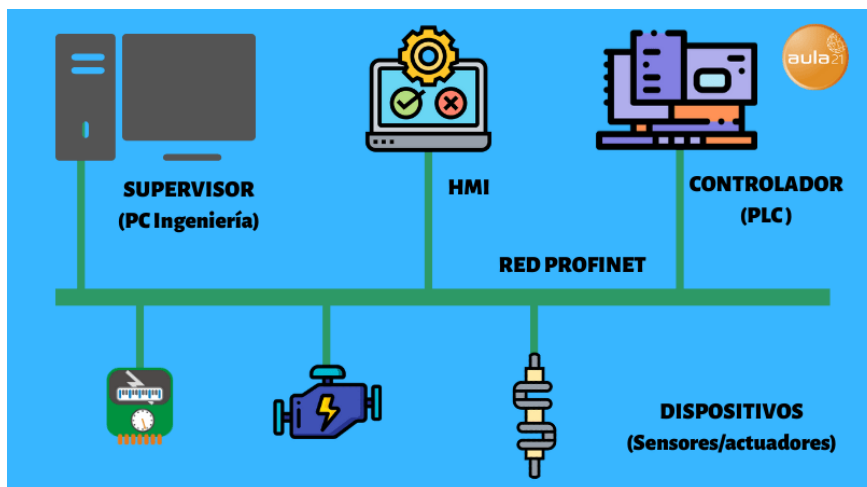
PROFINET trabaja dentro de una topología de red mediante un cable Ethernet de cobre o fibra óptica. La velocidad depende según sea la aplicación, los instrumentos de proceso y dispositivos de fábrica se actualizan en el rango de los milisegundos con un control de movimiento eficiente.

2.17.1. Componentes de PROFINET

Estos componentes trabajan dentro de una red Ethernet incorporando tres funciones principales como son: Controladores, dispositivos y supervisores (véase Figura 29).

Figura 29

Diagrama Básico de PROFINET



Nota: En la figura se representa la estructura que conforma una red PROFINET. (cursoaula21, 2017)

A continuación, se describe estas funciones principales:

- **Controladores.** Son autómatas que controlan el proceso bajo un programa de automatización, intercambian datos entre los dispositivos de E/S.

- **Dispositivos.** Son elementos que están conectados a través de una red ethernet que proporcionan y reciben datos hacia el controlador, representados por sensores y actuadores.
- **Supervisores.** Son dispositivos de representación visual, en el cual permite monitorear, poner en marcha, leer y escribir datos de diagnóstico en tiempo real. Se utilizan pantallas HMI o PC.

2.18. Modbus TCP/IP

Este protocolo trabaja bajo la relación maestro-esclavo, la comunicación se realiza mediante una petición del maestro (cliente), luego debe esperar una respuesta por parte del esclavo (servidor), cabe mencionar que cada interacción se realiza desde el maestro. Este protocolo de comunicación está estandarizado para la automatización, dado que no interfiere el ruido en su interacción de funcionamiento.

(AutomationNetworks, 2016)

El TCP/IP forma parte de las capas de protocolo de comunicación Modbus, la función principal del TCP es recibir de manera segura y correcta todo el paquete de datos, mientras que el IP asegura que el mensaje llegue a su destinatario.

(AutomationNetworks, 2016)

2.18.1. Comunicación Modbus TCP en PLC S7 1200

De acuerdo a la empresa (Siemens, 2001, pág. 760), el autómatas S7 1200 cuenta con un protocolo de comunicación Modbus TCP/IP que utiliza un conector PROFINET de la CPU, no se requiere un hardware adicional para realizar la comunicación. La vía de comunicación que emplea Modbus TCP sirve para la conexión con Open User Communications (OUC). Además de permitir el vínculo de STEP 7 y la CPU se admite

varias conexiones de cliente y de servidor con un número máximo según admita el modelo.

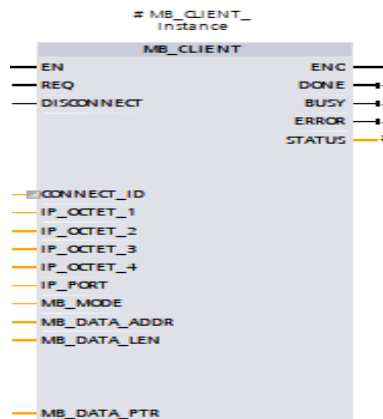
2.18.2. Instrucción MB_CLIENT (Comunicar como cliente TCP Modbus vía PROFINET)

La instrucción MB_CLIENT (véase Figura 30) establece una comunicación como cliente a través de un enlace PROFINET. Se crea una comunicación entre cliente-servidor y presenta las siguientes acciones:

1. Establece un enlace a una dirección IP y número de puerto IP propio de un servidor.
2. El cliente envía un mensaje de petición al servidor, hasta recibir una respuesta por parte del servidor.
3. Controla la desconexión del servidor Modbus TCP.

Figura 30

Instrucción MB_CLIENT



Nota: Instrucción MB_CLIENT para la comunicación cliente-servidor.

Tabla 2*Tipos de Datos para los Parámetros*

Parámetro	Tipo	Tipo de datos	Descripción
REQ	IN	Bool	FALSE = Ninguna petición de comunicación Modbus TRUE = Petición de comunicación con un servidor Modbus TCP
DISCONNECT	IN	Bool	El parámetro DISCONNECT permite que su programa controle la conexión y desconexión con un dispositivo servidor Modbus. Si DISCONNECT = 0 y no hay ninguna conexión, entonces MB_CLIENT intenta establecer una conexión con la dirección IP y el número de puerto asignados. Si DISCONNECT = 1 y existe una conexión, entonces se intenta una operación de desconexión. Siempre que esta entrada esté habilitada, no se intentará ninguna otra operación.
CONNECT_ID	IN	UInt	El parámetro CONNECT_ID debe identificar unívocamente cada conexión dentro del PLC. Cada instancia única de la instrucción MB_CLIENT o MB_SERVER debe contener un parámetro CONNECT_ID único.
IP_OCTET_1	IN	USInt	Dirección IP del servidor Modbus TCP: octeto 1 Parte de 8 bits de la dirección IP IPv4 de 32 bits del servidor Modbus TCP al que se conectará el cliente y con el que se comunicará mediante el protocolo Modbus TCP.
IP_OCTET_2	IN	USInt	Dirección IP del servidor Modbus TCP: octeto 2
IP_OCTET_3	IN	USInt	Dirección IP del servidor Modbus TCP: octeto 3
IP_OCTET_4	IN	USInt	Dirección IP del servidor Modbus TCP: octeto 4
IP_PORT	IN	UInt	Valor predeterminado = 502: el número de puerto IP del servidor al que se intentará conectar el cliente y con el que se acabará comunicando mediante el protocolo TCP/IP.

Parámetro	Tipo	Tipo de datos	Descripción
MB_MODE	IN	USInt	Selección de modo: asigna el tipo de petición (lectura, escritura o diagnóstico). Consulte los detalles en la tabla de funciones Modbus que aparece más abajo
MB_DATA_ADDR	IN	UDInt	Dirección inicial Modbus: asigna la dirección inicial de los datos a los que accederá MB_CLIENT. Las direcciones válidas se indican en la tabla de funciones Modbus que aparece más abajo
MB_DATA_LEN	IN	UInt	Longitud de datos Modbus: asigna el número de bits o palabras a las que debe accederse en esta petición. Las longitudes válidas se indican en la tabla de funciones Modbus que aparece más abajo.
MB_DATA_PTR	IN_OUT	Variant	Puntero al registro de datos Modbus: el registro almacena temporalmente datos que van a un servidor Modbus o vienen de este. El puntero debe asignar una dirección de memoria M o un DB global estándar.
DONE	OUT	Bool	El bit DONE es TRUE durante un ciclo tras haberse finalizado la última petición sin errores.
BUSY	OUT	Bool	0 - Ninguna operación MB_CLIENT en curso 1 - Operación MB_CLIENT en curso
ERROR	OUT	Bool	El bit ERROR es TRUE durante un ciclo tras haberse finalizado la ejecución de MB_CLIENT con un error. El valor del código de error en el parámetro STATUS es válido solo durante el ciclo en que ERROR = TRUE.
STATUS	OUT	Word	Código de condición de ejecución

Nota: En la tabla 2 se presenta la descripción de los parámetros de la instrucción MB_CLIENT.

(Siemens, 2001, pág. 761)

2.19. Arduino MEGA ADK

La plataforma arduino permite el desarrollo de proyectos basada en software y hardware libre de fácil acceso y usabilidad. Esta placa tiene un microcontrolador AT MEGA 2560 que cuenta con más memoria de almacenamiento y más RAM lo que es apto para trabajos con un grado de complejidad mayor, a través de un puerto de

comunicación USB host permite la interacción con dispositivos Android ya que cuenta con Android Open Accessory Development. Kit (ADK). En la figura 31 se presenta el dispositivo. (MarkMonitor, 2000)

Figura 31

Arduino MEGA ADK



Nota: Arduino mega con microcontrolador AT MEGA 2560. (Bricogeek, 1998)

Trabajar con Arduino MEGA ADK presenta ciertas ventajas como son:

- Multiplataforma
- Software y hardware libre
- Programación simple
- Interacción con dispositivos USB
- Fidelidad flexible
- Diversas aplicaciones
- Costo accesible

2.20. HMI (Interfaz Hombre - Máquina)

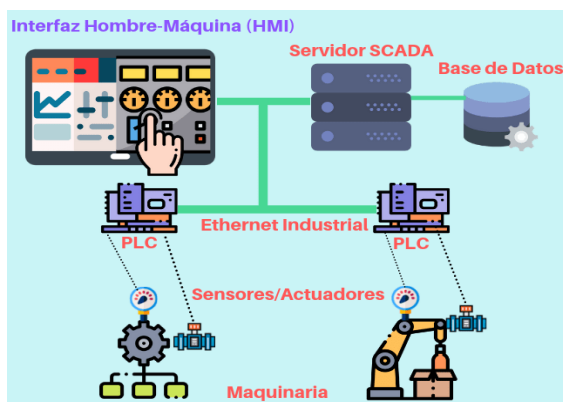
Un HMI es la interacción que tiene un hombre con una máquina, donde se utiliza para optimizar procesos industriales, el sistema presenta una interfaz que consiste en un panel de control, indicadores y comandos que representan el proceso en ejecución. Por lo tanto, los operarios gestionan y controlan la información de mejor manera.

Con la interfaz que presenta el HMI se puede interactuar con un sistema SCADA el cual almacena y recupera datos que serán proyectados sobre la pantalla, además se puede controlar sensores, actuadores o líneas de procesos de manera intuitiva.

(AULA21, 2019)

Figura 32

Interfaz Hombre-Máquina



Nota: En la figura se representa la estructura para el uso de una pantalla HMI. (AULA21, 2019)

Las funciones que presentan un software HMI son: monitoreo, supervisión, alarma, control e históricos.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Antecedentes Investigativos

En la industria, actualmente se ha notado importantes cambios en el desarrollo tecnológico con la introducción de sistemas automatizados de almacenamiento/recuperación (AS/RS) para incrementar la calidad, el servicio de producción, la seguridad, las decisiones administrativas, el registro de inventarios y, además de optimizar el espacio destinado para el almacenamiento, por lo cual, la empresa cuenta con las herramientas para ser frente a un mercado tan dinámico y competitivo. Estos sistemas AS/RS automatizados reducen los costos de mano de obra ya que reducen el número de personal y disminuye errores humanos durante el proceso de almacenamiento y recuperación.

En la tesis “Diseño y construcción de un prototipo de sistema automatizado de almacenamiento/ recuperación (AS/RS), para sistemas flexibles de manufactura en el laboratorio CNC de la ESPE extensión Latacunga, utilizando procesamiento digital de imágenes”. Previo la obtención del título de ingeniero en mecatrónica de los autores (Capilla & Pulloquina, 2014), fue realizada con fines didácticos para permitir a los estudiantes y docentes familiarizarse con los procesos de manufactura flexible, este prototipo consta de una estructura que está dividida en estanterías donde se almacenaran objetos o artículos contenidos en pallets mediante un robot cartesiano en 4 ejes, accionado por servomotores y un sistema de control, este prototipo AS/RS

puede identificar materia prima rectangular, cilíndrica y cuadrada mediante un procesamiento de imagen.

En la tesis “Diseño e implementación de un prototipo de sistema flexible de almacenamiento / recuperación (AS /RS) automatizado mediante visión artificial para el reconocimiento dimensional de módulos de almacenamiento y optimización de espacios, para el laboratorio de mecatrónica en la universidad de las fuerzas armadas ESPE extensión Latacunga”. Previo la obtención del título de ingeniero en mecatrónica de los autores (Cárdenas & Diaz, 2018), presentan el diseño e implementación de un prototipo AS/RS automatizado mediante visión artificial en el cual el sistema cuenta con una máquina de tres ejes donde gestiona de mejor manera los espacios de almacenamiento dependiendo de objetos con diferentes dimensiones, colores y formas. Este tipo de proyectos fomentan al desarrollo académico en diferentes áreas de la industria como el diseño e implementación mecánica, eléctrica/electrónica y control.

Los módulos didácticos contribuyen con el conocimiento y familiarización en la formación académica del estudiante para que en un futuro sea capaz de incorporar e innovar este tipo de sistemas de automatización en la industria. En el trabajo de investigación “Diseño de la estructura física de un AS/RS para fines didácticos” del autor (López, 2015) menciona que parte de la importancia de este proyecto reside en apoyar el compromiso social de las universidades para preparar especialistas. Estas instituciones deben formar individuos competentes y capaces, ya que cuando egresan profesionales hábiles que se introducen al mercado laboral, se incrementa la producción e innovación de las empresas, lo que resulta en crecimiento económico y por lo tanto en bienestar social. Las universidades deben asegurarse de que sus alumnos aprendan los conocimientos requeridos durante su estancia en la institución.

3.2. Modalidad de Investigación

3.2.1. Método Bibliográfico Documental

En este método se recopilará la mayor cantidad de información, de fuentes documentales acerca de los sistemas automatizados de almacenamiento/recuperación (AS/RS) y sistemas neumáticos que se puedan implementar para el diseño y construcción del módulo didáctico optimizando el proceso.

3.2.2. Método Inductivo - Deductivo

Se utiliza al momento de realizar el diseño mecánico, las secuencias de trabajo junto con el diseño del sistema de control neumático y su posterior implementación, para lograr un correcto funcionamiento.

3.2.3. Método Experimental

Se busca verificar que el funcionamiento del módulo didáctico sea el correcto y cumpla las condiciones previstas mediante protocolos de comunicación industrial Modbus TCP/IP y Profinet complementando con la programación ladder establecida en el PLC caso contrario se pueda corregir algún defecto que existiera.

3.2.4. Método Analítico

En este método se realizará un análisis de la selección de componentes eléctricos, mecánicos y neumáticos. Para la adquisición de elementos de mayor eficacia y de bajo costo para la implementación del módulo didáctico.

3.3. Tipo de investigación

3.3.1. Investigación Descriptiva

Se orienta en describir las características de los elementos y actuadores, para el funcionamiento y comunicación entre ellos en el sistema de automatización. Con el

objetivo de introducir un nuevo sistema neumático que reemplace los sistemas que usan motores eléctricos.

3.3.2. Investigación Fundamental

Tiene como finalidad complementar la investigación previa a los conocimientos adquiridos en el desarrollo del proyecto, el uso de la comunicación Modbus TCP/IP a través de la instrucción MB_CLIENT permite establecer la conexión TCP cliente-servidor (PLC- Arduino), mediante el lector de códigos QR envía el dato característico del elemento a almacenar.

3.3.3. Investigación Exploratoria

El propósito de esta investigación es aclarar un problema que no está claramente definido. Las librerías de arduino son de gran ayuda para la comunicación del lector de códigos QR. El tipo de dato que envía el lector de códigos QR al PLC debe ser procesado a través de la placa arduino con la ayuda de la librería USBHost, esta permite recibir el dato con este periférico.

3.4. Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación permite desarrollar las estrategias o una metodología de una manera lógica para manejar eficientemente los posibles problemas. Mediante la investigación descriptiva, fundamental y exploratoria se detalla las características y funcionamiento de cada uno de los elementos que conforman el sistema de automatización AS/RS, posteriormente se complementa la investigación con nuevos conocimientos referentes a la comunicación Modbus TCP/IP, esto permitirá tener comunicación entre los componentes, arduino y PLC. Finalmente, se realizará la

investigación exploratoria para dar solución a inconvenientes de comunicación y construcción del módulo didáctico.

3.5. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Fuentes de Información

En este proyecto investigativo se hace uso de diversos tipos de fuentes, documentos que contienen datos actualizados siendo un recurso para satisfacer una necesidad informativa. Es necesario conocer los diferentes tipos de fuentes, como las primarias que dan una información nueva u original se incluye en publicaciones de libros o revistas, monografías, artículos e informes técnicos; de la misma manera se obtendrá información de fuentes secundarias que son bibliografías, base de datos, catálogos que facilita la identificación o localización de documentos remitiendo a fuentes primarias.

3.5.2. Instrumentos de la Investigación

Son herramientas utilizadas para recolectar información mediante técnicas como entrevistas, análisis documental, fichas de observación, criterios de expertos, análisis de contenido. Permitiendo al investigador acercarse a información relacionada con el proyecto estableciendo datos concretos que se necesita conseguir. Es necesario utilizar un instrumento de investigación para conocer la necesidad o falta de conocimiento que presentan los estudiantes relacionado al sistema de almacenamiento y recuperación (AS/RS) automatizado, para lo cual, se elaborará un modelo de instrumento de encuesta. Obteniendo la necesidad del estudiante y así elaborar instructivos de comunicación y manipulación para el funcionamiento del módulo didáctico.

3.5.3. Métodos de Recolección de datos

Dentro de los métodos de recolección de datos está la observación, es un registro visual de lo que ocurre en una situación real durante un proceso, permitiendo validar y descartar datos de las variables a ser estudiadas. Mediante los diferentes protocolos de comunicación permitirá la interacción de la adquisición de datos a través del lector de códigos QR, el mismo que enviará la información al MB_CLIENT previamente programado en TIA portal y así comprobar la fiabilidad de la comunicación con su debida interpretación del dato, los cuales, conformaran diferentes procesos de almacenamiento.

3.6. Validez y confiabilidad del instrumento de recolección

La validez y confiabilidad de la información obtenida será analizada de manera práctica durante las pruebas de funcionamiento del sistema automatizado AS/RS con su respectiva calibración de válvulas, sensores y actuadores, corroborando la fiabilidad para la interacción entre ellos. Consecutivamente se realizará la interfaz hombre-máquina (HMI) donde se puede monitorear y controlar de manera local.

3.7. Procesamiento y análisis de la información

Mediante las pruebas de funcionamiento se obtendrá la información de una forma estructurada de acuerdo a las causas y efectos que se van presentando en la investigación, se establecerá un análisis de los datos obtenidos en la comunicación, a partir de esto se realizará un análisis de tiempos de respuesta que tiene el sistema al momento de la lectura del código QR del objeto, descartando tiempos no óptimos y códigos no válidos para el sistema basándose en los parámetros establecidos de funcionamiento.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE DATOS

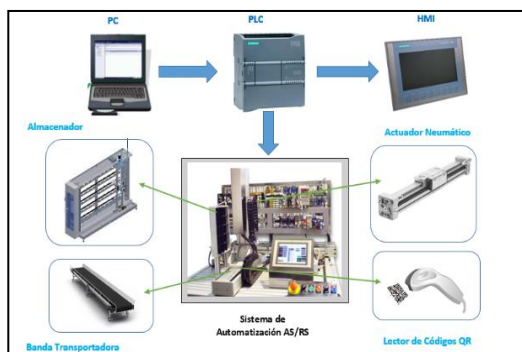
En el presente capítulo con la información recolectada, los resultados obtenidos y luego de la exhaustiva investigación, se procederá a la selección de los elementos que serán utilizados en el desarrollo del proyecto en su implementación, además, la configuración de la comunicación en el envío y recepción de datos provenientes del lector de códigos QR.

4.1. Análisis de resultados

En el siguiente proyecto de investigación se enfocará principalmente en la implementación de un sistema neumático automatizado AS/RS, que permitirá tener un registro previo de las características del producto para el almacenamiento y recuperación, con la ayuda del lector de códigos QR. La estación representa un almacén automático controlado por un PLC donde los productos son depositados y recogidos desde una banda transportadora (véase Figura 33). La operación de salida o entrada de material se selecciona mediante una pantalla HMI.

Figura 33

Esquema del Módulo Didáctico AS/RS



Nota: En el esquema se presenta la propuesta para un módulo didáctico AS/RS

4.1.1. Necesidades del usuario en el sistema didáctico AS/RS

El equipo está destinado para el manejo por parte de docentes, estudiantes y personal técnico a fin del área de investigación, que tendrá contacto directo con el módulo didáctico, para lo cual, se requiere diferentes estándares para suplir las necesidades del usuario, como son:

Tabla 3

Lista de Necesidades del Usuario para el Desempeño

Importancia	Necesidades	Fuente
5	Debe tener suficientes bahías para una práctica de un salón	Entrevistas, Fundamental
5	Debe soportar el material a almacenar	Fundamental
3	Que sea parecido a almacenes existentes	Entrevistas

Nota: Las necesidades están calificadas con importancia absoluta, utilizando una escala del 1 al 5, siendo 1 la de menor importancia y 5 la de mayor importancia. (López, 2015)

Tabla 4*Lista de Necesidades del Usuario para Usabilidad*

Importancia	Necesidades	Fuente
4	Que el AS/RS se pueda cambiar de ubicación fácilmente	Tendencias de mercado
3	Que se pueda fijar bien	Fundamental
4	Que tenga capacidad de expansión y futuras mejoras	Tendencias de mercado
5	Que sea seguro	Fundamental
3	Que sea sencillo de usar (conceptos de HMI)	Entrevistas y tendencias
2	Que facilite su exposición a grupos grandes	Entrevista
2	Que sea cómodo de usar	Entrevistas, Fundamental
3	Que facilite su mantenimiento	Fundamental

Nota: En la tabla 4 se menciona las necesidades que tiene el usuario para el uso del módulo.

(López, 2015)

Tabla 5*Lista de Necesidades del Usuario para Durabilidad*

Importancia	Necesidades	Fuente
4	Que sea durable bajo condiciones de un espacio cerrado	Fundamental
3	Que sea resistente a usos inadecuados	Fundamental

Nota: Necesidades que tiene el usuario para la durabilidad el módulo. (López, 2015)

4.1.2. Parámetros en el sistema didáctico AS/RS

Tomando en cuenta las necesidades técnicas por parte del usuario se determinó las características que deben considerarse para la implementación del módulo didáctico.

- Estructura de mesa base
- Accionamiento de actuadores neumáticos

- Comunicación Modbus TCP/IP, vía Profinet
- Actuador de la cinta transportadora, motor a paso a paso
- Diseño de la matriz de almacenamiento o estantería
- Voltaje de alimentación AC 110 V 60 Hz
- Fuente de alimentación AC/DC 110 V AC / 24 V DC
- Unidad de mantenimiento RFL, para eliminar impurezas en el aire comprimido.
- Lector de códigos QR
- Sensores magnéticos y ópticos.
- Diseño de una cinta transportadora

4.2. Selección de elementos eléctricos-neumáticos

4.2.1. Fuente de alimentación

Para la selección de la fuente de alimentación se considera la fuente interna de 24V DC del PLC S7 1200 1214C AC-DC-RLY proporcionado por el laboratorio de Neutrónica e Hidrónica. Por lo tanto, se selecciona una fuente de alimentación que este al mismo nivel de voltaje para los demás componentes como sensores y válvulas.

Debido a sus altos estándares de calidad de la marca ANERA garantiza una operación continua cuando se detecta una gran corriente de entrada debido a cargas defectuosas en una conexión de cargas múltiples. (véase Figura 34)

Figura 34

Fuente de Alimentación 24 V DC, 120 W



Nota: Esta fuente de alimentación se ocupará para la alimentación de electroválvulas y sensores.

Tabla 6

Características Técnicas Fuente de Alimentación

Características	Descripción
Dimensiones	124 x 40 x 117 mm
Peso:	0.63 kg
Chasis/cubierta:	Plástico
Voltaje nominal de entrada	100-240 V AC
Frecuencia nominal de entrada:	50-60 Hz
Voltaje nominal de salida:	24 V
Corriente de salida:	5A
Potencia de salida:	120 W

Nota: Datos técnicos de la fuente de alimentación marca ANERA.

4.2.2. Selección de Arduino MEGA ADK y módulo Ethernet W5100

4.2.2.1. Arduino MEGA ADK

Para permitir la comunicación de los componentes que conforman el sistema AS/RS se hará uso de la placa Arduino MEGA ADK, la cual, cuenta con un microcontrolador ATmega 2560, un puerto USB host para conectar con dispositivos USB y con sistemas Android, además de 54 pines de entrada y salida de los cuales 14 son PWM.

Se incorpora la placa Arduino ya que, permite la comunicación de lo siguiente:

- La entrada USB host permite la comunicación con el lector de códigos QR.
- Pin de salida PWM permite el control de velocidad de motor paso a paso de banda transportadora.

Tabla 7

Características Arduino MEGA ADK

Características	Descripción
Microcontrolador	Atmega 2560
Alimentación	5 V
Entrada	7-12 V
Limites máx	5.5-16V
Pines analógicos	16
SRAM	8 Kb
EEPROM	4 Kb
Reloj	16 M Hz

Nota: Datos técnicos para el funcionamiento del Arduino MEGA ADK. (BricoGeek, 2019)

4.2.2.2. Módulo ETHERNET W5100

Para conectar un Arduino a la red ethernet se hará uso de un módulo Ethernet shield W5100 el cual, posee una entrada ethernet estándar RJ45. A través del protocolo de comunicación Modbus TCP/IP permite la interacción entre el arduino (servidor) y el PLC (cliente) mediante red ethernet.

4.2.3. Selección de lector de códigos QR

Se selecciona un lector de códigos QR, el cual proporcione de una capacidad de lectura rápida y precisa, además de que abarque una zona amplia para la detección de códigos en el producto.

El Scanner BEMATECH I-500 facilita la alta velocidad de lectura de códigos QR a 280 veces/seg, con un diseño omnidireccional de amplio escaneo y un sistema de interfaz USB. (véase Figura 35)

Figura 35

Lector de Códigos QR



Nota: Escáner BEMATECH de lectura mediante códigos QR. (Bematech, 2019)

Tabla 8

Características Lector de códigos QR; Modelo: BEMATECH I-500

Características	Descripción
Cable	160 cm USB
Elemento de puntería:	635-645 nm LED
Velocidad de escaneo	280 veces/segundo
Códigos de barras tipo	1D, QR 2D
Tamaño	162.8mm*66.3mm*121.6mm

Nota: Datos técnicos del lector QR. (Bematech, 2019)

4.2.4. Selección sensores

4.2.4.1. Sensor óptico

Para detectar la presencia del objeto o producto a almacenar en la cinta transportadora, se seleccionó el sensor óptico de luz visible QIGI 6-36 V DC IP67 200mA PNP NO con una distancia de detección de 20m. (véase Figura 36), este sensor fotoeléctrico es un dispositivo que detecta la presencia de un objeto mediante luz visible la cual al ser interrumpida tiene la capacidad de activar o desactivar una señal, tiene varias ventajas a nivel industrial como una alta velocidad de respuesta, amplio rango de detección y baja influencia de campos magnéticos. Revisar el ANEXO A-1 para mayor información.

Figura 36

Sensor Óptico QIGI



Nota: Sensor emisor y receptor de objetos de luz roja. (QiGi, 2018)

4.2.4.2. Sensor magnético

Se necesita este sensor para determinar la posición del émbolo en los cilindros o actuadores neumáticos, cuando el émbolo pasa por el sensor este es accionado magnéticamente lo que provoca que el circuito interno se cierre, por lo tanto, se utilizará para el posicionamiento de los actuadores neumáticos durante el almacenamiento.

Se selecciona un sensor tipo magnético marca SICK RZT6-03ZRS-KRD funciona con un voltaje de 10-30 V DC, consumo de corriente 10mA, tipo de conexión 3 hilos (véase Figura 37). Para el esquema de conexión revisar el ANEXO A-2

Figura 37

Sensor Magnético SICK



Nota: Sensor de activación magnética para la detección del embolo. (SICK, 2020)

4.2.5. Selección de actuadores lineales DGLP con carro estándar

Este actuador neumático de doble efecto se usa para la implementación de la máquina de posicionamiento de almacenamiento y recuperación para el movimiento vertical y horizontal. Estos permiten la unión de varios actuadores, para conformar los ejes X, Y de la máquina S/R (Storage/Retrieval), también cuenta con un carro largo y una conexión de aire comprimido en ambos lados, además soportan cargas y momentos grandes. Para mayor información revisar el ANEXO A-3

Debido a sus beneficios se seleccionó el actuador lineal marca FESTO, modelo DGPL-32-520-PPV-A-KF-B que presenta un diámetro de émbolo de 32mm, una carrera de 520 mm, amortiguación neumática regulable en ambos lados, sensores de proximidad y una guía de rodamientos de bolas, (véase Figura 38).

