

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de: INGENIEROS
ELECTRÓNICOS**

TEMA:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA EN EL SISTEMA
MODULAR DE PRODUCCIÓN, PARA LA CREACIÓN DE UNA BODEGA
INTELIGENTE, EN LA ESTACIÓN DE ALMACENAMIENTO, MEDIANTE
EL CONTROL CON EL PLC S7-300 Y EL PROTOCOLO DE
COMUNICACIÓN ETHERNET.**

AUTORES:

**JORGE FABRICIO GARCÍA ALBARRACÍN
PABLO ANDRÉS TERÁN ESCOBAR**

DIRECTOR:

HAMILTON LEONARDO NÚÑEZ VERDEZOTO

Quito, mayo de 2015

**DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotros, autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además, declaramos que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Quito, mayo de 2015

Jorge Fabricio García Albarracín

C.C. 171712370-5

Pablo Andrés Terán Escobar

C.C.172027082-4

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis abuelitos Juanita y Antonio; su apoyo incondicional, su cariño, consejos y enseñanzas; fueron la razón para cumplir mis metas y el motivo para no decaer ante las adversidades, siempre los llevaré en mi corazón.

Fabricio.

Todo mi trabajo está dedicado a mi esposa y mi hija, por ser pacientes y darme todo su amor a pesar de las adversidades, por enseñarme a ser el mejor y por hacerme ver que las cosas por más difíciles que sean se pueden lograr.

A mis padres, quienes siempre han estado ahí para verme crecer y ser el apoyo incondicional que necesité, a mis hermanos y sobrinos por ser siempre parte de mí y ser mi gran familia.

Mi trabajo es para ustedes.

Pablo.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Politécnica Salesiana por brindarnos la oportunidad de realizar el proyecto en los laboratorios de la institución además de aportar con todo lo que necesitábamos la culminación del mismo.

Un agradecimiento especial a nuestro director de tesis Ing. Hamilton Núñez por sus consejos y amistad.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1.....	2
FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Hipótesis.....	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 Justificación.....	4
1.5 Alcance.....	4
1.6 Beneficiarios	5
CAPÍTULO 2.....	6
ESTADO DEL ARTE.....	6
2.1 La bodega	6
2.2 Almacenaje inteligente.....	6
2.3 Errores frecuentes de almacenaje.....	7
2.4 Tecnologías disponibles para almacenamiento	8
2.4.1 Paletizado automático	8
2.4.2 Sistemas robotizados con RIFD	12
2.4.3 Transelevadores automatizados	14
2.5 Métodos de almacenamiento.....	16
2.5.1 Método FIFO.....	16
2.5.2 Método LIFO	17
2.6 Inventarios.....	18
2.6.1 Sistema de inventario permanente	18
2.6.2 Sistema de inventario periódico	19
2.7 Sistema SCADA	20

2.7.1 Elementos del sistema	22
2.7.2 Alcances y limitaciones de un software SCADA	23
2.7.3 Diseño HMI.....	24
2.8 Sistemas de supervisión	27
2.8.1 WinCC	27
2.8.2 TIA Portal	28
2.9 El PLC.....	29
2.9.1 Estructura de un PLC	29
2.9.2 Ventajas y desventajas de un PLC	30
2.10 Interfaces de comunicación.....	31
2.10.1 Industrial ethernet.....	32
2.11 Servomotores	35
2.11.1 Características de los servomotores	35
2.11.2 Encoder	36
2.11.3 Encoder incrementales ópticos.....	36
2.11.4 Encoder absolutos ópticos.....	38
CAPÍTULO 3.....	40
DESARROLLO DE HARDWARE Y SOFTWARE	40
3.1 Hardware.....	40
3.1.1 Descripción del hardware.....	40
3.1.2 Componentes de la estación de almacenamiento	41
3.1.3 Modificación del hardware	54
3.1.4 Topología de red	61
3.2 Software	62
3.2.1 Descripción del programa elaborado en TIA Portal	62
3.2.2 Algoritmo de control y diagramas de flujo	64

3.2.3 Programación en WinCC	71
3.2.4 Configuración de la interfaz gráfica.....	83
3.2.5 Configuración de la interfaz Ethernet	87
3.3 Proceso del sistema	93
3.3.1 Proceso de almacenamiento	93
3.3.2 Proceso de despacho	94
CAPÍTULO 4.....	95
ANÁLISIS DE RESULTADOS	95
4.1 Procedimiento de la aplicación	95
4.1.1 Posición inicial.....	98
4.1.2 Ejecución proceso de almacenamiento	99
4.1.3 Ejecución proceso de despacho.....	103
4.2 Procedimiento de comunicación de la estación de Almacenamiento	108
4.2.1 Análisis de comunicación desde la PC hacia el PLC vía Ethernet	108
4.2.2 Análisis de comunicación del sistema SCADA	108
4.3 Procedimiento para el posicionamiento de elementos activos de la estación ...	109
4.4 Procedimiento de mantenimiento.....	111
4.4.1 Protocolo de mantenimiento preventivo	111
4.4.2 Protocolo de mantenimiento correctivo	112
4.4.3 Fichas de mantenimiento	114
4.5 Análisis de costos.....	116
4.5.1 Comparación con un proyecto de bodega inteligente similar	117
4.5.2 Análisis comparativo.....	117
CONCLUSIONES.....	119
RECOMENDACIONES.....	121
LISTA DE REFERENCIAS	122
GLOSARIO	124
ANEXOS.....	125

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Almacén inteligente.....	7
<i>Figura 2.</i> Palet o paleta	9
<i>Figura 3.</i> Robot pórtico.....	10
<i>Figura 4.</i> Robots articulado o antropomórfico.....	11
<i>Figura 5.</i> Pinza robot.....	12
<i>Figura 6.</i> Sistema robótico RFID	13
<i>Figura 7.</i> Transelevadores automatizados.....	15
<i>Figura 8.</i> Sistema FIFO.....	17
<i>Figura 9.</i> Sistema LIFO	18
<i>Figura 10.</i> Tarjeta de control de inventario.....	19
<i>Figura 11.</i> Inventario físico de productos	20
<i>Figura 12.</i> Sistemas SCADA	21
<i>Figura 13.</i> Panel HMI	22
<i>Figura 14.</i> Elementos sistema SCADA.....	23
<i>Figura 15.</i> Combinación de colores primarios.....	25
<i>Figura 16.</i> Contraste complementario.....	26
<i>Figura 17.</i> Contraste de tonos	26
<i>Figura 18.</i> Supervisión de proceso en WinCC.....	27
<i>Figura 19.</i> TIA Portal funciones	28
<i>Figura 20.</i> Estructura de un PLC	30
<i>Figura 21.</i> Simatic Net.....	32
<i>Figura 22.</i> Servomotores.....	35
<i>Figura 23.</i> Encoder incremental.....	37
<i>Figura 24.</i> Encoder absoluto	38
<i>Figura 25.</i> Estación de Almacenamiento MPS 500 “Bodega o Stock”	41
<i>Figura 26.</i> Estanterías estación Almacenamiento	42
<i>Figura 27.</i> Ejes cartesianos de la estación de Almacenamiento.....	43
<i>Figura 28.</i> Pinza con gripper.....	44
<i>Figura 29.</i> Botonera	44
<i>Figura 30.</i> Conexión con la banda transportadora	45
<i>Figura 31.</i> Terminal E/S.....	46
<i>Figura 32.</i> Limitador de corriente	46
<i>Figura 33.</i> Tarjeta DC RS Alpha 5	47
<i>Figura 34.</i> Movimiento eje X Tarjeta DC RS Alpha 5	48
<i>Figura 35.</i> Movimiento eje Z Tarjeta DC RS Alpha 5.....	48
<i>Figura 36.</i> Terminal de válvulas CP	49
<i>Figura 37.</i> Sensor de proximidad inductivo.....	49

<i>Figura 38.</i> Válvula de cierre con filtro conservador	50
<i>Figura 39.</i> Encoder estación de Almacenamiento	50
<i>Figura 40.</i> Motor de engranaje 24V dc	51
<i>Figura 41.</i> PLC- Simatic S7-300.....	51
<i>Figura 42.</i> Módulo CP 343-1 lean	54
<i>Figura 43.</i> Sensor inductivo	55
<i>Figura 44.</i> Sensor reflectivo.....	56
<i>Figura 45.</i> Colocación de los sensores.....	57
<i>Figura 46.</i> Detección del tipo de pieza	58
<i>Figura 47.</i> Plano de conexiones de I/O utilizadas en PLC SIMATIC S7-300.....	60
<i>Figura 48.</i> Topología de red.....	61
<i>Figura 49.</i> Diagrama de flujo de datos de los bloques principales	62
<i>Figura 50.</i> Diagrama de flujo almacenado de piezas	65
<i>Figura 51.</i> Diagrama de flujo despacho de piezas	66
<i>Figura 52.</i> Función “COUNT”.....	68
<i>Figura 53.</i> Posición inicial de los encoder	69
<i>Figura 54.</i> Diagrama general de flujo HMI	72
<i>Figura 55.</i> Ventana de inicio.....	73
<i>Figura 56.</i> Flujograma imagen inicio.....	74
<i>Figura 57.</i> Ventana de acceso	75
<i>Figura 58.</i> Flujograma imagen acceso	76
<i>Figura 59.</i> Ventana proceso	77
<i>Figura 60.</i> Flujograma imagen proceso	79
<i>Figura 61.</i> Ventana alarmas	80
<i>Figura 62.</i> Flujograma imagen alarmas	81
<i>Figura 63.</i> Ventana reportes.....	82
<i>Figura 64.</i> Flujograma imagen reportes.....	83
<i>Figura 65.</i> Nombre del equipo monopuesto.....	84
<i>Figura 66.</i> Pestaña de arranque	85
<i>Figura 67.</i> Pestaña de parámetros	86
<i>Figura 68.</i> Pestaña de graphics-runtime.....	87
<i>Figura 69.</i> Selección de driver de comunicación	88
<i>Figura 70.</i> Stop runtime	88
<i>Figura 71.</i> Propiedades conexión bodega	89
<i>Figura 72.</i> Configuración de parámetros del enlace de comunicación	90
<i>Figura 73.</i> Configuración de parámetros de sistema.....	90
<i>Figura 74.</i> Nombre lógico del dispositivo de red.....	91
<i>Figura 75.</i> Activación de runtime	92

<i>Figura 76.</i> Diagnóstico de comunicación del enlace TCP/IP	92
<i>Figura 77.</i> Proceso de almacenaje de piezas.....	93
<i>Figura 78.</i> Proceso de despacho de piezas	94
<i>Figura 79.</i> Inicio del sistema SCADA	95
<i>Figura 80.</i> Autenticación	96
<i>Figura 81.</i> Conexión al sistema.....	97
<i>Figura 82.</i> Ingreso exitoso	97
<i>Figura 83.</i> Pantalla de monitoreo del proceso.....	98
<i>Figura 84.</i> Posiciones posibles en las estanterías.....	100
<i>Figura 85.</i> Dinamización para piezas tipo rojas en el sistema Scada	100
<i>Figura 86.</i> Dinamización para piezas tipo negras en el sistema Scada.....	101
<i>Figura 87.</i> Dinamización para piezas tipo plateadas en el sistema Scada	101
<i>Figura 88.</i> Dinamización de piezas almacenadas	102
<i>Figura 89.</i> Botones “Seleccionar Piezas”	103
<i>Figura 90.</i> Pieza plata más antigua	104
<i>Figura 91.</i> Dinamización de espacio disponible	105
<i>Figura 92.</i> Dinamización de la nueva pieza ingresada.....	106
<i>Figura 93.</i> Dinamización almacenamiento	109
<i>Figura 94.</i> Alarma “bodega llena”	107
<i>Figura 95.</i> Resultado de comunicación vía Ethernet entre la PC y el PLC	108
<i>Figura 96.</i> Resultado del diagnóstico de canales de WinCC	109
<i>Figura 97.</i> Ajuste de altura en el gripper	110
<i>Figura 98.</i> Ajuste de altura en las estanterías.....	111
<i>Figura 99.</i> Ficha de mantenimiento preventivo I.....	114
<i>Figura 100.</i> Ficha de mantenimiento preventivo II.....	115
<i>Figura 101.</i> Gráfica comparativa del costo total del proyecto.....	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Datos técnicos CPU 313C</i>	52
Tabla 2. <i>Datos técnicos CP (Communications Processor) 343-1 Lean</i>	53
Tabla3. <i>Datos técnicos sensor inductivo</i>	55
Tabla4. <i>Datos técnicos sensor reflectivo</i>	56
Tabla5. <i>Detección de tipo de pieza</i>	59
Tabla6. <i>Entradas del PLC</i>	67
Tabla7. <i>Salidas del PLC</i>	68
Tabla8. <i>Número de pulsos para cada posición</i>	70
Tabla9. <i>Asignación de direcciones IP</i>	71
Tabla10. <i>Detalle de la ventana inicio</i>	73
Tabla11. <i>Detalle de la ventana acceso</i>	75
Tabla12. <i>Detalle de la ventana proceso</i>	78
Tabla13. <i>Objetos utilizados en la creación de la imagen alarmas</i>	80
Tabla14. <i>Objetos utilizados en la creación de la imagen reportes</i>	82
Tabla15. <i>Piezas ingresadas a bodega</i>	103
Tabla16. <i>Orden actual de piezas ingresadas a bodega</i>	105
Tabla17. <i>Piezas ingresadas a bodega</i>	106
Tabla18. <i>Mantenimiento correctivo estación de Almacenamiento</i>	113
Tabla19. <i>Tabla de valor de programación</i>	116
Tabla20. <i>Tabla de precios equipos SIEMENS y FESTO</i>	116

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Configuración y Programación en TIA Portal	127
Anexo 2. Prácticas para la estación de Almacenamiento o Bodega.....	137

RESUMEN

El avance tecnológico que se observa en la actualidad motiva a un elevado número de empresas, que basan sus negocios en procesos industriales, a buscar alternativas para la gestión de datos monitorizados por redes y sistemas específicos de seguridad y control; dando resultados positivos en la productividad y optimización de recursos. Los sistemas SCADA (Supervisión Control y Adquisición de Datos), fáciles de integrar a procesos industriales, son una alternativa viable debido a su efectividad y amplia gama de hardware y software disponibles en la industria. Estos sistemas se pueden utilizar en procesos críticos locales y globales dando soluciones inmediatas en tiempos reales.

Las redes de comunicación industrial son un factor primordial en los sistemas SCADA, están diseñadas para transmitir gran cantidad de información en tiempo real entre una estación de trabajo hacia la planta u otra estación. En la industria moderna se ubica a la red denominada “Industrial Ethernet” como la tendencia de comunicación a ser elegida en procesos industriales, debido a su esquema abierto de interconexión, su eficiencia en el intercambio de grandes volúmenes de datos de información, y el bajo coste de las interfaces requeridas en su implementación.

El proyecto presentado a continuación se basa en el proceso industrial de almacenado y despacho de piezas; controlado y supervisado por un sistema SCADA implementado en una computadora para la estación de almacenamiento o bodega del Sistema Modular de Producción (MPS). Para ello se genera una red basada en “Industrial Ethernet” entre el PLC Siemens y el sistema de supervisión. Además se utiliza el software desarrollado por SIEMENS: SIMATIC, TIA PORTAL, WinCC para la programación de los dispositivos.

ABSTRACT

The technological advancement that is observed today, motivates a large number of companies that base their businesses in industrial processes to seek alternatives for managing data networks and monitored by specific security systems and control; showing positive results on productivity and resource optimization. Easy SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) to integrate industrial processes are a viable alternative because of its effectiveness and wide range of hardware and software, can be used in local and global critical processes, giving immediate solutions in real time.

The industrial communication networks are a key factor in SCADA systems are designed to transmit large amounts of information in real time, from a workstation to the ground or another station. In modern industry is located in the "Industrial Ethernet" network known as the trend of communication to be elected in industrial processes due to its open interconnection scheme, its efficiency in the exchange of large data volumes of information, and low cost of interfaces required in their implementation.

The project presented below is based on the industrial process stored and retribution pieces; controlled and supervised by a SCADA system implemented in a computer for storage station or warehouse Modular Production System (MPS). To this a solution based on "Industrial Ethernet" between PLC Siemens and network monitoring system is generated. SIMATIC TIA PORTAL, WinCC for programming devices: Besides the software developed by SIEMENS is used.

INTRODUCCIÓN

El proyecto consta de cuatro capítulos en los que se presenta una parte teórica que brinda la información necesaria para la implementación del sistema SCADA mediante Industrial Ethernet en la estación de almacenamiento del sistema modular de producción (MPS).

En el capítulo uno: fundamentos de la investigación, se expone el problema a resolver, además se formula una hipótesis y se plantean los objetivos que se esperan alcanzar al culminar el proyecto, de manera similar se presenta una justificación y se establece el alcance y beneficiarios de esta investigación.

En el capítulo dos: estado del arte, se presenta todo el marco teórico necesario para la ejecución del proyecto, además de las tecnologías disponibles y el porqué de la elección de un determinado proceso o método.

En el capítulo tres: desarrollo de hardware y software, se muestra la descripción del hardware de la estación de almacenamiento, además de las modificaciones del hardware que se realizarán en dicha estación. De igual manera se expone la topología de red, se describe el algoritmo de programación y la configuración de la interfaz gráfica y de red.

El capítulo cuatro: análisis de resultados, contiene la información relacionada a pruebas y resultados que se efectuó al proyecto.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

En la actualidad la utilización de la estación de almacenamiento del Sistema Modular de Producción (MPS) ha sido limitada, tanto en sus aplicaciones como en el uso adecuado de sus dispositivos de hardware, por esta razón se plantea vincular un sistema de gestión de calidad en el proceso que la estación cumple, logrando incrementar la productividad y reduciendo recursos.

Cabe especificar que el trabajo que la estación realiza, únicamente se basa en el almacenamiento de piezas sin distinguir el color o material de los elementos que van ingresando, no se registra en una base de datos el material ingresado, ni se administra el uso de la bodega el cual debe estar sincronizado con lo que se solicita en stock.

Es importante reconocer que el aprendizaje y manipulación de la estación se torna complicada por la extensión, complejidad del manual de usuario y el idioma en el que se encuentra, además la información adicional del manejo de la estación en otros medios es limitada, por lo que la creación de un manual técnico es una buena opción para optimizar los recursos de la estación.

1.2 Hipótesis

El objetivo del presente proyecto está orientado a la “Administración de una bodega inteligente”, en el cual se planifica acoplar al sistema de hardware dos tipos de sensores, que permitan que la estación memorice todo lo que ha ingresado a bodega. Mediante un sistema SCADA un operario podrá solicitar un número de piezas de determinado color o material y que la bodega proporcione estas piezas automáticamente, poniendo como prioridad el orden en el que fueron ingresadas (Sistema FIFO, First In- FirstOut).

Toda la información del material almacenado debe ser administrada por medio del sistema SCADA, de tal manera que la información sea siempre real y se actualice conforme se produzcan cambios en la bodega, para aquello se manejará un reporte de datos tanto en el sistema SCADA como en la memoria del PLC S7-300.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema SCADA en el Sistema Modular de Producción, para la administración de una Bodega Inteligente, en la estación de Almacenamiento mediante el control con el PLC S7-300 y el protocolo de comunicación Ethernet.

1.3.2 Objetivos específicos

Analizar el funcionamiento de la estación de Almacenamiento del Sistema Modular de Producción y establecer el control de los servomotores para la precisión del sistema robótico de la estación.

Desarrollar un cuadro de procesos para la administración de la Bodega inteligente, encaminada a mejorar la productividad y la gestión de calidad.

Implementar un sistema SCADA para el monitoreo y supervisión de la estación de Almacenamiento con el desarrollo de un sistema automático vía comunicación Ethernet.

Proporcionar información en tiempo real, a través de una base de datos, de todo lo ocurrido en bodega para su correcta administración.

Desarrollar una guía de prácticas técnicas para la automatización de la estación de almacenamiento.

1.4 Justificación

El propósito de este proyecto es la optimización de la estación de Almacenamiento, es decir, que la estación sea capaz de identificar posiciones disponibles en cada estantería, que el almacenamiento siempre sea ordenado, que el despacho lo genere en base al material más antiguo ingresado y que todo el proceso cuente con un sistema de monitoreo.

De igual manera se busca la elaboración de una guía de prácticas orientada al control de la Estación de Almacenamiento para la “Administración de la Bodega”, el mismo que permitirá reforzar e incentivar el conocimiento en sistemas automáticos de procesos para los estudiantes.

1.5 Alcance

Todo el sistema de bodega estará orientado exclusivamente a la estación de Almacenamiento del Sistema Modular de Producción (MPS), la programación para el control y diseño de almacenaje se concentrará en el PLC S7-300 y su comunicación con el sistema SCADA (Supervisión Control y Adquisición de Datos) será vía Ethernet.

Para la ejecución del proyecto se utilizará cinco niveles de almacenamiento y cada nivel contará con cuatro posiciones; además se define la utilización de piezas de color (Roja), piezas sin color (Negras) y piezas metalizadas (Plateadas).

El sistema SCADA únicamente se encargará de la administración y supervisión de todo lo que sucede en el sistema y será la interfaz de comunicación para solicitar el material requerido con previa solicitud del operario.

La administración del material requerido a través del sistema SCADA, se realizará según parámetros del sistema FIFO (First In, First Out); despachando una pieza por proceso, es decir, una a la vez.

1.6 Beneficiarios

El presente proyecto genera un beneficio para los estudiantes y docentes de la Universidad Politécnica Salesiana, Campus Sur; ya que al implementar un sistema SCADA y una guía de prácticas de la Estación de Almacenamiento del Sistema Modular de Producción, se conocerá a plenitud el funcionamiento de la estación y formas de manipulación de la misma, así se genera un medio para la investigación y desarrollo sobre la estación que permita innovar en el área del almacenaje automatizado.

CAPÍTULO 2

ESTADO DEL ARTE

2.1 La bodega

Generalmente una bodega es un espacio destinado al almacenamiento de material; en un proceso industrial se suele tener múltiples espacios en los cuáles se clasifica tanto la materia prima para ser procesada como el producto en sus distintas etapas de proceso, hasta su entrega final al cliente o devolución a la fábrica en caso de ser detectada una falla.

La operación de una bodega es la organización que se le da a ésta, para que el material que se va a resguardar se haga de una forma ordenada, con fácil movilidad y un estricto control. La organización de materiales describe el espacio dentro de una bodega de acuerdo a la capacidad que ésta tenga.

Finalmente queda la distribución del material almacenado, proceso por el cual se define los estándares de demanda del producto para encontrar la fiabilidad de tener dicho producto en bodega por un tiempo determinado y así encontrar la manera de reducir los costos que implica el proceso y mejorar la competitividad.

2.2 Almacenaje inteligente

A diferencia de una bodega, un almacén inteligente está ligado a una serie de reglas o procesos logísticos que permitan el uso adecuado de los recursos y una optimización del proceso con la ayuda de sistemas informáticos. El algoritmo que se crea para controlar la automatización del almacenaje debe manipular todas las variables y ser capaz de modificar su accionar en caso de que la matriz productiva sufra un cambio; es por eso que el manejo de información en tiempo real es importante para la fluidez con la cual la empresa puede asumir cambios en la demanda de sus productos donde un almacenaje inteligente que está sujeto a cambios para mejorar su desempeño, satisface las necesidades de competitividad y demanda que el mercado requiere.

Actualmente el tema de discusión en las empresas de producción no se basa en tener o no un almacenaje inteligente para sus bodegas; por el contrario, lo que se busca es el nivel de tecnología que la empresa requiere para su almacenaje.

Almacén inteligente



Figura 1. Almacén automatizado. Fuente: Logitecs.

2.3 Errores frecuentes de almacenaje

El avance en procesos de automatización y procesos de soluciones tecnológicas ha crecido mucho en los últimos años y a pesar de eso todavía se puede evidenciar errores en el control de insumos almacenados, sin embargo, esto se puede evitar a partir de un planteamiento claro de los objetivos y recursos de las compañías.

Los posibles errores que se pueden evitar son:

- Falta de análisis de costos y retorno de inversión: cuando no se realiza un dimensionamiento exacto del sistema de producción que maneja la compañía.
- Falta de compromiso del personal involucrado: cuando el personal no realiza de forma responsable el control de bodega o inventarios.
- Poca claridad en la definición del proceso: cuando se desconoce el manejo de producción, demanda, stock y bodega.

- Falta de comunicación entre los equipos operativos e informáticos: se evidencia cuando no se realiza un sincronismo entre los equipos que generan el proceso de almacenamiento o despacho.
- No monitorear los resultados: todo proceso de control debe ser monitoreado para mantener la seguridad y fiabilidad del proceso y de la información que éste genera.
- No tener procesos homogeneizados: cuando un proceso no va de la mano de otro, es decir, se manejan sistemas diferentes que no conducen al mismo proceso.

2.4 Tecnologías disponibles para almacenamiento

La implementación de soluciones tecnológicas en diseños destinados a la automatización de almacenes y convertirlos en bodegas inteligentes, está ligada directamente a la función entre las necesidades de lo que se va a almacenar y a los objetivos que se cumplan con dicho almacenaje; por tanto se requiere emplear estrategias y métodos diversos para proporcionar un manejo adecuado de la información y la reducción de costos en el proceso de almacenaje. A continuación se describe los métodos que son utilizados con mayor frecuencia en la industria:

- Paletizado Automático.
- Sistemas robotizados con RIFD.
- Transelevadores automatizados.

2.4.1 Paletizado automático

El palet o paleta es un armazón de madera, plástico u otros materiales empleado para el agrupamiento de insumos y cuya finalidad es facilitar el movimiento de cargas de un lugar a otro.

Palet o paleta



Figura 2. Modelo de palet. Fuente: Festo didactic, 2015.

En la Figura 2 se puede observar un ejemplo de palet de la marca FESTO, cada una de sus cavidades permite el transporte seguro de materiales, en este caso de las mismas dimensiones.

El sistema de paletizado automático, conocido también como final de línea al proceso productivo, se basa en la estandarización de dimensiones y pesos de productos que han sido terminados y empaquetados, con el fin de homogeneizar su tratamiento y reducir costes productivos, de distribución, transporte y almacenaje.

