



**IMPLEMENTACIÓN VIRTUAL DE UN PROCESO DE
CLASIFICACIÓN Y EMBALAJE DE CAJAS DE DIFERENTES
TAMAÑOS MEDIANTE TIA PORTAL Y FACTORY I/O EN EL
CONTEXTO DE LA INDUSTRIA 4.0**

Yessid Fabian Valbuena Figue

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Ciudad, Colombia
Año 2021

IMPLEMENTACIÓN VIRTUAL DE UN PROCESO DE CLASIFICACIÓN Y EMBALAJE DE CAJAS DE DIFERENTES TAMAÑOS MEDIANTE TIA PORTAL Y FACTORY I/O EN EL CONTEXTO DE LA INDUSTRIA 4.0

Yessid Fabian Valbuena Fique

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Especialista en instrumentación electrónica y biomédica

Director (a):

Ph.D. *Sergio Andrés Días Salas*

Línea de Investigación:
Internet de las Cosas y la Industria 4.0.
Grupo de Investigación:
Grupo de investigación GIBIO

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Ciudad, Colombia
Año 2021

Agradecimientos

Agradezco primero a Dios por permitirme finalizar este trabajo de grado, en segundo lugar, a mis padres por su apoyo tanto emocional como económico y A mis hermanos por el acompañamiento incondicional durante este proceso. Finalmente, al ingeniero Sergio Andrés Días Salas y Andrés Ruiz en su constante auditorias en la realización del documento, al Ing. Julián pareja en la solución de problemáticas de tipo software.

Resumen

El presente trabajo denominado implementación virtual de un proceso de clasificación y embalaje de cajas de diferentes tamaños mediante TIA portal y Factory I/O en el contexto de la industria 4.0, busca incentivar a las industrias sobre las nuevas tecnologías una de ellas llamada la cuarta revolución industrial o la industria 4.0. Esta tecnología busca unificar los diferentes niveles jerárquicos tradicionales de las industrias abriendo un espacio para la implementación de redes inteligentes a lo largo de la cadena de valor evitando la pérdida de datos y así hacer la toma de decisiones más ágiles y eficaces anticipándose a problemáticas futuras.

Este proyecto busca solucionar la siguiente problemática, a partir de un proceso virtual de clasificación y embalaje de cajas de tres tamaños diferentes ¿cómo se pueden simular un PLC y captar sus variables para enviarlas a la nube en el contexto de la industria 4.0? La solución de esta problemática se realiza utilizando tecnologías de industria 4.0 como las herramientas de simulación, comunicación y el cómputo de la nube. Para el desarrollo de este proceso se implementará tres fases, primera: por medio de simuladores se hará la identificación de los sensores y actuadores correspondientes para el controlador PLC. Segunda: Se hará la búsqueda del simulador para el controlador del PLC, posteriormente la recolección de los datos que se obtiene por el controlador y estos se subirán por medio de los servicios del cómputo de la nube para su correspondiente visualización. Tercera: Analizar el rendimiento del plc mediante la cuantificación de los tiempos en la línea del proceso de clasificación y embalaje de cajas de diferente tamaño.

Finalmente, los resultados obtenidos se evidencian que las nuevas tecnologías de la industria 4.0 tales como los procesos virtualizados, el cómputo en la nube, y los protocolos de comunicación, permiten disponer de la información de manera remota para el seguimiento de los procesos de producción. Por ejemplo, en el proceso implementado de clasificación y embalaje de cajas de tres tamaños diferentes, se pudo hacer

seguimiento en el servidor en la nube a las variables del conteo de entrada de cajas, el conteo de las cajas pequeñas, medianas y grandes asimismo el conteo del embalaje de las diferentes estaciones de trabajo.

cómputo en la nube

Palabras clave: Industria 4.0, cómputo en la nube, virtualización, OPC UA, MQTT, PLC.

Abstract

The present work named virtual implementation of a process of classification, and packaging of boxes of various sizes through TIA portal and Factory I / O on the context of industry 4.0. Seek to encourage businesses on their recent technologies called the fourth industrial revolution or industry 4.0. This technology seeks to unify the diverse traditional hierarchical levels of the industries, opening a space for the performance of smart grids throughout the value chain, preventing the loss of data to make more agile and effective the decision-making to anticipate future problems.

This project proposes to clear up the following problem: from a virtual process of sorting and packing boxes of three different sizes how the data from PLC can be captured through the different connected devices and directed it to the cloud for its visualization?

The solution to this problem is conducted by managing industry 4.0 technologies where tools such as simulation, communication and cloud computing will be employed. For developing this process, three phases will be implemented: first: through simulators, the sensors and actuators corresponding to the PLC controller will be identified. Second: the search of the simulator for the PLC controller will be executed. At that point, the collection of the data obtained from the controller will be uploaded through the cloud computing services for their corresponding visualization. Third: Analyze the performance of the PLC by quantifying the times variable on the line of sorting and packaging process of boxes of various sizes.

Finally, the results obtained show that the current technologies of industry 4.0 like virtual process, cloud computing, and communication protocols allow, information to be remotely available for monitoring production processes. For example, in the virtual carrying out of a process of classification and packaging of boxes of various sizes. It was possible to track the variables of the small, medium, and large boxes count, as well as the counting of the packaging of the different workstations.

Keywords: Industry 4.0, cloud computing, virtualization, OPC UA, MQTT, PLC.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	14
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
2.1 JUSTIFICACIÓN	21
2.2 ALCANCE	23
2.3 OBJETIVOS.....	24
2.3.1 <i>Objetivo General</i>	24
2.3.2 <i>Objetivos Específicos</i>	24
3. MARCO TEÓRICO	25
3.1 CUARTA REVOLUCIÓN O INDUSTRIA 4.0	25
3.1.1 <i>Tecnologías de la industria 4.0</i>	26
3.2 OPC.....	27
3.2.1 <i>OPC Clásica</i>	28
3.2.2 <i>OPC UA</i>	31
3.2.3 <i>Norma IEC 62541 (comunicaciones seguras)</i>	34
3.3 NORMA IEC 61131	36
3.3.1 <i>PLC</i>	36
3.3.2 <i>Elementos comunes</i>	39
3.3.3 <i>Lenguajes de programación</i>	42
3.4 TÍA PORTAL V 16.....	47
3.5 FACTORY I/O.....	50
4. DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	61
4.1 PROCESO.....	61
4.1.1 <i>Descripción del proceso</i>	61
4.2 TRANSPORTADOR DE ENTRADA Y CLASIFICADOR DE CAJAS POR TAMAÑOS.....	65
4.3 TRANSPORTE DE CAJAS BANDA DERECHA.....	68
4.4 TRANSPORTE DE CAJAS BANDA IZQUIERDA.....	71
.....	74
4.5 TRANSPORTE DE CAJAS BANDA ADELANTE	74
4.6 ESTACIÓN DE TRABAJO PICK AND PLACE	77
4.7 ESTACIÓN DE TRABAJO TWO – AXIS PICK AND PLACE.....	80
4.8 ESTACIÓN DE TRABAJO PALLETIZER	82

5. ANÁLISIS Y RESULTADOS	88
5.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS SENSORES, ACTUADORES Y ELEMENTOS PARA EL PROCESO	88
5.1.1 <i>Actuadores</i>	89
5.1.2 <i>Sensores</i>	91
5.1.3 <i>Elementos</i>	93
5.1.4 <i>Controlador</i>	94
5.2 SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL PLC MEDIANTE LAS PLATAFORMAS FACTORY I/O Y TIA PORTAL	96
5.2.1 <i>Entorno de los simuladores del TIA portal y el Factory I/O</i>	96
5.2.2 <i>Factory I/O</i>	98
5.2.3 <i>TÍA portal v16</i>	101
5.2.4 <i>Subir los datos a la nube</i>	105
5.3 EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL PLC.....	123
6. CONCLUSIONES	133
A. ANEXO: REALIZACIÓN DEL CONTROL PARA EL PROCESO	136
B. ANEXO: TRANSPORTADOR IZQUIERDO	141
C. ANEXO :TRANSPORTADOR DERECHO	146
D. ANEXO: TRANSPORTADOR ADELANTE	151
E. ANEXO: ESTACIÓN DE TRABAJO TWO-AXIS PICK AND PLACE	156
F. ANEXO: ESTACIÓN DE TRABAJO PICK AND PLACE	160
G. ANEXO: ESTACIÓN DE TRABAJO PALLETIZER.....	164
REFERENCIA O BIBLIOGRAFÍA.....	170

Lista de ilustraciones

ILUSTRACIÓN 1 UN MUNDO CONECTADO, TOMADO DE: MIJODRAG MILOŠEVIĆ, 2019.....	14
ILUSTRACIÓN 2 IZQ. JERARQUÍA DE LA FÁBRICA 3.0, DCHA. JERARQUÍA DE LA FÁBRICA 4.0, TOMADO DE GONZÁLEZ, 2017.	26
ILUSTRACIÓN 3, TECNOLOGÍAS DE LA INDUSTRIA 4.0, TOMADO DE: (MAICON SATURNO, 2018).	26
ILUSTRACIÓN 4 AMBIENTE INFORMÁTICO HETEROGÉNEO OPC, TOMADO DE : (FOUNDATION, 1999).	29
ILUSTRACIÓN 5, OPC UA INDEPENDIENTE DE LA PLATAFORMA, TOMADO DE: (MARTINES CORBILLÓN, 2013).	32
ILUSTRACIÓN 6, PIRÁMIDE DE AUTOMATIZACIÓN CON EL PROTOCOLO OPC UA, TOMADO DE: (WOLFGANG MAHNKE, 2009).....	34
ILUSTRACIÓN 7 CAPAS DE SEGURIDAD OPC UA TOMADO DE: (SIEMENS, 2019).	35
ILUSTRACIÓN 8 SEGURIDAD ESCALABLE OPC UA, TOMADO DE: (FRANCESCO, 2019).	35
ILUSTRACIÓN 9 ESTRUCTURA FUNCIONAL DE UN (PLC) , TOMADO DE: (MATEOS MARTÍN, 2006)	38
ILUSTRACIÓN 10, LUSTRACIÓN 10. BLOQUES POU, TOMADO DE: (HEINZ & MICHAEL, 2010).	42
ILUSTRACIÓN 11, REPRESENTACIÓN DE UN COMANDO (IL), TOMADO DE (COMISIÓN: 2003).....	43
ILUSTRACIÓN 12 REDES, ESTRUCTURA PARA CONTROLAR EL FLUJO (POU), TOMADO DE: (VALLEJO LABRADA & DAMIAN, 2011). ..	45
ILUSTRACIÓN 13 EJEMPLO DEL LENGUAJE DE BLOQUES , TOMADO DE (HEINZ & MICHAEL, 2010)	45
ILUSTRACIÓN 14 ELEMENTOS GRÁFICOS DE LA RED (LD), TOMADO D: (HEINZ & MICHAEL, 2010).	46
ILUSTRACIÓN 15 RED LADDER (LD) , TOMADO DE : (COMMISSION, 2003).	47
ILUSTRACIÓN 16 TÍA PORTAL SOFTWARE HARDWARE, TOMADO DE: (SIEMENS, 2009.).....	48
ILUSTRACIÓN 17 EJEMPLO DE UN SEGMENTO KOP , TOMADO DE : (SIEMENS, 2009).....	48
ILUSTRACIÓN 18 EJEMPLO DE UN SEGMENTO FUP (SIEMENS, 2009).....	49
ILUSTRACIÓN 19 EJEMPLO DEL LENGUAJE SCL, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	49
ILUSTRACIÓN 20 ESTRUCTURA DE LOS BLOQUES DE PROGRAMA TOMADO DE (SIEMENS, 2019).	50
ILUSTRACIÓN 21, ÁREA DE TRABAJO, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	51
ILUSTRACIÓN 22, CÁMARA ORBITAL, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.....	54
ILUSTRACIÓN 23, CÁMARA DE VUELO, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	54
ILUSTRACIÓN 24 CÁMARA PRIMERA PERSONA, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.....	55
ILUSTRACIÓN 25, CONFIGURACIÓN DE LAS ENTRADAS Y SALIDAS DEL CONTROLADOR, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	60
ILUSTRACIÓN 26, TAMAÑO DE LAS CAJAS, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	62
ILUSTRACIÓN 27, DIRECCIONAMIENTO DE LAS CAJAS DE ACUERDO CON EL TAMAÑO, FUENTE ELABORACIÓN PROPIA.	62
ILUSTRACIÓN 28, ESTACIONES DE TRABAJO, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	63
ILUSTRACIÓN 29, TABLERO DE OPERACIONES, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	63
ILUSTRACIÓN 30, PROCESO CLASIFICADOR DE CAJAS, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	64
ILUSTRACIÓN 31, TRANSPORTADOR DE ENTRADA Y CLASIFICADOR DE CAJAS, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.....	66
ILUSTRACIÓN 32, DETECCIÓN DE CAJAS POR TAMAÑO, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	66

ILUSTRACIÓN 33, FUNCIONAMIENTO CLASIFICADOR DE CAJAS, FUENTES ELABORACIÓN PROPIA.	67
ILUSTRACIÓN 34, DIRECCIONAMIENTO DE CAJAS DE ACUERDO CON EL TAMAÑO, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	68
ILUSTRACIÓN 35, COMPONENTES TRANSPORTADOR DERECHO, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	68
ILUSTRACIÓN 36, FUNCIONAMIENTO TRANSPORTADOR DERECHO, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	69
ILUSTRACIÓN 37, PROCESO TRANSPORTADOR DERECHO FINAL. ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	70
ILUSTRACIÓN 38, PROCESO ACUMULADOR TRANSPORTADOR DERECHO, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	71
ILUSTRACIÓN 39, COMPONENTES TRANSPORTADOR IZQUIERDO, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	71
ILUSTRACIÓN 40, FUNCIONAMIENTO TRANSPORTADOR DERECHO, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	72
ILUSTRACIÓN 41, PROCESO TRANSPORTADOR FINAL IZQUIERDO, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	73
ILUSTRACIÓN 42, PROCESO ACUMULADOR TRANSPORTADOR IZQUIERDO, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	74
ILUSTRACIÓN 43, COMPONENTES TRANSPORTADOR ADELANTE, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	75
ILUSTRACIÓN 44, FUNCIONAMIENTO TRANSPORTADOR ADELANTE, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	75
ILUSTRACIÓN 45, PROCESO TRANSPORTADOR DELANTE FINAL, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	76
ILUSTRACIÓN 46, PROCESO DE ACUMULACIÓN TRANSPORTADOR ADELANTE, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	77
ILUSTRACIÓN 47, COMPONENTES ESTACIÓN DE TRABAJO PICK AND PLACE, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	78
ILUSTRACIÓN 48, FUNCIONAMIENTO ESTACIÓN DE TRABAJO PICK AND PLACE, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	79
ILUSTRACIÓN 49, COMPONENTES ESTACIÓN DE TRABAJO TWO – AXIS PICK AND PLACE, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	80
ILUSTRACIÓN 50, FUNCIONAMIENTO ESTACIÓN DE TRABAJO TWO- AXIS PICK AND PLACE, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	81
ILUSTRACIÓN 51, COMPONENTES ESTACIÓN DE TRABAJO PALLETIZER PARTE SUPERIOR, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	83
ILUSTRACIÓN 52, COMPONENTES ESTACIÓN DE TRABAJO PALLETIZER PARTE INFERIOR, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	83
ILUSTRACIÓN 53, FUNCIONAMIENTO ESTACIÓN DE TRABAJO ESTACIÓN DE TRABAJO PALLETIZER, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	85
ILUSTRACIÓN 54, FUNCIONAMIENTO ESTACIÓN DE TRABAJO ESTACIÓN DE TRABAJO PALLETIZER, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	86
ILUSTRACIÓN 55, POSICIÓN DE LOS SENSORES, ACTUADORES Y ELEMENTOS DEL PROCESO, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	89
ILUSTRACIÓN 56, DIAGRAMA DE LAS PLATAFORMAS UTILIZADA PARA SIMULAR DEL COMPORTAMIENTO DEL PLC, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	97
ILUSTRACIÓN 57, ÁREA DE TRABAJO DEL SOFTWARE FACTORY IO, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	98
ILUSTRACIÓN 58, CONFIGURACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS EN SIMULADOR, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	99
ILUSTRACIÓN 59, CONFIGURACIÓN DE LOS CONTROLADORES EN FACTORY IO, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	100
ILUSTRACIÓN 60, CORRER SIMULACIÓN EN EL FACTORY IO, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	100
ILUSTRACIÓN 61, HABILITAR SIMULADOR DESDE EL TIA PORTAL, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	102
ILUSTRACIÓN 62, ESTADO DE CONEXIÓN DEL SIMULADOR, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	102
ILUSTRACIÓN 63, PARÁMETROS DE CONFIGURACIÓN DEL S7-PLCSIM ADVANCED V3.0, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	103
ILUSTRACIÓN 64, CARGAR LA PROGRAMACIÓN DESDE EL TIA PORTAL, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	104

ILUSTRACIÓN 65, DIAGRAMA DE DIFERENTES SOFTWARES UTILIZADOS PARA SUBIR LOS DATOS A LA NUBE, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	106
ILUSTRACIÓN 66, CONFIGURACIÓN DEL DISPOSITIVO PLC CPU 1511-PN, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.....	108
ILUSTRACIÓN 67, CONFIGURACIÓN SERVIDOR OPC-UA, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.....	109
ILUSTRACIÓN 68, SELECCIÓN DE USUARIO Y CONTRASEÑA Y LICENCIA DE FUNCIONAMIENTO DEL SERVIDOR OPC-UA, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.....	110
ILUSTRACIÓN 69, AGREGAR SERVIDOR DESE EL SOFTWARE UAEXPER, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.....	110
ILUSTRACIÓN 70, CONFIGURACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SERVIDOR CLIENTE, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.....	111
ILUSTRACIÓN 71, DETECCIÓN AUTOMÁTICA DEL SERVIDOR OPC-UA, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA	111
ILUSTRACIÓN 72, FUNCIONAMIENTO DEL SERVIDOR OPC-UA Y EL SERVIDOR CLIENTE, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.....	112
ILUSTRACIÓN 73, DIAGRAMA DE DIFERENTES SOFTWARES UTILIZADOS PARA SUBIR LOS DATOS A LA NUBE, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	114
ILUSTRACIÓN 74, CONFIGURACION DE LAS PROPIEDADES DEL SISTEMA TIA PORTAL, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA	115
ILUSTRACIÓN 75, CONFIGURACIÓN PROPIEDADES NETTOPLCSIM, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.....	115
ILUSTRACIÓN 76, ÁREA DE TRABAJO Y LIBRERÍAS SOFTWARE NODE -RED, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	116
ILUSTRACIÓN 77, CONFIGURACIÓN DEL NODO PLCSIM, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	117
ILUSTRACIÓN 78, CONFIGURACIÓN NODO FUNCTION Y NODO UBIDOTS, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.....	118
ILUSTRACIÓN 79, ESTADO DE CONECTIVIDAD DE LOS NODOS, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	119
ILUSTRACIÓN 80, SERVIDOR O PLATAFORMA UBIDOTS, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	119
ILUSTRACIÓN 81, REGISTRO EN UBIDOTS, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA	120
ILUSTRACIÓN 82, AGREGAR DISPOSITIVO EN UBIDOTS, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	120
ILUSTRACIÓN 83, TOKEN DE AUTENTICACIÓN DE UBIDOTS, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.....	121
ILUSTRACIÓN 84, IDENTIFICACIÓN AUTOMÁTICAMENTE DE LAS VARIABLES EN UBIDOTS, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.....	121
ILUSTRACIÓN 85, DASHBOARD DE UBIDOTS, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	122
ILUSTRACIÓN 86, FUNCIONAMIENTO DE LOS PROGRAMAS AL TIEMPO SUBIENDO LOS DATOS A LA NUBE, ELABORACION FUENTE PROPIA..	123
ILUSTRACIÓN 87, LONGITUDES DEL TRANSPORTADOR DERECHO, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	124
ILUSTRACIÓN 88, LONGITUDES DEL MANIPULADOR ESTACIÓN DE TRABAJO PICK AND PLACE, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.....	125
ILUSTRACIÓN 89, LONGITUDES TRANSPORTADOR ADELANTE, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	126
ILUSTRACIÓN 90, LONGITUDES DE LA ESTACIÓN DE TRABAJO PALLET, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.....	127
ILUSTRACIÓN 91, LONGITUDES TRANSPORTADOR IZQUIERDO, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA	129
ILUSTRACIÓN 92, LONGITUDES MANIPULADOR ESTACIÓN DE TRABAJO TWO-AXIS PICK AND PLACE, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	130
ILUSTRACIÓN 93, BLOQUES DE FUNCIÓN DEL TIA PORTAL, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	136
ILUSTRACIÓN 94, UBICACIÓN GRAFICA DE LOS SENSORES Y ACTUADORES DEL CLASIFICADOR , ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	138
ILUSTRACIÓN 95, DIAGRAMA GRAFCET DEL CLASIFICADOR DE CAJAS, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.	139

ILUSTRACIÓN 96, UBICACIÓN GRAFICA DE LOS SENSORES Y ACTUADORES DEL TRANSPORTADOR IZQUIERDO, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.
.....142

ILUSTRACIÓN 97, DIAGRAMA GRAFCET DEL TRANSPORTADOR IZQUIERDO, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.143

ILUSTRACIÓN 98,UBICACIÓN GRAFICA DE LOS SENSORES Y ACTUADORES DEL TRANSPORTADOR DERECHO, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.
.....147

ILUSTRACIÓN 99, DIAGRAMA GRAFCET DEL TRANSPORTADOR DERECHO, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.148

ILUSTRACIÓN 100, UBICACIÓN GRAFICA DE LOS SENSORES Y ACTUADORES DEL TRANSPORTADOR ADELANTE, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.
.....152

ILUSTRACIÓN 101, DIAGRAMA GRAFCET DEL TRANSPORTADOR ADELANTE, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.153

ILUSTRACIÓN 102, UBICACIÓN GRAFICA DE LOS SENSORES Y ACTUADORES DE LA ESTACIÓN DE TRABAJO TWO-AXIS PICK AND PLACE,
ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.156

ILUSTRACIÓN 103, DIAGRAMA GRAFCET DE LA ESTACIÓN DE TRABAJO TWO-AXIS PICK AND PLACE, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.157

ILUSTRACIÓN 104, UBICACIÓN GRAFICA DE LOS SENSORES Y ACTUADORES DE LA ESTACIÓN DE TRABAJO PICK AND PLACE, ELABORACIÓN
FUENTE PROPIA.....160

ILUSTRACIÓN 105, DIAGRAMA GRAFCET DE LA ESTACIÓN DE TRABAJO PICK AND PLACE, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.161

ILUSTRACIÓN 106, UBICACIÓN GRAFICA DE LOS SENSORES Y ACTUADORES DE LA ESTACIÓN DE TRABAJO PALLETIZER, ELABORACIÓN FUENTE
PROPIA.....165

ILUSTRACIÓN 107, DIAGRAMA GRAFCET DE LA ESTACIÓN DE TRABAJO PALLETIZER, ELABORACIÓN FUENTE PROPIA.....166

Lista de Tablas

TABLA I , ESTACIONES DE TRABAJO EN RELACIÓN CON EL TAMAÑO DE LA CAJA.....	20
TABLA II, ORGANIZACIÓN DATOS SERVIDOR OPC DA [7].....	30
TABLA III, CARACTERÍSTICAS DE LOS PREFIJOS DE UBICACIÓN Y TAMAÑO DE LAS VARIABLES	40
TABLA IV, INVOCACIÓN DE BLOQUES DE FUNCIÓN	41
TABLA V ILUSTRACIÓN 14 EJEMPLO COMANDO (IL)	43
TABLA VI, DECLARACIONES LENGUAJE (ST).....	44
TABLA VII, PIEZAS, ÍTEM ARTICULO	55
TABLA VIII, PIEZAS, ÍTEM PIEZAS DE CARGA PESADA.....	56
TABLA IX, PIEZAS, ÍTEM SENSORES	56
TABLA X, PIEZAS, ÍTEM OPERADORES.....	57
TABLA XI, PIEZAS, ÍTEM ESTACIONES	57
TABLA XII, PIEZAS, ÍTEM DISPOSITIVOS DE ADVERTENCIA [21]	58
TABLA XIII,PIEZAS, ÍTEM ESTRUCTURAS PARA MONTAJES [21]	58
TABLA XIV, PIEZAS, ÍTEM EMISOR Y ELIMINADOR [21]	58
TABLA XV,CONTROLADORES FACTORY I/O [21].....	59
TABLA XVI TRANSPORTADOR DEL PROCESO.....	90
TABLA XVII ACTUADORES DEL PROCESO	90
TABLA XVIII TRANSPORTADOR DE CARGA PESADA	91
TABLA XIX SENSORES DEL PROCESO	92
TABLA XX SENSORES DEL PROCESO	92
TABLA XXI ELEMENTOS IMPLEMENTADOS EN EL PROCESO	93
TABLA XXII OPERADORES DEL PROCESO.....	94
TABLA XXIII ESPECIFICACIÓN DEL CONTROLADOR	95
TABLA XXIV,CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE ERROR RENDIMIENTO PLC	131
TABLA XXV, TABLA DE ENTRA Y SALIDA DE VARIABLES	137
TABLA XXVI,VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA DEL CLASIFICADOR DE CAJAS POR TAMAÑO.....	138
TABLA XXVII, VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDAS DEL TRANSPORTADOR IZQUIERDO.....	141
TABLA XXVIII, VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDAS DEL TRANSPORTADOR DERECHO.....	146
TABLA XXIX, VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDAS DEL TRANSPORTADOR ADELANTE.....	151
TABLA XXX, VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDAS DEL TRANSPORTADOR DERECHO.....	156
TABLA XXXI, VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDAS DEL TRANSPORTADOR DERECHO.....	160
TABLA XXXII, VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDAS DEL TRANSPORTADOR DERECHO.....	164

1. Introducción

El desarrollo tecnológico en las últimas décadas ha generado un impacto en los sistemas de la industria, economía y sociedad, debido al crecimiento e innovación de bienes y servicios. Esto ha derivado cambios disruptivos tales como: la robótica, los sistemas ciber físicos (CPS), el internet de las cosas (Lot), las plataformas, dispositivos móviles, el computo en la nube, etc. Lo anterior ha producido un vuelco en la forma de pensar cómo reformular o rediseñar las estrategias que desempeñan las fábricas en la economía y en la sociedad, las cuales deben adaptarse e integrarse a las nuevas tecnologías con el objetivo de crear servicios de valor que redunden en ventajas competitivas (Raúl, 2019).

Hoy en día se está hablando de un término que muchos lo describen como la cuarta revolución otros las mencionan como una evolución. El cual se refiere a la integración de tecnologías del Internet de las Cosas (IoT) y la Internet de los servicios (IoS) con el potencial de transformar la producción y cambiar el carácter de las relaciones no solo entre el hombre y la máquina sino también entre proveedores, productores y consumidores (García, 2020); a esto se le ha denominado la “industria 4.0”.

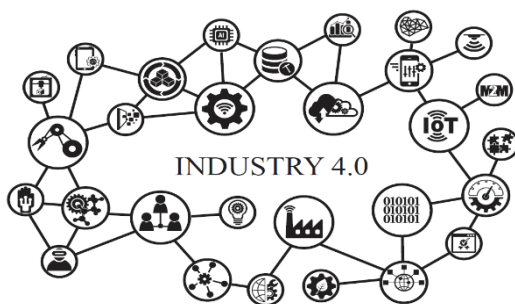


Ilustración 1 Un mundo conectado, tomado de: Mijodrag Milošević, 2019

Para entender más de la industria 4.0 se debe hablar de sus antecesoras revoluciones.

Las anteriores revoluciones han generado cambios tecnológicos emergentes e innovadores que modifican la forma de fabricación. A continuación, hacemos un breve recuento de las anteriores revoluciones (García, 2020).

Revoluciones industriales

- **Primera revolución**

Data de los comienzos en los años 1750-1840 con la aparición de la máquina de vapor como insignia de esta revolución también se desarrolla o se crea las ingenierías mecánicas con sus vertientes como el diseño y la termodinámica en la producción industrial.

- **Segunda revolución**

Sus inicios fueron a finales de siglo XIX y comienzos del siglo XX, esta revolución implica nuevos desarrollos tecnológicos unos de los principales es la generación de la electricidad y creación del motor eléctrico encaminado al desarrollo de las líneas de producción con características idénticas del producto. Según Ref. (García, 2020) “se crea primer motor diésel, creado por Rudolf Diésel en 1892, el radio por Guillermo Marconi , el automóvil de Karl Friedrich Benz, el avión de los hermanos Wright , el telégrafo de Samuel Morse, el teléfono de Graha”

- **Tercera revolución**

La tercera revolución se desarrolla en los años 1960 a 1990 esta se caracteriza por la introducción de la automatización y la robotización los controladores lógicos programables y las computadoras digitales con sus vertientes como la ingeniería de software y hardware (José Antonio Aquino Robles, 2019), paralelamente el desarrollo de la electrónica de comunicaciones y la instrumentación generando un cambio en todos sistemas económicos, sociales, e industriales, con enormes ventajas competitivas que el pasado no se podían realizar y aun en esta era estamos viviendo.

El proyecto descrito en este documento hace referencia a que la industria en sus diferentes revoluciones han aportado al desarrollo de nuevas tecnologías donde la

producción y fabricación industrial cambian constantemente, beneficiando los procesos actuales que se han más seguros, eficientes, sistemas autónomos más inteligentes, seguridad en el transporte de datos, visualización de la información en la nube y sistemas de comunicación de fácil acceso al usuario, todo lo anterior descrito encierra la introducción a la cuarta revolución industrial o también llamada industria 4.0.

El proyecto que se realizó, el foco principal es la herramienta PLC (controlador lógico programable) que es muy utilizado en las industrias en los procesos de automatización y el control de máquina, donde se ejecuta una programación e intervienen dispositivos como: sensores, actuadores, válvulas, procesos electromecánicos y electroneumáticos, donde se envían y reciben datos que se encargan que el proceso funcione correctamente, a partir de esta información nace el planteamiento del problema, a partir de un proceso virtual de clasificación de cajas de tres tamaños diferentes ¿cómo se pueden simular un PLC y captar sus variables para enviarlas a la nube en el contexto de la industria 4.0?

para dar solución a esta problemática se diseña un proceso llamado clasificador de cajas de diferente tamaño donde hay tres tipos de cajas llamadas: Box palletizing o caja pequeña, Box (S) o caja mediana, y Box(L) o caja grande, estas serán direccionadas a diferentes estaciones de trabajo encargadas de trasladar las cajas a los transportadores de estibas para su disposición final, donde se utilizan herramientas de diseño, simulación, comunicación, y computo de la nube fundamentales para la industria 4.0.

También encontrara información de protocolos de comunicación como el opc-ua herramienta utilizada actualmente para la comunicación y el envío seguro de datos en las industrias, lenguajes de programación y simuladores, por otra parte se especificaran las configuraciones de los software utilizados como: Factory IO en el proceso de diseño y simulación, tía portal en la programación del proceso y creación del servidor opc-ua, los simuladores de los PLC de la marca siemens, UaExper como servidor cliente del protocolo Opc-ua , Node-red como lenguaje de programación para la captura de datos y envío de estos al servidor o plataforma en la nube, y finalmente ubidots como plataforma o servidor en la nube para la visualización de los datos en tiempo real.

De acuerdo con los softwares anteriormente mencionados queremos demostrar como contribuyen al desarrollo industrial, en el mejoramiento de los procesos , reducción de costos , prevención de problemáticas futuras, obtención de datos en cualquier momento utilizando el recurso de la nube y atender las necesidades de los clientes en esta nueva revolución industrial.

2. Planteamiento del problema

Según la Ref. (Anderl, 2016) el objetivo de la industria 4.0 es la búsqueda de mejoramiento de la cadena de valor en los procesos de fabricación, integrando el contexto de las tecnologías de acuerdo a los pilares o principios, estos buscan que los sistemas estén conectados y dotados de nuevas características como el intercambio de datos, la comunicación maquina a máquina(M2M) y la interacción con los humanos, que sean adaptables, flexibles al entorno a nuevas tareas, el análisis de datos de acuerdo al gran flujo que se está generando en la industria y por último que sus procesos sean inteligentes con la capacidad de un auto aprendizaje para la toma de decisiones (Marc, 2018) (Román).

Esto implica que las industrias tienen que cambiar su forma de pensar en cómo abordar los nuevos mercados basados en las necesidades del cliente, en entender la nueva cultura digital, en optimizar la infraestructura actual, en invertir en tecnologías y encontrar personal adecuado, obteniendo el beneficio de todas las fuentes de la información que puede tener el sector industrial. Una parte de esta información es el flujo de datos que son representados en los diferentes dispositivos (sensores, actuadores, sistemas de control etc.), y es una de las herramientas que juntamente con la industria 4.0 pueden implementar las industrias para el mejoramiento de sus procesos productivos. Por eso vimos la necesidad de utilizar como instrumento el PLC ya que por este medio se envían y reciben continuamente datos de los diferentes dispositivos conectados para poder analizar su rendimiento y comportamiento de acuerdo con el criterio de las variables (siendo referentes de las industrias en las etapas de control). Con forme a lo anterior surge el planteamiento del problema, a partir de un proceso virtual de clasificación y embalaje de cajas de tres tamaños diferentes ¿cómo se puede simular un PLC y captar sus variables para enviarlas a la nube en el contexto de la industria 4.0?

Para dar solución a esta problemática , se implementa un proceso el cual consta de la clasificación y embalaje de cajas de diferentes tamaños y tres estaciones de trabajo para

su respectivo embalaje. El proceso de diseño se realiza utilizando el software Factory IO, donde se planteó y simuló una línea de producción para el transporte y el embalaje de cajas de diferentes tamaños correspondiente a los siguientes nombres:

- Box palletizing o caja pequeña.
- Box (S) o caja mediana.
- Box(L) o caja grande.

El siguiente paso es la clasificación de las cajas donde se utiliza una barra de sensores fotoeléctricos y un sistema llamado clasificador de rueda emergente, este se encarga de direccionar las cajas a los transportes correspondientes dependiendo del tamaño detectado y estos tienen como nombre:

- Transportador adelanta le corresponde la caja pequeña.
- Transportador derecho le corresponde la caja mediana.
- Transportador izquierdo le corresponde la caja pequeña.

Direccionada las cajas de acuerdo con el tamaño, estas son detectadas por los sensores que se encuentran al inicio de cada transportador y en consecuencia se energizarán moviendo o trasladando las cajas hasta llegar a las estaciones de trabajo para su correspondiente embalaje, estos transportadores cuentan con la ayuda de diferentes dispositivos para que el proceso funcione correctamente, estos son:

- Cintas transportadoras.
- Sensores fotoeléctricos difuso.
- Sensores fotoeléctricos difuso reflectivo.
- Topes.

Como paso final, las cajas ya clasificadas y direccionadas llegan a las estaciones de trabajo donde se agrupan y ubican en los transportadores de estibas para ser embaladas posteriormente.

En la siguiente tabla se relacionan las estaciones de trabajo con el tamaño de las diferentes cajas.

Tabla I , Estaciones de trabajo en relación con el tamaño de la caja.

Estaciones de trabajo	Tipo de cajas
palletizer	Box palletizing
Pick and place	box (S)
Two axis Pick and place	Box(L)

Elaboración fuente propia.

La programación de este proceso se realiza utilizando el software TIA portal de la compañía siemens con la característica que se puede simular un PLC real donde se envía la información del proceso al Factory IO y este lo ejecuta, el PLC que se utilizó es: **(referencia 1511-1 Pn)**, este se encarga de ejecutar la programación escrita en el TIA portal y recolectar los datos necesarios donde el software Node red o UaExper harán el enlace entre el simulador y el servidor de la nube y finalmente se utilizara el servidor o plataforma ubidots para subir los datos a la nube y su posterior visualización.

Todo lo anterior acoge la industria 4.0 en la búsqueda del mejoramiento y la integración de las tecnologías para que las empresas puedan acceder a nuevas oportunidades de negocio y estar a la vanguardia de los procesos de fabricación.

2.1 Justificación

Según Ref. (Román) “las necesidades del cliente han cambiado. Los nuevos mercados se basan en personalización y la creación de nuevos productos y servicios innovadores”, con el continuo desarrollo de las nuevas tecnologías las grandes empresas y las pymes están destinadas a cambiar su forma de fabricación. Como hemos visto la introducción de las plataformas digitales es una nueva herramienta que permite el fácil acceso a los diferentes productos que el cliente requiera debido a la diversidad del mercado digital.

Por eso es necesario que las empresas en su fase de desarrollo integren las tecnologías de la industria 4.0 considerando el mejoramiento de sus habilidades en cada aspecto de la manufactura, diseño y proceso de fabricación, teniendo como hermanitas las tecnologías como computo de la nube, internet de las cosas (IoT), big data, tecnologías móviles, inteligencia artificial (IA), sistemas ciber físicos (CPS), M2M. (Ynzunza Cortés, 2017).

El desarrollo de este proyecto busca conectar las tecnologías de la industria 4.0 con la capacidad de mejoramiento de los procesos de fabricación de las empresas. Dotándolas de habilidad que permiten prevenir sucesos desde el inicio de la cadena de producción hasta su salida al mercado reduciendo infraestructura, compra de equipos, software y costos en todos sus procesos, para así acceder a nuevas oportunidades de negocio en un entorno altamente globalizado y competitivo. Es por esto, que queremos utilizar como herramienta la información que nos aportan los diferentes dispositivos o máquinas (sensores, actuadores, sistemas de control etc.), para dar solución al planteamiento del problema, a partir de un proceso virtual de clasificación y embalaje de cajas de tres tamaños diferentes ¿cómo se puede simular un plc y captar sus variables para enviarlas a la nube en el contexto de la industria 4.0?

De ahí la importancia de captar la información ya que con ella se pueden prevenir diferentes problemáticas tales como:

- Mantenimientos mecánicos y eléctricos.
- Pérdidas de tiempo en producción.
- Calidad e inocuidad del producto.
- Seguridad de los trabajadores.

Para esto realizaremos un proceso llamado clasificador y embalaje de cajas de diferente tamaño que pueda analizar el comportamiento de un PLC de acuerdo con los sensores, actuadores y controladores escogidos, posteriormente captaremos la información desde el PLC para subirla en un servidor web en la nube visualizándola en cualquier momento. Utilizaremos software de simulación de Siemens para el controlador, los sensores y actuadores el simulador Factory I/O que nos permite recrear procesos industriales, TIA portal en la programación del proceso, en la captura de los datos utilizaremos OPC-UA y Node-RED que es el que me hará de enlace entre el PLC y el servidor, Ubidots como plataforma o servidor en la nube para visualizar los datos, por último evaluaremos el rendimiento del PLC con respecto a la información obtenida de los sensores actuadores.

2.2 Alcance

El alcance de este proyecto va enfocado en cómo los datos y los servicios de la nube hacen parte de las herramientas tecnológicas en el contexto de la industria 4.0 para el mejoramiento de los procesos productivos. De acuerdo con la metodología que se aplicará en el proyecto tiene como finalidad la recolección de los datos provenientes del PLC como controlador principal y posteriormente la visualización en la nube, luego se analizará el rendimiento del PLC mediante la cuantificación de los tiempos en la línea del proceso de clasificación y embalaje de cajas de diferente tamaño.

Para el alcance de los objetivos utilizaremos software de simulación de Siemens para el controlador, los sensores y actuadores el simulador Factory I/O que nos permite recrear procesos industriales, TIA portal en la programación del proceso, en la captura de los datos utilizaremos OPC-UA y Node-RED que hará de enlace entre el PLC y el servidor, Ubidots como plataforma o servidor en la nube para visualizar los datos, estos servidores nos permiten almacenar, visualizar y analizar flujos de datos en tiempo real.

2.3 Objetivos

2.3.1 Objetivo General

Implementar de forma virtual un proceso de clasificación y embalaje de cajas de diferentes tamaños usando un PLC considerando su estrategia de control, sensores y actuadores en el contexto de la industria 4.0.

2.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar los sensores, actuadores, y controladores que determinarán el comportamiento del proceso de clasificación y embalaje de cajas de tres tamaños.
- Simular el comportamiento del PLC mediante las plataformas Factory I/O y TIA portal con el envío de los datos a un servidor en la nube.
- Analizar el rendimiento del plc mediante la cuantificación de los tiempos en la línea del proceso de clasificación y embalaje de cajas de diferente tamaño.

3. Marco teórico

3.1 Cuarta revolución o industria 4.0

Es un concepto propuesto por el gobierno alemán en el 2011 y desarrollado principalmente por el World economic forum (World economic forum) y Klaus Schwab. Dentro de los diferentes conceptos que menciona en literatura según Ref. (Hermann Mario, 2015) La industria 4.0 es un término que reúne diferentes tecnologías y conceptos que mejoran los procesos de cadena de valor de las industrias, donde intervienen los sistemas ciber físicos (CPS) que se encargan de monitorear y controlar los procesos físicos empleando sistemas de comunicación, almacenamiento y cómputo y a la vez están conectados a una copia virtual que busca la solución a las problemáticas para la toma de decisiones asertivas, y conjuntamente con el internet de las cosas (Lot) y el internet de los servicios (Los) pueden interactuar el tiempo real.

Mencionemos otra definición para tener una visión más amplia de la industria 4.0.

“La introducción de las tecnologías digitales en la industria de la Fabricación, es decir la incorporación al ambiente de la manufactura de tecnología como el internet de las cosas (IoT), computo móvil, la nube, el big data, redes de sensores inalámbricos, sistemas embebidos y dispositivos móviles”. (Ynzunza Cortés, 2017).

De acuerdo a esta definiciones la industria 4.0 busca unificar los diferentes niveles jerárquicos tradicionales que se tenían en las compañías y abre un espacio para la integración de las máquinas, flujos de trabajo y sistemas para implementar redes inteligentes (Smart Networks) a lo largo de toda la cadena de valor (Lady Diana Velasquez, 2019), esto permite que todos los equipos independientemente de su capa jerárquica estén conectados a la vez puedan transmitir en tiempo real y compartan la información, evitando la pérdidas de datos, permitiendo el desarrollo de los sistemas inteligentes para tomar decisiones más ágiles y eficaces anticipando las diferentes problemáticas de la industria que se puedan presentar (B. P. Santos, 2018).

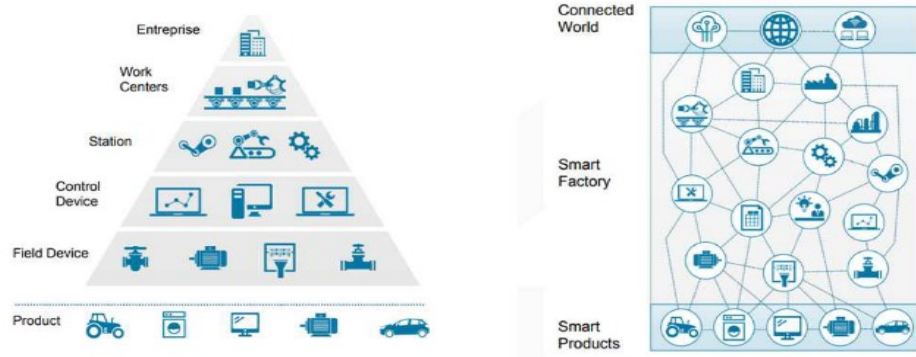


Ilustración 2 izq. jerarquía de la fábrica 3.0, dcha. jerarquía de la fábrica 4.0, tomado de González, 2017.

3.1.1 Tecnologías de la industria 4.0

La industria 4.0 y las diferentes tecnologías actuales, buscan integrar el mundo físico con lo digital facilitando el intercambio de la información dentro las amplias redes de trabajo, contribuyendo al mejoramiento de los procesos de fabricación, garantizando la flexibilidad, funcionalidad y conectividad entre los sistemas industriales (Carlos Catalán, 2015) (Ynzunza Cortés, 2017) (García, 2020)..

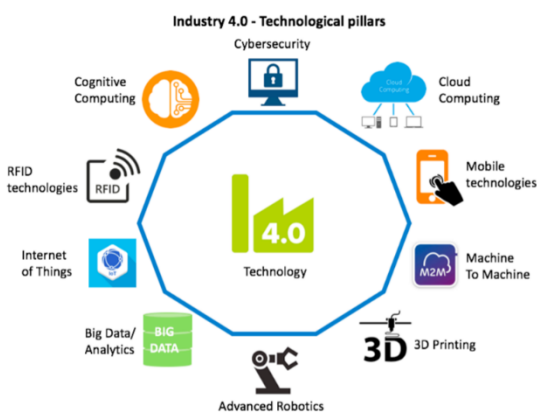


Ilustración 3, Tecnologías de la industria 4.0, tomado de: (Maicon Saturno, 2018).