Figura 38*Actuador Lineal DGLP FESTO*

Nota: Actuador lineal neumático con carro de sujeción estándar. (SICK, 2020)

4.2.6. Selección de cilindro neumático con vástago

El cilindro de doble efecto será utilizado para ubicar los productos u objetos en la estantería, ya que, conforma el eje Z de la máquina S/R, y su desplazamiento del émbolo permite la detección de posicionamiento mediante los sensores magnéticos. Revisar el ANEXO A-4 para mayor detalle.

Se selecciona el cilindro pistón marca CHINT 32 BORE, su diámetro de émbolo es de 32 mm y su carrera de 200 mm, (véase Figura 39).

Figura 39*Cilindro Pistón CHINT*

Nota: Cilindro de doble efecto con émbolo magnético. (Aliexpress, 2006)

4.2.7. Selección de electroválvulas neumáticas 5/3

Para el accionamiento de los actuadores lineales DGLP con carro estándar y del cilindro neumático con vástago, ambos de doble efecto se ha seleccionado las electroválvulas 5/3 (5 vías y 3 posiciones) las cuales dirigen y regulan el flujo de aire comprimido para el control del carro o del vástago.

La electroválvula 5/3 Heschen Model: 4V230C-08 cuenta con una presión de trabajo de 0.15-0.8MPa, un voltaje de bobina de 24V, tipo de actuación con doble control eléctrico y un tamaño de puerto PT1/4 (véase Figura 40). Estas características son adecuadas para el control de los actuadores del módulo AS/RS didáctico. De tal manera se requiere 3 válvulas de este tipo. Para mayor información revisar el ANEXO A-5

Figura 40

Electroválvula 5/3 Heschen



Nota: Electroválvula 5/3 con presión de trabajo de 0.15-0.8MPa. (Amazon, 2013)

Para controlar la velocidad de los movimientos del carro de los actuadores lineales y el vástago del cilindro neumático mediante la interrupción del flujo aire, se implementa válvulas reguladoras de caudal tipo aguja (véase Figura 41). También para disminuir el ruido de las válvulas neumáticas se utiliza silenciadores en los puertos de salida.

Figura 41*Válvula Reguladora de Caudal*

Nota: Válvula aguja para el control del flujo de aire con tornillo ajustable.

4.2.8. Selección de PLC

Para la selección del PLC hay que tener en cuenta ciertas características según las necesidades del proceso productivo al ser automatizado, en la tabla 9 se muestra el número de entradas y salidas que el módulo de almacenamiento y recuperación requiere, tanto para el uso de actuadores y sensores. También que soporte un protocolo Ethernet de comunicación TCP/IP para la interacción con otros dispositivos como la pantalla HMI, una alimentación de sensores de 24V y una tensión de alimentación a 120 V AC.

Tabla 9*Cantidad de Entradas y Salidas Necesarias por el PLC*

Tag	Descripción	Tipo de señal	Voltaje
I 0.0	Start	Digital	24 V DC
I 0.1	Stop	Digital	24 V DC
I 0.2	Selector	Digital	24 V DC
I 0.3	Paro de Emergencia	Digital	24 V DC
I 8.0	Sensor magnético X izquierda	Digital	24 V DC
I 8.1	Sensor magnético X derecho	Digital	24 V DC
I 8.2	Sensor magnético Y izquierda	Digital	24 V DC

Tag	Descripción	Tipo de señal	Voltaje
I 8.3	Sensor magnético Y derecho	Digital	24 V DC
I 8.4	Sensor magnético Z izquierda	Digital	24 V DC
I 8.5	Sensor magnético Z derecho	Digital	24 V DC
I 8.6	Sensor magnético Z derecho (+)	Digital	24 V DC
Q 0.0	Motor sentido horario	Digital	24 V DC
Q 0.1	Motor sentido anti horario	Digital	24 V DC
Q 0.2	Lámpara verde	Digital	24 V DC
Q 0.3	Lámpara roja	Digital	24 V DC
Q 8.0	Válvula X + Avance	Digital	24 V DC
Q 8.1	Válvula X - Retorno	Digital	24 V DC
Q 8.2	Válvula Y + Avance	Digital	24 V DC
Q 8.3	Válvula Y - Retorno	Digital	24 V DC
Q 8.4	Válvula Z + Desplazamiento	Digital	24 V DC
Q 8.5	Válvula Z - Desplazamiento	Digital	24 V DC
Q 8.6	Válvula de succión	Digital	24 V DC

Nota: Entradas y salidas del PLC S7 1200, para el control de sensores y actuadores en el módulo didáctico AS/RS

Por lo tanto, se selecciona el PLC SIEMENS S7-1200 1214C AC/DC/RLY que satisface los requerimientos necesarios mostrados en la tabla 9. Para mayor información del PLC, revisar la hoja de datos en el ANEXO A-6.

Debido a la carencia del número de entradas del PLC seleccionado a las requeridas según la tabla 10, se opta por implementar un módulo de expansión de E/S digitales SIEMENS SM1223 DC/RLY que cuenta con 16DI/ 16DO.

Tabla 10*Características PLC SIEMENS S7-1200 1214C AC/DC/RLY*

Características	Descripción
Designación	1214C AC/DC/Relay
Versión de firmware	V4.1
Tensión de alimentación	120 V AC , 230 V AC
Frecuencia de red	47- 63 Hz
Alimentación de sensores	24 V
Entradas Digitales (DI)	14 DI a 24 V DC
Salidas Digitales (DO)	10 DO tipo relé
Entradas Analógicas (AI)	2 AI voltaje
Salidas Analógicas (AO)	No
Tipo de salidas	Relé
Interfaz de comunicación	Ethernet
Protocolos	TCP/IP, MODBUS
Temperatura de trabajo	0° C a 45° C
Tipo de programación	FBD, Ladder Logic

Nota: Datos técnicos para el funcionamiento del *PLC SIEMENS S7-1200 1214C AC/DC/RLY*

Para una instalación óptima y reducción del extenso cableado de los sensores, solenoides de las válvulas y actuadores entre las entradas y salidas del PLC, se implementa un módulo de E/S binario de marca Telemecanique modelo ABE7-HR1631 (véase Figura 42), cuenta con un sistema TELEFAST que permite la conexión rápida del módulo a los componentes operativos, se lo conoce como una interfaz “Todo o Nada”. Este equipo se encarga de adecuar de mejor manera las E/S siendo más perceptibles para el PLC e interpretando de manera correcta sin influir en su proceso.

En el ANEXO A-7 se encuentra el diagrama de cableado y características más detalladas.

Figura 42

Módulo E/S Telemecanique ABE7-HR1631



Nota: Módulo *Telemecanique* de 16 pines para la conexión de entradas y salidas

Tabla 11

Características Generales del Módulo E/S ABE7-HR1631

Características	Descripción
Tensión de alimentación	24 V DC
Corriente por canal	0.5 A
Protección contra cortocircuito	2 A
Número de canales	16
Número de terminales por canal	3
Tipo de conector	HE-10
Número de pin	20 vías
Distribución de polaridad	0V o 24V

Nota: Datos técnicos para el funcionamiento del *Módulo E/S ABE7-HR1631* recomendado por el fabricante.

4.2.9. Selección pantalla HMI

Para la interfaz hombre-Máquina entre el proceso y el operador, se selecciona la pantalla HMI de marca Kinco de 4.3`` con un protocolo de comunicación Ethernet, resolución 480 x 272 pixeles (véase Figura 43). Además de existir una relación precio/calidad aceptable, es compatible con varias marcas de PLC en el mercado, incluyendo el autómeta S7-1200. Brinda características suficientes para el proyecto.

Figura 43

HMI Kinco



Nota: Pantalla HMI Kinco para monitorear los procesos de almacenamiento y recuperación.
(Kinco, 2012)

Este HMI permite visualizar el proceso de almacenamiento y recuperación en tiempo real de los productos en la matriz vertical (estantería), el operador coordina y controla las variables del módulo AS/RS. Para más detalles de sus características ver el ANEXO A-8.

4.3 Esquema funcional del módulo

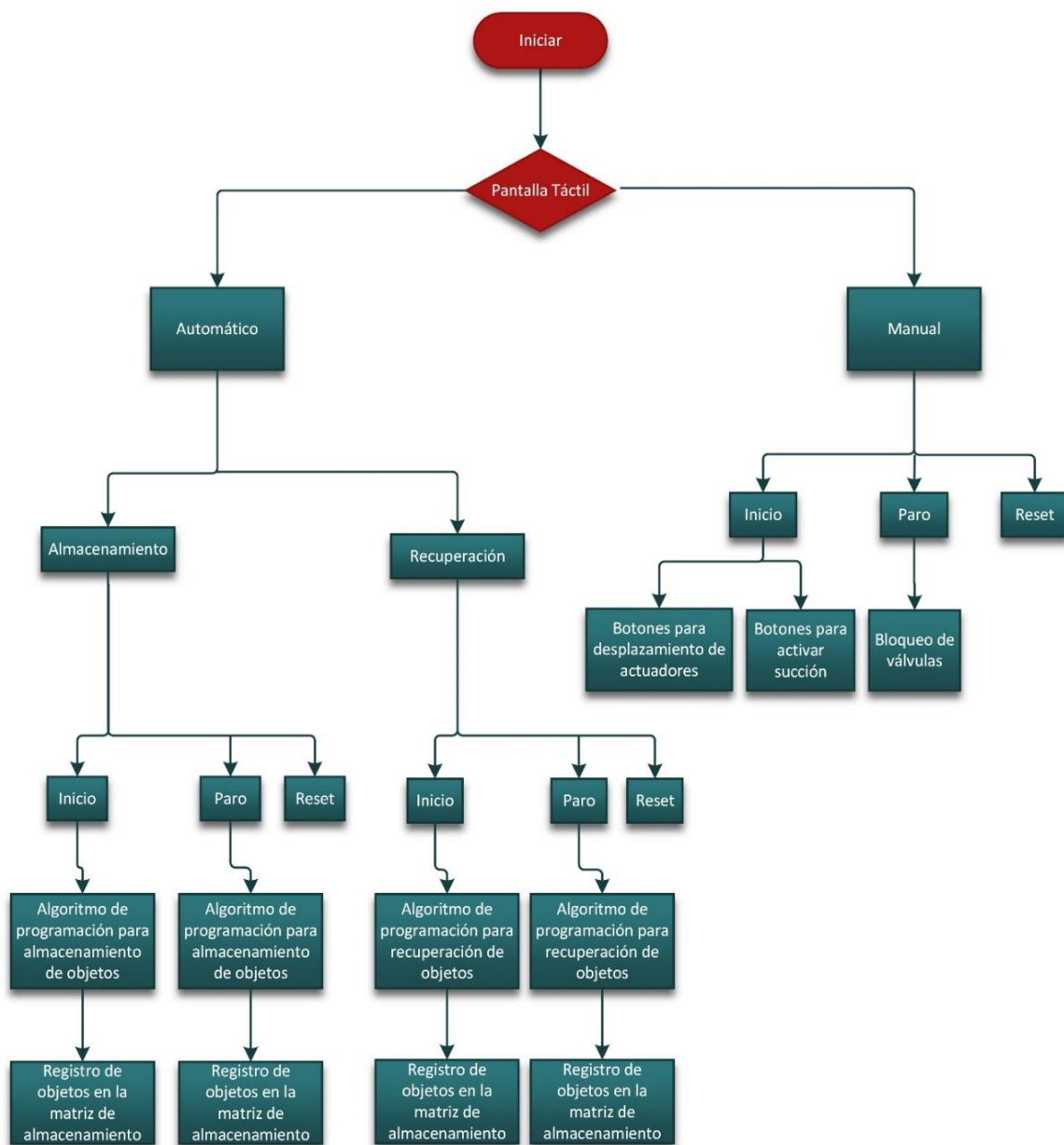
4.3.1 Algoritmo de la pantalla HMI

En la pantalla HMI se visualiza la selección de dos procesos, ya sea, automático o manual. El proceso manual consta de botones, los cuales permiten el desplazamiento de actuadores y la activación de la válvula de vacío. Para el proceso automático existen dos funciones, una de almacenamiento y otra de recuperación de objetos. En esta

interfaz gráfica, se presenta el monitoreo del objeto en la matriz de almacenamiento.
(véase Figura 44).

Figura 44

Algoritmo de la Pantalla Táctil



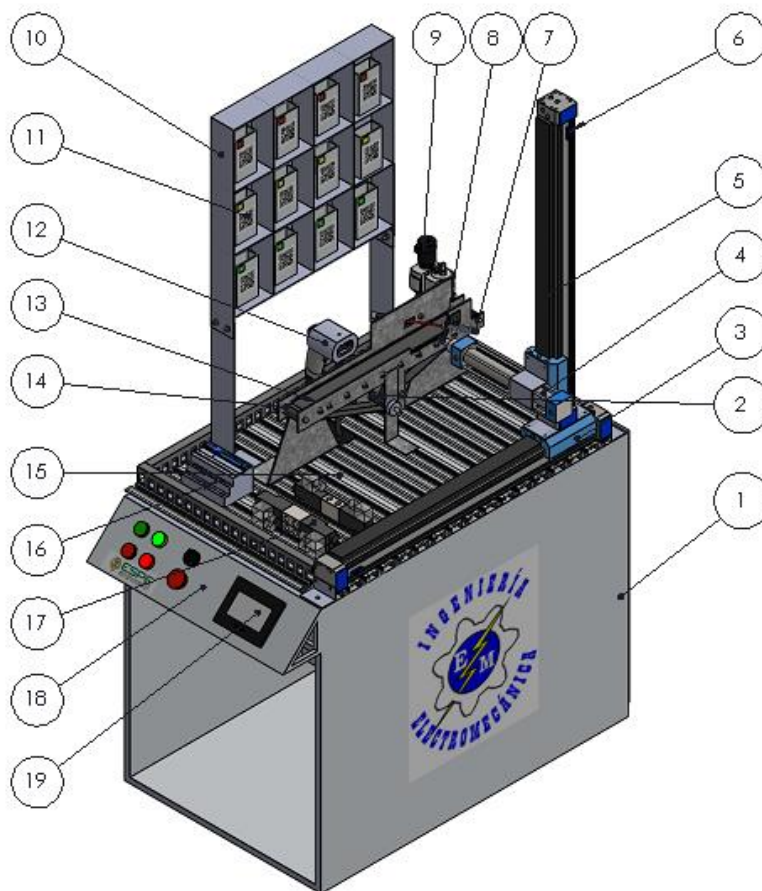
Nota: En la siguiente figura se muestra el algoritmo con el que cuenta la pantalla HMI.

4.4 Modelo gráfico de la solución del módulo

Mediante el software de diseño CAD SolidWorks 2018 se presenta el diseño del modelo gráfico 3D del módulo de almacenamiento y recuperación (AS/RS). En la figura 45, 46 y la tabla 12 se muestra todos los elementos y partes seleccionados.

Figura 45

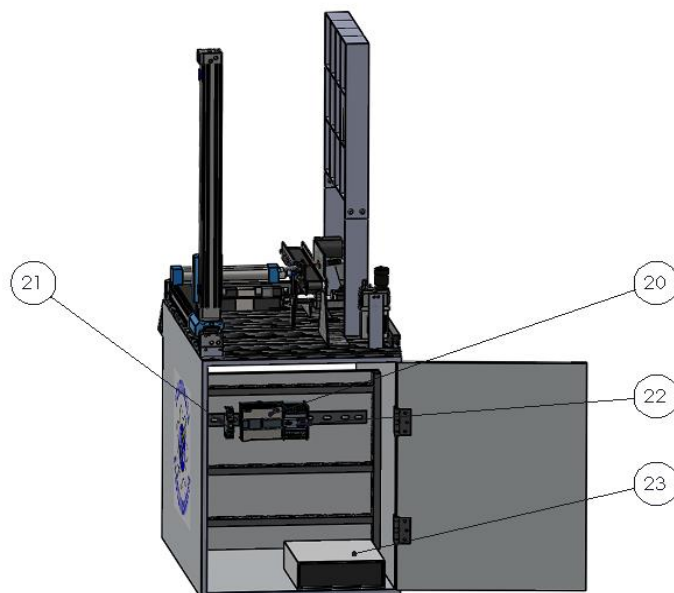
Módulo AS/RS Neumático Mediante Códigos QR



Nota: Representación gráfica de la cara frontal del módulo didáctico AS/RS, con sus respectivas partes principales.

Figura 46

Caja de Control del Módulo AS/RS Neumático



Nota: Representación gráfica de la caja de control ubicada en la parte posterior.

Tabla 12

Elementos del Módulo AS/RS Neumático

N.-	Denominación	Cantidad	Observación
1	Mesa base	1	Plancha galvanizada de 1.44 mm y tubo cuadrado 1'x 2 MM
2	Motor paso a paso	1	Nema 17
3	Actuador lineal DGLP con carro estándar	1	Eje X, carrera 520 mm – Máquina S/R
4	Cilindro neumático con vástago	1	Eje Z, carrera 200 mm – Máquina S/R
5	Actuador lineal DGLP con carro estándar	1	Eje Y, carrera 520 mm – Máquina S/R
6	Sensor magnético SICK	11	Tres y dos hilos
7	Sensor óptico	1	Luz visible, detección 20m.
8	Válvula de succión	1	Ventosa, Válvula 2/2
9	Unidad de mantenimiento FRL	1	

N.-	Denominación	Cantidad	Observación
10	Matriz vertical o estantería	1	4 x 4; Aluminio de 2mm
11	Producto con código QR	1	60x30x60 mm; Plástico de 2mm
12	Lector de códigos QR	1	USB
13	Banda transportadora	1	Aluminio de 2mm y acero inoxidable
14	Rodillos	4	Duralón
15	Bancada o placa perfilada	1	Aluminio, modelo 1706
16	Módulo E/S Telemecanique	1	
17	Electroválvula neumática 5/3	3	
18	Panel de control	1	Lámparas piloto, pulsadores, paro, selector
19	Pantalla HMI	1	Kinco de 4.3 ''
20	PLC	1	S7 1200 Siemens
21	Breaker	1	110 V; 6A
22	Módulo de expansión E/S	1	SIEMENS SM1223 DC/RLY
23	Caja de elementos electrónicos	1	Puente H; Arduino; Modulo ETHERNET W5100; Fuente de poder 120W

Nota: Descripción de los componentes que forman parte del módulo didáctico AS/RS.

4.5. Planteamiento de la Hipótesis

Con la construcción del sistema neumático automatizado de almacenamiento y recuperación AS/RS, mediante la detección de códigos QR, permitirá fortalecer los conocimientos de sistemas flexibles por parte de los estudiantes, docentes y personal técnico a fin del área de investigación.

4.6. Comprobación de la Hipótesis

En la comprobación de la hipótesis se analizan los diferentes elementos seleccionados o alternativas, obteniendo el mejor beneficio a la posible solución de la construcción del sistema neumático automatizado AS/RS, logrando verificar que en el desarrollo del proyecto involucra la aportación de conocimientos académicos y

didácticos en este sistema flexible por parte de los estudiantes, docentes y personal técnico afín al área de investigación.

4.7. Viabilidad del proyecto

Después de llevar a cabo un análisis e investigación completa, se obtiene que el proyecto es viable lo que permite el inicio del diseño y construcción del sistema neumático automatizado AS/RS mediante la detección de códigos QR, permitiendo la aportación de los beneficios para el fortalecimiento académico de los usuarios.

CAPÍTULO V

PROPUESTA

Diseño y construcción de un sistema neumático automatizado de almacenamiento/ recuperación (AS/RS) mediante el reconocimiento de productos con códigos QR, en el laboratorio de neutrónica e hidrónica en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga.

5.1. Datos informativos

Nombre de la Institución: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga.

Dirección: Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Calle Quijano y Ordoñez y Hermanas Páez, Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica.

Tipo de empresa: Educación

Tamaño de la Institución: Grande

5.1.1. Beneficiarios

Estudiantes, docentes y personal técnico afín al área de investigación.

5.2. Objetivos

5.2.1. Objetivo General

Diseñar y construir un módulo didáctico para el almacenamiento/ recuperación (AS/RS) automatizado mediante el reconocimiento de productos con códigos QR, dentro de una línea de almacenamiento en el laboratorio de Hidrónica y Neutrónica.

5.2.2. Objetivos Específicos

- Diseñar y analizar los esfuerzos de los componentes de la estructura mecánica mediante el software ANSYS.
- Realizar el montaje de los elementos e instrumentos que constan en el proceso de almacenamiento/ recuperación (AS/RS).
- Programar el PLC para el control de sensores y máquina S/R de acuerdo a las condiciones del proceso.
- Implementar un sistema de reconocimiento y clasificación de productos mediante códigos QR.
- Diseñar e implementar un HMI para coordinar y controlar el proceso de (AS/RS).
- Controlar y verificar el funcionamiento del sistema neumático para la distribución y clasificación de productos con códigos QR.

5.3. Justificación de la Propuesta

La implementación del presente proyecto contribuye al fortalecimiento de los estudiantes, docentes y personal técnico afín al área de investigación en su conocimiento, formación académica y aprendizaje práctico, debido a que en el laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la Universidad no cuenta con este sistema de almacenamiento y recuperación AS/RS neumático con reconocimiento de productos con códigos QR, por lo tanto, resulta beneficiario.

5.4. Fundamentación de la Propuesta

Las bases o fundamentos de esta propuesta parten en el desarrollo de la automatización, en este sistema con la implementación de elementos neumáticos como medio diferente de sistemas convencionales de almacenamiento y recuperación AS/RS y la aplicación de un lector para el reconocimiento de productos con códigos QR, empleando un protocolo de comunicación entre ellos y el autómatas programable.

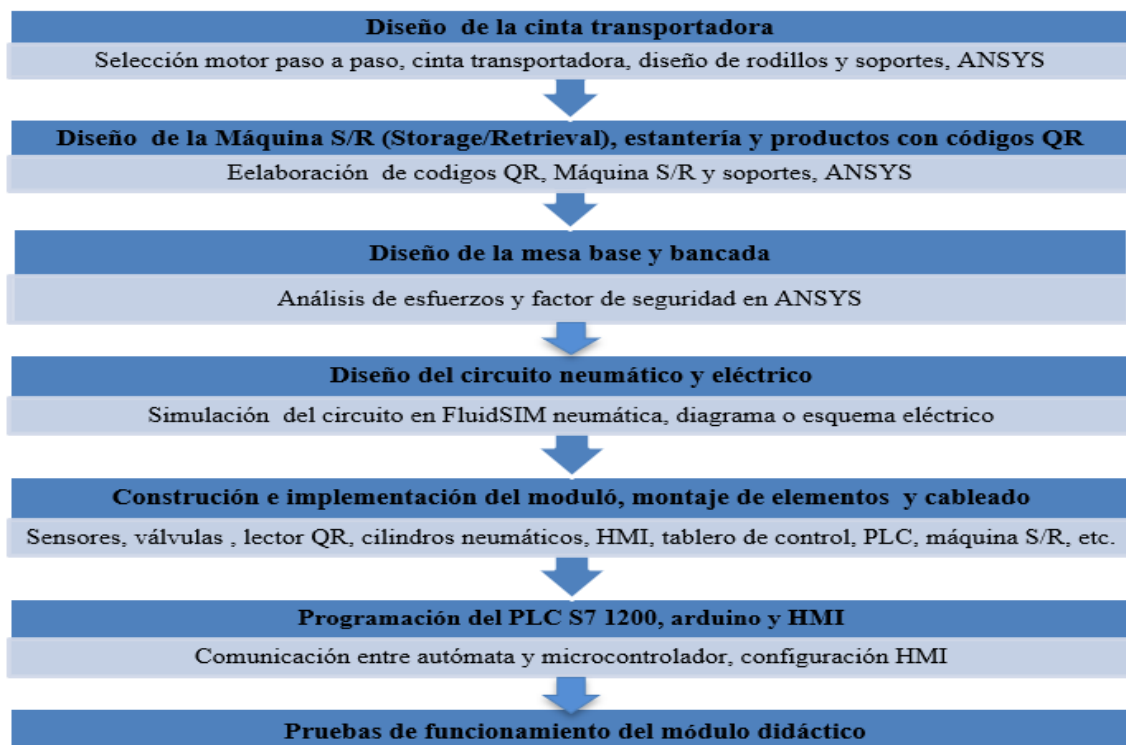
5.5. Diseño de la Propuesta

5.5.1. Resumen

En la figura 47 se plantea el proceso general para llevar a cabo la propuesta.

Figura 47

Diseño de la Propuesta para el Módulo AS/RS Neumático

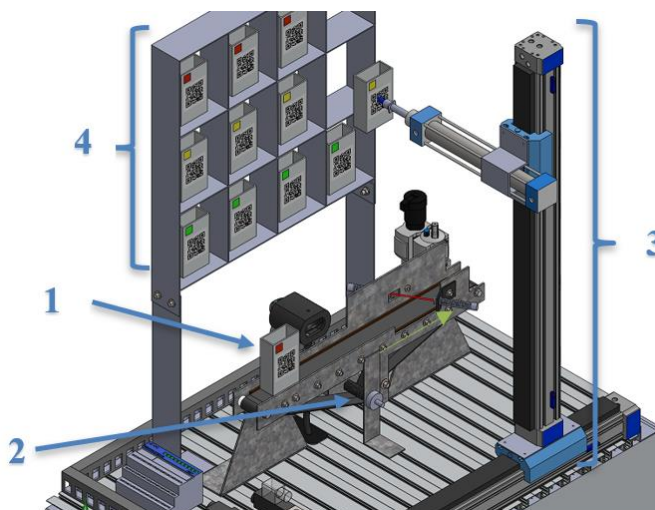


Nota: Resumen de la propuesta para el diseño e implementación del módulo didáctico AS/RS.

Se trata de almacenar 12 productos con códigos QR en la estantería (véase Figura 48). En primer lugar, el producto (1) es escaneado y se traslada por la banda transportadora (2) hasta la zona de carga, la máquina S/R (3) sujeta al producto mediante una ventosa. Una vez sujeto, se eleva la máquina a su posición de almacenamiento en la estantería (4) y así sucesivamente. Al terminar el ciclo de trabajo de almacenamiento la máquina vuelve a su posición inicial para posteriormente realizar la recuperación del producto.

Figura 48

Resumen de la Propuesta para el Módulo AS/RS Neumático



Nota: En la figura se muestra la propuesta para el diseño y construcción del módulo didáctico AS/RS.

5.6. Diseño del módulo de almacenamiento y recuperación

Para la construcción de la estructura del módulo didáctico, hay que tomar en cuenta el diseño y el material a utilizar, ya que, de esto depende un funcionamiento seguro y

garantizado bajo condiciones razonables, y no exista una falla en su estructura cuando el material exceda su resistencia por una deformación o esfuerzos aplicados.

5.6.1. Factor de seguridad

Según (Mott, 2006) el objetivo principal es obtener un factor de diseño **N**, el cual garantice que el elemento sea infalible. Para obtener un buen factor **N** la resistencia del material debe ser mayor que el esfuerzo aplicado. La relación de la resistencia del material a la fluencia entre el esfuerzo de diseño o permisible se llama factor de seguridad.

$$N = \frac{S_y}{\sigma_d}$$

Ecuación 1

Factor de Seguridad

Nota: (Mott, 2006, pág. 188)

Donde:

$S_y =$ Resistencia del material a la fluencia

$\sigma_d =$ esfuerzo de diseño o permisible

En la mayor parte de los casos, la resistencia del material con que se fabricará el componente se divide entre el factor de seguridad para determinar un esfuerzo de diseño σ_d , que a veces se llama esfuerzo permisible. Entonces, el esfuerzo real que se desarrolla en el componente debe ser menor que el esfuerzo permisible.

$$\sigma_{real} < \sigma_d = 0.66S_y$$

Ecuación 2

Esfuerzo de Diseño

Nota: (Mott, 2006, pág. 189)

$$\sigma_{real} < \sigma_{permissible}$$

Típicamente para el diseño de componentes estructurales, el factor de seguridad debe ser mayor que uno. En la tabla 13 se presenta lineamientos de factores de seguridad para materiales dúctiles según Mott.