En este entorno surgen los sistemas de paletizado automático mediante robots, que sirven para la paletización automática en aquellas producciones con altas cadencias o bien cuando las condiciones de trabajo, ergonomía, peso de los productos, condiciones ambientales o de higiene, requieren que el trabajo no sea realizado directamente con la manipulación o intervención del hombre. La implantación de un sistema de paletizado automático lleva a cabo la ingeniería del producto, palet final, procesos de producción y logísticos.

Según las unidades producidas se debe fijar el sistema de toma del producto, ya que éste determinará la estructura final del sistema de Paletizado automático.

Los sistemas que sobresalen son los siguientes:

2.4.1.1 Robot pórtico

Ofrece un movimiento lineal en 3 ejes (x, y, z definidos como largo, ancho y alto). Esta configuración permite disponer de un mayor número de estaciones de paletizado en línea, por lo que permite paletizar más productos para un mismo espacio y con un solo robot. El número de ciclos varía en función de los recorridos a realizar, dimensiones producto y mosaico, entre otros. De esta forma, el pórtico es más flexible en cuanto al espacio útil y un solo cabezal puede recorrer distancias de 30 x 5 x 2,5 metros.



2.4.1.2 Los robots articulados o antropomórficos

Están diseñados para manipular un número de producto más reducido y en un menor espacio. La configuración de los pallets se desarrolla alrededor del robot, no siendo lineal como ocurre en el pórtico. El ritmo de almacenamiento alcanzado con un robot antropomórfico suele ser mayor, en cuanto que los recorridos son menores y están más optimizados.

Robots articulado o antropomórfico



Figura 4. Visualización de un robot antropomórfico en funcionamiento. Fuente: Northco.

2.4.1.3 Robot pinza

Su implementación depende de varios factores, número de cajas en toma múltiple, tipo de cartón de las cajas, fragilidad del producto, distribución de su peso en el interior, calidad del precintado etc. De manera general, podemos clasificarlos en:

- Pinza de palas: formada por la combinación de palas móviles y fijas.
- Ventosas de vacío: cada ventosa incorpora un sensor de apertura y cierre que permite realizar vacío únicamente a las ventosas que se encuentran sobre las cajas.
- Pinza de garras: usualmente utilizadas para la toma de palets.
- Pinzas mixtas: basadas en la combinación entre los sistemas anteriores, según la aplicación.

Pinza robot



Figura 5. Vista frontal de un modelo de robot pinza. Fuente: Inter-empresas artículos.net.

Las ventajas que se obtiene de la paletización automatizada son varias entre las principales:

- Palets normalizados para la distribución y almacenaje de productos.
- Optimización de medios de transporte.
- Evita aglomeraciones de productos.
- Se mejora la manipulación del producto y evita los daños en el mismo.

2.4.2 Sistemas robotizados con RIFD

RFID son las siglas de Radio Frequency IDentification, en español Identificación por radiofrecuencia, este es un método de almacenamiento y recuperación de datos remoto que usa dispositivos denominados etiquetas RFID. Una etiqueta RFID es un dispositivo pequeño, como un adhesivo, que puede ser adherida o incorporada a un producto, animal o persona. Las etiquetas RFID contienen antenas para permitirles recibir y responder a peticiones por radiofrecuencia desde un emisor-receptor RFID.

Esta tecnología facilita la lectura simultánea de varios productos evitando pasarlos uno a uno por un dispositivo lector, de esta manera el sistema de visualización puede conocer el tiempo en que el producto estuvo almacenado, en qué sitios, etc. Básicamente su uso permite tener localizada cualquier mercancía dentro de la cadena de suministro.

Sistema robótico RFID



Figura 6. Señalización de productos por radio frecuencia. Fuente: RFDI Security.

Gracias al RFID un producto inteligente ha de satisfacer los siguientes requisitos:

- Poseer una única identidad.
- Ser capaz de comunicarse eficazmente con su ambiente circundante para poder obtener y conservar información sobre sí mismo.
- Tener un lenguaje con el que puede expresar sus rasgos, exigencias de producción, etc., y ser capaz de participar en la toma de decisiones relevantes sobre su administración.

2.4.2.1 Ventajas y desventajas de los sistemas robotizados con RFID.

- **Ventajas**

Su principal ventaja es la detección de las características importantes propias del producto, con ello el almacenaje determinístico se lo realiza sin pérdidas de tiempo ni de recursos.

La eliminación de errores de escritura y lectura de datos, colección de datos de forma más rápida y automática, reducción de procesamiento de datos y mayor seguridad.

La operación segura en ambiente severos (lugares húmedos, mojados, sucios, corrosivos, alta/baja temperatura, vibración, choques), operación sin contacto y sin la necesidad de un campo visual y grande variedad de formatos y tamaños.

El RFID frente a la tecnología de código de barras, elimina la necesidad de colocar el código en la mira del láser para revelar la información. La identificación mediante radiofrecuencia se puede hacer en mayores distancias que la de código de barras.

- **Desventajas**

El uso de la tecnología RFID ha causado una considerable polémica e incluso boicots de productos.

La mayoría de las preocupaciones giran alrededor del hecho de que las etiquetas RFID puestas en los productos siguen siendo funcionales incluso después de que se hayan comprado los productos, y esto puede utilizarse para vigilancia y otros propósitos cuestionables sin relación alguna con sus funciones de inventario en la cadena de suministro.

2.4.3 Transelevadores automatizados

Los transelevadores automatizados (sistemas de transporte elevado) son los sistemas más usados para el almacenaje en bodegas de gran capacidad, los cuales garantizan una larga duración y desgaste mínimo en el proceso de almacenamiento.

Éste sistema está compuesto por rieles en una estructura vertical con 2 grados de libertad de desplazamiento en un sistema x, y.

El diseño para el almacenamiento de cajas o bandejas se basa en un pasillo central por el que circula el Transelevador, método conocido como sistema automatizado de almacenamiento/recuperación (AS/RS) el cual consiste en un sistema controlado por ordenador que realiza operaciones de almacenamiento y recuperación con velocidad y exactitud bajo su control automático.

Cada pasillo tiene estantes para almacenar artículos y los transelevadores se emplean para colocar o recuperar los artículos de dichos estantes. Cada pasillo del sistema tiene una o varias estaciones donde los materiales se entregan al sistema de almacenaje o se extraen del sistema. Estas estaciones se pueden manejar a mano o interconectar a alguna forma de sistema de manejo automatizado como un transportador.

Los sistemas basados en transelevadores realizan movimientos con una aceleración y velocidad máxima en condiciones cambiantes de transporte de carga, por ello el uso del motor para su movimiento es el mínimo requerido, dando como resultado una máquina de mantenimiento sencillo.

Transelevadores automatizados



Figura 7. Vista general de un Transelevador en funcionamiento. Fuente: Atox grupo.

Además del sistema de control, necesita para su funcionamiento un sistema diseñado y completo de distribución y almacenamiento, en otras palabras una interfaz humano-máquina amigable para visualizar el proceso; lo que facilita el inventario del mismo.

Éste sistema es similar en su operación a la estación de almacenamiento del MPS 500, el cual establece su funcionamiento en el sistema AS/RS y su transelevador es el encargado de tomar toda la producción para que sea almacenada o extraída del sistema en forma ordenada.

2.5 Métodos de almacenamiento

Existen métodos especializados en búsquedas heurísticas exactas que se emplean en problemas los cuáles requieren un proceso lógico para dar una solución por medio del desarrollo de un algoritmo.

Para resolver el problema, se debe construir un modelo lógico que se base en la toma de decisiones dependiendo de las variables que se obtenga en el proceso.

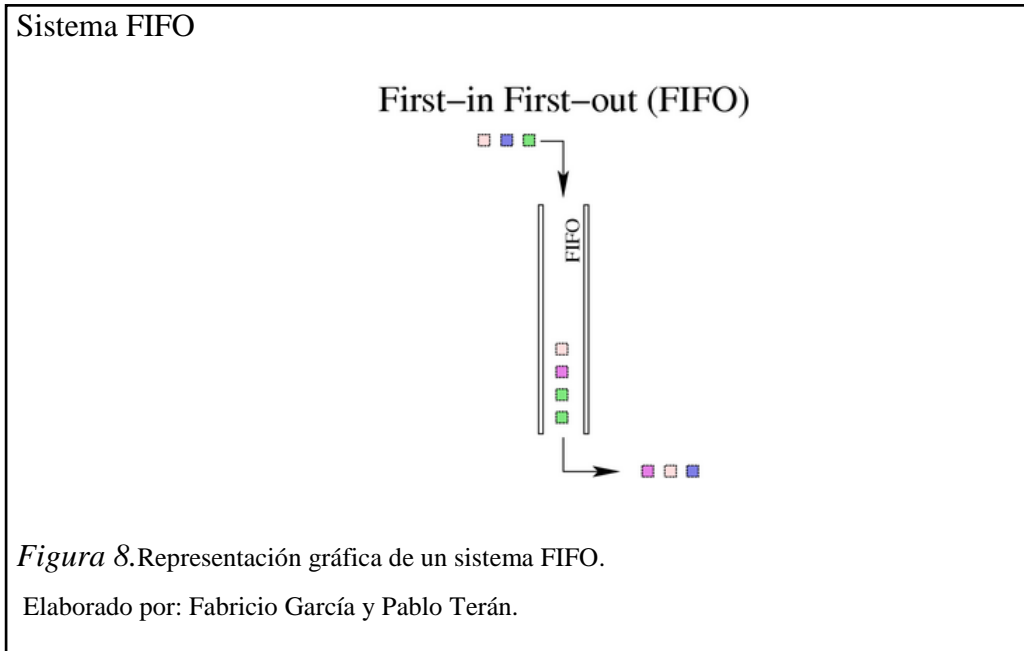
Existen varios métodos en la I.A (Inteligencia Artificial) válidos para el desarrollo de un almacenaje inteligente de los cuales se destacan los métodos:

1. FIFO (First In, First Out).
2. LIFO (Last In, First Out).

2.5.1 Método FIFO

El método FIFO, asume que el próximo insumo o material a ser despachado es el que más tiempo de almacenamiento tiene, en otras palabras el primero en entrar es el primero en salir. Este método permite crear un sistema de almacenamiento de materiales, en el cual se organiza la bodega (tomando en cuenta los productos que tienen vencimiento) para utilizar o despachar primero el producto más antiguo ingresado. (Negocios Globales, 2013)

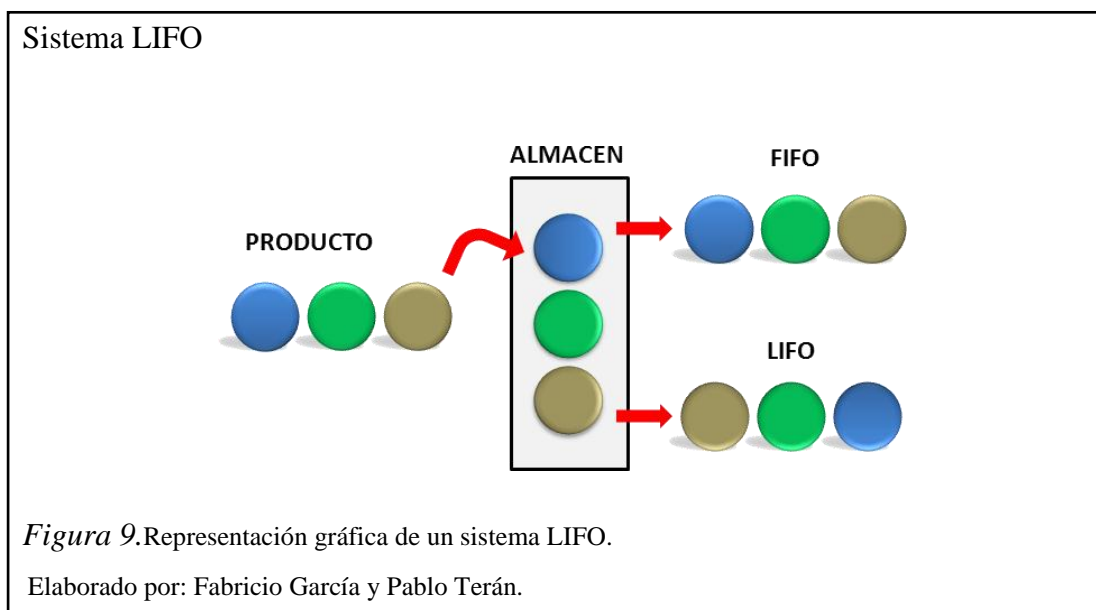
Objetivamente el método FIFO permite despachar siempre un producto de buena calidad y evitarse el problema de tener equipos defectuosos por el exceso de tiempo de almacenamiento en bodega.



2.5.2 Método LIFO

El método LIFO, es un método que asocia el concepto de que el último material en ingresar al almacenaje es el primero que se despacha; básicamente es diseñado para crear un inventario que depende del estado de la materia prima, sus partes y componentes. LIFO asocia mejor el costo del reemplazo debido a que despacha los productos de reciente fabricación, dando la oportunidad a que el stock de bodega genere mayor facturación. (Negocios Globales, 2013)

Se debe tener en cuenta que este método es válido para el almacenaje de productos donde la fecha de caducidad del mismo, no sea un factor primordial para el despacho del mismo.



De los métodos de almacenamiento analizados, se ha considerado utilizar para el proyecto el Método FIFO, el mismo que permite crear una interacción constante entre lo que primero se ha almacenado y lo que el usuario desea sacar en bodega. Siempre saldrán los elementos que más tiempo estuvieron almacenados.

2.6 Inventarios

La realización de un inventario tiene como objeto determinar la situación de una empresa, sea al iniciar sus actividades o bien en una fecha determinada; siendo esta la base o punto de partida de todo trabajo administrativo, al iniciarse o cerrarse un ejercicio económico.

“Un inventario representa la existencia de bienes muebles e inmuebles que tiene la empresa para comerciar con ellos, comprándolos y vendiéndolos tal cual o procesándolos primero antes de venderlos, en un período económico determinado.”(Flores Gonzáles, 2013)

2.6.1 Sistema de inventario permanente

También llamado sistema de inventario perpetuo, permite un control constante de los inventarios, al llevar el registro de cada unidad que ingresa y sale del inventario. Este control se lleva mediante tarjetas

utilización de este sistema, la empresa no puede saber en determinado momento la disponibilidad de sus productos en stock, ni cuáles son los valores monetarios que representan tanto los productos vendidos como en bodega hasta que llegue la fecha determinada del inventario periódico. (Gestiopolis, 2015)

El sistema de inventarios periódico, al no ejercer un control constante, facilita la pérdida de información detallada en dicho inventario. Las verificaciones están estrictamente ligadas al momento del conteo físico lo que permite la posibilidad de que existan fraudes.



2.7 Sistema SCADA

Los Sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), permiten la gestión y control de sistemas destinados a la automatización industrial; mediante la combinación de hardware y software, que genera la colección y supervisión de datos proporcionados por los instrumentos de medición; para visualizarlos mediante una interfaz gráfica que comunica al usuario con el sistema en tiempo real.

Sistemas SCADA

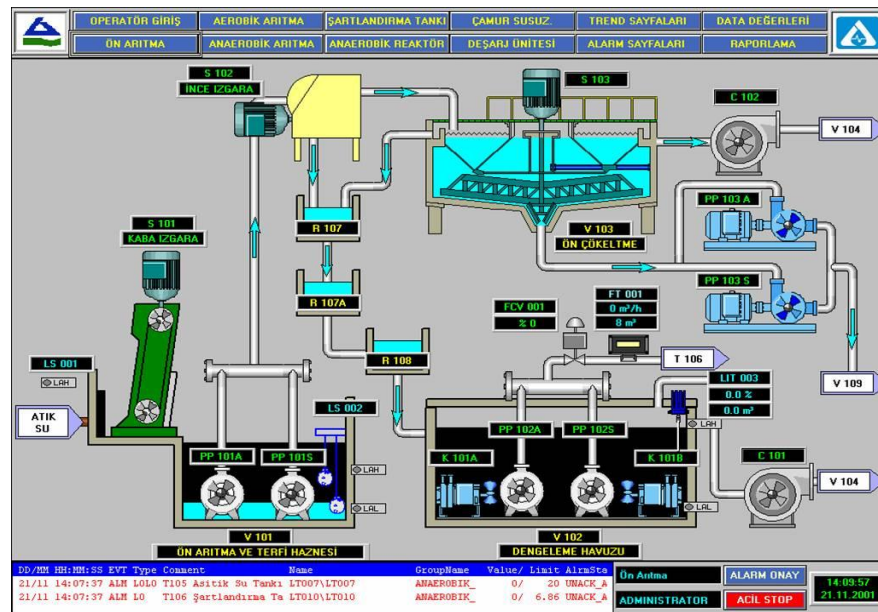


Figura 12. Imagen de un sistema SCADA para el control de turbinas. Fuente: Yokogawa news.

SCADA es una aplicación de software, diseñada para funcionar sobre ordenadores para el control de producción, proporcionando comunicación con dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.), además; supervisa el proceso de forma automática desde una estación ya sea ésta adyacente o remota. El sistema envía la información generada en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como hacia otros supervisores dentro de la empresa, es decir, que permite la participación de otras áreas como control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc. (Ecured, 2014)

Las tareas de Supervisión y Control generalmente están relacionadas con el software SCADA, en él, el operador puede visualizar en la pantalla del computador de cada una de las estaciones remotas que conforman el sistema, la comunicación se realiza mediante buses especiales o redes LAN (Local Area Network). Todo esto se ejecuta normalmente en tiempo real, y están diseñados para dar al operador de planta la posibilidad de supervisar y controlar dichos procesos.

2.7.1 Elementos del sistema

Un sistema SCADA está conformado por:

Interfaz Humano - Máquina: es el sistema electrónico de computación que permite el entorno visual entre un operador y la estación remota que se supervisa.

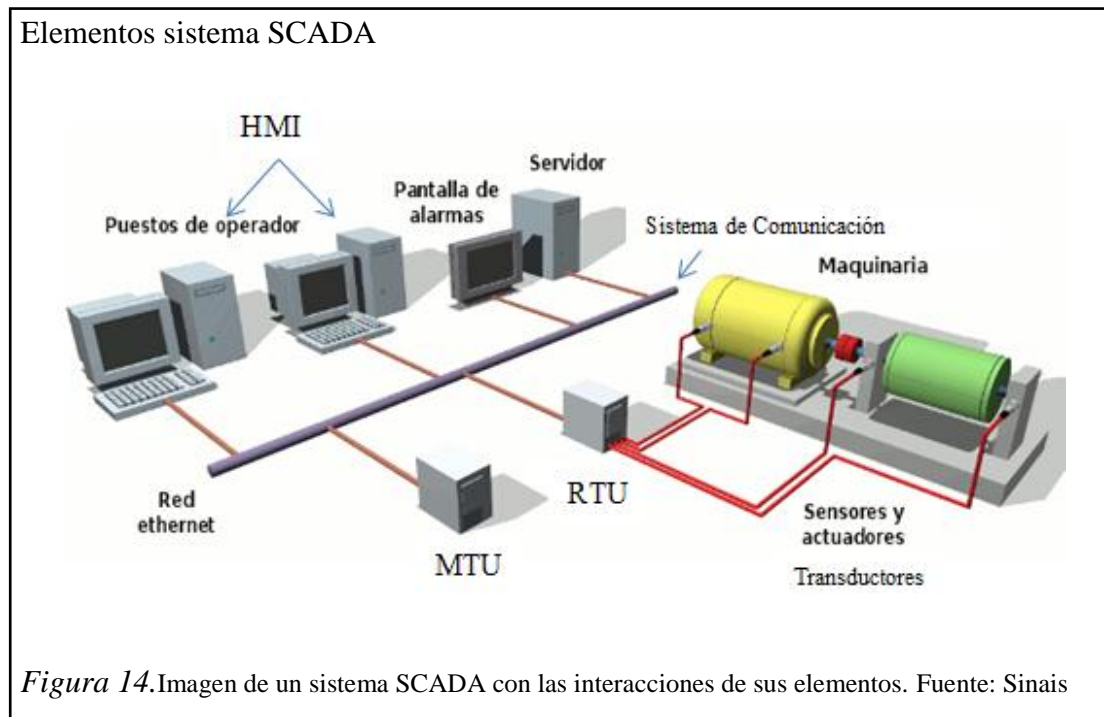


Unidad Central (MTU): conocido como Unidad Maestra, ejecuta tareas de recolección de datos y envío de comandos remotos. Su labor es la de registrar la data histórica del proceso, programación, despacho y ejecución de tareas específicas tales como reportes y contabilidad de producción.

Unidad Remota (RTU): las distancias entre los equipos y la unidad central de control es un aspecto que influye en la implementación de un sistema SCADA debido a que se necesita acceder a la información que éste genera. Los RTU facilitan el envío de información hacia la ubicación de la consola central en tiempo real.

Sistema de Comunicaciones: lo conforman los transmisores, receptores y medios de comunicación, lo cuales se encargan de la transferencia de información desde los dispositivos remotos hasta la unidad central donde se supervisa y controla el proceso.

Transductores: son los elementos que permiten la conversión de una señal física en una señal eléctrica (y viceversa). Su calibración es muy importante para que no haya problema con la confusión de valores de los datos.



2.7.2 Alcances y limitaciones de un software SCADA

La implementación de un sistema SCADA para el control de un proceso industrial brinda al usuario ciertas utilidades como:

Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.

Generación de datos históricos de las señales de planta, que pueden ser disuadidos para su proceso sobre una hoja de cálculo.

Programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador.

“El sistema SCADA proporciona una arquitectura integrada y escalable que se ajusta a las necesidades de procesos pequeños de la misma forma que a grandes sistemas

que requieran la captura de enormes cantidades de información en tiempo real. Incorpora la capacidad de añadir nuevos objetos y funciones rápida y fácilmente, proporcionando una escalabilidad excepcional.”(Sinais, 2013).

Un software de un gran alcance operativo y de supervisión como es SCADA, requiere un entorno operativo óptimo; lo que significa que está expuesto a riesgos implícitos en el área de campo o producción de las fábricas industriales. La seguridad de la información es primordial, por tal motivo la base de datos debe tener un respaldo sustentable, lo que significa un costo adicional a la empresa.

2.7.3 Diseño HMI

Es necesario que los sistemas de control que se implementen en la automatización industrial, sean visualizados de alguna manera; para que el operador del sistema sepa con certeza la situación actual del proceso; por tal razón la necesidad de disponer ambientes gráficos que sean capaces de simular procesos industriales bajo normas y códigos estándar de visualización, han dado paso a la creación de HMI (Human-Machine Interface), mismos que a través de los años, han ganado complejidad y optimización de sus recursos visuales; ya que los procesos han pasado de controles simples de válvulas de apertura y cierre, a procesos complejos de control industrial.

La importancia del uso adecuado de los colores, aspectos y formas en un diseño de HMI, lleva a la creación de estándares internacionales que normalicen su desarrollo y elaboración; así se obtiene:

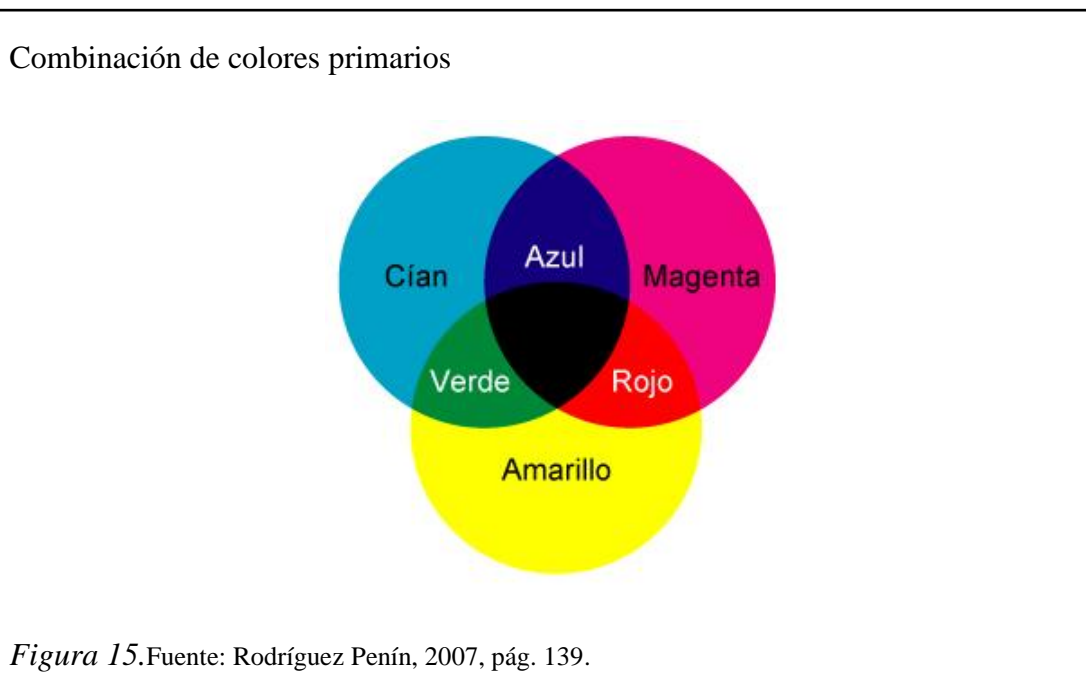
Disminuir la tasa de errores de los operarios gracias a unas representaciones claras e intuitivas de las interfaces de control.

Reducir los tiempos de aprendizaje de los nuevos operadores y conseguir que los tiempos de formación sean acumulativos, permitiendo el cambio de un sistema a otro con el mínimo entrenamiento gracias a la estandarización de la interface de control.