De acuerdo con a las ilustraciones 3, se describen las tecnologías que adopta la industria 4.0 :

- Simulación.
- Integración horizontal y vertical.
- Ciberseguridad.
- Realidad aumentada.
- Fabricación adaptativa.
- Cómputo en la nube.
- Robots autónomos.
- Internet industrial de las cosas (IoT).
- Big data.
- Dispositivos móviles (tabletas, teléfonos), las plataformas y aplicaciones tecnológicas.
- Inteligencia artificial (IA).

También, la Ref. (Anderl, 2016) dice que el objetivo de las industrias 4.0 es mejorar fundamentalmente la cadena de valor en todo el ciclo de vida del producto, que si lo relacionamos con el anterior párrafo busca cerrar las brechas en las operaciones industriales dotándolos de nuevas tecnologías para mejorar cada etapa del proceso al implementar redes inteligentes. Pero esta tecnología además de las conexiones entre dispositivos o el monitoreo de los datos busca que estos sistemas sean capaces de tener un auto aprendizaje y la vez gestionen la información proporcionando una predicción más precisa para activar el mantenimiento requerido en el mejor momento posible logrando mantenimientos justo a tiempo (Lady Diana Velasquez, 2019).

3.2 OPC

OPC UA más conocido en sus inicios como OPC es un estándar de interoperabilidad que soluciona problemáticas de intercambio seguro y confiable de datos hacia diferentes

dispositivos o software, su arquitectura de comunicación se basa en cliente-servidor y servidor-servidor (Francesco, 2019).

EL protocolo OPC se crea debido a la problemática que existía en esa época por la gran diversidad de protocolos de comunicación de diferentes fabricantes, haciendo que la comunicación y el transporte de datos fuera más compleja en el hardware y software al momento de implementar procesos industriales para lograr una conexión exitosa, al tener esta problemática se reunieron varios fabricantes como (Francesco, 2019) (Foundation, 1999):

- Intellution
- Opto-22,
- Fisher-Rosemount,
- Rockwell Software
- Intuitiv Software
- Microsoft

Y propusieron la creación en el año de 1996 un estándar que eliminaría las barreras para la comunicación y el transporte de datos entre dispositivos de diferentes fabricantes. Se lanza la interfaz con la terminología **OLE/COM (Object Linking and Embedding/Common Object Model)** que sentó las bases para **OPC (Ole Process Control)**.

3.2.1 OPC Clásica

Opc (control de procesos) es un protocolo estándar que se encarga del intercambio de datos en tiempo real en los diferentes dispositivos o software con la finalidad de simplificar la variedad de protocolos de comunicación de los diferentes fabricantes dando soluciones a los clientes en la implementación de procesos industriales (Martines Corbillón, 2013) (Borja, 2019).

Este protocolo en sus inicios solo funciona en sistemas OLE/COM (Component Object Model) y DCOM (Distributed COM) de tecnología Microsoft, con estos sistemas el protocolo OPC hace la comunicación de los procesos capta la información y la organiza

y la intercambia con un servidor OPC , este servidor es el encargado de proporcionar la información que el cliente requiera del proceso de operación (Siemens, 2019).

En la siguiente Ilustración se muestra un ambiente heterogéneo en el protocolo OPC

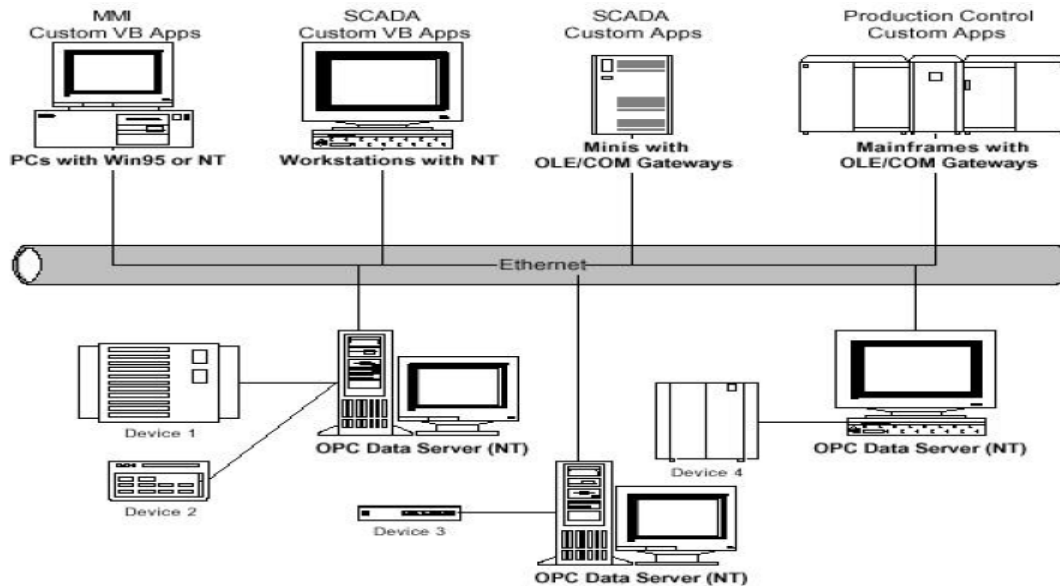


Ilustración 4 Ambiente Informático Heterogéneo OPC, tomado de : (Foundation, 1999).

De acuerdo con la Ilustración estos sistemas se llaman heterogéneos ya que se conectan diferentes dispositivos independientes de los fabricantes con la opción de la implementación del protocolo OPC, estos dispositivos pueden ser:

- Actuadores.
- PLC.
- Variadores de frecuencia.
- Sistemas scada.
- HMI.
- Generadores de gráficos.
- Aplicaciones de cálculo.

(Darek Kominek, 2009) Con los dispositivos conectados el servidor OPC sirve de enlace para ser transductor entre los protocolos nativos de fuentes de datos (bool, byte, Word, dword, float, double, array) este tipo de servidores pueden leer o escribir datos de diferente fabricantes (Darek Kominek, 2009).

El protocolo OPC existen tres tipos de servidores :

1) OPC DA

(Gillen RUIZ, 2006) Este tipo de servidor es el encargado del intercambio de datos en tiempo real, también permite modificar, leer y monitorear las variables de los procesos, este protocolo organiza la información de la siguiente forma:

- Servidor.
- Grupo.
- Ítems.

el servidor OPC DA está formado por grupos, estos grupos contiene la información de sí mismos y la información proporcionada por el cliente, la información está organizada lógicamente en los elementos, la información contenía en los grupos de pueden darse directamente al operador o a través de informes ya que el cliente puede configurar estos datos que sean necesarios para tenernos actualizados.

Dentro de estos grupos existe locales y públicos, los locales son especialmente para el cliente mientras que los públicos se pueden compartir a diferentes clientes.

A continuación, se presenta una tabla más detallada de la organización datos servidor OPC DA.

Tabla II, organización datos servidor OPC DA [7]

Objeto	Descripción
OPC server	Es una instancia de un servidor OPC. Se debe crear un objeto OPC servidor antes de poder referenciar los otros objetos. Este tiene la colección OPC Groups y el objeto OPC Browser.

OPC Group	El propósito de este objeto es mantener la información de estado y proveer el mecanismo para ofrecer los servicios de adquisición de datos para la colección de objetos ítem.
OPC Item	Es un objeto que mantiene la definición de los ítems, sus valores, estados, y datos de la última actualización
OPC Browser	Es un objeto que permite buscar nombres de ítem en un servidor configurado

Adaptado de: (Gillen RUIZ, 2006) .

De esta forma se organiza la información en servidor OPC DA de acuerdo con los parámetros que el usuario utilice.

2) OPC AL (eventos y alarmas)

Este servidor permite al cliente servidor estar informado de los eventos o alarmas en específico programados en un proceso, adicional el cliente puede agregar evento o alarmas que el crea necesarios para su correcto funcionamiento esto lo puede hacer por medio de etiquetas ejemplo. (HighAlarm, normal, LowAlarm,) (Gillen RUIZ, 2006) (Peña Rodríguez, 2010).

3) OPC DHA (Acceso histórico a datos)

Este servidor es el encargado de crear y acceder a datos históricos con la finalidad de analizarlos, optimizarlos, tener sistemas de inventarios y generación de copias de seguridad, otra opción de este servidor es la posibilidad de escribir datos sobre los datos históricos cuando los clientes servidores lo desean (Gillen RUIZ, 2006).

3.2.2 OPC UA

De acuerdo con el continuo desarrollo del protocolo OPC clásico nos encontramos con la última actualización, fue a comienzos del año 2007 ofreciendo soluciones escalables e independientes de la plataforma que combina los beneficios de los servicios web y

seguridad con un modo de datos consistente llamada OPC UA (*Open Platform Communications Unified Architecture*)(Arquitectura Unificada Conectividad Abierta).

Se basa en el estándar OPC clásico que tiene como finalidad el intercambio de datos para una comunicación industrial segura, confiable; este nuevo protocolo tiene como variante en su independencia del fabricante y de la plataforma (Wolfgang Mahnke, 2009) (Francesco, 2019) (opcfoundation) (Martines Corbillón, 2013).

Maneja un nuevo concepto llamado Arquitectura orientada a servicios (SOA).

la arquitectura orientada a servicio tiene como finalidad la integración de diferentes software que promueve la orientación a los servicios interoperables e independientes de los proveedores, los cuales pueden ser identificados en catálogos con gran potencial de reutilización ofreciendo por medio de los servicios Web (Bocchio) , la gran ventaja sobre esta arquitectura es que es independiente de las plataformas o sistemas operativos esto logra una mejor forma de comunicación y de conectividad con los diferentes controladores y dispositivos con los cuales se enlaza la OPC UA

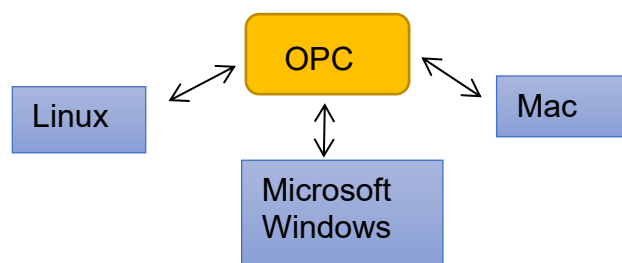


Ilustración 5, OPC UA independiente de la plataforma, tomado de: (Martines Corbillón, 2013).

(Siemens, 2019) Las características del servidor OPC UA son:

- Uso de protocolos abiertos independientes de la plataforma para la comunicación entre procesos o en red.
- Acceso a Internet y comunicación a través de cortafuegos.
- Control de acceso integrado y mecanismos de seguridad en el nivel de protocolo y de aplicación.

- Amplias opciones de representación de modelos orientados a objetos; los objetos pueden tener variables y métodos, y disparar eventos.
- Sistema de tipos ampliable para objetos y tipos de datos complejos.
- Los mecanismos de transporte y las reglas de modelado constituyen la base de otras normas.
- Escalabilidad desde sistemas embebidos pequeños hasta aplicaciones empresariales, y desde espacios simples de direcciones DA hasta modelos complejos orientados a objetos.

La aplicación en la industria del desarrollo del protocolo de OPC UA se puede trasladar a la pirámide de automatización donde se puede ver reflejado que no solamente se tiene en los sistemas de ejecución de fabricación (MES) si no tiene la capacidad de integrar la planificación de recursos de la empresa (ERP), por su independencia ya que trabaja en plataformas abiertas y las formas de configuración de estos protocolos son más amigables con los usuarios, incluyendo los paquetes o servidores como (OPC DA, OPC AL, OPC DHA) haciendo más flexibles la comunicación entre estos servidores y nueva mejor organización en la creación de nodos, grupos, ítems en la integración de una red reticulada de acuerdo con los requerimientos del cliente (Wolfgang Mahnke, 2009).

Las siguientes ilustraciones demuestran la versatilidad del protocolo OPC UA

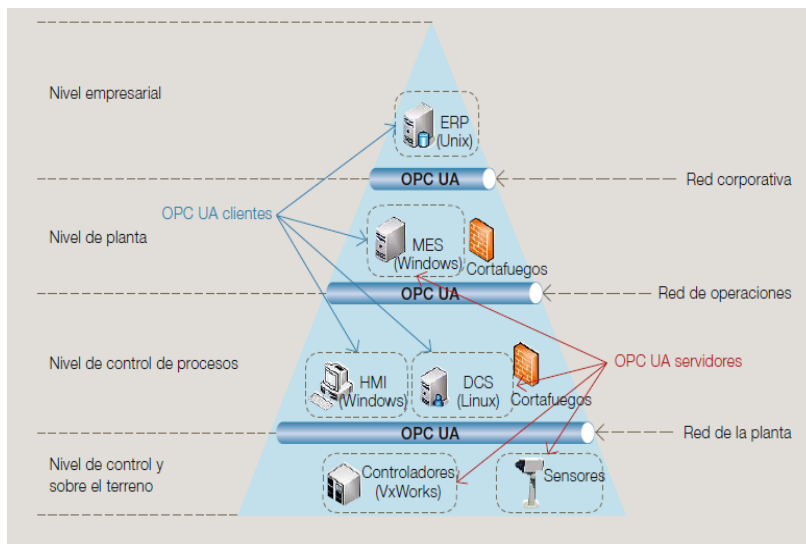


Ilustración 6, Pirámide de automatización con el protocolo OPC UA, tomado de: (Wolfgang Mahnke, 2009).

Uno de los puntos importantes en la industria 4.0 dentro de sus tecnologías es la bioseguridad como requisito debido a que las compañías están manejando gran tráfico de datos los cuales se enviando y se reciben independientes de las plataformas en las que se esté trabajando. Lo que implica un riesgo en la perdida de datos o terceros que pueden modificar o robar la información. Para dar solución a esta problemática OPC UA cuenta norma ICE 62541 con las que establece comunicaciones seguras.

3.2.3 Norma IEC 62541 (comunicaciones seguras)

OPC UA toma como norma la ICE 62541 en la protección de la comunicación y transporte de datos y el direccionamiento de toda la seguridad de la industria interrelacionada con los diferentes dispositivos a nivel de control de procesos, nivel de planta y nivel empresarial (opcfoundation).

Las características de seguridad de Opc Ua es:

- Autenticación.
- Autorización.
- Confiabilidad.
- Integridad.

- Auditabilidad.
- Disponibilidad.

La autenticación se inicializa mediante una sesión, cuando se establece la comunicación de la sesión este pedirá un usuario y una contraseña, después de inicializada se realiza la autenticación mutua de las aplicaciones en un canal seguro, se cifran y se confirman los datos para garantizar la integridad y la confiabilidad de estos (opcfoundation.org, 2015) (opcfoundation).

Con la firma de los datos evita que personas no autorizadas puedan modificar el contenido en los diferentes servidores donde se encuentra los datos, la confiabilidad de la información se garantiza mediante el cifrado de los mensajes utilizando técnica de encriptamiento y la otra opción es la aplicación de algoritmos de cifrado moderno, estos mecanismos se basa en los certificados (x509) este soporta completamente los certificados autorizados para una fácil administración y soporte de la confiabilidad en la red de trabajo, adicionalmente define mecanismos de autorización para la identificación de usuarios y contraseñas o certificados personales (opcfoundation.org, 2015).

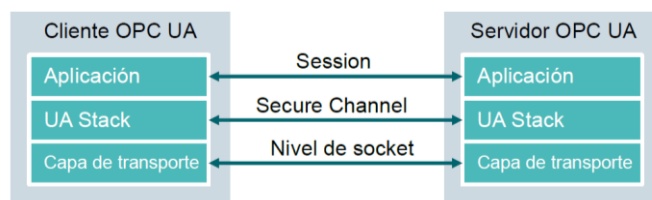


Ilustración 7 capas de seguridad OPC UA tomado de: (Siemens, 2019).

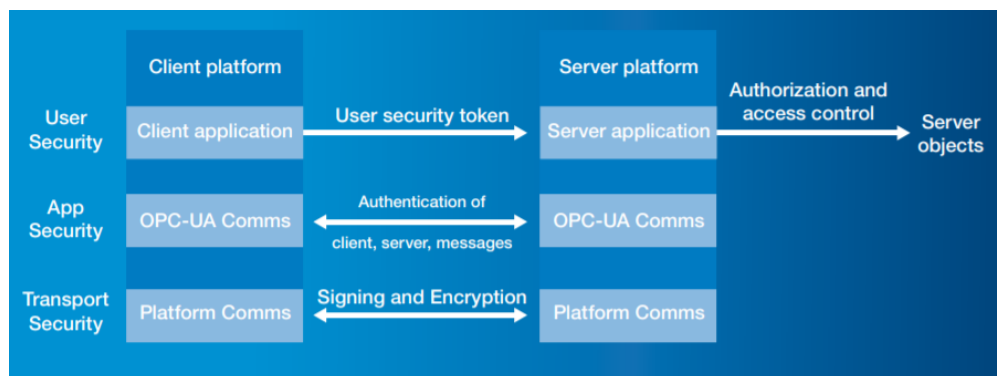


Ilustración 8 Seguridad escalable OPC UA, Tomado de: (Francesco, 2019).

3.3 Norma IEC 61131

La norma ICE 61131 se enfoca en el desarrollo de estándares para los sistemas PLC (controladores lógicos programables), este estándar fue creado para ayudar a los diferentes fabricantes de esta tecnología en determinar conceptos, lenguajes de programación, comunicación y finalmente componentes de hardware (ACERO NINO, 2015) (VALLEJO LABRADA & DAMIAN, 2011).

El estándar fue creado para dar solución a las problemáticas que tenían los fabricantes al momento de comercializar sus productos ya que los usuarios que los adquirirían tenían que invertir muchos recursos para poder entender el entorno de programación de cada software, y la solución fue que se reunieron los diferentes fabricantes, casas de software y usuarios y determinaron el estándar ICE61131 como guía para la elaboración de sus productos.

El documento de la norma está dividido en los siguientes aspectos:

- ICE61131-1 información general.
- ICE61131-2 Requisitos y pruebas de equipos.
- ICE61131-3 Lenguajes de programación.
- ICE61131-4 Pautas de usuario.
- ICE61131-5 comunicaciones.
- ICE61131-7 Programación de control difuso.
- ICE61131-8 Directrices para la aplicación e implementación de lenguajes de programación para controladores programables.

De acuerdo con las partes anteriormente mencionadas en este trabajo hablara de los lenguajes de programación

3.3.1 PLC

Los controladores lógicos programables (PLC) son dispositivos que tienen la capacidad de proporcionar el control de diferentes estaciones de trabajo o maquinaria en los

procesos industriales. Su uso más representativo está dado en el área de la automatización.

En la documentación investigada la Nema (National Electrical Manufacturers Association) es la mejor que define el controlador lógico programable como (VALLEJO LABRADA & DAMIAN, 2011)“un aparato electrónico operado digitalmente, que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas para controlar, a través de módulos de entrada/salida digitales (ON/OFF) o analógicos (1 5 VDC, 4 20 mA, etc.), varios tipos de máquinas o procesos”.

Características principales:

- Proporciona múltiples entradas y salidas.
- Resistente a vibraciones y al ruido electrónico.
- Velocidades procesamiento altas.
- Comunicación con otros PLC para generar procesos más robustos.
- Capacidad de ser programados con diferentes lenguajes.
- Bajos costos en la implementación.
- Capacidad de trabajo con diferente maquinaria.
- Interfaz de programación amigable con el usuario.
- Bajos costos de mantenimiento debido a que no tienen piezas mecánicas.

En la siguiente ilustración se muestra un esquema estructural del funcionamiento del (PLC)

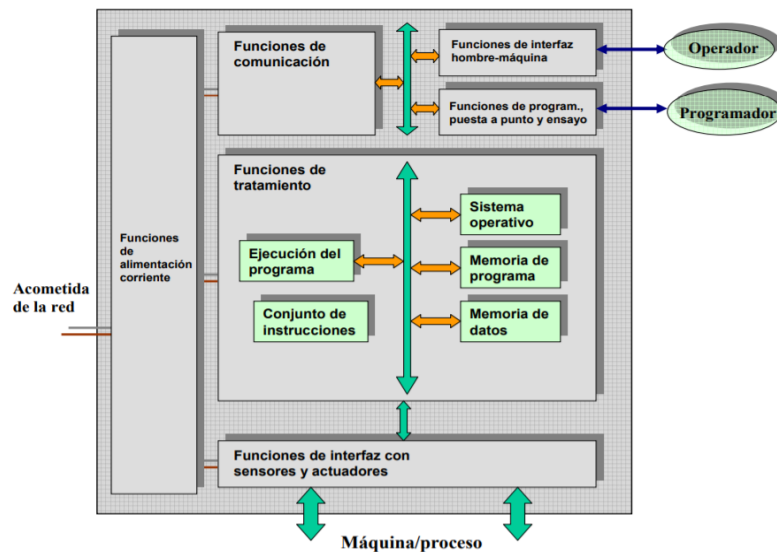


Ilustración 9 Estructura funcional de un (PLC) , tomado de: (Mateos Martín, 2006)

Este se divide en varios bloques:

- Función de tratamiento de la señal.
- Función de interfaz con los sensores y actuadores.
- Función de comunicación.
- Función de interfaz hombre-máquina.
- Funciones de programación, puesta a punto, ensayo y documentación.
- Funciones de alimentación de corriente.

Cada uno de estos bloques proporcional el funcionamiento del PLC donde se definirán las entradas, salidas y el acondicionamiento de la señal si es dado el caso para los diferentes dispositivos, la red de comunicación, el lenguaje de programación para las diferentes tareas y como ultimo la ejecución o puesta en marcha del respectivo proceso. El documento del estándar ICE 61131-3 se divide en dos secciones:

- Elementos comunes .
- Lenguajes de programación.

3.3.2 Elementos comunes

En esta sección se nombran conceptos generales que se deben tener en cuenta en este estándar:

- Tipos de datos

Esta norma reconoce varios tipos de datos elementales que ya están predefinidos; otra opción es la definición de mecanismos para que los usuarios o fabricantes puedan determinar el tipo de datos en su programa o agregar otros, esto se le conoce como datos derivados (Commission, 2003).

Los datos predefinidos son:

- Booleanos (BOOL).
- Entero (INT).
- Números reales (REAL).
- Duración (TIME).
- Datos (DATE).
- Longitud de bits 16 (WORD).
- Cadena de caracteres de un solo byte de longitud variable (STRING).

Este tipo de datos elementales se pueden especificar en las entradas y salidas, funciones estándar y bloques de funciones.

- Variables

Las variables identifican los objetos tipo datos que puedan cambiar dependiendo del contenido, estos se encuentran en las entradas, salidas y en las memorias de los controladores, las variables se pueden declarar tipo de datos elementales o derivados (González Suárez) (Commission, 2003) .

La variable está limitada de acuerdo con la unidad de organización donde se declaró; están las variables locales, éstas variables se declaran independientes de la unidad de organización y se e pueden reutilizar sin generar conflictos. por otro lado, si las variables deben tener un ámbito de valides se nombrarán variables globales, también pueden ser desinadas a parámetros y valores iniciales cuando se requiera reiniciar el sistema.

Las variables se pueden representar simbólicamente de manera que represente directamente la asociación de elementos de datos con ubicaciones físicas o lógicas de los parámetros de entrada, salida, o memoria del controlador.

La representación directa de una variable de un solo elemento se referenciará de la siguiente manera **%Q75** significa que la variable de salida se encuentra en el bit 75, **%MD48** Doble palabra en el lugar de memoria 48.

A continuación, se presentará una tabla donde se especifican las Características de los prefijos de ubicación y tamaño de las variables

Tabla III, Características de los prefijos de ubicación y tamaño de las variables

No.	Prefijo	Significado	Tipo de datos
1	I	Locación entrada	
2	Q	Locación salida	
3	M	Locación memoria	
4	X	Tamaño de un solo bit	BOOL
5	None	Tamaño de un solo bit	BOOL
6	B	Tamaño 8 byte	BYTE
7	w	Tamaño palabra 16 byte	WORD
8	o	Tamaño palabra doble 32 byte	DWORD
9	L	Tamaño palabra 64 byte	LWORD
10		Uso de un asterisco (*) para indicar una ubicación aún no especificada.	

Adapta de : (Commission, 2003).

- organización de programa

En estándar de la IEC 61131-3, los programas los bloques de funciones y las funciones se les conoce como unidades de organización de programas (POU), todos estos elementos construyen el programa en donde se va a interactuar con, tipos de datos y las variables tanto en las entradas, salidas y memorias declaradas para programar un conjunto de instrucción las cuales ejecutaran un respectivo control de la maquinaria.

- Función

El estándar ya especifica ciertas funciones por default, estas funciones dentro su estructura no tiene memoria cuando se invoca esta función se debe tener los mismos argumentos tanto de entrada y salida, Cualquier tipo de función que ya haya sido declarada puede ser utilizada en la declaración de otro programa, la invocación puede representarse de forma gráfica o textual.

- Bloques de funciones

Los bloques de funciones representan funciones especializadas, en las cuales intervienen el tipo de datos y las variables para encaminar una serie de instrucciones con las que se ejecuta un programa, este bloque de funciones a diferencia de la función tiene memoria, los bloques de funciones tienen definidos sus entradas, salidas y variables internas para su correcto funcionamiento adicionalmente se pueden crear varias copias para ejecutarlas en diferentes partes del programa (VALLEJO LABRADA & DAMIAN, 2011) (Commission, 2003).

Bloques de funciones mencionadas en el estándar son:

- Biestables.
- Detección de flancos.
- Contadores.
- Temporizadores.

A continuación, se muestra una tabla donde representa un ejemplo de la invocación de bloques de funciones.

Tabla IV, Invocación de bloques de función

Lenquaje grafico	Lenquaje de texto
<pre> FF75 +-----+ SR %IX1--- S1 Q1 ---%QX3 %IX2--- R +-----+ </pre>	<pre> VAR FF75: SR; ENO-VAR (*Declaration*) FF75(S1 :=%IX1, R:=%IX2); (* Invocation *) %QX3 := FF75 .Q1; (* Assign Output *) </pre>
<pre> MyTon +-----+ TON a--- NE ---O EN ENO --- b--- r--- IN Q O-out +-----+ -- PT ET --- +-----+ </pre>	<pre> VAR a,b,r,out : BOOL; MyTon : TON; END_ VAR MyTon (EN := NOT (a <> b), IN := r, NOT Q => out.); </pre>

Adapta de : (Commission, 2003)

A continuación, se muestra una tabla donde representa un ejemplo de la invocación de bloques de funciones.

- PROGRAMA

El estándar IEC 61131-3 define al programa como un (Commission, 2003) “ensamblaje lógico de todos los elementos del lenguaje de programación y construcciones necesarias para el procesamiento de la señal requerida para el control de una máquina o por un sistema controlador programable”.

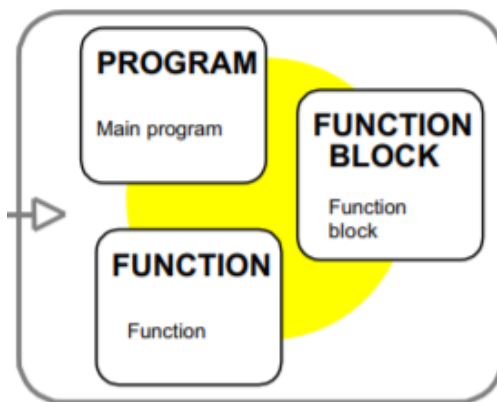


Ilustración 10, Bloques POU, tomado de: (Heinz & Michael, 2010).

De acuerdo con la ilustración anterior los programas son un conjunto de todo tipo de datos y variables de entrada como salida junto con los bloques de función y la función enmarcan una serie de instrucciones (código o programa) necesarios para la ejecución del control para una respectiva maquinaria.

3.3.3 Lenguajes de programación

El estándar IEC 61131-3 brinda varios tipos de lenguaje:

- 1) Lista de instrucciones IL.

Este lenguaje de programación es de tipo ensamblador, el lenguaje está orientado a las líneas o listas de instrucciones que son comando que se ejecutan en el PLC.

Este lenguaje se inicia con una lista de instrucciones, cada una de estas instrucciones comenzará en una nueva línea y contendrá operadores modificadores y si es necesario operadores particulares, dentro del operador podemos encontrar los tipos de datos, las variables definidas como E/S y pueden tener etiquetas de identificación (Heinz & Michael, 2010).

En la siguiente ilustración se representa un comando en (IL).

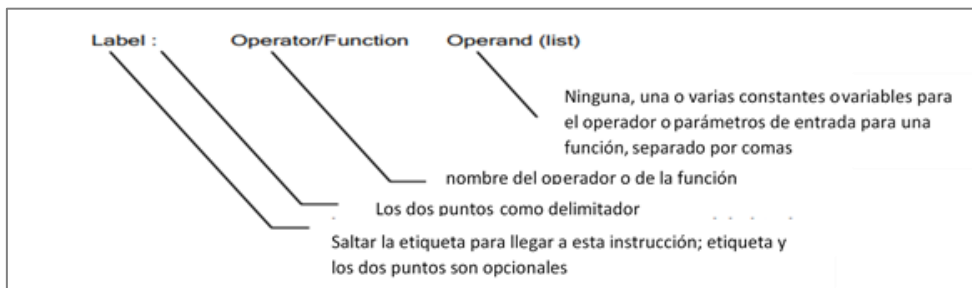


Ilustración 11, Representación de un comando (IL), tomado de (comisión: 2003).

Tabla V Ilustración 14 Ejemplo comando (IL)

LABEL	OPERATOR	OPERAND	COMMENT
START:	LD	%IX1	(* PUSH BUTTON *)
	ANDN	%MX5	(* NOT INHIBITED *)
	ST	%QX2	(* FAN ON *)

Adapta de : (Commission, 2003).

2) Texto estructurado ST

Es un lenguaje de alto nivel, este lenguaje consiste en declaraciones separadas por punto y coma, estas declaraciones constan de operadores / funciones y operandos se combinan con las variables declaradas los tipos de datos que controlan la ejecución del programa, las declaraciones de este lenguaje se pueden extender en varias líneas o escribir varias declaraciones en una sola línea, los comentarios se representan de la siguiente forma "(* comentario *)" y son importante para comprender las instrucciones del Código de programación (Commission, 2003) (Heinz & Michael, 2010).

La siguiente tabla representa declaraciones del lenguaje (ST).

Tabla VI, Declaraciones lenguaje (ST).

NO.	Referencia	Ejemplo
1	IF	<pre>D := B*B - 4*A*c ; IF D < 0 .O THEN NROOTS := 0 ; ELSEIF D = 0 .O THEN NROOTS := 1 ; XI := - B/(2.0*A) ; ELSE NROOTS := 2 ; XI := (- B + SQRT (D))/(2.0*A) ; X2 := (- B - SQRT (D))/(2.0*A) ; END_IF ;</pre>
2	CASE	<pre>TW := BCD TO_ INT (THUMBWHEEL) ; TW ERROR := 0 ; CASE TW OF 1,5: DISPLAY := OVEN TEMP ; 2: DISPLAY := MOTOR SPEED ; 3: DISPLAY := GROSS - TARE ; 4,6..10: DISPLAY := STATUS(TW - 4) ; ELSE DISPLAY := 0 ; TW ERROR := I ; END_CASE ; QWIOO :=INT_ TO_ BCD (DISPLAYJ ;</pre>
3	FOR	<pre>J := 101 ; FOR I := 1 TO 100 BY 2 DO IF WORDS(I) = 'KEY' THEN J := I ; EXIT ; END_IF ; END FOR ;</pre>
4	WHILE	<pre>J := I ; WHILE J <= 100 & WORDS [J] <> 'KEY' DO J := J+2 ; END_WHILE ;</pre>

Adapta de : (Commission, 2003).

3) Diagrama de bloques (FBD)

El diagrama de bloques es el conjunto de programas, función y bloques de función, Este lenguaje se representa gráficamente en formas de bloques y se considera lenguaje de alto nivel, permitiendo al usuario programador invocar las diferentes funciones sin la necesidad de preocuparse de la lógica interna, son muy utilizado en la industria, como toda lengua se debe tener (Commission, 2003) (Heinz & Michael, 2010):

- Una parte inicial y final de la POU.
- Parte de declaración.

- Parte del código.

La estructura de este lenguaje en la (POU) consta de redes y dispone de la siguiente forma:

- Etiqueta de red.
- Comentario de la red.
- Gráfico de red.

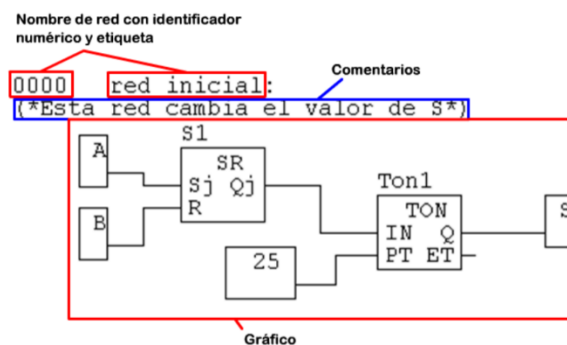


Ilustración 12 redes, estructura para controlar el flujo (POU), tomado de: (VALLEJO LABRADA & DAMIAN, 2011).

Cada red tiene un identificador alfanumérico que junto con el comentario especifican de que se trata el programa o el conjunto de instrucciones, estas instrucciones se representan de forma de bloques.

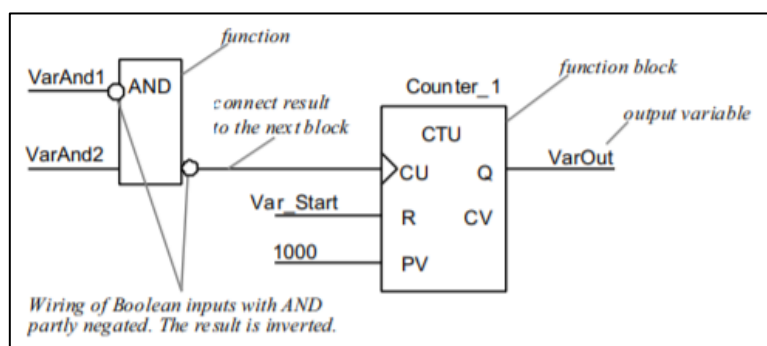


Ilustración 13 Ejemplo del lenguaje de bloques , tomado de (Heinz & Michael, 2010)

4) Diagrama Ladder (LD)

El diagrama Ladder es un lenguaje que permite probar y modificar datos mediante símbolos, sus inicios fueron en el campo de la electromecánica, su principal tipo de datos es booleano ($1 \equiv \text{VERDADERO}$ o $0 \equiv \text{FALSO}$), este diagrama consiste en un sistema de rieles que describe el flujo de la energía a través de una red de izquierda a derecha y sus procesos de secuencia es de arriba hacia abajo (Heinz & Michael, 2010) (Commission, 2003).

La estructura de red (LD) está dada por la alimentación de los rieles que van de izquierda a derecha, esta alimentación es de 1 lógico y llega a todos los contactos dependiendo del estado lógico de estos.

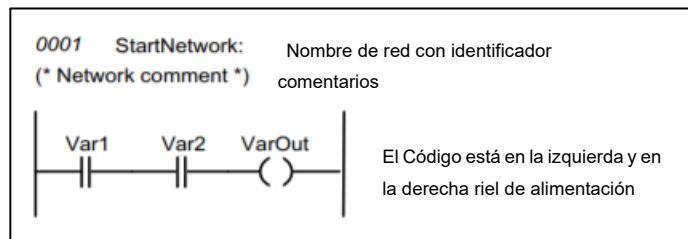


Ilustración 14 Elementos gráficos de la red (LD), tomado de: (Heinz & Michael, 2010).

Una red Ladder (LD) consiste:

- 1) Conexiones.
- 2) Contactos y bobinas.
- 3) Elementos gráficos para controlar la secuencia de ejecución (saltos).
- 4) Elementos gráficos para llamar a una función o FB (POU estándar o de usuario).
- 5) Conectores.

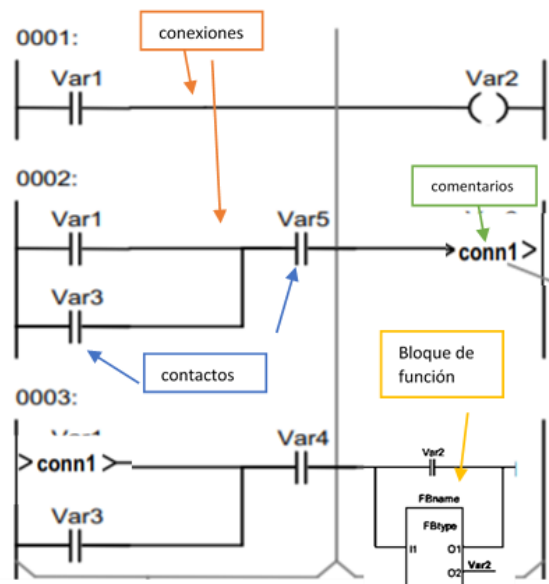


Ilustración 15 Red Ladder (LD) , tomado de : (Commission, 2003).

3.4 TÍA Portal V 16

TÍA portal v16 es un software de la compañía alemana siemens, este software se encarga de optimizar los procesos de las maquinas industriales, une todos los programas de las familias del PLC como s-300, s-400, s-1200 y los s-1500, adicionalmente cubre todas las necesidades del control de los controladores lógicos programables (siemens, 2009) (Martínez León, 2017) (Peres Garcia, 2015).

El propósito de este software es facilitar de forma eficiente e intuitiva el Código de programación con las herramientas del bloque de función, funciones, tipo de datos y las variables de los diferentes dispositivos como las entrada y salidas para la optimización de tareas de control, visualización y accionamientos adecuados para los procesos industriales.

Características:

- Lenguajes de alto nivel.
- Funcionalidades de OPC UA.
- Diagnostica errores y secuencias de programación.

- Simulador virtual.
- Servidor multiusuario.
- Integración horizontal y vertical.
- Interfaz de software sencilla e intuitiva.

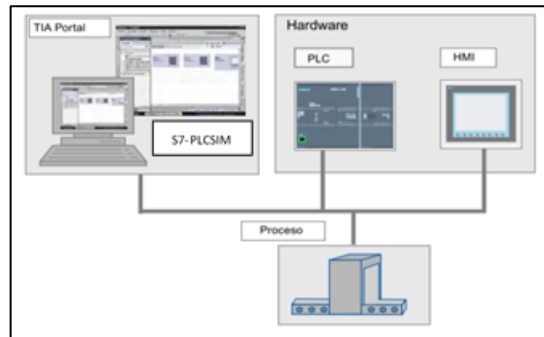


Ilustración 16 Tía portal software hardware, tomado de: (siemens, 2009.)

TÍA portal en su entorno de programación maneja diferentes lenguajes de programación y bloques de programas estos son:

- Lenguajes de programación

KOP: Este tipo de lenguaje imita el lenguaje Ladder. su estructura se forma por segmentos, líneas conexión en donde se invocación los contactos, las funciones, bloques de funciones para la respectiva programación.

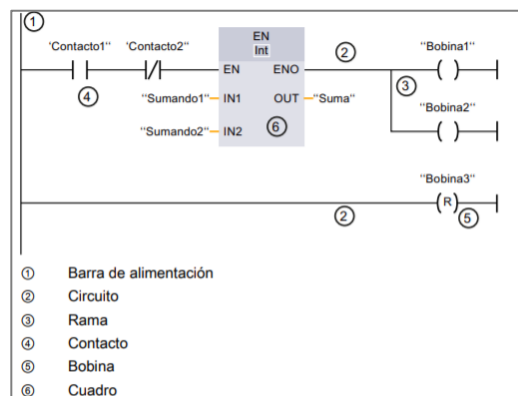


Ilustración 17 Ejemplo de un segmento KOP , tomado de : (siemens, 2009).

FUP: Es un lenguaje creado por Siemens, su estructura se forma por cuadros del álgebra booleana, este lenguaje facilita la comprensión de las funciones matemáticas complejas mediante cuadros lógicos.

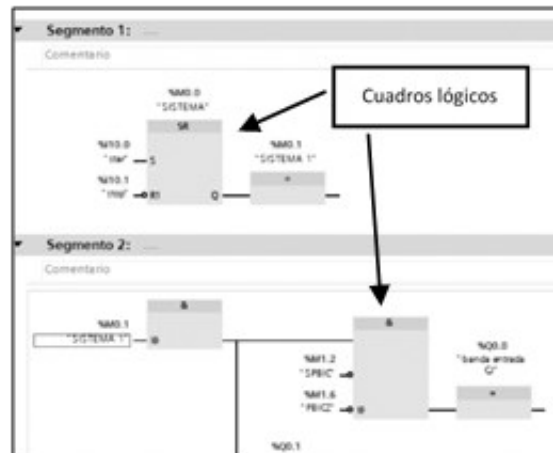


Ilustración 18 Ejemplo de un segmento FUP (Siemens, 2009).

SCL: Es un lenguaje de alto nivel basado en texto que va orientado a la programación estructural, este lenguaje es más usado para las instrucciones de más alto nivel como los bucles FOR, WHILE, IF y CASE.

```

IF... FOR... WHILE... CASE... FOR... WHILE... CASE... FOR... WHILE... CASE...
OF... TO DO... DO... P... REGION
1
2
3
4
5 IF "sensor CPL" = 1 AND "sensor CS" = 0 AND "sensor CL" = 0 THEN
6   #clafadela := 1;
7
8   ELSIF "sensor CPL" = 1 AND "sensor CS" = 1 AND "sensor CL" = 0 THEN
9     #claf dero := 1; #clafadela := 1;
10
11  ELSIF "sensor CPL" = 1 AND "sensor CS" = 1 AND "sensor CL" = 1 THEN
12    #claf izq := 1; #clafadela := 1;
13 END_IF;
14
15
16
Ln: 1 Cl: 1 INS 100%

```

Ilustración 19 Ejemplo del lenguaje SCL, elaboración fuente propia.

- Bloques de programas

Bloque de organización (OB):

(Peres Garcia, 2015) Este bloque se encarga del funcionamiento de la programación que se relaciona directamente con la ejecución de la programación en la CPU del PLC,

cualquier bloque de función que no esté presente en este bloque no se ejecutara la programación.

Bloque de función (FB):

Este bloque de función es una tarea o subrutina del bloque (OB), posee memoria o se puede crear un bloque de memoria para respaldar este bloque.

Función

Igual que el anterior es una subrutina, pero no posee memoria tiene que respaldarse de un bloque de datos.

Bloque datos (DB):

El bloque de datos es la memoria en donde queremos guardar ciertos datos para cuando el sistema se inicie estos carguen a las diferentes funciones o bloques de funciones para la correcta ejecución de la programación.

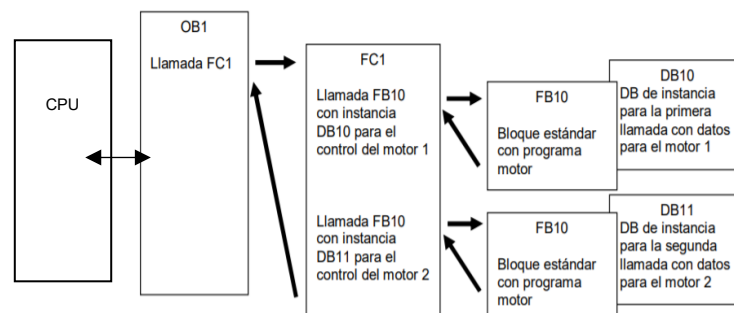


Ilustración 20 Estructura de los bloques de programa tomado de (Siemens, 2019).

3.5 Factory I/O

Es un software de desarrollo educativo creado por la compañía real games.

Es una herramienta digital de simulación que permite crear y configurara múltiples escenarios mediante montajes para la observación del comportamiento de los diferentes procesos en el desarrollo del aprendizaje de las tecnologías de la automatización, permite la selección de piezas industriales y la configuración de distintos controladores

en un entorno gráfico (Factory I/O) (ERAZO BASSANTES & NAVARRETE VILLAFUERTE, 2019).

A continuación, mostramos la interfaz gráfica del Factory I/O. Esta la dividimos de la siguiente forma:

1. Área de trabajo.
2. Navegación.
3. Piezas.
4. Controladores.
5. Escenas.

1) Área de trabajo.



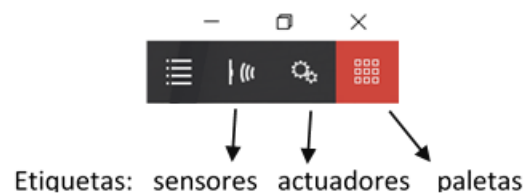
Ilustración 21, Área de trabajo, elaboración fuente propia.

- 1) Área de trabajo: Como se observa en la ilustración esta área es donde se realizan los montajes de diferentes procesos con la invocación de las piezas arrastrándolas con el mouse al área de trabajo.

2) Paleta: Factory I/O llama a esta barra de herramientas como paletas donde se ubican las diferentes piezas industriales como:

- Bandas transportadoras.
- Botones de accionamiento.
- Elementos como cajas, canastas, piezas de fabricación y pallet.
- Sensores.
- Estaciones de trabajo.
- Elementos de seguridad estructural.
-

3) Bloque de etiqueta:

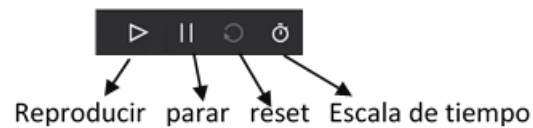


Con esta herramienta de etiquetas podemos seleccionar el área de trabajo las diferentes piezas como los sensores y actuadores para su identificación o modificación y la configuración de estas.