Tabla 13

Factores de Seguridad para Materiales Dúctiles

Factor de seguridad	Información
N= 1.25 a 2.0	El diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño
N= 2.0 a 2.5	Diseño de elementos de máquina bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño
N= 2.5 a 4.0	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente
N= 4.0 a más	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente

Nota: Se utiliza un factor de seguridad de 1.25 a 2.0 para cargas estáticas, mostrando un alto grado de confiabilidad en procesos industriales. (Mott, 2006)

Un buen método de predicción de falla es el de Energía de Distorsión, ya que, es el mejor estimador de la falla para materiales dúctiles bajo cargas estáticas o para esfuerzos normales, cortantes o combinados totalmente reversibles. También conocido

como *Esfuerzo de Von Mises* representado por el símbolo σ . Se predice que existe falla cuando $\sigma > S_y$ (Mott, 2006).

Para la obtención de estos resultados el software Ansys Workbench 19.2 ofrece la posibilidad de simular todo lo requerido en el análisis de esfuerzos, deflexión y factor de seguridad.

Ansys posee una biblioteca con materiales predeterminados, pero es esencial asignar a cada pieza el material correspondiente. Existe un paso muy importante dentro del proceso de simulación que es, el mallado del modelo, ya que, de este depende la calidad de un resultado fiable.

5.7. Diseño de la cinta transportadora

En el diseño de la cinta transportadora, debe ser capaz de trasladar el producto con código QR desde la estación de entrada a la zona de carga, para que la máquina S/R lo coloque en su lugar de almacenamiento y posteriormente su recuperación, en este transcurso el producto es escaneado mediante el lector QR.

Como datos de partida para el diseño de la cinta transportadora son los siguientes:

- Tipo de material de transporte: Caja de Plástico 100 x 40 x 60 mm
- Velocidad máxima de avance de la banda transportadora: 60 rpm
- Ancho máximo del espacio disponible: 44 mm
- Peso de la cinta: 1.3 kg/m^2

5.7.1. Selección de tipo de banda transportadora

Se selecciona de acuerdo a la función y al proceso a realizar, ya que, existen diferentes tipos de bandas. Mediante un análisis previo se opta por la banda de tipo horizontal de suelo móvil, que consta de dos tambores o rodillos en sus extremos, un tensor y un rodillo motriz montado en una estructura. (véase Figura 49).

Figura 49

Banda Transportadora Horizontal



Nota: En la figura se muestra una banda transportadora de tipo horizontal con rodillo fijo. (Robótica, VC, 2018)

5.7.2. Selección de tipo de cinta

Según el aspecto de la superficie de la carga o producto, se selecciona la cinta de tipo lisa con recubrimiento plástico TPU, debido a la disposición horizontal de la banda transportadora y a su distancia no prolongada (véase Figura 50). Permitirá un transporte óptimo del punto de entrada hacia el de carga. Las características de la cinta se encuentran en el ANEXO A-10

Figura 50*Cinta Transportadora Lisa*

Nota: Cinta transportadora lisa de poliuretano termoplástico. (Estrada, 2014)

5.7.3. Número permisible de piezas en la banda y cálculo de holgura

Para calcular el número permisible de productos en la banda transportadora, hay que considerar la longitud de esta, y aplicar la siguiente fórmula:

$$n = \frac{L}{D}$$

Ecuación 3

Número de Piezas

Nota: (Jaramillo, 2015, pág. 67)

Donde:

n: número de productos

L: Longitud de la banda: 450 mm

D: Largo del producto representativo: 60 mm

$$n = \frac{0,45 \text{ m}}{0,06 \text{ m}}$$

$$n = 7.5 = 7 \text{ productos permisibles}$$

La cinta transportadora no de estar totalmente tensa para eso se calcula una distancia de holgura:

$$c = 0,055(B + 0,9) \text{ in}$$

Ecuación 4

Holgura de la Cinta

Nota: (Jaramillo, 2015, pág. 68)

Donde:

c: Holgura de la cinta en in

B: Ancho de la cinta máximo: 44 mm = 1.73 in

$$c = 0,055(1,73 + 0,9)$$

$$c = 0,144 \text{ in}$$

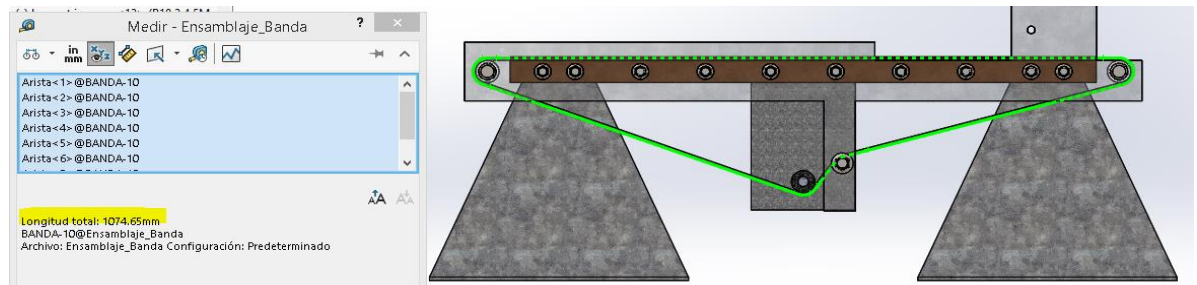
$$c = 0,0036 \text{ m de holgura máximo}$$

5.7.4. Longitud total de la cinta y área

La longitud total de la cinta se puede conocer utilizando las herramientas de SolidWorks en el modelado, midiendo la trayectoria de la cinta transportadora. (véase Figura 51). Para el ancho de la cinta se considera el límite dimensional máximo del soporte de la banda que es 44 mm.

Figura 51

Longitud Total de la Cinta



Nota: En la figura se muestra la longitud total de la cinta de 1074.65 mm, para la banda.

$$L_{\text{Cinta}} = 1.07465 \text{ m} + c = 1.07825 \text{ m}$$

$$\text{Ancho}_{\text{cinta}} = 0.040 \text{ m} < \text{Ancho}_{\text{permisible}}$$

$$\text{Área}_{\text{cinta}} = L_{\text{Cinta}} * \text{Ancho}_{\text{cinta}} = 0.04313 \text{ m}^2$$

El peso de la cinta por unidad de área, según el fabricante en el ANEXO A-10 es:

$$\text{peso}_{\text{cinta } U} = 1.3 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{peso}_{\text{cinta}} = \text{peso}_{\text{cinta } U} * \text{Área}_{\text{cinta}}$$

Ecuación 5*Peso de la Cinta***Nota:** (Jaramillo, 2015, pág. 70)

$$\text{peso}_{\text{cinta}} = 0.056 \text{ kg}$$

5.7.5. Diseño del soporte de la banda

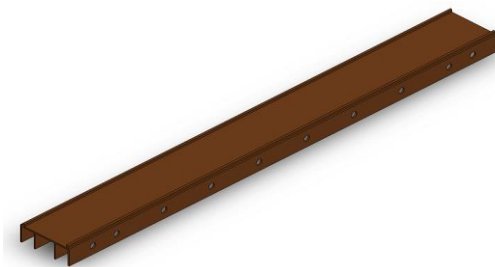
El soporte de la banda debe ser diseñado como un bastidor resistente, ya que, constituye y soporta el peso de los productos, la cinta, rodillos y demás elementos del sistema de banda transportadora. Se selecciona un perfil de Aluminio estructural 6061

de 18 x 44 x 450 mm. También sirve como guía o canal para la cinta. En la figura 52 se muestra el modelado del soporte.

La resistencia de fluencia del Aluminio 6061 es de: $S_y = 145 \text{ MPa}$.

Figura 52

Soporte de la Banda



Nota: Perfil estructural de aluminio 6061 para el soporte de la banda.

5.7.5.1. Carga máxima en el soporte de la banda

La fuerza aplicada al soporte es:

$$F = m_{total} * g$$

Ecuación 6

Fuerza Total

Nota: (Alvarado, 2016, pág. 12)

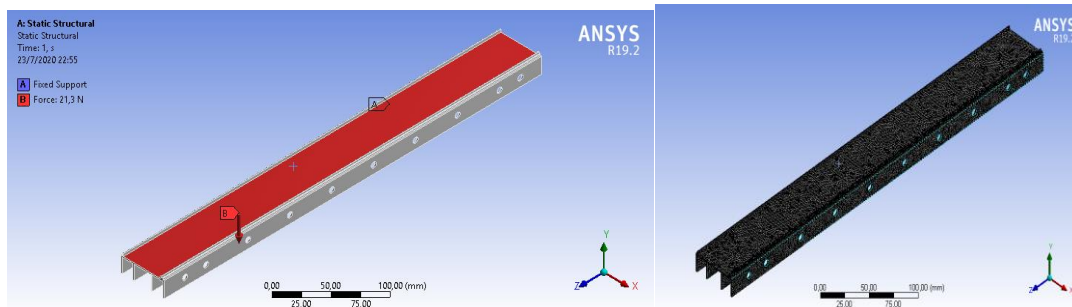
$$F_T = (\text{peso}_{cinta} + m_{productos} + m_{rodillos \text{ fijos y movil}} + m_{placas \text{ laterales}}) * g$$

$$m_{productos} = (7 \text{ unidades} * (0.25 \text{ kg})) = 1.75 \text{ kg}$$

$$F_T = (0.056 + 1.75 + (3 * 0.0283) + 0.283) \text{kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_T = 21.30 \text{ N}$$

Figura 53
Fuerzas Aplicadas y Mallado en Soporte de la Banda

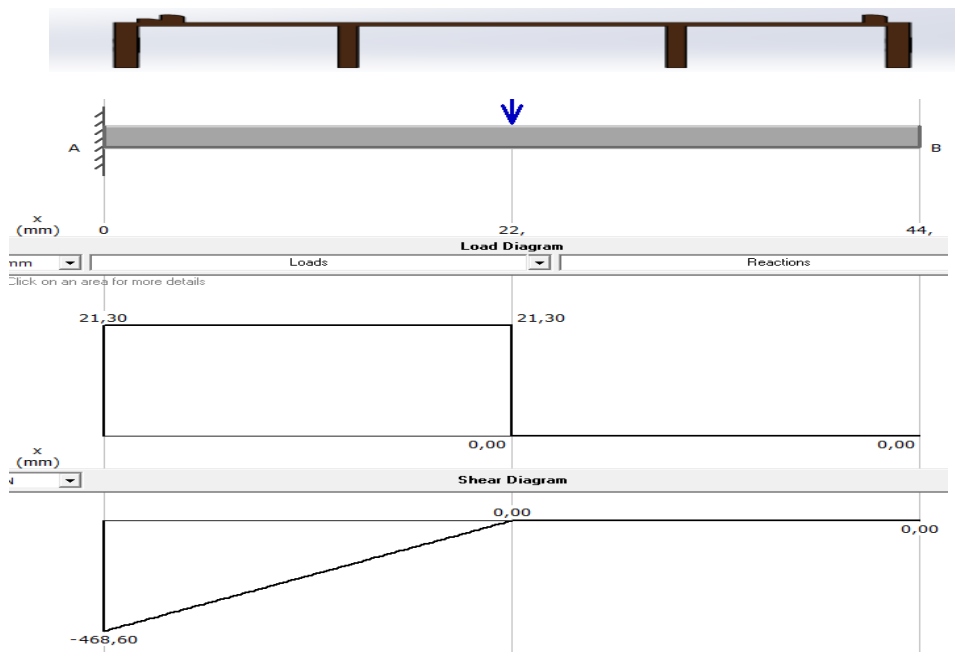


Nota: En la figura se representa la asignación de cargas en el soporte, junto con el mallado para simulaciones.

5.7.5.2. Análisis de esfuerzos del soporte de la banda

Se toma en cuenta que el soporte de la banda se encuentra anclado en voladizo y la fuerza puntual que se ejerce sobre el centro del soporte es de 21.30 N. En la Figura 54 se observa el diagrama de cuerpo libre del soporte.

Figura 54
Fuerzas Aplicadas y Mallado en Soporte de la Banda



Nota: En la figura se observa el diagrama de cuerpo libre con una fuerza P1 en el centro del soporte de la banda 21.30 N.

Momento Flector Máximo

$$M_{max} = 468.60 \text{ Nmm}$$

Determinar el módulo de sección en área rectangular S_x :

$$S_x = \frac{B * H^2}{6}$$

$$S_x = \frac{450 * 1.5^2}{6}$$

$$S_x = 168.75 \text{ mm}^3$$

Cálculo para el esfuerzo real del soporte de la banda.

$$\sigma_{real} = \frac{M_{max}}{S_x}$$

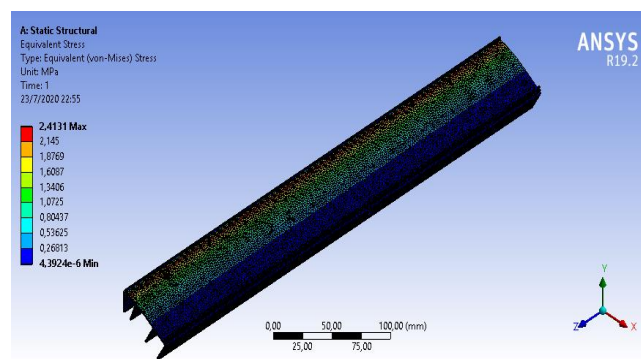
$$\sigma_{real} = \frac{468.60 \text{ Nmm}}{168.75 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_{real} = 2.77 \text{ N/mm}^2$$

Se observa que el cálculo del esfuerzo real se aproxima al valor que se obtiene en la simulación de ANSYS, como se puede observar en la figura 55.

Figura 55

Análisis de Esfuerzos en Soporte de la Banda



Nota: En la figura se representa el esfuerzo total al que está sometido el soporte.

Para que no exista una falla en el componente debe de cumplir la siguiente condición:

$$\sigma_{real} < \sigma_d = 0.66S_y$$

Donde:

$$\sigma_{real} = \text{Esfuerzo real o calculado}$$

$$\sigma_d = \text{Esfuerzo permisible}$$

$$\sigma_{real} < \sigma_d = 0.66(145 \text{ MPa})$$

$$2.413 \text{ MPa} < 95.7 \text{ MPa}$$

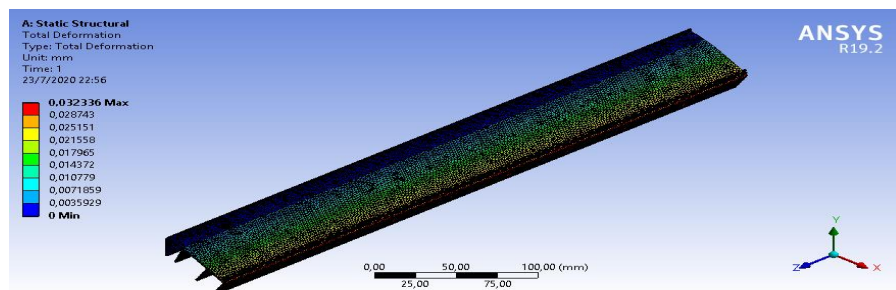
Por lo tanto, cumple la condición, el material seleccionado soporta un incremento de deformación aplicando este esfuerzo.

5.7.5.3. Deformación del soporte de la banda

En la figura 56 se muestra una deformación de 0.032336 mm en el soporte de la banda sometido a esfuerzos de tensión.

Figura 56

Deformación en Soporte de la Banda



Nota: En la figura se observa que la deformación máxima se encuentra en la cara lateral, debido a los soportes fijos.

Se predice que no existe falla cuando:

$$\delta r < [\delta]$$

Donde:

δr = deflexión del soporte de la banda

δ = deflexión permisible, criterio típico

L = longitud del componente

$$\delta r < [\delta] = \frac{L}{800}$$

Ecuación 7

Deflexión

Nota: (Jaramillo, 2015, pág. 80)

$$\delta r < \frac{450 \text{ mm}}{800}$$

$$0.032336 \text{ mm} < 0.5625 \text{ mm}$$

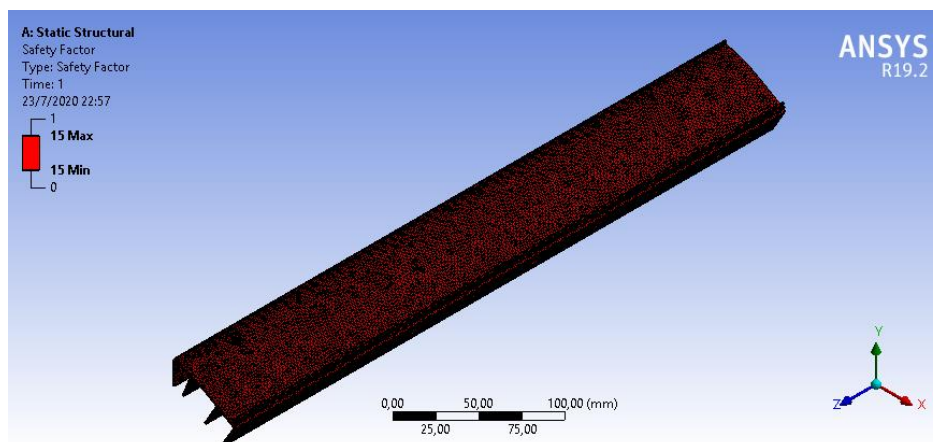
La deflexión real que se desarrolla en el componente es menor que la deflexión permisible, entonces no existe falla en el diseño.

5.7.5.4. Factor de seguridad del soporte de la banda

El factor de seguridad mostrado en la figura 57 es mayor a uno, debido a esto tiene la suficiente resistencia mecánica para los esfuerzos aplicados, por lo tanto, el material no colapsaría y el diseño es seguro.

Figura 57

Factor de Seguridad en Soporte de la Banda



Nota: Representación del factor de seguridad en el programa ANSYS.

$$N = \frac{S_y}{\sigma_d}$$

$$N = \frac{145 \text{ MPa}}{2.413 \text{ MPa}}$$

$$N = 60.09$$

5.7.6. Diseño de los rodillos

Para el diseño de los rodillos de la banda transportadora se los realiza de duralón, ya que, es uno de los materiales poliméricos con mayor uso para la industria de la manufactura, y es un material recomendable para esta aplicación. El rodillo motriz es el encargado de transmitir el movimiento a la cinta transportadora mediante un eje acoplado a un motor. Los rodillos fijos facilitan el desplazamiento y permiten tensar la cinta. Estos tienen las mismas características y dimensiones. (véase Figura 58)

Figura 58*Rodillo Motriz y Fijo*

Nota: Diseño de rodillos móviles y fijos para la banda transportadora.

Dimensiones:

- 18 mm (diámetro externo), 49 mm (largo)
- Material: duralón (Nylon), $S_y = 64 \text{ MPa}$.

5.7.6.1. Carga máxima en los rodillos

Rodillo fijo

$$F_T = (\text{peso}_{\text{cinta}} + m_{\text{productos}}) * g$$

$$F_T = (0.056 + 1.75)kg * 9.8 \frac{m}{s^2}$$

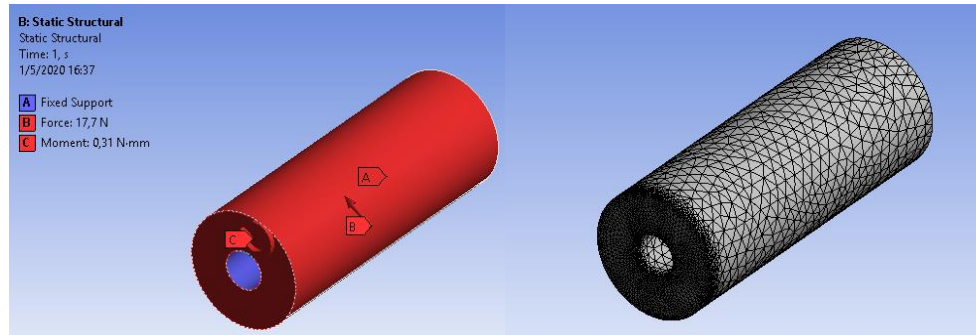
$$F_T = 17.70 \text{ N}$$

Rodillo móvil

$$M_{\text{motor}} = 0.31 \text{ Nmm}$$

Figura 59

Fuerzas Aplicadas y Mallado en Rodillos



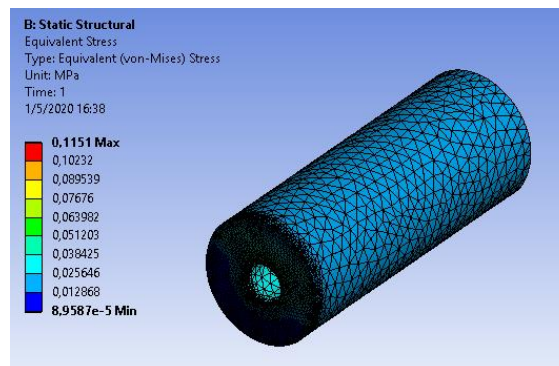
Nota: Asignación de fuerza y momento sobre el rodillo móvil y fijo, con mallado de 1 mm.

5.7.6.2. Análisis de esfuerzos en los rodillos

El esfuerzo de Von Mises generado en el software Ansys, es de 0.115MPa como se muestra en la figura 60.

Figura 60

Análisis de Esfuerzos en Rodillo



Nota: Se observa que el esfuerzo de Von Mises es mínimo en todo el rodillo, de acuerdo al software ANSYS.

Para que no exista una falla en el componente debe de cumplir la siguiente condición:

$$\sigma_{real} < \sigma_d = 0.66S_y$$

Donde:

$\sigma_{real} =$ Esfuerzo real o calculado

$\sigma_d =$ Esfuerzo permisible

$$\sigma_{real} < \sigma_d = 0.66S_y$$

$$\sigma_{real} < \sigma_d = 0.66(64 \text{ MPa})$$

$$0.115 \text{ MPa} < 42.24 \text{ MPa}$$

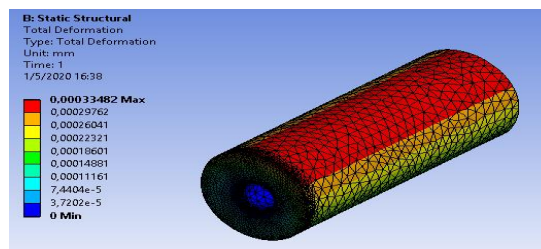
El esfuerzo permisible del material es mayor a la tensión de Von Mises, quiere decir, que no se va a romper aplicando estas cargas.

5.7.6.3. Deformación en los rodillos

En la figura 61 se observa la máxima deformación de 0.00033482 mm en el análisis estático del rodillo, se comprueba que es menor a la permisible.

Figura 61

Deformación en Rodillo



Nota: Se observa una deformación de 0.00033482 mm, al aplicar cargas máximas.

Se predice que no existe falla en el material cuando:

$$\delta r < [\delta]$$

Donde:

δr = deflexión del rodillo

δ = deflexión permisible, criterio típico

L = longitud del componente

$$\delta r < [\delta] = \frac{L}{800}$$

$$\delta r < \frac{49 \text{ mm}}{800}$$

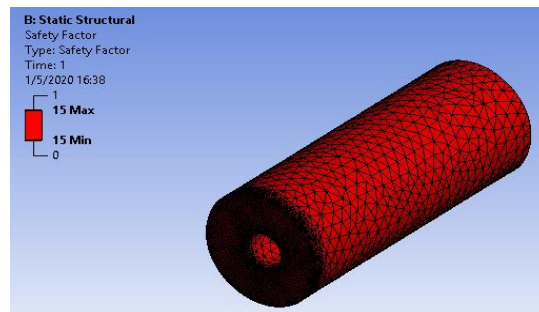
$$0.00033482 \text{ mm} < 0.06125 \text{ mm}$$

5.7.6.4. Factor de seguridad en los rodillos

El material de duralón es seguro en su diseño después del análisis estático al aplicar tensiones, en la figura 62 se observa que el factor de seguridad es mayor a la unidad, lo que indica que no hay una posible falla.

Figura 62

Factor de Seguridad en Rodillo



Nota: Representación del factor de seguridad sobre un rodillo móvil en el programa ANSYS.

5.7.7. Selección del motor para la banda

Para la selección del motor hay que considerar la potencia de salida necesaria, para mover la carga, es decir, el par y la velocidad requerida.

Se calcula la carga ejercida:

$$F_T = (m_{cinta} + m_{productos} + m_{rodm} + m_{rodf} + m_{soporte}) * g$$

Donde:

$$F_T = \text{Fuerza total [Kg]}$$

$$m_{cinta} = \text{masa de la cinta [Kg]}$$

$$m_{productos} = \text{masa productos permisibles [Kg]}$$

$$m_{rodm} = \text{masa de rodillo movil [Kg]}$$

$$m_{rodf} = \text{masa de rodillos fijos [Kg]}$$

$$m_{soporte} = \text{masa soporte de banda [Kg]}$$

$$g = \text{gravedad} \left[9,8 \frac{m}{s^2} \right]$$

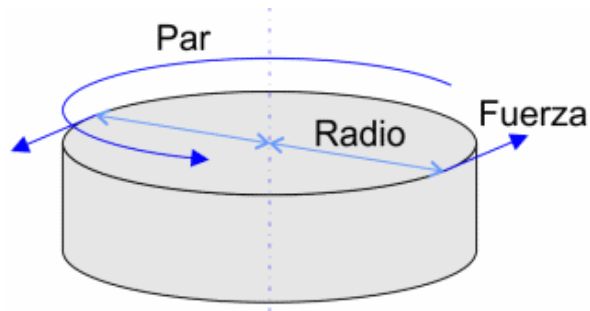
$$F_T = (0.056 + 1.75 + 0.0283 + (3 * 0.0283) + 0.226)kg * 9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$F_T = 21.02 N$$

El torque de un motor es la fuerza de empuje que va a tener el eje de salida, entonces se requiere un torque mínimo o necesario para mover la carga.

Figura 63

Diagrama de Torque Requerido



Nota: Representación de los componentes que generan un torque. (calculartodo, 2015)

$$T_{necesario} = F_T * r$$

Ecuación 8

Torque

Nota: (Solis, 2016, pág. 3)

Donde:

$F_T =$ Fuerza o carga aplicada (Nm)

$r =$ distancia del centro a la fuerza aplicada (radio del rodillo) [m]

$$T_{necesario} = 21.02 \text{ N} * 0.0065 \text{ m}$$

$$T_{necesario} = 0.136 \text{ Nm}$$

Se selecciona un motor paso a paso NEMA 17 (véase Figura 64) que cuenta con las siguientes características en la tabla 14. Se observa que el torque nominal es de 0.31 Nm suficiente para el torque necesario para mover la carga.

Tabla 14

Características Motor Paso a Paso NEMA 17

Características	Información
Tamaño	423x48 mm sin incluir eje
Peso	350 gr
Diámetro del eje	5 mm
Longitud del eje	25 mm
Pasos por vuelta	200 (1.8°/paso)
Corriente	1.2 A por bobinado
Tensión	4 V.
Torque	3.17 kg cm o 0.31 N m
Resistencia	3.3 ohm por bobina
Inductancia	28mH

Nota: Datos técnicos para el funcionamiento de un Motor Nema 17. (BricoGeeek, 2007)

Con una velocidad requerida de 60 rpm, la potencia del motor útil es:

$$P_{motor} = T * w = \frac{T * n}{60/2\pi}$$

Ecuación 9

Potencia Mecánica del Motor

Nota: (Castillo, Rojas, & Martínez, 2017, pág. 3)

Donde:

P_{motor} = Potencia mecánica del motor [W]

T = Torque o par (Nm)

w = velocidad angular del eje (rad/s)

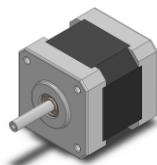
n = revoluciones por minuto (rpm)

$$P_{motor} = \frac{0.136 * 60}{60/2\pi}$$

$$P_{motor} = 0.854 \text{ W}$$

Figura 64

Motor Paso a Paso NEMA 17



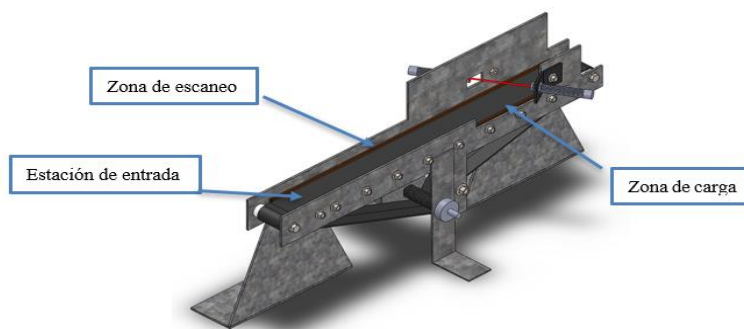
Nota: Representación gráfica de un Motor Nema 17 para la banda transportadora.