Reducir costos de rediseño a estandarizar procesos. (Rodríguez Penín, 2007, pág. 135)

Se destacan varios factores que alteran el aspecto visual del operador como son la luminosidad, tono y saturación de colores; mediante la combinación de los colores primarios (rojo, azul, verde) a través de una mezcla aditiva se producen los demás colores; de las combinaciones destacadas en la creación de HMI se tiene:

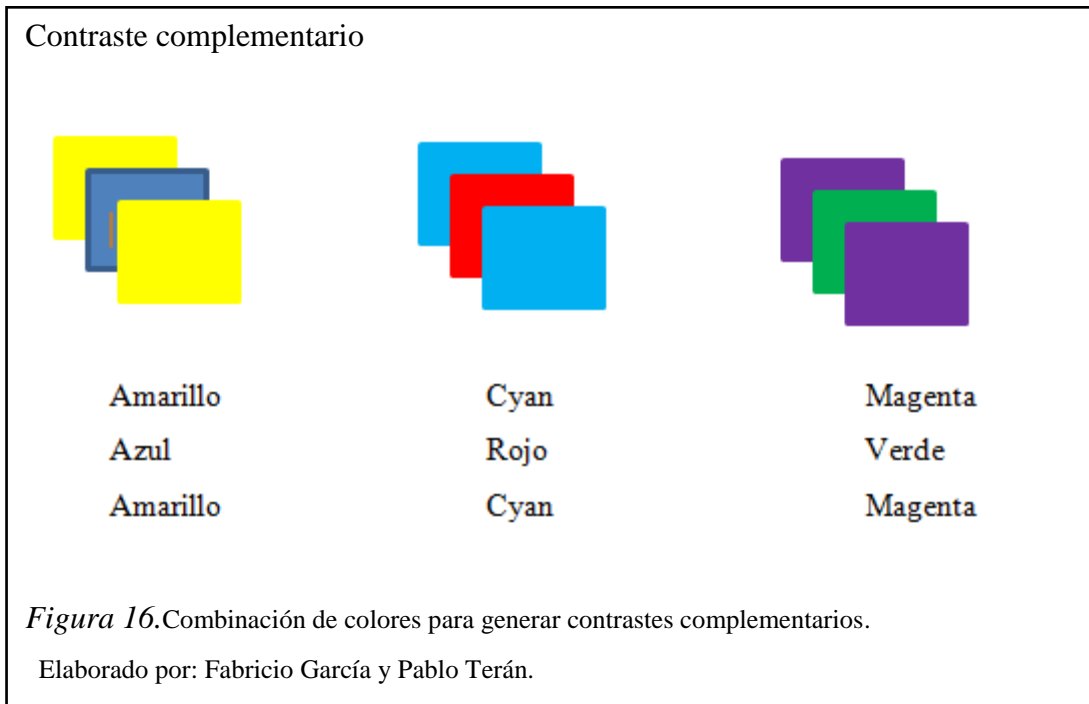
- Azul (A)+ Verde (V) = Cian (C)
- Azul (A) + Rojo (R) = Magenta (M)
- Verde (V) + Rojo (R) = Amarillo (Am)



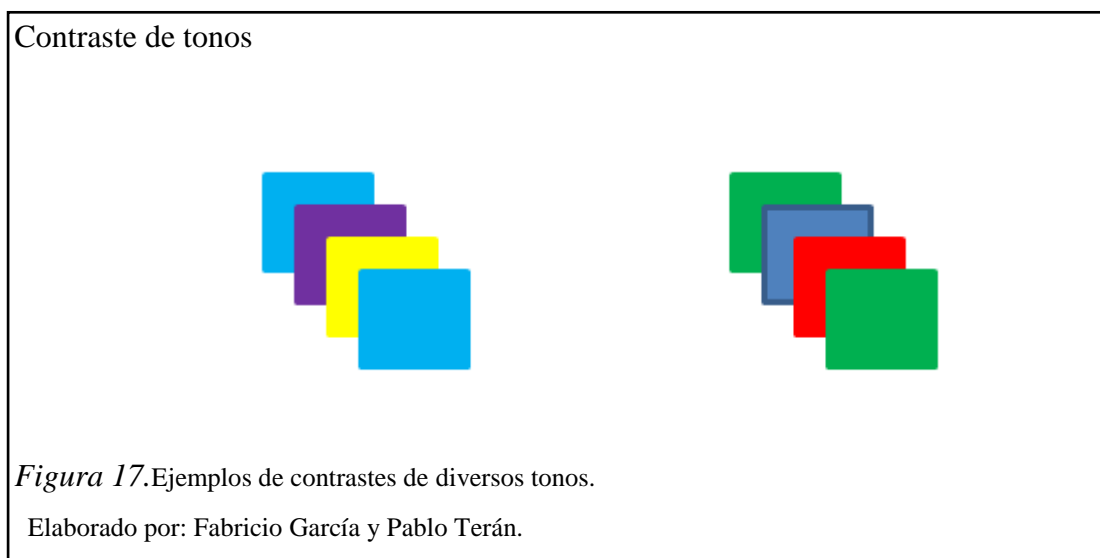
Es importante mencionar que los colores a utilizar deben ser adecuadamente seleccionados, por ejemplo; una alarma debe causar una reacción inmediata al operador del HMI, por ello en la interfaz gráfica se la puede colocar con un color primario que destaque entre los demás (color rojo). Por lo contrario la visualización de procesos cotidianos como tablas de datos, nivel de llenado de tanques, apertura y cierre de válvulas, bandas de transporte, entre otros; deben poseer colores que no produzcan cansancio visual al operador (gama de grises, cyan); debido a que el constante monitoreo a la pantalla del HMI puede causar reacciones negativas en la salud visual del operador o simplemente generar distracciones a causa del cansancio.

Entre las reglas comunes para el desarrollo de HMI respecto a la utilización de colores se tiene:

“Si se utiliza colores primarios, con sus opuestos secundarios se obtiene el contraste complementario. Es útil para destacar y crear el impacto visual pero obliga a forzar el enfoque del ojo (estrés visual)” (Rodríguez Penín, 2007).



“Si se utilizan colores Adyacentes, se obtiene el contraste de tonos y se pueden proporcionar contrastes más fuertes con colores secundarios que con los primarios.” (Rodríguez Penín, 2007, pág. 140)



2.8 Sistemas de supervisión

La interfaz humano-máquina se realiza mediante programas de supervisión basados en la adquisición de los datos tomados en campo, por medio de los transductores empleados en las máquinas que se comunican por medio de diferentes interfaces a un PLC para el tratamiento y proceso de la información. Las interface que se utiliza en el proyecto para el desarrollo del sistema SCADA es WinCC y para la programación del PLC, TIA Portal.

2.8.1 WinCC

“Es un sistema moderno con interfaces cómodas para el usuario, abierto al mundo ofimático y a la producción, dotado de funciones probadas y fiables en el ámbito industrial, fácilmente configurables, escalable desde las tareas más sencillas a las más complejas” (Ecured, 2014).

Su base de datos integrada, WinCC constituye una plataforma de información que proporciona gran transparencia en la producción.

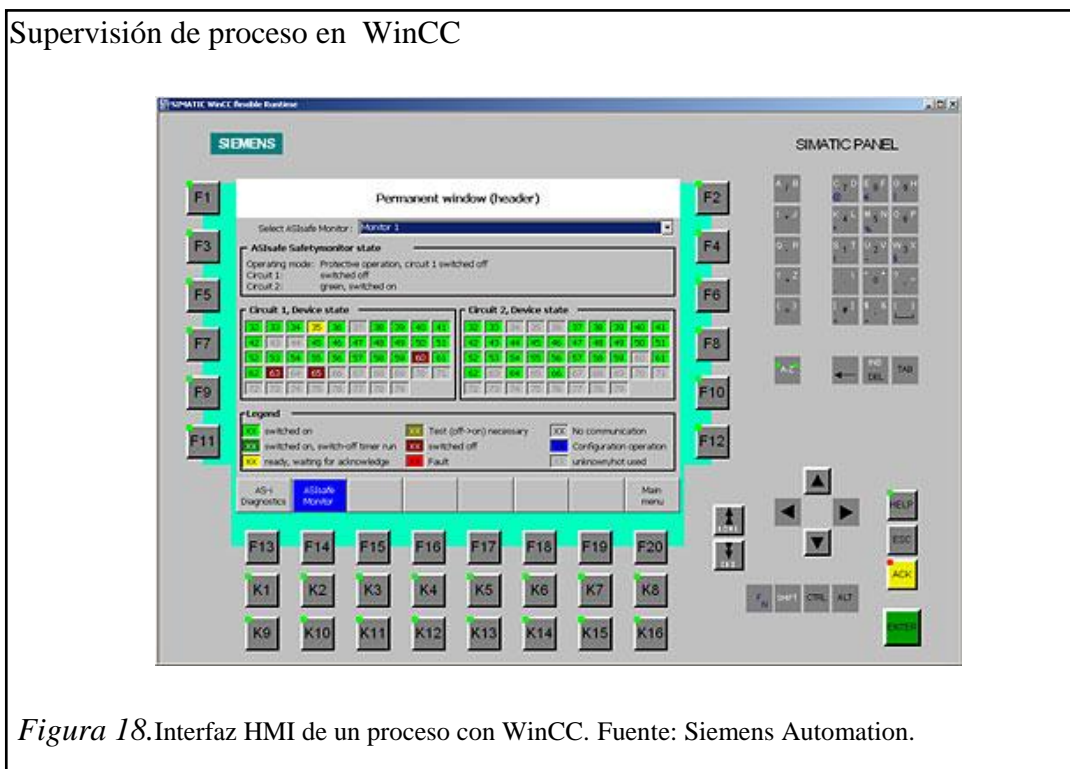


Figura 18. Interfaz HMI de un proceso con WinCC. Fuente: Siemens Automation.

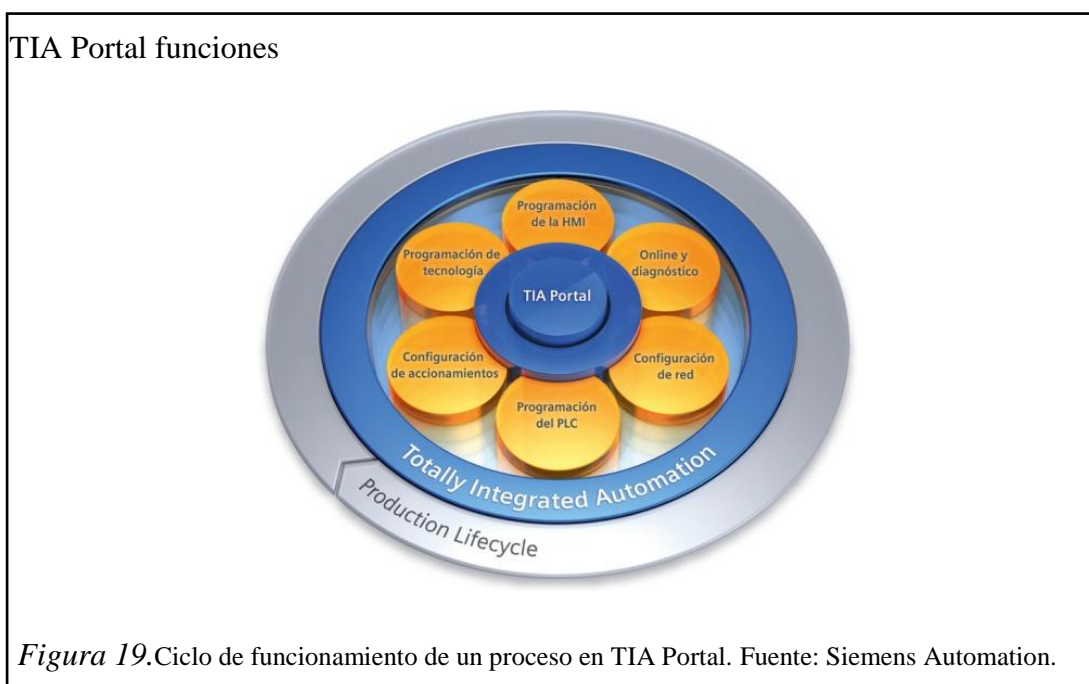
El software de visualización de procesos SIMATIC WinCC se destaca por su elevada fuerza innovadora, que le permite captar tendencias e implementarlas en un estado muy temprano, y por la estrategia de producto a largo plazo que, basado en estándares de calidad garantiza la seguridad de la inversión.

WinCC es la primera referencia cuando se trata de obtener un servicio óptimo en máquinas e instalaciones o incrementar la disponibilidad y productividad.

2.8.2 TIA Portal

TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) es la clave para liberar todo el potencial de la integración automatizada industrial. El software optimiza todos sus procedimientos de procesamiento, operación de máquinas y planificación. Con su intuitiva interfaz de usuario, la sencillez de sus funciones y la completa transparencia de datos es increíblemente fácil de utilizar. Los datos y proyectos preexistentes pueden integrarse sin ningún esfuerzo, lo cual asegura una inversión a largo plazo.

“TIA portal es un innovador sistema de ingeniería para todas las tareas de automatización el cual es intuitivo, eficiente y le permite diseñar todos sus procesos de forma óptima desde una sola pantalla de ordenador a lo largo de toda la cadena de suministro de valor”. (Siemens, 2015) Sus módulos permiten la programación del controlador y también los sistemas de visualización del proyecto.



2.9 El PLC

El PLC (Controlador Lógico Programable), también conocido como Autómata Programable; es un dispositivo electrónico diseñado para controlar procesos industriales con respuestas en tiempo real, bajo bloques de programación guardados en su memoria. Estos equipos contienen todo lo necesario para operar a nivel industrial, tomando en cuenta las características de trabajo que se requieren a nivel de campo, además, pueden adaptarse a diferentes tipos de máquinas industriales. (Siemens, 2014)

Las instrucciones guardadas en la memoria del PLC permiten modificaciones, así como el monitoreo externo, de tal manera que la operación de la parte industrial de la empresa, no tenga que detenerse y continúe su producción.

Para que un PLC logre cumplir con su función de control, es necesario programarlo de acuerdo al proceso que se pretende seguir. La información que llega al PLC es recibida por captadores o sensores, que gracias al programa lógico interno, es procesada e implementada a través de los actuadores de la instalación.

Dentro de las funciones que un PLC puede cumplir se encuentran operaciones como detección y mando, en las que se elaboran y envían datos de acción a los pre-actuadores y actuadores. Además cumplen la importante función de programación, pudiendo introducir, crear y modificar las aplicaciones del programa.

2.9.1 Estructura de un PLC

El Autómata Programable consta de una estructura típica de los diversos sistemas programables como micro-computadoras, entre sus partes destacan:

- Fuente de Alimentación
- Unidad Central de Procesamiento (CPU)
- Módulos de entradas y salidas
- Módulo de memorias
- Interfaces de Comunicación

Estructura de un PLC

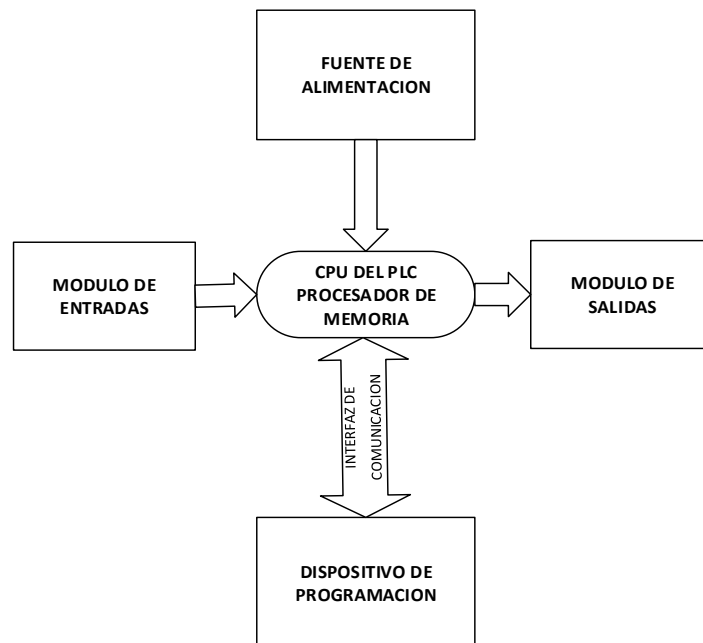


Figura 20. Se observa el diagrama de funcionamiento básico de un PLC.

Elaborado por: Fabricio García y Pablo Terán.

2.9.2 Ventajas y desventajas de un PLC

- **Ventajas**

Flexibilidad, capaces de cambiar tableros de gran tamaño y costo, reemplazando relés electromecánicos por el Autómata Programable; implementando cableado estructurado y un panel de control con interfaz de supervisión.

Tiempo de respuesta real, posibilidad de reducir la puesta en marcha al producirse un error en la producción, dando la posibilidad de realizar cambios en el sistema.

Alta confiabilidad debido a la implementación de sistemas robustos con una base de datos y alarmas que permiten al operador saber con exactitud el origen de fallas.

Los PLC tipo modulares ofrecen una optimización tanto en la escalabilidad del proceso, como en la utilización apropiada del espacio físico; al acoplar módulos de entradas y salidas, de comunicaciones o módulos de funciones de control; permite ejecutar el mismo programa añadiendo los bloques de programación necesarios para

utilizar los nuevos módulos. Para una empresa significa un ahorro en costos significativo en el proceso de producción.

El objetivo de creación de los PLC en un principio fue proporcionar soluciones de automatización a nivel industrial; concepto que se mantiene vigente en la actualidad, es por eso que un PLC tiene la ventaja de controlar una gran cantidad de máquinas sin importar de donde provienen, excluyendo las que poseen un método control propio de fábrica.

- **Desventajas**

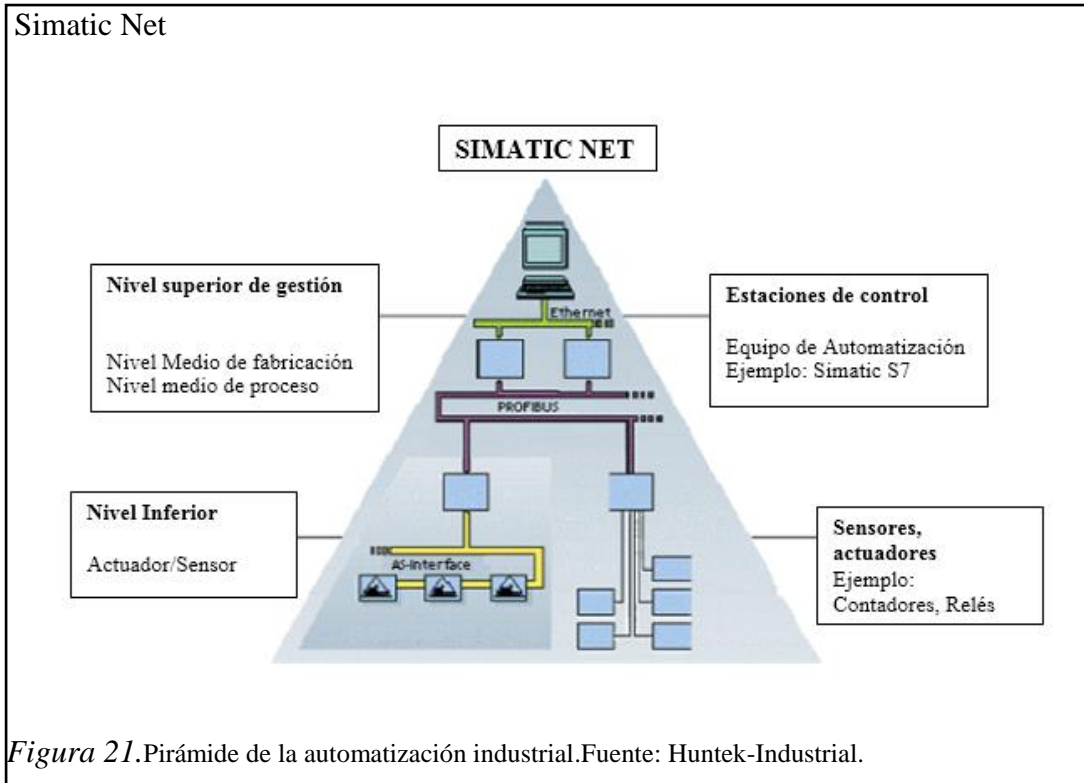
La necesidad de un estudio previo para determinar si es fiable la implementación de un sistema automatizado con un PLC, se considera una desventaja al iniciar un proyecto, ya que antes de automatizar una tarea en la industria, es necesario tener en cuenta todos los detalles del proceso e incluso tomar en cuenta las condiciones ambientales y de trabajo a la que se expone el proyecto.

Mano de obra especializada para la programación e implementación debido a que el proceso depende totalmente del código de programación. Por ello, se requiere personal calificado para que el proceso sea óptimo y no genere pérdidas a la empresa.

El costo inicial de lo que implica automatizar una tarea con un PLC es muy elevado, por lo cual, si el proceso es muy sencillo o pequeño no es recomendable invertir en el uso de este equipo.

2.10 Interfaces de comunicación

A nivel de control industrial la comunicación que se emplea entre los procesos de producción y los sistemas de supervisión es robusta, debido a la velocidad en la que se requiere la información que un proceso conlleva, por ello el sistema de comunicación debe generar tiempos de respuesta mínimos. Las fases de producción trabajan en tiempo real y debido a ello se exigen tiempos de transmisión mucho más rápidos.



Funciones que debe cumplir un sistema de comunicación industrial:

- Uso del medio de transmisión.
- Generación de señales eléctricas.
- Gestión de intercambio.
- Sincronización.
- Detección y corrección de errores.
- Control de flujo.
- Encaminamiento y direccionamiento.
- Formato de los mensajes.
- Restablecimiento sistema.
- Seguridad.

2.10.1 Industrial Ethernet

Ethernet es la interfaz de comunicación que se emplea en este proyecto, es un sistema para transmitir información entre dos o más dispositivos empleando un

medio compartido. Especifica el medio utilizado, la señal que se utiliza y la forma que la información debe tener.

Este tipo de interfaz de comunicación se lo utiliza frecuentemente a nivel de supervisión, básicamente es Ethernet en un entorno industrial, de automatización y control de máquinas de producción. Sus características son:

- **Rendimiento y fiabilidad**

El rendimiento y la fiabilidad de un sistema de comunicación también son factores fundamentales al elegir una solución para las comunicaciones. También en este caso las distintas aplicaciones tienen requisitos diferentes.

Sincronización precisa de eventos en toda la instalación mediante cronometría centralizada a escala de planta. Además, Industrial Ethernet ofrece la posibilidad de disfrutar de una comunicación inalámbrica que puede integrarse a la perfección en la topología de red. De esta forma se dispone de la información en cualquier lugar y momento y se posibilita el acceso móvil a Intranet/Internet mediante LAN inalámbrica industrial.

- **Requisitos en tiempo real**

Los nuevos sistemas Ethernet, se basan en tecnología de conmutación full-dúplex, en la que no se producen colisiones como las que ocurrían en los sistemas Ethernet iniciales, que se basaban en cables coaxiales o Hubs. Tales sistemas disponían de detección de colisiones para que, si dos dispositivos intentaban enviar datos simultáneamente (o casi simultáneamente), se perdieran ambos paquetes de datos y cada dispositivo intentará su reenvío después de un tiempo de espera casi aleatorio. Si se producían varias de estas colisiones consecutivamente, entonces la demora era importante y difícil de predecir.

- **Seguridad**

Cuando el sistema objeto de control es potencialmente un peligro para la salud humana o para el medio ambiente, las autoridades exigen pruebas de

que el sistema dispone de un equipo adecuado de seguridad y emergencia. Los sistemas Ethernet pueden certificarse también en cuanto a seguridad. La certificación de seguridad depende del concepto de canales de seguridad. Este puede ser el caso, por ejemplo, de TCP/IP con una capa superior, específica de proceso.

Ventajas que ofrece Industrial Ethernet

- Grandes cantidades de datos: en el entorno de megabytes
- Grandes distancias: hasta 4,3 Km.
- Múltiples tipos de dispositivos: comunicación entre aparatos de ingeniería, ordenadores y dispositivos de control.
- Múltiples tipos de comunicaciones: permite una interconexión entre la oficina técnica y el mundo de la automatización.
- Red apta para fábrica de gran potencia: altas prestaciones aún en el caso de existir muchos participantes y grandes distancias
- Amplia superficie de cobertura y alcanza grandes distancias: mediante la combinación de técnicas eléctrica y óptica
- Transferencia de datos segura: aún en el caso de la existencia de perturbaciones electromagnéticas mediante componentes idóneos para la industria
- Ahorro de costes: mediante una disminución de los costes de montaje y cableado.
- Líder universal dentro de las redes industriales: se utiliza en múltiples industrias

Desventajas que ofrece Industrial Ethernet:

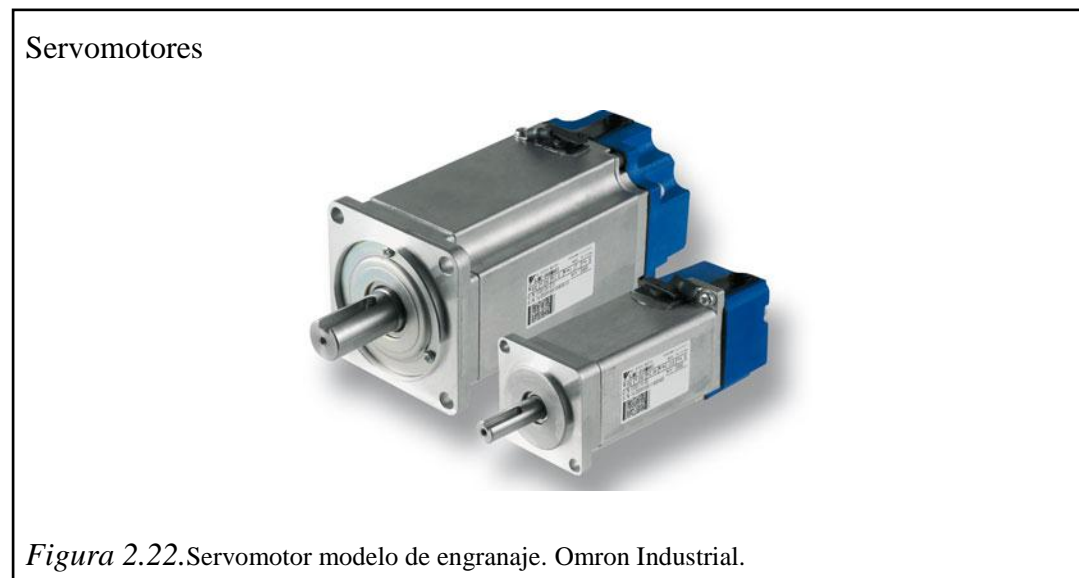
Los mayores problemas en Ethernet industrial provienen de los peligros a los que las redes se exponen, entre ellas:

- La presencia de otros equipos eléctricos.
- El exceso de calor y humedad.
- Exposición prolongada a la luz de sol deteriora los cables.
- Los contactos de los conectores RJ-45 se pueden corroer.
- Las partículas de polvo pueden dañar la comunicación.