4) Bloque de cámaras: Esta herramienta es muy utilizada en área de trabajo ya que nos permite movernos en diferentes direcciones, mover, acercar y alejar las piezas.



- 5) Bloque de simulación: Este bloque permite el cambio modo de simulación (Editar / Ejecutar). reproduce la simulación del montaje con su respectiva programación además permite variar el tiempo de simulación (cámara lenta, velocidad normal o avance rápido).



- 6) Bloque de menús: En este bloque encontraran los menús de guardar, abrir proyecto, opciones del software, driver, y visualización.

2. Navegación

Este ítem se presentan las diferentes cámaras con las que el usuario puede trabajar, moverse por el área de trabajo e interactuar con los elementos o piezas para la realización de los montajes, es esencial conocer las diferencias de las cámaras para su correcto uso (Factory I/O).

Existen tres tipos de cámaras:

- 1) Cámara orbital: Esta cámara fue diseñada para la realización de las tareas de edición al momento de crear montajes, su funcionamiento se enfoca en punto o pieza para girar alrededor de este.

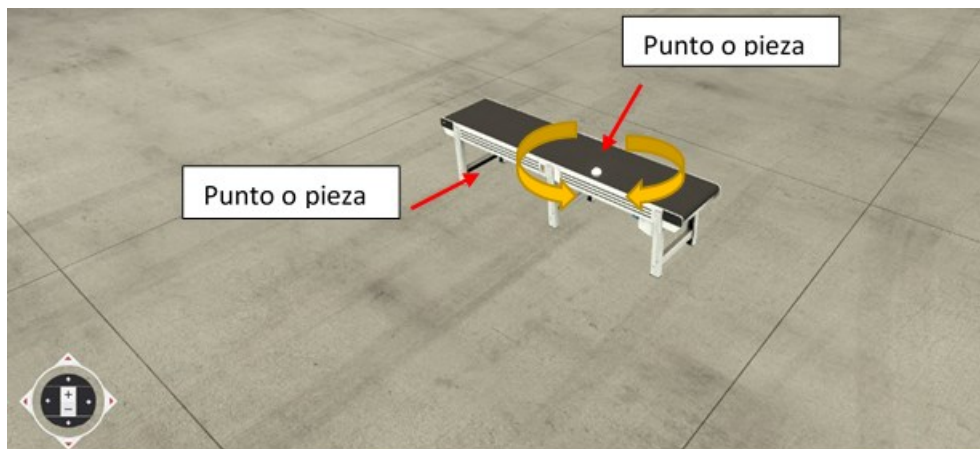


Ilustración 22, cámara orbital, elaboración fuente propia.

- 2) Cámara de vuelo: (Factory I/O) La cámara Fly se utiliza para moverse libremente en el espacio 3D. Esta cámara choca con partes de la escena, pero los sensores no la detectan (Factory I/O).

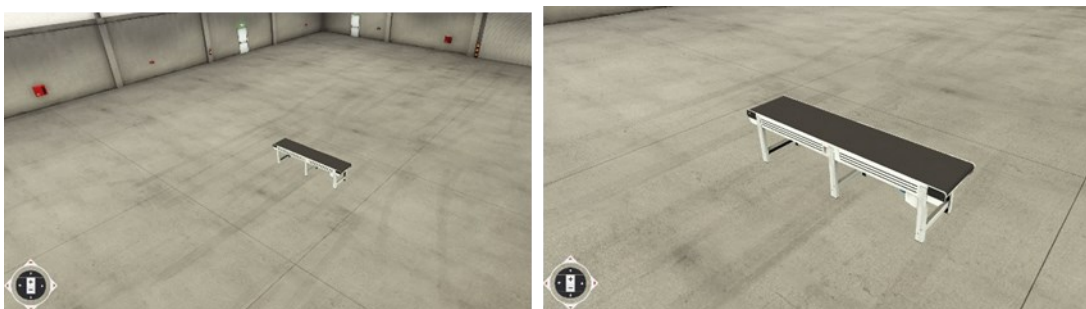


Ilustración 23, Cámara de vuelo, elaboración fuente propia.

- 3) Cámara en primera persona: Esta cámara nos ofrece una experiencia en la que se puede visualizar las escenas en forma de recorrido de una persona con una altura 1.80 mts, si existes obstáculos esta cara chocara, también tiene la opción para habilitar que cuando se pase por el lado de algún sensor este se active.



Ilustración 24 cámara primera persona, elaboración fuente propia.

3. PIEZAS

Factory I/O posee una amplia gama de piezas industriales comunes y se dividen en varias categorías.

1) Artículos o elementos


Tabla VII, Piezas, ítem artículo

Nombre	Descripción	
Artículos	<p>Los artículos son todas aquellas piezas que se utilizan como materia prima para la realización de procesos industriales:</p> <p>Encontramos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cajas de diferente tamaño y pesos • Estibas de diferente tamaño • Materia prima 	

Elaboración fuente propia.

2) Piezas de carga ligeras y pesadas


Tabla VIII, piezas, ítem Piezas de carga pesada

Nombre	Descripción	
Transportador de carga ligeras y pesadas	<p>Los trasportadores son elementos capaces de trasladar piezas o objetos de un lugar a otro.</p> <p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> • Son de tipo de rodillos o bandas • Se utilizan para cargas pesadas o livianas • Tiene diferentes medidas • Se puede controlar de forma digital o análogo y adicional se le puede variar la velocidad. 	

Elaboración fuente propia.

3) Sensores

Tabla IX, Piezas, Ítem sensores

Nombre	Descripción	
Sensor	<p>Son dispositivos que se encarga de detectar cualquier tipo material o material específico.</p> <p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Has de Tipo difuso, inductivo, capacitivo, retrorreflectante, de visión y RFID. • El rango de detección varía según principio de funcionamiento • valor de salida puede ser digital o analógico • poseen <p>Rango de detección muy corto; 0.2m. Pose un led indicador detección de objetos. valor de salida puede ser digital o analógico</p>	

Elaboración fuente propia.

4) Operadores


Tabla X, Piezas, Ítem operadores

Nombre	Descripción	
operadores	<p>Son dispositivos encargados de iniciar o parar un proceso, también para visualizar o seleccionar.</p> <p>características :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pulsadores indicadores • Pulsadores normalmente abiertos y cerrados • Selector de posición • Pantalla digital • Parada de emergencias 	

Elaboración fuente propia.

5) Estaciones de trabajo


Tabla XI, Piezas, Ítem estaciones

Nombre	descripción	
Centros de mecanizado	<p>Las estaciones de trabajo son escenas donde se recrean procesos industriales que vienen predefinidos el software.</p> <p>Estas escenas se pueden configurar de acuerdo con la experticia del programador.</p> <p>Tipos de estaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Centro de mecanizado. • Ascensor. • Pick and Place. • Paletizadora. • Pick & Place de dos ejes. • Tanque. 	

Elaboración fuente propia.

6) Dispositivos de advertencia


Tabla XII, Piezas, Ítem dispositivos de advertencia [21]

Nombre	Descripción	
sistemas de alarma	<p>Se utiliza en ambientes industriales como sistemas de advertencia o evento según la tarea programada, suelen ser visuales o auditivas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sirenas • Pila de luz • Luz de advertencia 	

Elaboración fuente propia.

7) Estructuras para montajes

Tabla XIII, piezas, ítem estructuras para montajes [21]


Nombre	Descripción	
Estructura para montajes	<p>Estas estructuras sirven para la creación de montajes donde se requiera, algún encerramiento, guardas de seguridad, agregar pisos etc.</p> <p>Algunas de las estructuras son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guardas de seguridad. • Escaleras. • Plataformas. • Pasamanos. • pasarelas 	

Elaboración fuente propia.

8) Emisor y eliminador

Tabla XIV, Piezas, ítem Emisor y eliminador [21]

Nombre	Descripción	
--------	-------------	--

Emisor y eliminador	Estos bloques se para la introducir o eliminar elementos como (cajas, pallet, materias primas) que se utilizaran para el desarrollo de diferentes montajes a realizar. Se pueden configurar el tiempo, las piezas y la posición de las pizas	
---------------------	--	--

Elaboración fuente propia.

9) Controladores

Factory I/O posee una gran variedad de controladores de diferente fabricante lo cual lo posiciona como una plataforma robusta para el aprendizaje, este se encarga de la comunicación de los controladores físicos y también de los simuladores, una vez seleccionado el controlador se pueden configurar la entradas y salidas del dispositivo análogos o digital (Factory I/O).

A continuación, se presenta una tabla con los diferentes controladores.

Tabla XV, Controladores Factory I/O [21]

Conductor	Descripción
Siemens LOGO!	Conexión Ethernet a Siemens LOGO! Módulo lógico.
Siemens S7-200 / 300/400	Conexión Ethernet al PLC S7Q00 / 57-200 SMART / 300/400 de Siemens.
Siemens S7-1200 / 1500	Conexión Ethernet al PLC Siemens 57-1200 / 1500.
Siemens S7.PLCSIM	Interfaz para Siemens 57-PLCSIM.

Elaboración fuente propia.

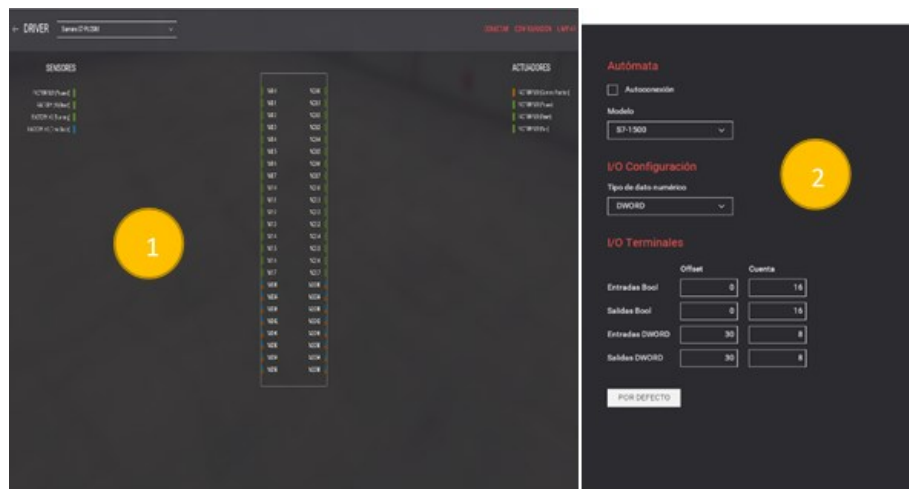


Ilustración 25, Configuración de las entradas y salidas del controlador, elaboración fuente propia.

En la anterior ilustración se puede observar dos pantallas, la primera representa la disposición de las entradas y salidas de los sensores y actuadores y la opción de la comunicación entre el controlador y el TIA portal. La segunda explica la configuración en sí del controlador de los diferentes modelos escogidos y el tipo de datos de las entradas y salidas analógicas o digital (Factory I/O).

10) Escenas

Factory I/O ofrece en su software una lista de escenas preestablecidas enfocadas en los procesos industriales, estas escenas tienen varios niveles de dificultad y todo depende de los algoritmos de programación que el usuario ejecute (Factory I/O).

Estas escenas son solo de lectura no se le pueden hacer modificaciones.

A continuación, se muestra las listas de escenas preestablecidas

- Paletizadora
- Pick & Place XYZ
- Pick & Place en dos ejes XZ
- Estación de clasificación

4. Desarrollo e implementación de la solución

4.1 Proceso

4.1.1 Descripción del proceso

Para el desarrollo del proyecto se elaboró un proceso industrial de una línea de producción titulado clasificación y embalaje de cajas de diferente tamaño, este proceso se ejecuta utilizando la herramienta software de simulación Factory I/O donde se diseñó el proceso.

Este proceso trata de la clasificación de tres tipos de cajas, pequeña, media y grande. Al iniciar el proceso las cajas ingresan por un transportador de entrada de manera aleatoria, y durante el recorrido por el transportador de entrada las cajas son detectadas por un sensor llamada barra fotoeléctrica donde este identifica las cajas por su tamaño, el primer emisor de luz detecta la caja pequeña llamada Box palletizing, el segundo la caja mediana Box (S) y el tercero la caja grande Box(L), detectadas por el sensor correspondiente al tamaño de la caja se activa el clasificador de rueda emergente que es el encargado de direccionar las cajas dependiendo del tamaño.

La especificación de la dirección de la caja es la siguiente:

- Caja pequeña se direcciona para el transportador adelante.
- Caja mediana se direcciona para el transportador derecho.
- Caja grande se direcciona para el transportador izquierdo.

En las siguientes ilustraciones se presentan los tamaños de las cajas y la dirección de cada una de ellas:



Ilustración 26, tamaño de las cajas, elaboración fuente propia.

- 1) Caja pequeña o Box palletizing.
- 2) Caja mediana o Box (S).
- 3) Caja grande o Box(L).

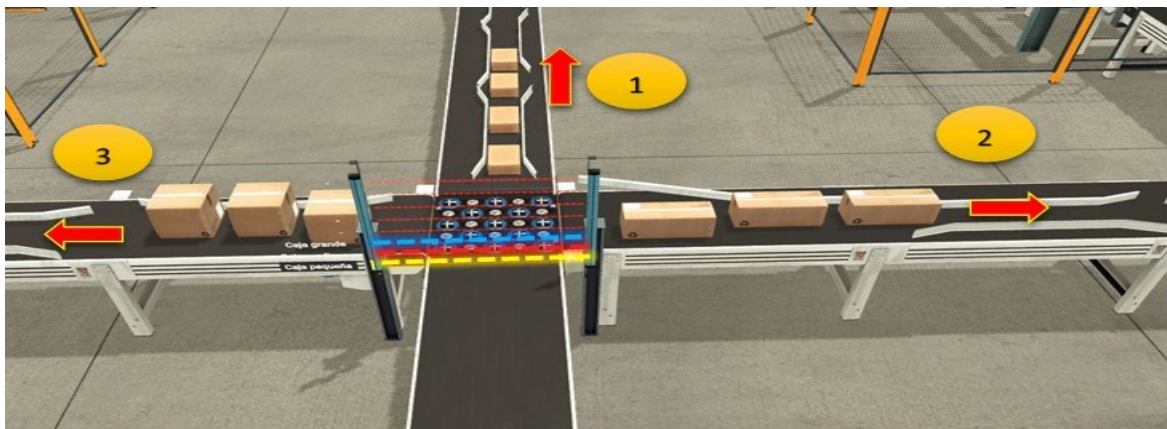


Ilustración 27, direccionamiento de las cajas de acuerdo con el tamaño, fuente elaboración propia.

Cómo se observa en la figura se indican con flechas y números la dirección correspondiente a cada caja ya clasificada.

- 1) Caja pequeña transportador adelante.
- 2) Caja mediana transportador derecho
- 3) Caja grande transportador izquierdo.

Después de la clasificación y direccionadas las cajas, estas se trasladan por los transportadores donde encontraremos diferentes sensores y topes quienes contralaran

el flujo de las cajas hasta llegar a las diferentes estaciones de trabajo para su correspondiente embalaje. Cada caja cuenta con una estación diferente:

- Cajas pequeñas, estación de trabajo llamada palletizer.
- Caja mediana, estación de trabajo llamada pick and place.
- Caja grande, estación de trabajo llamada two – axis pick and place.



Ilustración 28, Estaciones de trabajo, elaboración fuente propia.

De acuerdo con las cajas las estaciones de trabajo se encargan de agruparlas y moverlas de un lugar a otro y conectar con el sistema de estibas para su embalaje.

Adicionalmente el proceso dispone de tableros de operación, estos se encuentran en las áreas de los transportadores y las estaciones de trabajo.



Ilustración 29, Tablero de operaciones, elaboración fuente propia.

Los tableros están compuestos por botonera pulsadora que son los encargados de accionar el inicio del proceso , paro del proceso, reset del proceso y los paros de emergencias, por otra parte, cuenta con visualización tipo baliza donde nos indica si el sistema está en marcha o en paro, también display para la verificación del conteo de las cajas o los procesos de las estaciones de trabajo.

Especificaciones del tablero de procesos son:

- 1) Botón pulsador color verde inicio o start.
- 2) Botón pulsador color rojo de paro o stop.
- 3) Botón pulsador color amarillo de reset.
- 4) Visualización display.
- 5) Pulsador con enclavamiento o paro de emergencia.
- 6) Baliza o indicador inicio o paro del proceso.

A continuación, se presenta una ilustración donde se proyecta todo el proceso de línea de producción de la clasificación de cajas de diferente tamaño.

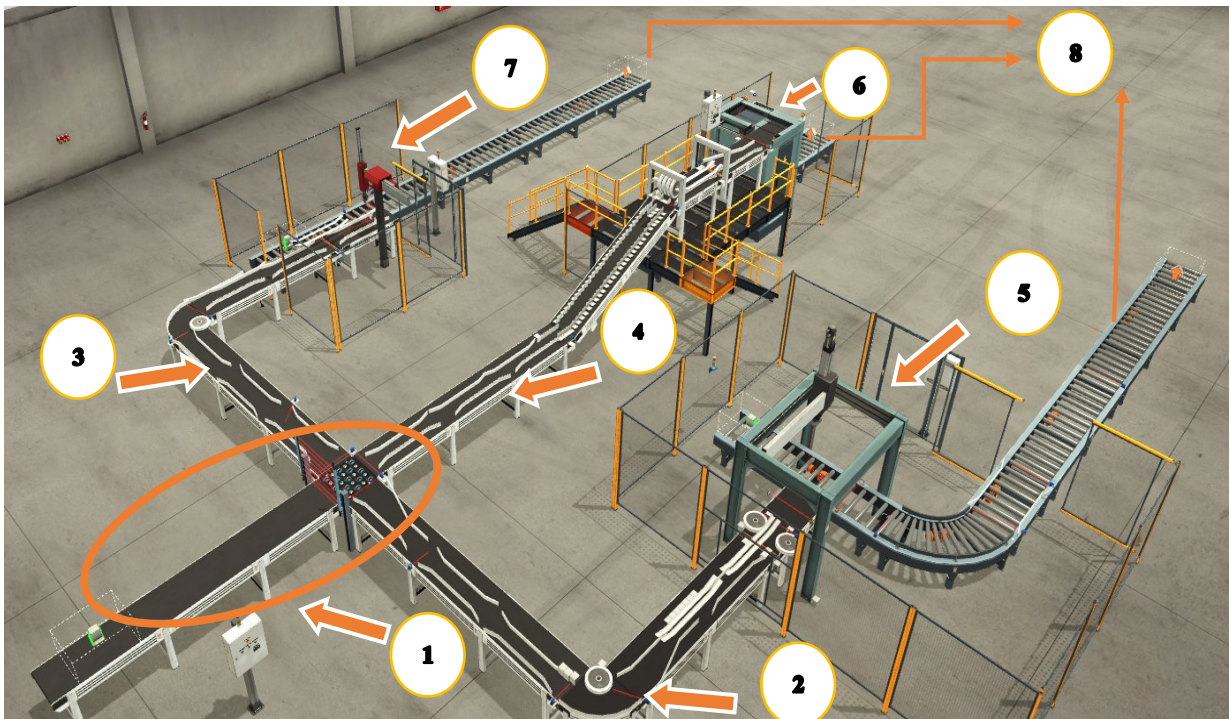


Ilustración 30, Proceso clasificador de cajas, elaboración fuente propia.

Este proceso se divide en 8 secciones:

- 1) Transportador de entrada y Clasificador de cajas por tamaños.
- 2) Transporte de cajas banda derecha.
- 3) Transporte de cajas banda izquierda.
- 4) Transporte de cajas banda adelante.
- 5) Estación de trabajo Pick and Place.
- 6) Estación de trabajo palletizer.
- 7) Estación de trabajo two – axis pick and place.
- 8) Transportadores destino final.

De acuerdo con las secciones anteriores el sistema de transportadores está dividida en dos partes los transportadores de carga liviana que de acuerdo con la imagen anterior presentada va desde la sección primera hasta la sección cuarta y los transportadores de carga pesada que están en la sección octava .

A continuación, se explicarán las secciones del proceso del clasificador de cajas de diferente tamaño.

4.2 Transportador de entrada y Clasificador de cajas por tamaños

En esta sección está conformada por el transportador de entrada, el clasificador de las cajas y tablero de operaciones.

Pulsando en el tablero de operaciones (start o inicio) se prende la baliza de color verde indicando que el proceso está en marcha bajo las siguientes condicione:

- Activa el emisor de cajas y las ubica en el transportador de entrada.
- Se da reset en el contador para que el proceso inicie correctamente .
- Se energiza el transportador de entrada, el sensor (Light Array) y el clasificador de rueda emergente.

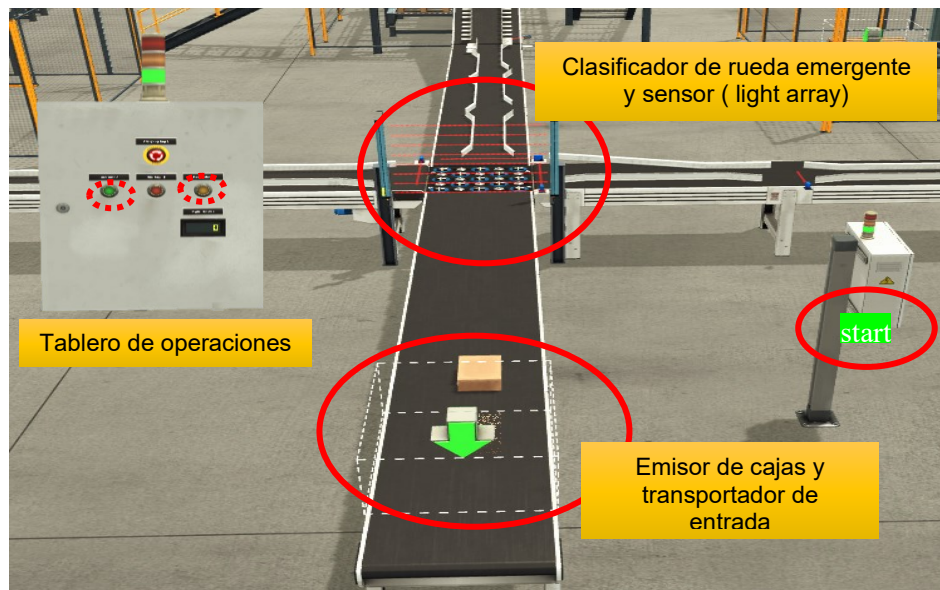


Ilustración 31, Transportador de entrada y clasificador de cajas, elaboración fuente propia.

Pulsado el botón start y el transportador de entrada en funcionamiento, este mueve las cajas hasta llegar al sensor (Light Array) o barra emisora, que es la encargada de detectar las diferentes cajas por su tamaño. Este sensor cuenta con ocho rayos detectores, para el proceso se utilizaron tres con los siguientes nombres: caja grande, caja mediana, caja pequeña, una vez detectadas las cajas por este sensor y de acuerdo con la programación se activa el actuador clasificador de rueda emergente.

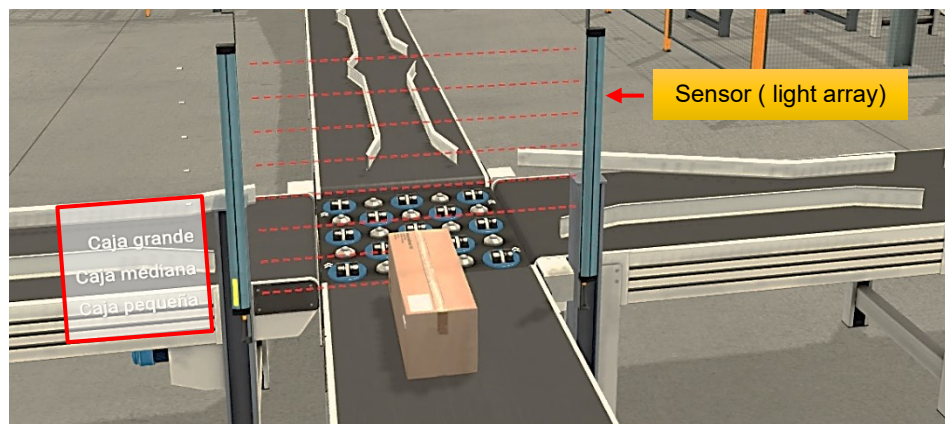


Ilustración 32, Detección de cajas por tamaño, elaboración fuente propia.

El funcionamiento del actuador de rueda emergente está conformado por: rodillos pivotantes, sistema neumático y giro de los rodillos con una limitante de 45°, el clasificador se energiza dependiendo del tamaño de la caja detectada realizando las siguientes acciones:

- Se activan los rodillos pivotantes estos se levantan y giran.
- Para direccionar las cajas se mueven los rodillos activos a la izquierda o derecha.
- Se determina un tiempo para que el sistema se active y pase en su totalidad la caja.



Ilustración 33, Funcionamiento clasificador de cajas, fuentes elaboración propia.

La clasificación de las cajas se divide en tres direcciones:

- 1) Caja pequeña dirección transportador adelante.
- 2) Caja mediana dirección transportador derecho.
- 3) Caja grande dirección transportador izquierdo.

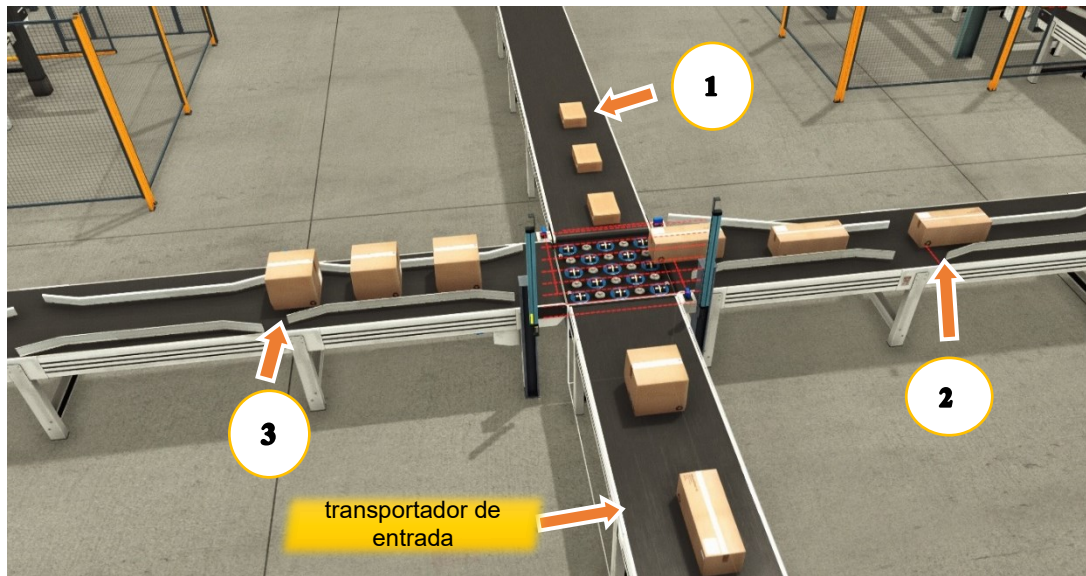


Ilustración 34, Direccionamiento de cajas de acuerdo con el tamaño, elaboración fuente propia.

4.3 Transporte de cajas banda derecha

Clasificadas las cajas y direccionadas correctamente entran a operar las bandas transportadoras, y en esta oportunidad hablaremos específicamente de del transportador derecho.

El transportador derecho está conformado por cuatro bandas transportadoras una de ellas es de tipo curvo, sensores fotoeléctricos difuso y retroreflectante, tope neumático, soportes de encasillamiento.

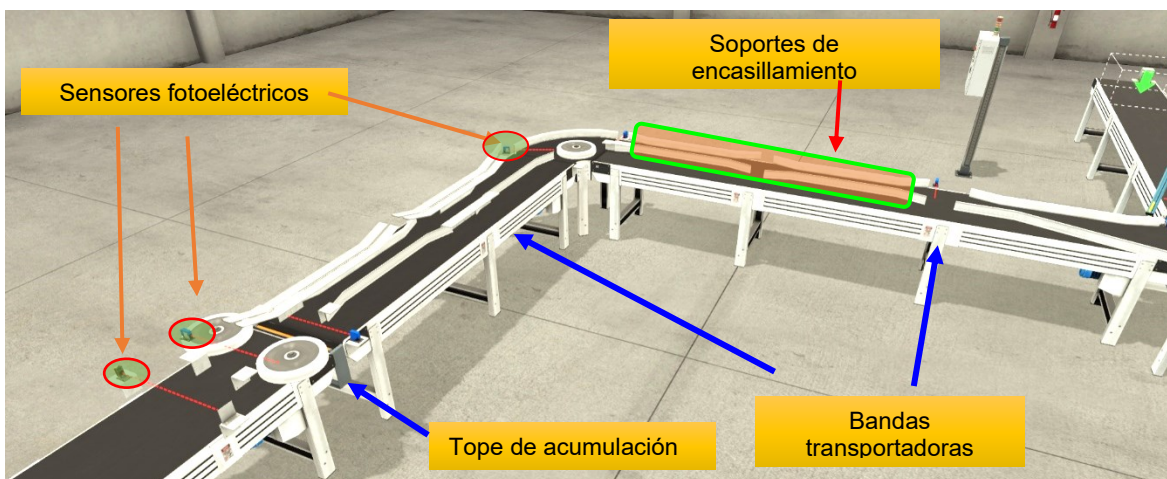


Ilustración 35, Componentes transportador derecho, elaboración fuente propia.

El funcionamiento de la banda transportadora derecha inicia cuando el clasificador se activa, este direcciona la caja posicionándola a la entrada de la banda derecha e inmediatamente se encuentra posicionado un sensor foto eléctrico quien detecta la caja y energiza la banda para comenzar a trasladarla, esto se repite en las siguientes bandas hasta llegar al transportador final.

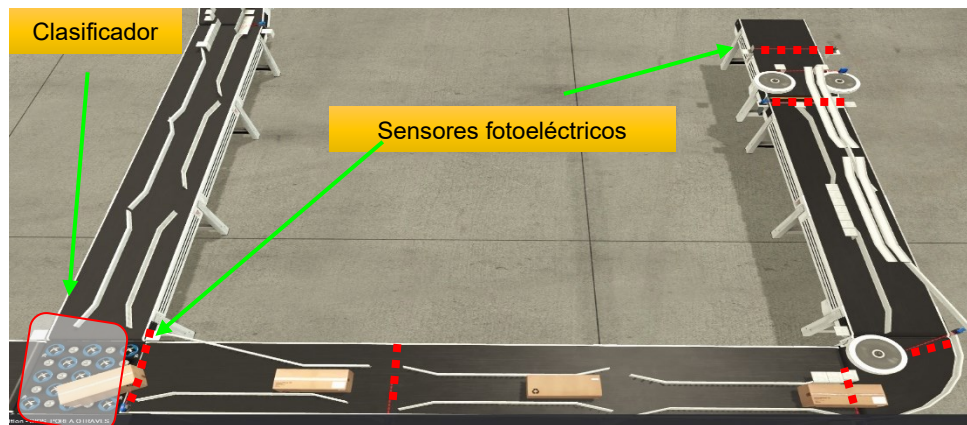


Ilustración 36, funcionamiento transportador derecho, elaboración fuente propia.

Al final de cada transportador se realiza un control y se dictan unas condiciones para posicionar adecuadamente las cajas permitiendo dar inicio al funcionamiento de las diferentes estaciones de trabajo.

El proceso que se realiza en el transportador derecho final permite posicionar la caja y el paso de una sola por vez, este proceso consta de una banda transportadora con configuración análoga que cuando llega la caja y es detectada por el primer sensor activa el transportador final con la condición que aumente la velocidad, esto se realiza con el propósito de generar un espacio entre las cajas, permitiendo a los siguientes dos sensores activar un tope de acumulación y detener el transportador en un punto específico, de modo que habilita las condiciones iniciales de las estación de trabajo pick and place para retirar la caja, cuando se retira la caja y el sensor no la detecta da inicio nuevamente al funcionamiento de la banda transportador final desactivando el tope de acumulación para permitir el ingreso de la siguiente cajas y hacer el ciclo nuevamente.

- 1) Tope de acumulación.

- 2) Sensor de activación de banda transportadora final.
- 3) Sensor activación tope de acumulación.
- 4) Sensor activación tope y paro banda transportadora.
- 5) Posicionador de cajas.
- 6) Transportador final derecho.

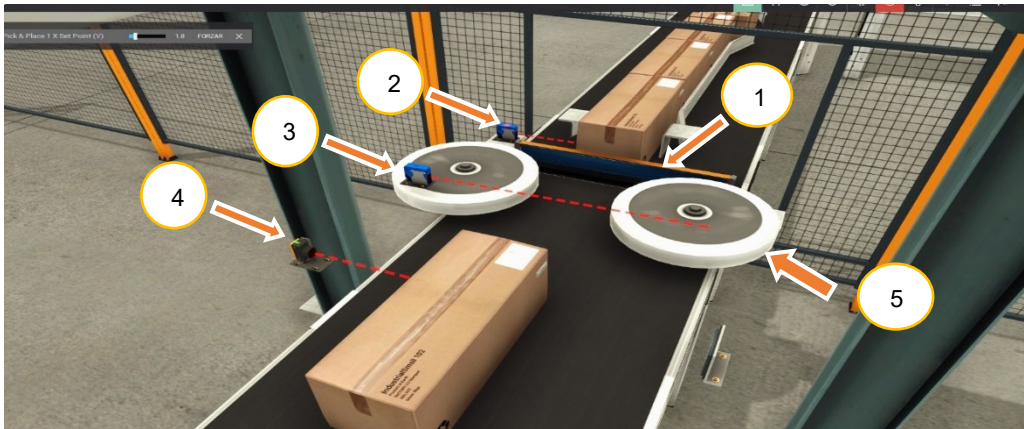


Ilustración 37, Proceso transportador derecho final. elaboración fuente propia.

Por último, Otra de las condiciones que el transportador derecho implementa es la acumulación de cajas , la finalidad de este sistema es permitir que a lo largo del trayecto del transportador se acumulen permitiendo el flujo continuo de los diferentes tamaños de las cajas y no generar aglomeraciones en el área del clasificador creando obstrucción al proceso.

Las condiciones empleadas en este proceso son dos :

- 1) Esta condición establece el paro total de los transportadores de la banda derecha siempre y cuando el sensor de paro de caja este activo, el sensor transportador final y el sensor de acumulación.
- 2) Acumulado en su totalidad el transportador derecho y activando la primera condición se le añade otra la cual permite parar el transportador de entrada de
- 3) cajas siempre y cuando la caja detectada por el sensor (**light array**) sea de tamaño mediana de lo contrario el transportador de entrada sigue funcionando.

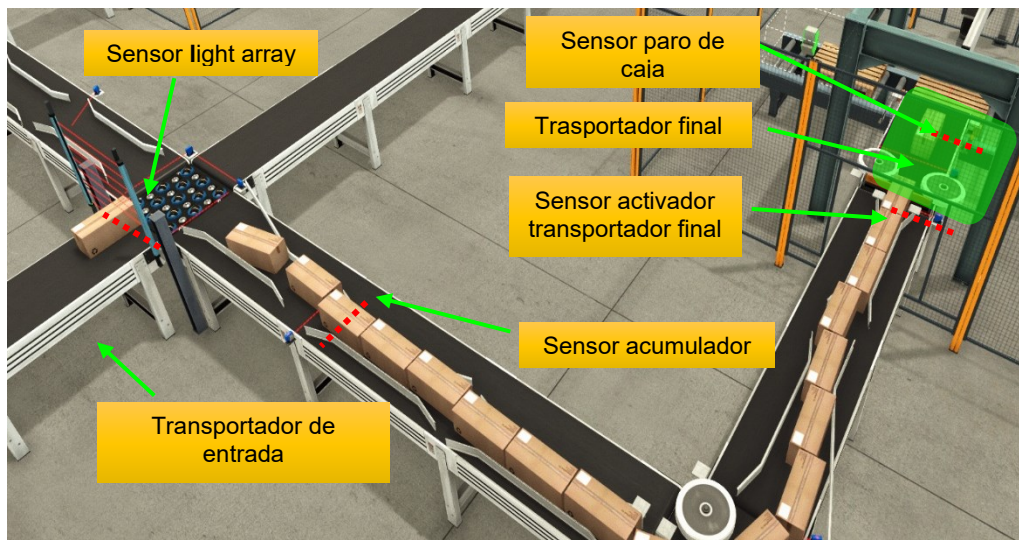


Ilustración 38, Proceso acumulador transportador derecho, elaboración fuente propia.

4.4 Transporte de cajas banda izquierda

Al igual que el transportador de la banda derecha esta sección está conformada por cuatro bandas transportadoras una de ellas es de tipo curvo , sensores fotoeléctricos difuso, tope neumático, soportes de encasillamiento.

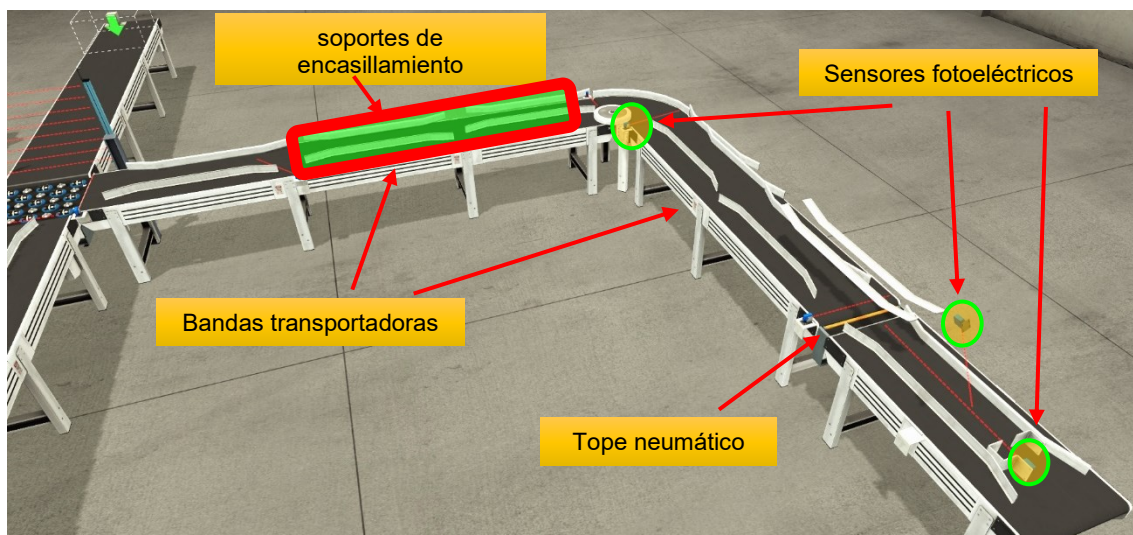


Ilustración 39, Componentes transportador izquierdo, elaboración fuente propia.

El funcionamiento de la banda transportadora izquierda inicia cuando el clasificador de cajas se activa, este direcciona la caja posicionándola a la entrada de la banda izquierda

inicio nuevamente al funcionamiento de la banda transportadora final se desactiva el tope de acumulación para permitir el ingreso de la siguiente caja y hacer el ciclo nuevamente.

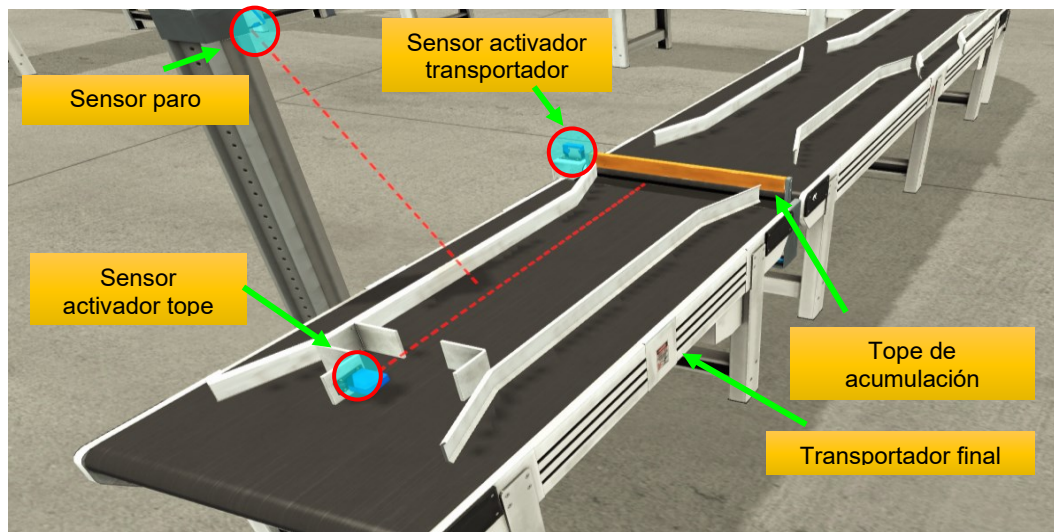


Ilustración 41, Proceso transportador final izquierdo, elaboración fuente propia.

Por último, otra de las condiciones que el transportador izquierdo implementa es la acumulación de cajas, la finalidad de este sistema es permitir que a lo largo del trayecto del transportador se acumulen permitiendo el flujo continuo de los diferentes tamaños de las cajas y no permitir que se aglomeren en el área de clasificador creando obstrucción al proceso.

Las condiciones empleadas en este proceso son dos :

- 1) Esta condición establece el paro total de los transportadores de la banda izquierda siempre y cuando el sensor de paro de caja este activo, el sensor transportador final y el sensor de acumulación.
- 2) Acumulado en su totalidad el transportador derecho y activando la primera condición se le añade otra la cual permite parar el transportador de entrada de

cajas siempre y cuando la caja detectada por el sensor (light array) sea de tamaño grande de lo contrario el transportador de entrada sigue funcionando.

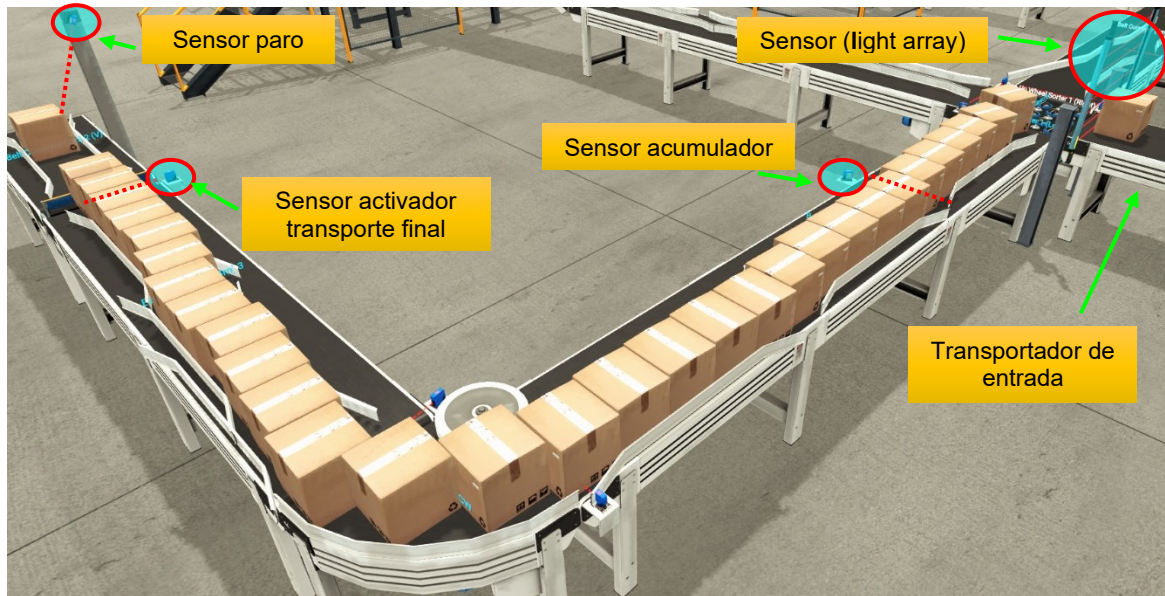


Ilustración 42, Proceso acumulador transportador izquierdo, elaboración fuente propia.

4.5 Transporte de cajas banda adelante

El proceso del transportador banda adelante al igual que el de la izquierda y derecha, después de clasificada la caja esta se encarga de activar los sensores que a la vez energiza los transportadores hasta llegar a la estación de trabajo palletizer.

Esta sección está conformada por cuatro bandas transportadoras, sensores fotoeléctricos difuso y retrorreflectante, tope neumático, soportes de encasillamiento.