5.7.8. Modelado ensamblaje banda transportadora.

En la figura 65 se muestra el diseño total de la banda transportadora horizontal, se considera el uso de placas laterales de aluminio de 2mm para la sujeción del sensor óptico que tiene la función de detener el producto, desde la estación de entrada a la zona de carga y para soporte de otros elementos como rodillos fijos y rodillo tensor. En el ANEXO B se encuentra el plano de construcción.

Figura 65

Modelado Ensamblaje Banda Transportadora



Nota: Ensamble final de la banda transportadora con sus respectivas estaciones.

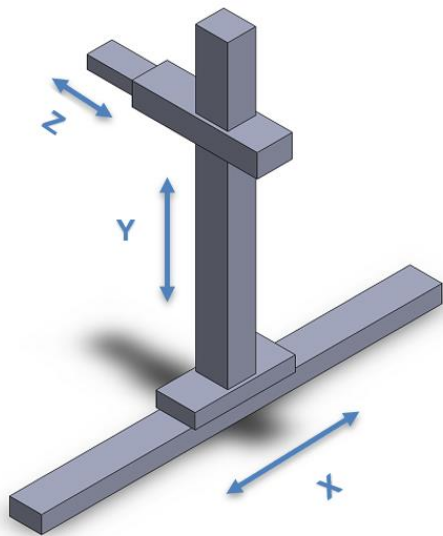
5.8. Diseño de la Máquina S/R (Storage/Retrieval)

En el diseño de la máquina S/R se considera la configuración de tipo cartesiana, esta dispondrá de 3 grados de libertad (véase Figura 66). Para la implementación de los ejes X, Y, Z este sistema está conformado por el montaje de dos actuadores lineales DGPL con carro estándar para el eje X y el eje Y. Como también para el eje Z un cilindro lineal con vástago, las dimensiones del espacio de trabajo comprenden de las carreras de los actuadores (520 X 200 X 520) mm y la robustez de la estructura dependen del peso de los componentes.

Esta máquina es encargada de depositar y recoger los productos desde la zona de carga a la estructura de almacenamiento o estantería.

Figura 66

Configuración X, Y, Z Tipo Cartesiana



Nota: Disposición cartesiana de los ejes para la elaboración de una máquina S/R.

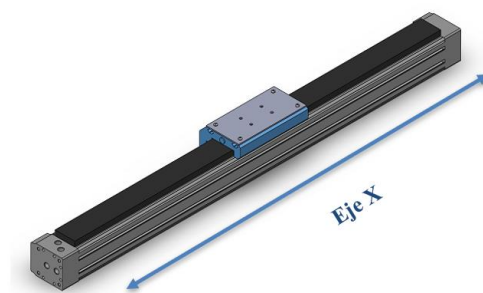
5.8.1. Diseño del eje X de la máquina S/R

El diseño del eje X está constituido por el actuador lineal DGPL-32-520-PPV-A-KF-B de doble efecto, el carro móvil que se desplaza en una guía de rodamientos de bolas, permite el movimiento horizontal con una carrera o espacio de trabajo de 520 mm. Este sistema es impulsado con una presión de servicio de 6 bar y cuenta con ranuras para sensores de proximidad para la detección de posición del carro. Para la sujeción o unión del eje Y se monta una placa de acero inoxidable en el carro mediante tuercas y pernos de fijación. Para mayor información de las características de este actuador revisar el ANEXO A-3

En la figura 67 se muestra el modelado del eje X.

Figura 67

Modelado Eje X



Nota: Actuador lineal neumático DGPL con carro móvil, para la disposición del eje X.

5.8.1.1. Cálculo para actuador lineal de doble efecto sin vástago

Para comprobar que el actuador lineal seleccionado es capaz de mover la carga necesaria, se calcula el diámetro mínimo requerido, ya que, la fuerza ejercida por un cilindro es función del diámetro del pistón y de la presión del aire.

En este tipo de actuadores sin vástago cumple este parámetro:

$$F_{avance} = F_{retorno}$$

La fuerza teórica (sin rozamiento) se calcula con la siguiente expresión:

$$F = P \frac{\pi * D^2}{4}$$

Ecuación 10

Fuerza Teórica en el Cilindro

Nota: (Alvarado, 2016, pág. 12)

Dónde:

$$P = \text{Presion}(Pa)$$

$$F = \text{Fuerza } (N)$$

$$D = \text{Diametro del cilindro } (m)$$

Para determinar el diámetro mínimo requerido se calcula la carga teórica que se ejerce en la superficie del carro móvil del eje X.

$$F = m_{total} * g$$

$$m_{total} = m_{cilindro\ DGPL} + m_{cilindro\ con\ vástago} + m_{soporte} + m_{producto} + m_{carro}$$

$$m_{total} = 15\ kg + 0.907\ kg + 0.311\ kg + 0.25\ kg + 0.58\ kg = 17.04\ kg$$

$$F = 17.04\ Kg * 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$$F = 166.99\ N$$

Despejando el diámetro:

$$F = P \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * F}{\pi * P}}$$

$$P \rightarrow 6 \text{ bar} = 0.6 \text{ MPa}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 166.99}{\pi * 600000}}$$


$$D = 18.82 * 10^{-3} \text{ m} = 18.82 \text{ mm}$$

Entonces, el diámetro mínimo requerido es de 18.82 mm

En la figura 68 el actuador lineal DGPL con un diámetro de 32 mm en el embolo y una presión de 6 bares, la fuerza perpendicular que soporta el carro es de 3080 N, por lo tanto, se comprueba que este actuador satisface las necesidades requeridas ya que es bastante superior a los 166.99 N.

Figura 68

Fuerza Teórica de Actuador DGPL Seleccionado

Ejecución	Diámetro del émbolo [mm]	Carrera ¹⁾ [mm]	Fuerza teórica con 6 bar [N]	Fuerzas y momentos				
				Fy [N]	Fz [N]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]
Con guía de rodamiento de bolas DGPL-KF								
	18	10 ... 1800	153	930	930	7	23	23
	25	10 ... 3000	295	3080	3080	45	85	85
	32	10 ... 3000	483	3080	3080	63	127	127
	40	10 ... 3000	754	7300	7300	170	330	330
	50	10 ... 3000	1178	7300	7300	240	460	460
	63	10 ... 3000	1870	14050	14050	580	910	910
	80	10 ... 3000	3016	14050	14050	745	1545	1545

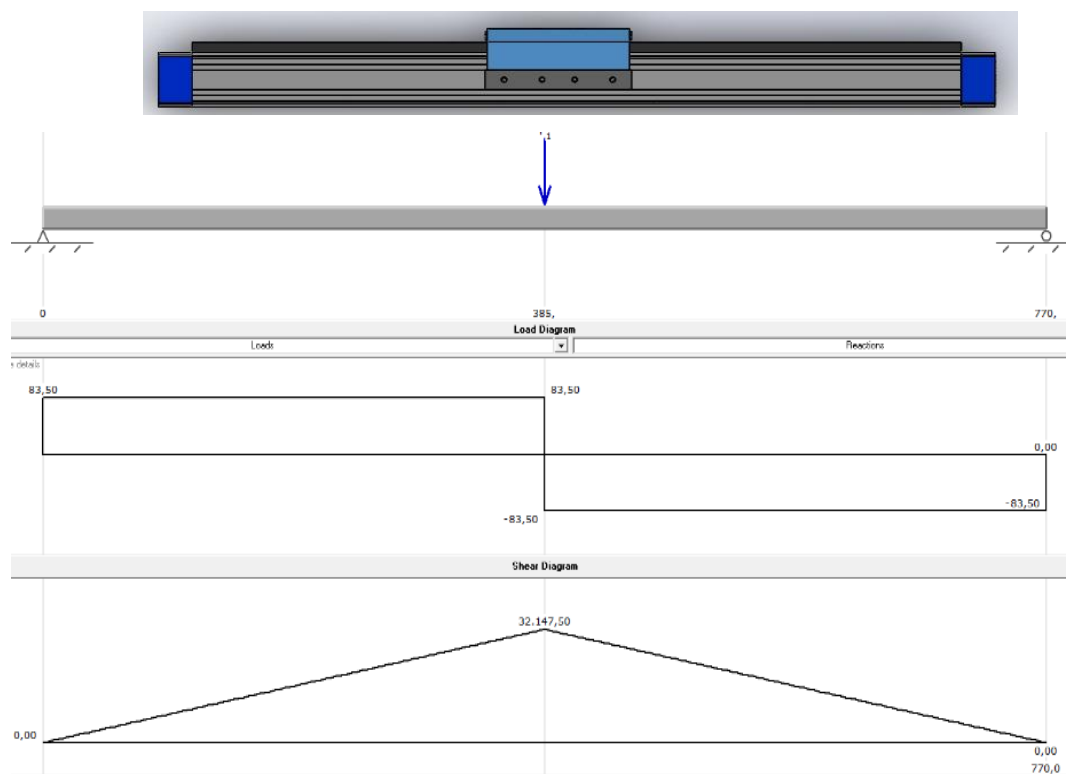
Nota: En la figura se observa que la fuerza teórica para un embolo de 32 mm es 483 N, con una presión constante de 6 bares. (Festo, 2018)

5.8.1.2. Análisis de esfuerzos del eje X

En el carro del actuador que conforma el eje X se ejerce una fuerza de 166.99 N, este carro soporta una carga máxima de 3080 N. En la figura 69 se observa el diagrama de cuerpo libre del eje X.

Figura 69

Diagrama de cuerpo libre en el eje X



Nota: En la figura se observa el diagrama de cuerpo libre con una fuerza P1 en el centro del actuador de 167 N.

Momento Flector Máximo

$$M_{max} = 32147.50 Nmm$$

Determinar el módulo de sección en área rectangular S_x :

$$S_x = \frac{B * H^2}{6}$$

$$S_x = \frac{79 * 77.5^2}{6} - \frac{20 * 17.5^2}{6} - \frac{5 * 17.5^2}{6} - \frac{7 * 54^2}{6} - \frac{68 * 23.7^2}{6}$$

$$S_x = 68038.43 \text{ mm}^3$$

Cálculo para el esfuerzo real del eje X.

$$\sigma_{real} = \frac{M_{max}}{S_x}$$

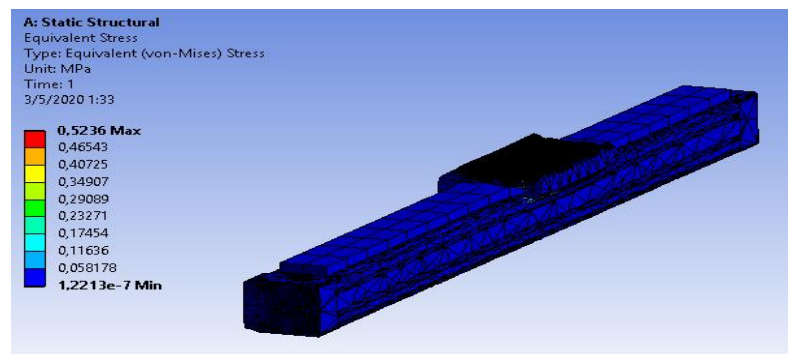
$$\sigma_{real} = \frac{32147.50 \text{ Nmm}}{68038.43 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_{real} = 0.47 \text{ N/mm}^2$$

Se observa que el cálculo de esfuerzo real se aproxima al análisis en Ansys en la Figura 70.

Figura 70

Análisis de Esfuerzos Eje X



Nota: En la figura se observa el esfuerzo mínimo que se aplica sobre el carro del eje X, este resultado se debe al material con el que está compuesto el actuador.

Material: Aluminio 7075-O

$$\sigma_{real} < \sigma_d = 0.66S_y$$

$$\sigma_{real} < \sigma_d = 0.66(103 \text{ MPa})$$

$$0.5236 \text{ MPa} < 67.98 \text{ MPa}$$

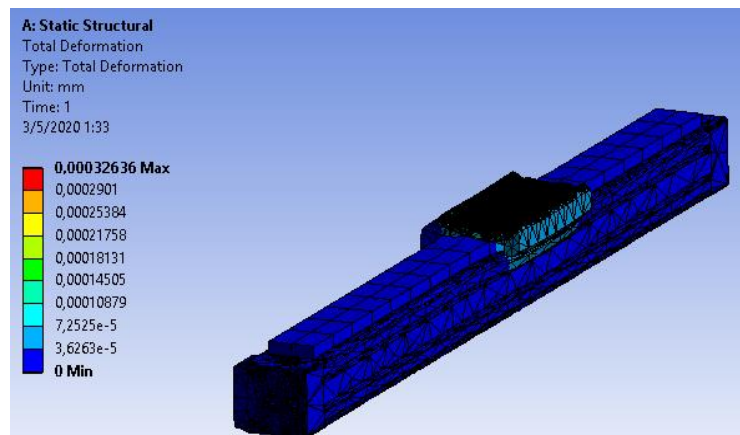
Cumple la condición, no predice falla

5.8.1.3. Deformación del eje X

Se observa en la figura 71 que la deformación es de 0.00032636 mm lo cual es menor a la permisible como se comprueba a continuación:

Figura 71

Deformación en el Eje X



Nota: Representación gráfica de la deformación a la que se somete el carro del eje X.

$$\delta r < [\delta] = \frac{L}{800}$$

$$\delta r < \frac{770 \text{ mm}}{800}$$

$$0.00032636 \text{ mm} < 0.962 \text{ mm}$$

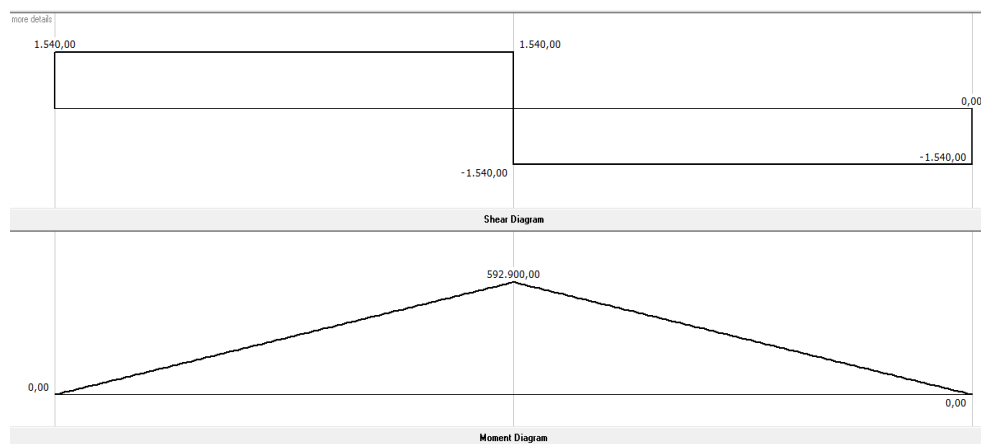
La deformación es depreciable en este componente por la carga aplicada.

5.8.1.4. Factor de seguridad

Se comienza con un diagrama de cuerpo libre en el eje X aplicando una fuerza de 3080 N, siendo la máxima establecido por el fabricante, se calcula bajo las peores condiciones.

Figura 72

Diagrama de cuerpo libre en el Eje X



Nota: En la figura se observa el diagrama de cuerpo libre con una fuerza P1 en el centro del actuador de 3080 N.

Momento Flector Máximo

$$M_{max} = 592900 \text{ Nmm}$$

Cálculo para el esfuerzo real del eje X.

$$\sigma_{real} = \frac{M_{max}}{S_x}$$

$$\sigma_{real} = \frac{592900 \text{ Nmm}}{68038.43 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_{real} = 8.71 \text{ N/mm}^2$$

Factor de seguridad con una fuerza de 3080 N.

$$N = \frac{S_y}{\sigma_d}$$

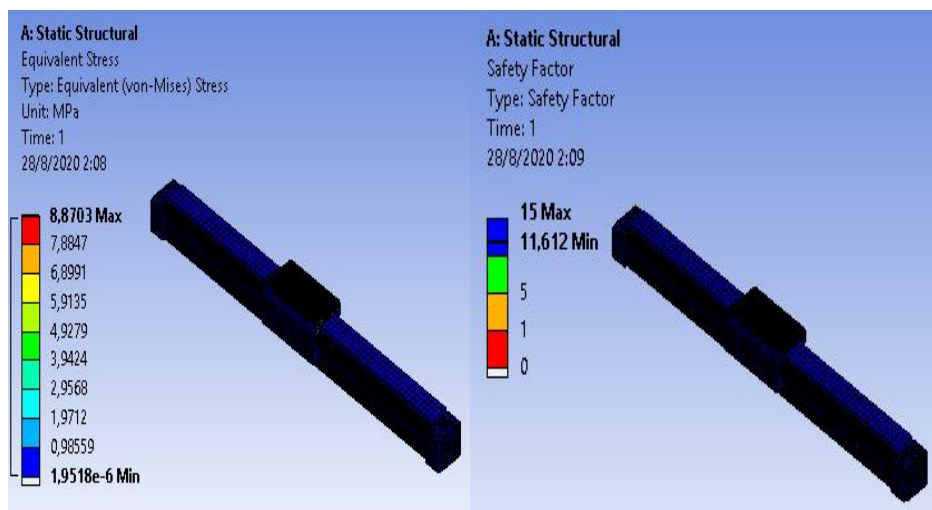
$$N = \frac{103 \text{ MPa}}{8.71 \text{ MPa}}$$

$$N = 11.82$$

Se comprueba que el factor de seguridad es 11.82 que se aproxima al 11.61, por lo tanto, la estructura y el material es altamente resistente a la fuerza máxima de 3080 N en el carro móvil.

Figura 73

Factor de Seguridad en el Eje X



Nota: Se observa el factor de seguridad sobre el actuador lineal neumático del eje X, para determinar el grado de confiabilidad en la pieza.

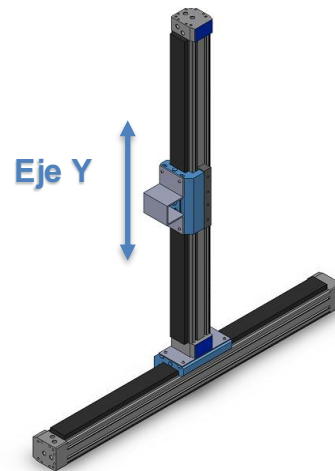
5.8.2. Diseño del eje Y de la máquina S/R

Para el diseño del eje Y de igual manera se utiliza el actuador lineal DGPL en posición vertical, la estructura de este elemento cuenta con pies de fijación lo que permite el ensamblaje a la placa de acero inoxidable montada en la superficie del carro del eje X.

En el carro del eje Y se monta una abrazadera de omega tipo “O” para la fijación del eje Z que constituye el cilindro lineal de doble efecto con vástago. En la figura 74 se muestra el diseño.

Figura 74

Modelado Eje Y



Nota: Diseño y propuesta del eje Y con la implementación de una abrazadera tipo “O”.

Se calcula la carga aplicada en el eje Y:

$$m_{total} = m_{cilindro\ con\ vástago} + m_{soporte} + m_{producto} + m_{ventosa} + m_{carro}$$

$$m_{total} = 0.907 \text{ kg} + 0.311 \text{ kg} + 0.25 \text{ kg} + 0.1 \text{ kg} + 0.58 \text{ kg} = 2.148 \text{ kg}$$

$$F = m_{total} * g$$

$$F = 21.05 \text{ Kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

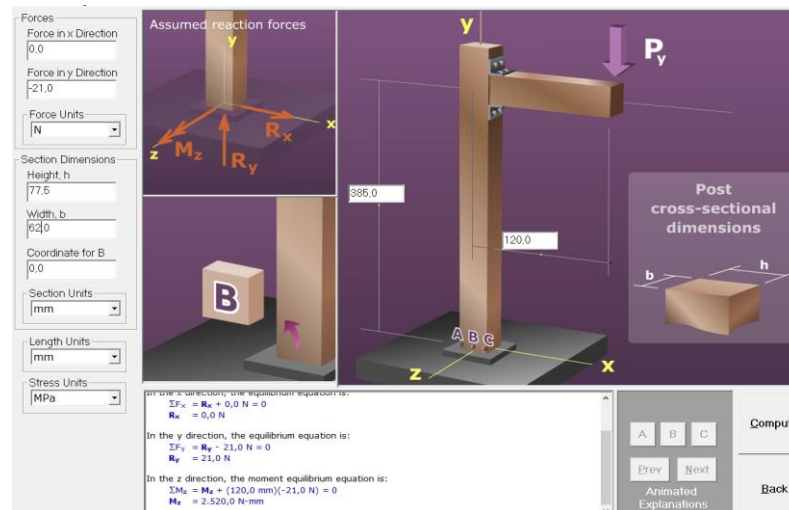
$$F = 21.05 \text{ N}$$

5.8.2.1. Análisis de esfuerzos del eje Y

Se inicia con un diagrama de cuerpo libre del eje Y, en el cual se ubican las fuerzas que actúan sobre el carro del actuador, como se observa en la figura 75.

Figura 75

Diagrama de cuerpo libre en el eje Y



Nota: En la figura se observa el diagrama de cuerpo libre con una fuerza P_y sobre el carro del actuador de 21 N.

Momento Flector Máximo

$$M_{max} = 2520 \text{ Nmm}$$

Módulo de sección en área rectangular S_x :

$$S_x = \frac{B * H^2}{6}$$

$$S_x = 68038.43 \text{ mm}^3$$

Cálculo para el esfuerzo real del eje Y.

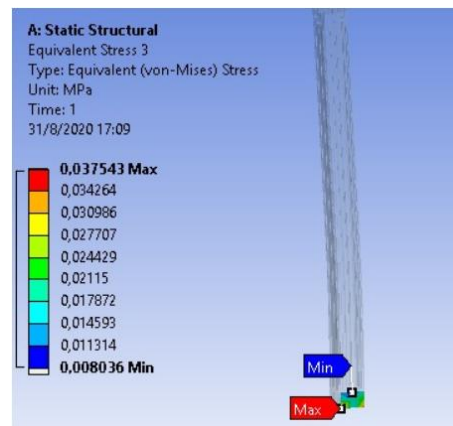
$$\sigma_{real} = \frac{M_{max}}{S_x}$$

$$\sigma_{real} = \frac{2520 \text{ Nmm}}{68038.43 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_{real} = 0.037 \text{ MPa}$$

Se observa que el cálculo de esfuerzo real se aproxima al análisis en Ansys en la Figura 76.

Figura 76
Análisis de Esfuerzos en el Eje Y



Nota: Análisis de esfuerzos máximos y mínimos que actúan sobre el carro del eje Y.

Se predice que no existe falla cuando cumple esta condición:

$$\sigma_{real} < \sigma_d = 0.66S_y$$

$$\sigma_{real} < \sigma_d = 0.66(103 \text{ MPa})$$

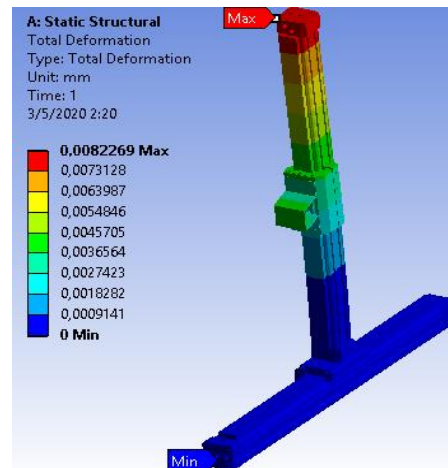
$$0.037 \text{ MPa} < 67.98 \text{ MPa}$$

5.8.2.2. Deformación del eje Y

La deformación en el actuador del eje Y es de 0.0082269 mm, como se muestra en la figura 77.

Figura 77

Deformación en el Eje Y



Nota: En la figura se observa la deformación del eje Y, siendo la parte superior la más afectado por la fuerza que se aplica sobre la abrazadera de tipo "O".

$$\delta r < [\delta] = \frac{L}{800}$$

$$\delta r < \frac{770 \text{ mm}}{800}$$

$$0.0082269 \text{ mm} < 0.962 \text{ mm}$$

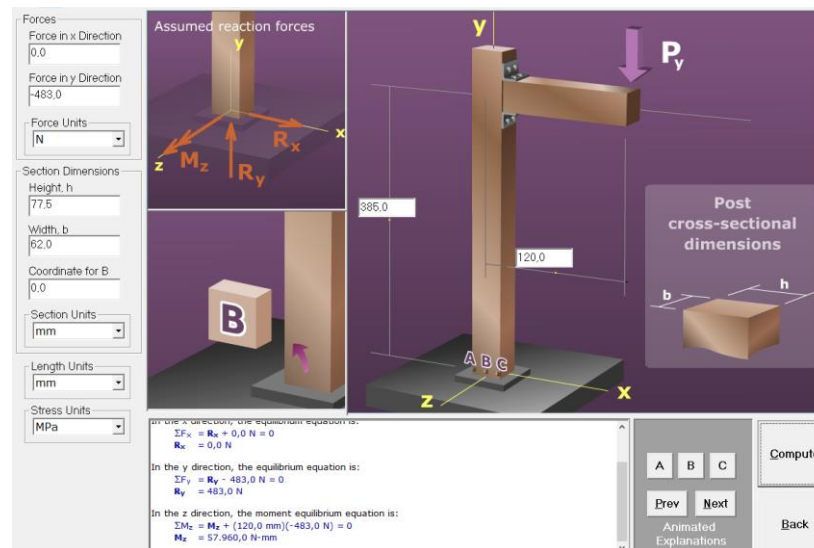
Se valida la condición, ya que, la deformación calculada es menor a la permisible.

5.8.2.3. Factor de seguridad

Se comienza con un diagrama de cuerpo libre en el eje X aplicando una fuerza de 483 N, siendo la máxima establecido por el fabricante, se calcula bajo las peores condiciones.

Figura 78

Diagrama de cuerpo libre en el Eje Y



Nota: En la figura se observa el diagrama de cuerpo libre con una fuerza P_y en el carro del actuador.

Momento Flector Máximo

$$M_{max} = 57960 \text{ Nmm}$$

Cálculo para el esfuerzo real del eje Y.

$$\sigma_{real} = \frac{M_{max}}{S_x}$$

$$\sigma_{real} = \frac{57960 \text{ Nmm}}{68038.43 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_{real} = 0.85 \text{ N/mm}^2$$

Factor de seguridad con una fuerza de 3080 N.

$$N = \frac{S_y}{\sigma_d}$$

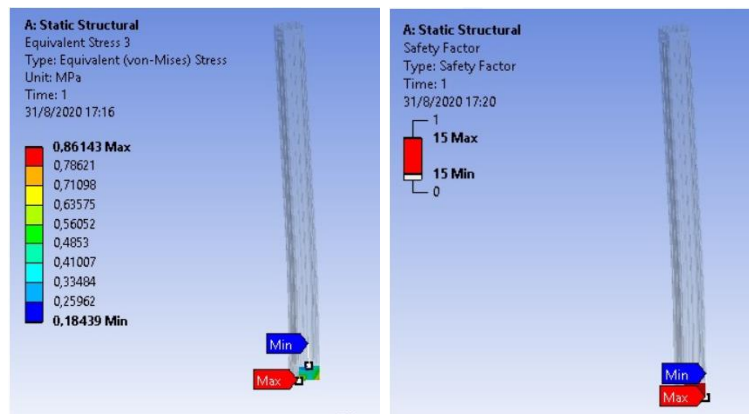
$$N = \frac{103 \text{ MPa}}{0.85 \text{ MPa}}$$

$$N = 121.17$$

El cálculo del factor de seguridad es 121.17, debido a que la carga ejercida sobre la estructura es mínima para la resistencia del material, se comprueba con el análisis obtenido en el software ANSYS que el factor de seguridad es mayor a 15, por lo tanto, no predice falla.

Figura 79

Factor de Seguridad en el Eje Y



Nota: Factor de seguridad sobre el actuador lineal neumático del eje Y, para determinar el grado de confiabilidad en la pieza.

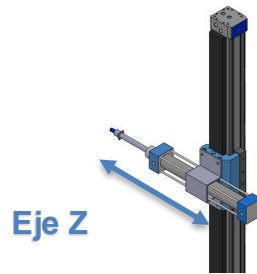
5.8.3. Diseño del eje Z de la máquina S/R

El eje Z se conforma del cilindro de doble efecto lineal marca CHINT 32 BORE con vástago, el cual va ensamblado en la abrazadera del eje Y. Este actuador tiene una carrera de 200 mm y un diámetro de émbolo de 32 mm. (véase Figura 80)

Para que la máquina S/R recoja y almacene los productos, se instala una ventosa en el vástago para que sujete cada producto y los posicione en su encaje correspondiente. Esta ventosa es accionada por una válvula generadora de vacío.

Figura 80

Modelado Eje Z



Nota: Diseño y propuesta del eje Y, para la ubicación de los productos en sus estanterías.