2.11 Servomotores

Un servomotor, es un dispositivo similar a un motor de corriente continua, que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición. Un servomotor es un motor eléctrico que consta con la capacidad de ser controlado, tanto en velocidad como en posición.

Los servos se utilizan frecuentemente en sistemas de radio control y en robótica, pero su uso no está limitado a esto. Es posible modificar un servomotor para obtener un motor de corriente continua, que si bien ya no tiene la capacidad de control del servo, conserva la fuerza, velocidad y baja inercia que caracteriza a estos dispositivos.



2.11.1 Características de los servomotores

Está conformado por un motor, una caja reductora y un circuito de control. Además potencia proporcional para cargas mecánicas. Un servo, por consiguiente, tiene un consumo de energía reducido.

La corriente que requiere depende del tamaño del servomotor. Normalmente el fabricante indica cuál es la corriente que consume. La corriente depende principalmente del par, y puede exceder un amperio si el servo está enclavado, pero no es muy alta si el servo está libre moviéndose.

En otras palabras, un servomotor es un motor especial al que se ha añadido un sistema de control (tarjeta electrónica), un potenciómetro y un conjunto de engranajes. Con anterioridad los servomotores no permitían que el motor girara 360 grados, solo aproximadamente 180; sin embargo, hoy en día existen servomotores en los que puede ser controlada su posición y velocidad en los 360 grados. Los servomotores son comúnmente usados en modelismo como aviones, barcos, helicópteros y trenes para controlar de manera eficaz los sistemas motores y los de dirección.

2.11.2 Encoder

El Encoder es un transductor rotativo, que mediante una señal eléctrica (normalmente un pulso o una señal senoidal) nos indica el ángulo girado. Si este sensor rotatorio lo conectáramos mecánicamente con una rueda o un disco, también permite medir distancias lineales.

La estación de almacenamiento cuenta con Encoder ópticos incrementales colocados en cada uno de sus Axis, los cuales permiten el accionar controlado de los motores de corriente continua.

2.11.3 Encoder incrementales ópticos

Este tipo de Encoder se caracteriza porque determina su posición, contando el número de impulsos que se generan cuando un rayo de luz, es atravesado por marcas opacas en la superficie de un disco unido al eje.

Encoder incremental

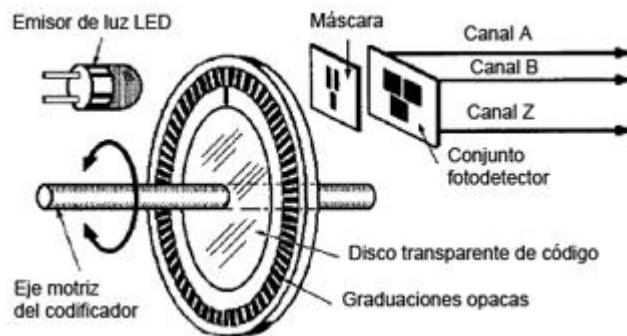


Figura 23. Funcionamiento interno de un Encoder incremental. Fuente: Tecnoficio.

La señal de salida se transmite por un hilo en el que se transmite un pulso por cada ángulo girado, de tal forma que si tenemos un Encoder de 1000 rpm, tendremos un pulso por cada $360^\circ/1000 = 0,360^\circ$. El inconveniente es que no disponemos de una referencia absoluta de la posición en la que se encuentra el eje.

Las características de un encoder incremental óptico son:

- Tensión de alimentación: nos indica a que tensión puede trabajar el Encoder. A veces es fija (5v, 12v, etc...), pero lo habitual es que sea un rango de tensiones.
- Resolución: es el número de pulsos que da por revolución (ppr).
- Tipo de salida: las salidas de los canales pueden ser de varios tipos; TTL, colector abierto, tótem-pole, por lo que habrá que utilizar el circuito adecuado para adaptar estas salidas.
- Número de canales: suelen ser 1 o 2, más un canal adicional de índice que da un pulso por vuelta. Con los Encoder de un solo canal podemos saber el ángulo girado pero no la dirección de giro, por lo que la mayoría de los Encoder llevan dos canales que generan señales cuadradas desplazadas 90° . Este desfase permite determinar la dirección de giro.
- Su funcionamiento se basa en un sistema lógico que permite determinar desplazamientos a partir de un origen, a base de contar impulsos de un canal y determinar el sentido mediante el desfase de los canales.

Ventajas y Desventajas

- Los encoder incrementales representan un costo menor a los absolutos, y proporcionan una mayor resolución.
- El circuito electrónico implementado en los encoder incrementales es más sencillo.
- Por lo general un encoder incremental posee 4 líneas de salida, 2 para los datos de aberturas, 1 para la energía y 1 para tierra; mientras que los encoder absolutos tiene una línea de salida por cada bit que va a emplear en su código Gray además de las líneas de energía y tierra.
- Los encoder absolutos se caracterizan por saber su cero u origen caso contrario que los incrementales a los cuales se necesita encerrar o dar una posición inicial para que empiece su funcionamiento.

La estación de Almacenamiento AS/RS, que se va a modificar en el presente proyecto perteneciente al laboratorio MPS 500 de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur; posee Encoder incrementales para controlar su movimiento en sus ejes X,Z; acoplados a motores eléctricos de engranaje a 24 v DC; con 3 canales de contaje y medición a (30kHz).

2.11.4 Encoder absolutos ópticos

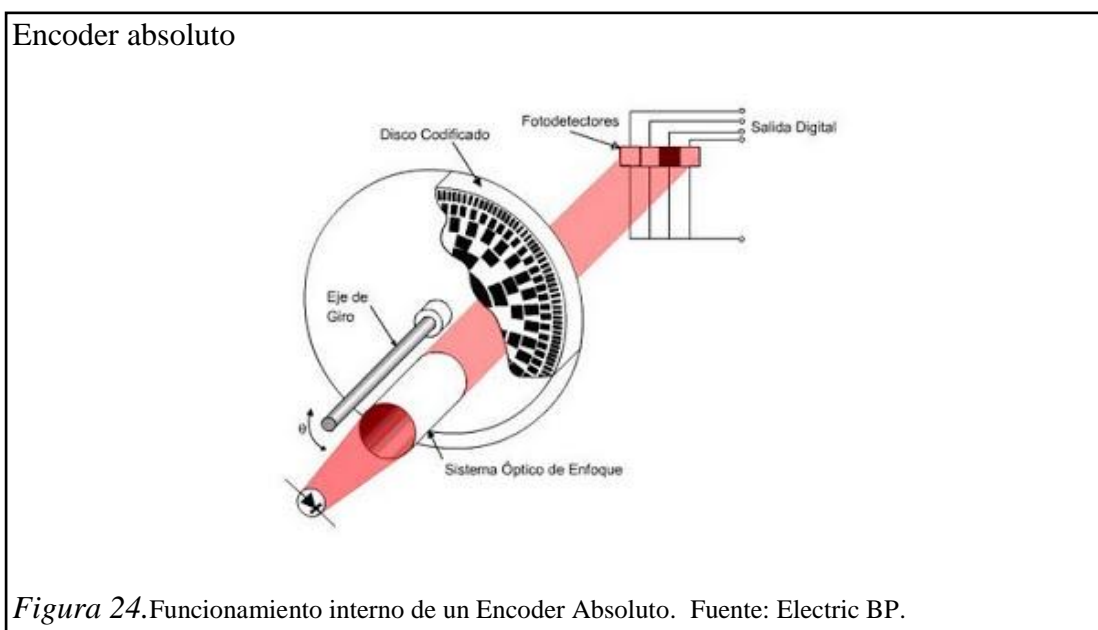
En el encoder absoluto, el disco contiene varias bandas dispuestas en forma de coronas circulares concéntricas, dispuestas de tal forma que en sentido radial el rotor queda dividido en sectores, con marcas opacas y transparentes codificadas en código Gray. El estator tiene un foto-receptor por cada bit representado en el disco. El valor binario obtenido de los foto-receptores es único para cada posición del rotor y representa su posición absoluta. Se utiliza el código Gray en lugar de un binario clásico porque en cada cambio de sector sólo cambia el estado de una de las bandas, evitando errores por falta de alineación de los captadores.

La simplicidad y economía de este tipo de sensores contrasta con los inconvenientes que presenta.

Ventajas y desventajas

Su funcionamiento se basa en un código que se genera en el disco que contiene varias bandas dispuestas en forma de corona con colores transparentes y opacos

- Detección de su cero inicial en todo momento.
- Pérdida de información sobre la posición cuando falla la alimentación del sistema o si presenta interferencias.
- Requerimiento de electrónica especial, como contadores bidireccionales, para acondicionarlos a los elementos de análisis.
- No detecta el sentido de avance si no se dispone de elementos adicionales como otra pista codificada, circuitos electrónicos y otra bobina sensor a que dé una señal desfasada 90° respecto a la anterior y un detector de fase que dará una indicación del sentido de giro. Para circuitos ópticos y de contacto se añade una línea de sectores codificados que esté ligeramente desfasada con respecto a la primera y un elemento de lectura adicional.



Los conceptos revisados en el presente capítulo proporcionan la base teórica para la implementación del proyecto expuesto en el capítulo 3; además, se precisa el método de almacenamiento, manejo de base de datos y visualización HMI, empleado en la programación del PLC Siemens Simatic S7-300.

CAPÍTULO 3

DESARROLLO DE HARDWARE Y SOFTWARE

La gestión del proceso de almacenaje, al ser implementado en la estación de Almacenamiento del Sistema Modular de Producción; está compuesto por el autómatas Siemens S7-300 conectado mediante el protocolo Ethernet Industrial a un computador que a la vez es la interfaz humano-máquina (HMI) que facilita la supervisión y control por el operario del sistema SCADA, en condiciones de seguridad y autonomía, así como verificar el correcto funcionamiento del proceso por medio del cuadro de alarmas y manejo de los históricos de piezas almacenadas.

3.1 Hardware

3.1.1 Descripción del hardware

La estación de Almacenamiento MPS-500 consta con un sistema AS / RS (Automatic Storage and Retrieval System), denominado “Almacenaje automático y Sistema de Recuperación”; que permite mediante accionamientos mecánicos, electrónicos e informáticos realizar búsquedas automatizadas; generando mayor productividad y reducción de mano de obra, además, un ahorro de espacio, mayor precisión y niveles de inventario reducido, en lo que a administración de bodegas se refiere. Al momento su funcionamiento solo es automático utilizando el programa de fabricación; además, no tiene la capacidad de discriminar las piezas por colores y tampoco cuenta con un sistema de supervisión y control del stock.

Estación de Almacenamiento MPS 500 “Bodega o Stock”

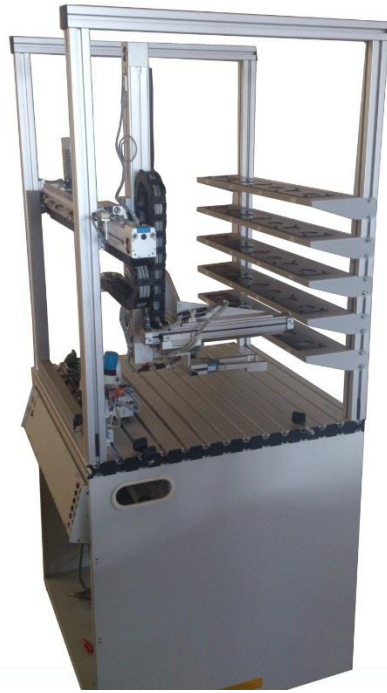


Figura 25. Vista general de la estación de almacenamiento laboratorio MPS.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

3.1.2 Componentes de la estación de almacenamiento

La estación de almacenamiento Festo está formada con de los siguientes componentes:

1. Estanterías con 5 x 4 posiciones
2. Almacenamiento de precisión, sistema de retirada – lineal, X/Z
3. Pinza con Gripper
4. Consola de control
5. Interface SysLink
6. Terminal concentrador de: E/S
7. Limitadores de corriente de arranque
8. Tarjeta DC RS Alpha 5
9. Terminal de válvula CP

10. Sensor de proximidad inductivo
11. Válvula de cierre con filtro conservador
12. Encoder, controladores de posición
13. Motores de Engranaje DC 24v
14. PLC SIMATIC S7-300
15. Dimensiones de la estación:

Largo: 1096 mm

Ancho: 710 mm

Alto: 1706 mm

3.1.2.1 Estanterías con 5 x 4 posiciones

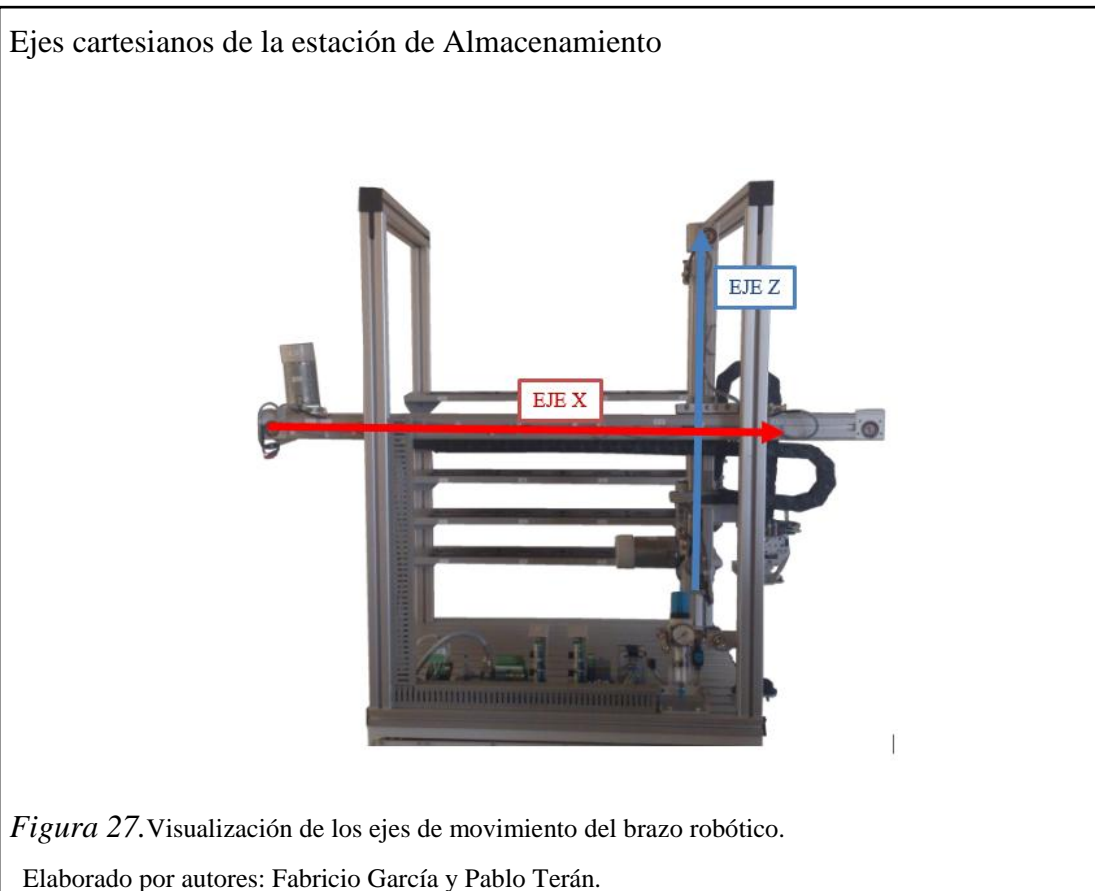
Las estanterías de la estación de Almacenamiento del módulo FESTO MPS 500 consta de 5 bandejas, cada una con 4 posiciones equidistantes marcadas con la numeración de “1” para la más baja hasta “20” para la más alta.

Se deja libre una posición entre las marcadas debido a que así viene configurado de fábrica.



3.1.2.2 Almacenamiento de precisión, sistema de retirada – lineal, X/Z

Es un dispositivo de manipulación de elementos basado en un robot cartesiano con 2 grados de libertad controlado por Encoder incrementales, que para la estación de Almacenamiento son los módulos “X”, “Z” a los que se les puede manipular; mientras tanto el eje “Y” posee un accionamiento neumático y su movimiento es lineal “todo o nada”, esto significa que posee dos posiciones la de reposo con la pinza adentro y la de accionamiento con la pinza afuera.



3.1.2.3 Pinza con gripper

El módulo de Almacenamiento dispone de una pinza con un Gripper accionado neumáticamente, su modo de operación es de dos efectos: Gripper Abierto – Gripper cerrado.

Pinza con gripper

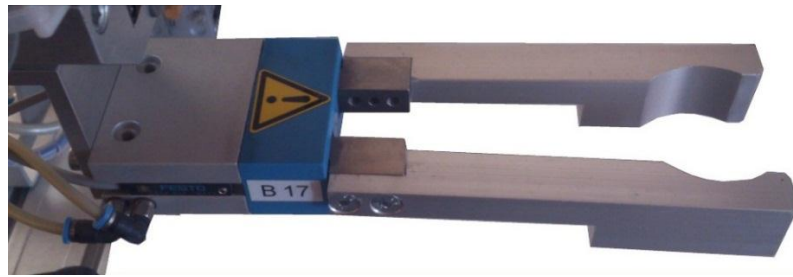


Figura 28. Vista superior de la pinza sujeta piezas de la estación de almacenamiento.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

3.1.2.4 Botonera

La estación de Almacenamiento posee una botonera donde se puede escoger el funcionamiento como modo automático o modo teach; la botonera consta de las siguientes partes:

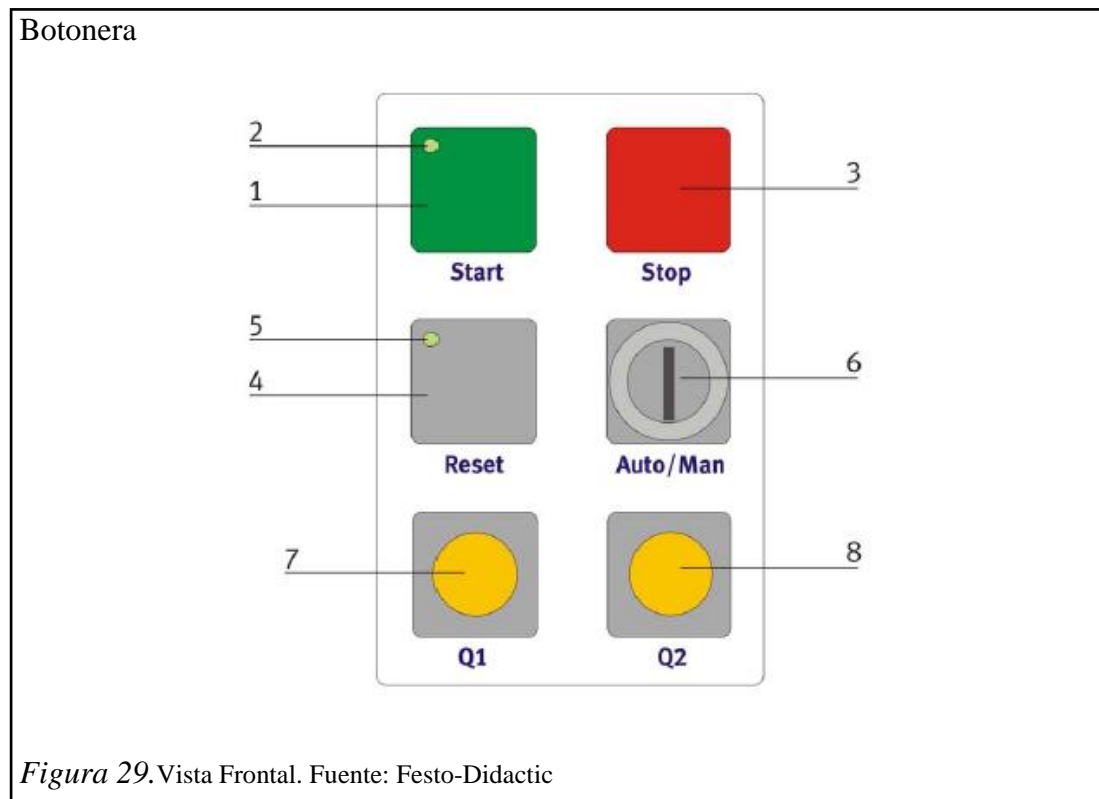


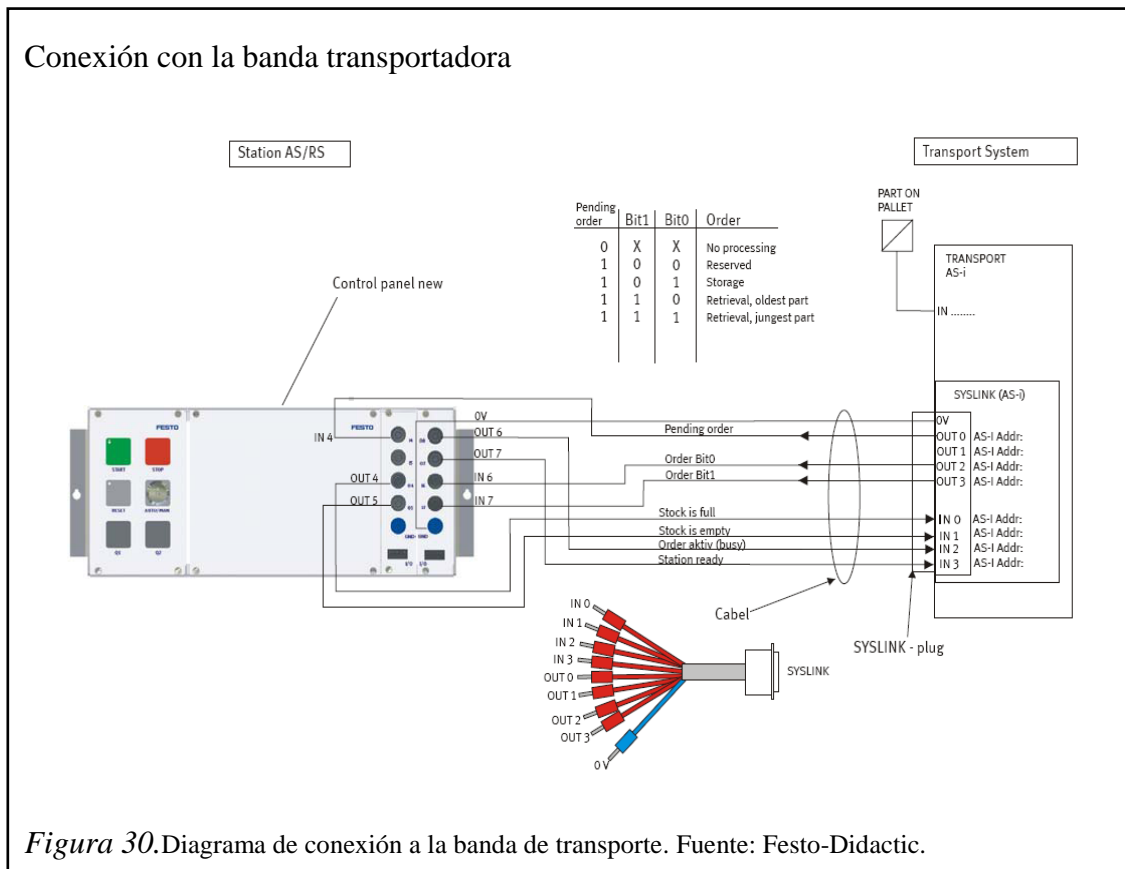
Figura 29. Vista Frontal. Fuente: Festo-Didactic

Botón de “Start”, mueve el eje seleccionado en dirección positiva (+)

1. Led indicador de selección del eje de modo teach
2. Botón de “Stop”, sirve para escoger el eje que se desea mover en modo teach.
3. Botón de “Reset”, mueve el eje seleccionado en dirección negativa (-)
4. Led indicador de selección del eje de modo teach
5. Selección Auto/Manual (activa el modo teach)
6. Q1 Led indicador que el eje “X” está activo
7. Q1 Led indicador que el eje “Z” está activo

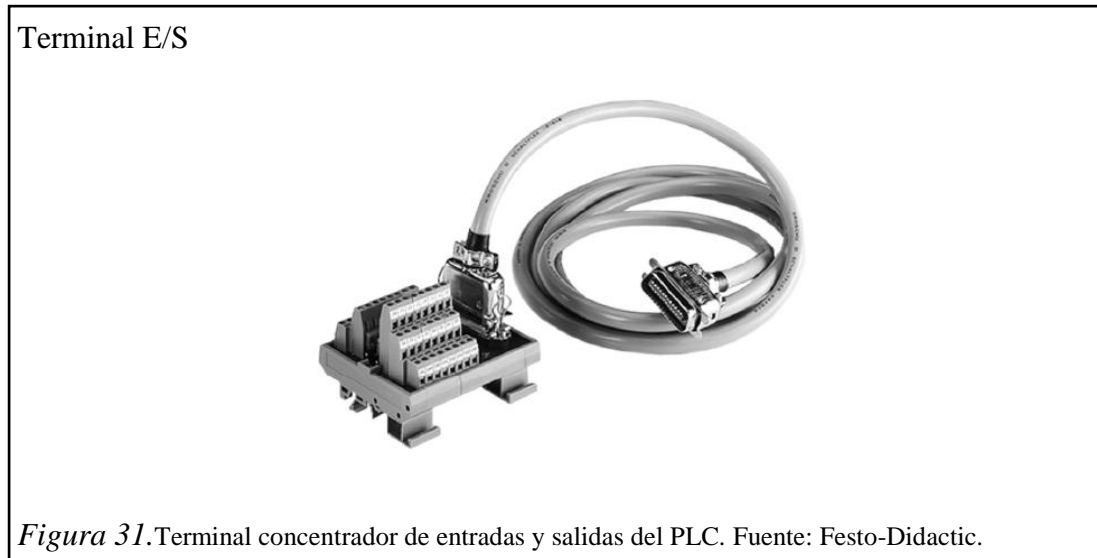
3.1.2.5 Interface SysLink

El panel de control se conecta con una interfaz SysLink para comunicarse con el Conveyor, a continuación se muestra la conexión de la estación de Almacenamiento con el módulo de transporte.