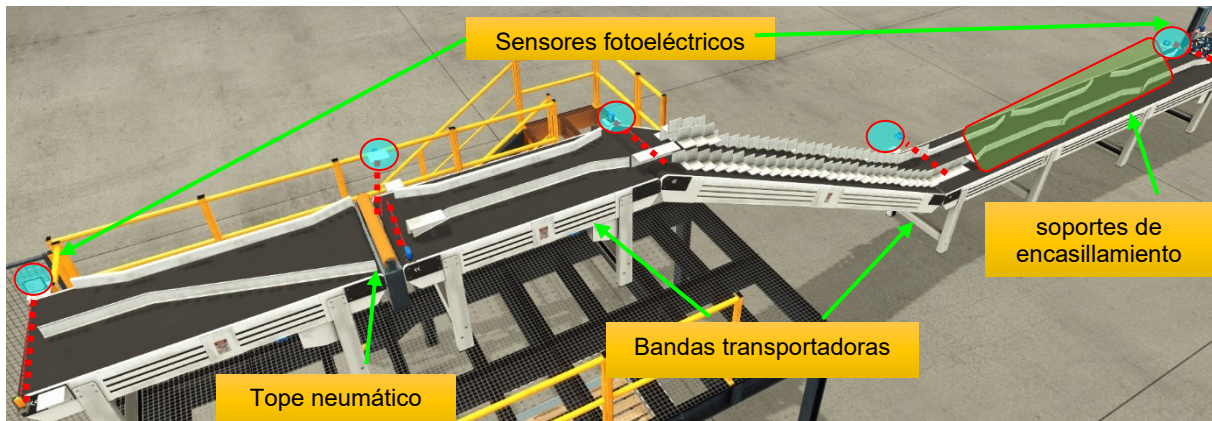


Ilustración 43, Componentes transportador adelante, elaboración fuente propia.

El funcionamiento de la banda transportadora adelante inicia cuando el clasificador de cajas se activa, este direcciona la caja posicionándola a la entrada de la banda adelante inmediatamente se encuentra posicionado un sensor foto eléctrico quien detecta la caja y energiza la banda para comenzar a trasladarla, esto se repite en las siguientes bandas hasta llegar al transportador final.

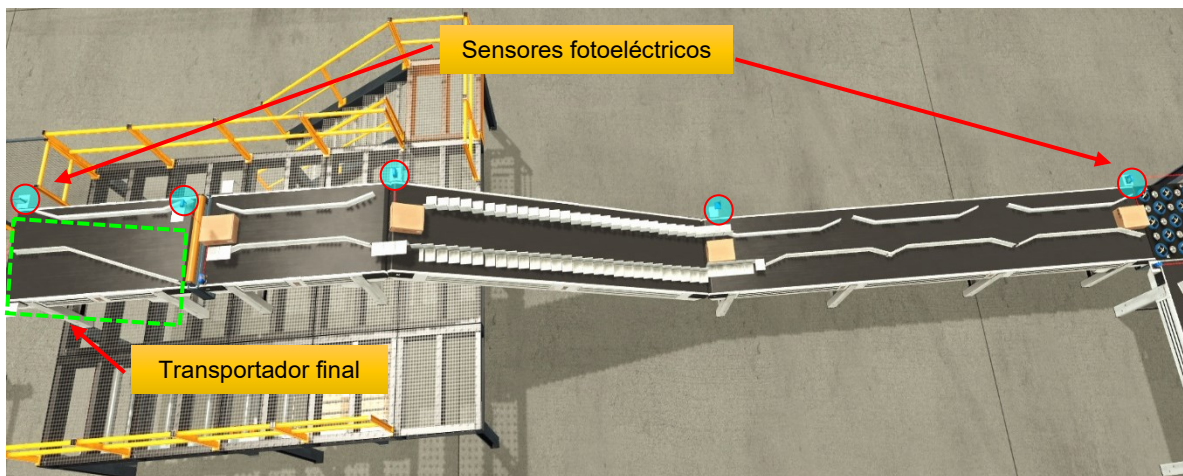


Ilustración 44, funcionamiento transportador adelante, elaboración fuente propia.

Otra parte importante del proceso se ejecuta en el transportador final, para que este proceso funcione correctamente se debe configuración del transportador en función análoga ya que este cambio permite la variación de velocidad, para poner el marcha el transportador final la caja debe ser detectada por el sensor fotoeléctrico, quien energizara la banda final, esta se mueve a una mayor velocidad con el propósito de

generar un espacio entre las cajas, en el transcurso del recorrido de esta banda hay otro sensor encargado de activar el tope de acumulación, el funcionamiento de este tope va ligado a un contador con las condiciones iniciales de la estación de trabajo palletizer quien determina la cantidad de cajas que deja pasar antes de activarse, posteriormente se activa un sensor fotoeléctrico quien es el encargado de detener transportador final dando inicio al ciclo estación de trabajo.

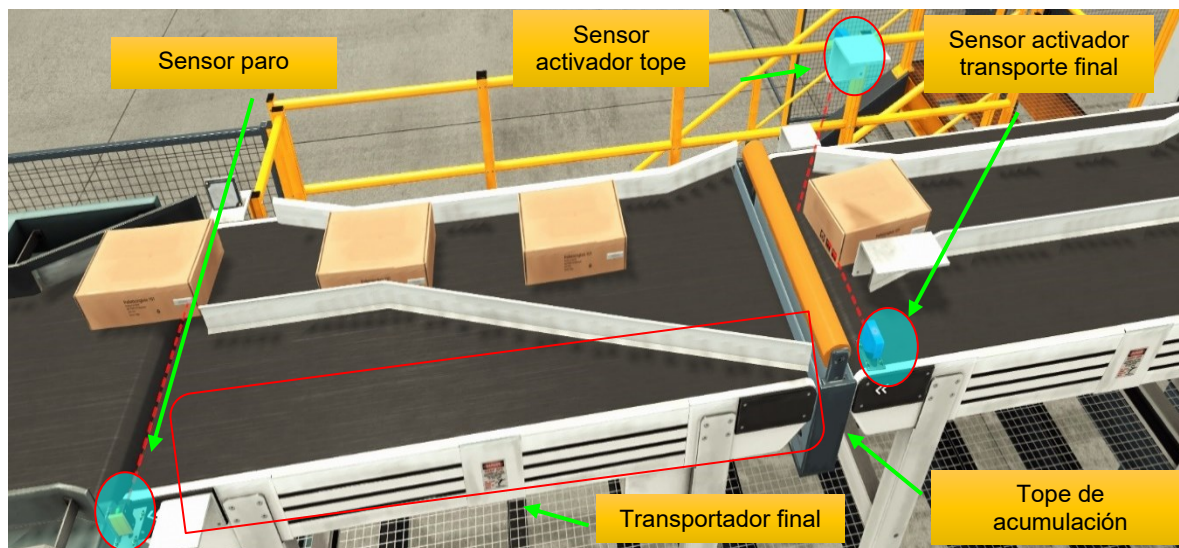


Ilustración 45, Proceso transportador delante final, elaboración fuente propia.

Por último, otra de las condiciones que el transportador adelante implementa es la acumulación de cajas, la finalidad de este sistema es permitir que a lo largo del trayecto del transportador se acumulen permitiendo el flujo continuo de los diferentes tamaños de las cajas y no permitir que se aglomeren en el área de clasificador creando obstrucción al proceso.

Las condiciones empleadas en este proceso son dos :

1. Esta condición establece el paro total de los transportadores de la banda adelante siempre y cuando, el sensor transportador final y el sensor de acumulación estén activos.
2. Acumulado en su totalidad el transportador adelante y activada la primera condición se le añade otra la cual permite parar el transportador de entrada de

cajas siempre y cuando la caja detectada por el sensor (**light array**) sea de tamaño pequeña de lo contrario el transportador de entrada sigue funcionando.

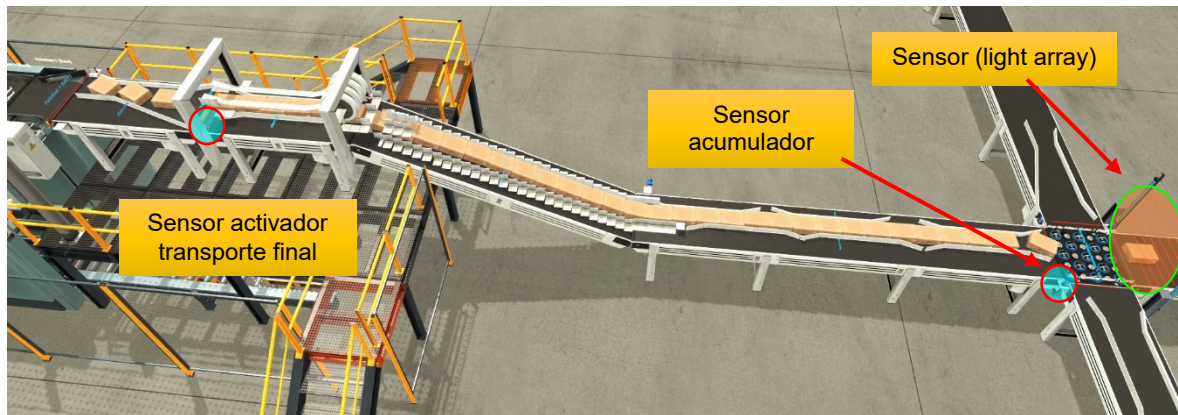


Ilustración 46, proceso de acumulación transportador adelante, elaboración fuente propia.

4.6 Estación de trabajo Pick and Place

La estación de trabajo Pick and Place tiene como finalidad el transporte de carga liviana de un lugar otro, sus componentes son :

- Manipulador de tres ejes xyz.
- Sistema de ventosas.
- Sensores detectores de movimiento del manipulador, estibas y cajas.
- Área de trabajo limitada.
- Tablero de operaciones.
- Sistema de estibas.

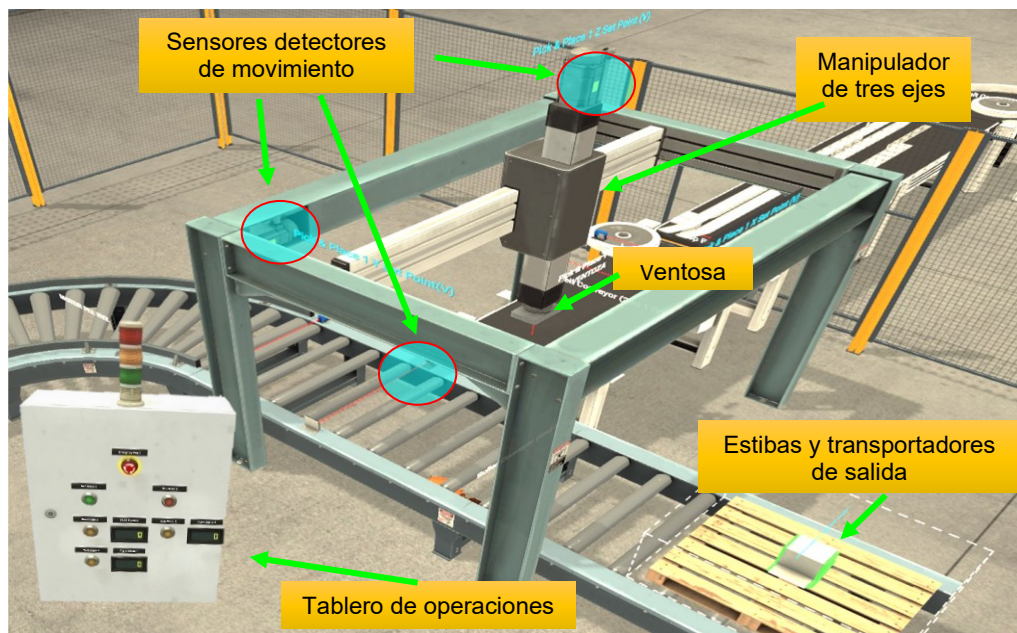


Ilustración 47, Componentes estación de trabajo pick and place, elaboración fuente propia.

El funcionamiento del proceso de la estación de trabajo Pick and Place es la de trasladar dos cajas medianas en el plano de coordenadas xyz y posicionar en el transportador de estibas, el proceso inicia pulsando el botón de start este a su vez activa los siguientes ciclos:

- El ciclo inicial se encarga de desplazar y posicionar el brazo en punto determinado, y el sistema de estibas hará lo mismo.
- Los siguientes ciclos funcionan bajo la condición que el sensor de paro del transportador derecho y el sensor de estibas estén activos.
- El funcionamiento del manipulador está dividido en dos partes debido a que se posicionan dos cajas por estiba.
 - 1) Detectada la caja y la estiba el manipulador inicia el ciclo tomando la caja con el sistema de ventosa desde el transportador final derecho y posteriormente la trasladarla hasta la estiba, este proceso se realiza teniendo en cuenta una serie de coordenadas que se determinaron en la programación.

- 2) Ubicada la primera caja en la estiba el manipulador vuelve al ciclo inicial y por medio de un contador inicia el segundo traslado de la caja hacia la estiba

Posicionada las dos cajas en la estiba se da por terminado el ciclo del proceso de la estación de trabajo permitiendo la salida completa de la estiba de acuerdo con un tiempo de retardo con el propósito energizar el transportador de estibas por unos segundos y resetear .los contadores para reiniciar nuevamente el ciclo.

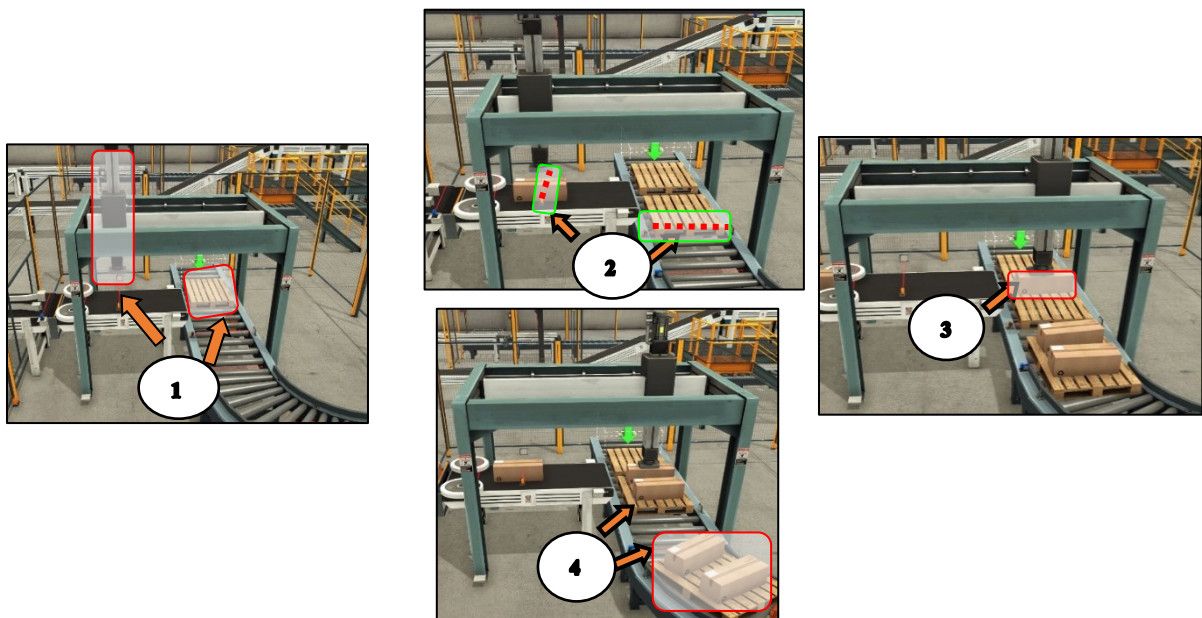


Ilustración 48, funcionamiento estación de trabajo pick and place, elaboración fuente propia.

- 1) Ciclo inicial posicionamiento del manipulador y la estiba.
- 2) Sensor del transportador final derecho y el del sensor transportador de estibas deben estar activos.
- 3) El manipulador traslada y las ubica las cajas en el transportador de estibas.
- 4) Ubicada las dos cajas en la estiba se termina el ciclo de proceso permite la salida de estiba e inicia nuevamente el ciclo.

4.7 Estación de trabajo two – axis pick and place

La esta estación de trabajo tiene como finalidad el transporte de carga liviana de un lugar otro, sus componentes son :

- Manipulador de dos ejes xz.
- Sistema de ventosas.
- Sensores detectores de movimiento del manipulador, estibas y cajas.
- Área de trabajo limitada.
- Tablero de operaciones.
- Sistema de estibas.

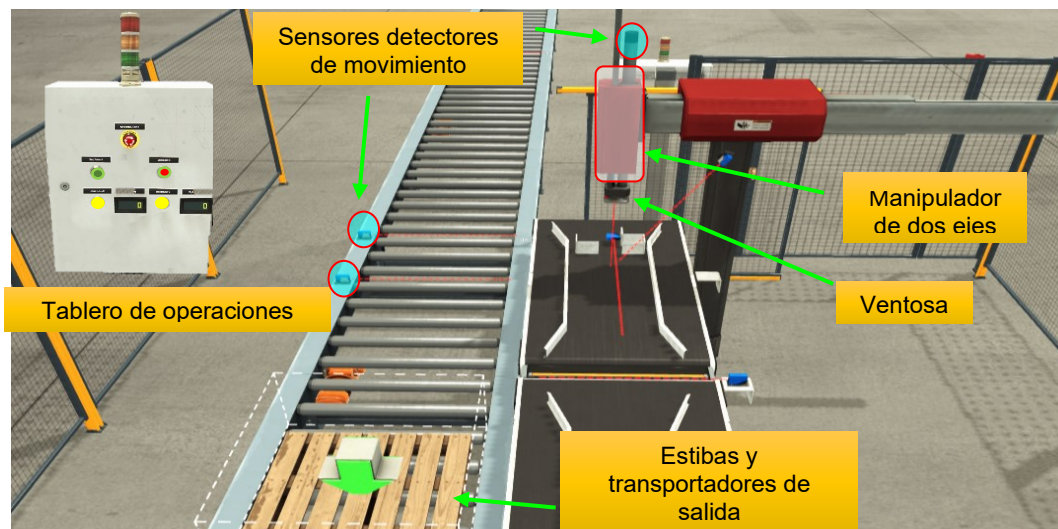


Ilustración 49, Componentes estación de trabajo two – axis pick and place, elaboración fuente propia.

El funcionamiento de la estación de trabajo two – axis pick and place trata de trasladar o mover un objeto de un lugar a otro en el plano de coordenadas xz con función rotatoria con un radio de giro de 360° con la condición de que lo hace cada 90° .

El proceso inicia pulsando el botón de start este a su vez activa los siguientes ciclos:

- El ciclo inicial se encarga de desplazar y posicionar el brazo en punto determinado, y el sistema de estibas hará lo mismo.
- Los siguientes ciclos funcionan teniendo en cuenta esta condición: el sensor de paro del transportador derecho y el sensor de estibas estén activos.

- El funcionamiento del manipulador es el siguiente:
 - Detectada la caja grande y la estiba el manipulador inicia el ciclo tomando la caja con el sistema de ventosa desde el transportador final izquierdo y posteriormente trasladarla hasta la estiba, este proceso se realiza teniendo en cuenta una serie de coordenadas que se determinaron en la programación.
 - Posicionada la caja en la estiba se da por terminado el ciclo del proceso de la estación de trabajo permitiendo la salida completa de la caja y a la vez se activa un temporizador encargado de resetear los contadores para reiniciar nuevamente el ciclo

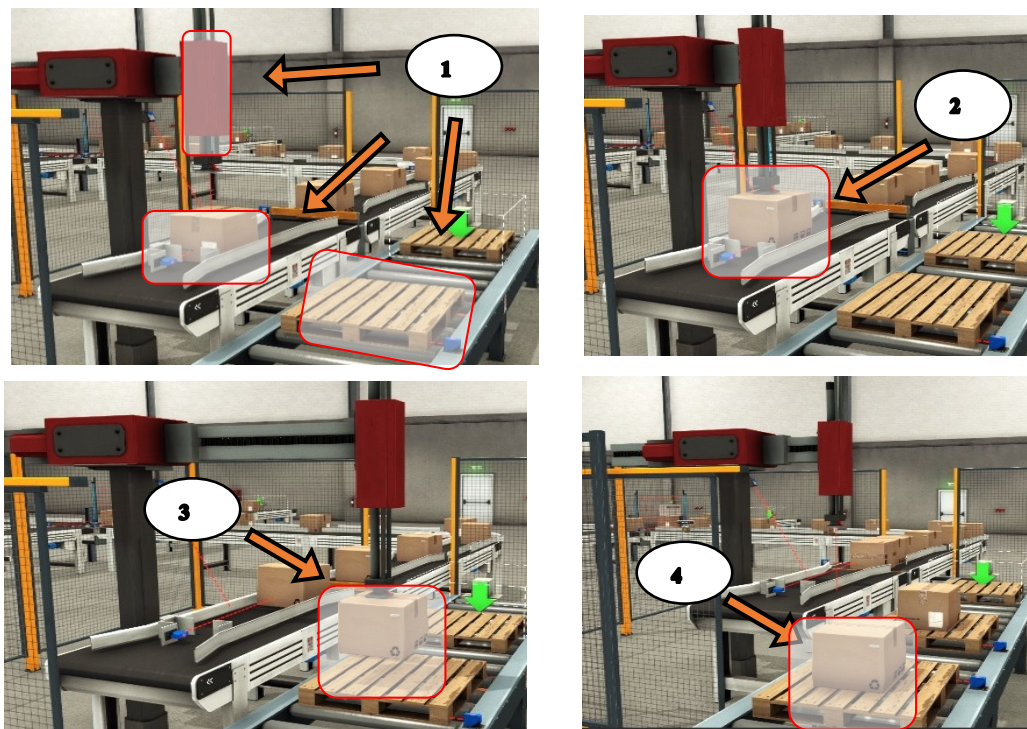


Ilustración 50, Funcionamiento estación de trabajo two-axis pick and place, elaboración fuente propia.

- 1) Caja, estiba y manipulador en posición para el ciclo inicial.
- 2) El manipulador se desplaza para tomar la caja .
- 3) El manipulador Traslada la caja al transportador de estibas.
- 4) Final del ciclo, energiza transportador de estibas y resetea contadores para reiniciar ciclo.

4.8 Estación de trabajo palletizer

La esta estación de trabajo palletizer está construida sobre una plataforma donde una elementos mecánicos y electrónicos encargados de agrupar y almacenar objetos como cajas sobre un estiba con la finalidad de formar una carga.

Los componentes de la estación de trabajo se dividen en dos partes :

Superior

- 1) Transportador final adelante.
- 2) Sensor contador de cajas.
- 3) Aleta con giro de 90°.
- 4) Transportador de entrada de cajas pallet.
- 5) Empujador.
- 6) Compuertas en el are agrupación de apertura o cierre.
- 7) Sensor contador de ciclos.
- 8) Sistema de acomodación y ajuste de cajas.
- 9) Área de agrupación.
- 10) Tablero de procesos.

Inferior

- 11) Sensores posicionamiento estiba.
- 12) Elevador de estibas.
- 13) Transportador entrada pallet estibas.
- 14) Transportador salida de pallet estibas.

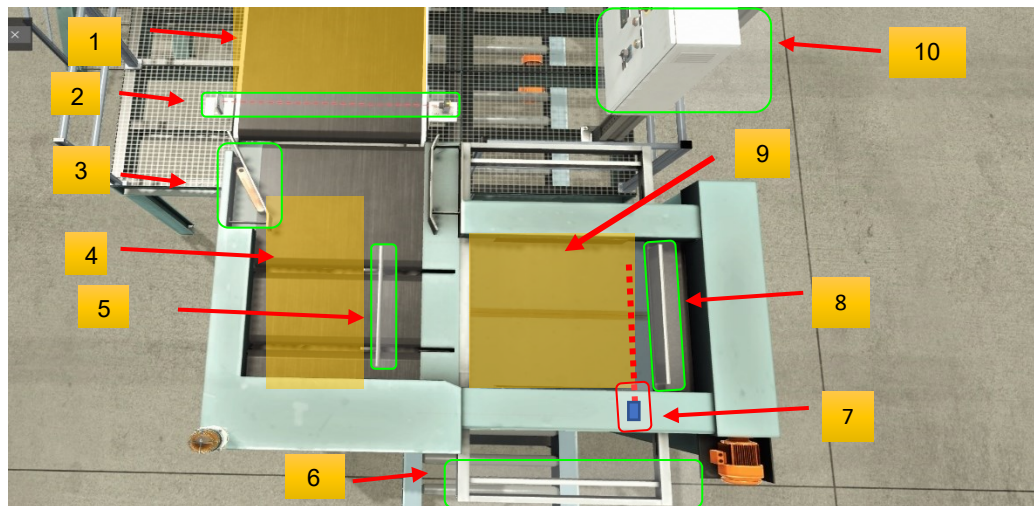


Ilustración 51, Componentes estación de trabajo palletizer parte superior, elaboración fuente propia.

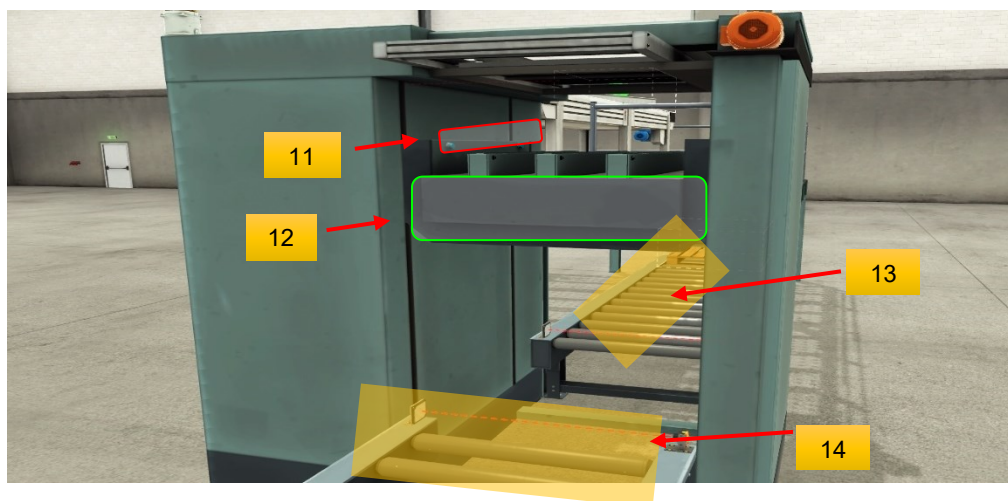


Ilustración 52, Componentes estación de trabajo palletizer parte inferior, elaboración fuente propia.

El funcionamiento de la estación de trabajo palletizer tiene como objetivo agrupar y posicionar un determinado número de cajas en área de agrupación y posteriormente se ubicarán en el elevador de estibas para formar una carga, este proceso se realiza por ciclos los cuales explicaremos a continuación:

- 1) Para poner en marcha la estación de trabajo se activa el botón pulsador start en el tablero de procesos.
- 2) Accionado el pulsador da inicio al primer ciclo, este se encarga agrupar y posicionar 6 cajas en el área de agrupación bajo las siguientes condiciones:

- Primera: se debe dejar ingresar solo 3 cajas a la estación de trabajo donde son detectada por el sensor contador y este activa el transportador de entrada.
 - Segunda: ingresadas las cajas se activa la aleta que se encarga de situar la posición de la caja vertical o horizontal según el ciclo.
 - Tercera: ingresadas las tres cajas al transportador de entrada se activa un tiempo de retador para que se acomoden en el empujador.
 - Cuarta: culminado el tiempo de retardo se activa el empujador trasladando las cajas al área de agrupación.
 - De acuerdo con las anteriores condiciones mencionadas estas se repiten hasta tener 6 cajas en área de agrupación donde las detecta el sensor de ciclos.
 - Quinta: a la vez que ingresan las cajas en el transportador de entrada el transportador de entrada de estibas se energiza para trasladarlas al elevador
 - Sexta: cumplida la condición cuarta y quinta se activa un temporizador de retardo con el fin de activar el sistema de acomodación y ajuste para sujetar las cajas.
 - Séptima: culminado el tiempo del temporizador en el sistema de acomodación se abren las compuertas de área de agrupación y posteriormente se sueltan las cajas en el elevador de estibas terminado el primer ciclo.
- 3) De acuerdo con las condiciones anteriormente mencionadas estas se repiten en los siguientes 4 ciclos para completar 5 filas en la estiba para formar la carga final, por otra parte, la posición de la caja es diferente en cada ciclo, cuando la caja tiene posición vertical solo de deben ingresar tres cajas a la vez hasta completar 6 en área de agrupación, la otra posición es horizontal y solo deben ingresar dos cajas a la vez hasta completar 6 en área de agrupación.
- 4) Ciclo final, completados los cinco ciclos anteriormente mencionados se activa el elevador hasta la posición baja final, cuando llega a esta posición se activa

- 5) el transportador del elevador trasladando la estiba donde se detecta por el sensor del transportador final de estibas activando el transportador para su disposición final .

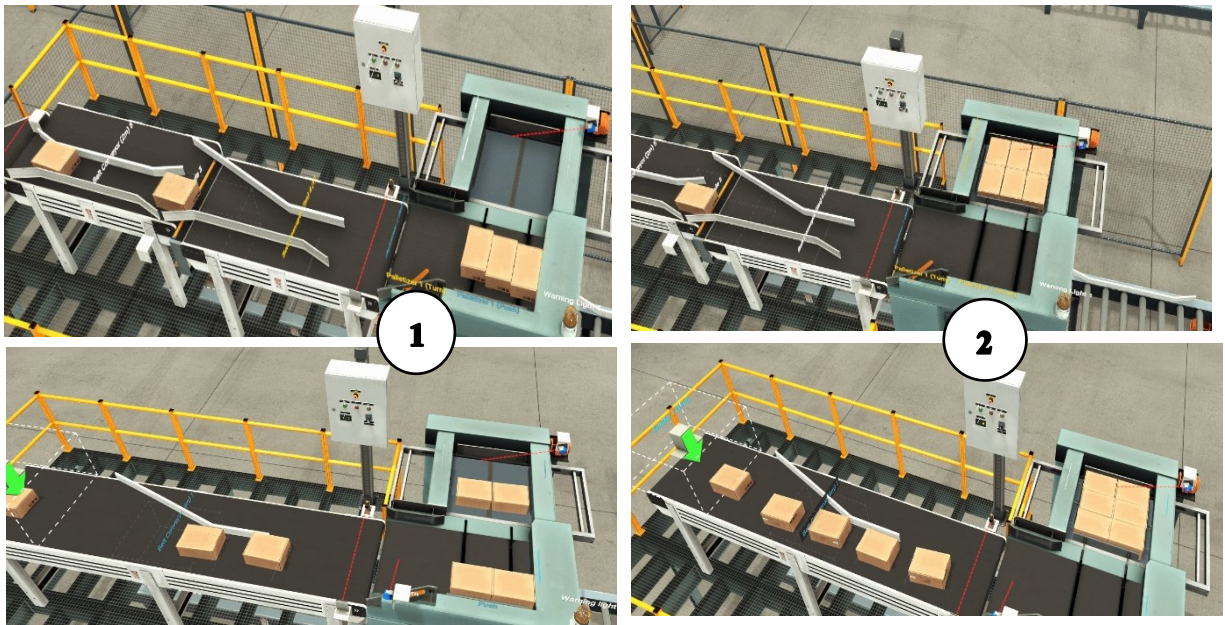


Ilustración 53, Funcionamiento estación de trabajo estación de trabajo palletizer, elaboración fuente propia.

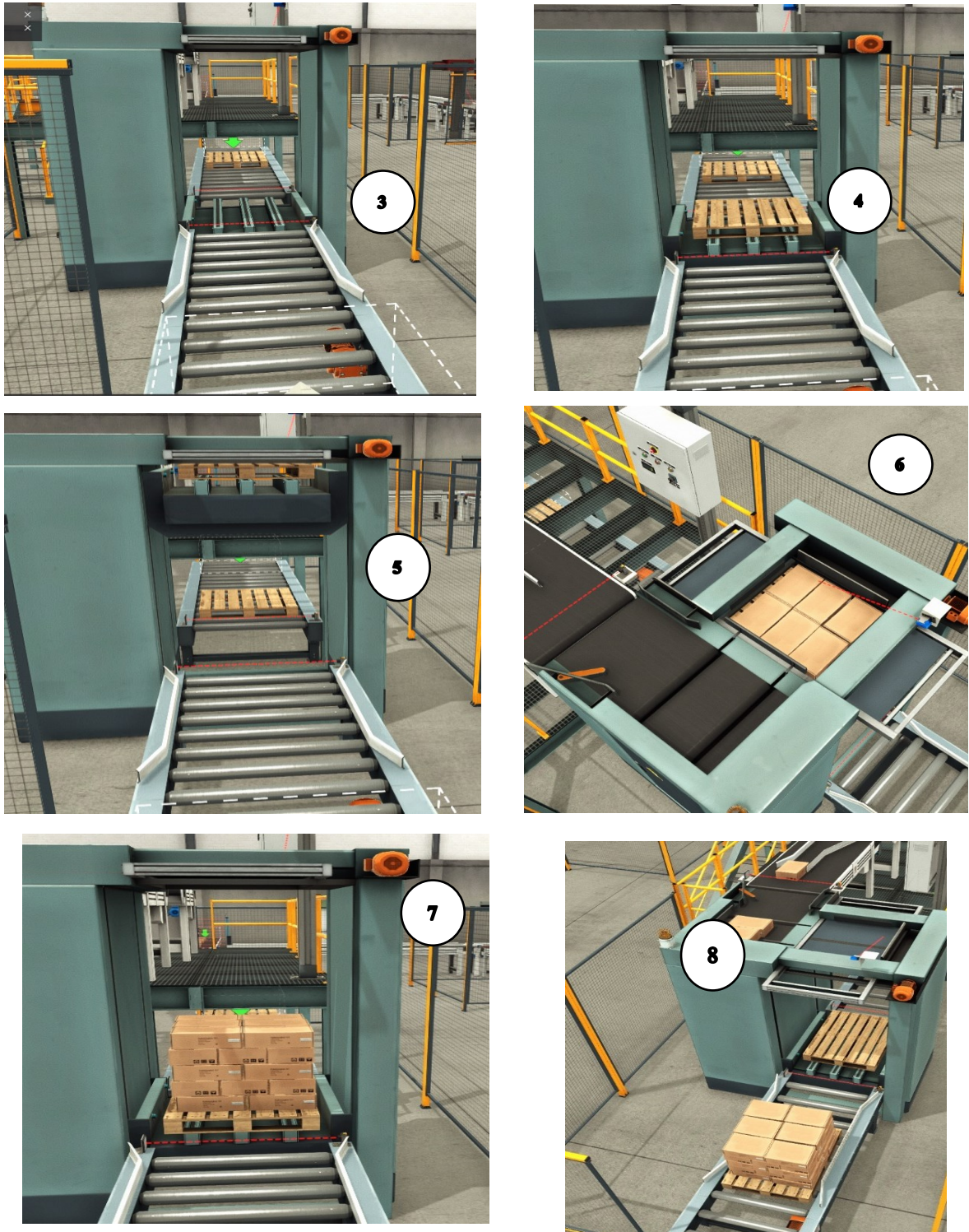


Ilustración 54, Funcionamiento estación de trabajo estación de trabajo palletizer, elaboración fuente propia.

- 1) Ingresan las cajas, máximo tres cajas en posición vertical y en posición horizontal dos.
- 2) El empujador se encarga de trasladar las cajas al área de agrupación, se realizan dos ciclos para tener un total de seis cajas, cuando las cajas están en el área de agrupación se activa el sistema de acomodación y ajuste para sujetar las cajas.
- 3) Cuando se pulsa el botón de start se activa transportador de estibas.
- 4) Cuando se aproxima la estiba al elevador esta energiza el transportador de cadenas para hacer el ingreso, dentro del elevador hay dos sensores que se encargan de parar la estiba.
- 5) Activos los dos sensores el elevador sube hasta límite.
- 6) Estando la estiba en su posición se abren las compuertas y después de un tiempo determinado se desactiva el sistema de acomodación y ajustes soltando las cajas para que las reciba la estiba,
- 7) El ciclo final del pallet debe estar conformado por 5 capas de cajas para que se active un temporizador encargado de energizar el elevador para que descienda a la posición final.
- 8) El elevador ubicado en la posición final y el temporizador desactivado se energiza el transportador de cadenas del elevador trasladando la caja al transportador de salida de estibas donde inmediatamente es detectado por el sensor quien activará otro temporizador encargado de resetear los contadores para reiniciar nuevamente el ciclo de la estación de trabajo activa el transportador de salida para su disposición final.

5. Análisis y resultados

5.1 Identificación de los sensores, actuadores y elementos para el proceso

El continuo desarrollo de las industrias 4.0 ha permitido que los procesos cada vez sean más autónomos y sofisticados donde las herramientas o dispositivos de instrumentación juegan un papel importante de acuerdo con la necesidad de conocer y entender el funcionamiento, ya que nos permiten visualizar en cualquier instante que está sucediendo en el proceso puesto que estos pueden verificar o medir variables físicas o químicas que determinan si las condiciones son las más idóneas en donde los sistemas de control intervienen en la toma de decisiones o acciones correctivas para el correcto funcionamiento.

La identificación de los sensores, actuadores y elementos para el proceso del clasificador de cajas de diferentes tamaños, se tienen en cuenta como principal herramienta el software de simulación Factory IO donde se diseñó el proceso ya que este trae predeterminado un conjunto de piezas basada en equipos industriales, estas se dividen en las siguientes categorías.

- Elementos.
- Cargas pesadas.
- Cargas ligeras.
- Sensores.
- Operadores.
- Estaciones de trabajo.
- Dispositivos de advertencia.
- Estructuras para montajes.
- Emisor y eliminador.

De acuerdo con las categorías mencionadas y la siguiente ilustración donde se representa el proceso del clasificador de cajas se identifican los sensores ,actuadores y elementos necesarios del proceso basándonos en las piezas del software.

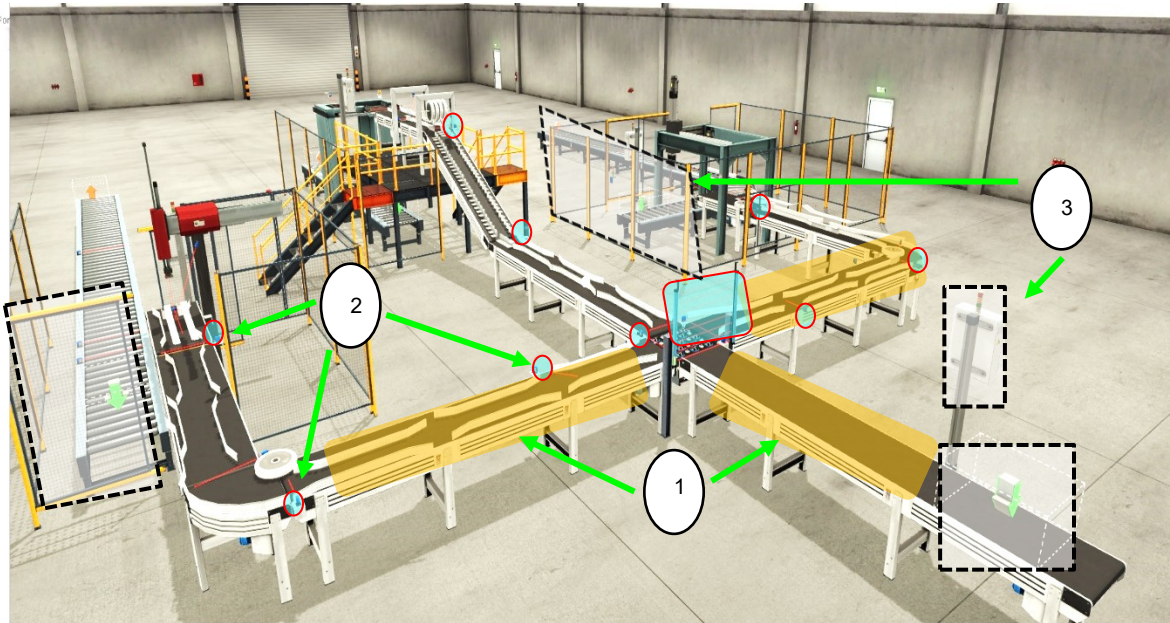


Ilustración 55, posición de los sensores, actuadores y elementos del proceso, elaboración fuente propia.



- 1) Sistema de actuadores.
- 2) Sistemas de sensores.
- 3) Elementos como operadores, sistemas de advertencia, estructura de encerramiento, alineadores y guardas de seguridad.
- 4) Sistema de control.

5.1.1 Actuadores

A continuación, se mostrarán los diferentes actuadores utilizados en el proceso

- **transportador de banda de carga ligera:** Este sistema solo trabaja con elementos u objetos que no sean tan pesados, consta de un motor, motorreductor y una banda , usos en laboratorios farmacéuticos, alimentos y bebidas.




Tabla XVI transportador del proceso

Transportadores de banda	<ul style="list-style-type: none"> • Se utilizan para transportar cargas ligeras • Posee diferentes longitudes (2,4,6 m). • Se puede controlar de forma digital o análogo y adicional se le puede variar la velocidad. • Velocidades en digital 0,6 m/s y análogo 3m/s. 	
transportador de banda curva	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede controlar de forma digital o análogo y adicional se le puede variar la velocidad. 	

Elaboración fuente propia.

- **Actuador neumático** : Son sistemas capaces de convertir energía de aire comprimida en un movimiento mecánico para la aplicación de diferentes tareas en la industria.

Tabla XVII actuadores del proceso



Stop Blad	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo accionado neumáticamente para el paro o acumulación de objetos • Carrera 0.12 m 	
Empujador neumático	<ul style="list-style-type: none"> • o equipado con dos sensores que indican los límites delantero y trasero • Carrera 0.9m • Velocidad 1m/s 	
Clasificador de rueda emergente	<ul style="list-style-type: none"> • Permitir desviar elementos en tres direcciones con un alguno de 45° y funciona mediante rodillos pivotantes 	

	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad 1,5 m/s 	
--	---	--

Elaboración fuente propia.

- **Transportador de carga pesada** : Es un sistema que permite carga pesada , está conformado por rodillos , motor y motorreductor equipo robusto ancho y de baja altura.

Tabla XVIII transportador de carga pesada

Transportador de rodillos	<ul style="list-style-type: none"> • Es un transportado de alta resistencia. • Posee diferentes longitudes (2,4,6 m). • Se puede controlar de forma digital o análogo y adicional se le puede variar la velocidad. • Velocidad configuración digital 0.45ms y análoga 0.8m/s 	
Transportador de rodillos curvos	Se puede controlar de forma digital o análogo y adicional se le puede variar la velocidad. Su radio es de 0.046 m	

Elaboración fuente propia.


5.1.2 Sensores

A continuación, se mostrarán los diferentes sensores usados en el proceso:

- **Sensor difuso:** Es un dispositivo capaz de detectar la presencia de objetos solidos por medio de un haz de luz, su estructura tiene la configuración de emisor y recetor en la misma carcasa, su funcionamiento comienza por emitir un haz de luz y cuando algún objeto solido lo corta la luz emitida refleja en el objeto devolviéndola en diferentes ángulos y el receptor

analiza la cantidad de luz recibida para compararlo con algún umbral para que se active, su principal uso se realiza en zonas libre del polvo , en zonas de difícil acceso y la detección de objetos pequeños.

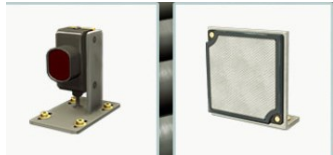
Tabla XIX sensores del proceso

Nombre	Descripción	
Sensor difuso	<ul style="list-style-type: none"> • Detecta elementos sólidos independientemente del material. • Rango de detección: 1.6m • Pose un led indicador detección de objetos. • Detección sin contacto 	

Elaboración fuente propia.

- **Sensor difuso Retro-reflectivo:** Este se compone de un espejo réflex, un emisor de luz y un recetor donde el emisor y el receptor se ubican en la misma carcasa, su funcionamiento consiste en emitir un haz de luz donde incide en el espejo réflex y retorna al receptor, para que este sensor se active el objeto tiene que interrumpe el haz de luz . se utilizan para conteos o presencia de partes.

Tabla XX sensores del proceso

sensor retrorreflectante	<ul style="list-style-type: none"> • Es un sensor emisor de luz que necesita de un reflector para su funcionamiento. • Detección de materiales sólidos. • Rango de detección: 6 m • Pose un led indicador detección de objetos. • Ideal para contadores 	
--------------------------	--	---

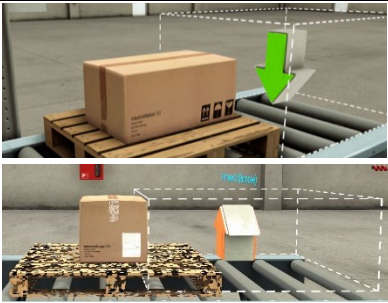



Elaboración fuente propia.