Se calcula la carga aplicada en el vástago del cilindro que conforma el eje Z.

$$m_{total} = m_{producto} + m_{ventosa}$$

$$m_{total} = 0.1 \text{ kg} + 0.58 \text{ kg} = 0.68 \text{ kg}$$

$$F = 0.68 \text{ Kg} * 9,8 \frac{m}{s^2}$$

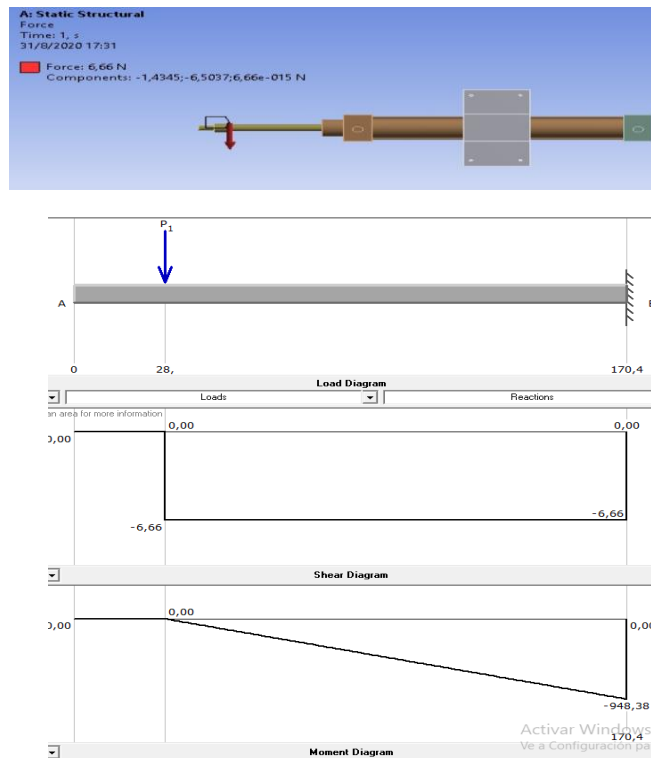
$$F = 6.66 \text{ N}$$

5.8.3.1. Análisis de esfuerzos del eje Z

Se realiza el análisis en el vástago del cilindro ya que es el lugar donde soporta la carga del producto. Se aplica una fuerza de 6.66 N sobre el diagrama de cuerpo libre.

Figura 81

Diagrama de cuerpo libre en el eje Z



Nota: En la figura se observa el diagrama de cuerpo libre con una fuerza P₁ sobre el extremo del cilindro neumático de 6.66 N.

Momento Flector Máximo

$$M_{max} = 948.38 \text{ Nmm}$$

Módulo de sección con área circular S :

$$S = \frac{\pi * D^3}{32}$$

$$S = \frac{\pi * 11.12^3}{32}$$

$$S = 134.99 \text{ mm}^3$$

Cálculo para el esfuerzo real del eje Z.

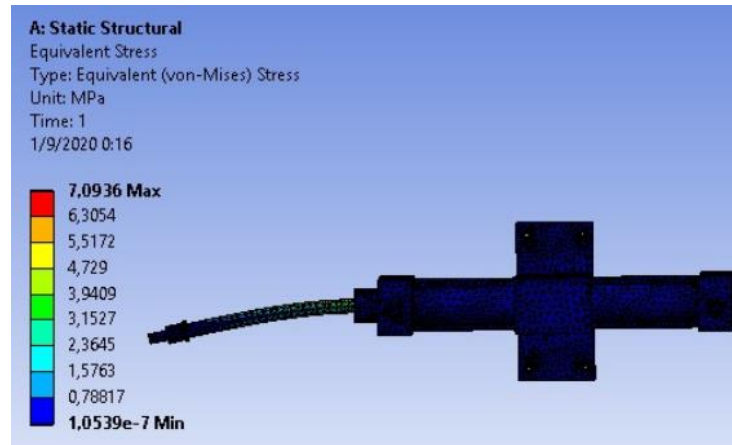
$$\sigma_{real} = \frac{M_{max}}{S_x}$$

$$\sigma_{real} = \frac{948.38 \text{ Nmm}}{134.99 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_{real} = 7.025 \text{ MPa}$$

Figura 82

Análisis de esfuerzos en el eje Z



Nota: Se observa que el esfuerzo de Von Mises es mínimo en el eje Z, de acuerdo al software ANSYS.

Acero inoxidable S_y de 207 MPa.

$$\sigma_{real} < \sigma_d = 0.66S_y$$

$$\sigma_{real} < \sigma_d = 0.66(207 \text{ MPa})$$

$$7.09 \text{ MPa} < 136.62 \text{ MPa}$$

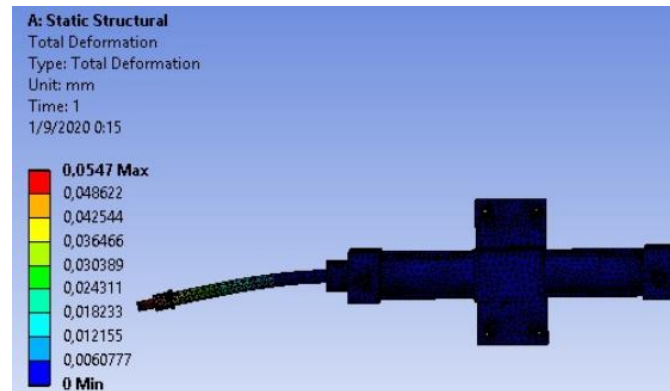
No existe falla cuando se cumple esta condición.

5.8.3.2. Deformación del eje Z

Se observa en la Figura 83 que la deformación es de 0.0547 mm, lo cual es menor a la permisible como se comprueba a continuación:

Figura 83

Deformación del eje Z



Nota: Se observa una deformación de 0.0547 mm, al aplicar cargas máximas.

$$\delta r < [\delta] = \frac{L}{800}$$

$$\delta r < \frac{340 \text{ mm}}{800}$$

$$0.0547 \text{ mm} < 0.425 \text{ mm}$$

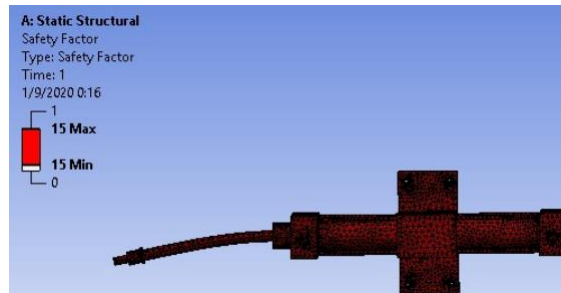
Se valida la condición, ya que, la deformación calculada es menor a la permisible.

5.8.3.3. Factor de seguridad

El cálculo del factor de seguridad es 29.46, debido a que la carga ejercida sobre el vástago del cilindro es mínima para la resistencia del material, se comprueba con el análisis obtenido en el software ANSYS que el factor de seguridad es mayor a 15, por lo tanto, no predice falla.

Figura 84

Factor de Seguridad del Eje Z



Nota: Representación del factor de seguridad sobre el eje Z en el programa ANSYS.

$$N = \frac{S_y}{\sigma_d}$$

$$N = \frac{207 \text{ MPa}}{7.025 \text{ MPa}}$$

$$N = 29.46$$

5.9. Diseño de la estantería

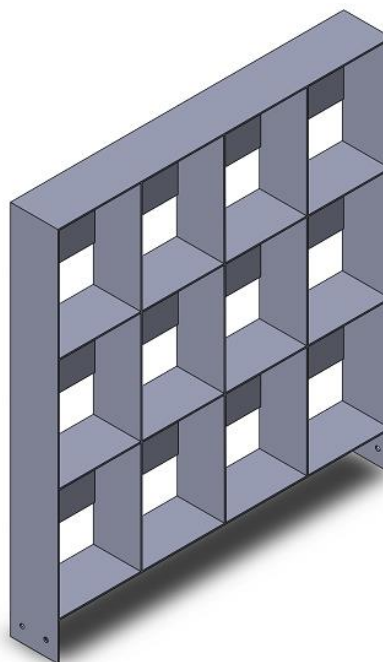
Para diseñar la capacidad de almacenamiento total de productos en la estantería, se considera el límite máximo dimensional, en este caso la carrera de los cilindros neumáticos o máquina S/R para que los productos sean manejados y encajados correctamente.

La estructura de estante será una matriz de 3 x 4 con un total de 12 compartimentos de 110 x 150 mm cada uno para los productos (véase Figura 85).

- Dimensiones: 508 x 64 x 450 mm
- Material: Acero inoxidable, espesor 2 mm

Figura 85

Modelado de la Estantería



5.10. Diseño de productos con códigos QR

5.10.1. Modelo representativo de un producto

Para representar el producto a ser almacenado en la estantería, se diseña una caja de plástico la cual presenta en una cara un color representativo y una calcomanía de un

código QR. (véase Figura 86). Con un total de 12 cajas o productos con un código QR único para todos los compartimentos.

- Dimensiones: 100 x 30 x 60 mm

Figura 86

Modelado del Producto con Código QR.



5.10.2. Generación de códigos QR

Para la creación de códigos QR, existen varios sitios web o aplicaciones que facilitan este proceso, en este caso la página web *QR Code Generator*, permite crear códigos QR gratis y descargarlos. Se selecciona el tipo de código QR “Texto”, este permite un máximo de 300 caracteres. (Véase Figura 87). Para mayor información www.the-qrcode-generator.com

Figura 87

Creación de Código QR.



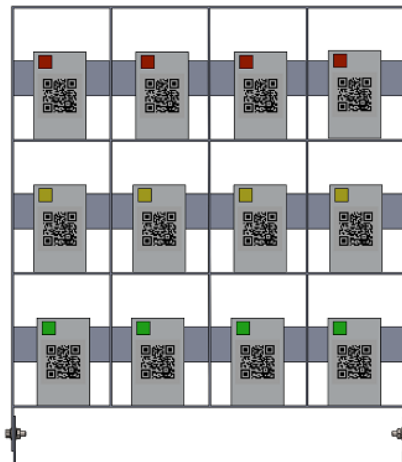
Nota: Generador de códigos QR en página web. (QrCodeGenerator, 2020)

5.10.3. Modelo de productos almacenados

En la figura 88 se muestra los productos almacenados en la estantería.

Figura 88

Modelado de Productos Almacenados



5.11. Diseño de la mesa base

El diseño y construcción de la mesa base debe soportar el peso de todos los elementos sin que el material sufra deformaciones y que tenga una superficie útil de trabajo acorde a los componentes. Se considera en la parte frontal un panel de control que consta de pulsadores, lámparas piloto de encendido y apagado, selector, paro de emergencia y HMI; en la parte posterior va ubicada la caja de control. En el ANEXO C se encuentra el plano de construcción de la mesa.

En la figura 89 se muestra el modelado de la mesa en el software SolidWorks.

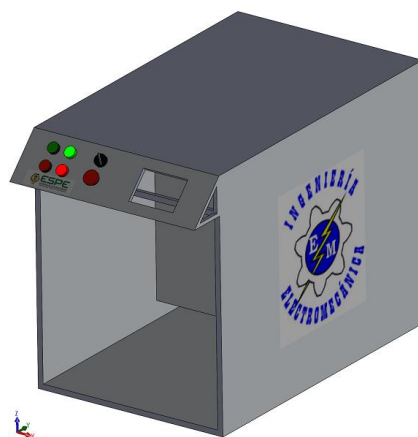
Dimensiones:

- 690 (Altura) x 550 (Ancho) x 860 (Largo) mm
- Material: Plancha Galvanizada, espesor de 2.44 mm (Plancha de acero recubierta de zinc laminado al frío) posee mayor dureza y resistencia.

$$S_y = 250 \text{ MPa}$$

Figura 89

Modelado de Mesa Base



5.11.1. Análisis de la estructura de la mesa base

5.11.1.1. Cálculo de la carga máxima

La fuerza total, es la carga que va a soportar la mesa base.

$$F_T = (m_{bt} + m_{sr} + m_{es} + m_{lec} + m_{vm} + m_{frl} + m_{QR} + m_{ban}) * g$$

Donde:

$F_T =$ Fuerza total [Kg]

$m_{bt} =$ masa de conjunto banda transportadora [Kg]

$m_{sr} =$ masa de los cilindros neumáticos o máquina S/R [Kg]

$m_{es} =$ masa estanteria [Kg]

$m_{lec} =$ masa lector de codigos QR [Kg]

$m_{vm} =$ masa válvulas, modulo E/S [Kg]

$m_{frl} =$ masa unidad FRL [Kg]

$m_{QR} =$ masa productos QR [Kg]

$m_{ban} =$ bancada [Kg]

$g =$ gravedad $\left[9,8 \frac{m}{s^2}\right]$

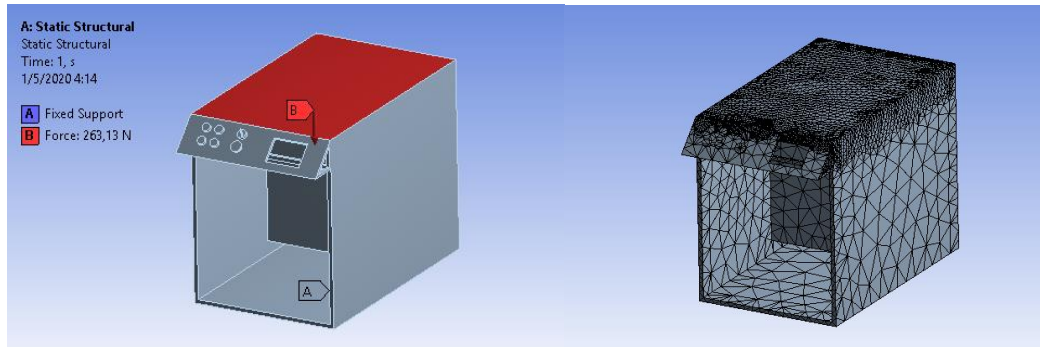
La fuerza total aplicada es:

$$F_T = (2.35 + 16.21 + 2.5 + 0.20 + 0,43 + 1.71 + 0.39 + 3.06)Kg * 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$$F_T = 263.13 N$$

Figura 90

Fuerzas Aplicadas y Mallado en Mesa Base

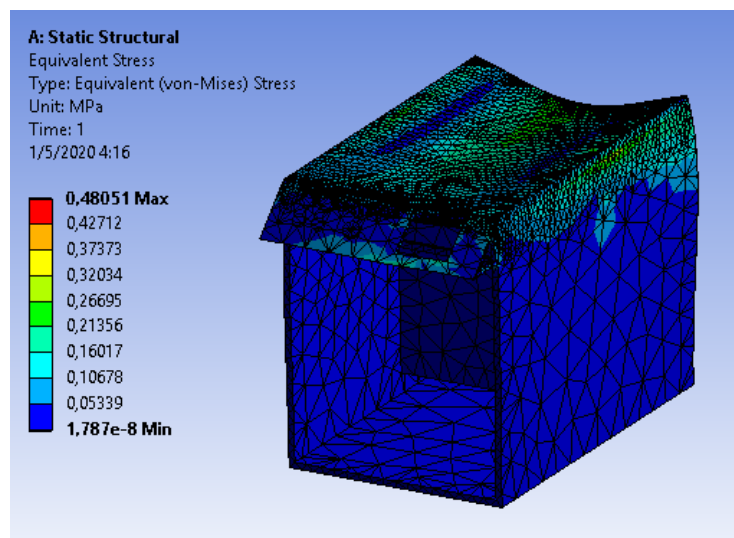


5.11.1.2. Análisis de esfuerzos en la mesa base

En la Figura 91 se observa los resultados, la tensión de Von Mises es de 0.48051 MPa .

Figura 91

Análisis de Esfuerzos en la Mesa Base



Para que no exista una falla en la mesa base debe cumplir lo siguiente:

$$\sigma_{real} < \sigma_d = 0.66S_y$$

Donde:

$\sigma_{real} =$ Esfuerzo real o calculado

$\sigma_d =$ Esfuerzo permisible

$$\sigma_{real} < \sigma_d = 0.66S_y$$

$$\sigma_{real} < \sigma_d = 0.66(250MPa)$$

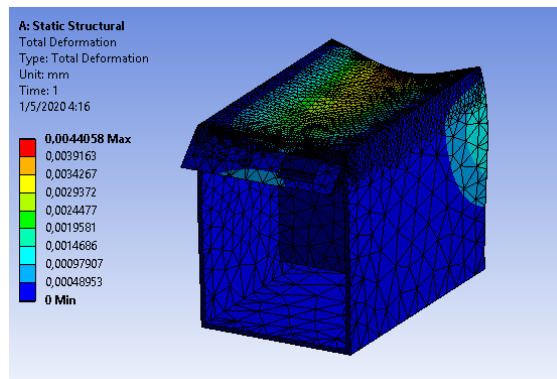
$$0.48051 MPa < 165 MPa$$

5.11.1.3. Deformación de la mesa base

La deformación máxima de la mesa base es de 0.0044058 mm según la figura 92.

Figura 92

Deformación de la Mesa Base



Para que no exista falla en el material debe cumplir esta condición:

$$\delta r < [\delta]$$

Donde:

δr = deflexión de la mesa base

δ = deflexión permisible, criterio típico

L = longitud del componente

$$\delta r < [\delta] = \frac{L}{1000}$$

$$\delta r < \frac{860 \text{ mm}}{1000}$$

$$0.0044058 \text{ mm} < 0.86 \text{ mm}$$

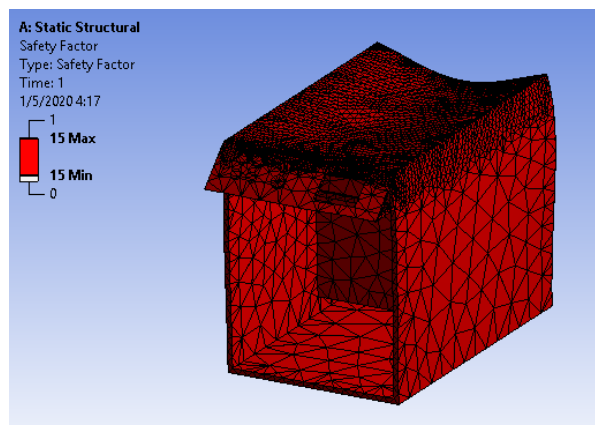
Se valida la condición, ya que, la deformación calculada es menor a la permisible.

5.11.1.4. Factor de seguridad de la mesa base

El factor de seguridad de la mesa base es mayor a uno, por lo tanto, se considera aceptable en el diseño.

Figura 93

Factor de Seguridad de la Mesa Base



5.12. Diseño de la bancada

Se modela una bancada que cuente con ranuras equidistantes para la fijación de los elementos y desmontaje simultáneo. En el diseño se usa un perfil de aluminio estructural resistente. En la figura 94 se muestra el modelado de la bancada.

Dimensiones:

- 15.3 x 550 x 856 mm
- Material: Perfil de Aluminio estructural

Figura 94

Modelado de la Bancada



5.13. Diseño del circuito eléctrico y neumático

En el diseño del circuito eléctrico se realiza un esquema gráfico, en el cual, se representa las conexiones de todos los componentes que lleva la instalación para el funcionamiento del módulo de almacenamiento y recuperación, considerando un circuito de control y los diferentes niveles de voltaje de los elementos para su posterior montaje y cableado. En el ANEXO D-1 se presenta dicho circuito eléctrico realizado en el software Autocad 2018.

Para el circuito neumático se utiliza el software FluidSIM Neumática 4.5, permite la simulación de los componentes comprendidos del módulo didáctico como válvulas, cilindros neumáticos, electroválvulas. Permitiendo un diseño previo para la programación en el PLC. En el ANEXO D-2 se encuentra el circuito neumático a mayor detalle.

5.14. Construcción e implementación del módulo didáctico

Después de haber terminado el diseño de la estructura del módulo y garantizar la construcción, se inicia el proceso de implementación y montaje de los componentes del sistema eléctrico y neumático.

5.14.1. Construcción de la banda transportadora

En la figura 95 se muestra la construcción de la banda transportadora con el soporte de aluminio donde se montan los rodillos fijos, las placas laterales para el montaje del sensor óptico, dos bases de acero inoxidable para la fijación en la bancada de la mesa y una base para el motor a pasos, el rodillo tensor y motriz. Se ensambla utilizando pernos de tornillo de cabeza hexagonal de ¼ de pulgada.

Figura 95

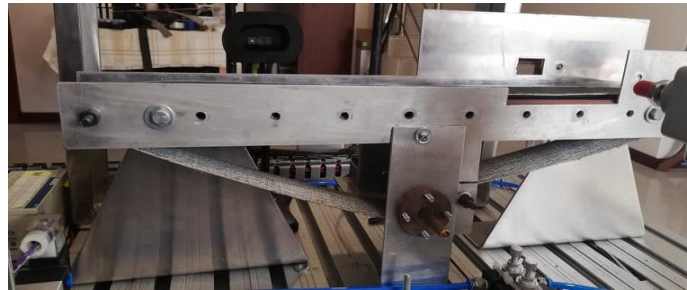
Construcción de la Banda Transportadora



Se instala y se tensa la cinta transportadora a través de los rodillos y se ubica el lector de códigos QR en la zona de escaneo como se observa en la figura 96.

Figura 96

Montaje de la Banda Transportadora



5.14.2. Construcción e implementación de la Máquina S/R

En el carro del actuador lineal del eje X se fija la placa de acero inoxidable construida y se sujeta con tornillos de fijación, para el ensamblaje del eje Y como se muestra en la figura 97.

Figura 97

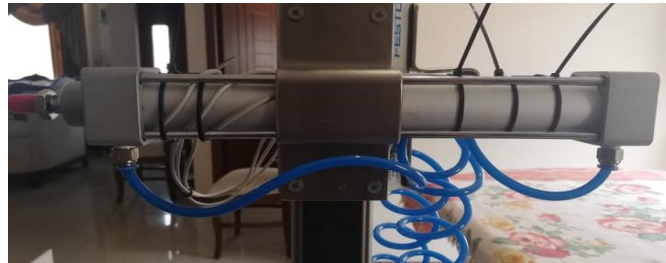
Implementación del Eje X, Y



Se construye la abrazadera de acero inoxidable para el montaje del eje Z que corresponde al actuador lineal con vástago (véase figura 98).

Figura 98

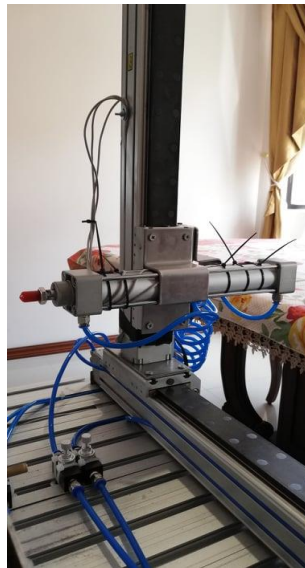
Implementación del Eje Z



Posteriormente se monta en la bancada la máquina S/R mediante soportes de tipo L de acero inoxidable. (véase figura 99).

Figura 99

Implementación de la Máquina S/R



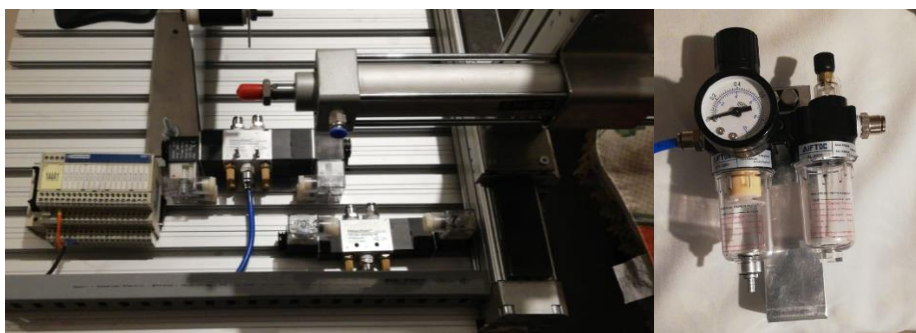
5.14.3. Implementación de válvulas, módulo de E/S y unidad de mantenimiento

FRL

Mediante un soporte de acero se fija la unidad de mantenimiento FRL en la bancada y con tornillos de $\frac{1}{4}$ de pulgada las electroválvulas y el módulo de E/S. (véase figura 100).

Figura 100

Montaje de Válvulas, Módulo de E/S y Unidad FRL

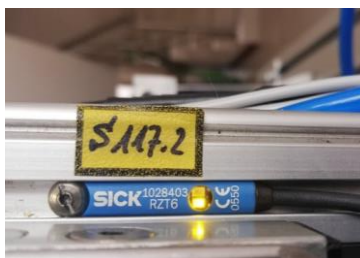


5.14.4. Montaje de sensores

La ubicación de los sensores se los implementa en cada posición a lo largo de la ranura del actuador, los sensores magnéticos permitirán el conocimiento de la ubicación del carro o del émbolo del cilindro (véase figura 101).

Figura 101

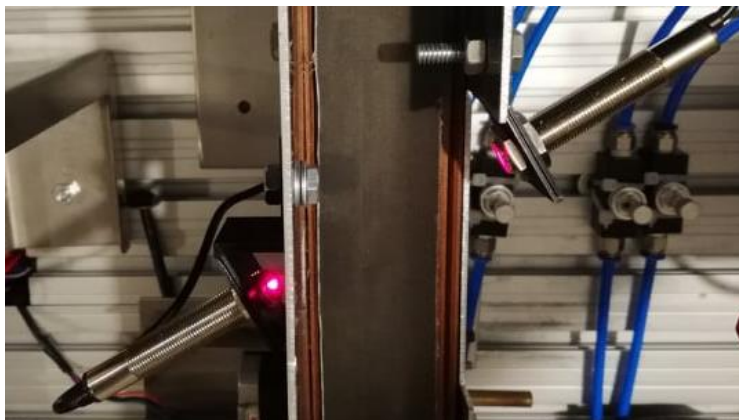
Implementación de Sensores Magnéticos



Para el montaje del sensor óptico se construye dos soportes de material ABS mediante prototipado 3D como se muestra en la figura 102.

Figura 102

Implementación del Sensor Óptico

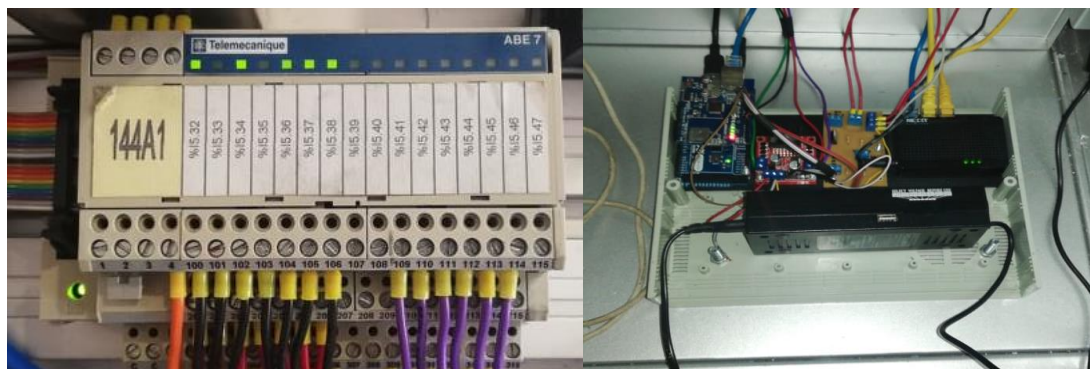


5.14.5. Implementación del tablero de control y cableado

En la figura 103 se muestra el cableado del módulo de E/S donde se conectan las electroválvulas y los sensores hacia el PLC y el montaje de la caja de componentes que conforman el Arduino, puente H, fuente de poder y módulo ethernet.

Figura 103

Cableado del Módulo E/S y Caja de Componentes Electrónicos



La caja de control se encuentra ubicada en la parte posterior de la mesa base donde se monta el PLC, fuente de alimentación, protección eléctrica y caja de componentes electrónicos (véase figura 104).

Figura 104

Implementación del Módulo y Caja de Control



Nota: Se encuentran conectados todos los componentes eléctricos y electrónicos como: Fuentes, PLC, Arduino ADK, Modulo Ethernet, Puente H, Switch.

En la parte delantera se encuentra el panel de control y la pantalla HMI, es el encargado de operar todo el conjunto de la máquina S/R. En la figura 105 se muestran los elementos.

Figura 105

Montaje Panel de Control



1. **Pulsador verde:** Inicia el proceso de almacenamiento o recuperación.
2. **Lámpara piloto verde:** Indica que la máquina se encuentra en un proceso.
3. **Pulsador rojo:** Detiene el proceso de almacenamiento o recuperación.
4. **Lámpara piloto rojo:** Indica que un proceso se encuentra detenido.
5. **Selector:** Controla el encendido o apagado de la máquina ON/OFF.
6. **Paro de emergencia:** Detiene la máquina o cualquier proceso al instante.
7. **Pantalla HMI:** Permite visualizar, controlar y coordinar el proceso en tiempo real.