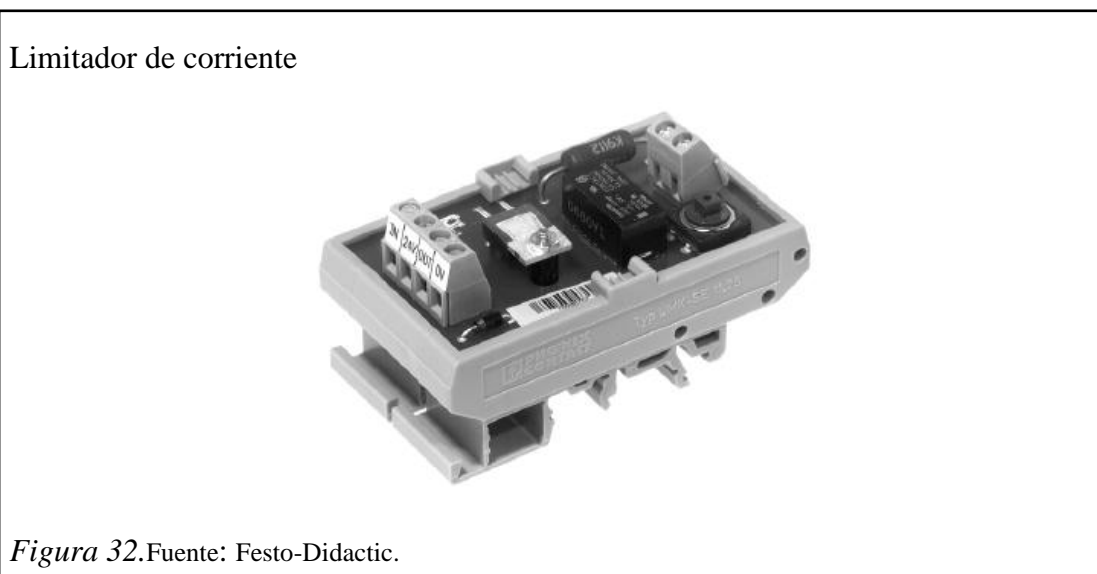
3.1.2.6 Terminal E/S

Este terminal provee un concentrador de E/S que consta de 8 entradas y 8 salidas en terminales atornilladas, habilitadas con leds indicadores del estado de la señal de las entradas y salidas.



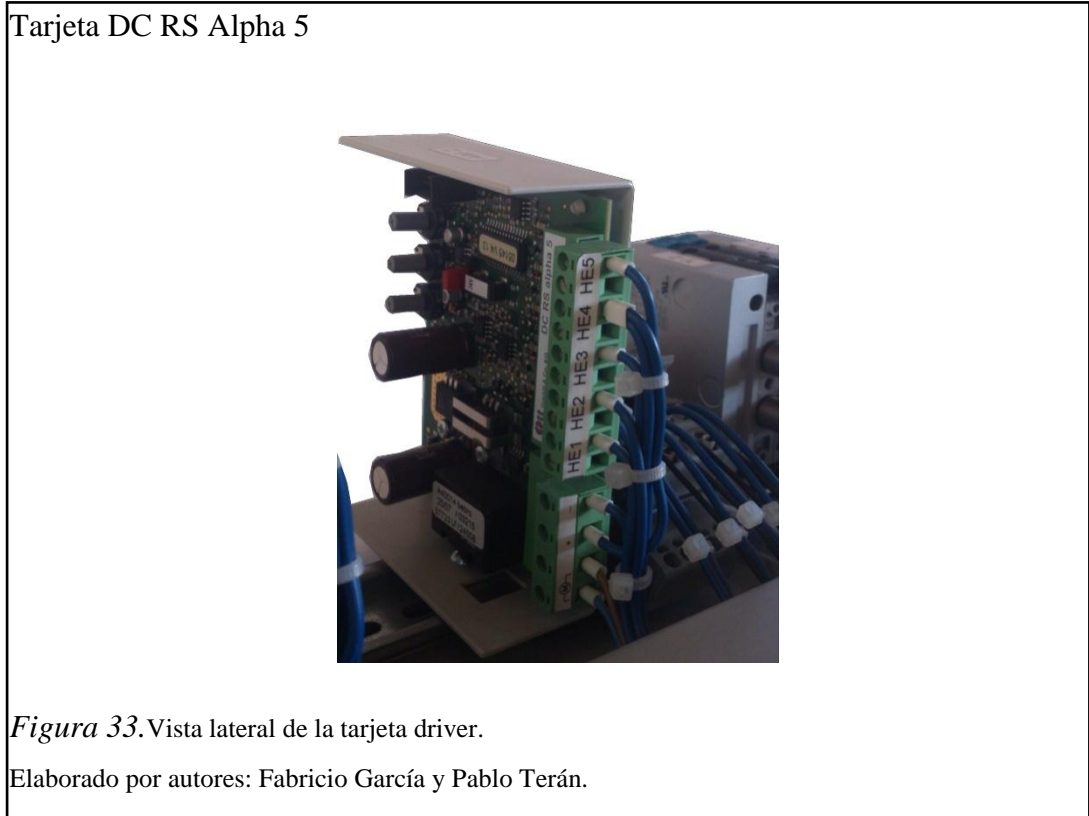
3.1.2.7 Limitadores de corriente de arranque

Compuesto por un relé electrónico limitador de corriente integrado a una placa electrónica, limita la corriente a 2 Amperios.



3.1.2.8 Tarjeta DC RS Alpha 5

Son tarjetas electrónicas alimentadas con 24 v, diseñadas como drivers de control para los servomotores de la estación de almacenamiento.



La tarjeta electrónica DC RS Alpha 5 está conectada directamente a las salidas del PLC que son destinadas al movimiento del sistema robotizado X, Z. Estas señales que obtiene del PLC de la estación de Almacenamiento, son transformadas a movimientos (giros) de los servomotores ubicados en cada uno de los ejes.

También proporciona la velocidad de movimiento de los servomotores ya que la estación de Almacenamiento puede ser programada a velocidad rápida o normal.

En la figura 34 se observa el diagrama de conexión para el movimiento en el eje X, de manera similar en la figura 35 el diagrama de conexión para el eje Z. Las tarjetas electrónicas Alpha 5 determinan el movimiento, sentido y velocidad de los servomotores dependiendo de las salidas del PLC.

Movimiento eje X tarjeta DC RS Alpha 5

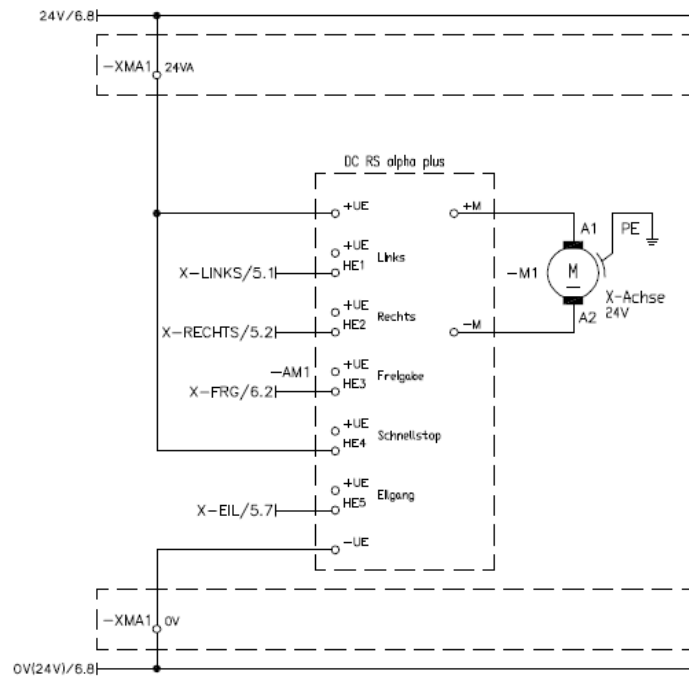


Figura 34. Conexión del servomotor eje X con la tarjeta driver. Fuente: Festo-Didactic.

Movimiento eje Z tarjeta DC RS Alpha 5

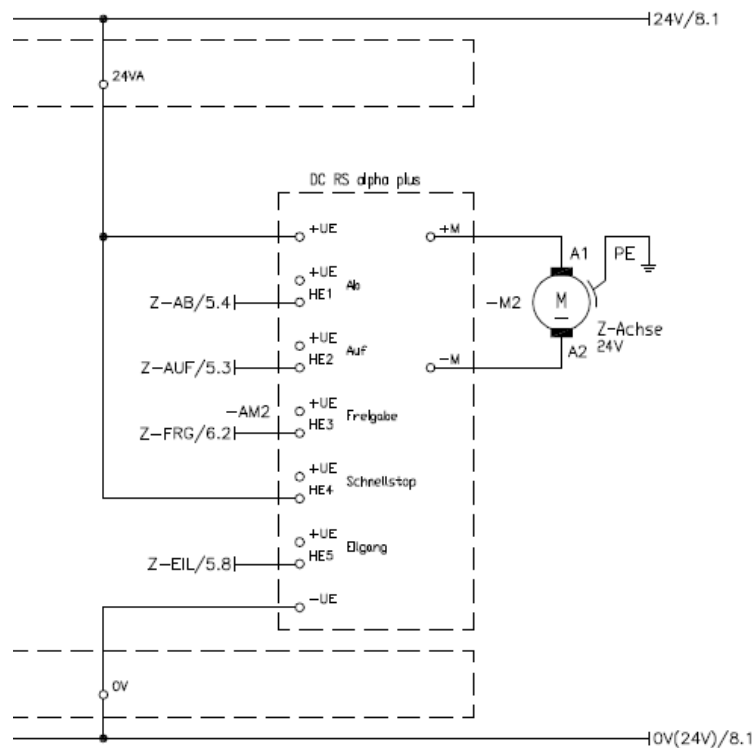


Figura 35. Conexión del servomotor eje Z con la tarjeta driver. Fuente: Festo-Didactic.

3.1.2.9 Terminal de válvulas CP

El terminal de válvulas CP es un dispositivo que simplifica la conexión neumática en la estación de almacenamiento; cuenta con 2 válvulas solenoides de simple efecto, capaces de controlar el movimiento del eje Y (“brazo adentro o brazo afuera”); y el movimiento del Gripper (“Gripper cerrado o Gripper abierto”).

Terminal de válvulas CP

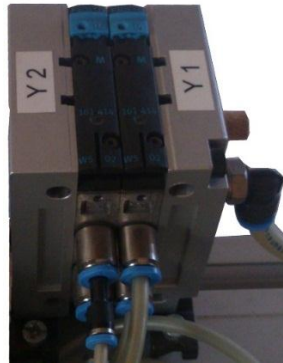


Figura 36. Vista frontal de la válvula CP.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

3.1.2.10 Sensor de proximidad

Sensores que detecta la posición de los ejes lineales eléctricos mediante un imán que detecta en un rango determinado de no por más de 8 mm la posición de la pinza en la matriz de almacenamiento.

Sensor de proximidad

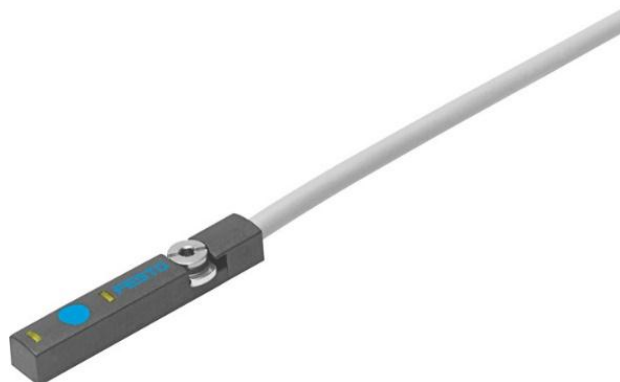


Figura 37. Fuente: Festo-Didactic.

3.1.2.11 Válvula de cierre con filtro conservador

La estación de almacenamiento dispone de un filtro regulador de aire con manómetro y válvula de cierre, racores rápidos y acoplamientos neumáticos. Se regula a 4 bares como la presión ideal de funcionamiento.

Válvula de cierre con filtro conservador



Figura 38. Fuente: Festo-Didactic.

3.1.2.12 Encoder controlador de posición

El movimiento de los ejes eléctricos de la estación es controlado por 2 Encoder incrementales colocados en los extremos de dichos ejes sobre los motores dc de 24v.

Encoder estación de Almacenamiento

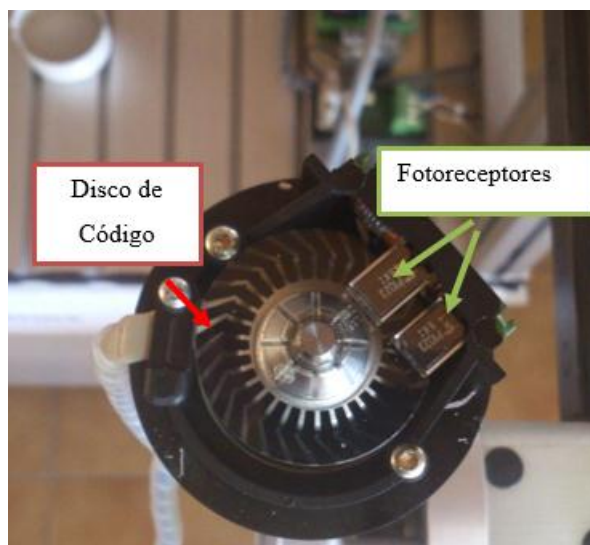


Figura 39. Se observa el interior del Encoder el código gray en el disco.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

3.1.2.13 Motores de engranaje DC de 24v

Se dispone de 2 motores de Engranaje dc de 24 voltios cada uno, colocados en los ejes del sistema Robótico X, Z; se utiliza este tipo de motores eléctricos ya que asegura que la velocidad que se trasmite al eje de salida, sea más lenta con respecto a la velocidad de giro del motor.



3.1.2.14 PLC siemens Simatic S7-300

El PLC que utiliza la estación de almacenamiento pertenece a la marca SIEMENS modelo S7-300 con una CPU compacta 313C-2 DP.



A continuación en la Tabla 1 se presenta los datos técnicos de la CPU 313C del PLC Simatic S7-300:

Tabla 1.
Datos técnicos CPU 313C.

Datos técnicos	
CPU y versión de producto	
Referencia	6ES7313-5BG04-0AB0
Versión de hardware	1
Versión de firmware	V3.3
Paquete de programas correspondiente	STEP 7 V5.5 o superior + SP1
Memoria de trabajo	
Integrados	128 kB
Ampliable	No
Tamaño de la memoria remanente para bloques de datos remanentes, máx.	64 kB
Memoria de carga	
Insertable (MMC)	Sí
Insertable (MMC), máx.	8 MB
Conservación de datos en la Micro Memory Card (tras la última programación), mín.	10 años
Respaldo	
Disponible	Sí (garantizado por la Micro Memory Card - libre de mantenimiento)
Sin pila	Sí (programa y datos)
Tiempos de ejecución	
Para operaciones de bits, mín.	0,07 μ s
Para operaciones de palabras, mín.	0,15 μ s
Para aritmética en coma fija, mín.	0,2 μ s
Para aritmética en coma flotante, mín.	0,72 μ s
Contadores y su remanencia	
Contadores S7	
Número	256
Remanencia	Sí
Configurable	Sí
Rango de contaje	
Límite inferior 0	0
Límite superior 999	999

Nota: datos técnicos necesarios para el proyecto.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

El procesador de comunicación CP (Communications Processor) 343-1 Lean está diseñado para el uso compatible con sistemas de automatización S7-300. Permite la conexión del PLC SIEMENS S7-300 a Industrial Ethernet. Sus características se presentan en la Tabla 2:

Tabla 2.

Datos técnicos CP (Communications Processor) 343-1 Lean.

Datos técnicos	
CPU y versión de producto	
Nombre del equipo	CP 343-1 lean
Referencia	6ES7 314-6CE00-0A-B0
CPU para uso	313-C
Paquete de programas correspondiente	STEP 7 V5.5 o superior + SP1
Funciones de red	
Routing	Sí
Multicast	Sí
Enlace UDP	Máximo 8 estaciones
Configuración Ethernet	Dirección IP, máscara de subred, Gateway
Tipos de comunicación	Comunicación S7 y comunicación PG/OP
Comunicación compatible con S5 con interface SEND/RECEIVE	Vía enlaces: ISO, TCP y UDP.
Gestión horaria interna	Sí

Nota: datos técnicos necesarios para el proyecto.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

Módulo CP 343-1 lean



Figura 42. Fuente: Siemens Automation.

3.1.3 Modificación del hardware

El hardware va a ser modificado con la finalidad de aprovechar al máximo los recursos que proporciona la estación de Almacenamiento; además, de dotarla de sensores capaces de discriminar el tipo de las piezas entrantes y un sistema de supervisión y control. Con esta implementación se consigue desarrollar prácticas individuales en la estación con la posibilidad de acoplarse mediante comunicación Ethernet al HMI, optimizando el proceso de almacenaje y mediante una administración inteligente de la bodega.

Los sensores que se van a colocar en la banda de transporte de palet son dos:

1. Sensor Inductivo (detecta la pieza metálica)
2. Sensor Reflectivo (calibrado para que detecte solo la pieza roja)

Sensor inductivo



Figura 43. Fuente: Silge Argentina.

Tabla 3.
Datos técnicos sensor inductivo.

Sensor Inductivo	
Especificaciones	
Tipo	Inductivo
Modelo	AE1-AP-2A
Marca	MD MICRODETECTORS
Alcance nominal	2.5 mm
Distancia de funcionamiento	0...2 mm
Distancia diferencial	2...10%
Precisión de recuperación	2%
Voltaje de operación	10 – 30 Vcc
Rizado	≤10%
Corriente en vacío	20 mA
Corriente de carga	≤200 mA
Corriente de fuga	≤10μA
Caída de voltaje	1,2V máx.
Tipo de salida	PNP
Frecuencia de conmutación	2,5KHz
Tiempo de retardo para disponibilidad	100 ms
Protección eléctrica a la salida	Corto circuito (auto-reset)
Rango de temperatura de funcionamiento	-25°...+70°C
Led Indicador	Sí (Amarillo)

Nota: datos técnicos necesarios para el proyecto.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

Sensor reflectivo



Figura 44. Fuente: Siemens-Automation.

Tabla 4.
Datos técnicos sensor reflectivo.

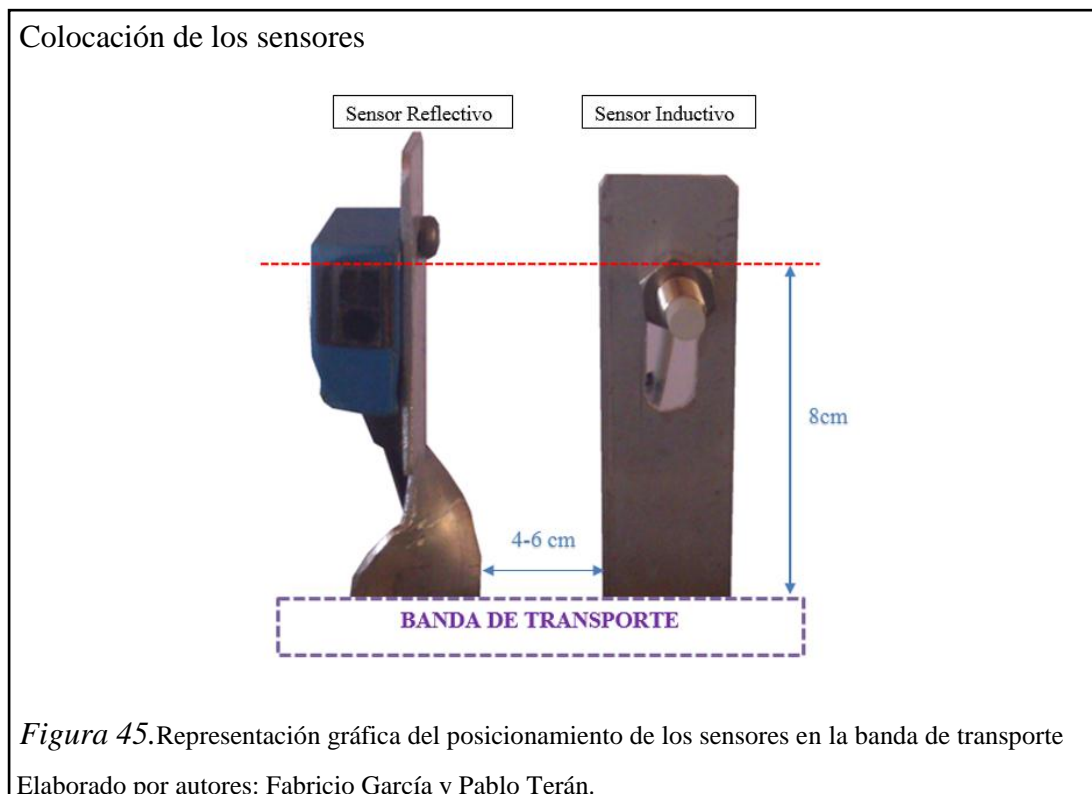
Sensor Reflectivo	
Especificaciones	
Tipo	Reflectivo
Modelo	Opto-BERO 3RG7010-7CD00
Marca	SIEMENS
Alcance nominal	150 cm
Voltaje de operación	10-36 Vcc
Tipo de salida	PNP
Corriente en vacío	20 mA
Corriente de carga	≤200 mA
Corriente de fuga	≤10μA
Caída de voltaje	1,2V máx.
Background suppression	Sí
Tiempo de retardo para disponibilidad	100 ms
Protección eléctrica a la salida	Corto circuito (auto-reset)
Rango de temperatura de funcionamiento	-10°...+60°C
Led Indicador	Sí (Amarillo-Rojo)

Nota: datos técnicos necesarios para el proyecto.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

La calibración de los sensores permite la discriminación de piezas entrantes en los palet antes de que llegue a la estación de almacenamiento; se envía la información al sistema SCADA del tipo de pieza, el mismo que gestiona su fecha de ingreso; para ello se han tomado los siguientes parámetros para su colocación en la estación:

1. Altura de sensores colocados en platinas: 8 cm
2. Distancia horizontal entre sensores: 4...6 cm
3. Orden de los sensores colocados en la banda de transporte: Inductivo-Reflexivo



Debido a su colocación en la banda de transporte, el sensor que se activa primero es el inductivo; que por sus características de distancia de funcionamiento permite la calibración necesaria de 2 mm, siendo esta la medida más propensa a cambios en la puesta en marcha de la estación.

Por otra parte, el siguiente en funcionar es el sensor reflectivo, que mediante el uso de la función Background Suppression, y por la proximidad de las piezas en los palet; es capaz de descartar las piezas sin color (Negras) y solo detectar las piezas

con color (Rojas). En la siguiente figura se observa el funcionamiento de los sensores para la detección del tipo de pieza:



El sistema SCADA se basa en la siguiente tabla de decisión lógica (tabla 5.) para determinar el tipo de pieza, acorde a las señales que envían los sensores conectados directamente a las entradas del PLC de la estación de almacenamiento.

Tabla 5.
Detección de Tipo de Pieza.

Sensor de Reflexión	Sensor Inductivo	Decisión de Tipo de Pieza
0	0	Pieza sin color o negra (3)
0	1	Pieza Metalizada (2)
1	0	Pieza con color o roja (1)
1	1	Pieza Metalizada (2), en caso de un fallo en el sensor reflectivo

Nota: Se observa los distintos tipos de pieza que se almacena en la estación.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

Estos datos son enviados al sistema SCADA para su respectivo almacenamiento en la base de datos y así generar los reportes de las piezas que ingresan y salen de la estación de almacenamiento.

En la figura 47 se presenta el plano eléctrico de la conexión de los sensores implementados y las entradas y salidas digitales utilizadas.

Plano de conexiones de I/O utilizadas en PLC SIMATIC S7-300

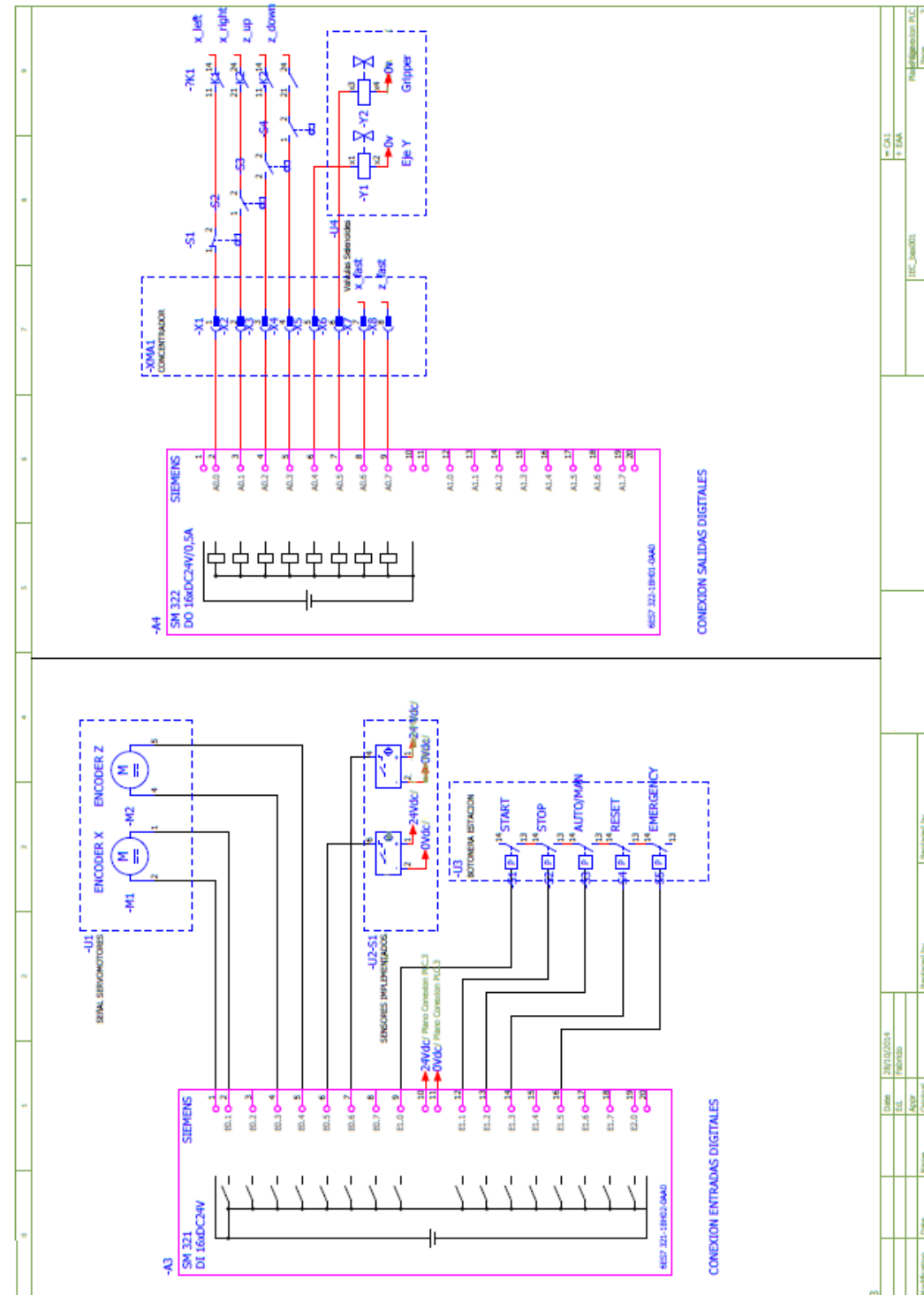


Figura 47. Conexión de los sensores a las entradas del PLC.