5.1.3 Elementos

Los elementos son todos componente que se utilizaron adicionales en el diseño del proceso que van desde la estructura , tableros de operación, sistemas de alineación, sistemas de advertencia etc. Permitiendo el correcto funcionamiento del proceso.

En la siguiente tabla se mostrarán los elementos escogidos para este proceso:

Tabla XXI elementos implementados en el proceso




Nombre	Descripción	
Emisor y eliminador	<p>Estos se encargan de introducir o eliminar elementos como (cajas, pallet y materias primas) que se utilizaran para el desarrollo del proceso</p> <p>Se puede configurar el tiempo, la cantidad y la posición de los objetos o piezas</p>	
sistemas de alarma	<p>Se utiliza en ambientes industriales como sistemas de advertencia o evento según la tarea programada, suelen ser visuales o auditivas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • baliza 	
cajas	<p>Hay tres tipos de cajas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cajas para pallet: 3kg • Caja mediana: 10 kg • Caja Grande: 15 kg 	
pallet	<p>Utilizados para transportar hay dos tipos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pallet cuadrado: 20 kg • Pallet: 20 kg 	

<p>Estructura para montajes</p>	<p>Estas estructuras sirven para la creación de montajes donde se requiera, algún encerramiento, guardas de seguridad, agregar pisos etc.</p> <p>las estructuras utilizadas son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Escaleras. • Plataformas. • Pasamanos. • Estructura de alineación y soportes • Rejas de protección 	
---------------------------------	---	---

Elaboración fuente propia.

- **Operadores:** Son dispositivos de tipo botonera encargados de operar los procesos para dar marcha o paro de estos mismos también sirven como sistemas de seguridad en caso de alguna emergencia.

Tabla XXII operadores del proceso

Nombre	Descripción	
Parada de emergencia	Pulsador con enclavamiento normalmente cerrado.	
Botones pulsador	<p>Pulsadores luminosos de acción momentánea.</p> <p>Código de colores</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rojo: parada • Amarillo: reinicio • Verde: inicio • Rojo: paro 	
Pantalla digital	Permite mostrar valores numéricos.	

Elaboración fuente propia.

5.1.4 Controlador

SIMATIC S7-1500, CPU 1511-1 PN.

La versión SIMATIC S7-1500 es el resultado del continuo desarrollo de los controladores lógicos programables del fabricante siemens donde actualmente estos sistemas cuentan con altos rendimientos de procesos poseen tiempos de reacción más cortos con procesamientos hasta 1ns en la cpu, detección y corrección rápida de fallos y además implementan sistemas de protección en las etapas de autorización y la integración de las comunicaciones, una de la ventajas de este sistema es que cuenta con un display el cual permite realizar configuraciones, gran capacidad de memoria, tiempo de vida 50 horas de tiempo operativo .

En la siguiente tabla se muestran las especificaciones :

Tabla XXIII especificación del controlador

ESPECIFICACION:	
Designación del tipo de producto	CPU 1511-1 PN
Versión de firmware	V2.8
TIA Portal configurable/integrado a partir de la versión	V16 (FW V2.8) / V15 (FW V2.5) o superior; con versiones anteriores de TIA Portal.
Pantalla digital	3,45 cm
PARAMETROS DE ALIMENTACION	
Tipo de tensión de alimentación	24 V CC
rango permitido, límite inferior (DC)	19,2 V
rango permisible, límite superior (DC)	28,8 V
Protección contra polaridad inversa	Sí
INTERFAZ	

RJ 45 (Ethernet)	Sí
Número de puertos	2
Cliente OPC UA	Sí
PROTOCOLO	
<ul style="list-style-type: none"> • Protocolo IPv4 • Controlador PROFINET IO • Protocolo IP • Comunicación SIMATIC • Servidor web • Opc-ua 	<ul style="list-style-type: none"> • Si • Sí • Sí • Sí • Sí • SI

Elaboración fuente propia.

5.2 Simulación del comportamiento del PLC mediante las plataformas Factory I/O y TIA portal

En esta sección se describirá los diferentes softwares utilizados en la implementación del comportamiento del PLC mediante el proceso de clasificación y embalaje de cajas de tres tamaños diferentes. A continuación, se dará una breve descripción de los entornos de simulación. TIA portal y Factory I/O

5.2.1 Entorno de los simuladores del TIA portal y el Factory I/O

El entorno de simulación en la industria hoy en día juega un papel importante ya que esta tecnología se fundamenta como base para el desarrollo de la industria 4.0 donde se relaciona con los sistemas ciber físicos, que se encargan de virtualizar procesos en forma de maquetas o modelos digitales permitiendo interactuar con dispositivos como sensores, actuadores, sistemas de control y software, todo esto con el fin de que los procesos sean más eficientes, los tiempos de producción más rápidos, costos de

fabricación bajos y la predicción de errores para la toma de decisiones o mejoras de los procesos.

En la actualidad esta tecnología no solo es utilizada en la industria también colabora con las siguientes disciplinas:

- Ciencia y tecnología.
- Economía.
- Ciencias sociales.
- Arquitectura y construcción.
- Educación.

En el desarrollo del proyecto del clasificador y embalaje de cajas de tres tamaños diferentes, grande, mediana, pequeña. Se simulo el comportamiento del proceso que se verá reflejado en el siguiente diagrama el cual muestra el uso de las plataformas y la conexión de estas.



Ilustración 56, diagrama de las plataformas utilizada para simular del comportamiento del PLC, elaboración fuente propia.

En el diagrama se puede evidenciar el uso de la plataforma TIA portal (1), la cual se encarga de realizar la programación o el control del proceso. Luego, mediante el protocolo TCP/IP encargado de transporte y envío de datos entre los dispositivos, se

habilita el simulador PLC(2) para cargar la programación realizada que se puede ver reflejada en la plataforma Factory I/O(3). Ya que esta nos permite diseñar el proceso y simularlo permitiendo observar el comportamiento de las variables.

Para terminar a continuación se mostrará las configuraciones correspondientes en las plataformas ya mencionadas

5.2.2 Factory I/O

A continuación, hablaremos del simulador del Factory I/O:

Esta herramienta además de solo simular un proceso que nos permite diseñarlo, posee un área de trabajo donde tiene una variedad de componentes industriales los cuales utilizaremos para el diseño.

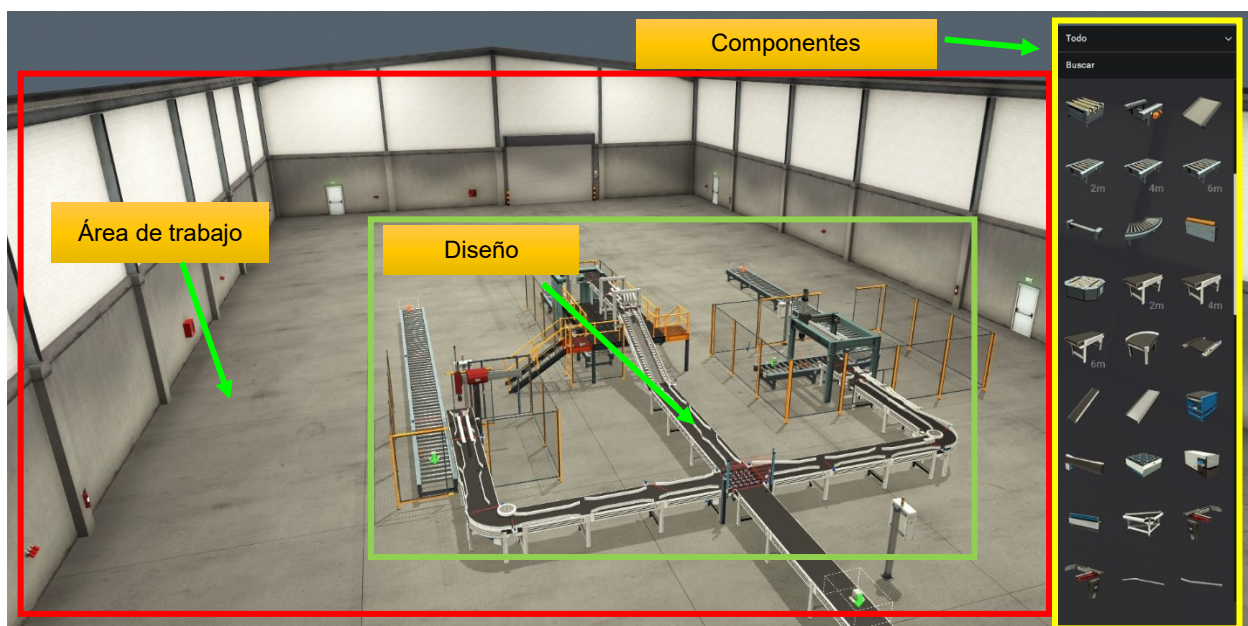


Ilustración 57, área de trabajo del software Factory IO, elaboración fuente propia.

Diseñado el proceso pasaremos a configurar las entradas y salidas de los dispositivos y seleccionaremos el controlador.

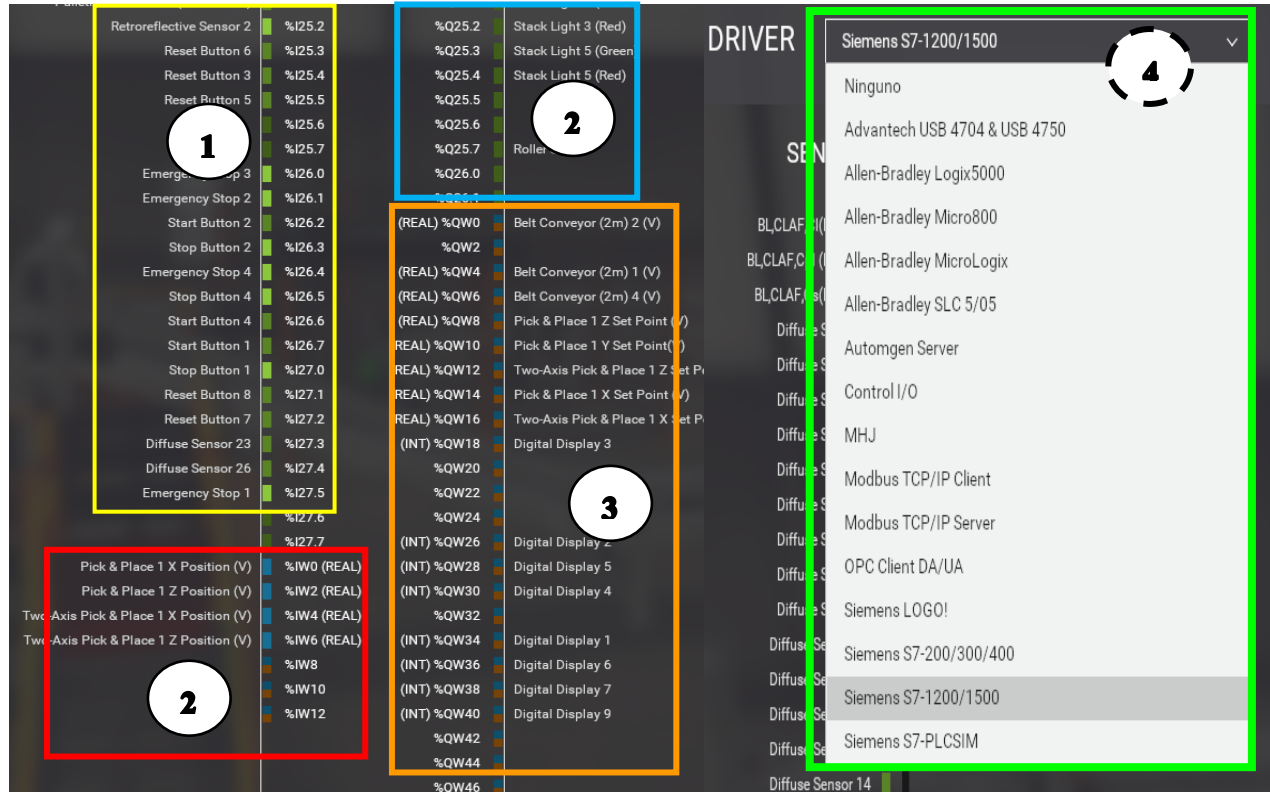


Ilustración 58, configuración de entradas y salidas en simulador, elaboración fuente propia.

- 1) Entradas: %I25.5.
- 2) Entradas analógicas : %IW0.
- 3) Salidas: %Q25.4.
- 4) Salidas analógicas:%QW2.
- 5) Controlador: siemens S7-1200/1500 o siemens S7-PLCSIM.

Como se puede ver en la ilustración anterior para abrir esta ventana de configuración en el Factory debemos seleccionar archivo, esto desplegará varias opciones, escogemos driver donde nos abrirá las configuraciones de ahí seleccionamos los nombres de las variables que se colocaron a los dispositivos y por último el controlador donde se puede escoger dos opciones, el siemens S7-1200/1500 o siemens S7-PLCSIM los cuales

permite la comunicación con el simulador de tía portal v16 para poder ejecutar la programación.

Configuración de comunicación desde el Factory IO.

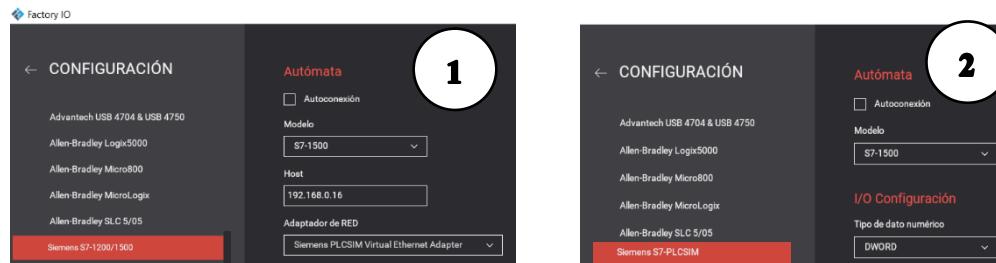


Ilustración 59, configuración de los controladores en Factory IO, elaboración fuente propia.

- 1) Siemens S7-1200/1500.
- 2) Siemens S7-PLCSIM.

La primera configuración la utilizamos para comunicarnos con PLC en físicos y hay la opción del PLC virtual que es controlado por ethernet, se debe agregar la ip del PLC y seleccionar el modelo de controlador, la segunda configuración la utilizamos cuando queremos conectarnos virtualmente con el PLC estando en la misma máquina el seleccionara automáticamente el modelo del controlador.

Realizada la configuración, nos vamos a la opción de conectar e iniciamos la simulación del proceso



Ilustración 60, correr simulación en el Factory IO, elaboración fuente propia.

5.2.3 TÍA portal v16

La herramienta TÍA portal v16 es un software de programación para dispositivos PLC de la marca siemens, en este software se puede realizar el control y las operaciones como, condiciones, operaciones matemáticas, comunicación y las configuraciones necesarias para que el proyecto o proceso al momento de ejecutarlo funcione correctamente, adicional la marca siemens nos ofrece otras herramientas como los simuladores donde esta tecnología es utilizada en el desarrollo de la industria4.0 permitiendo a los usuarios implementar procesos virtuales para identificar posibles problemáticas y reducción de costos al implementarlas físicamente.

Dentro la gama del software de siemens hay dos tipos de simuladores :


- S7-PLCSIM V16

Esta herramienta simula una CPU real, pero no módulos o configuraciones conectada a dispositivos de entrada y salida como aplicaciones, solo se encarga de ejecutar la programación.

Especificaciones de funcionamiento Para S7-PLCSIM:

Procesador Intel® Core™ i5-6440EQ, hasta 3.40 GHz, RAM 16 GB de memoria, 80 GB de disco.

A continuación, se explicará la configuración del simulador:

Para habilitar el simulador en el TÍA portal se va al  icono de simulación, activado el icono aparece una ventana en que se debe configurara la interfaz para poder buscar el dispositivo.

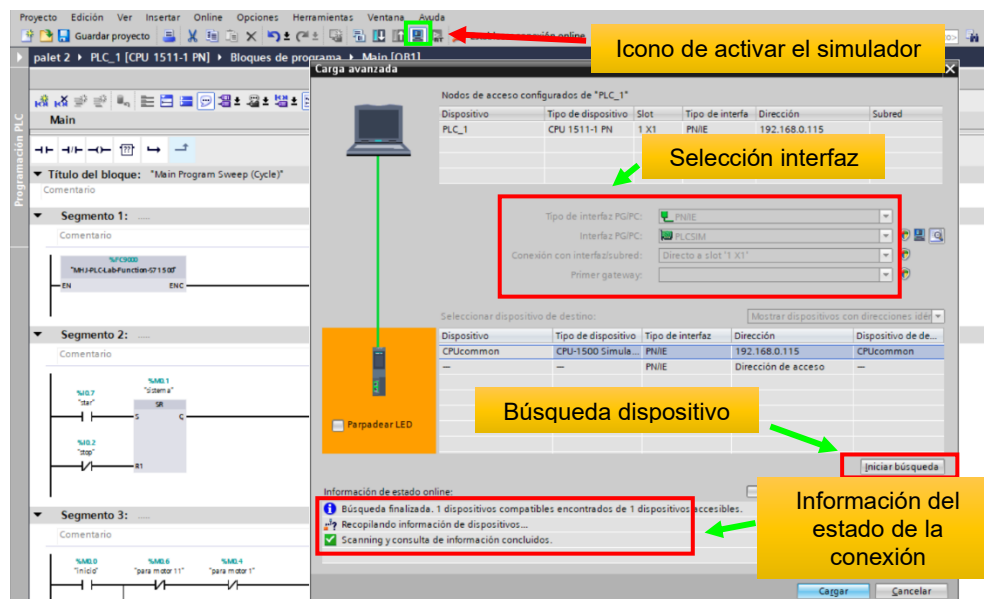


Ilustración 61, Habilitar simulador desde el TIA portal, elaboración fuente propia.

Detectado el PLC pulsamos la opción cargar, una vez cargado nos encontramos con una ventana que nos indica el estado de funcionamiento del PLC ,cuando el simulador esta activo y sin cargar el programa aparecerá un led amarillo y cuando el sistema esta carga aparece un led verde indicando que está funcionando correctamente donde también aparecerá la dirección ip del equipo.



Ilustración 62, Estado de conexión del simulador, elaboración fuente propia.

Cargado el programa en el simulador S7-PLCSIM V16 activamos el controlador en el Factory IO para realizar la comunicación y la simulación del proceso.

- S7-PLCSIM Advanced V3.0

Al igual que el simulador s7-plcsim v16 este recrea controladores virtuales para simular modelos de PLC 1500 y 200sp de la marca siemens, donde se pueden probar y validar proyectos o procesos en una sola máquina, con la ventaja que se pueden conectar aplicaciones con diferentes protocolos comunicación como, enlaces s7, comunicación abierta y opc ua con las cuales se puede interactuar con servidores web, Adicionalmente se pueden simular varios PLC a la vez.

Especificaciones del sistema son:

Procesador o núcleo Intel Core i7-6820EQ lógico, 1 GB por cada instancia arrancada, 4 GB para el sistema operativo y 5 GB de memoria libre en el disco duro .

Para hacer la conexión con este simulador debemos abrir el S7-PLCSIM Advanced V3.0 donde nos encontramos con una serie de parámetros para configurar.

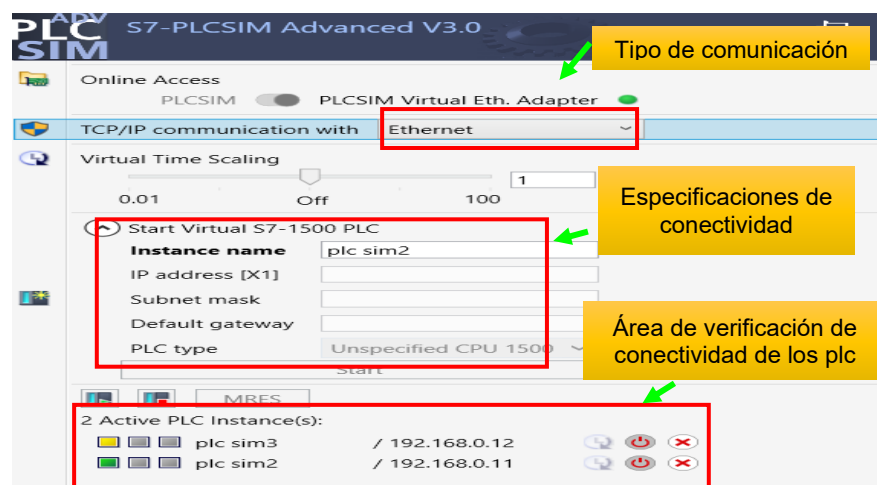


Ilustración 63, Parámetros de configuración del S7-plcsim Advanced V3.0, elaboración fuente propia.

- Abierta la configuración debemos seleccionar el tipo de adaptador para hacer la comunicación, para esta configuración tenemos dos tipos, local o ethernet, después de haber seleccionado el adaptador, bebemos llenar los parámetros de

red , el nombre que quiera darle al proyecto ,la ip debe tener la misma dirección que se colocó en la programación en el TIA portal , la máscara de subred se coloca automáticamente, la pueta de enlace estándar debe concordar con la configuración que posee el adaptador de red que tenga en su equipo, por ultimo seleccionamos el modelo de PLC a utilizar.

Llenados los parámetros de configuración le damos inicio al simulador.

- En el área de verificación de conectividad e iniciado el PLC se puede observar el estado de este, cuando el led esta de color amarillo quiere decir que el dispositivo PLC está conectado, pero no se le ha cargado la programación y cuando esta de color verde nos indica que el PLC está conectado y cargada la programación sin errores.

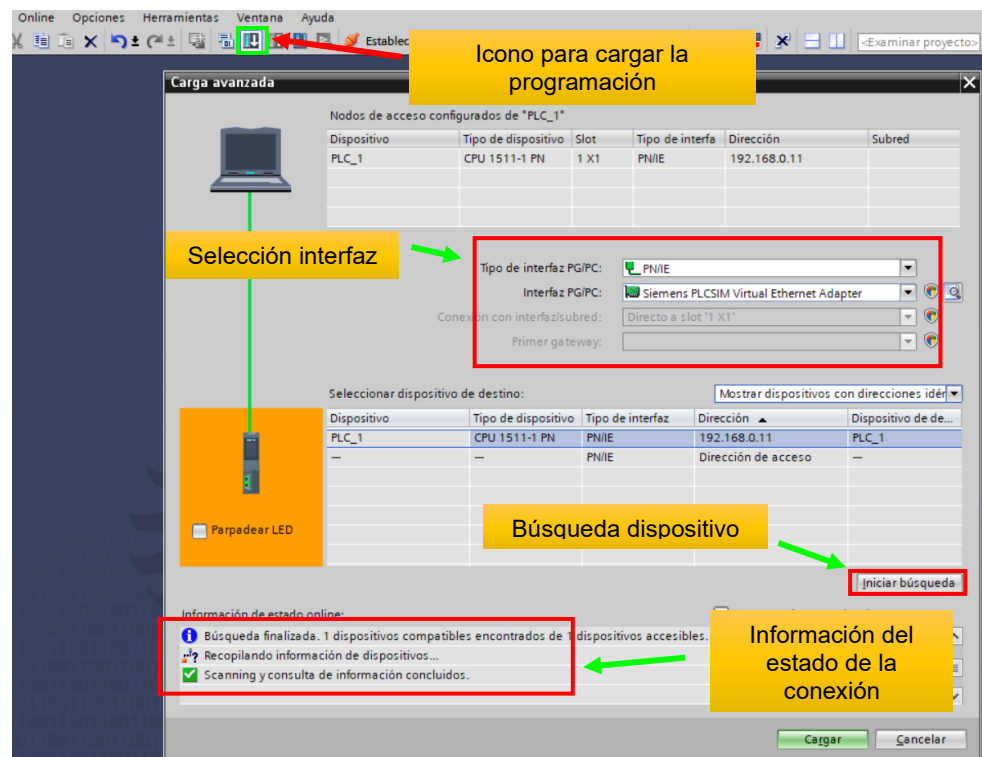


Ilustración 64, Cargar la programación desde el TIA portal, elaboración fuente propia.

- En el TIA portal v16 a diferencia del S7-PLCSIM V16 no se activa el icono de simulación sino se activa el icono de cargar la programación directamente al PLC,

en la ventana de configuración seleccionamos la interfaz, después pulsamos en el icono inicio de la búsqueda del dispositivo, encontrado el dispositivo le damos cargar la programación para comenzar la simulación en el Factory IO.

5.2.4 Subir los datos a la nube

La nube o computo de la nube es una herramienta que permite a las organizaciones la introducción de recursos tecnológicos configurables como: servidores, servicios, almacenamiento, aplicaciones y virtualización avanzada con la posibilidad o capacidad de adaptación para atender las necesidades y demandas de los usuarios , donde todas las herramientas mencionadas anteriormente se ubican en servicios web, las ventaja de utilizar la nube para las diferentes organizaciones es la reducción de sus costos, ya que esta herramienta provee la infraestructura , el hardware y software necesarios de acuerdo a las necesidades del cliente y las disponibilidad de la información en cualquier momento y en cualquier parte del mundo solo con acceder a la web.

En el desarrollo de este proyecto para poder acceder al recurso de la nube recurrimos a los siguientes softwares:

- TÍA portal..
- UaExpert.
- Node-red.
- Ubidots
- S7-PLCSIM Advanced V3.0.
- S7-PLCSIM V16.
- NetToPLCsim.

Como herramienta principal utilizaremos el software TIA portal donde fueron creadas las variables, los simuladores que son los encargados de ejecutarla y con estos dos softwares obtendremos las variables o datos que se subieran al cómputo de la nube.

En este proyecto se utilizaron dos protocolos de comunicación para subir los datos a la nube :

Protocolo Opc-ua

De acuerdo con el marco teórico este protocolo es parte del desarrollo de la industria 4.0 ya que nos ofrece la seguridad en la transmisión de los datos, toma como norma la ICE 62541 en la protección de la comunicación y transporte de datos y el direccionamiento de toda la seguridad de la industria.

De acuerdo con el siguiente diagrama se explicará cómo se captaron los datos y se enviaron al servidor en la nube utilizando el protocolo Opc ua en una red local.

Servidor opc-ua (4)

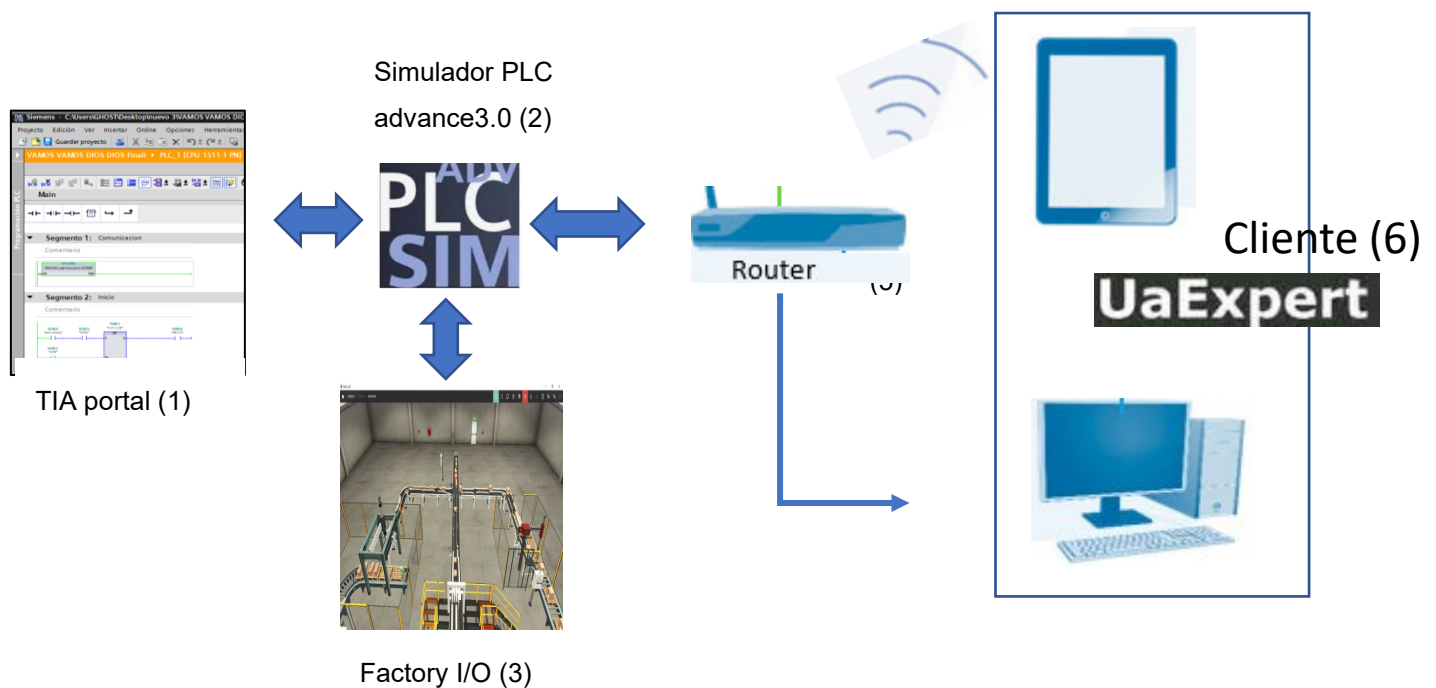


Ilustración 65, diagrama de diferentes softwares utilizados para subir los datos a la nube, elaboración fuente propia.

En el diagrama se puede evidenciar el uso de la plataforma TIA portal (1), la cual se encarga de realizar la programación o el control del proceso. Luego, se habilita el simulador PLC advance3.0 (2) para cargar la programación realizada, además se usa como herramienta para la captación de los datos o variables y también se configura para habilitar la opción de servidor Opc ua(4), posterior se habilita la plataforma Factory I/O(3),

donde se simula el proceso. Luego, por medio de un router(5) y el puerto ethernet de nuestra computadora se realiza un switch a un puerto Virtual Ethernet Adapter quien se encarga de comunicar los datos al servidor cliente UaExper con la dirección ip del PLC y el puerto 4840, donde identifica el servidor Opc ua en el cliente servidor mostrando las variables seleccionadas por el TIA portal como: el conteo de las cajas pequeña, media y grande además inicio y paro del proceso. Activo el proceso del clasificación y embalaje de cajas de tres tamaños diferentes el PLC simulado capta la información y la envía a través del servidor Opc ua el cual la recibe el cliente servidor donde se pueden visualizar las variables en tiempo real y en diferentes dispositivos siempre y cuando estos estén conectados a la red local e instalado el software del cliente servidor.

A continuación, se muestran las configuraciones de los diferentes softwares utilizados en el protocolo Opc ua:

- El software TIA portal se debe configurar como opc- ua servidor, al crear un proyecto nuevo se configura el hardware de la CPU 1511-1 PN en las propiedades.

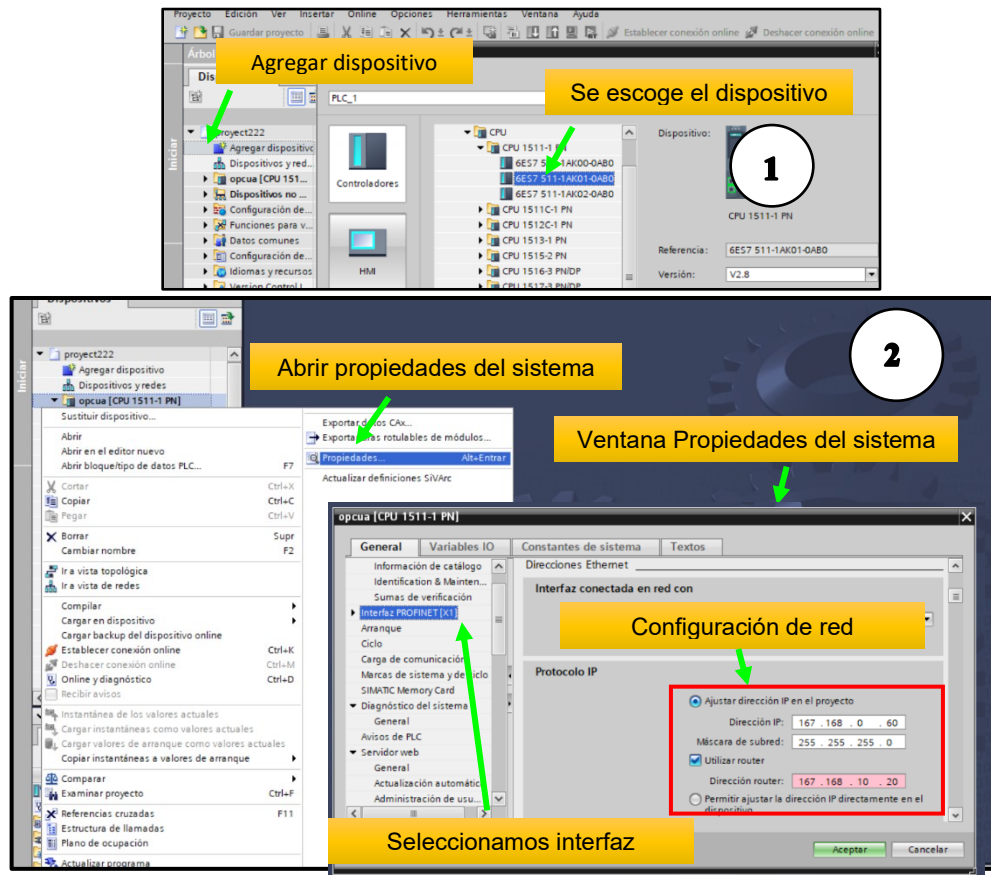


Ilustración 66, configuración del dispositivo plc CPU 1511-PN, elaboración fuente propia.

- 1) En el cuadro primero seleccionamos agregar dispositivo, nos abrirá otra ventana donde escogemos la CPU 1511-1 PN.
- 2) En el segundo cuadro abrimos las propiedades del sistema, posteriormente nos abre la ventana de propiedades donde seleccionamos general e interfaz profinet[x1] donde configuramos la ip del PLC y la dirección del router de su residencia.

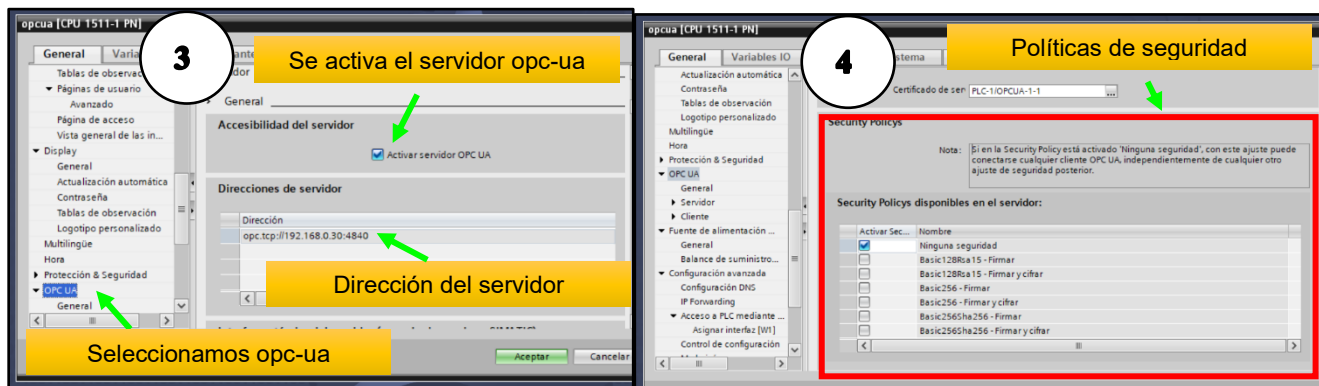


Ilustración 67, configuración servidor opc-ua, elaboración fuente propia.

- 3) En el tercer cuadro seleccionamos opc-ua, posteriormente activamos el servidor opc-ua, cuando se activa esta opción el PLC se convierte en servidor opc-ua donde se van a encontrar las variables o los datos creados en la programación, adicionalmente se crea automáticamente la dirección del servidor junto con el puerto de comunicación.
- 4) En el cuarto cuadro encontraremos la configuración de seguridad que se desea obtener, si solo desea firmar o firmar y cifrar, esto se realiza cuando el cliente servidor quiere acceder a la información del servidor del opc-ua donde deberán coincidir los permisos para su comunicación, también se adiciona un usuario y contraseña.
 Cuando se utilice PLC virtuales como el S7-PLCSIM Advanced V3.0 para que pueda funcionar la comunicación no se debe tener ninguna configuración de seguridad y no agregar contraseña.



Ilustración 68, selección de usuario y contraseña y licencia de funcionamiento del servidor opc-ua, elaboración fuente propia.

- 5) El cuadro quinto activamos la opción de usuario y contraseña
- 6) El en cuadro sexto se tiene que seleccionar el tipo de licencia de tiempo de ejecución para que funcione correctamente el servidor opc- ua, generalmente el mismo programa le dice que tipo de licencia es la más adecuada, en esta ocasión seleccionamos SINEMTATIC OPC UA S7-1500 small.

Configurado el servidor opc- ua, procedemos a la instalación del servidor cliente del software UaExper, este software está diseñado como un cliente de prueba de propósito general que admite funciones de OPC UA como acceso a datos, alarmas y condiciones, acceso histórico y llamada de métodos UA.

Los siguientes pasos son para la configuración de la comunicación del UaExper

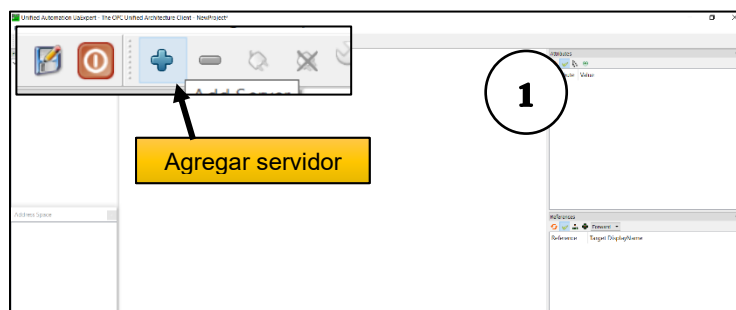



Ilustración 69, agregar servidor dese el software UaExper, elaboración fuente propia.

- 1) Abrimos UaExper , posteriormente le damos clic en el siguiente icono para  agregar servidor .

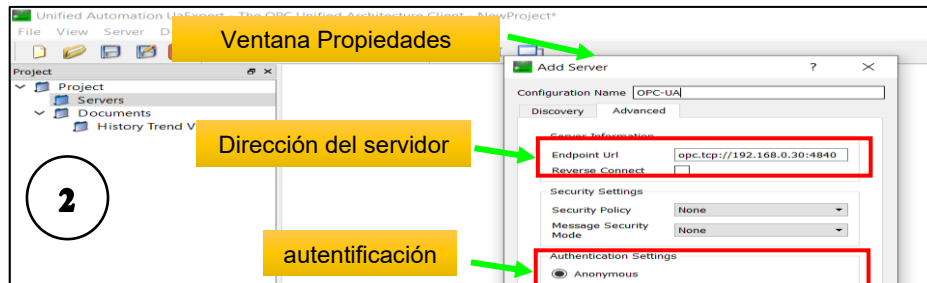


Ilustración 70, configuración de las propiedades del servidor cliente, elaboración fuente propia.

- 2) Una vez seleccionado el icono nos abre una ventana con las propiedades, en la parte superior aparece configuración del nombre, se agrega cualquiera, en este caso se colocó OPC-UA, posteriormente se coloca la dirección del servidor que se obtuvo con el software tía portal, y por último se selecciona en la autenticación Anonymous y le damos aceptar a las propiedades

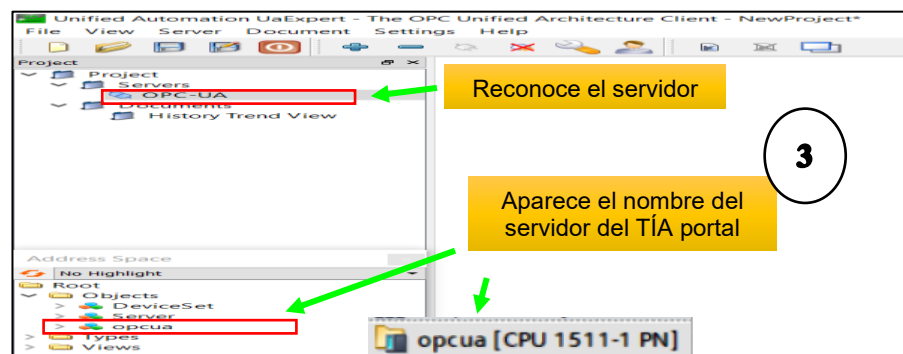


Ilustración 71, Detección automática del servidor opc-ua, elaboración fuente propia

Aceptada las propiedades, el servidor cliente detecta automáticamente el servidor del PLC el cual nombramos en el software tía portal opc-ua.

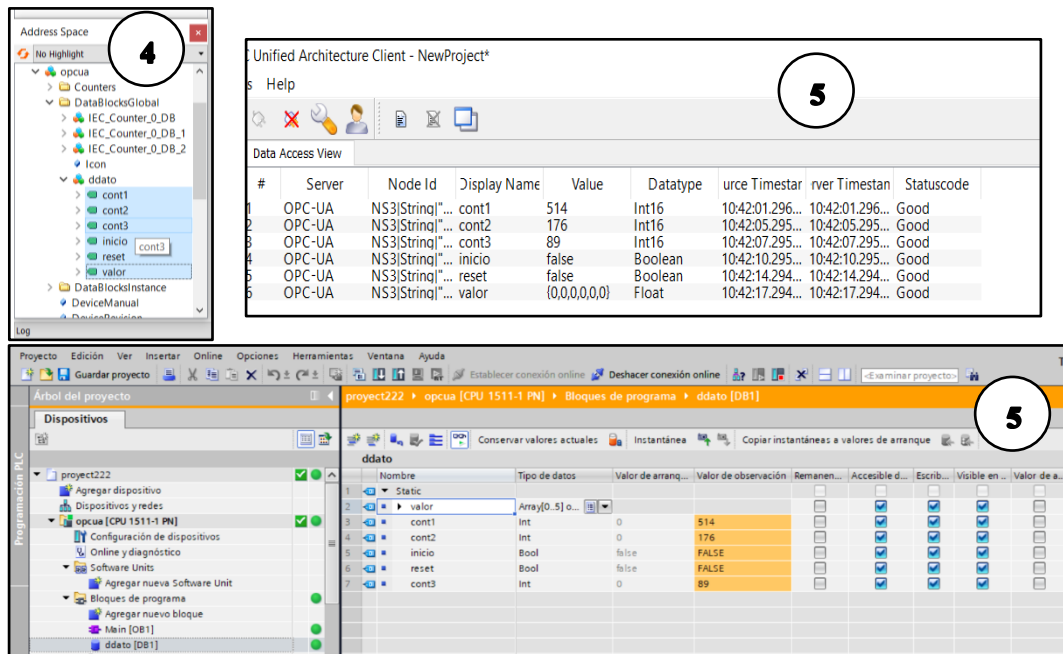


Ilustración 72, funcionamiento del servidor opc-ua y el servidor cliente, elaboración fuente propia

- 3) Seleccionamos opc-ua, donde nos despliega una serie de carpetas que contienen la información del servidor del PLC, buscamos la carpeta DataBlocksGlobal donde nos despliega los nodos que contienen las variables o datos a mostrar.
- 4) Buscamos en nodo ddata donde encontramos las variables, selecciona todas las variables y las arrastramos en la ventana Data Access view, en esta venta podemos ver el nombre de la variables y el tipo de dato con que se configuraron, hay datos booleanos, enteros y flotantes, adicionalmente se pueden leer y escribir los datos en el servidor cliente y ver reflejado los cambios en el PLC servidor, también podemos en tiempo real la captación de los datos de los diferente simuladores y controlar el proceso remotamente.
- 5) Conectados el servidor opc-ua y cliente UaExper se pueden visualizar los datos en tiempo real, se puede ver reflejado en la ilustración 71.

Servidor ubidots y nodo red con protocolo MQTT

Ubidots: Es una herramienta que permite acceder y recopilar datos, configuración de alarmas, sistemas de monitoreo y visualización en tiempo real y la automatización de procesos remotos con soluciones integrales de las tecnologías IoT (internet de las cosas) y los servicios de la nube.

Node red: Es una herramienta de programación que permite al usuario escribir el lenguaje sin necesidad de tener conocimientos avanzados, puesto que se basa en un editor de flujo de a través de los navegadores donde se pueden añadir o eliminar nodos donde poseen diferentes funciones como, comunicación, operaciones matemáticas, comandos, red, booleanos, almacenamiento, lectura y escritura entradas y salidas etc, donde estos nodos se conectan entre si para que se comuniquen entre ellos, Adicionalmente es una plataforma open-source que sirve para comunicar hardware y servicios en entornos de la IoT (internet de las cosas) y la industria 4.0.