5.15. Implementación del sistema de control para el módulo AS/RS

El sistema de control del proceso de almacenamiento y recuperación de productos con códigos QR se realiza en base a la comunicación de los siguientes elementos:

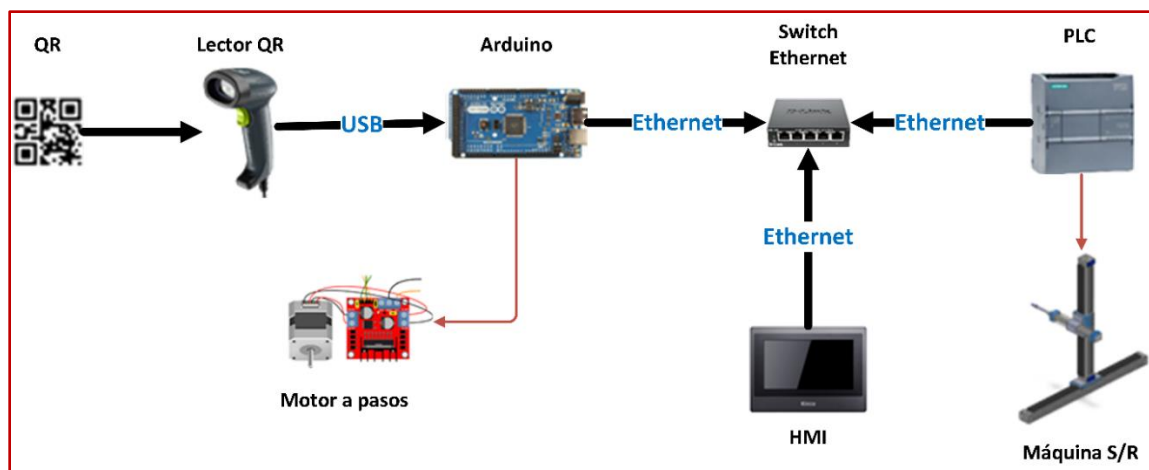
Se debe establecer una comunicación Ethernet entre el PLC, HMI y Arduino por medio de un equipo Switch Ethernet. Y una comunicación USB entre el Arduino y el lector QR.

El lector escanea un producto con su respectivo código QR, por medio de una comunicación USB envía el dato codificado a la tarjeta Arduino, la cual, almacena y maneja este dato mediante una comunicación Ethernet al PLC. Con este dato se puede activar las salidas del PLC mediante una programación para controlar el motor a pasos (banda transportadora) y la máquina S/R, misma que almacena o recupera el producto de su estantería. Además, la pantalla HMI permite coordinar y controlar el proceso en tiempo real por el usuario.

En la Figura 106 se muestra un resumen:

Figura 106

Comunicación para el Sistema de Control del Proceso AS/RS



Nota: Se observa en la Figura 100 la comunicación de todos los elementos que conforman la red Ethernet.

5.15.1. Comunicación y configuración

El desarrollo de la comunicación y configuración inicia en la interpretación de un código QR que representa un dato codificado, en este caso, caracteres únicos y diferentes que definen los 12 productos para su almacenamiento y recuperación en la estantería. Por ejemplo, se genera un código QR que representa los caracteres “7943” (véase figura 107) de un producto para su próxima identificación.

Figura 107

Código QR que Representa el Valor de 7943



5.15.1.1. Configuración y Programación Arduino

Al escanear este código QR el lector envía este dato a través de una comunicación serie USB al Arduino. El dato es enviado carácter por carácter al buffer serial, estos dispositivos usan números para representar en bytes caracteres alfanuméricos. Para esto se utiliza el código ASCII que asigna a cada número o letra el valor de un byte comprendido entre el 0 a 127. Una vez con este dato interpretado y almacenado en una variable se lo puede usar a conveniencia.

Para esto, se necesita varias librerías de Arduino que facilita la programación y la comunicación para los puertos necesarios de los periféricos (Lector QR y PLC). En la tabla 15 se muestra una descripción de las librerías incluidas.

Tabla 15

Librerías Incluidas en Programación Arduino

Librerías	Información
<usbhid.h> <usbhub.h> <hiduniversal.h> <hidboot.h> <SPI.h>	Estas librerías pertenecen a la biblioteca USB host y Arduino Parser incluyen un programa para un lector de códigos de barras que se puede modificar para códigos QR, proporcionando funciones para trabajar sobre un buffer de char array por medio de comunicación por puerto serie , también permite la comunicación de periféricos USB.
<ModbusIP.h> <Modbus.h> <Ethernet.h>	Implementan el protocolo Modbus en dos tipos de transporte: comunicación Ethernet o RS485 y Wifi con protocolo TCP utilizando una dirección IP. Modbus también incluye el protocolo de servidor-cliente donde el Cliente=maestro y Servidor=esclavo. Sirve para la comunicación entre el arduino y el PLC S7 1200.
<Stepper.h>	Permite el control de motores paso a paso unipolares o bipolares con un hardware adecuado para su control (Driver L298N).

Nota: La tabla se observa las diferentes librerías que se utilizan para la comunicación Modbus TCP IP.

Añadidas estas librerías al sketch de trabajo se procede a la configuración y edición en el programa. Se inicia designando una dirección IP para el Arduino, hay que tener en cuenta que la red local debe ser la misma de la PC, es decir, 192.168.0.40.

Se define diferentes tipos de variables para almacenar y manejar el dato codificado. La constante int SENSOR_IREG=100 es una dirección registro Modbus para enviar el dato del lector QR. (véase figura 108).

Figura 108

Configuración IP Arduino

```

#include <ModbusIP.h>
#include <Modbus.h>
#include <Ethernet.h>
#include <usbhid.h>
#include <usbhub.h>
#include <hiduniversal.h>
#include <hidboot.h>
#include <SPI.h>
#include <Stepper.h>

double dato_modbus;
int valor=0;
int dim=0;
int j=0;
int vector[5]; // Vector para almacenar caracteres o array de 5 valores
const int SENSOR_IREG=100; //Dirección Modbus para el dato del lector QR constante
String datoS; // Variable para guardar el dato del lector QR cadena de caracteres
const int stepsPerRevolution = 200; // número de pasos de su motor

ModbusIP mb;
long ts; // Constante de tiempo
byte mac[]={0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED};
IPAddress ip(192,168,0,40); //Dirección IP del arduino
IPAddress gateway(192,168,0,40); //Direccion gateway la misma del arduino
IPAddress subnet(255, 255, 255, 0); //Mascara de subred

```

En el ejemplo de las librerías de USB host para un lector de barras se modifica para que interprete códigos QR, básicamente lo que realiza este programa y las funciones que dispone es leer de manera sencilla la información contenida, es decir, el dato escaneado (7934) recibido en el buffer del Arduino uno por uno como caracteres ASCII.

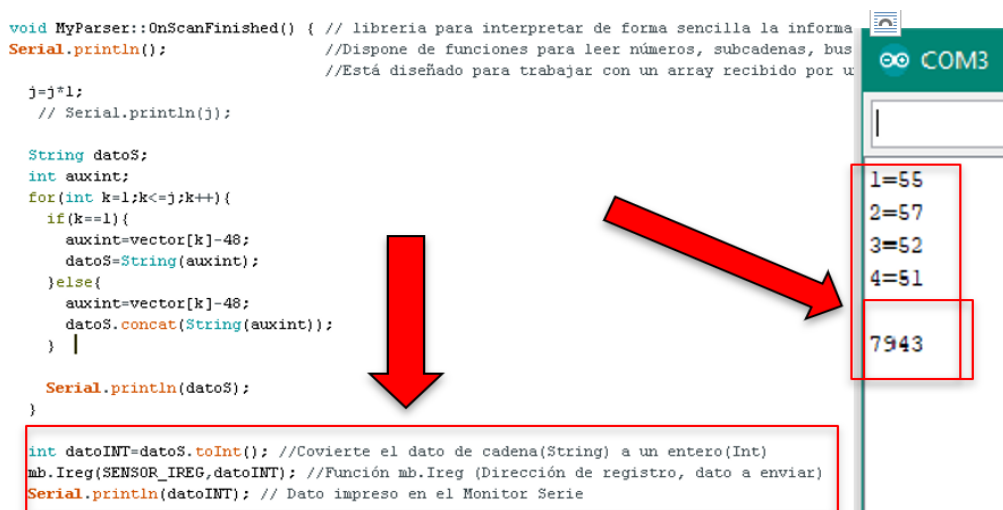
En este caso los caracteres “7934” en código ASCII es “55 57 52 51”, seguidamente este dato es almacenado en una cadena String llamada “datoS”. A continuación, mediante la función `toInt()` y `concat()` permite convertir y concatenar esta variable String de caracteres en un solo número entero guardado en la variable “datoINT”. Este programa solamente permite la codificación para datos numéricos de 4 cifras.

Por lo tanto, ya se obtiene el código QR interpretado y almacenado en una variable para posteriormente manipular y enviar al PLC mediante la función `mb.Ireg()` (Dirección

de registro, dato a enviar) y en TIA Portal con la instrucción MB_Client. En la figura 109 se observa el dato impreso “7943” en el monitor serie.

Figura 109

Código QR Escaneado e Impreso en Monitor Serie



```

void MyParser::OnScanFinished() { // libreria para interpretar de forma sencilla la informa
Serial.println();                //Dispone de funciones para leer números, subcadenas, bus
                                //Está diseñado para trabajar con un array recibido por u

    j=j*1;
    // Serial.println(j);

    String datoS;
    int auxint;
    for(int k=1;k<=j;k++){
        if(k==1){
            auxint=vector[k]-48;
            datoS=String(auxint);
        }else{
            auxint=vector[k]-48;
            datoS.concat(String(auxint));
        }
    }

    Serial.println(datoS);
}

int datoINT=datoS.toInt(); //C convierte el dato de cadena(String) a un entero(Int)
mb.Ireg(SENSOR_IREG,datoINT); //Función mb.Ireg (Dirección de registro, dato a enviar)
Serial.println(datoINT); // Dato impreso en el Monitor Serie

```

The serial monitor window shows the following output:

```

1=55
2=57
3=52
4=51
7943

```

Nota: Programación del código QR en donde se decodifica el dato para mostrar en el monitor serie.

En la configuración para el motor a pasos bipolar de la banda transportadora se inicializa la librería <Stepper.h> en los pines de salida 8 a 11 para el control de giro horario y anti horario mediante el driver L298N. Se declara las entradas 5,6 del Arduino para la activación del motor mediante una señal digital HIGH desde el PLC (Q 0.0, Q0.1). En la constante “stepsPerRevolution” cambiar el valor por el número de pasos del motor, en este caso de un NEMA 17 es de 200. También se puede establecer los rpm en la función “myStepper.setSpeed (200)”. (véase figura 110).

Figura 110*Configuración del Motor Paso a Paso Nema 17*

```

#include <Stepper.h>
const int stepsPerRevolution = 200; // cambie este valor por el numero de pasos de su motor
Stepper myStepper(stepsPerRevolution, 8,9,10,11); // inicializa la libreria 'stepper' en los pines 8 a 11
int motorpositivo = 5;
int motornegativo = 6;
myStepper.setSpeed(200); // establece la velocidad en 200rpm
Serial.begin(9600); // inicializa el puerto serial
pinMode(motorpositivo, INPUT); // pin mode entrada
pinMode(motornegativo, INPUT);
}

void loop() { // bucle de programa
  Usb.Task();

  int motor=digitalRead(motorpositivo); // gira en sentido horario si el pin 5 es activado

  if (motor == HIGH )
  {
    Serial.println("clockwise");
    myStepper.step(stepsPerRevolution);
  }

  int motorl=digitalRead(motornegativo); // gira en sentido anti horario si el pin 6 es activado
  if ([motorl == HIGH ]){
    Serial.println("counterclockwise");
    myStepper.step(-stepsPerRevolution);
  }
}

```

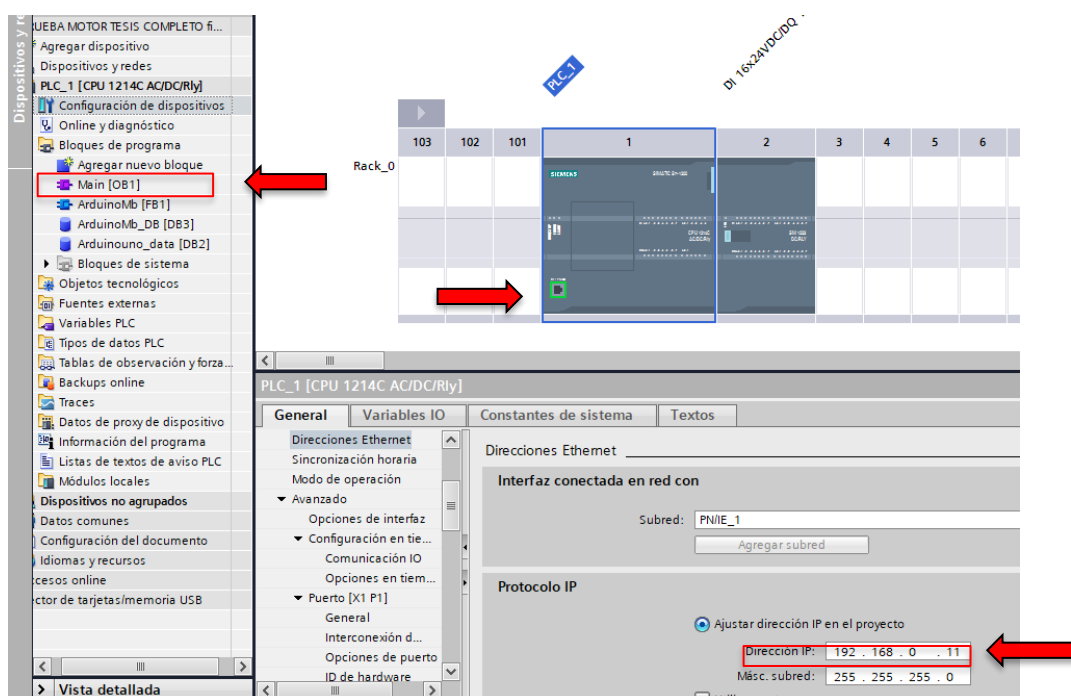
Nota: Configuración y programación de la velocidad del motor paso a paso con sentido horario y antihorario

5.15.1.2. Comunicación Modbus TCP Arduino y PLC

Para la comunicación entre el Arduino y el PLC vía Ethernet con protocolo Modbus TCP se procede a configurar en TIA Portal la dirección IP del dispositivo para trabajar en una sola red local. Seleccione en el árbol de proyecto seguidamente a configuración de dispositivo y dar clic en el puerto Profinet, colocar una dirección IP deseada en este caso 192.168.0.11. (véase figura 111).

Figura 111

Configuración IP del PLC



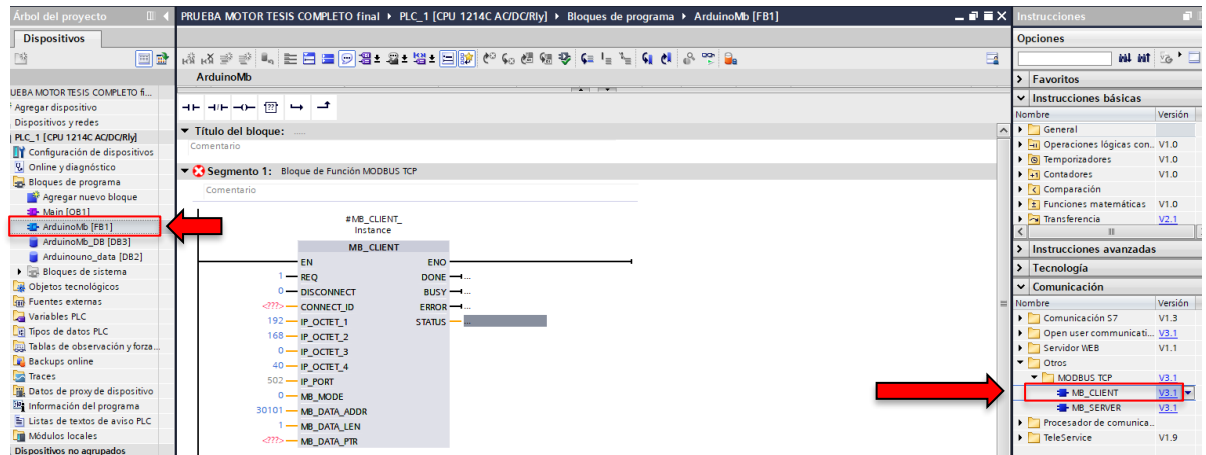
Nota: Configuración de la red Ethernet en el PLC con una nueva dirección IP.

Crear un bloque de función y designar un nombre llamado “ArduinoMb” dentro de comunicación en el directorio Modbus TCP, insertar la instrucción MB_Client. Y configurar como se muestra en la figura 112 y se asigna la dirección IP del dispositivo Arduino.

La instrucción MB_Client establece una conexión TCP cliente (PLC)- servidor (Arduino) envía una petición de función Modbus (registro), para posteriormente recibir una confirmación del dato obtenido y manejar la desconexión desde el servidor.

Figura 112

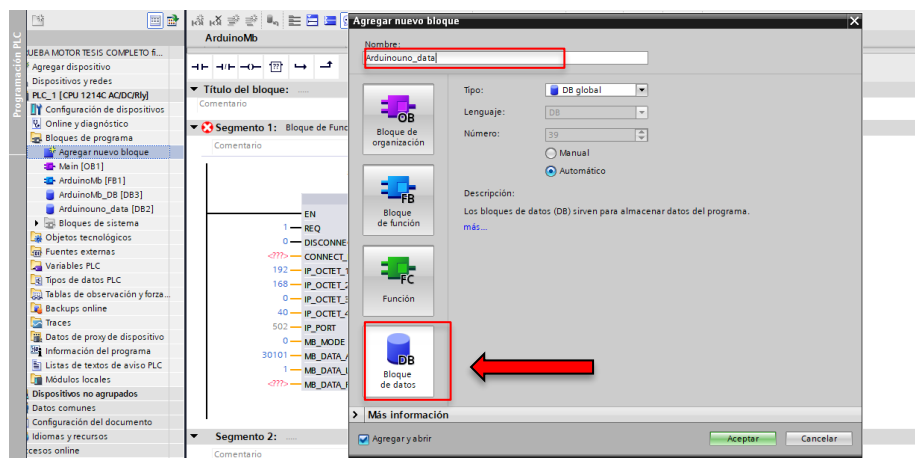
Creación de la Instrucción MB_Client



A continuación, para crear el CONNECT_ID y el MB_DATA_PTR, agregar un nuevo bloque de datos llamado “Arduinouno_Data” (véase figura 113).

Figura 113

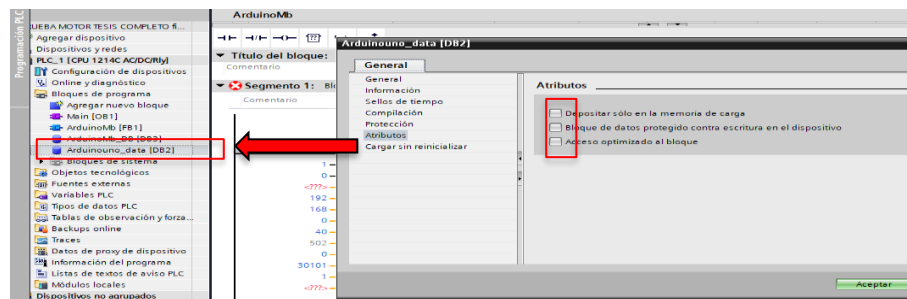
Creación de Connect_ID y Mb_Data_Ptr



Dar clic derecho sobre el bloque creado “Arduinouno_Data”, poner en propiedades y desmarcar las casillas como se muestra en la figura 114 si no se hace esto no se puede continuar.

Figura 114

Propiedades del bloque Arduinouno_Data



Se define esta variable “Arduinouno_Data” de tipo Struct, dentro de esta creamos una variable Configuration tipo TCON_IP_V4 se despliega un submenú automáticamente y configurar como se observa en la figura 115, nuevamente se asigna el IP del Arduino. Por último, se crea una variable Valor A0 de tipo Word que permite leer el valor codificado del lector QR.

Figura 115

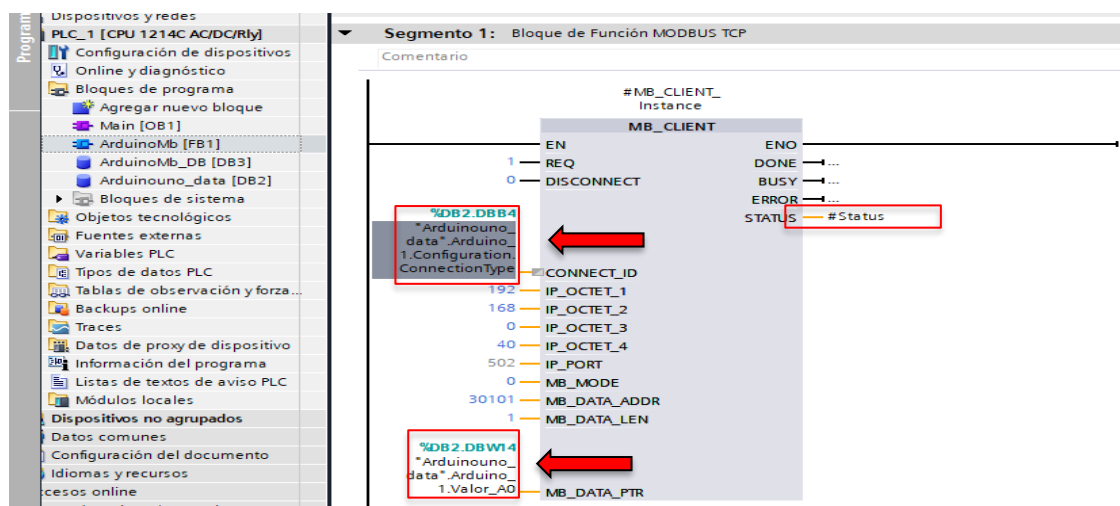
Configuración del Bloque Arduinouno_Data

Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en...	Valor de a...	Com...
Static									
Arduino_1	Struct	0.0							
InterfaceId	HMI_ANY	0.0							HMIk
ID	CONN_OUC	2.0	64						conn
ConnectionType	Byte	4.0	16#0B						type
ActiveEstablish...	Bool	5.0	TRUE						activ
RemoteAddress...	IP_V4	6.0							remc
ADDR	Array[1..4] of Byte	6.0							IPV4...
ADDR[1]	Byte	6.0	192						IPV4...
ADDR[2]	Byte	7.0	168						IPV4...
ADDR[3]	Byte	8.0	0						IPV4...
ADDR[4]	Byte	9.0	40						IPV4...
RemotePort	UInt	10.0	502						remc
LocalPort	UInt	11.0							local
Valor_A0	Word	14.0							

En la instrucción MB_CLIENT dar clic en CONNECT_ID → Arduinouno_data → Arduino_1 → Configuration → ConnectionType. En MB_DATA_PTR dar clic en Arduinouno_data → Arduino_1 → Valor_A0. En ESTATUS poner # status, clic derecho y definir variable (véase figura 116). Para posteriormente usar dichos datos para activar salidas en el PLC.

Figura 116

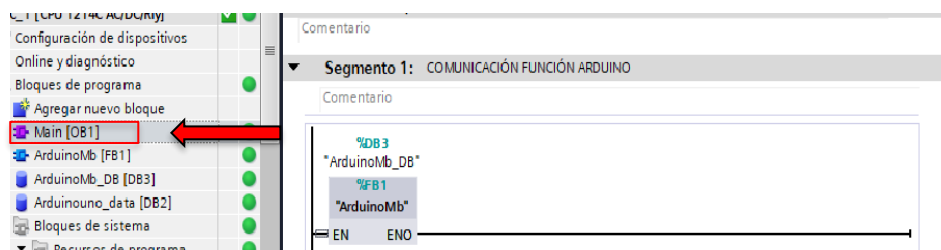
Configuración MB_Client



A continuación, en un Main OB1 arrastrar la función ArduinoMB (FB1) y se concluye la configuración (véase figura 117).

Figura 117

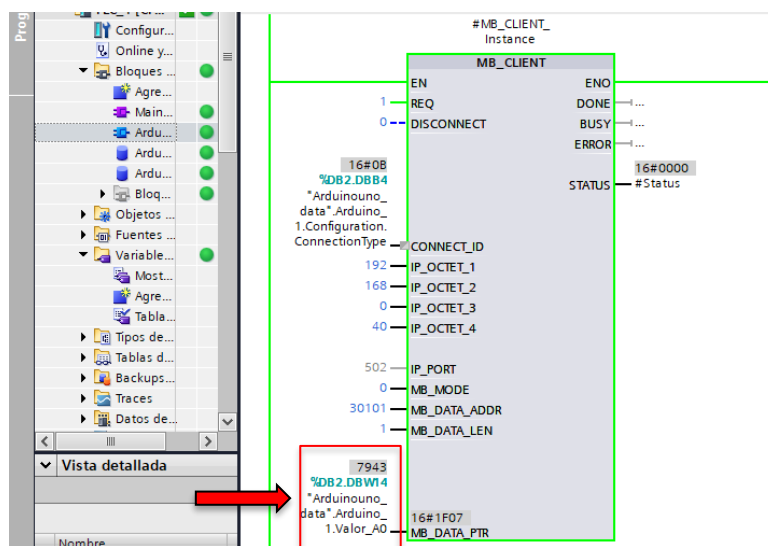
Función ArduinoMB



Finalmente se comprueba la comunicación del Arduino y el PLC, escaneando el código QR “7943” como se observa en la figura 118.

Figura 118

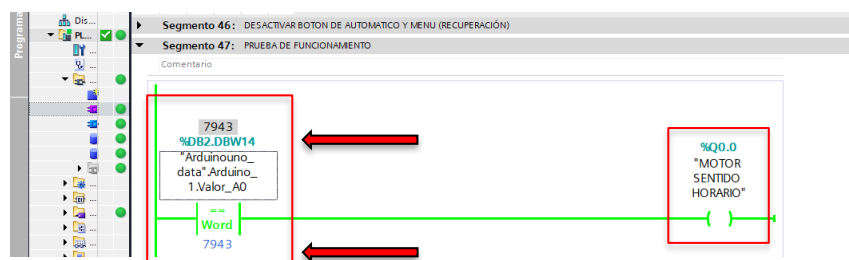
Comunicación entre Arduino y PLC Mediante MB_Client



Por ejemplo, con esta variable “Arduinouno_data. Arduino_1. Valor_A0” si el valor escaneado es igual al que sea designado en la instrucción comparación 7943, en este caso, se activa el motor en sentido horario mediante una salida del PLC (véase figura 119).

Figura 119

Activación de una Salida del PLC Mediante Código QR



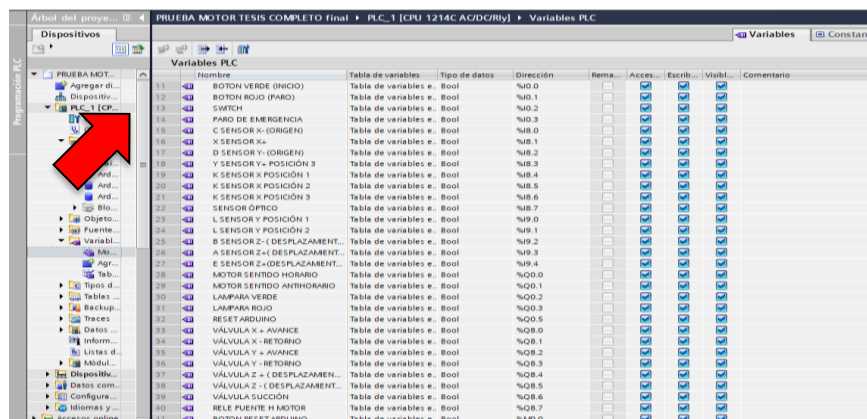
Por lo tanto, esta variable contiene el dato QR escaneado ya codificado de un único producto. Se procede a programar el algoritmo de almacenamiento y recuperación para los 12 objetos mediante la máquina S/R a la estantería.

5.16. Programación S7 1200

Una vez realizada la implementación y el montaje de los diversos componentes en el módulo didáctico, se procedió a elaborar la simulación en el software FluidSIM neumática para corroborar la factibilidad del proceso de almacenamiento y recuperación de productos. Teniendo en cuenta todos los parámetros de la simulación, se procede a declarar las entradas, salidas y memorias del PLC en el software TIA Portal. (véase figura 120).