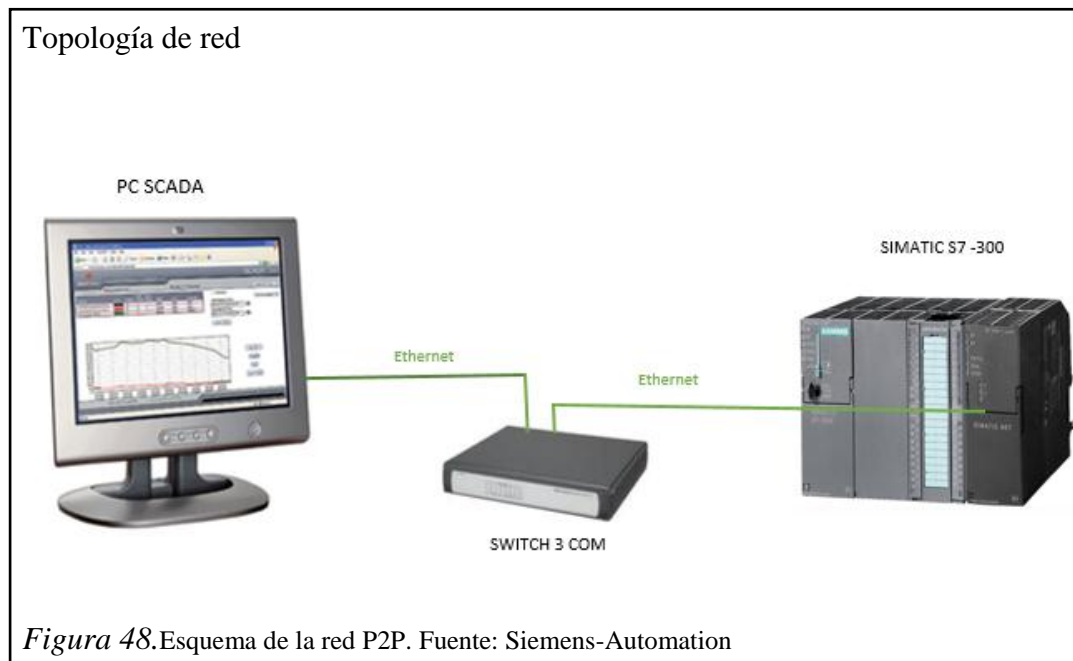
Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

3.1.4 Topología de red

La topología establecida para el desarrollo del proyecto es un enlace permanente punto a punto. De todas las variaciones de la tecnología punto a punto, el enlace permanente es el que está constantemente asociado a los equipos que implican la red.

En este caso, el PLC de la estación de Almacenamiento: SIMATIC S7-300 está conectado al sistema de control SCADA por medio de un switch 3COM. Este tipo de conexión es necesaria para que el sistema de supervisión tenga una dirección IP única tanto al PLC como a la interfaz gráfica del HMI elaborada en WinCC.

El enlace empleado para el manejo de información es Half-dúplex, es decir, que la transacción de datos se realiza en ambos sentidos, pero de forma alternativa (sólo uno puede transmitir en un momento dado), no puede transmitir los dos puntos al mismo tiempo.



3.2 Software

3.2.1 Descripción del programa elaborado en TIA Portal

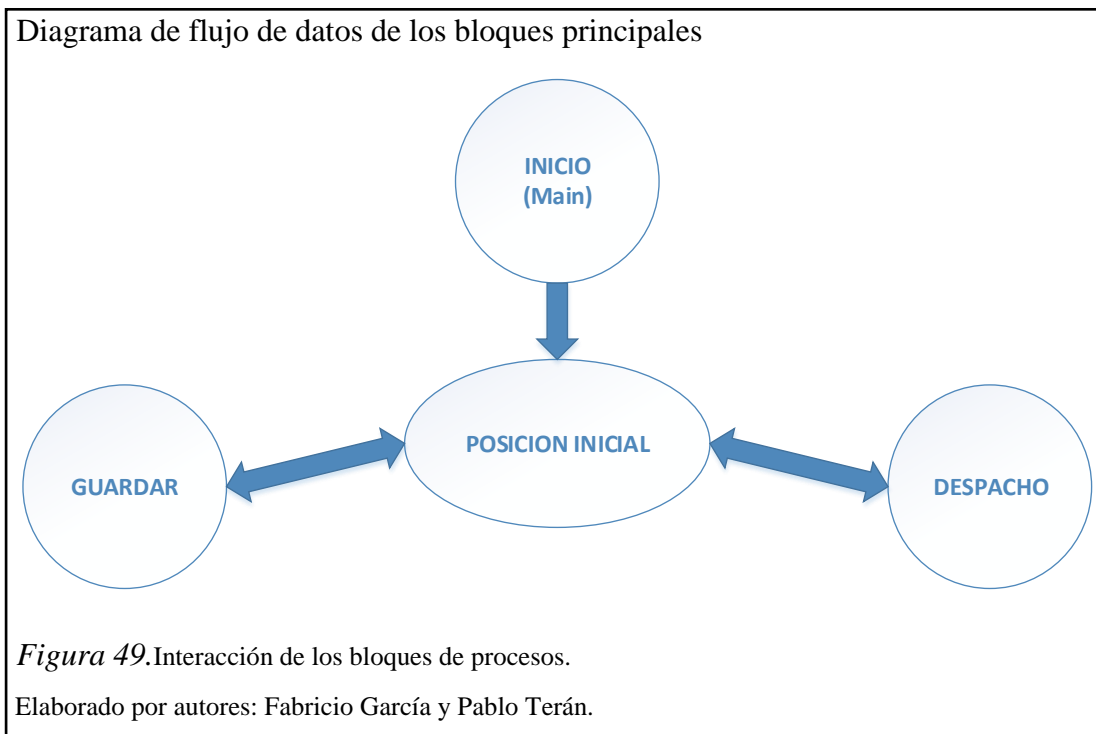
La secuencia que se expone en los algoritmos de control y diagramas de flujo a continuación, se ejecutan en el software de control y automatización TIA portal V11, el cual facilita el manejo de las funciones especiales que incorporan ciertos modelos de PLC, para el presente proyecto se destaca la incorporación de Encoder, con los que cuenta la estación de almacenamiento por lo que TIA portal facilita la obtención de datos a través de sus funciones de contaje rápido.

3.2.1.1 Descripción de bloques de función

Al ser procesos secuenciales y tomando en cuenta que hay lazos que se repiten tanto para el almacenamiento de piezas, como para la retribución de las mismas; se crea bloques de funciones en graficet que pueden ser utilizados, dependiendo del proceso en que se encuentre la estación (almacenado o retribución).

Los bloques principales de la programación son:

1. Bloque Guardar (proceso de almacenado)
2. Bloque Despacho (proceso de retribución)
3. Bloque posición inicial



La creación de bloques de datos DB's son importantes para que TIA portal asigne espacios de memoria reales para guardar los datos globales que el usuario genere en la programación. Para esto se procede a crear dos bloques de datos globales, en el primero se va a almacenar todas las variables auxiliares que se utilice para el desarrollo de la programación conocidas como "Marcas"; en el segundo se va a almacenar las variables que contengan los datos reales de las posiciones de los contadores.

Las funciones que cumplen cada bloque de datos creado son las siguientes:

- **Main (OB1):** bloque principal de organización del programa en el cual se ejecuta cíclicamente en la CPU del PLC. Aquí se encuentra las instrucciones que permiten llamar a las funciones creadas en Grafcet y utilizar los bloques de datos de instancia que se genera al momento de la creación de funciones.
- **Guardar (FB1):** bloque de función el cual está programado en Grafcet para que la estación realice el proceso de almacenamiento de piezas por discriminación de color en las estanterías de la misma.
- **Despacho (FB2):** bloque de función programado en Grafcet destinado a la recuperación de las piezas desde las estanterías hasta el palet para su despacho.
- **Posición Inicial (FB3):** bloque de función programado en grafcet que permite que el brazo lineal después de cumplir un proceso regrese a su posición inicial.
- **Guardar_DB (DB1):** bloque de datos el cual esta instanciado cada vez que se llama en el Main a la función FB1.
- **Despacho_DB (DB6):** bloque de datos el cual esta instanciado cada vez que se llama en el Main a la función FB2.
- **Booleanos (DB2):** bloque de datos globales donde se guarda los valores asignados por TIA portal a las marcas utilizadas en la programación en el Main del proyecto.
- **Enteros_Reales (DB3):** bloque de datos globales donde se guarda los valores reales de los contadores rápidos para los ejes X y Z.

3.2.2 Algoritmo de control y diagramas de flujo

La estación de Almacenamiento tiene dos procesos definidos; el primero de ellos consiste en el almacenado de piezas; el algoritmo de control para este proceso se muestra en el diagrama de flujo para almacenado de piezas figura 50.

El segundo proceso definido es la recuperación o despacho de piezas, es decir, cuando el operador solicita el retiro de piezas a través del HMI; el diagrama de flujo que explica esta parte del algoritmo de control se muestra en la figura 51.

3.2.2.1 Almacenado de piezas

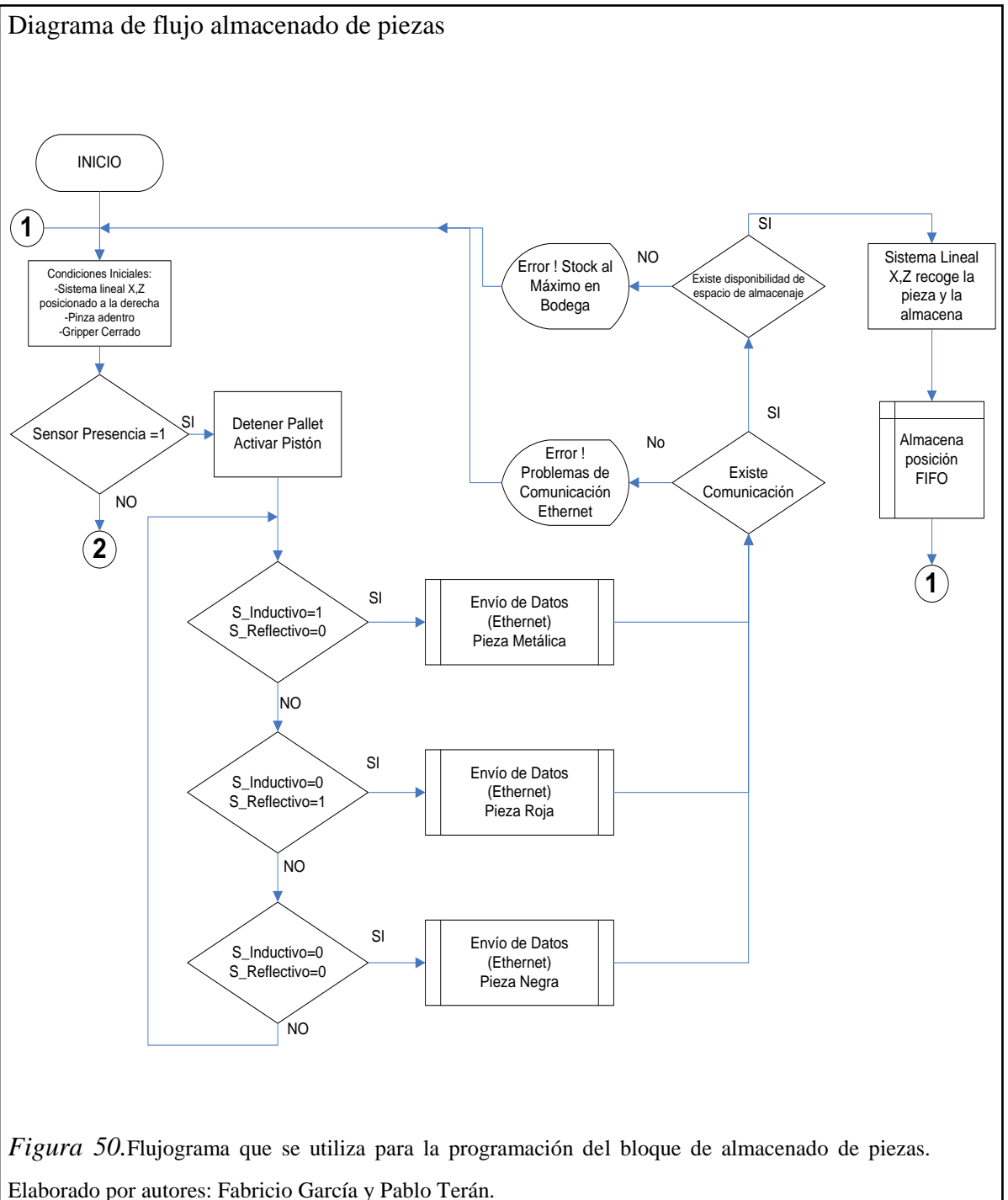
Al iniciar el programa la estación de almacenamiento va a buscar su posición de reposo, para esto se determina la posición inicial del sistema lineal X, Z; además que debe cumplir con la condición de que la pinza con Gripper o eje “Y” se encuentre adentro con el Gripper de la pinza cerrado. Este proceso se realiza para evitar posibles daños en el equipo al momento de desplazarse el sistema lineal X,Z puede chocar con las estanterías si la pinza o eje “Y” se encuentra afuera de su posición de reposo.

El siguiente paso es verificar si el palet viene con pieza o no. El sensor de presencia de la banda transportadora proporciona esta información; de venir con pieza el palet pasa a la discriminación de piezas por medio de la detección de color, la información tanto del color como de la fecha de ingreso y la posición que va a ser destinada la pieza en las estanterías de la estación de almacenamiento, es enviada al sistema SCADA por medio de Ethernet industrial y almacenada en la base de datos.

La verificación de comunicación Ethernet es evaluada al momento de enviar la información, si presenta algún error se activa una alarma en el HMI; de manera similar se verifica si hay espacio disponible en las estanterías de la estación de almacenamiento y si se encuentra lleno, se despliega otra alarma visual en el HMI que dispone el operador.

En este punto el sistema lineal X, Z se desplaza hasta la posición de ejecución de almacenamiento y recoge la pieza del pallet con la pinza y la almacena en el lugar

asignado previamente por la programación. Finalmente actualiza su base de datos y sistema FIFO en el sistema SCADA, y regresa a su posición de reposo.



3.2.2.2 Despacho de piezas

El complemento del sistema de almacenado es el despacho de piezas mediante FIFO; esta secuencia empieza cuando el sensor de presencia no detecta la pieza en el palet. Inmediatamente se detiene al palet al frente de la estación de almacenamiento y por medio del HMI se pregunta al operador si desea solicitar una pieza, si lo hace, se debe especificar el color de dicha pieza y se verifica si existe en stock; si no desea solicitar una pieza, se deja libre el palet y se regresa a las condiciones iniciales.

Las alarmas en este proceso se presentan si no existen piezas disponibles en las estanterías de la estación de almacenamiento, donde el proceso se detiene y se vuelve a preguntar si desea solicitar pieza caso contrario se libera el palet.

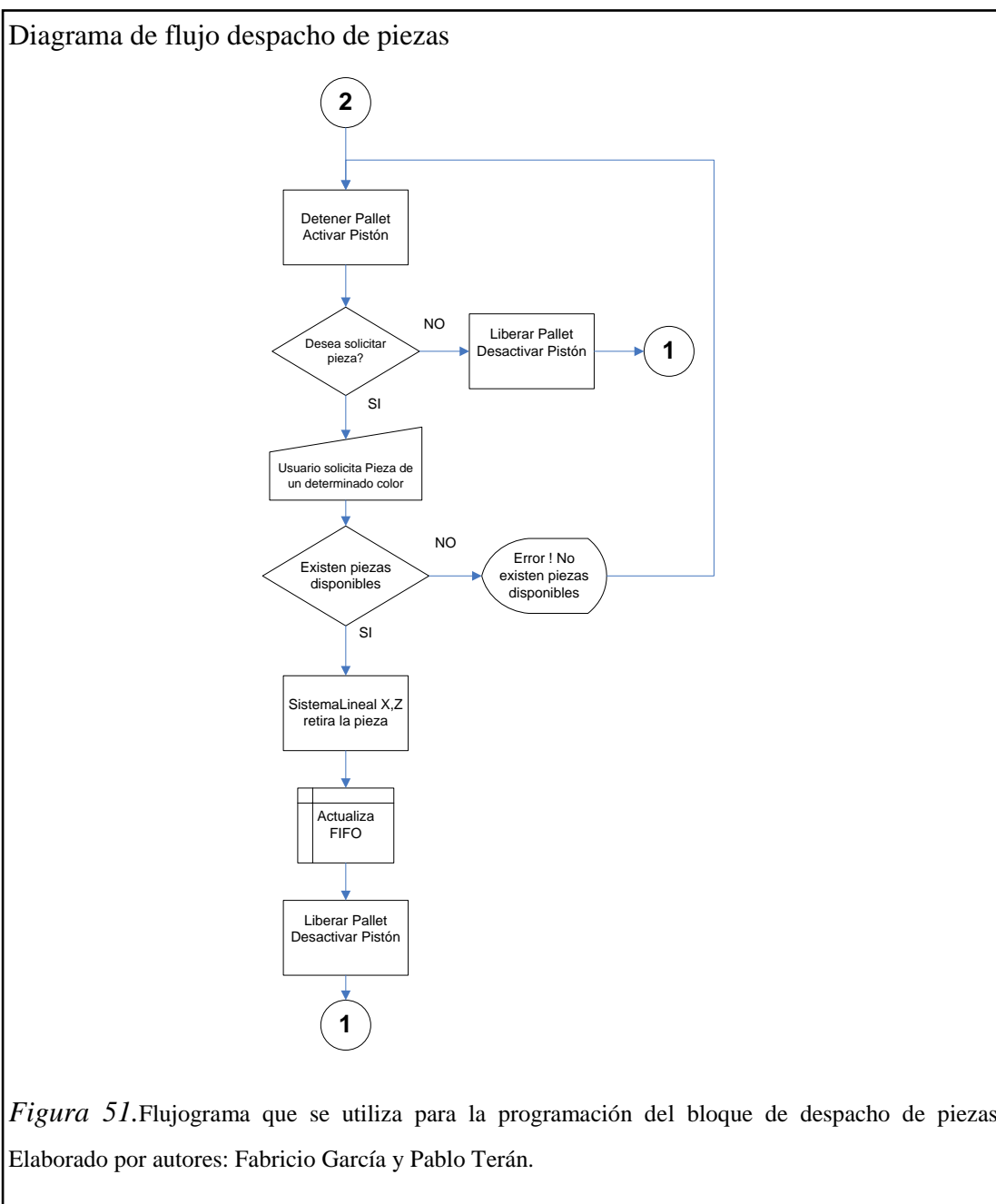


Figura 51. Flujograma que se utiliza para la programación del bloque de despacho de piezas
Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

3.2.2.3 Variables del PLC

Para programar y manipular los movimientos de la estación de almacenamiento es necesario conocer las variables tanto de entradas y salidas conectadas al PLC. En la tabla 6 se muestra las variables de entrada usadas para la programación en TIA Portal, de manera similar en la tabla 7 se muestra las variables de salida utilizadas.

Tabla 6.
Entradas del PLC.

Grupo de Variables	Símbolo	Dirección	Tipo de Dato
ENTRADAS AL PLC	Encoder x	I 124.0	Bool
	Encoder x1	I 124.1	Bool
	Libre	I 124.2	Bool
	Encoder z	I 124.3	Bool
	Encoder z1	I 124.4	Bool
	Sensor color	I 124.5	Bool
	Sensor inductivo	I 124.6	Bool
	Pieza Disponible(Sensor de Presencia)	I 124.7	Bool
	START	I 125.0	Bool
	STOP	I 125.1	Bool
	AUTO/MAN	I 125.2	Bool
	RESET	I 125.3	Bool
	SysLinK	I 125.4	Bool
	EMERGENCIA	I 125.5	Bool
	SysLink	I 125.6	Bool
	SysLink	I 125.7	Bool
	SENSOR_Z_UP	I 126.0	Bool
	SENSOR_Z_DOWN	I 126.1	Bool
	SENSOR_X_LEFT	I 126.2	Bool
	SENSOR_X_RIGHT	I 126.3	Bool
	SENSOR_Y_BACK	I 126.4	Bool
	SENSOR_Y_FRONT	I 126.5	Bool
	SENSOR_GRIPPER_CLOSE	I 126.6	Bool
SENSOR_GRIPER_OPEN	I 126.7	Bool	

Nota: Están en la lista todas las entradas que se utiliza en la programación.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

Tabla 7.
Salidas del PLC.

Grupo de Variables	Símbolo	Dirección	Tipo de Dato
SALIDAS DEL PLC	MOV_X_LEFT	Q 124.0	Bool
	MOV_X_RIGHT	Q 124.1	Bool
	MOV_Z_UP	Q 124.2	Bool
	MOV_Z_DOWN	Q 124.3	Bool
	MOV_Y_FRONT	Q 124.4	Bool
	MOV_OPEN_GRIPPER	Q 124.5	Bool
	COMANDO_X_FAST	Q 124.6	Bool
	COMANDO_Z_FAST	Q 124.7	Bool

Nota: Están en la lista todas las salidas que se utiliza en la programación.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

3.2.2.4 Parámetros de inicialización de la función de conteo rápido

Los Encoder que están en los ejes de desplazamiento del sistema lineal X, Z, de la estación de almacenamiento; pueden ser manipulados mediante la función especial de conteo rápido que posee TIA Portal en sus opciones de software.

La función “COUNT” que se observa en la figura 52, es la encargada de recibir e interpretar las señales de pulsos rápidos que envía los Encoder conectados al PLC, transformando la información proporcionada en valores contables.

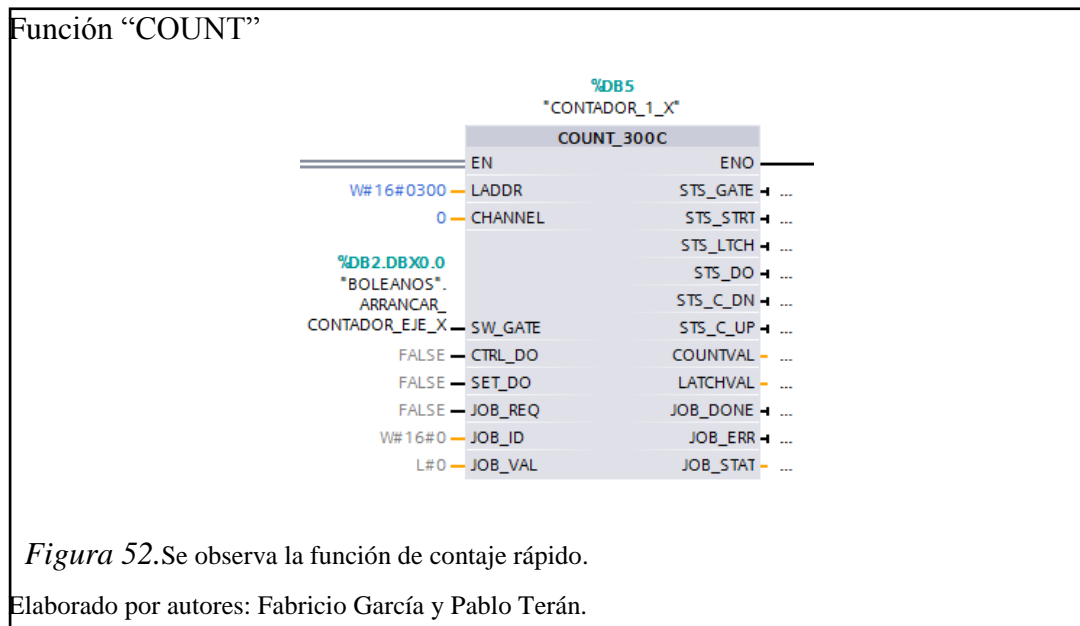


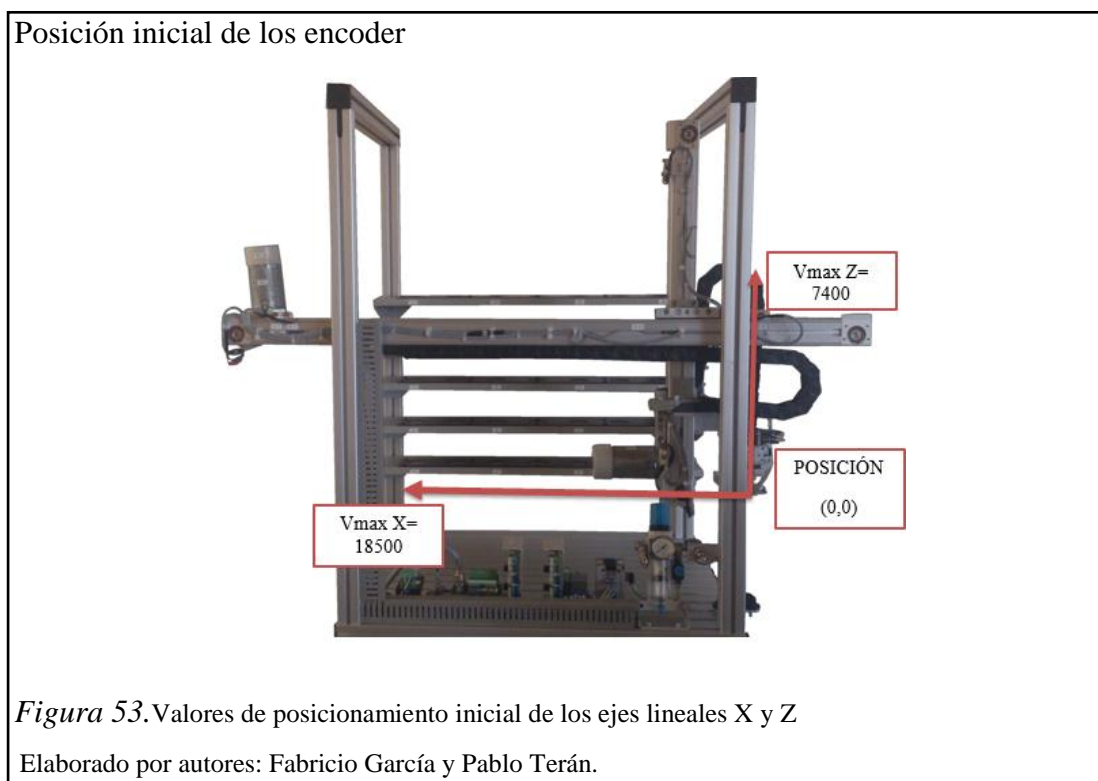
Figura 52. Se observa la función de conteo rápido.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

Es importante crear una función "COUNT" para cada Encoder; tanto para el que gobierna el movimiento del eje "X", como el del eje "Z".