Protocolo MQTT: O maquina a máquina (M2M) es muy utilizado entre los dispositivos del IoT(internet de las cosas), ya que es muy liviano y flexible en cuanto a que se puede tener el cualquier hardware de dispositivos limitados, baso en la topología de TCP/IP para la comunicación y el envío de información como cliente/servidor , donde el cliente puede ser cualquier dispositivo y el servidor es un intermediario donde recibe todos los mensajes y después redirigirlos al cliente destino.

De acuerdo con el siguiente diagrama se explicará cómo se captaron los datos y se enviaron al servidor en la nube utilizando el protocolo MQTT en la web.

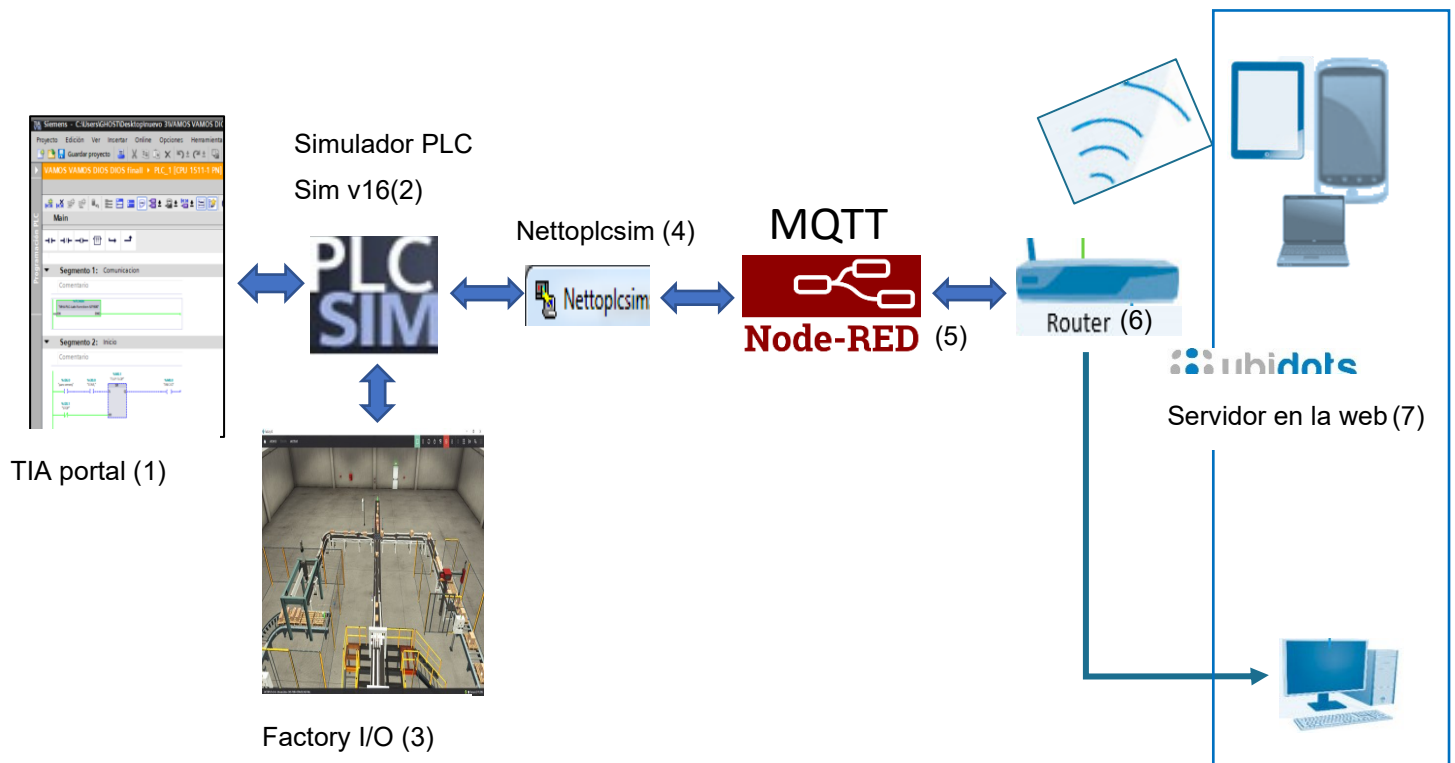


Ilustración 73, diagrama de diferentes softwares utilizados para subir los datos a la nube, elaboración fuente propia.

En el diagrama se puede evidenciar el uso de la plataforma TIA portal (1), la cual se encarga de realizar la programación o el control del proceso. Luego, se habilita el simulador PLC advance3.0 (2) para cargar la programación realizada, además se usa como herramienta para la captación de los datos o variables seleccionadas como el conteo de las cajas de entra, el conteo de las cajas pequeña mediana y grande, las cajas del embalaje de las diferentes estaciones de trabajo , posterior se habilita la plataforma Factory I/O(3), donde se simula el proceso. Para enviar los datos del plcsim se utiliza la aplicación nettoplcsim(4) que permite la conexión del simulador a través de la red tcp/ip del equipo utilizado, después se habilita la aplicación node red(5) que se encargada de convertir las variables o datos captados a un lenguaje java script y juntamente con el protocolo MQTT se envían o publican para ser enviadas al servidor en la nube. Finalmente, se utiliza el router(6) para acceder a la web donde el servidor ubidots recibirá los datos y estos los suscribirá para su visualización en tiempo real en diferentes

dispositivos como teléfonos, Tablet y computadores portátiles siempre y cuando tengan acceso internet.

A continuación, mostraremos los pasos para la configuración del software y el envío de los datos a la nube:



Ilustración 74, configuración de las propiedades del sistema TIA portal, elaboración fuente propia

- 1) Configuramos la CPU 1511-1 PN abrimos propiedades del sistema , posterior vamos a interfaz profinet y configuramos la red, luego seleccionamos protección y seguridad y activamos las opción permitir acceso a la comunicación put/get.
- 2) Configurada las propiedades del sistema activamos el simulador S7-PLCSIM V16 para cargar la programación.

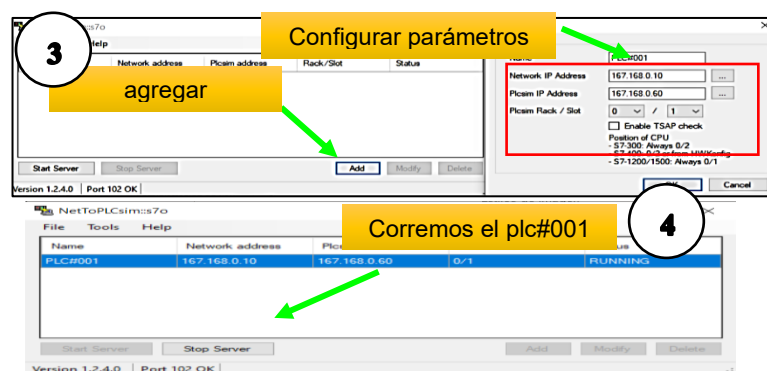


Ilustración 75, configuración propiedades NetToPLCSim, elaboración fuente propia

3) Abrimos el programa NetToPLCsim;s7, este programa se encarga de comunicar con el simulador S7-PLCSIM V16 a través del puerto TCP/IP utilizando la red de la computadora en la que se está simulando el proceso.

Estando en la ventana del NetToPLCsim;s7, vamos a seleccionar add, posteriormente nos abre una venta para configurar los parámetros de red del PLC y el adaptador de red del computador, también importante colocar el rack y el slot donde está ubicado el PLC .

4) Configurado los parámetros, seleccionamos el nombre de la configuración PLC#001 Y pulsamos Start sever para poner el funcionamiento la comunicación con PLC.

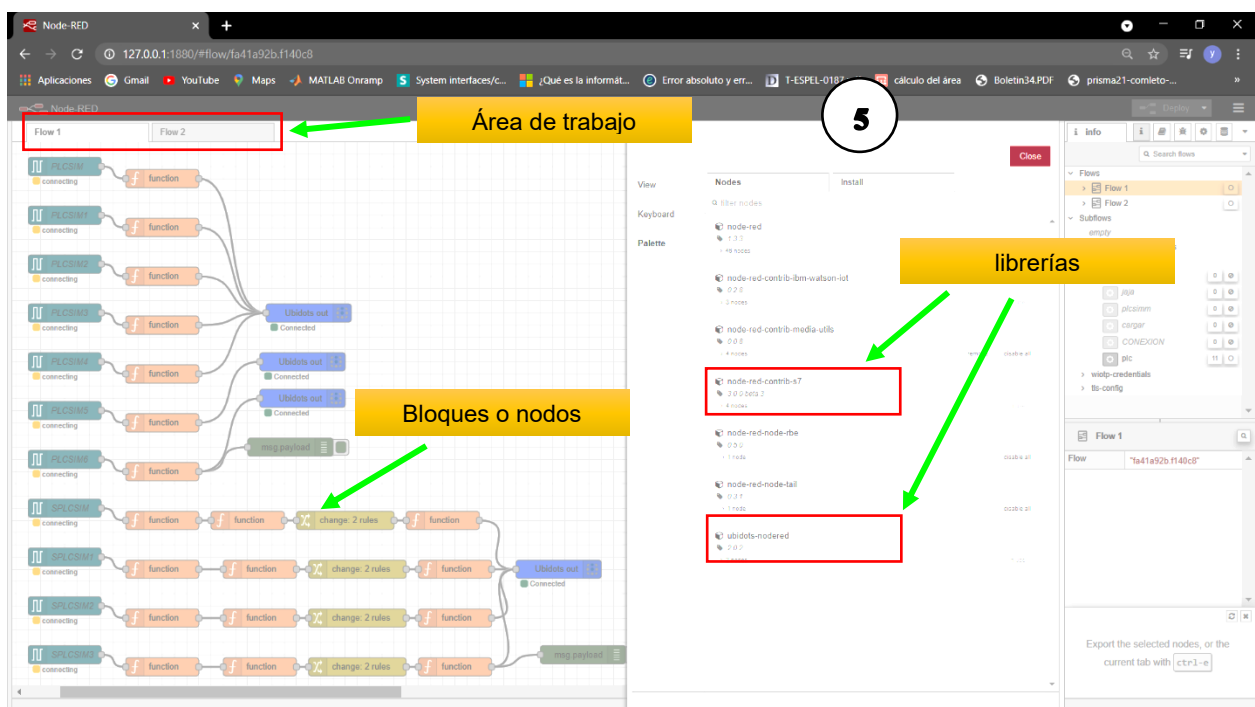


Ilustración 76, área de trabajo y librerías software Node -red, elaboración fuente propia.

5) Después de correr el programa NetToPLCsim;s7, instalamos el software de programación Node -red quien se encarga de captar los datos y enviarlos al servidor ubidots, posteriormente activamos el software y este nos da la siguiente dirección <http://127.0.0.1:1880/>, abrimos un navegador y pegamos la dirección donde nos redirecciona al entorno de trabajo de Node red.

Estando en el entorno de trabajo debemos descargar las siguientes librerías las cuales se usan para la comunicación entre el PLCSIM V16 y ubidots en la captación de los datos.

- node-red-contrib-s7.
- ubidots-Node red.

Descargadas las librerías las arrastramos al área de trabajo donde conectaremos los nodos y posteriormente la configuración de estos.



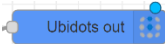
Ilustración 77, configuración del nodo PLCSIM, elaboración fuente propia.

6) configuración de nodo  es la siguiente:

Damos clic al icono y este nos abre la ventana de configuración del nodo, posteriormente vamos y seleccionamos editar propiedades donde configuraremos la conexión del PLC, la ip que se le agrega tiene que ser del adaptador de red del computador, una vez configurado la conexión seleccionamos las variables, en esta ventana agregamos las variables que queremos mostrar de acuerdo a la programación en el tía portal. Escogidas las variables tenemos que correlacionarlas con la tabla de variables de Node red para colocar su correcta dirección, en el siguiente link encontrara la tabla <https://flows.nodered.org/node/node-red-contrib-s7>, y para finalizar pulsamos update para aceptar la configuración, este mismo paso se realiza para configurar las demás variables a mostrar.



Ilustración 78, configuración nodo function y nodo ubidots, elaboración fuente propia.

- 7) La configuración de nodo función es muy sencilla solo toca colocar el código que se muestra en la ilustración, este código se encarga de convertir el formato de la variable de entrada a lenguaje Script.
- 8) Configuración nodo ubidots, damos clic en el icono  nos abre la ventana de propiedades, en el primer item Account Type dejamos la misma opción, el segundo es para darle nombre al nodo, el tercero que es el token, es una contraseña que le proporciona el servidor ubidots, y el ultimo item Device label es el nombre que se le dio al proyecto que se creó

en el servidor de ubidots, aceptamos las configuraciones y conectamos los nodos, este nodo utiliza internamente el protocolo MQTT.



Ilustración 79, Estado de conectividad de los nodos, elaboración fuente propia.

9) Una vez configurados los nodos y conectamos, seleccionamos Deploy que se encarga de correr la programación, corrida la programación verificamos el estado de la conexión de nodos, esto se puede visualizar en un recuadro pequeño de bajo de los nodos, el color verde quiere ser que la conexión es exitosa y color rojo que no se pudo conectar porque existen errores.

Después de configurar Node red nos dirigimos al navegador y buscamos la plataforma o servidor ubidots, donde tiene una sección gratuita para registrarse y acceder a la plataforma donde se creará un proyecto que contendrá la captura y la visualización de los datos en tiempo real.

Los siguientes pasos mostraremos como registrarnos y la creación del proyecto para la captura y visualización de las variables en la nube:

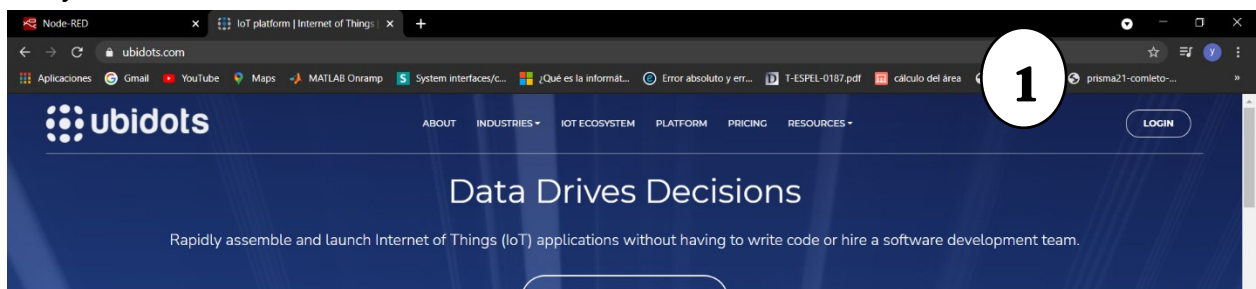


Ilustración 80, servidor o plataforma ubidots, elaboración fuente propia.

- 1) Buscamos en el navegador ubidots, en tramos a la página y seleccionamos GET STARTED FOR FREE, este nos redirecciona a una nueva ventana.

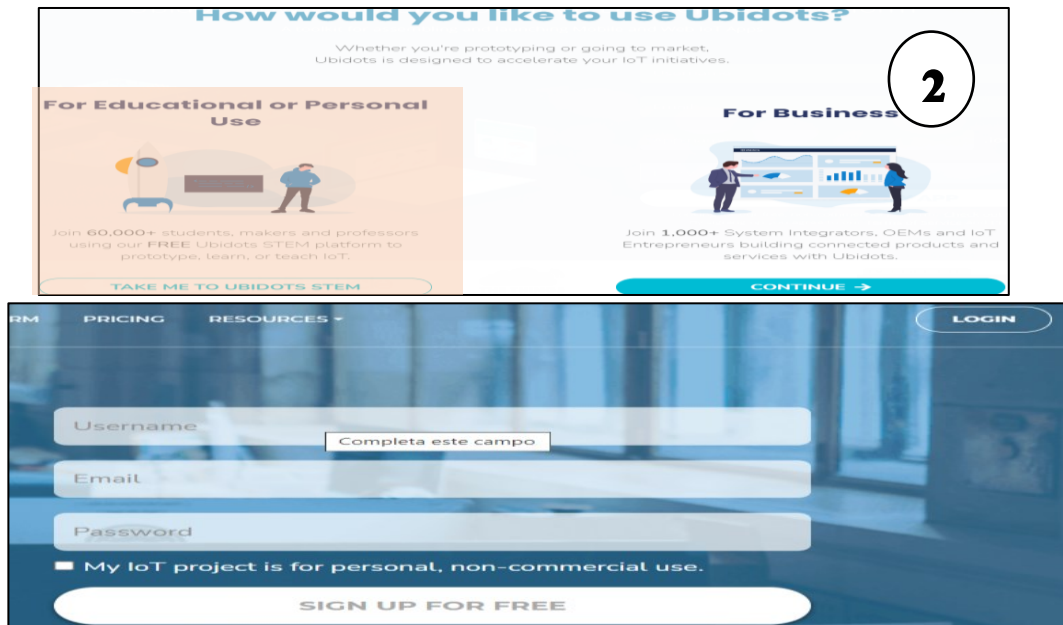


Ilustración 81, Registro en ubidots, elaboración fuente propia

- 2) En la nueva Ventana selecciona la opción solo uso personal o educativo, donde nos redirecciona a la página de registro.



Ilustración 82, Agregar dispositivo en ubidots, elaboración fuente propia.

- 3) En el entorno de trabajo de ubidots, seleccionamos el icono de agregar un nuevo dispositivo, donde nos abre una pestaña y seleccionamos Blank Device.

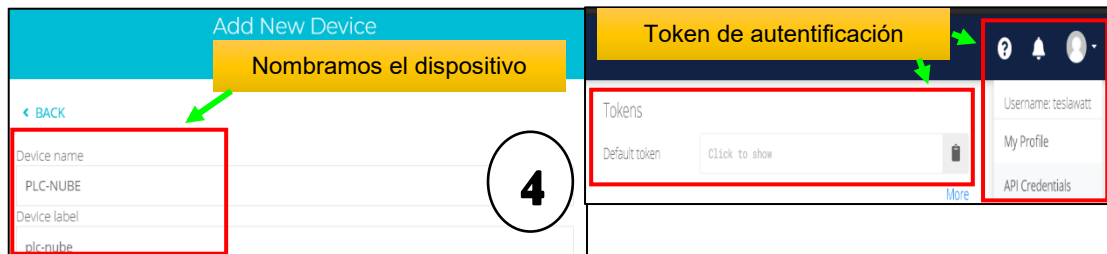


Ilustración 83, token de autenticación de ubidots, elaboración fuente propia.

- 4) Seleccionado el bloque nos abre una venta donde debemos nombrar el dispositivo, una vez nombrado le damos aceptar, adicionalmente buscamos el token de autenticación ubicado en My Profile, el cual usaremos en la configuración de los nodos.

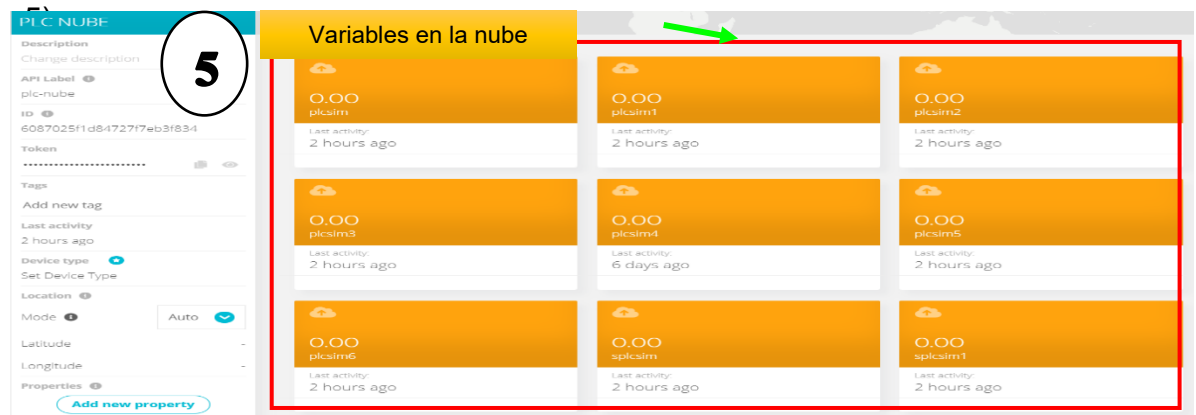


Ilustración 84, Identificación automáticamente de las variables en ubidots, elaboración fuente propia.

- 5) Credo el nuevo dispositivo y estando activo el node red, este reconoce automáticamente las variables escogidas, y a la vez se visualiza el dato.

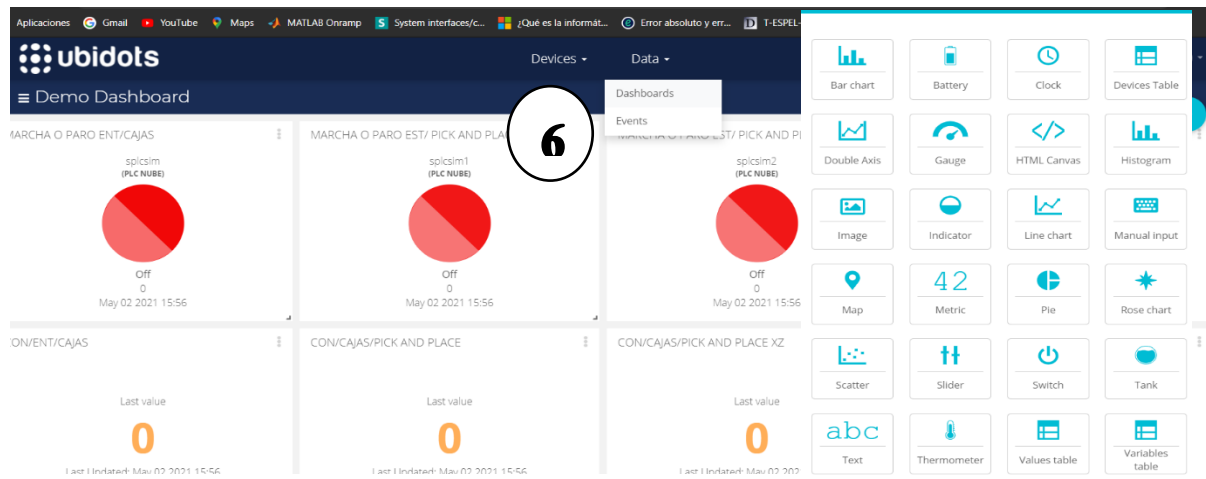


Ilustración 85, Dashboard de ubidots, elaboración fuente propia.

- 6) La plataforma o servidor en nube ubidots nos ofrece una variada de indicadores para la visualización de los datos en tiempo real , el ejemplo que se ve en la ilustración 99 es del proceso del clasificador de cajas de diferente tamaño con los datos visualizados.

A continuación, mostraremos una ilustración con los programas en funcionamiento visualizando los datos en la nube:

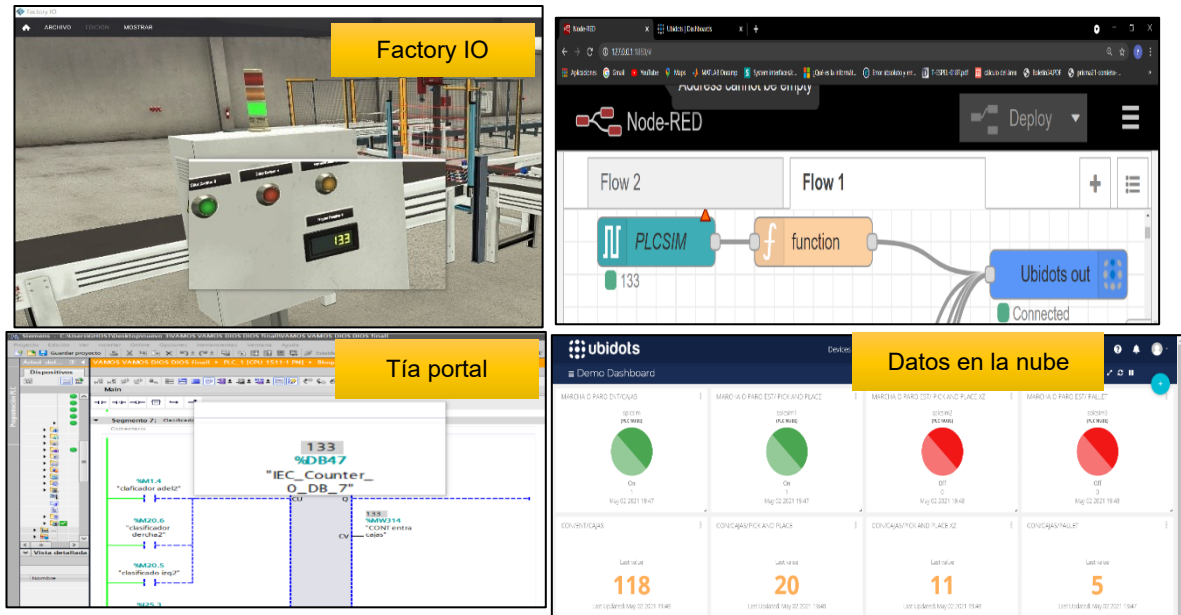


Ilustración 86, funcionamiento de los programas al tiempo subiendo los datos a la nube, elaboración fuente propia.

5.3 Evaluación del rendimiento del PLC

Para la evaluación del rendimiento del PLC en el proceso del clasificador de cajas de diferente tamaño, se van a tener en cuenta las longitudes y las velocidades de los transportadores y de las estaciones de trabajo, con fin de establecer los diferentes tiempos de empaque de las cajas hacia las estibas donde se dará la disposición final.

Este proceso se divide en tres de acuerdo con el tamaño de la caja:

1) Caja mediana ,Clasificador derecho.

De acuerdo con el proceso diseñado, la caja mediana es clasificada y direccionada a los transportadores de la banda derecha, estos transportadores manejan diferentes longitudes:

- 2,4,6 m(metros)

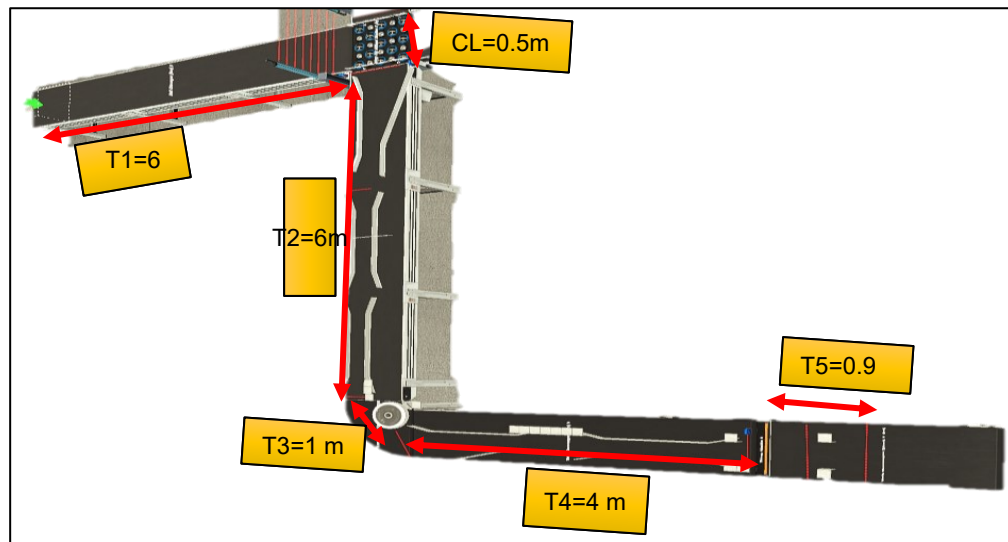


Ilustración 87, longitudes del transportador derecho, elaboración fuente propia.

De acuerdo con la información de Factor I/O las velocidades de los transportadores tienen dos configuraciones, las velocidades en configuración digital es de 0.6 m/s y en configuración analógica la velocidad máxima es de 3m/s .

La cantidad de transportadores de este proceso es de 5 donde 4 de ellos (T1 al T4) tienen configuración digital y el T5 tiene configuración analógica, también el clasificador de cajas (CL) maneja una velocidad de 1.5 m/s.

Identificada las longitudes y velocidades de los transportadores Y del clasificador hallaremos el tiempo que se tardara una caja en hacer el recorrido desde T1 al T5.

Se utilizará la siguiente fórmula ($t = d/v$) donde t= tiempo, d=distancia, v= velocidad

Calculamos el tiempo de los transportadores en configuración digital:

$$t = \frac{(6 + 6 + 1 + 4)m}{(0.6) \text{ m/s}} = \frac{(17)m}{(0.6) \text{ m/s}} = 28.33s$$

Calculamos el tiempo del transportador en configuración analógica:

$$t = \frac{(0.9)m}{(2.24) \text{ m/s}} = 0.4s$$

Calculamos el tiempo del clasificador:

$$t = \frac{(0.5)m}{1.5 \text{ m/s}} = 0.33s$$

Sumamos el tiempo de los transportadores y el clasificador:

$$tiempo\ total = (28.33 + 0.4 + 0.33) = 29.1s$$

La suma estos tiempos logramos identificar cuanto se demora al iniciar el proceso el cargue de las cajas hasta las estaciones de trabajo don resultado teórico es de 29.1s

Estación de trabajo pick and place

A continuación, mostraremos las longitudes y el cálculo del tiempo del proceso en la estación de trabajo pick and place

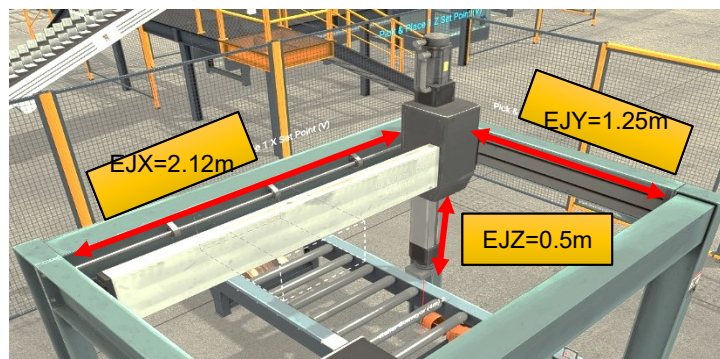


Ilustración 88, longitudes del manipulador estación de trabajo pick and place, elaboración fuente propia.

Las distancias de operación de la estación de trabajo son: eje Y(EJY) = 1.25m, eje X(EJX) = 2.12m y eje Z(EJZ) = 0.5m, la velocidad de trabajo de esta estación es de 1.5 m/s.

Distancia recorrida del eje X del proceso = 1.6m

Distancia recorrida del eje y del proceso = 0.18m

Distancia recorrida del eje z del proceso = 0.5m

Obtenidas las distancias del recorrido del proceso en la estación de trabajo calcularemos el tiempo del trasladado de dos cajas por estiba.

Tiempo de recorrido primer caja eje X:

$$t = \frac{(1.6)m}{1.5\ m/s} = 1.1s$$

Tiempo de recorrido primer caja eje Y:

$$t = \frac{(0.18)m}{1.5 m/s} = 0.13s$$

Tiempo de recorrido primer caja eje Z:

$$t = \frac{(0.5)m}{1.5 m/s} = 0.33s$$

Tiempo sistema ventosa:

$$t = 0.7s$$

Tiempo total del recorrido de la primera caja:

$$t = (1.1 + 0.13 + 0.33 + 0.7)s = 2.26s$$

Tiempo total del recorrido de la segunda caja:

$$t = (1.1 + 0.13 + 0.33 + 0.7)s = 2.26s$$

Tiempo de retroceso del manipulador:

$$t = 1.55s$$

Tiempo total del traslado de las dos cajas a la estiba.

$$t = (2.26 + 2.26 + 1.55)s = 6.07s$$

De acuerdo a los tiempos obtenidos del traslado de las cajas hacia la estiba se determinó que esta línea de producción de la caja de tamaño mediana trabajando 100% ofrece 2 cajas por estibas con un tiempo de 6.07s de acuerdo con el resultado teórico.

2) Caja pequeña, Transportador adelante

Clasificada la caja y direccionada al transportador adelante obtenemos las longitudes del proceso:

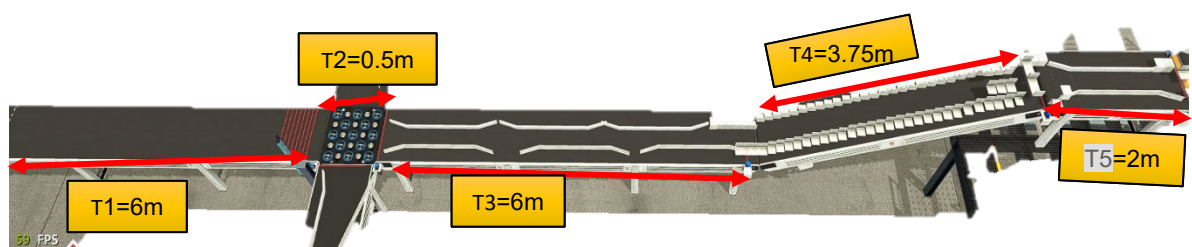


Ilustración 89, longitudes transportador adelante, elaboración fuente propia.

Todos los transportadores adelante tienen configuración digital donde la velocidad = 0.6m/s

A continuación, determinamos el tiempo:

Calculamos el tiempo de los transportadores en configuración digital:

$$t = \frac{(6 + 6 + 3.75 + 2)m}{(0.6) \text{ m/s}} = \frac{(17.75)m}{(0.6) \text{ m/s}} = 29.5s$$

Calculamos el tiempo del clasificador:

$$t = \frac{(0.5)m}{1.5 \text{ m/s}} = 0.33s$$

Sumamos el tiempo de los transportadores y el clasificador:

$$\text{tiempo total} = (29.5 + 0.33)s = 29.8s$$

La suma estos tiempos logramos identificar cuanto se demora al iniciar el proceso el cargue de las cajas hasta las estaciones de trabajo donde el resultado teórico es de 29.8s.

Estación de trabajo two-axis pick and place

A continuación, mostraremos las longitudes y el cálculo del tiempo del proceso en la estación de trabajo pallet

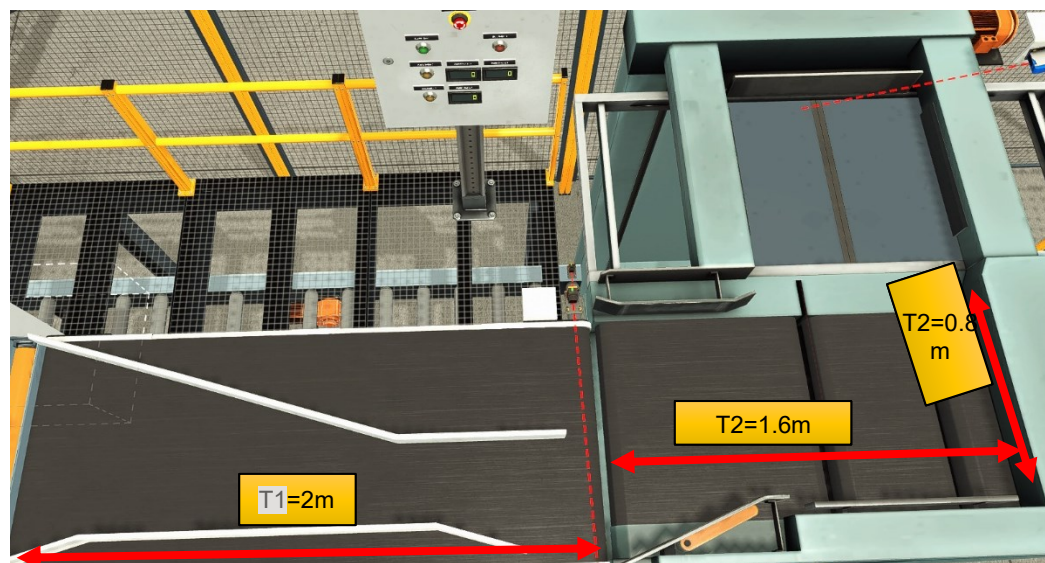


Ilustración 90, longitudes de la estación de trabajo pallet, elaboración fuente propia.

Longitud de los transportadores son: T1 = 2m, T2 = 1.6m , T2 = 0.8m.

cálculo del tiempo del proceso en la estación de trabajo pallet

calculamos el tiempo de los transportadores

$$t = (T1(2.6)s + T2(0.8)s + T3(1.4)s) = 4.8s$$

calculamos el tiempo del espacio entre cajas

$$t = ((0.3)s * 3) = 0.9s$$

Total, de tiempo de las cajas y transportadores

$$t = (4.8s + 0.9s) = 5.7s$$

Tiempos programados para el área de agrupación

$$t = 2s$$

Tiempo total agrupación y transportadores de cajas:

$$t = (5.7s + 2s) = 7.7s$$

Los tiempos calculados anteriormente es de un ciclo de tres cajas para que se active la zona de agrupación se debe tener 6 cajas,

$$t = 7.7s * 2 = 15.4s$$

El ciclo total con las 6 cajas en la zona de estiba dura 15.4s dato teórico, para completar la carga de la estiba se tiene que realizar cinco ciclos.

$$t = 15.4s * 5 = 77s$$

De acuerdo a los tiempos obtenidos del traslado de las cajas hacia la estiba se determinó que esta línea de producción de la caja de tamaño pequeña trabajando 100% ofrece 30 cajas por estibas con un tiempo de 77s de acuerdo con el resultado teórico.

3) Caja Grande, transportador izquierdo.

Clasificada la caja y direccionada al transportador izquierdo obtenemos las longitudes del proceso:

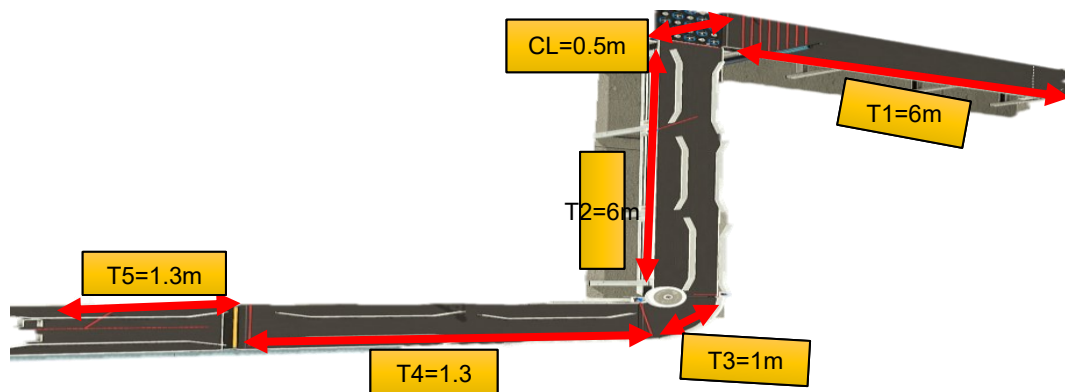


Ilustración 91, longitudes transportador izquierdo, elaboración fuente propia

El transportador izquierdo posee dos configuraciones de velocidades, del (T1-T4) es digital y el T5 tiene analógica.

A continuación, calcularemos los tiempos de los transportadores.

Calculamos el tiempo de los transportadores en configuración digital:

$$t = \frac{(6 + 6 + 1 + 4)m}{(0.6) \text{ m/s}} = \frac{(17)m}{(0.6) \text{ m/s}} = 28.33s$$

Calculamos el tiempo del transportador en configuración analógica:

$$t = \frac{(1.3)m}{(2.55) \text{ m/s}} = 0.51s$$

Calculamos el tiempo del clasificador:

$$t = \frac{(1.3)m}{2.55 \text{ m/s}} = 0.53s$$

Sumamos el tiempo de los transportadores y el clasificador:

$$\text{tiempo total} = (28.33 + 0.51 + 0.33) = 29.2s$$

La suma de estos tiempos logramos identificar cuanto se demora al iniciar el proceso el cargue de las cajas hasta las estaciones de trabajo don resultado teórico es de 29.2s

A continuación, mostraremos las longitudes y el cálculo del tiempo del proceso en la estación de trabajo pallet

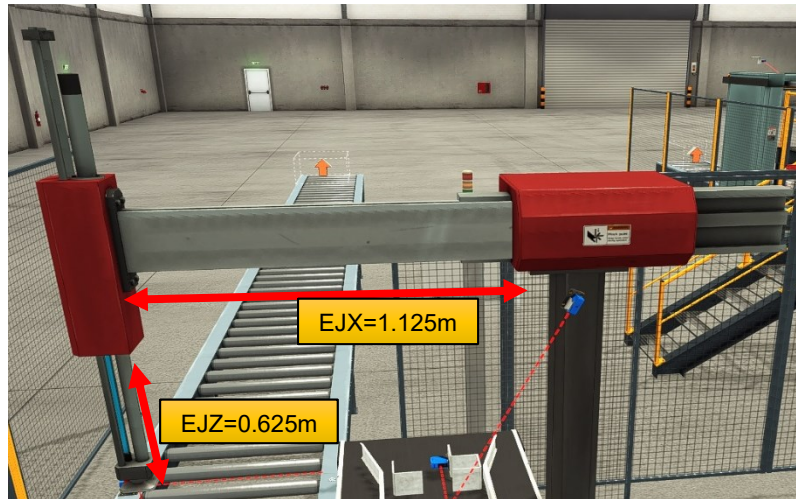


Ilustración 92, longitudes manipulador estación de trabajo two-axis pick and place, elaboración fuente propia.

Longitud recorrida por el eje X(EJX) = 0.96m y el eje Z(EJZ)= 0.68m

Calculamos los tiempos de la estación e trabajo two-axes pick and place donde traslada una caja por estiba

Calculo tiempo del eje X:

$$t = \frac{(0.96)m}{2 \text{ m/s}} = 0.48s$$

Calculo tiempo del eje z:

$$t = \frac{(0.68)m}{2 \text{ m/s}} = 0.34s$$

Tiempo de retroceso:

$$t = 0.8s$$

Tiempo sistema ventosa:

$$t = 0.15s$$

Sumas los tiempos:

$$t = (0.34 + 0.48 + 0.8 + 0.15)s = 1.77s$$

De acuerdo con los tiempos obtenidos del traslado de las cajas hacia la estiba se determinó que esta línea de producción de la caja de tamaño grande trabajando 100% ofrece 1 cajas por estibas con un tiempo de 1.77s de acuerdo con el resultado teórico.

A continuación, mostrares una tabla donde se relaciona los datos teóricos vs los datos simulados

Tabla XXIV, cálculo del porcentaje de error rendimiento PLC

TIEMPOS	TEÓRICO	SIMULADO	% DE ERROR
LINEA DE PROCESOS	(s)	(s)	
Transportador derecho cargue del proceso	29,1	30,12	3%
Transportador adelante cargue del proceso	29,8	30,54	2%
Transportador izquierdo cargue del proceso	29,2	30,84	5%
Estación de trabajo pick and place	6.07	6.80	12%
Estación de trabajo pallet	77	75,6	1.8%
Estación de trabajo two-axis pick and place	1,77	1.82	2.8%

Elaboración fuente propia.

De acuerdo con los datos obtenidos con el PLC simulado (S7-PLCSIM V16) notamos que el rendimiento del PLC es adecuado ya que los porcentajes de error entre el datos teórico y el simulado están dentro en rango operación teniendo como rendimiento una efectividad del 90%, la programación realizada para el proceso de clasificación de cajas de tres tamaños diferentes es el adecuado, ya que se pudo comprobar que los datos mostrados en la nube tienen una sincronización en tiempo real con lo software de simulación TIA portal y Factory IO.

La simulación con el software S7-PLCSIM Advanced V3.0 y el Factory IO no fue exitosa en el proceso del clasificador de cajas, cuando este está en funcionamiento se presenta un retraso en la simulación haciendo que no se cumplan las condiciones y los tiempos

programados en el TÍA portal, esto se debe a que mi equipo no cumple con las especificaciones necesarias para que funcione correctamente, sin embargo se pudo comprobar que el protocolo de comunicación opc-ua que lo incluye el software TÍA portal se conectó con el servidor cliente UaExper con éxito donde se enviaron los datos y este los recibió, Además se puede controlar el proceso remotamente desde el servidor cliente y la visualización en tiempo real.

6. Conclusiones

Con el desarrollo de este proyecto se identificaron nuevas formas de implementación de procesos industriales o líneas de procesos con la ayuda de las diferentes tecnologías que ofrece la industria 4.0. Una de ellas es la virtualización, que por medio de sistemas ciber físicos o software de simulación y programación se pueden recrear procesos industriales con el fin de analizar las diferentes variables de control que pueda poseer un proceso. Puesto que esto permite verificar la viabilidad para la implementación en un proceso industrial físico.