Figura 120

Declaración de Variables



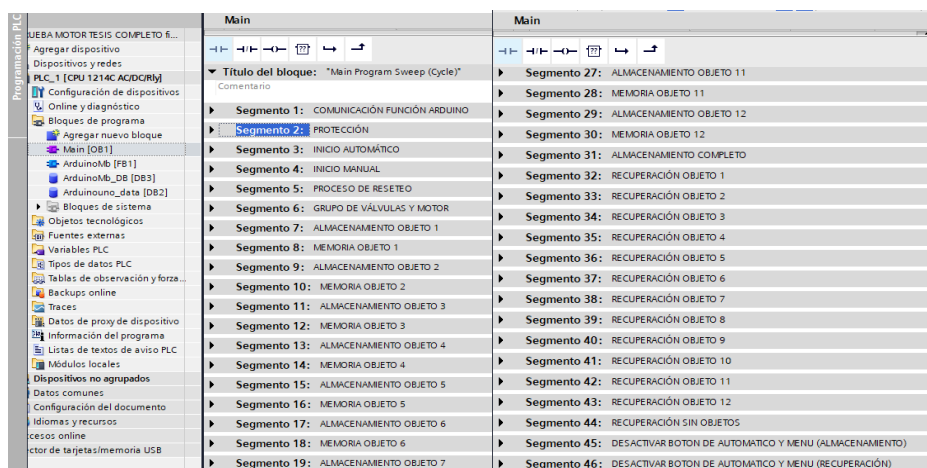
Nombre	Tabla de variables e.	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl.	Comentario
11	BOTON VERDE (INICIO)	Tabla de variables e.	Bool	%I0.0				
12	BOTON ROJO (PARO)	Tabla de variables e.	Bool	%I0.1				
13	SWTCH	Tabla de variables e.	Bool	%I0.2				
14	PARO DE EMERGENCIA	Tabla de variables e.	Bool	%I0.3				
15	C SENSOR X (ORIGEN)	Tabla de variables e.	Bool	%I8.0				
16	X SENSOR X+	Tabla de variables e.	Bool	%I8.1				
17	D SENSOR Y- (ORIGEN)	Tabla de variables e.	Bool	%I8.2				
18	Y SENSOR Y+ POSICIÓN 3	Tabla de variables e.	Bool	%I8.3				
19	K SENSOR X POSICIÓN 1	Tabla de variables e.	Bool	%I8.4				
20	K SENSOR X POSICIÓN 2	Tabla de variables e.	Bool	%I8.5				
21	K SENSOR X POSICIÓN 3	Tabla de variables e.	Bool	%I8.6				
22	SENSOR OPTICO	Tabla de variables e.	Bool	%I8.7				
23	L SENSOR Y POSICIÓN 1	Tabla de variables e.	Bool	%I9.0				
24	L SENSOR Y POSICIÓN 2	Tabla de variables e.	Bool	%I9.1				
25	B SENSOR Z- (DESPLAZAMENT.	Tabla de variables e.	Bool	%I9.2				
26	A SENSOR Z+ (DESPLAZAMENT.	Tabla de variables e.	Bool	%I9.3				
27	E SENSOR Z+ (DESPLAZAMENT.	Tabla de variables e.	Bool	%I9.4				
28	MOTOR SENTIDO HORARIO	Tabla de variables e.	Bool	%Q0.0				
29	MOTOR SENTIDO ANTHORARIO	Tabla de variables e.	Bool	%Q0.1				
30	LAMPARA VERDE	Tabla de variables e.	Bool	%Q0.2				
31	LAMPARA ROJO	Tabla de variables e.	Bool	%Q0.3				
32	RESET ARDUINO	Tabla de variables e.	Bool	%Q0.5				
33	VÁLVULA X + AVANCE	Tabla de variables e.	Bool	%Q8.1				
34	VÁLVULA X - RETORNO	Tabla de variables e.	Bool	%Q8.2				
35	VÁLVULA Y + AVANCE	Tabla de variables e.	Bool	%Q8.3				
36	VÁLVULA Y - RETORNO	Tabla de variables e.	Bool	%Q8.4				
37	VÁLVULA Z + (DESPLAZAMEN.	Tabla de variables e.	Bool	%Q8.5				
38	VÁLVULA Z - (DESPLAZAMEN.	Tabla de variables e.	Bool	%Q8.6				
39	VÁLVULA SUCCION	Tabla de variables e.	Bool	%Q8.7				
40	RELE PUENTE H MOTOR	Tabla de variables e.	Bool	%Q8.7				
41	BOTON RESET ARDUINO	Tabla de variables e.	Bool	%Q0.0				

Como siguiente paso se crea un bloque de programa llamado “Main OB1” en el cual estarán contenidos las diferentes funciones y procesos en segmentos de programación. (véase figura 121). Se han desarrollado las funciones de acuerdo a las necesidades del proyecto, como son:

La función *COMUNICACIÓN ARDUINO-PLC* permite obtener el código QR escaneado; la función de *PROTECCIÓN* contempla la prevención y limitación de riesgos durante el proceso; la función de *INICIO AUTOMÁTICO* activa el proceso de almacenamiento y recuperación de forma continua; la función de *INICIO MANUAL* admite el control de los ejes X, Y, Z de la máquina S/R y la succión del producto mediante pulsadores en la pantalla HMI; la función *RESET* ejecuta diversas tareas como la de posicionar los ejes de la maquina S/R a su origen, además de restablecer las variables y condiciones a su estado inicial; la función *GRUPOS DE VÁLVULAS Y MOTOR* contemplan todas las salidas para activar las funciones de almacenamiento, recuperación y Reset según la necesidad del proyecto; la función *ALMACENAMIENTO OBJETO* permite ubicar el objeto en su compartimiento correspondiente de la estantería; la función *MEMORIA OBJETO* guarda en un espacio de memoria en el cual indica que el objeto ya ha sido almacenado; la función *ALMACENAMIENTO COMPLETO* proporciona la información de que todos los objetos ya estén almacenados y desactiva la función de *ALMACENAMIENTO OBJETO*; la función *RECUPERACIÓN OBJETO* permite extraer el objeto de su compartimiento correspondiente de la estantería; la función *RECUPERACIÓN SIN OBJETOS* proporciona la información de que todos los objetos ya han sido recuperados; la función *DESACTIVAR BOTÓN DE AUTOMATICO Y MENÚ (ALMACENAMIENTO/ RECUPERACIÓN)* bloquea los botones de la pantalla HMI durante el proceso, evitando conflictos entre el almacenamiento y recuperación por causas eventuales del usuario.

Figura 121

Segmentos de Programación



En la función de almacenamiento y recuperación se establece cada etapa y condición, para la ejecución de un proceso determinado, en la cual, es representada mediante un flujograma.

A continuación, se detalla los flujogramas de cada proceso:

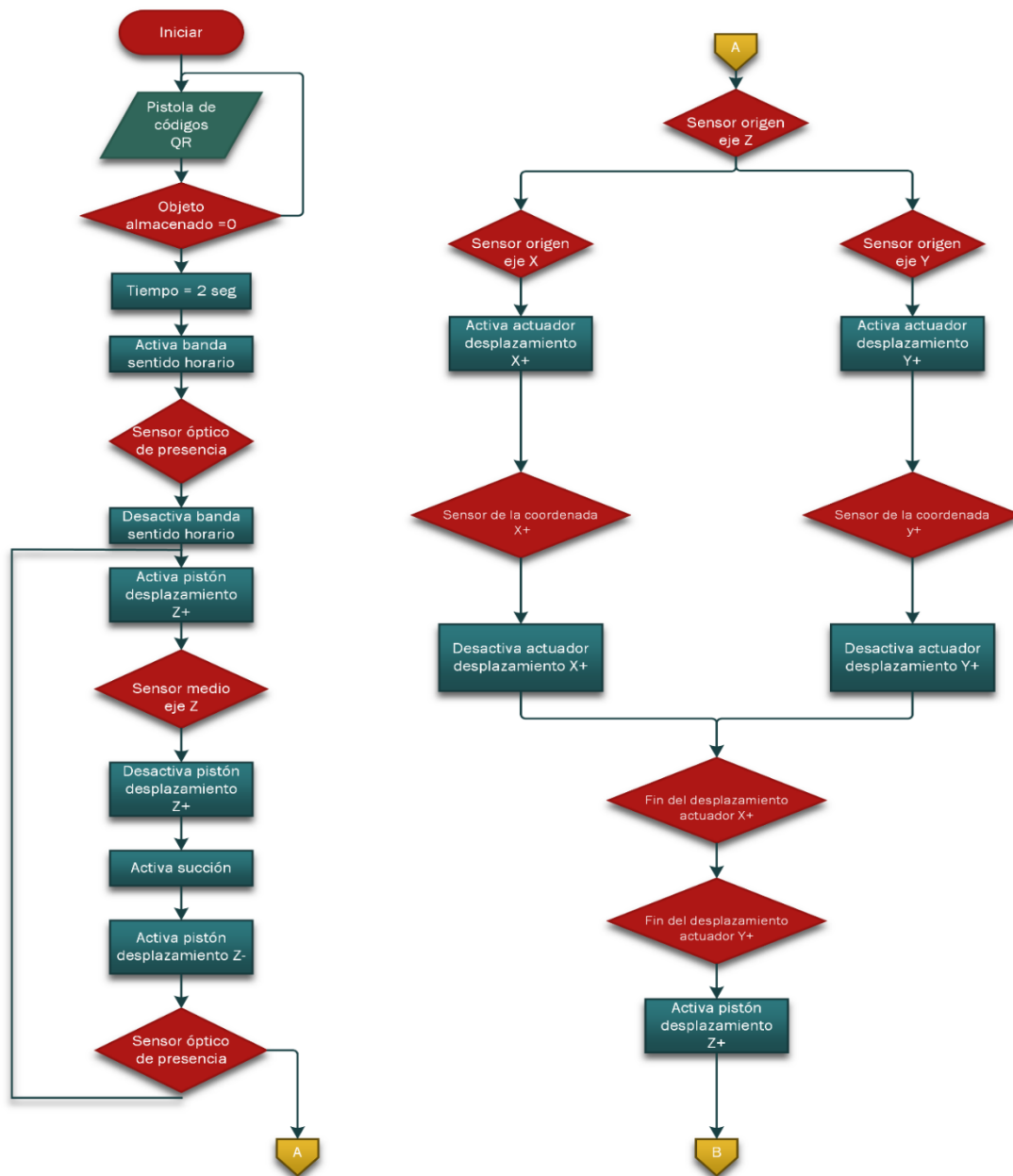
5.16.1. Flujograma de Almacenamiento

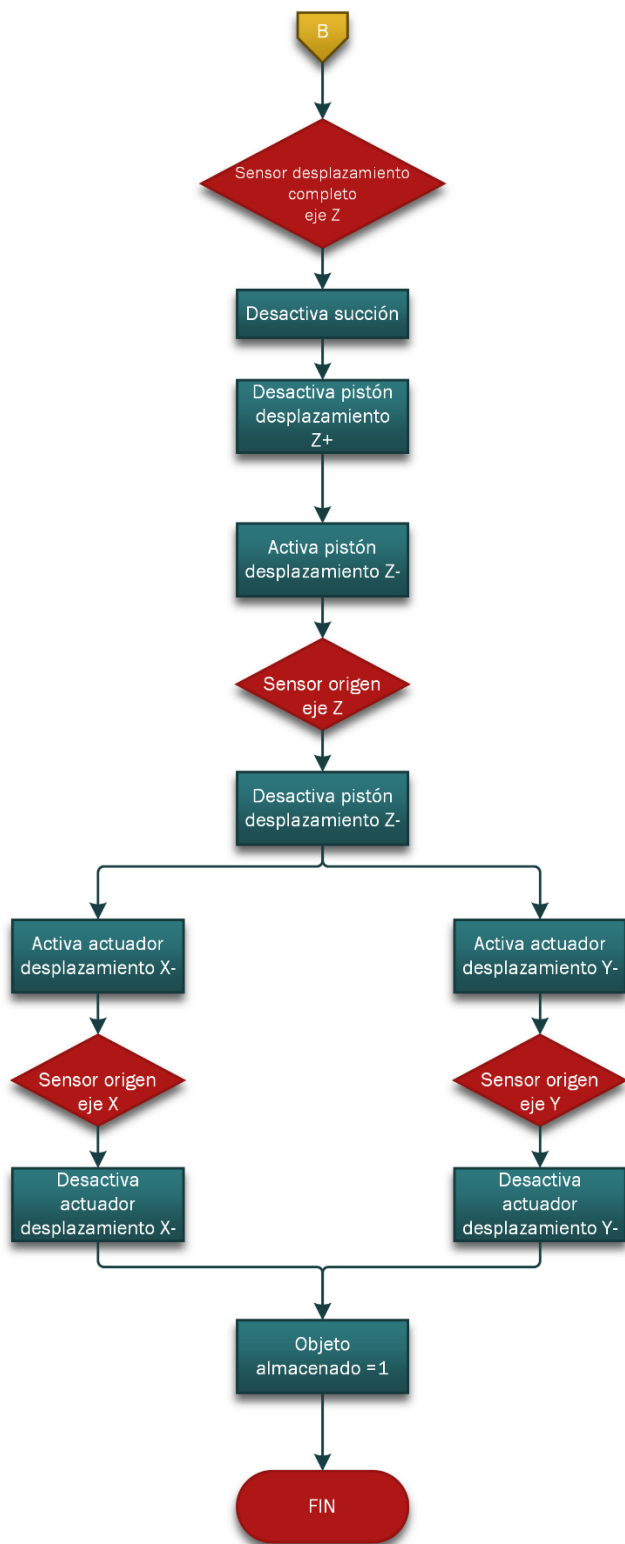
Para el proceso de almacenamiento del objeto o producto inicia con el escaneo mediante el lector QR, al cabo de dos segundos la banda transportadora empieza su recorrido hasta la zona de carga, en la cual, existe un sensor óptico de presencia que identifica si el producto llegó a la zona establecida. Seguidamente la banda se desactiva e inicia el proceso de sujeción activando el pistón Z y la succión mediante la ventosa, si el objeto no salió de la zona de carga, el pistón Z se desplazará hasta conseguir la sujeción del objeto. Una vez cumplida la sujeción del objeto se procede a activar el posicionamiento de los actuadores hasta su lugar correspondiente en la estantería. El pistón Z se desplaza completamente y se desactiva la succión de la ventosa ubicando el

objeto en el casillero correspondiente, posteriormente el pistón Z retrocede hasta su posición de origen, al igual que los actuadores X, Y para finalizar con el proceso de almacenamiento. (véase Figura 122).

Figura 122

Algoritmo de Programación para Almacenamiento de Objetos



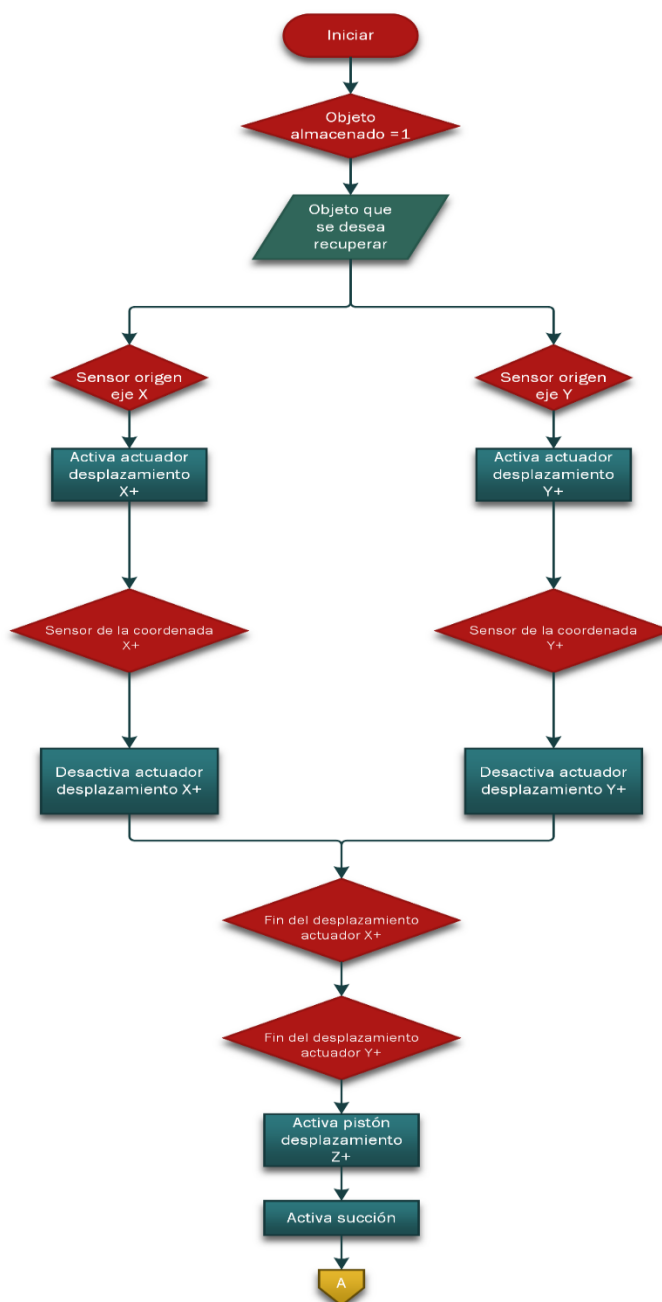


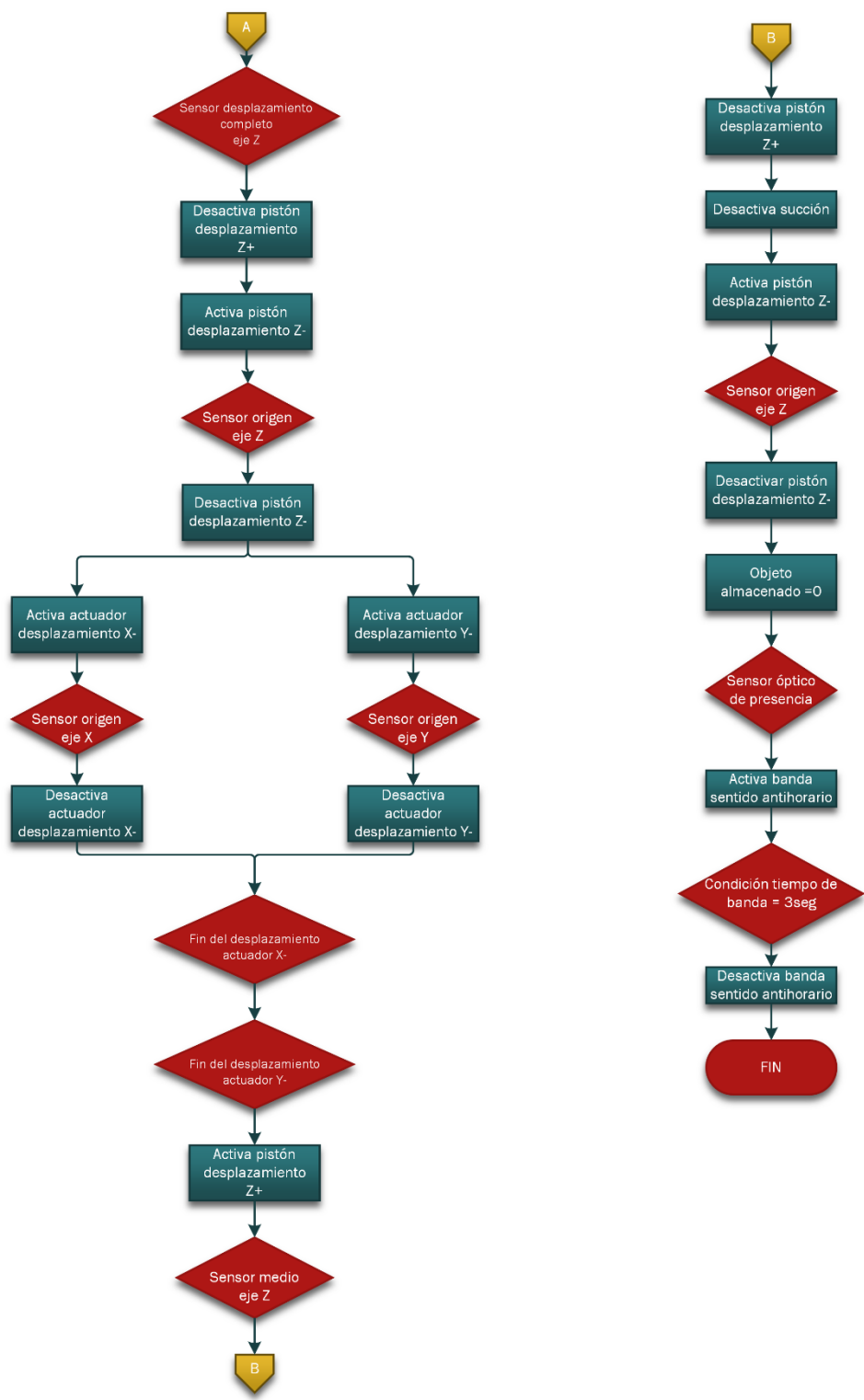
5.16.2. Flujograma de Recuperación

Para el proceso de recuperación se debe cumplir la condición de que un objeto haya sido previamente almacenado, a continuación, el operador selecciona el objeto deseado en la pantalla HMI, posteriormente se pulsa el botón físico de inicio (Green) para poner en marcha el proceso. Una vez seleccionado el objeto, los actuadores se desplazan hasta la posición de la casilla correspondiente, se activa la succión y seguidamente el pistón Z se desplaza completamente para la sujeción del objeto mediante la ventosa. A continuación, el pistón y los actuadores regresan a la posición de origen para realizar la descarga del objeto, luego se desplaza el pistón Z hasta la zona de carga donde se desactiva la succión para depositar el producto en la banda, finalmente el pistón retorna a la posición de origen y se activa la banda mediante el sensor óptico para la entrega del producto deseado. (véase Figura 123).

Figura 123

Flujograma de Programación para Recuperación de Objetos



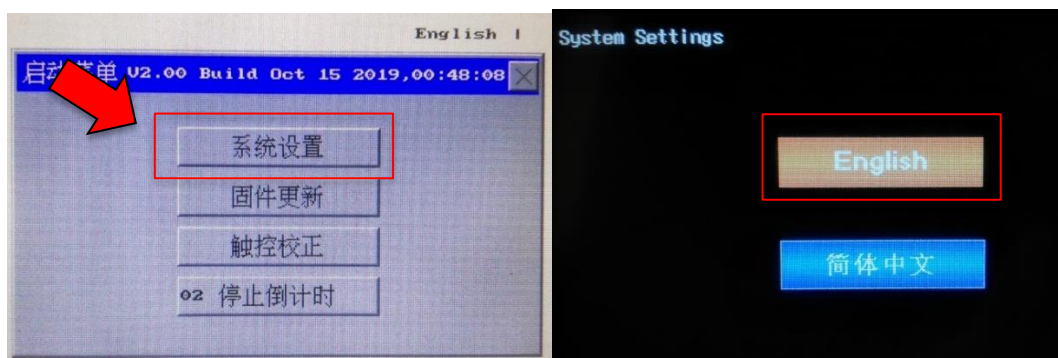


5.17. Configuración y Programación de la Pantalla HMI

Como primer punto, energizar y mantener pulsado la pantalla HMI Kinco para acceder al BIOS del sistema, elegir la primera opción y seleccionar el idioma para la configuración de la pantalla. (véase Figura 124).

Figura 124

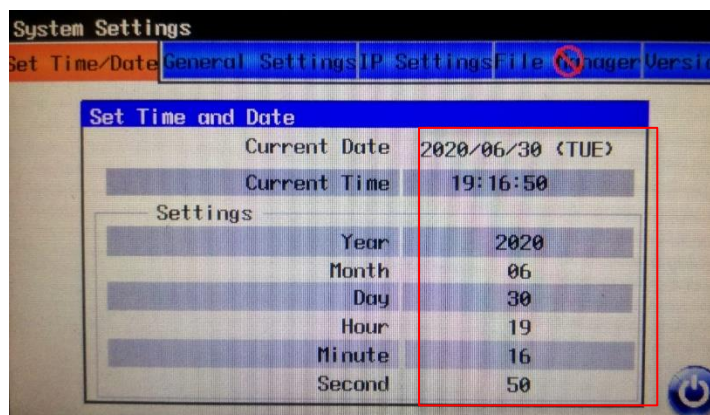
Selección de Idioma para Configuración de Pantalla



En las opciones del sistema se configura la hora y fecha según la necesidad del usuario (véase Figura 125)

Figura 125

Selección de Hora y Fecha de la Pantalla

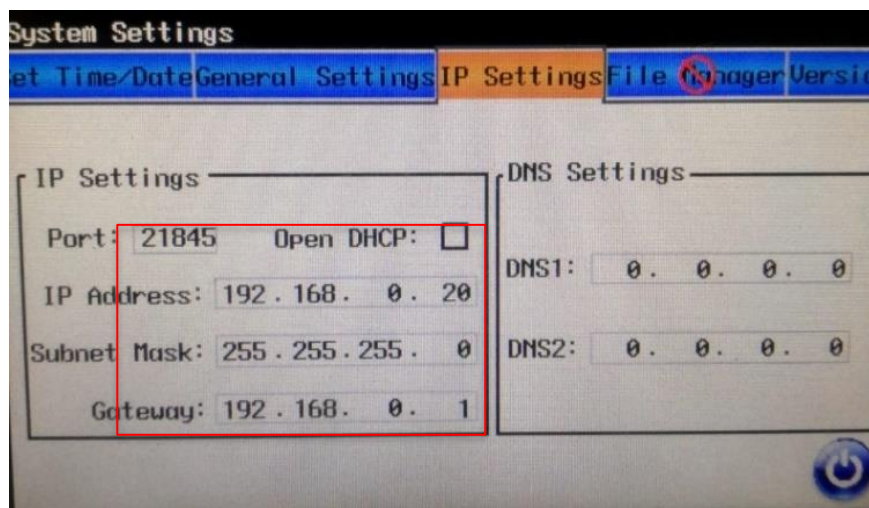


En las opciones generales se configura diferentes funciones que forman parte de la pantalla Kinco como son: el tiempo de iluminación en reposo, el sonido al presionar el área de la pantalla y el ajuste de brillo.

En configuración IP, se designa por defecto el puerto de la pantalla, se agrega la dirección IP y la máscara de subred considerando que la dirección IP debe estar en la misma red local. Esto permite la comunicación HMI-PLC. (véase Figura 126)

Figura 126

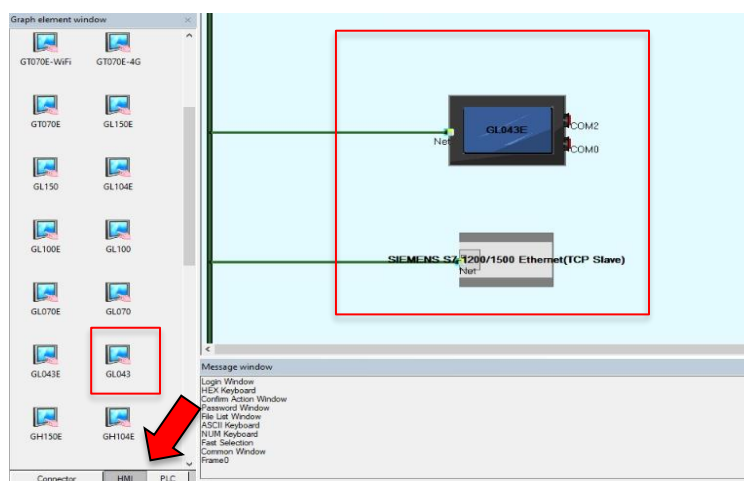
Configuración IP de Pantalla HMI



Para finalizar la configuración de la pantalla se utiliza el software Kinco DTolls V3.5, en la pestaña HMI, PLC se selecciona su respectivo modelo que se tiene y se arrastra al campo de trabajo como se muestra en la Figura 127.

Figura 127

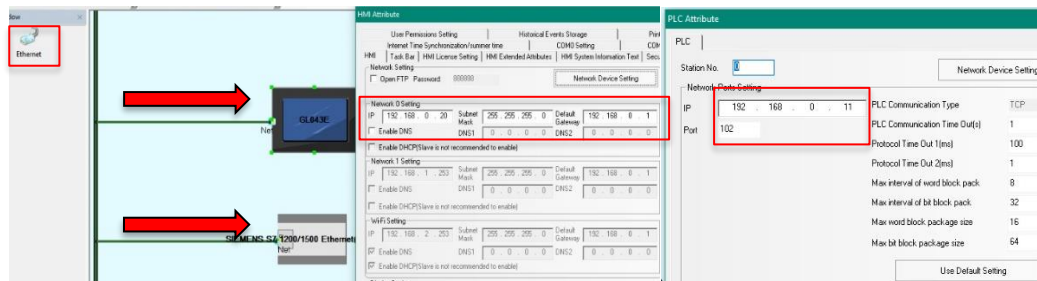
Selección de Modelo HMI, PLC en el Software Kinco DTolls V3.5



La forma en que interactúan estos dispositivos es a través de un cable de comunicación Ethernet. Dar clic en cada uno de los elementos y asignar las direcciones IP correspondientes (véase Figura 128).