- Utilice la instrucción "COUNT" para controlar el contador desde el programa de usuario.
- Iniciar/parar el contador con la puerta de software SW_GATE
- Habilitar/controlar la salida DO
- Leer los bits de estado STS_CMP, STS_OFLW, STS_UFLW y STS_ZP
- Leer el estado actual del contador COUNTVAL
- Peticiones para leer y escribir los registros de contaje internos
- Leer el período actual TIMEVAL
- Para utilizar correctamente la función que permite controlar el contador rápido es necesario habilitarlo con una marca Booleana de activación, y definir sus condiciones de encendido, definiendo su posición cero en los ejes.
- Los valores que proporciona el contador son Dint "Enteros Dobles", pueden ser positivos o negativos, depende del movimiento en los ejes y dirección de giro de los Encoder.

En la figura 53 se determina la posición inicial desde la cuál van a arrancar los valores de contaje de pulsos que el encoder genera:



3.2.2.5 Cuadro de posiciones

Para cada una de las posiciones marcadas en la estación de almacenamiento, se establece un número determinado de pulsos generados por los Encoder en cada eje (X, Z). Véase tabla 8.

Estas posiciones son la referencia para el movimiento del brazo lineal, tanto para el proceso de almacenado como para el despacho de piezas. Todas las posiciones han sido tomadas desde su posición inicial (coordenada 0,0).

Tabla 8.
Número de pulsos para cada posición.

NUMERO (Posición)	POSICION X (Pulsos eléctricos)	POSICION Z (Pulsos eléctricos)
1	16600	450
2	12000	450
3	7450	450
4	2850	450
5	16600	2900
6	12000	2900
7	7450	2900
8	2850	2900
9	16600	5150
10	12000	5150
11	7450	5150
12	2850	5150
13	16600	7600
14	12000	7600
15	7450	7600
16	2850	7600
17	16600	10000
18	12000	10000
19	7450	10000
20	2850	10000

Nota: Se observa la lista de pulsos eléctricos por cada posición de la estación.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

3.2.2.6 Asignación de dirección IP al PLC

La estación de almacenamiento cuenta con el módulo de comunicación Ethernet CP 343-1 LEAN que debe ser seleccionado para que la comunicación entre el SCADA y el PLC sea exitosa. La configuración de su protocolo IP es esencial, en la tabla 9 se muestra la dirección IP asignada al PLC de la estación de almacenamiento y a la PC con el sistema SCADA.

Tabla 9.
Asignación de direcciones IP.

Ítem	Dirección IP	Máscara de subred
PLC Estación de Almacenamiento	10.0.0.6	255.0.0.0
PC Estación SCADA	10.0.0.5	255.0.0.0

Nota: Son necesarias una dirección IP distinta por cada estación.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

3.2.3 Programación en WinCC

La interfaz gráfica se la desarrolla en el software para desarrollo de sistemas SCADA WinCC, la comunicación entre el computador central y el PLC se lo realiza a través de una interfaz Ethernet debido a que el PLC Simatic s7-300 cuenta con el módulo compatible para este tipo de comunicación; además el tiempo de respuesta es el necesario para la visualización del proceso por el operador del sistema SCADA implementado en la estación de almacenamiento.

3.2.3.1 Flujograma del HMI

En la figura 54 a continuación, se presenta el diagrama de flujo del proceso total que corresponde a la visualización del HMI.

Diagrama general de flujo HMI

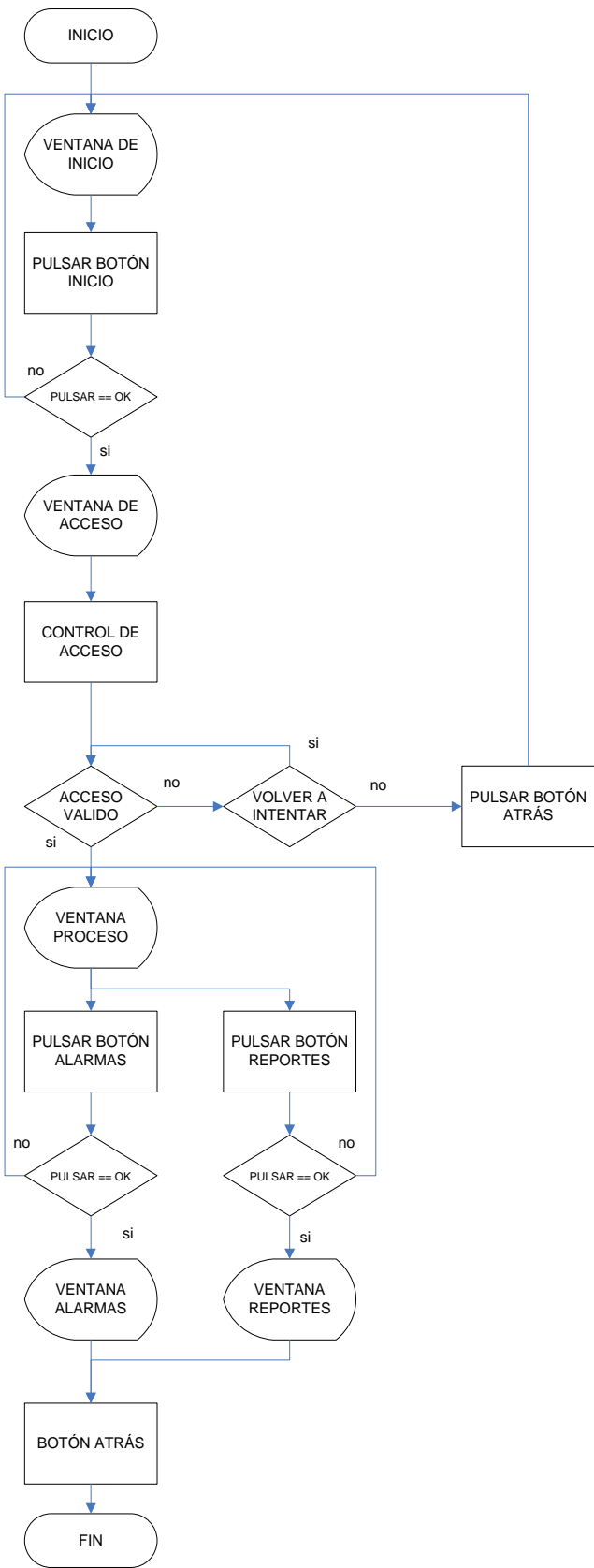


Figura 54. Flujograma de todo el proceso que realiza el sistema SCADA

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

Las imágenes que contiene el HMI de visualización y control son las siguientes:

3.2.3.2 Ventana de inicio:

En la figura 55 se muestra la ventana de presentación del proyecto de acceso general, donde se visualiza el tema, autores, además se inicia la secuencia del HMI.

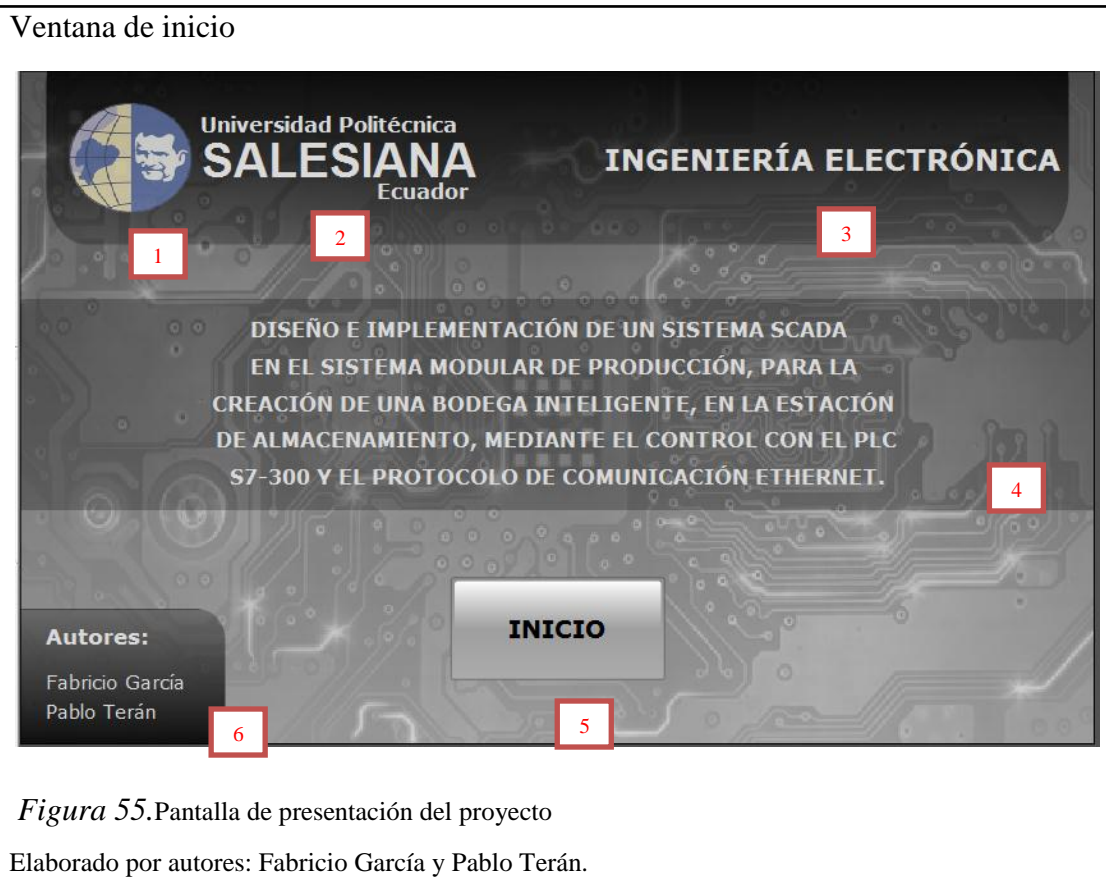


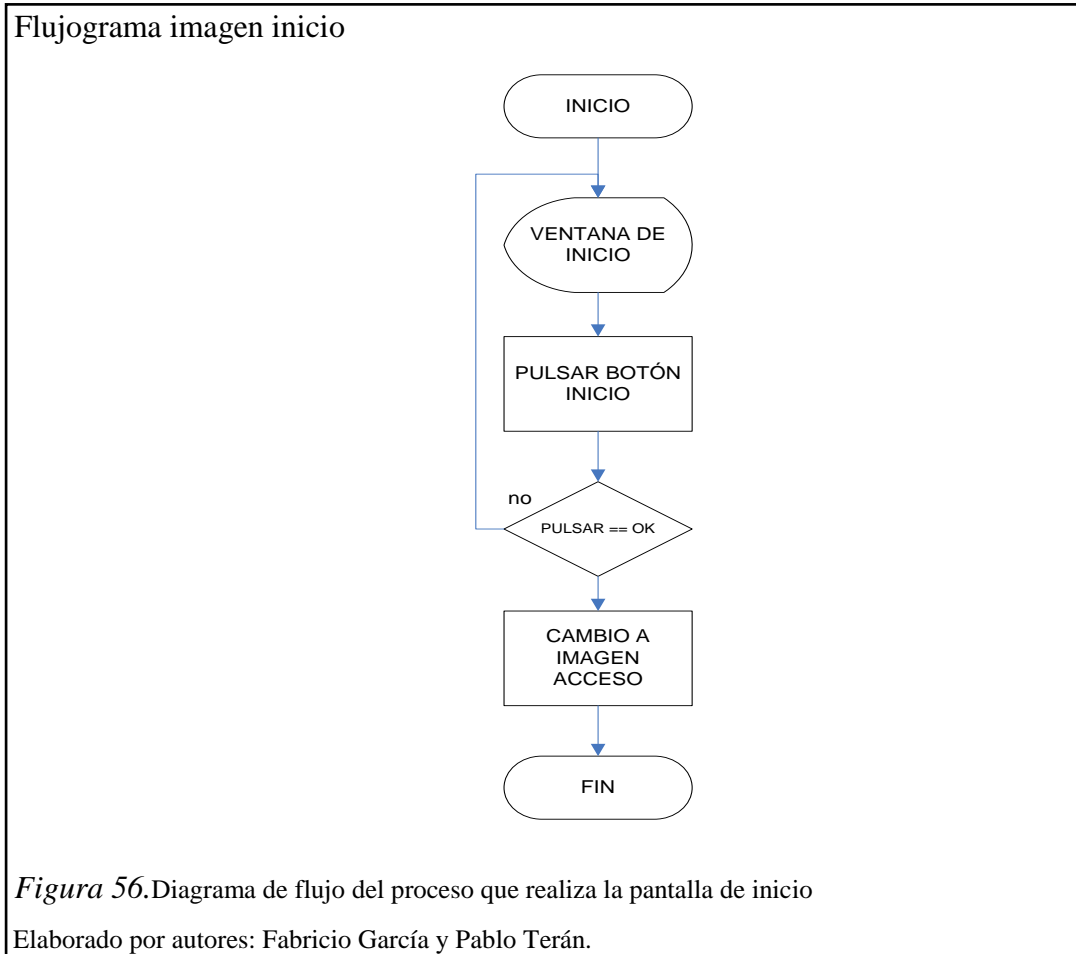
Tabla 10.

Detalle de la ventana Inicio.

N°	ÍTEM	DETALLE
1	Sello de la Universidad	Objeto gráfico sin animación
2	Universidad Politécnica Salesiana	Texto estático
3	Ingeniería Electrónica	Texto estático
4	Título del Proyecto de Titulación	Texto estático
5	Botón de Inicio	Al presionarlo, cambia a la ventana de autenticación, conexión directa
6	Autores	Texto estático

Nota: referencias de diseño HMI.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.



3.2.3.3 Ventana de acceso

En la figura 57 se muestra la ventana de control del acceso al sistema SCADA, encargado de registrar y autorizar los niveles de permiso tanto si es usuario principal o invitado.

Ventana de acceso

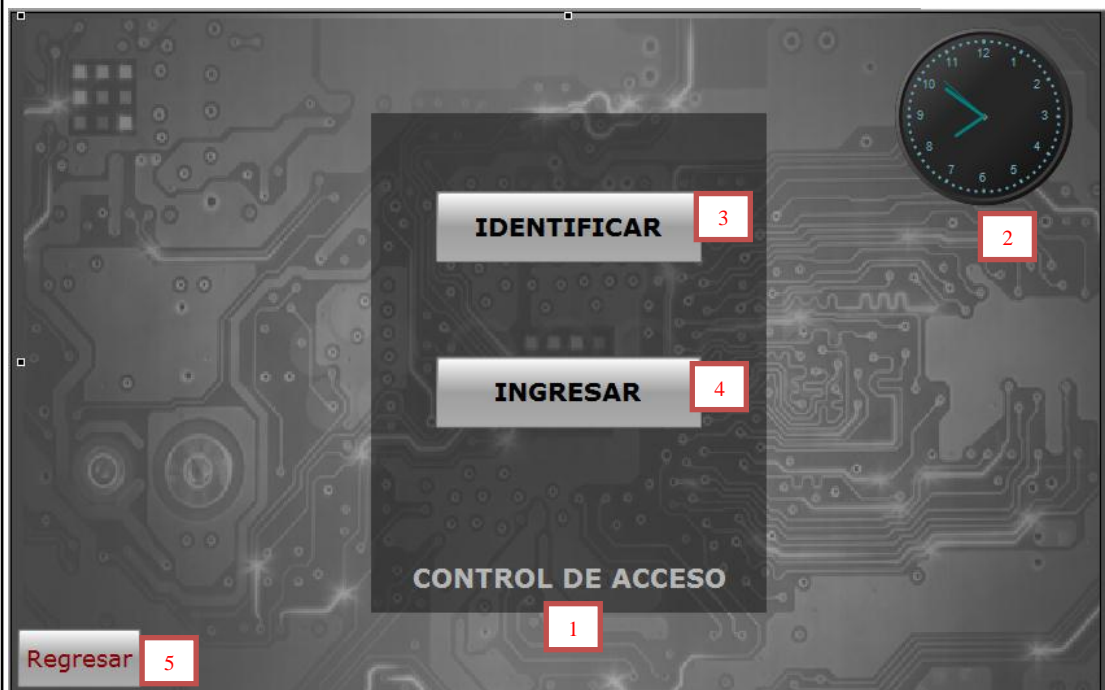


Figura 57. Pantalla de acceso al proyecto.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

Tabla 11.

Detalle de la ventana Acceso.

N°	ÍTEM	DETALLE
1	Control de Acceso	Texto estático
2	WinCC Digital Clock Control	Muestra el reloj en tiempo real
3	Botón Identificar	Abre el menú para autenticar el usuario y colocar su respectiva contraseña
4	Botón de Ingresar	Al presionarlo, cambia a la ventana de Proceso, conexión directa
5	Botón de Atrás	Al presionarlo, cambia a la ventana de Inicio, conexión directa

Nota: referencias de diseño HMI.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

Flujograma imagen acceso

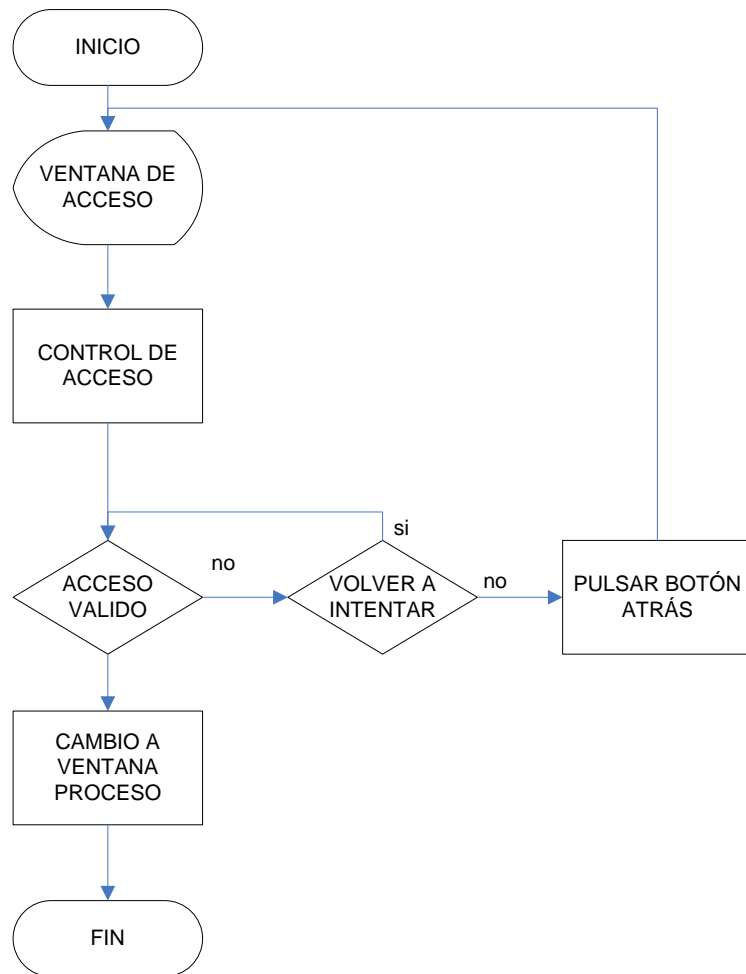


Figura 58. Diagrama de flujo del proceso que realiza la pantalla de acceso.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

3.2.3.4 Ventana proceso

En la figura 59 se muestra la ventana de visualización en tiempo real del proceso de almacenado y retribución de piezas de la estación de almacenamiento del sistema modular de producción (MPS 500).

Además en ventana de proceso se visualizan los siguientes cuadros de funcionamiento:

- **Movimiento:** visualización del movimiento de los ejes X, Z.
- **Panel de Control:** botonera de control del estado de la estación.
- **Seleccionador de piezas:** campo para escoger el tipo de pieza.
- **Ventanas:** acceso a las ventanas de alarmas y reportes históricos.

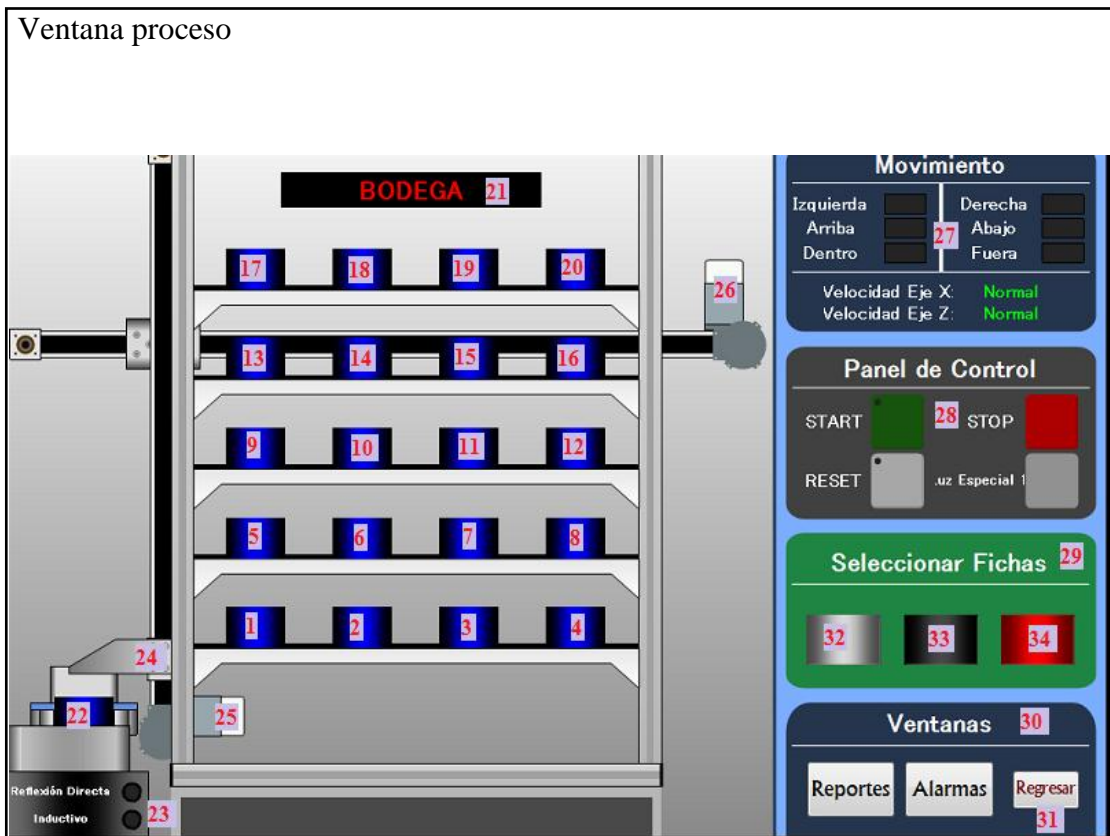


Figura 59. Pantalla donde se visualiza el proceso del proyecto.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

Tabla 12.
Detalle de la ventana Proceso.