Respecto al primer objetivo, sobre la identificación de los sensores, actuadores y el controlador para el proceso de clasificación de cajas de tres tamaños diferentes, se escogieron sensores de tipo difusos y difuso retro reflectivos con las características que detectan todo tipo de material sólido. Estos sirven para el conteo de objetos y se utilizan en sitios de difícil acceso donde el rango de detección es amplio. Los actuadores escogidos fueron los transportadores de bandas de carga liviana y pesada encargados de trasladar las cajas para su disposición final, como características estos tienen diferentes longitudes y maneja dos tipos de configuración de velocidades; actuadores neumáticos de tipos tope que sirven para el paro o la acumulación de objetos y actuador clasificador con la característica que permite desviar objetos en tres direcciones. El controlador utilizado es de la marca Siemens referencia CPU 1511-1 PN con características de alto rendimiento de proceso y protocolos de comunicación a través de OPC-UA, TCP/IP y del servidor web adicionalmente tiene software de programación y simulación.

El segundo objetivo, la simulación del proceso del PLC se llevó a cabo con las herramientas de software TIA Portal V16 y los simuladores S7-PLCSIM V16 y S7-PLCSIM Advanced V3.0, y para la creación del proceso de clasificación de cajas de tres tamaños

diferentes se utilizó la herramienta de software FACTORY I/O donde nos permitió recrear procesos industriales y simularlos con la finalidad de observar el comportamiento de las variables.

Así pues, las herramientas de software escogidos cumplen con los parámetros de simulación del comportamiento PLC donde se comprobó que la programación o control realizada es adecuada para el proceso clasificación de cajas de tres tamaños diferentes.

Parte del segundo objetivo que era subir los datos del proceso a la nube, se logró con éxito donde se utilizaron dos protocolos de comunicación, uno de ellos llamado Opc-ua donde se realizó la captación de los datos a través del simulador S7-PLCSIM Advanced V3.0 y posteriormente se enviaron al servidor cliente UaExper donde se visualizaron en tiempo real en un entorno de red local controlando el proceso de manera remota. El segundo protocolo llamado MQTT se utilizó con la herramienta Node-red como enlace entre PLCSIM V16 donde se captaron los datos y posteriormente con el servidor o plataforma ubidots se subieron a la nube para ser visualizados en tiempo real desde cualquier parte del mundo por medio de diferentes dispositivos como portátiles, smartphones y tabletas.

El tercer objetivo, correspondiente al análisis de los tiempos en la línea del proceso de clasificación y embalaje de cajas de tres tamaños diferentes, permitió comprobar que de acuerdo con los datos obtenidos en el PLC simulado (S7-PLCSIM V16), el rendimiento del PLC es adecuado ya que los porcentajes de error entre el dato teórico y el simulado están dentro del rango de operación teniendo como rendimiento una efectividad del 90% a partir de las métricas de tiempo calculadas. Así mismo, la programación realizada para el proceso de clasificación y embalaje de cajas de tres tamaños diferentes es el adecuado, ya que se pudo comprobar que los datos mostrados en la nube tienen una sincronización en tiempo real con los softwares de simulación TIA portal y Factory IO.

Como conclusión del proyecto se evidencia que las nuevas tecnologías de la industria 4.0 tales como los procesos virtualizados, el computo en la nube, y los protocolos de

comunicación, permiten disponer de la información de manera remota para el seguimiento de los procesos de producción. Por ejemplo, en el proceso implementado de clasificación y embalaje de cajas de tres tamaños diferentes, se pudo hacer seguimiento en el servidor en la nube a las variables del conteo de entrada de cajas, el conteo de las cajas pequeñas, medianas y grandes así mismo el conteo del embalaje de las diferentes estaciones de trabajo.

A. Anexo: Realización del control para el proceso

Para la realización del control del proceso de la clasificación de las cajas por tamaño, se tuvo en cuenta el software TIA portal v16 ya que es la herramienta propia de Siemens para la programación del control de los procesos, juntos estas herramientas y la industria 4.0 le facilita a los diferentes empresarios industriales crear el control para la implementación de la líneas de producción como recursos virtual sin la necesidad de estar montado la línea en físico, permitiendo la evaluación del control de todo tipo de variables que se encuentra en procedimiento o la mejorara en la programación de control para una mayor eficiencia del proceso , el software permite la simulación de diferentes controladores de la marca siemens como herramienta adicional a los usuarios.

En el TIA portal v16 se utilizó el lenguaje de programación llamado KOP o Ladder para todo el proceso, y los bloques de programas que utilizaron son:

- Bloque de organización.
- Bloque de función.
- Bloque de datos.



Ilustración 93, bloques de función del TIA portal, elaboración fuente propia.

La programación del control del proceso del clasificador de cajas por tamaño se divide en siete partes:

- Clasificador de cajas por tamaños.

- Transporte de cajas banda izquierda.
- Transporte de cajas banda derecha.
- Transporte de cajas banda adelante.
- Estación de trabajo Pick and Place.
- Estación de trabajo paletizadora.
- Estación de trabajo Pick & Place de dos ejes.

Clasificador de cajas por tamaños

Antes de comenzar la explicación de la programación se debe tener en cuenta como se nombran las variables de entrada, entrada analógica, salida, salida analógica y memoria global de los sensores y actuadores del proceso a controlar.

En la siguiente tabla se describen como se nombran las variables:

Tabla XXV, tabla de entrada y salida de variables

Nombre de la variable	Simbología y descripción
entrada	(%i20.0) la i quiere decir que es una entrada y esta se encuentra en el bit 20
Entrada analógica	(%iW0) la W quiere decir que es una entrada analógica que se encuentra en el bit 0.0
Salida	(%Q20.0) la Q quiere decir que es una salida y se encuentra en el bit 20
Salida analógica	(%QW0) la QW quiere decir que es una salida analógica que se encuentra en el bit 0.0
Memoria global	(%M1.0) la M quiere decir que es una marca o memoria global y se encuentra en el bit 1.0, estas marcas se utilizan para crear entradas y salida virtuales en el sistema.

Elaboración fuente propia.

A continuación, se elabora una tabla con las variables de entrada y salidas del proceso:

Tabla XXVI, variables de entrada y salida del clasificador de cajas por tamaño.

Entradas	Salidas
<p>Tablero de operaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> • %i20.0 pulsador de marcha o start • %i20.1 pulsador de paro o stop • %i25.3 pulsador reset • %i26.0 pulsador paro de emergencia • %i25.3 pulsador reset <p>Clasificador</p> <ul style="list-style-type: none"> • %i20.8 sensor caja pequeña • %i20.9 sensor caja mediana • %i20.10 sensor caja grande 	<p>Tablero de operaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> • %Q20.1 indicador baliza color verde • %Q20.2 indicador baliza color rojo <p>Transportador de entrada y clasificador</p> <ul style="list-style-type: none"> • %Q20.0 transportador entrada de cajas • %Q20.3 rodillos pivotantes y dirección adelante • %Q20.4 dirección derecha • %Q20.5 dirección izquierda

Elaboración fuente propia

A continuación, se mostrará la ubicación de los sensores.

Ubicación grafica de los sensores y actuadores del proceso.

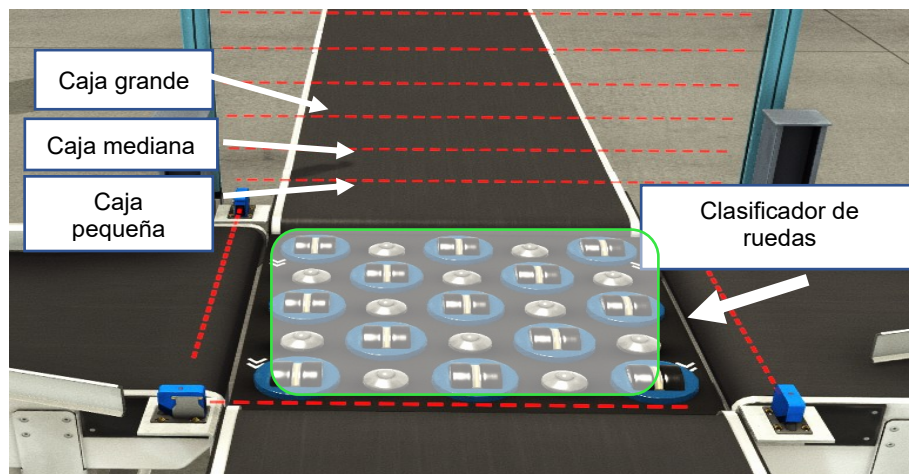


Ilustración 94, ubicación grafica de los sensores y actuadores del clasificador , elaboración fuente propia.

Diagrama grafcet del clasificador de cajas.

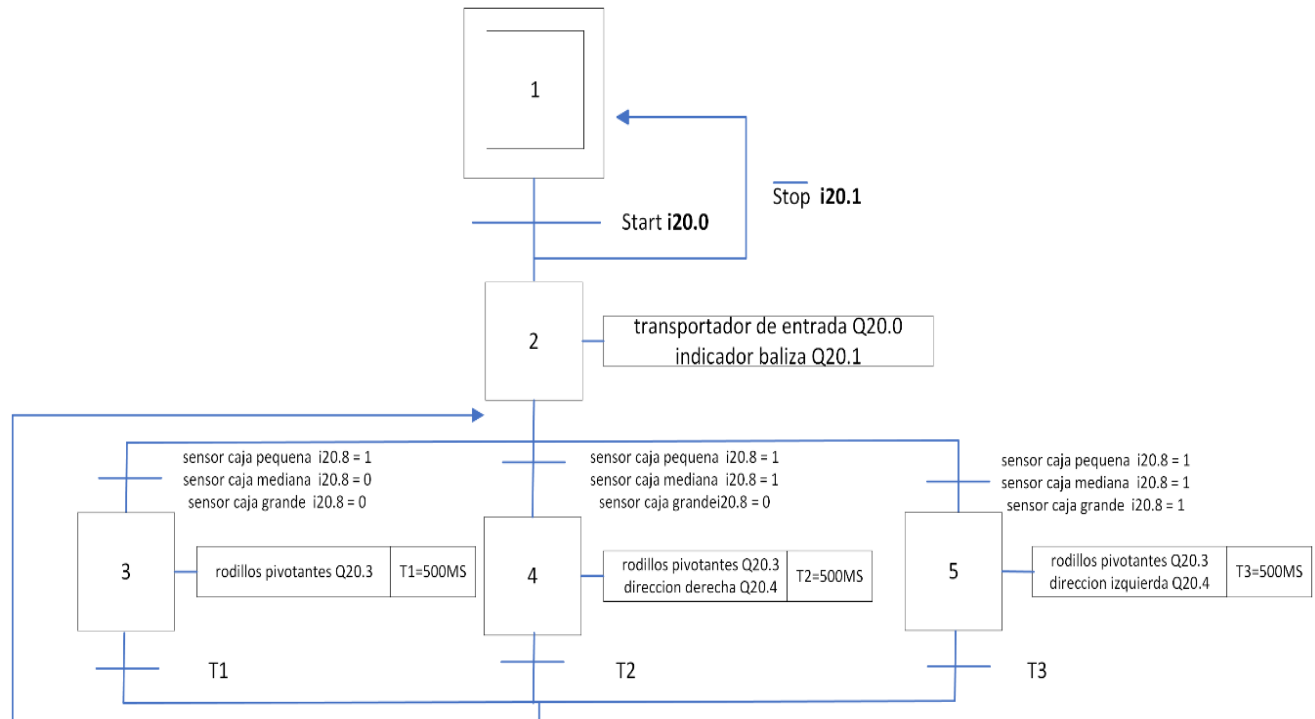


Ilustración 95, diagrama grafcet del clasificador de cajas, elaboración fuente propia.

A continuación, se explicará el funcionamiento del proceso:

Se pulsa el botón start indicando que el sistema está en marcha donde inmediatamente se energiza el transportador de entrada y la baliza de color verde, al estar energizado el transportador de entrada las cajas se mueven o trasladan hasta ser detectadas por sensor lig array, este se encarga de activar el clasificador de cajas según el tamaño, a continuación, se describen las condiciones del proceso:

- La condición para que se active el clasificador con la caja pequeña es la siguiente:

Se utilizo la condicion IF:

Si la (caja pequeña = 1 and la caja mediana = 0 and la caja grande = 0)

- Si se cumple la anterior condición se enviará un pulso a un contador llamado contador adelante, esta cuenta uno donde este dato da inicio para que se active la condición bucle while:

Si while (contador adelante = 1)

Si la condición es verdadera se activará el bucle while que a la vez energizará los rodillos pivotantes y la dirección adelante durante un tiempo, culminado este tiempo se desactivará y activará los reset de los contadores para iniciar nuevamente el ciclo.

- La condición para que se active el clasificador con la caja mediana es la siguiente:

Se utilizo la condicion IF:

Si la (caja pequeña = 1 and la caja mediana = 1 and la caja grande = 0)

Si se cumple la anterior condición se enviará un pulso a un contador llamado contador derecho, esta cuenta uno donde este dato da inicio para que se active la condición bucle while:

Si while (contadora adelante = 1)

Si la condición es verdadera se activará el bucle while que a la vez energizará los rodillos pivotantes y la dirección derecha durante un tiempo, culminado este tiempo se desactivará y activará los reset de los contadores para iniciar nuevamente el ciclo.

- La condición para que se active el clasificador con la caja grande es la siguiente:

Se utilizo la condicion IF:

Si la (caja pequeña = 1 and la caja mediana = 1 and la caja grande = 1)

Si se cumple la anterior condición se enviará un pulso a un contador llamado contador izquierdo, esta cuenta uno donde este dato da inicio para que se active la condición bucle while:

While (contadora adelante = 1)

si la condición es verdadera se activará el bucle while que la vez energizará los rodillos pivotantes de y la dirección izquierda durante un tiempo, culminado este tiempo se desactivará.

B. Anexo: Transportador izquierdo

A continuación, se elabora una tabla con las variables de entradas y salidas del proceso:

Tabla XXVII, variables de entrada y salidas del transportador izquierdo

ENTRADAS	SALIDAS
<p>Clasificador</p> <ul style="list-style-type: none"> • %i20.8 sensor caja pequeña • %i20.9 sensor caja mediana • %i20.10 sensor caja grande • Transportador izquierdo • %i20.5 sensor banda izquierda • %i20.6 sensor banda izquierda giro • %i20.7 sensor banda izquierda final • %i21.0 sensor banda izquierda final 1 • %i21.1 sensor banda izquierda paro • %i21.2 sensor TOPE • %i21.3 sensor banda izquierda acumulación 	<p>Transportador entrada</p> <ul style="list-style-type: none"> • %Q20.0 transportador entrada de cajas • Transportador izquierdo • %Q20.6 transportador salida banda izquierda • %Q20.7 transportador salida banda izquierda giro • %Q21.0 transportador salida banda izquierda final • %Q21.1 tope • %QW0 transportador salida banda izquierda

Elaboración fuente propia.

A continuación, se mostrara la ubicación de los sensores.

Ubicación gráfica de los sensores y actuadores del proceso.

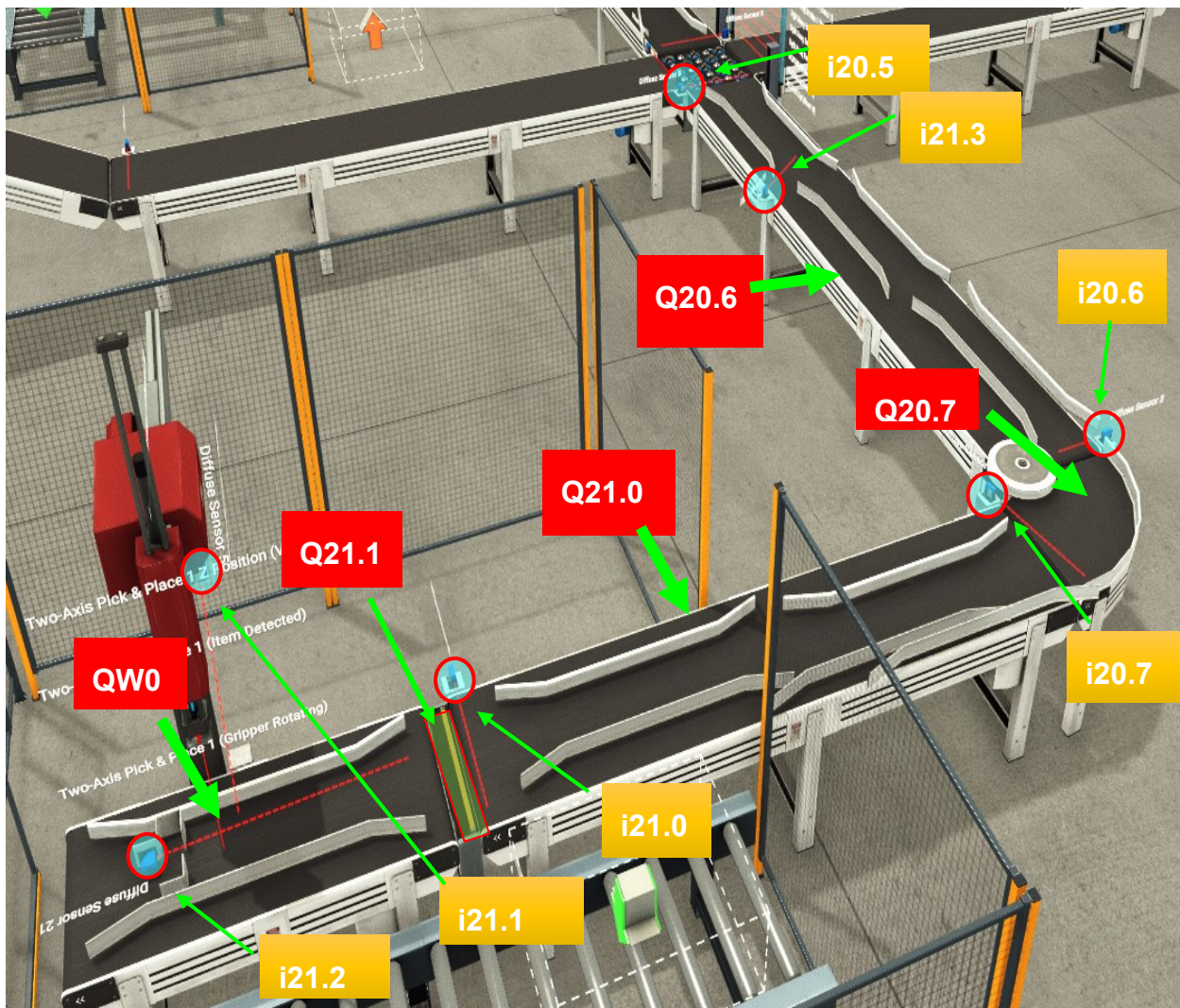


Ilustración 96, ubicación gráfica de los sensores y actuadores del transportador izquierdo, elaboración fuente propia.

Diagrama grafcet transportador izquierdo.

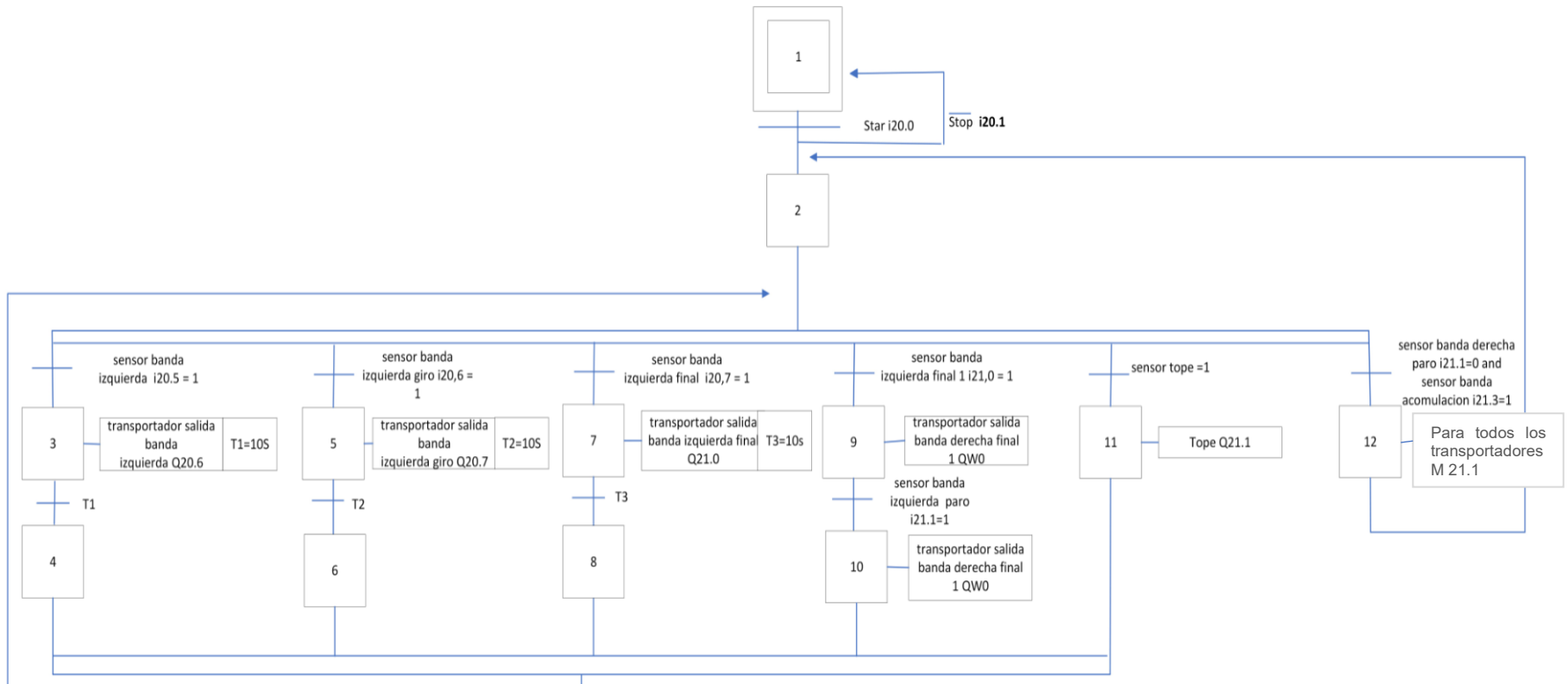


Ilustración 97, diagrama grafcet del transportador izquierdo, elaboración fuente propia.

A continuación, se explicará el funcionamiento del proceso.

Clasificada la caja grande esta es trasladada al transportador izquierdo, su funcionamiento esta dado por las siguientes condiciones:

- Pulsado el botón de start este energiza todo el proceso.
- Para dar inicio al transportador izquierdo el clasificador direcciona la caja a la entrada de este, donde a su vez la caja es detectada por el sensor banda izquierda, que en consecuencia activa el transportador salida banda izquierda con un tiempo de retardo a la conexión de 10s para que esta se desenergize, este mismo proceso se repite hasta llegar al sensor banda izquierda final y el transportador salida banda izquierda final.
- Activado el transportador salida banda izquierda final la caja es trasladada hasta ser detectada por sensor banda izquierda final 1 quien se encarga de activar el transportador salida banda izquierda final 1, este tiene una configuración análoga permitiendo el aumento de la velocidad con el propósito de crear un espacio entre las cajas.
- La caja ingresa al transportador salida banda izquierda final 1 donde inéditamente es detectado por el sensor tope, este se encarga de activar el tope con el fin de no dejar ingresar más cajas .
- Durante el recorrido de la caja por el transportador es detectada por el sensor banda izquierda final paro, quien detendrá el transportador banda izquierda final 1 siendo así la posición final de la caja, si la caja se retira de esta posición dará inicio nuevamente al proceso.

otra de las condiciones que el transportador derecho implementa es la acumulación de cajas, esto proceso se da por que la estación de trabajo al momento de trasladar las cajas al transportador de estibas se demora cierto tiempo causando que en el transportador derecho se acumule, el proceso tiene las siguientes condiciones :

- A cumuladas las cajas en su totalidad en el transportador izquierdo se activa la siguiente condición:

Se utilizo la condicion IF

Si el (sensor banda izquierda paro = 1 and sensor banda izquierda acomulador = 1)

Si la condición es verdadera se detendrán todos los transportadores de la banda izquierdo, esta se desactivará cuando no se cumpla la condición activando nuevamente los transportadores.

- Por último, tenemos la condición de parar el transportador derecho y el transportador de entrada con la finalidad de no crear obstrucción en el proceso.

Se utilizo la condicion IF

Si el (sensor banda izquierdo paro = 0 and sensor banda izquierda acomulador = 1 and sensor caja pequeña = 0 and sensor caja mediana = 0 and sensor caja grande = 1)

C. Anexo :Transportador derecho

A continuación, se elabora una tabla con las variables de entradas y salidas del proceso:

Tabla XXVIII, variables de entrada y salidas del transportador derecho.

Entradas	Salidas
Clasificador <ul style="list-style-type: none"> • %i20.8 sensor caja pequeña • %i20.9 sensor caja mediana • %i20.10 sensor caja grande Transportador derecho <ul style="list-style-type: none"> • %i21.4 sensor banda derecha • %i21.5 sensor banda derecha giro • %i21.6 sensor banda derecha final • %i21.7 sensor banda derecha final 1 • %i22.0 sensor banda derecha final paro y tope • %i22.1 sensor banda derecha final tope • %i22.2 sensor banda acumulación 	Transportador entrada <ul style="list-style-type: none"> • %Q20.0 transportador entrada de cajas Transportador derecho <ul style="list-style-type: none"> • %Q21.2 transportador salida banda derecha • %Q21.3 transportador salida banda derecha giro • %Q21.4 transportador salida banda derecha final • %Q21.5 Tope1 • %QW4 transportador salida Posición final

Elaboración fuente propia.

A continuación, se mostrará la ubicación de los sensores .

Ubicación gráfica de los sensores y actuadores del proceso

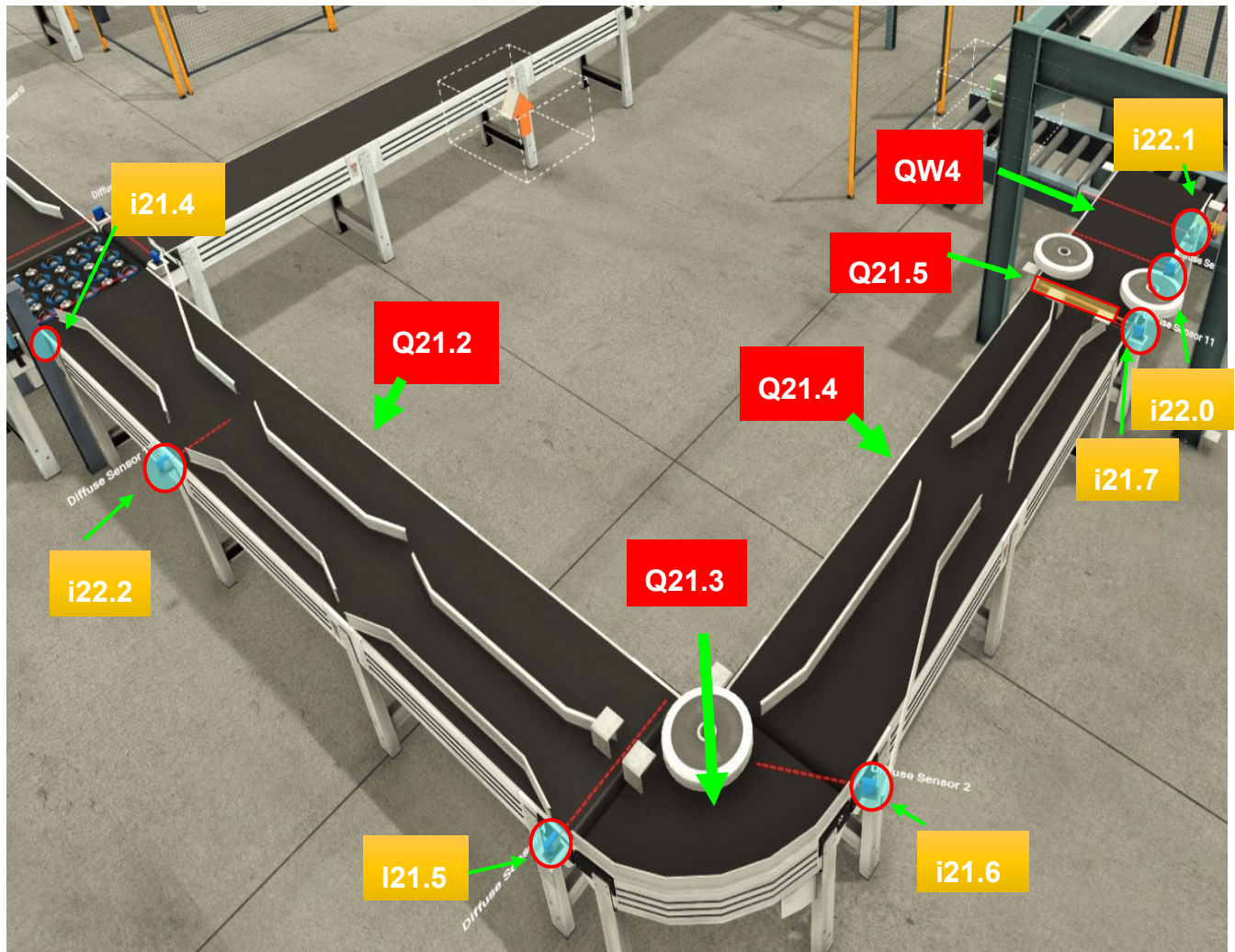


Ilustración 98, ubicación gráfica de los sensores y actuadores del transportador derecho, elaboración fuente propia.

Diagrama grafcet transportador derecho

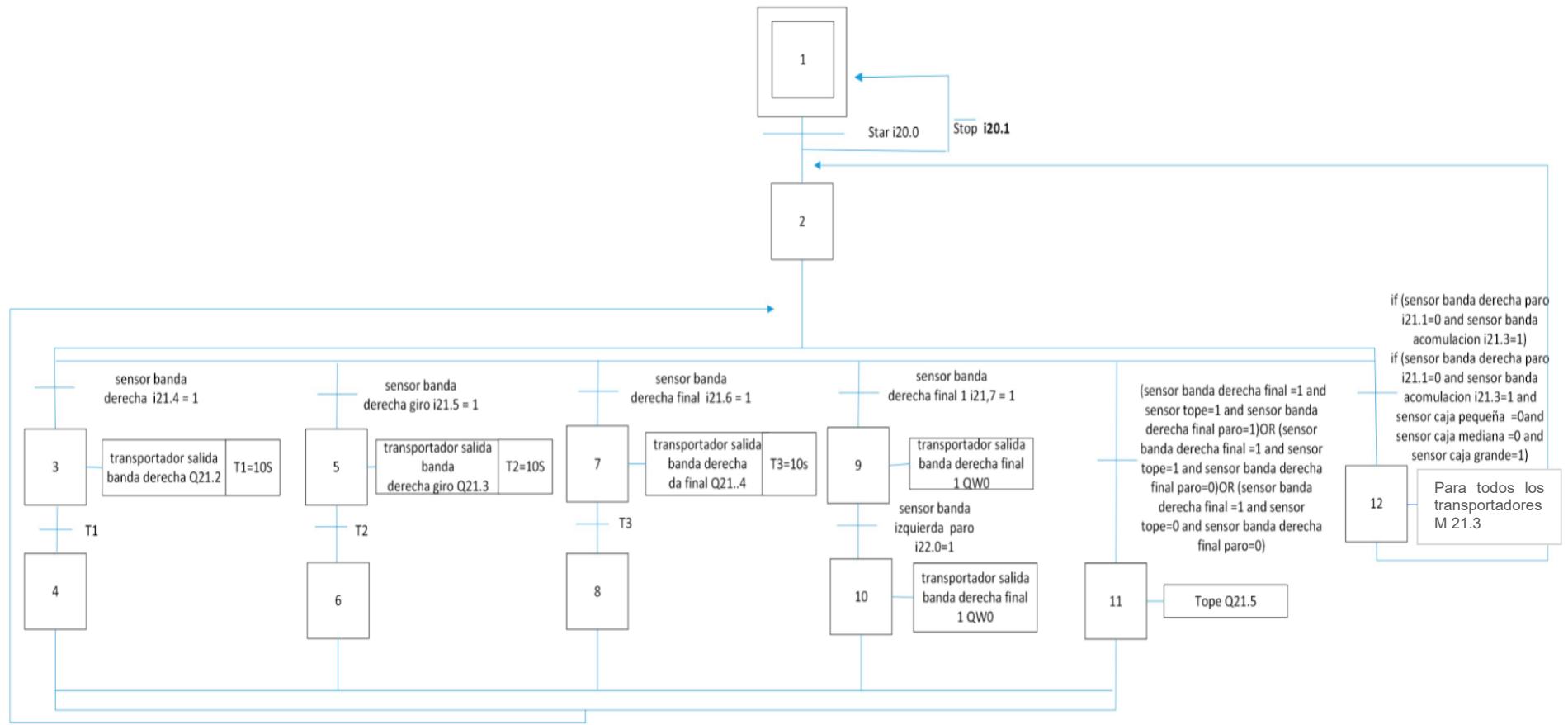


Ilustración 99, diagrama grafcet del transportador derecho, elaboración fuente propia.

A continuación, se explicará el funcionamiento del proceso.

Clasificada la caja mediana esta es trasladada al transportador derecho, su funcionamiento esta dado por las siguientes condiciones:

- Pulsado el botón de start este energiza todo el proceso.
- Para dar inicio al transportador derecho el clasificador direcciona la caja a la entrada de este, donde a su vez la caja es detectada por el sensor banda derecha, que en consecuencia activa el transportador salida banda derecha con un tiempo de retardo a la conexión de 10s para que esta se desenergize, este mismo proceso se repite hasta llegar al sensor banda derecha final y el transportador salida banda derecha final.
- Activado el transportador salida banda derecha final la caja es trasladada hasta ser detectada por sensor banda derecha final 1 quien se encarga de activar el transportador salida banda derecha final 1, este tiene una configuración análoga permitiendo el aumento de la velocidad con el propósito de crear un espacio entre las cajas.
- La caja ingresa al transportador salida banda derecha final 1 donde inmediatamente es detectado por el sensor tope, este se encarga de activar el tope bajo las siguientes condiciones:

Se utilizo la condicion IF

Si (Sensor banda derecha final tope = 1 and sensor banda derecha paro = 1 and sensor banda derecha final = 1) OR (Sensor banda derecha final tope = 1 and sensor banda derecha paro = 1 and sensor banda derecha final = 0)OR (Sensor banda derecha final tope = 1 and sensor banda derecha paro = 1 and sensor banda derecha final = 1)

- Durante el recorrido de la caja por el transportador es detectada por el sensor banda derecha final paro, quien detendrá el transportador banda derecha final 1 siendo así la posición final de la caja, si la caja se retira de esta posición dará inicio nuevamente al proceso.

Por último, otra de las condiciones que el transportador derecho implementa es la acumulación de cajas, esto proceso se da por que la estación de trabajo al momento de trasladar las cajas al transportador de estibas se demora cierto tiempo causando que en el transportador derecho se acumulen, el proceso tiene las siguientes condiciones :

- Acumuladas las cajas en su totalidad en el transportador derecho se activa la siguiente condición:

Se utilizo la condicion IF

Si el (sensor banda derecha paro = 0 and sensor banda derecha acomulador = 1)

- Si la condición es verdadera se detendrán todos los transportadores de la banda derecha, esta se desactivará cuando no se cumpla la condición activando nuevamente los transportadores.
- Por último, tenemos la condición de parar el transportador derecho y el transportador de entrada con la finalidad de no crear obstrucción en el proceso.

Se utilizo la condicion IF

Si el (sensor banda derecha paro = 0 and sensor banda derecha acomulador = 1 and sensor caja pequeña = 0 and sensor caja mediana = 0 and sensor caja grande = 1)

D. Anexo: Transportador adelante

A continuación, se elabora una tabla con las variables de entradas y salidas del proceso:

Tabla XXIX, variables de entrada y salidas del transportador adelante.

Entradas	Salidas
clasificador <ul style="list-style-type: none"> • %i20.8 sensor caja pequeña • %i20.9 sensor caja mediana • %i20.10 sensor caja grande Transportador adelante <ul style="list-style-type: none"> • %i22.3 sensor banda adelante • %i22.4 sensor banda adelante 1 • %i22.5 sensor Banda Adelante 2 • %i27.3 sensor Banda Adelante final • %i27.4 sensor Banda Adelante tope 	Transportador entrada <ul style="list-style-type: none"> • %Q20.0 transportador entrada de cajas Transportador adelante <ul style="list-style-type: none"> • Transportador adelante • %Q21.6 transportador salida banda adelante • %Q21.7 transportador salida banda adelante 1 • %Q22.0 transportador salida banda adelante 2 • %Q25.7 tope 2 • %QW6 transportador salida banda delante final • %M344.2 acumulación transportador adelante

Elaboración fuente propia.

A continuación, se mostrará la ubicación de los sensores .

Ubicación gráfica de los sensores y actuadores del proceso

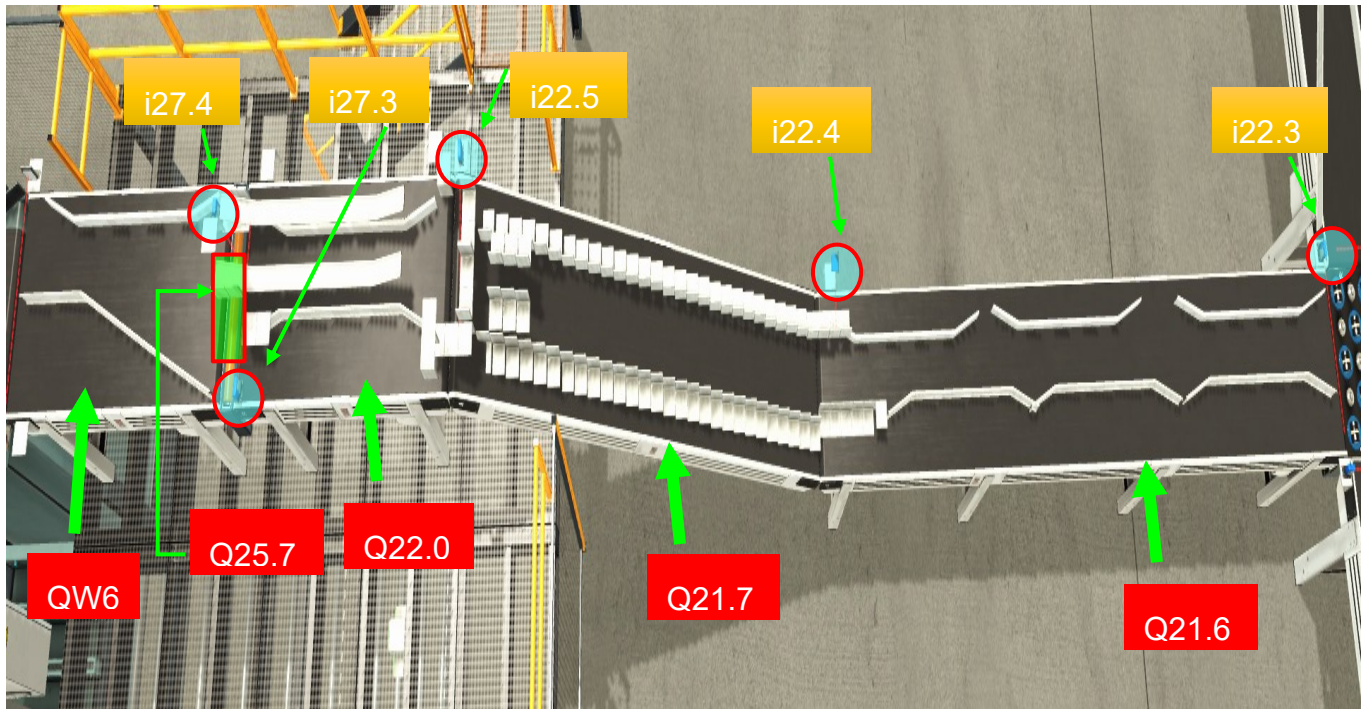


Ilustración 100, ubicación gráfica de los sensores y actuadores del transportador adelante, elaboración fuente propia.

Diagrama grafcet transportador adelante

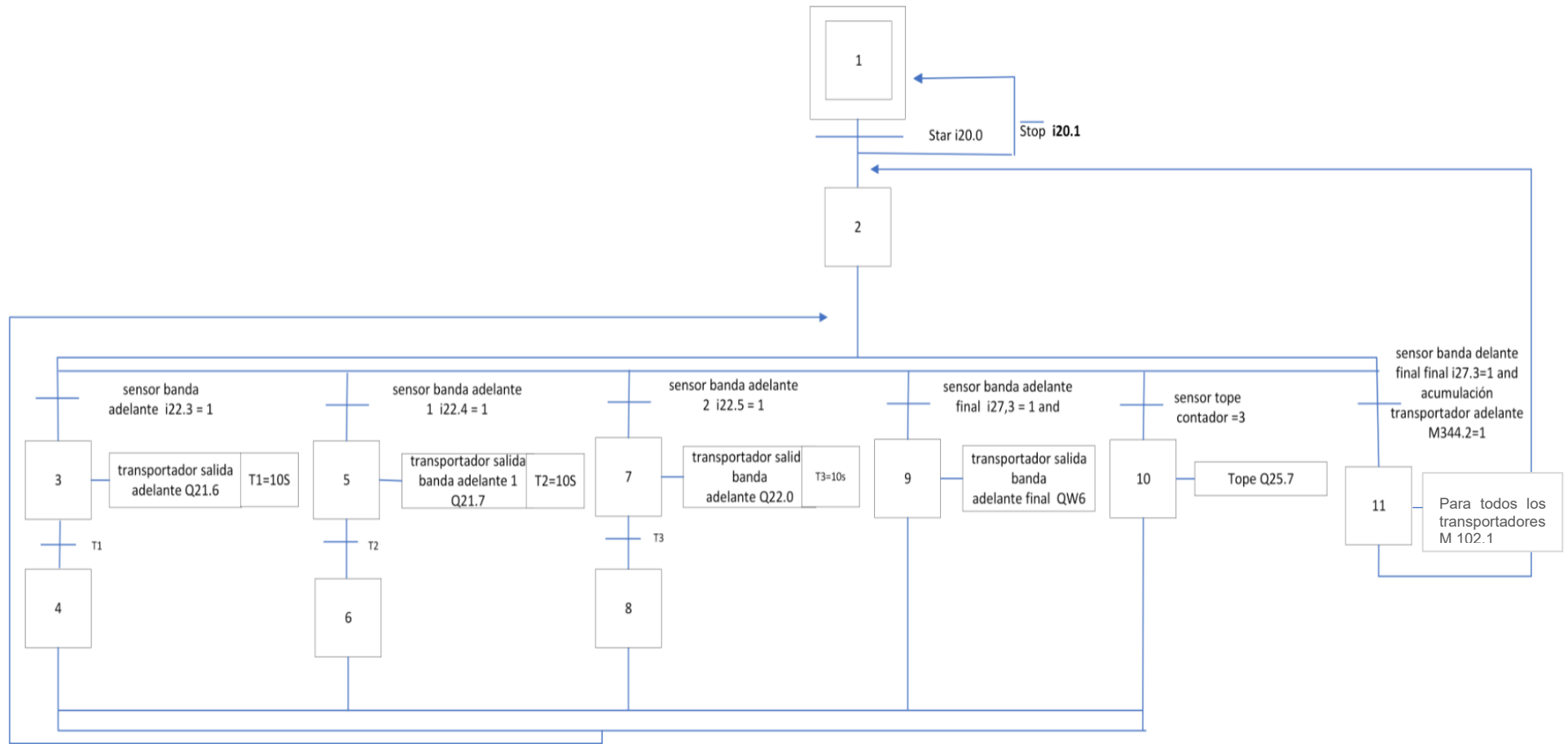


Ilustración 101, diagrama grafcet del transportador adelante, elaboración fuente propia.

A continuación, se explicará el funcionamiento del proceso.

Clasificada la caja pequeña esta es trasladada al transportador adelante, su funcionamiento esta dado por las siguientes condiciones:

- Pulsado el botón de start este energiza todo el proceso
- Para dar inicio al transportador adelante el clasificador direcciona la caja a la entrada de este, donde a su vez la caja es detectada por el sensor banda adelante, que en consecuencia activa el transportador salida banda izquierda con un tiempo de retardo a la conexión de 10s para que esta se desenergize, este mismo proceso se repite hasta llegar al sensor banda adelante 2 y el transportador salida banda adelante 2.
- Activado el transportador salida banda adelante 2 la caja es trasladada hasta ser detectada por sensor banda adelante final quien se encarga de activar el transportador salida banda adelante final , este tiene una configuración análoga permitiendo el aumento de la velocidad con el propósito de crear un espacio entre las cajas.
- La caja ingresa al transportador salida banda adelante final donde inmediatamente es detectado por el sensor banda delante tope, este se encarga de activar el tope bajo la siguiente condición:

Se utilizo la condicion IF

contador tope = 3

contador tope = 2

Hay dos tipos de contadores donde va relacionado con los ciclos de la estación de trabajo palletizer, según el ciclo en la estación de trabajo la caja tiene una posición, cuando la caja está en posición vertical el tope se activará cuando cuente tres cajas, cuando la caja está en posición horizontal el tope se activará cuando cuente dos cajas.