Figura 128

Asignación de Direcciones IP y Conexión Cable Ethernet

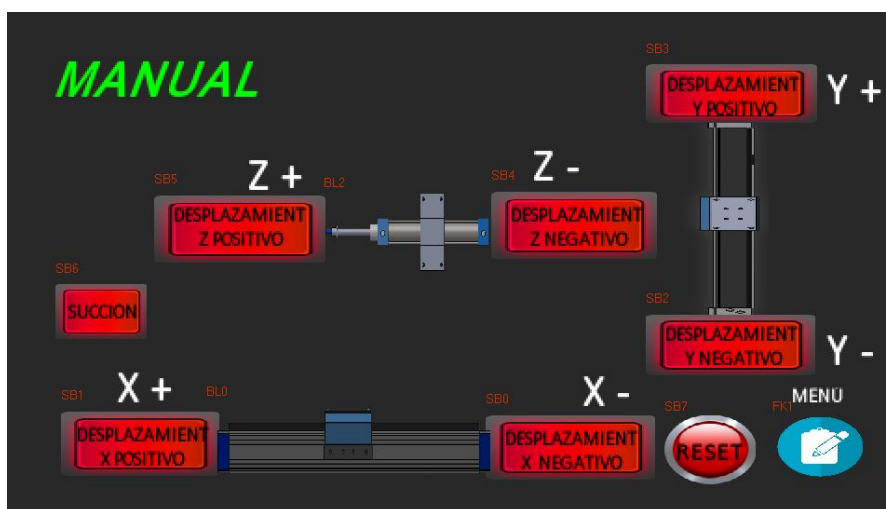


Para el diseño de la interfaz gráfica se crea cada ventana en un frame, mediante las herramientas del software se agrega pulsadores, lámparas indicadoras, cuadros de texto e hipervínculos entre cada ventana. A cada elemento se direcciona con la variable correspondiente del PLC.

Modo manual. – Esta interfaz permite controlar el desplazamiento de los actuadores mediante pulsadores para comprobar el correcto funcionamiento de sus componentes. (véase Figura 129).

Figura 129

Interfaz HMI del Control Manual



Modo automático Almacenamiento. – Este modo permite visualizar el código QR del objeto que se desea almacenar, pulsando el botón de Inicio se desplaza el objeto por la banda transportadora hasta llegar a la zona de carga, la máquina S/R es encargada de recoger el objeto, si este no es extraído de la zona de carga el proceso se repite hasta cumplir su objetivo, posteriormente es ubicado en el compartimento correspondiente a la estantería. El objeto se puede visualizar que ya ha sido almacenado en el cambio de estado de la lámpara. El proceso de almacenamiento se vuelve automático para un nuevo objeto. (véase Figura 130).

Figura 130

Interfaz HMI del Proceso de Almacenamiento



Modo automático Recuperación. – Este modo permite visualizar los objetos que ya han sido previamente almacenados. Mediante los pulsadores se enciende una lámpara del objeto que se desea recuperar, pulsando el botón Inicio la máquina S/R se desplaza hasta la ubicación del objeto y recupera del compartimento de la estantería hasta depositar en la banda transportadora. El proceso de recuperación se vuelve automático para un nuevo objeto. (véase Figura 131).

Figura 131

Interfaz HMI del Proceso de Recuperación



5.18. Pruebas de funcionamiento del módulo didáctico

Después de la implementación del sistema de control en el módulo didáctico, se procedió a realizar las pruebas correspondientes tanto eléctricas, electrónicas y neumáticas para identificar errores durante su funcionamiento. En base a pruebas individuales se puede corregir cada etapa del proceso para su óptimo manejo.

5.18.1. Pruebas eléctricas

Mediante una inspección visual se revisa cada conexión recorriendo su trayectoria de manera minuciosa descartando un posible daño en los cables o terminales durante su instalación, de la misma manera se identifica por su respectivo código de colores. Otra de las pruebas que se realiza es la de continuidad, permite asegurar que la conexión de un punto a otro es capaz de conducir la energía eléctrica sin interrupciones, se determina mediante un equipo de medición o tester.

También verificar la polaridad de los sensores en el módulo de E/S Telemecanique para garantizar su funcionamiento; tomar en cuenta que los pines GND del PLC, puente H y Arduino tengan el mismo punto de conexión. Es importante que el PLC tenga una conexión a tierra para asegurar que, ante cualquier falla de aislamiento las corrientes de fuga o residuales no afecten al usuario o a los equipos.

En la tabla 16 se verifica los voltajes en cada uno de los dispositivos eléctricos y electrónicos de modo que no exista sobre voltaje o corriente, evitando fallas en su puesta en servicio.

Tabla 16

Verificación de Voltajes en Dispositivos Eléctricos y Electrónicos

Dispositivo	Voltaje	Estado
PLC	120 V AC	Correcto
HMI	24 VDC	Correcto
Arduino	5 VDC	Correcto
Puente H L298N	12 VDC	Correcto
Motor a pasos	12 VDC	Correcto
Módulo E/S Telemecanique	24 VDC	Correcto
Sensores	24 VDC	Correcto
Electroválvulas	24 VDC	Correcto
Fuente 120 VAC	120VAC	Correcto
Fuente de 5, 24, 12 VDC	5, 24, 12 VDC	Correcto

5.18.2. Pruebas neumáticas

Las pruebas neumáticas se realizan con una presión constante para todo el sistema, con la activación de las válvulas electro neumáticas direccionan y restringen el aire del circuito neumático. Con válvulas estranguladoras se regula el paso del aire hacia los actuadores controlando la velocidad de avance y retroceso de los émbolos, además verificar que no se presente fugas de aire entre los elementos neumáticos.

A continuación, en la tabla 17 se realiza pruebas de presión de aire para todo el sistema neumático, considerando el más óptimo para el proceso de almacenamiento y recuperación de objetos en un tiempo adecuado.

Tabla 17

Pruebas de Presión del Sistema para Tiempo Óptimo

Presión del sistema	Apertura de válvulas estranguladoras	Tiempo de Almacenamiento	Tiempo de Recuperación
0.5 bar	30-40 %	11.81 seg	19.30 seg
1 bar	30-40 %	8.36 seg	15.64 seg
3 bares	30-40 %	7.08 seg	14.22 seg
4 bares	30-40 %	5.32 seg	12.69 seg

Nota: Evaluación de presiones para el sistema en almacenamiento y recuperación.

Se establece una presión de 1 bar, ya que, representa el tiempo más óptimo en el proceso de almacenamiento y recuperación de objetos.

5.18.3. Pruebas de funcionamiento del programa en línea y pantalla HMI

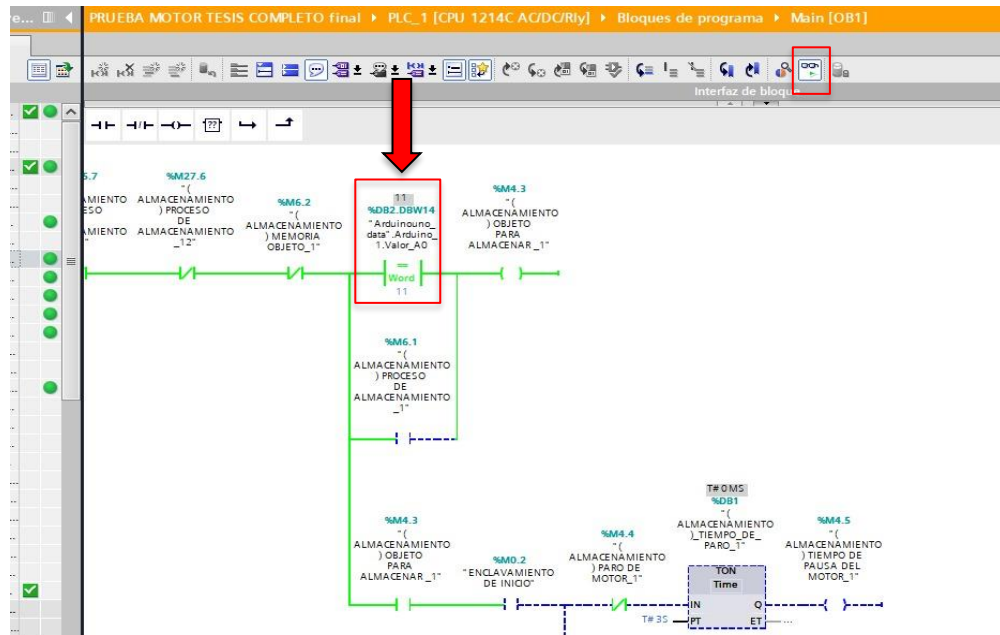
Para realizar la prueba del funcionamiento del programa en línea es necesario contar con un switch Ethernet el cual permite la comunicación entre los dispositivos y la PC.

Mediante un cable ethernet y el software TIA portal se establece la comunicación entre el PLC y el ordenador. Una vez establecida la comunicación, se compila y transfiere el programa para el monitoreo de sus variables en línea.

En la figura 132 se comprueba la programación en tiempo real permitiendo visualizar que las variables trabajan correctamente de acuerdo a lo establecido, de igual manera se identifica la recepción del dato del código QR, el cual habilita el funcionamiento del proceso de almacenamiento.

Figura 132

Prueba de Funcionamiento de Programa en Línea



En la pantalla HMI se verifica el código QR y el cambio de estado en la lámpara piloto. (véase Figura 133).

Figura 133

Representación de Código QR en Pantalla HMI



5.18.4. Pruebas de recepción de datos mediante el lector QR

En esta prueba se realiza el escaneo de diferentes códigos QR y se comprueba la comunicación y el tiempo de recepción del dato codificado desde el lector QR a la pantalla HMI.

Tabla 18

Pruebas de Recepción de Datos Mediante el Lector QR

Código QR	Datos numéricos	Tiempo de recepción	Observación
1234	4 cifras	1.66 seg	Incorrecto
123	3 cifras	1.25 seg	Incorrecto
12	2 cifras	1.17 seg	Correcto
1	1 cifra	1.07 seg	Incorrecto

Nota: Pruebas de tiempo en la recepción del dato enviado desde el lector QR

Se observa que entre menos cifras presente el código QR el tiempo de procesamiento del dato se reduce y permite la visualización en la pantalla HMI de manera más eficaz

5.19. Análisis de resultados de pruebas de funcionamiento

Las pruebas realizadas en el módulo didáctico, muestran resultados satisfactorios que permiten corregir los inconvenientes suscitados durante su funcionamiento, ya que, se verifica en cada etapa del proceso.

En la prueba eléctrica, se comprobó que se debe trabajar con los voltajes nominales que recomienda el fabricante para aprovechar todo el beneficio de los componentes eléctricos, además, se tomó en cuenta la polaridad de los equipos para que no exista daños en su estructura interna.

Para las pruebas neumáticas, la presión en el sistema debe ser constante a 1 bar y la apertura de las válvulas aguja tienen que estar en un rango del 30 - 40 %, a fin de que el desplazamiento en los actuadores sea más fluido, obteniendo un tiempo óptimo.

Con respecto a la comunicación, se debe configurar todos los sistemas para que interactúen entre sí, faciliten el monitoreo de las variables en tiempo real, proporcionando de esta manera la adquisición y visualización del código QR.

El tiempo de recepción del dato codificado es de 1.17 segundos, desde el lector QR hacia la pantalla HMI, siendo el valor de dos cifras el que presenta menos conflictos de emisión y recepción de datos. Hay que tener en cuenta la versión del Firmware del PLC, debido a que la comunicación es ineficiente en tiempos de respuesta con otros periféricos, cuando la versión es menor a V4.0.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- En base a los objetivos planteados, la información y los resultados obtenidos durante el trabajo investigativo se plantean las siguientes conclusiones:
- Se desarrolló satisfactoriamente el diseño mecánico del módulo didáctico, empleando el método analítico, especialmente, en el diseño de la máquina S/R, en donde se analizó el diagrama de cuerpo libre para determinar el momento flector máximo, así como, la identificación del módulo de la sección de cada componente. Con estos dos valores establecidos, se calculó el esfuerzo real a la que está sometido cada componente de la máquina S/R. Para corroborar los cálculos de esfuerzos, se realizó un análisis en el software ANSYS, garantizando de esta manera, que los componentes sean seguros durante su funcionamiento.
- En base a los conocimientos adquiridos, se logró comprender el funcionamiento, usos y aplicaciones de los sistemas (AS/RS), para lo cual, se realizó el montaje de los componentes eléctricos, neumáticos y mecánicos que forman parte del proceso para el almacenamiento y recuperación de productos con códigos QR, sin mayores contratiempos.
- De acuerdo a los algoritmos realizados de almacenamiento y recuperación, se implementó la programación en el software TIAPORTAL, logrando la

automatización de este proceso, a través de la implementación del lector óptico, sensores y actuadores, de esta manera, se obtuvo varios beneficios en el campo de la logística para el almacenamiento y recuperación de productos como son: la confiabilidad, agilidad, reducción de tiempos, entre otros.

- Mediante la programación y comunicación de los dispositivos que forman parte del reconocimiento de códigos QR, se desarrolló un sistema que permite interpretar la información que contiene el código, el cual, ordena a los actuadores que realicen la clasificación del producto y procedan a ubicar en sus respectivos espacios asignado en la estantería, además, se incorporó un espacio de memoria para cada objeto con el fin de saber que estos se hallan correctamente almacenados.
- Con el fin de lograr la comunicación con el usuario de este proceso en tiempo real, se implementó una pantalla HMI, misma que, cuenta con funciones que permiten controlar la máquina SR, la representación visual de los productos almacenados, así como, el monitoreo de las variables de entrada y salida.
- Finalmente, luego de realizar las diferentes pruebas, ajustes y calibraciones se logró controlar y verificar el funcionamiento del sistema neumático para la distribución y clasificación de productos con códigos QR de una manera satisfactoria.

6.2. Recomendaciones

- Es primordial tensar la cinta cuando se estén montando los rodillos de la banda transportadora, ya que, se necesita tener una mayor superficie de contacto para que exista fricción.
- Al momento de escanear, se recomienda que el código este en la zona de visualización del lector QR y la lectura se lo realice uno a la vez, a fin de no saturar el sistema de lectura.
- Trabajar a una presión constante de 1 bar para todo el sistema neumático y regular la apertura de las válvulas aguja para obtener una velocidad adecuada en el desplazamiento de la máquina S/R.
- Durante el funcionamiento de la máquina S/R, verificar que no existan elementos en su trayectoria, porque pueden ocasionar colisiones o daños durante el proceso.
- Cuando se vaya a realizar un proceso de almacenamiento y recuperación se debe revisar que la máquina S/R esté situada en su origen, ya que, es uno de los requerimientos para inicializar el proceso.
- Considerar que la fuerza de aspiración sea de 5 bares en la ventosa, capaz de sujetar los productos destinados para el almacenamiento y recuperación.
- Se recomienda la utilización del presente módulo didáctico para: estimular la incorporación de nuevas tecnologías para un mejor control en la posición de los actuadores, fortalecer los conocimientos y generar el análisis e iniciativas de los estudiantes a fines a esta área de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aliexpress. (2006). *Cilindro de pistón neumático CHINT SC de doble acción*. Recuperado el 13 de Febrero de 2020, de <https://www.aliexpress.com/i/32948197983.html>
- Almandoz, J., Mongelos, B., & Idoia, P. (2007). *Sistemas Nuemáticos y Oleohidráulicos*. San Sebastian.
- Alvarado, R. (2016). *Práctica 4: Cálculos de Actuadores Neumáticos*. Recuperado el 9 de Marzo de 2020, de <https://docplayer.es/14369307-Practica-4-calculos-de-actuadores-neumaticos.html>
- Álvarez, F. (3 de Junio de 2012). *La Banda Transportadora*. Recuperado el 4 de Marzo de 2020, de https://www.slideshare.net/slufh3r/la-banda-transportadora?from_action=save
- Amazon. (23 de Octubre de 2013). *Heschen Electrical Pneumatic Solenoid Valve*. Recuperado el 5 de Marzo de 2020, de <https://www.amazon.co.uk/Heschen-Electrical-Pneumatic-Solenoid-4V230-08C/dp/B0731F1L9L>
- AULA21. (23 de Octubre de 2019). *Qué es un HMI, para qué sirve la interfaz Hombre-Máquina*. Recuperado el 23 de Marzo de 2020, de <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-hmi/>
- AutomationNetworks. (2016). *PROTOCOLO MODBUS*. Recuperado el 10 de Marzo de 2020, de <http://automation-networks.es/glossary/modbus-tcpip>
- Automattic. (12 de Enero de 2017). *SISTEMAS NEUMÁTICOS*. Recuperado el 13 de Marzo de 2020, de <https://neumaticabasicaepp.wordpress.com/44-2/receptores-neumaticos/cilindros-de-simple-y-doble-efecto/>
- Bematech. (11 de Febrero de 2019). *Bematech escaner i-500*. Recuperado el 19 de Marzo de 2020, de <http://bematechla.com/productos/escaner/i-500/>

- Bernal, V. (2008). *Automatización*. Recuperado el 3 de Marzo de 2020, de <http://m.automatica.mex.tl/imagesnew/5/0/1/4/2/NEUMATICA%20GUIA%207.pdf>
- BricoGeek. (3 de Julio de 2007). *Motor paso a paso 3.2 Kg/cm, Nema 17*. Recuperado el 16 de Febrero de 2020, de <https://tienda.bricogeek.com/motores-paso-a-paso/546-motor-paso-a-paso-nema-17-32kg-cm.html>
- Bricogeek. (1 de Agosto de 1998). *Arduino MEGA ADK*. Recuperado el 6 de Febrero de 2020, de <https://tienda.bricogeek.com/descatalogado/394-arduino-mega-adk.html>
- BricoGeek. (22 de Mayo de 2019). *Arduino MEGA ADK*. Recuperado el 16 de Marzo de 2020, de https://tienda.bricogeek.com/descatalogado/394-arduino-mega-adk.html?fbclid=IwAR1L1b7GSE-K6MNPYtQ2ox_3ekrgo9ZCuWHLaCrFBfbc4c2WvMBCg44369I
- Brunstein, G. (28 de Octubre de 2013). *Clasificación de Válvulas Neumáticas Direccionales*. Recuperado el 4 de Marzo de 2020, de <http://www.intor.com.ar/clasificacion-de-valvulas-neumaticas-direccionales/>
- calculartodo. (22 de Abril de 2015). *Cálculo de la potencia y del par*. Recuperado el 6 de Marzo de 2020, de <https://www.calculartodo.com/mecanica/potencia-par-velocidad-angular.php>
- Capilla, C., & Pulloquina, J. (Septiembre de 2014). *Diseño y construcción de un prototipo de sistema automatizado de almacenamiento / recuperación (AS /RS), para sistemas flexibles de manufactura en el Laboratorio CNC de la ESPE Extensión Latacunga, utilizando procesamiento digital de imágenes*. Recuperado el 5 de Marzo de 2020, de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/9117>
- Cárdenas, J., & Diaz, J. (15 de Octubre de 2018). *Diseño e implementación de un prototipo de sistema flexible de almacenamiento / recuperación (AS / RS) automatizado mediante visión artificial para el reconocimiento dimensional de módulos de almacenamiento y optimización de espacios*. Recuperado el 16 de Marzo de 2020, de <https://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/15429>

- Castillo, J., Rojas, V., & Martínez, J. (2017). Determinación del Torque y Potencia de un Motor de Combustión Interna a Gasolina Mediante el Uso de Bujía con Sensor de Presión Adaptado y Aplicación de un Modelo Matemático. 2-3.
- Croser, P., & Thomson, J. (5 de Mayo de 2000). *Fundamentos de Electroneumática*. Recuperado el 6 de Febrero de 2020, de https://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/095246_leseprobe_es.pdf
- cursoaula21. (22 de Noviembre de 2017). *Por qué se utiliza PROFINET*. Recuperado el 13 de Marzo de 2020, de <https://www.cursosaula21.com/profinet-que-es-y-como-funciona/>
- DIEEC. (2019). *Controladores Lógicos Programables*. Recuperado el 19 de Marzo de 2020, de http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_1.pdf
- Estrada, F. (3 de Diciembre de 2014). *Las Fajas Transportadoras*. Recuperado el 5 de Marzo de 2020, de <https://slideplayer.es/slide/14196239/>
- Festo. (26 de Septiembre de 2018). *Actuadores lineales DGPL Ayuda a la selección*. Recuperado el 16 de Marzo de 2020, de https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_ES/PDF/ES/DGP_ES.PDF
- FestoSE. (26 de Septiembre de 2018). *Sensores*. Recuperado el 18 de Marzo de 2020, de https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/53454/Sensoren_es_V05_M.pdf
- González, M. (18 de Julio de 2018). *Automatización y almacenaje*. Recuperado el 16 de Marzo de 2020, de <https://revistadelogistica.com/almacenamiento/automatizacion-y-almacenaje/>
- HNSA. (5 de Febrero de 2019). *UNIDADES DE MANTENIMIENTO FRL*. Recuperado el 23 de Marzo de 2020, de <http://www.hnsa.com.co/unidades-de-mantenimiento-frl/>

- IMEXBB. (18 de Junio de 2014). *Módulo de almacenamiento automático DLFA-AS/ RS (A)*. Recuperado el 6 de Marzo de 2020, de <http://www.imexbb.com/auto-storage-training-set-advanced-type-dlfa-as-rs-a-11306170.htm>
- ingmecafenix. (16 de Enero de 2018). *¿Qué es y para qué sirve un PLC?* Recuperado el 13 de Marzo de 2020, de <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/que-es-un-plc/>
- Jaramillo, M. (Junio de 2015). *Diseño e Implementación de un Sistema de Clasificación Didáctico para Supervisar un Proceso Industrial en el Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica*. Recuperado el 6 de Marzo de 2020, de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/10049>
- Kinco. (11 de Septiembre de 2012). *Kinco Human-machine Interface MT4230T*. Recuperado el 3 de Marzo de 2020, de <http://www.slicetex.com/hmi/kinco/files/Flyer-MT4230T-K4E02-1408.pdf>
- López, K. (Julio de 2015). *Diseño de la estructura física de un AS/RS para fines didácticos*. Recuperado el 6 de Marzo de 2020, de http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/12914.pdf?fbclid=IwAR0d4SHC8OGgWIOjJeIWv_GfuZqROfEsU4uQcfq4Rj3oHmzpER31VSFoTW0
- MarkMonitor. (3 de Marzo de 2000). *Aprendiendo Arduino*. Recuperado el 6 de Febrero de 2020, de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/arduino-mega/>
- Mott, R. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas*. México,DF. : Pearson Educación.
- Noegasystems. (8 de Septiembre de 2015). *SISTEMAS DE ALMACENAJE AUTOMÁTICOS: ALMACENAMIENTO ROBOTIZADO*. Recuperado el 9 de Marzo de 2020, de <https://www.noegasystems.com/blog/almacenes-automaticos/sistemas-de-almacenaje-automaticos>
- NoegaSystems. (11 de Enero de 2017). *SISTEMA CONVENCIONAL DE ALMACENAJE*. Recuperado el 13 de Marzo de 2020, de <https://www.noegasystems.com/blog/almacenaje/sistema-convencional-de-almacenaje>

- Noriega, E. (20 de Septiembre de 2012). *Sistemas Automatizados de Almacenamiento/Recuperación (AS/RS)*. Recuperado el 4 de Marzo de 2020, de <https://cadenadesuministros.wordpress.com/bodegas-automatizadas/5-1-sistemas-automatizados-de-almacenamientorecuperacion-asrs/>
- Parra, D. (15 de Enero de 2016). *Sistemas de paletización convencional*. Recuperado el 11 de Marzo de 2020, de <http://www.rak.ec/proyectos-rak/>
- Peralta, K. (13 de Noviembre de 2018). *Manguera Neumática: Elemento indispensable de conexión*. Recuperado el 17 de Marzo de 2020, de <https://pcspneumatic.com/2018/11/13/manguera-neumatica-elemento-de-indispensable-de-conexion/>
- Pneuflex. (15 de Enero de 2019). *Válvula de aguja PA Series Speed Controller*. Recuperado el 24 de Marzo de 2020, de <https://www.directindustry.es/prod/pneuflex-pneumatic-co-ltd/product-68892-1707394.html>
- posiberica. (18 de Marzo de 2018). *Scanner de imagen 1D + 2D con soporte de mesa SC-2DU54*. Recuperado el 17 de Marzo de 2020, de https://www.posiberica.com/archivos/catalogos/scanners/SC-2DU54_ES_PI.pdf
- Proymec. (17 de Enero de 2019). *El mercado de las bandas transportadoras está listo para crecer en 2019*. Recuperado el 19 de Marzo de 2020, de <https://proymec.es/el-mercado-de-las-bandas-transportadoras-esta-listo-para-crecer-en-2019/>
- QiGi. (19 de Noviembre de 2018). *Sensor de luz M12 M18 con láser Visible*. Recuperado el 17 de Marzo de 2020, de https://es.aliexpress.com/item/32690584908.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.2e094f74T93Jlr&algo_pvid=2f0fce81-6edb-433c-a338-15c0869d994f&algo_expid=2f0fce81-6edb-433c-a338-15c0869d994f-7&btsid=026ebe60-6cd4-48d9-8dfd-5a27bd8991da&ws_ab_test=searchweb0_0,se

- QrCodeGenerator. (04 de 27 de 2020). *Generador de códigos QR*. Recuperado el 25 de Marzo de 2020, de <https://app.qr-code-generator.com/create/new/>
- Rivera, A. (13 de Agosto de 2015). *Fuentes de Alimentación*. Recuperado el 9 de Marzo de 2020, de <http://www.bananaelectric.com/automatismo/fuentes.html>
- Robótica, VC. (5 de Septiembre de 2018). *Tipos de bandas transportadoras*. Recuperado el 18 de Marzo de 2020, de <http://www.vcrobotica.com/home/tipos-de-bandas-transportadoras/>
- RomeCoIndustrial. (26 de Junio de 2017). *Conexión neumática – Racor neumático – Usos y tipos – Catálogo*. Recuperado el 12 de Marzo de 2020, de <https://www.romecoindustrial.com/2018/04/24/conexion-neumatica-racor-neumatico/>
- SICK. (9 de Enero de 2020). *SICK Sensor Intelligence RZT6*. Recuperado el 25 de Marzo de 2020, de <https://www.sick.com/mx/es/rzt6/rzt6-03zrs-krd/p/p241647>
- Siemens. (14 de Febrero de 2001). *SIMATIC S7 Controlador programable S7-1200*. Recuperado el 14 de Febrero de 2020, de https://media.automation24.com/manual/es/91696622_s71200_system_manual_es-ES_es-ES.pdf
- SMC. (1 de Febrero de 2019). *ITS-201 - Almacén automático*. Recuperado el 19 de Marzo de 2020, de <https://www.smctraining.com/es/webpage/indexpage/203>
- Solis, J. (21 de Agosto de 2016). *Sistemas en Equilibrio Rotacional (momento o torque)*. Recuperado el 12 de Marzo de 2020, de <https://www.slideshare.net/javiersolisp/sistemas-en-equilibrio-rotacional-momento-o-torque>
- Unitag. (2 de Agosto de 1998). *¿Qué es un código QR?* Recuperado el 4 de Febrero de 2020, de <https://www.unitag.io/es/qrcode/what-is-a-qr-code>
- Vélez, D. (30 de Junio de 2017). *SISTEMAS AUTOMATIZADOS DE ALMACENAMIENTO*. Recuperado el 14 de Marzo de 2020, de

<https://mejoramientocontinuooblog.wordpress.com/2017/06/30/sistemas-automatizados-de-almacenamiento/>

WEG. (9 de Mayo de 2016). *SENSORES ÓPTICOS*. Recuperado el 10 de Marzo de 2020, de https://www.weg.net/catalog/weg/BR/es/Seguridad-de-M%C3%A1quinas-y-Sensores-Industriales/Sensores-Industriales/Sensores-Fotoel%C3%A9ctricos/Sensores-%C3%93pticos/p/MKT_WDC_BRAZIL_SENSORS_OPTIC_SENSORS

Zimmerman, E. (3 de Enero de 2019). *Actuadores*. Recuperado el 18 de Marzo de 2020, de https://www.academia.edu/9205065/UNIDAD_II._ACTUADORES

ANEXOS