Por último, otra de las condiciones que el transportador derecho implementa es la acumulación de cajas, esto proceso se da por que la estación de trabajo al momento de

trasladar las cajas al transportador de estibas se demora cierto tiempo causando que en el transportador derecho se acumule, el proceso tiene las siguientes condiciones :

- A acumuladas las cajas en su totalidad en el transportador derecho se activa la siguiente condición:

Se utilizo la condicion IF

Si el (sensor banda adelante final = 1 and acomulacion tranportador adelante = 1)

- Si la condición es verdadera se detendrán todos los transportadores de la banda derecha, esta se desactivará cuando no se cumpla la condición activando nuevamente los transportadores .
- Por último, tenemos la condición de parar el transportador derecho y el transportador de entrada con la finalidad de no crear obstrucción en el proceso.

Se utilizo la condicion IF

Si el (ssensor banda adelante final

= 1 and acomulacion tranportador adelante

= 1 and sensor caja pequeña = 1 and sensor caja mediana

= 1 and sensor caja grande = 1)

E. Anexo: Estación de trabajo two-axis pick and place

A continuación, se elabora una tabla con las variables de entradas y salidas del proceso

Tabla XXX, variables de entrada y salidas del transportador derecho.

Entrada	salidas
Estación de trabajo <ul style="list-style-type: none"> • %i21.1 sensor banda izquierda paro • %i23.7 sensor transportador estiba paro 2 • %iW4 sensor manipulador posición eje x 2 • %iW6 sensor manipulador posición eje z 2 • %i24.0 sensor detecta caja 2 	Estación de trabajo <ul style="list-style-type: none"> • %Q22.7 transportador salida pallet 2 • %Q23.0 ventosa 2 • %QW16 manipulador salida posición eje x 2 • %QW12 manipulador salida posición eje z 2

Elaboración fuente propia.

A continuación, se mostrará la ubicación de los sensores .

Ubicación grafica de los sensores y actuadores del proceso

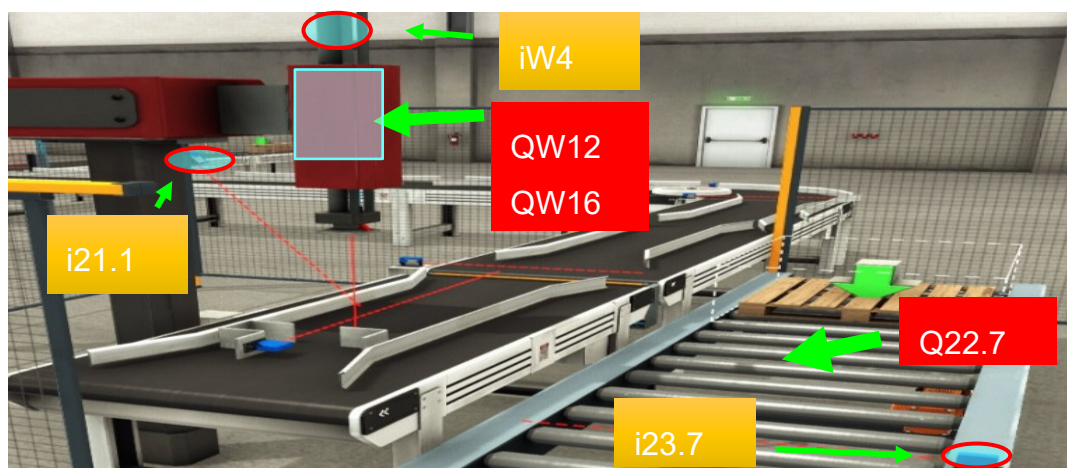


Ilustración 102, ubicación grafica de los sensores y actuadores de la estación de trabajo two-axis pick and place, elaboración fuente propia.

Diagrama grafcet estación de trabajo two-axis pick and place.

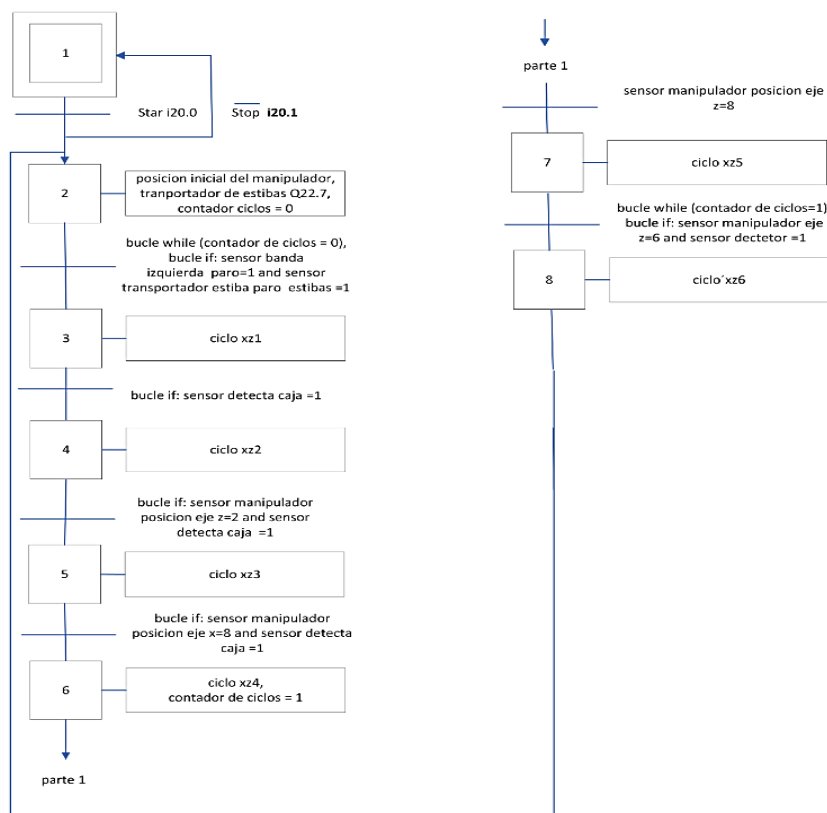


Ilustración 103, diagrama grafcet de la estación de trabajo two-axis pick and place, elaboración fuente propia.

A continuación, se explicará el funcionamiento del proceso:

Al iniciar el sistema se pulsa el botón start donde se ejecuta automáticamente el ciclo inicial ubicando el manipulador según estas coordenadas, el eje $x=0.0$ y eje $z=0.0$ y energiza el transportador de estibas .

Los siguientes ciclos se encargan de trasladar una caja por estiba de acuerdo con las siguientes condiciones.

- Para que se ejecute el primer ciclo xz1 se debe cumplir la siguiente condición.

WHILE: (contador de ciclos = 0)

IF: (sensor banda izquierda paro

= 1 AND sensor transportador estiba paro paro 2 = 1)

- Si la condición es verdadera se activará el ciclo XZ1, y este a la vez activará el sistema de ventosa2, una marca (%M180.1 para c1) quien desactivará las coordenadas del ciclo inicial permitiendo al manipulador enviar nuevas coordenadas: eje x= 0.0, y eje z=3.5 donde sujeta la caja.
- Posicionado el manipulador de acuerdo con las coordenadas anteriores y estando activo el sensor detecta cajas 2 se activará el ciclo xz2.

IF: (sensor detecta cajas 2 = 1)

Si la condición es verdadera se activará el ciclo xz2, y este a la vez activará el sistema de ventosa, una marca (%M180.2 para c2) quien desactivará las coordenadas del anterior ciclo permitiendo al manipulador enviar nuevas coordenadas: eje x= 0.0, y eje z=2.0.

- Posicionado el manipulador de acuerdo con las coordenadas anteriores y estando activo el sensor detecta cajas 2 se activará el ciclo xz3.

IF: (sensor detecta cajas 2 = 1 AND sensor manipulador posición eje z2 =2)

Si la condición es verdadera se activará el ciclo xz3, y este a la vez activará el sistema de ventosa, una marca (%M180.3 para c3) quien desactivará las coordenadas del anterior ciclo permitiendo al manipulador enviar nuevas coordenadas: eje x= 6.8, y eje z=2.0.

- Posicionado el manipulador de acuerdo con las coordenadas anteriores y estando activo el sensor detecta cajas 2 se activará el ciclo xz4.

IF: (sensor detecta cajas 2 = 1 AND sensor manipulador posición eje x2 =8)

Si la condición es verdadera se activará el ciclo xz4, y este a la vez activará el sistema de ventosa, una marca (%M180.4 para c4) quien desactivará las coordenadas del anterior ciclo permitiendo al manipulador enviar nuevas coordenadas: eje x= 6.8, y eje z=6.8.

- Posicionado el manipulador de acuerdo con las coordenadas anteriores se activará el ciclo xz5.

IF: (sensor manipulador posición eje z2 =8)

Si la condición es verdadera se activará el ciclo xz5, y este a la vez desactivará el sistema de ventosas soltando la caja en el transportador de estibas, también activa el contador de ciclos aumentado de 0 a 1 ocasionado que se active un nuevo bucle.

- Una vez pasa el contador de ciclos a 1 este activa el bucle while (contador de ciclos=1), si se cumple la condición activará el ciclo xz6, este se encarga finalizar el proceso de la estación de trabajo two-axis pick and place energizar el transportador de estibas con un tiempo de 1.67s para que salga en su totalidad la estiba a la vez hay otro tiempo de 1.72s donde resetea los contadores para iniciar nuevamente el proceso.

F. Anexo: Estación de trabajo pick and place

A continuación, se elabora una tabla con las variables de entradas y salidas del proceso:

Tabla XXXI, variables de entrada y salidas del transportador derecho

Entradas	Salidas
Estación de trabajo <ul style="list-style-type: none"> • %i22.0 sensor banda derecha final paro • %i23.2 sensor detecta caja • %iW0 sensor manipulador posición eje x • %iW2 sensor manipulador posición eje z Transportador de estiba <ul style="list-style-type: none"> • %i23.0 sensor transportador estiba paro 	Estación de trabajo <ul style="list-style-type: none"> • %Q22.2 ventosa • %Q22.1 transportador pallet • %QW8 salida manipulador posición eje z • %QW10 salida manipulador posición eje y • %QW14 salida manipulador posición eje x

Elaboración fuente propia.

A continuación, se mostrará la ubicación de los sensores .

Ubicación grafica de los sensores y actuadores del proceso

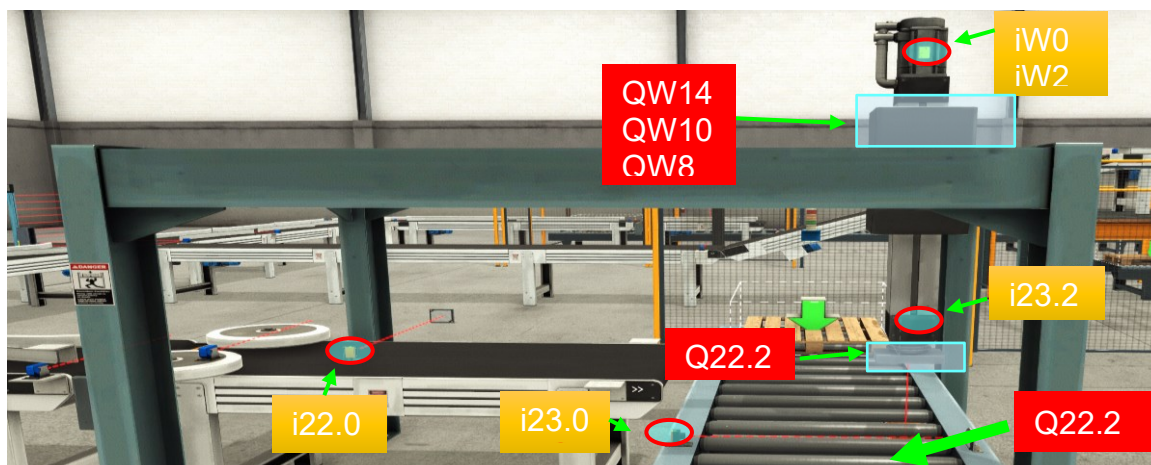


Ilustración 104, ubicación gráfica de los sensores y actuadores de la estación de trabajo pick and place, elaboración fuente propia.

Diagrama grafcet estación de trabajo pick and place.

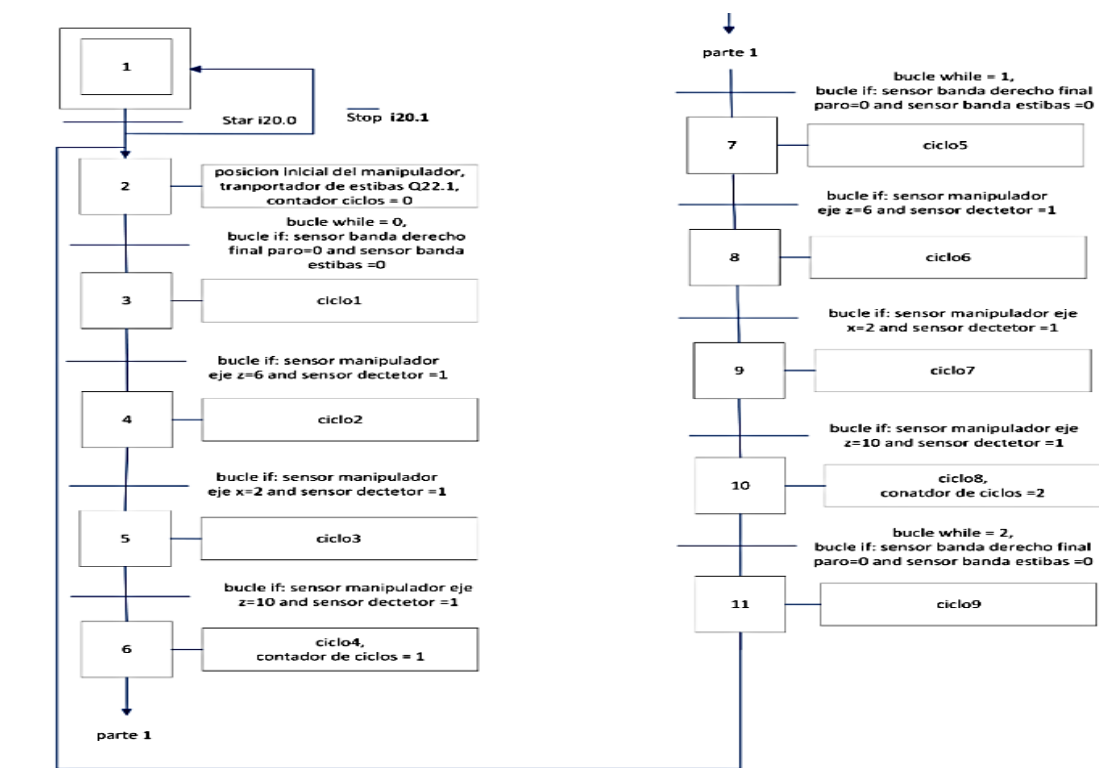


Ilustración 105, diagrama grafcet de la estación de trabajo pick and place, elaboración fuente propia.

A continuación, se explicará el funcionamiento del proceso:

Al iniciar el sistema se pulsa el botón start y reset, donde se ejecuta automáticamente el ciclo inicial ubicando el manipulador según estas coordenadas, el eje $x=7.3$, eje $y=6.0$ y eje $z=0.0$ y energiza el transportador de pallet.

Los siguientes ciclos se encargan de trasladar dos cajas por pallet de acuerdo con las siguientes condiciones:

- Para que se ejecute el primer ciclo se debe cumplir la siguiente condición

WHILE: (contador de ciclos = 0)

If: (sensor banda derecha final paro = 0 AND sensor Banda pallet paro = 0)

Si la condición es verdadera se activará el ciclo 1, y este a la vez activará el sistema de ventosa, una marca (%M103.3 C-primer) quien desactivará las

coordenadas del ciclo inicial permitiendo al manipulador enviar nuevas coordenadas: eje x= 7.3, eje y=6.0 y eje z=4.6 donde sujeta la caja.

- Posicionado el manipulador de acuerdo con las coordenadas anteriores y estando activo el sensor detecta cajas se activará el ciclo 2

If: (sensor manipulador posición eje z=6 AND sensor detecta cajas = 1)

Si la condición es verdadera se activará el ciclo 2, y este a la vez activará el sistema de ventosa, una marca (%M103.1 C-segundo) quien desactivará las coordenadas del anterior ciclo permitiendo al manipulador enviar nuevas coordenadas: eje x= 1.3, eje y=7.5 y eje z=4.6.

- Posicionado el manipulador de acuerdo con las coordenadas anteriores y estando activo el sensor detecta cajas se activará el ciclo 3.

If: (sensor manipulador posición eje x=2 AND sensor detecta cajas = 1)

Si la condición es verdadera se activará el ciclo 3, y este a la vez activará el sistema de ventosa, una marca (%M103.9 C-tercero) quien desactivará las coordenadas del anterior ciclo permitiendo al manipulador enviar nuevas coordenadas: eje x= 1.3, eje y=7.5 y eje z=9.0.

- Posicionado el manipulador de acuerdo con las coordenadas anteriores y estando activo el sensor detecta cajas se activará el ciclo 4.

If: (sensor manipulador posición eje z=10 AND sensor detecta cajas = 1)

Si la condición es verdadera se activará el ciclo 4, y este a la vez desactivará el sistema de ventosa, se envía un pulso al contador de ciclos donde este marcará uno. una marca (%M102.7 C-cuarto) quien desactivara las coordenadas del anterior ciclo permitiendo posicionar la caja en el transportador de estibas.

Finalizado el ciclo cuarto donde se encargaba de trasladar la primera caja al transportador de estibas y activado el pulso del contador de ciclos donde esta acción abre un nuevo bucle el cual permite realizar el traslado de la segunda caja.

- Cuando el contador de ciclos cuenta 1 se activa el bucle while (“contador de ciclos” = 1) ocasionando que se active nuevamente el ciclo inicial.
- Ubicado el manipulador en el ciclo inicial se esté activara el ciclo 5, este tiene el mismo control que el ciclo 1.
- Posicionado el manipulador de acuerdo con las coordenadas anteriores y estando activo el sensor detecta cajas se activará el ciclo 6.

If: (sensor manipulador posición eje z=6 AND sensor detecta cajas = 1)

Si la condición es verdadera se activará el ciclo 6, y este a la vez activará el sistema de ventosa, una marca (%M138.5 C-sexto) quien desactivará las coordenadas del anterior ciclo permitiendo al manipulador enviar nuevas coordenadas: eje x= 1.3, eje y=4.0 y eje z=4.6.

- Posicionado el manipulador de acuerdo con las coordenadas anteriores y estando activo el sensor detecta cajas se activará el ciclo 7.

If: (sensor manipulador posición eje x=2 AND sensor detecta cajas = 1)

Si la condición es verdadera se activará el ciclo 7, y este a la vez activará el sistema de ventosa, una marca (%M138.4 C-séptimo) quien desactivará las coordenadas del anterior ciclo permitiendo al manipulador enviar nuevas coordenadas: eje x= 1.3, eje y=4.0 y eje z=9.0.

- Posicionado el manipulador de acuerdo con las coordenadas anteriores y estando activo el sensor detecta cajas se activará el ciclo 8.

If: (sensor manipulador posición eje z=10 AND sensor detecta cajas = 1)

Si la condición es verdadera se activará el ciclo 4, y este a la vez desactivará el sistema de ventosa, se envía un pulso al contador de ciclos donde este marcará dos. una marca (%M138.3 C-octavo) quien desactivara las coordenadas del anterior ciclo permitiendo posicionar la caja en el transportador de estibas

Finalizado el ciclo 8, activado el contador de ciclos y posicionada la segunda caja en el transportador de estibas ocasionan que se active un nuevo bucle permitiendo la finalización del proceso de la estación de trabajo pick and place de acuerdo con la siguiente condición:

- Activado el bucle while (“contador de ciclos” = 2) activa el ciclo noveno donde Este energiza el transportador de estibas con tiempo de 2.7 s permitiendo que salga en su totalidad el pallet y a la vez otro tiempo de 3.0s que se encarga de resetear el contador de ciclos para dar inicio nuevamente a la estación de trabajo.

G. Anexo: Estación de trabajo palletizer

A continuación, se elabora una tabla con las variables de entradas y salidas del proceso

Tabla XXXII, variables de entrada y salidas del transportador derecho.

Entradas	Salidas
Estación de trabajo <ul style="list-style-type: none"> • %i24.4 sensor contador entrada de cajas • %i24.6 sensor contador de ciclos pallet • %25.2 sensor paro entrada estibas • %24.7 sensor salida estibas pallet • %i27.4 sensor Banda Adelante tope 	Estación de trabajo <ul style="list-style-type: none"> • %Q23.4 transportador entrada de estibas • %Q23.5 aleta o posición caja • %Q24.3 ajuste alineación caja • %Q24.1 compuertas area de agrupación • %Q24.5 transportador entrada pallet • %Q24.6 transportador elevador estibas • %Q24.0 movimiento límite del elevador • %Q23.7 elevador sube • %Q24.6 elevador baja • % Q25.7 tope 2 • %Q24.2 empujador • %QW6 transportador salida banda adelante final

Elaboración fuente propia.

Ver (anexo G) ubicación de los sensores y diagrama del proceso en graficet de la estación de trabajo Palletizer.

Ubicación grafica de los sensores y actuadores del proceso

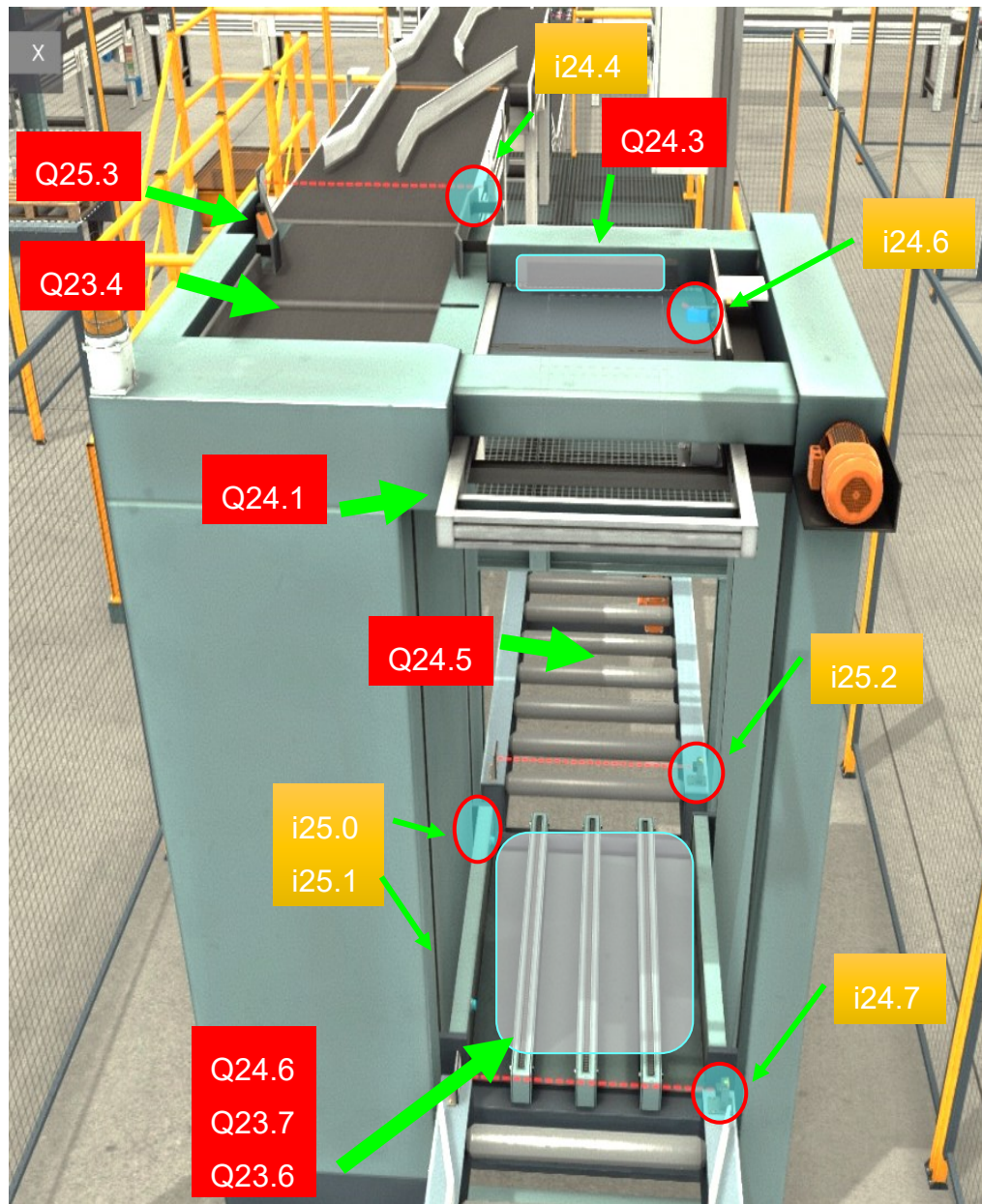


Ilustración 106, ubicación grafica de los sensores y actuadores de la estación de trabajo palletizer, elaboración fuente propia.

Diagrama grafcet estación de trabajo pick and place.

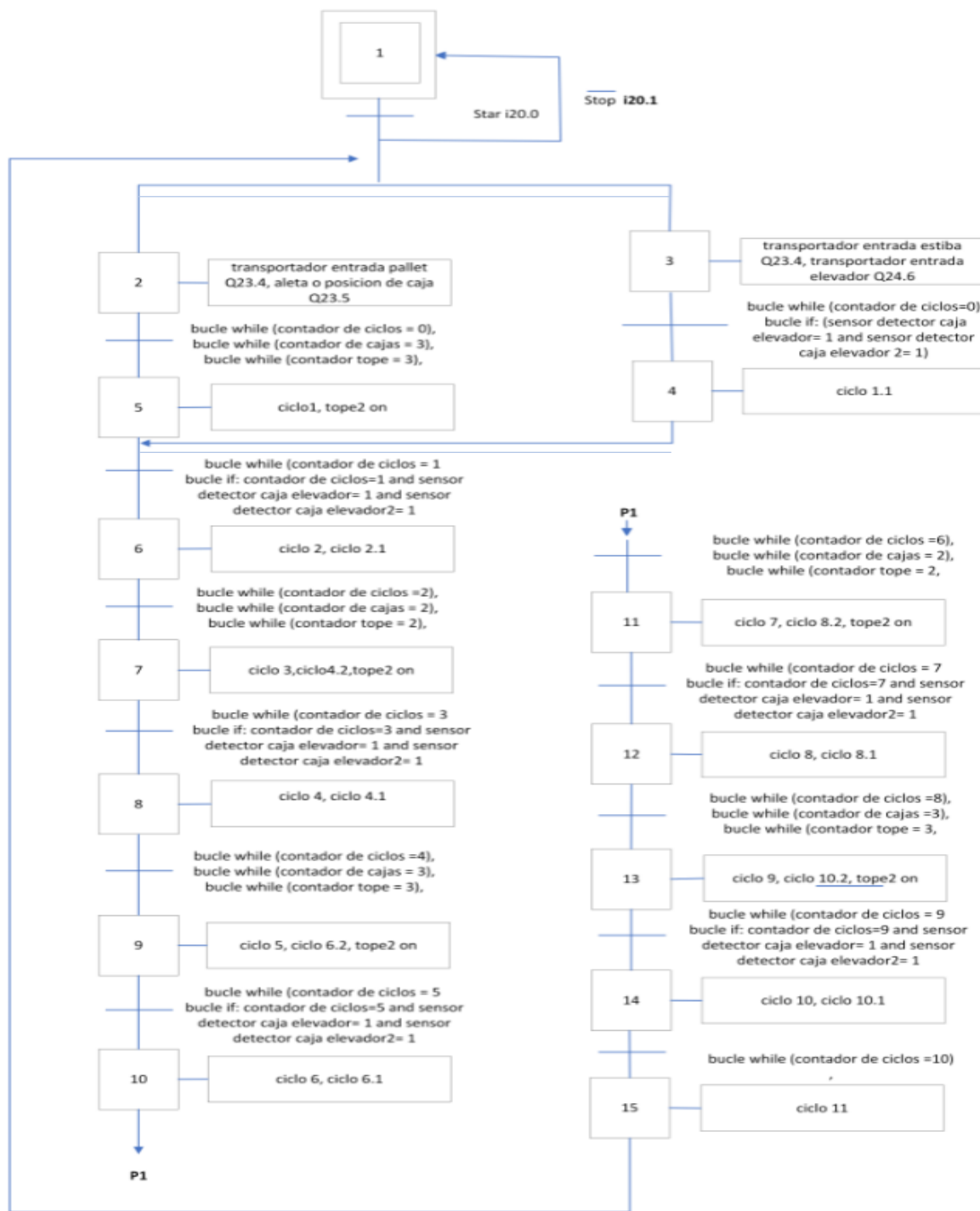


Ilustración 107, diagrama grafcet de la estación de trabajo palletizer, elaboración fuente propia.

A continuación, se explicará el funcionamiento del proceso:

Para iniciar el sistema se pulsa el botón start y el botón reset donde a su vez energizara el transportador de entrada pallet, la aleta o posición de cajas, por último, el transportador entrada estiba y transportador entrada elevador.

Los siguientes ciclos se encargan de trasladar las cajas a la estación de trabajo donde sucesivamente ubica 6 cajas en el área de agrupación para su disposición final en la estiba, para el proceso de la estación de trabajo finalice la estiba debe estar conformada por cinco capas.

Las condiciones de los ciclos son:

- Para que se ejecute el primer ciclo 1 las cajas son detectadas por el sensor contador entrada de cajas y el sensor banda adelante tope para que cumplan las siguientes condiciones:

Bucle while (contador de ciclos = 0)

Bucle while (contador de caja = 3)

Bucle while (contador tope = 3)

- Si la condición es verdadera se activará el ciclo1, y este a la vez activa un tiempo de retado a la conexión de 1s para que las cajas se ubiquen y se energice el empujador trasladándolas al área de agrupación, también hay otro retardo a la conexión de 2.65s que se encarga de resetear los contadores de cajas y tope para inicial nueva mente el ciclo. Este proceso termina cuando las cajas sean detectadas por el sensor contador de ciclos.
- Por otra parte activo el ciclo1 acomoden y las sujete, a la vez existe un tiempo de retardo a la conexión que se encarga de abrir la compuertas del área de agrupación simultáneamente hay otro tiempo de retado a la conexión quien desactivara el sistema de ajuste y alineación soltando las cajas a la estiba del elevador donde este a la vez desciende una posición, posteriormente hay otro retador a la conexión que se encarga de enviar un

pulso al contador de ciclos y recetar el contador de tope y cajas para dar inicio al siguiente ciclo.

- Los dos ciclos mencionados anteriormente formar una capa en la estiba luego entonces para tener las cinco capas en la estiba para que finalice el proceso se tiene que repetir los dos ciclos anteriores cuatro veces para obtener las cinco capas, cuando se obtienen las cinco capas se activa el ciclo 11, este se encarga de finalizar el proceso con la siguiente condición:

Bucle while (contador de ciclos = 10)

- Si la condición es verdadera se activará el ciclo 11, y este a la vez activa el movimiento límite del elevador y elevador baja para que este se traslade a la posición límite de descenso, simultáneamente se activa un retardo a la conexión el cual se encarga de energizar el transportador elevador estibas para que esta se traslade a los transportadores de salida donde inmediatamente es detectado por el sensor salía estibas pallet donde activa un retardador a la conexión para que salga en su totalidad la estiba de la estación de trabajo y resetee los contadores para iniciar nuevamente el proceso.
- también hay al tiempo activado el ciclo 1.1 donde detecta la presencia de la estiba en el elevador de acuerdo con las siguientes condiciones:

Bucle while (contador de ciclos = 0)

**Bucle if (contador de ciclos = 0 and sensor detector caja elevador = 1
and sensor detector caja elevador2 = 1)**

Si la condición es verdadera se activará el ciclo 1.1, y este a la vez activa un temporizador de 1.3s donde se energizarán al tiempo el movimiento límite del elevador y elevador sube para que este se traslade a la su posición límite de ascenso.

- El ciclo segundo se activa con las siguientes condiciones:

Bucle while (contador de ciclos = 1)

Bucle if (contador de ciclos = 1 and sensor detector caja elevador = 1

and sensor detector caja elevador = 1

- Si la condición es verdadera se activará el ciclo 2 y el ciclo 2.1 , el ciclo 2 se encarga de tener energizado el empujador y para el transportador salida banda adelante final. El ciclo 2.1 activa el sistema de ajuste y alineación para que las cajas se

Referencia o bibliografía

- ACERO NINO, I. F. (2015). *Automatización de Máquina Industrial Dosificadora con 3 PLC: Siemens S7 1200, Unitronix V120 UA2, y USA PLC1*. Bogota: REVISTA ESPECIALIZADA.
- Adam Sanders, C. E. (2016). Industry 4.0 Implies Lean Manufacturing: Research Activities in Industry 4.0 Function as Enablers for Lean Manufacturing. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 811-833. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.3926/jiem.1940>
- Alexandre Moreira Nascimento, C. G. (2018). Artificial intelligence and industry 4.0.: *Brazilian Administration Review*, 15(4). Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1590/1807-7692bar2018180152>
- Anderl, R. (2016). Industrie 4.0 – Digital Transformation in Product Engineering and Production. 1-15. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/270390939_Industrie_40_-_Advanced_Engineering_of_Smart_Products_and_Smart_Production
- B. P. Santos, A. A. (2018). INDÚSTRIA 4.0: DESAFIOS E OPORTUNIDADES. *RPD*, 4(1), 111-124. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44954/1/S1901011_es.pdf
- Bocchio, F. (s.f.). SOA, Arquitectura orientada a servicios. *academica*, 1(1), 1-3.
- Borja, C. L. (2019). *ADQUISICIÓN DE DATOS DESDE*. Universidad pais vasco.
- Carlos Catalán, F. S. (2015). *Industria 4.0 en el Grado de Ingeniería Electrónica y Automática*. Andorra la Vella: Universitat Oberta La Salle. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2117/77463>
- Carmen Fullana Belda, E. U. (2009). LOS MODELOS DE SIMULACIÓN: UNA HERRAMIENTA MULTIDISCIPLINAR DE INVESTIGACIÓN. *Encuentros multidisciplinares*, 11(32), 37-48. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3023238>

- Caroline Gobbo Sá Cavalcante, T. D. (2018). Os benefícios da Indústria 4.0 no gerenciamento das empresas The benefits of Industry 4.0 for companies' management. *JOURNAL OF LEAN SYSTEMS*, 3(1), 125-152. Obtenido de <http://leansystem.ufsc.br/>
- Casalet, M. (2018). *La digitalización industrial Un camino hacia la gobernanza colaborativa*. Santiago: cepal.
- Commission, I. E. (2003). *INTERNATIONAL STANDARD IEC 61131-3*. International Electrotechnical Commission .
- Darek Kominek, P. E. (2009). OPC: ¿De qué se trata, y cómo funciona? *Marikon opc*, 1-9.
- David Contreras, J. I. (2017). Developing of Industry 4.0 Applications. *iJOE*, 13(10), 30-47. Obtenido de <https://online-journals.org/index.php/i-joe/article/view/7331>
- Délvio Venanzi, O. R. (2020). INDÚSTRIA 4.0: ESTUDO DE MÚLTIPLOS CASOS NO SETOR INDUSTRIAL DE SOROCABA-SP. *Científica Hermes*, 137-156. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/338967054_Industria_40_Estudo_de_Multiplos_Casos_no_setor_industrial_de_Sorocaba-SP
- ERAZO BASSANTES, Y. P., & NAVARRETE VILLAFUERTE, R. M. (2019). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DIDÁCTICO PARA EL DESARROLLO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO RELACIONADAS A COMUNICACIONES INDUSTRIALES, EN EL LABORATORIO DE REDES INDUSTRIALES Y CONTROL DE PROCESOS*. Latacunga, Ecuador: Universidad de las fuerzas armadas.
- factoryio. (s.f.). *manual de usuario*. Recuperado el 4 de 09 de 2020, de <https://docs.factoryio.com/manual/user-interface/index.html>
- Flórez Bolaños Jaime, A. P. (2019). Industria 4.0: tendencias de la literatura académica reciente. *Espacios*, 40(30), 27.
- Foundation, O. (1999). OPC Data Access Custom Interface Specification. *OPC Foundation*.

- Francesco, L. (02 de 2019). Interoperabilidad de la época de la industria 4.0 y el Internet de las cosas. *Instituto Multidisciplinario de Publicaciones Digitales*, 1-36.
- García, F. R. (2020). Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0. *Uis ingenierias*, 19(2), 177-192.
- Gillen RUIZ, F. (2006). *Diseño e implementación de controladores*. 158-170.
- González Suárez, V. (s.f.). *IEC 61131-3 lenguajes de programación*. España: universidad de oviedo. Obtenido de [http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/IEC%2061131-3%20\(Lenguajes\).pdf](http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/IEC%2061131-3%20(Lenguajes).pdf)
- González, D. M. (2017). *La industria 4.0 en Alemania*. ICEX España Exportación e Inversiones.
- Heinz, K., & Michael, T. (2010). *IEC 61131-3: Programming Industrial automation Systems*. Springer.
- Hermann Mario, P. T. (2015). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. *researchgate*, 4-16. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/307864150_Design_Principles_for_Industry_40_Scenarios_A_Literature_Review
- Jian Qina, Y. L. (2016). A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond. *Elsevier*, 52, 173-178. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221282711630854X>
- José Antonio Aquino Robles, L. G. (2019). LA INGENIERÍA MECATRÓNICA COMO FUNDAMENTO EN LA TRANSICIÓN HACIA LA INDUSTRIA 4.0. *ACADEMIA JOURNALS*, 11(9), 149-150.
- José Francisco Del Vecchio, F. J. (2015). La computación en la nube: un modelo para el desarrollo de las empresas. *Prospect*, 13(2), 81-87. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/prosp/v13n2/v13n2a10.pdf>
- Joyanes, A. L. (2012). *Computación en la Nube e innovaciones tecnológicas*. academia.edu. Obtenido de https://www.academia.edu/5313180/Computaci%C3%B3n_en_la_Nube_e_innovaciones_tecnol%C3%B3gicas

- Karla Kleinhempel, A. S. (2015). *Industrie 4.0 im Aufbruch? Mitbestimmungsförderung*(15), 1-15. Obtenido de <https://www.econstor.eu/handle/10419/126116>
- Lady Diana Velasquez, L. M. (2019). *Aspectos basicos de la industria 4.0*. Bogota: Ministerio de la Tecnologias de la Informacion y Comunicaion. Obtenido de https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-124767_recurso_1.pdf
- Lehnhoff, S., Rohjans, S., Uslar, M., & Mahnke, W. (2012). OPC Unified Architecture: A Service-Oriented Architecture for Smart Grids. *IEEE*, 1-7.
- Luis Felipe Ortiz Clavijo, J. D. (2018). Computación en la Nube: Estudio de Herramientas Orientadas a la Industria 4.0. *Lámpsakos*(20), 68-75. Obtenido de <http://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/article/view/2560>
- Luis Felipe Rodríguez, L. T. (1995). USOS Y APLICACIONES DE LA SIMULACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA. *Agronomía colombiana*, 12(1), 198-204.
- Maicon Saturno, V. M. (2018). PROPOSAL OF AN AUTOMATION SOLUTIONS ARCHITECTURE FOR INDUSTRY 4.0. *logforum*, 14(2), 185-195. Obtenido de https://www.logforum.net/pdf/14_2_4_18.pdf
- Marc, S. (2018). Los pilares de la industria 4.0. *Antiguos Alumnos IESE*(148), 24-27.
- Martines Corbillón, L. (2013). OPC-UA: UN ESTÁNDAR AL SERVICIO DE LA INTEGRACIÓN EN EL CONTROL DE EDIFICIOS. *Universidad, ciencia y tecnología*, 49-53.
- Martínez León, J. F. (2017). *ELABORACIÓN DE MATERIAL DOCENTE PARA EL CONTROL DE PROCESOS DISCRETOS*. ESPAÑA: UNIVERSIDAD DE JAÉN.
- Mateos Martín, F. (2006). *Introducción al Estándar IEC-61131*. Entornos Integrados.
- Mera Pozo, R. P. (2019). *IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA VIRTUAL PARA LA SIMULACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES PARA LOS LABORATORIOS DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO*. Ibarra, Ecuador: UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.
- Mera Pozo, R. P. (2019). *IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA VIRTUAL PARA LA SIMULACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES PARA LOS LABORATORIOS*

- DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO*. Ibarra, Ecuador: UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.
- Mijodrag Milošević, D. L. (2019). *Digital Transformation of Manufacturing Towards Industry 4.0 Concept*. Romania: HE INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE CARPATHIAN EURO-REGION SPECIALISTS IN INDUSTRIAL SYSTEMS.
- opcfoundation. (s.f.). *opcfoundation*. Obtenido de <https://downloads.prosysopc.com/downloads/opc-brochure-2013-v2.pdf>
- opcfoundation.org. (22 de 04 de 2015). *opcfoundation.org*. Obtenido de <https://opcfoundation.org/news/opc-foundation-news/update-iec-62541-opc-ua-published/>
- Padilla, D. E. (2018). RELACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0 CON LA COMPETITIVIDAD INDUSTRIAL. *Derrotero la Revista de la Ciencia y la Investigación.*, 12, 143-174.
- Patricia Galván Morales, J. A. (2017). LA NUBE AL SERVICIO DE LAS PYMES EN DIRECCIÓN A LA INDUSTRIA 4.0. *Pistas Educativas*, 39, 85-98.
- Patricia Galván Morales, J. A. (2017). LA NUBE AL SERVICIO DE LAS PYMES EN DIRECCIÓN A LA INDUSTRIA 4.0. *Pistas Educativas*, 39(126), 85-98. Obtenido de <http://pistaseducativas.itc.mx/>
- Peña Rodríguez, L. (2010). *Implementación de servicio de obtención y almacenamiento de datos usando el modelo cliente-servidor de OPC*. Santa Clara: Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas .
- Peres Garcia, c. I. (2015). *Desarrollo de la automatización de una línea de llenado y transporte de productos carnicos mediante automatizadores y HMI siemens a través de red profinet*. VALENCIA: UNIVERSITAT POLITECNICA DE VALENCIA.
- PLAZAOLA ORMAZABAL, I. (2015). *Análisis Arquitectura HW y Plataformas de Programación*. España: UNIVERSIDAD OVIEDO.
- Rainer Drath, A. H. (2014). Industrie 4.0 – Hit or Hype? *IEEE*, 56-58. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/263285662_Industrie_40_Hit_or_Hype_Industry_Forum
- Raúl, T. G. (2019). La fabricación abierta: ¿un camino alternativo a la industria 4.0. *Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 14(41), 263-285.

- Riisøen, S. (2018). Hvordan endrer industri 4.0 kompetansekrav i industrien? *UiO*, 1-94. Obtenido de <https://www.duo.uio.no/handle/10852/63887>
- Román, J. L. (s.f.). *Industria 4.0: la transformación digital de la industria*. España: Coddii. Obtenido de <https://coddii.org/>
- Sala Sirvent, S. J. (2018). *Programación de un almacén automático de palés*. Valencia España: Universidad politecnica de valencia.
- Saurabh Vaidya, P. A. (2018). Industry 4.0 – A Glimpse. *Elsevier*, 20, 233-238. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978918300672>
- Schroeder, W. (s.f.). *La estrategia alemana Industria 4.0: el capitalismo renano en la era de la digitalización*. Madrid: Friedrich-Ebert-Stiftung. Obtenido de <http://www.fes-madrid.org/>
- siemens. (2009). *TIA Portal - STEP 7 Basic V10.5*. siemens.
- Siemens. (2019). *Documentación didáctica*. alemania: Digital Industries, FA.
- Tapia, V. (2014). Industria 4.0 – Internet de las Cosas. *UTCiencia*, 1(1), 51-60. Obtenido de <http://investigacion.utc.edu.ec/revistasutc/index.php/utciencia/article/view/6>
- Timo Klünder, J. N. (2019). Procurement 4.0: How the digital disruption supports cost-reduction in Procurement. *Production producao*, 29, 3-11. Obtenido de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132019000100701&tlng=en
- Val, J. L. (2016). INDUSTRIA 4.0: LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE LA INDUSTRIA. *Ingeniería de la Universidad de Deusto*, 3.
- VALLEJO LABRADA, A. F., & DAMIAN, J. M. (2011). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE EMULACIÓN REMOTA DE CONTROLADORES*. santiago de cali: UNIVERSIDAD DEL VALLE.
- Wittenberg, C. (2016). Human-CPS Interaction – requirements and human-machine interaction methods for the Industry 4.0. *Elsevier*, 49(19), 420-425. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896316321930>
- Wolfgang Mahnke, S. L. (2009). Arquitectura OPC unificada la norma futura para la modelización de las comunicaciones y la información en la automatización. *ABB*, 56-61.

Ynzunza Cortés, C. B. (2017). El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras. *dialnet*, 33-45. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6405835>