N°	ÍTEM	DETALLE
1	Pieza 1	Se visualiza la pieza cuando llega a la posición
2	Pieza 2	Se visualiza la pieza cuando llega a la posición
3	Pieza 3	Se visualiza la pieza cuando llega a la posición
4	Pieza 4	Se visualiza la pieza cuando llega a la posición
5	Pieza 5	Se visualiza la pieza cuando llega a la posición
6	Pieza 6	Se visualiza la pieza cuando llega a la posición
7	Pieza 7	Se visualiza la pieza cuando llega a la posición
8	Pieza 8	Se visualiza la pieza cuando llega a la posición
9	Pieza 9	Se visualiza la pieza cuando llega a la posición
10	Pieza 10	Se visualiza la pieza cuando llega a la posición
11	Pieza 11	Se visualiza la pieza cuando llega a la posición
12	Pieza 12	Se visualiza la pieza cuando llega a la posición
13	Pieza 13	Se visualiza la pieza cuando llega a la posición
14	Pieza 14	Se visualiza la pieza cuando llega a la posición
15	Pieza 15	Se visualiza la pieza cuando llega a la posición
16	Pieza 16	Se visualiza la pieza cuando llega a la posición
17	Pieza 17	Se visualiza la pieza cuando llega a la posición
18	Pieza 18	Se visualiza la pieza cuando llega a la posición
19	Pieza 19	Se visualiza la pieza cuando llega a la posición
20	Pieza 20	Se visualiza la pieza cuando llega a la posición
21	BODEGA	Texto Estático
22	Pieza 21	Se visualiza la pieza cuando llega a la base de almacenado
23	Cuadro de Sensores	Activa los Led indicadores para saber que sensor actúa y determina el tipo de pieza
24	Ejes de Movimiento X, Z.	Movimiento dinámico, se activa los ejes tanto para almacenar como para despachar las piezas
25	Servomotor Eje Z	Objeto gráfico
26	Servomotor Eje X	Objeto gráfico
27	Cuadro de Movimiento	Se visualiza el movimiento de los ejes mediante los Led indicadores, además de la velocidad, si es normal o rápida
28	Panel de Control	Representación de la botonera existente en la estación,
29	Seleccionar Piezas	Botonera de elección de piezas de un determinado tipo para la retribución.
30	Ventanas	Cuadro de elección de botones: alarmas y reportes
31	Botón Atrás	Regresa a la ventana de acceso
32	Botón Pieza Plateada	Solicita al sistema despachar una pieza plateada
33	Botón Pieza Negra	Solicita al sistema despachar una pieza negra
34	Botón Pieza Roja	Solicita al sistema despachar una pieza roja

Nota: referencias de diseño HMI.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

Flujograma imagen proceso

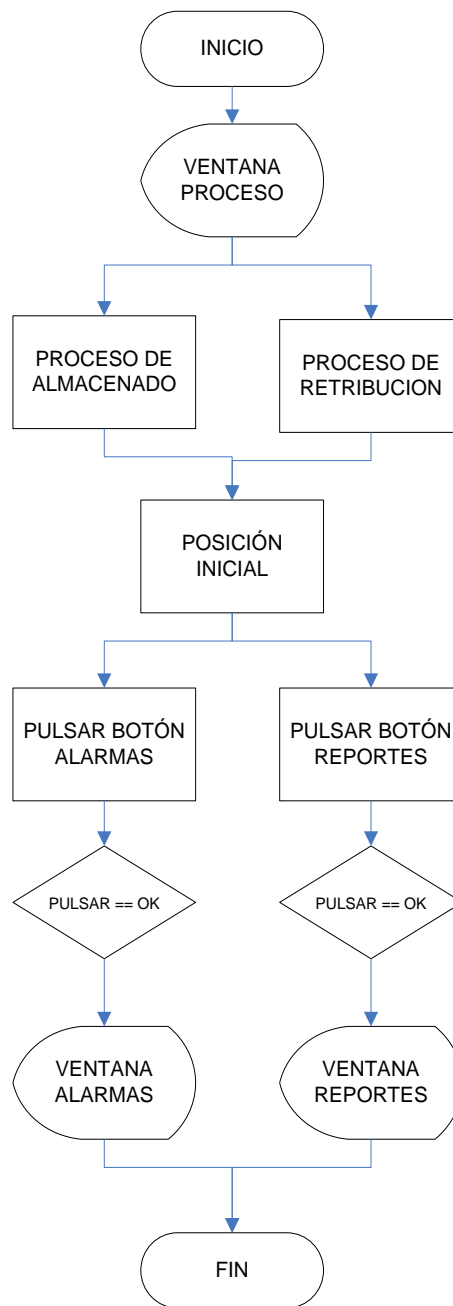


Figura 60. Diagrama de flujo del proceso que realiza la pantalla de proceso.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

3.2.3.5 Ventana alarmas

En la figura 61 se muestra la ventana de alarmas donde se proporciona la información de eventos mediante la herramienta WinCC Alarm Control, permite al operador tener conocimiento de anomalías y supervisar el proceso mediante avisos de falla o mal funcionamiento en tiempo real.

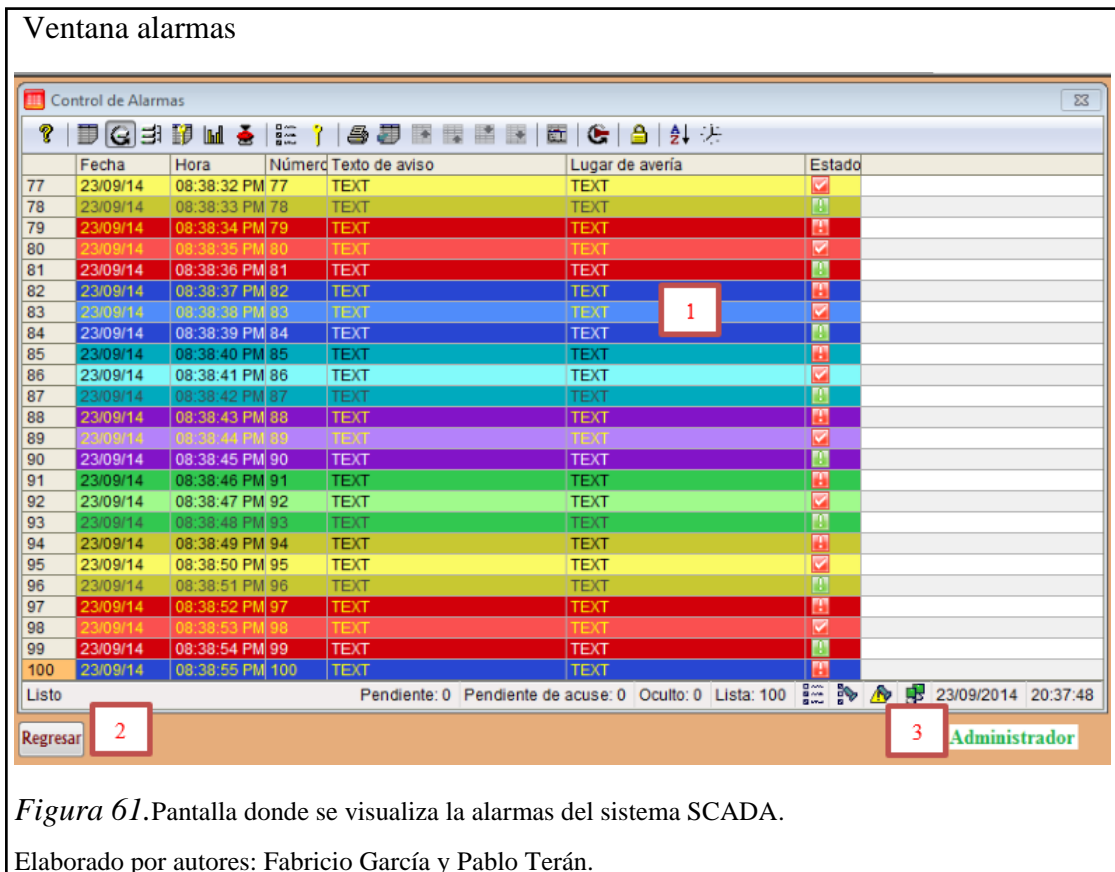


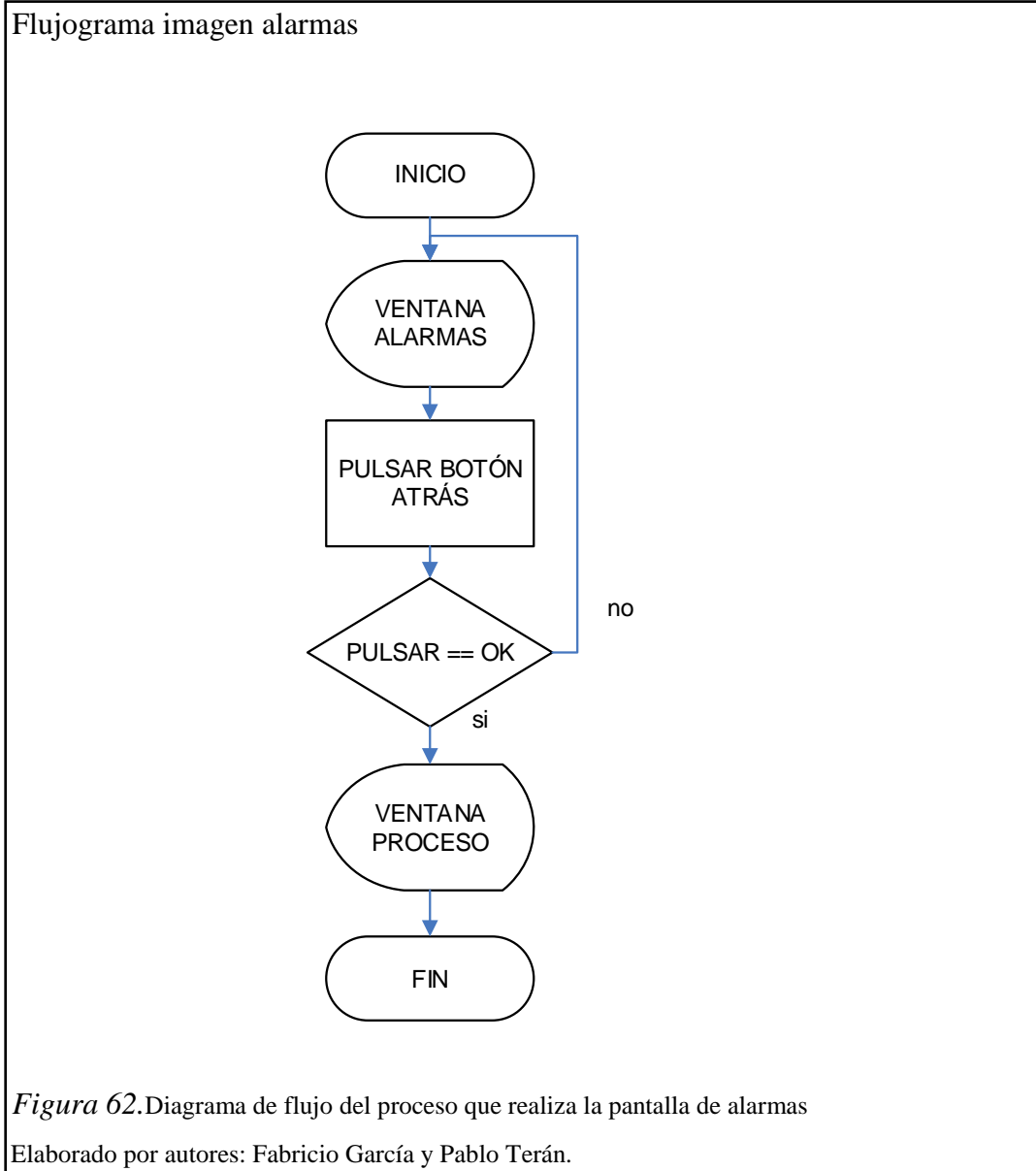
Tabla 13.

Detalle de la ventana proceso.

Nº	ÍTEM	DETALLE
1	WinCC Alarm Control	Supervisor y control de alarmas, se visualiza todos los avisos en tiempo real.
2	Botón de Atrás	Cambio a la imagen Proceso, conexión directa.
3	Visualizador de Usuario	Indica el nivel de acceso en el que se encuentra el operador del HMI

Nota: referencias de diseño HMI.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.



3.2.3.6 Ventana reportes

Es la ventana encargada de generar la base de datos o históricos (figura 63) del proceso de almacenado y despacho de piezas; proporciona la fecha de ingreso y el tipo de pieza que ha sido almacenado, de igual manera las tendencias de las piezas almacenadas.

Ventana reportes

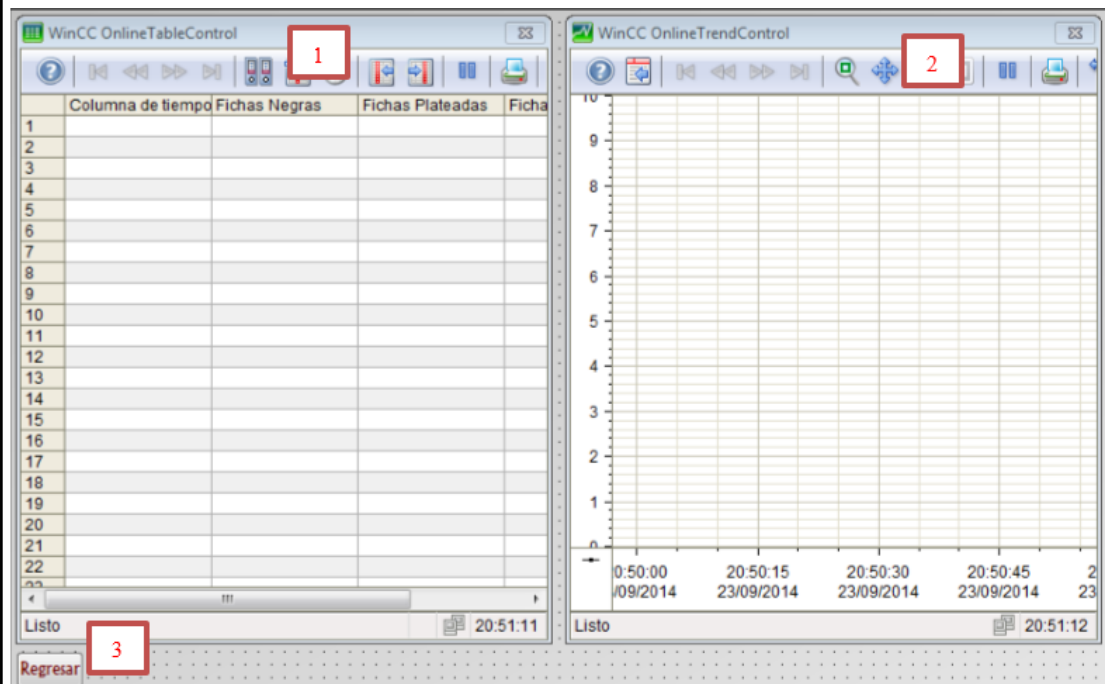


Figura 63. Pantalla donde se visualiza los datos históricos del sistema SCADA.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

Tabla 14.

Objetos utilizados en la creación de la imagen reportes.

N°	ÍTEM	DETALLE
1	WinCC Online Table Control	Supervisor de ingreso de piezas, detecta el tipo de pieza y su fecha de ingreso a la bodega.
2	WinCC Online Trend Control	Visualizador gráfico de las curvas de tendencias de ingreso de las piezas a través del tiempo.
3	Botón de Atrás	Cambio a la imagen Proceso, conexión directa.

Nota: referencias de diseño HMI.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

Flujograma imagen reportes

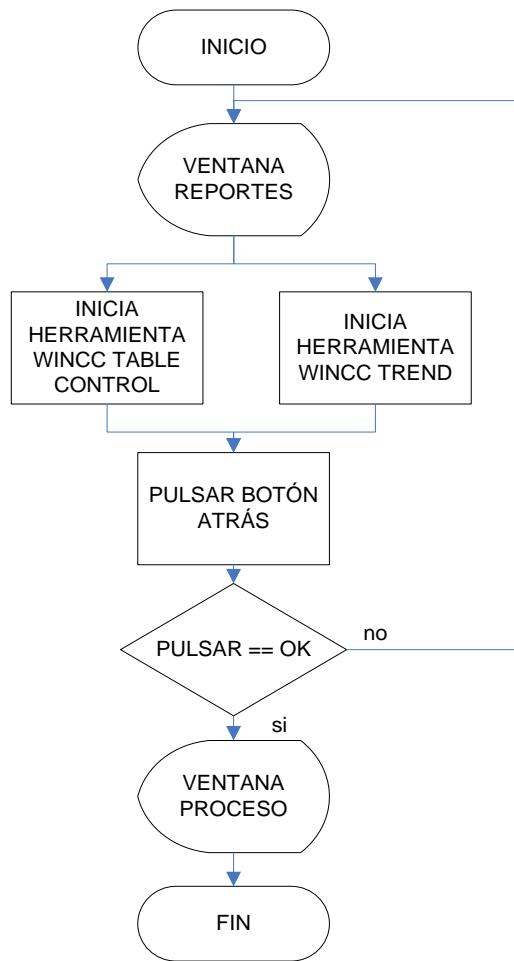


Figura 64. Diagrama de flujo del proceso que realiza la pantalla de reportes.

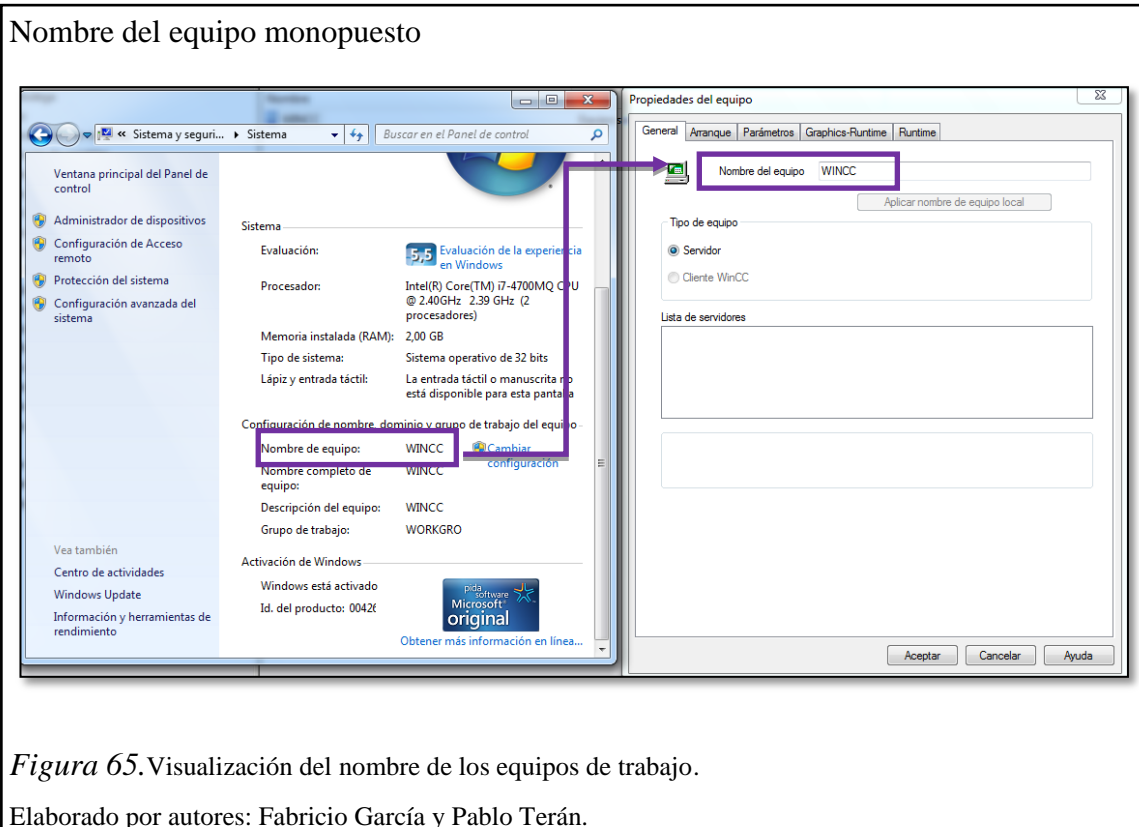
Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

3.2.4 Configuración de la interfaz gráfica

Es importante cambiar los parámetros de configuración inicial que viene por default WinCC Explorer para que exista compatibilidad de la PC.

3.2.4.1 Pestaña general

Debido a que es un proyecto de estación monopuesto, el equipo es del tipo Servidor, se revisa que el nombre de la estación de WinCC sea el mismo usado como nombre del equipo en el que se trabaja (figura 65), por esta razón se ingresa a propiedades del Equipo de Windows y se comprueba el nombre de dicho equipo.



3.2.4.2 Pestaña arranque

Se seleccionan los servicios que se necesita que sean ejecutados junto con el Runtime dependiendo del requerimiento del sistema (figura 66).

Pestaña de arranque

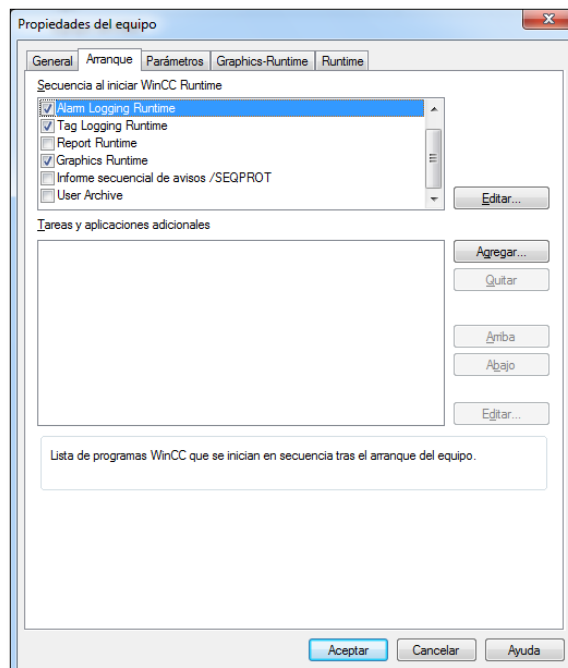


Figura 66. Parámetros de configuración de la pestaña de arranque.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

3.2.4.3 Pestaña parámetros

Se eligen opciones como el idioma con el que se trabajará, tanto para el entorno de diseño como para el Runtime, se escoge la hora y se pueden bloquear ciertas combinaciones de teclas que permiten salir al entorno de Windows (figura 67).

Pestaña de parámetros

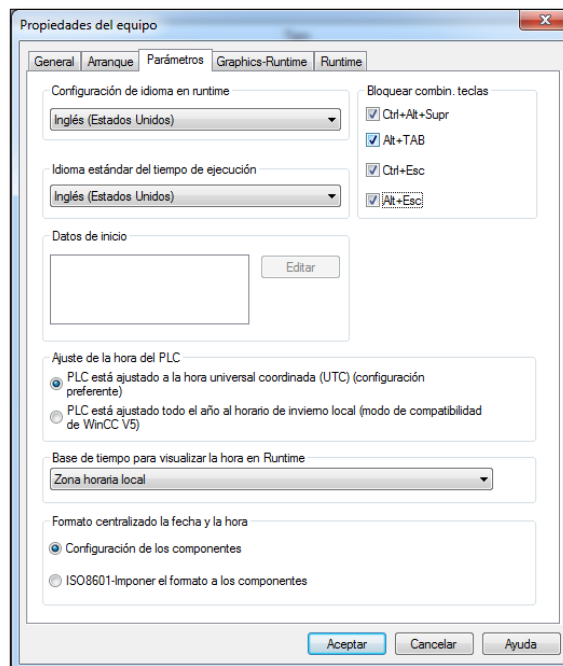


Figura 67. Opciones de la pestaña de parámetros.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

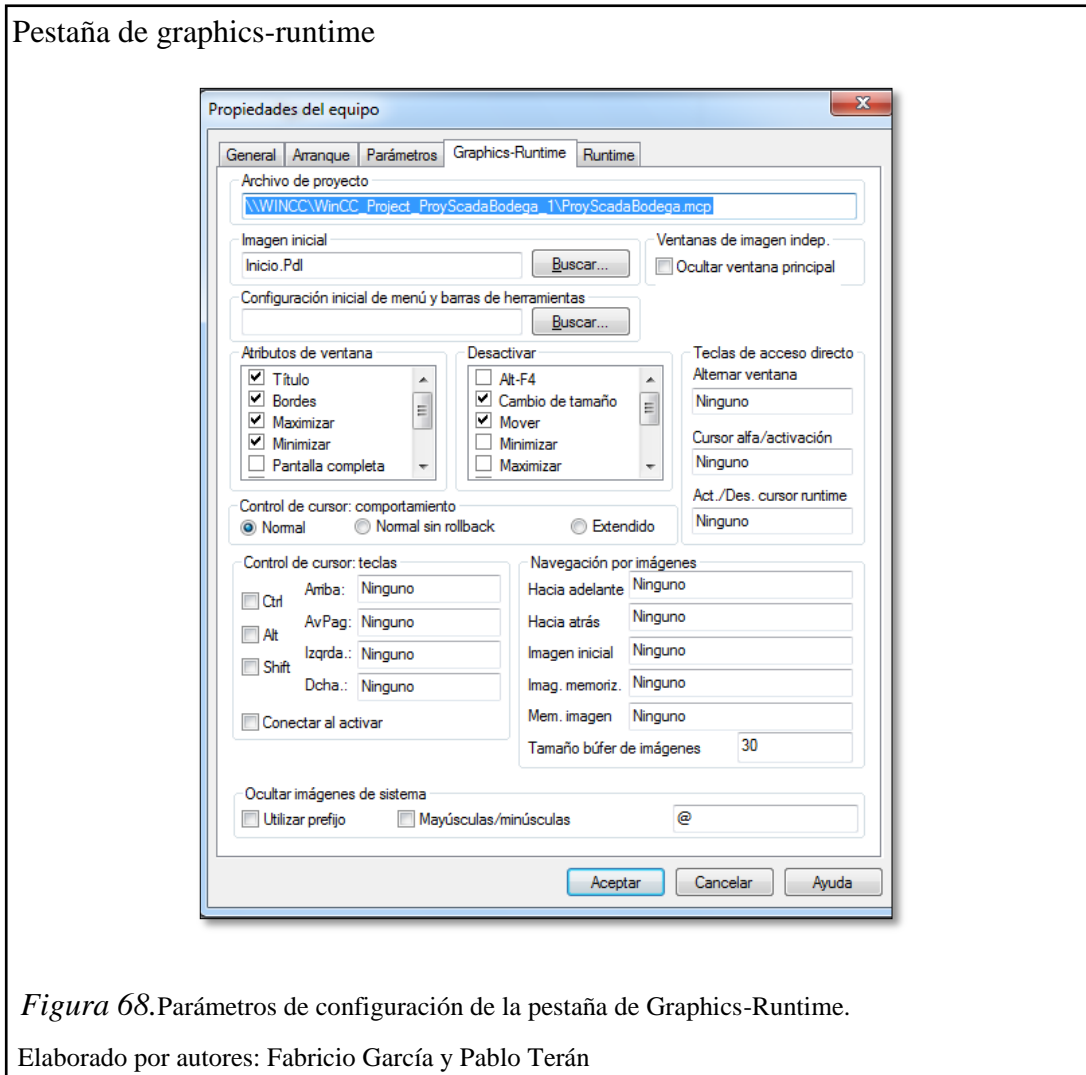
3.2.4.4 Pestaña graphics-runtime:

Esta pestaña es la encargada de configurar el comportamiento del proyecto cuando se habilita el modo Runtime, debido a eso sus parámetros deben ser modificados cuando el proyecto esté terminado (figura 68).

Se visualiza el nombre del archivo del proyecto en WinCC, el primer parámetro a definir es la selección de la imagen de inicio, se procede a dar click en el botón buscar y se despliega una lista de todas las imágenes creadas en el proyecto.

De manera similar existe la opción de modificar los atributos de la ventana, en otras palabras la manera que el usuario desea visualizar dicha ventana al escoger atributos como pantalla completa, ventana con o sin bordes de desplazamiento y opciones de maximizar y minimiza. Además se puede restringir el comportamiento de la ventana como cambiar de tamaño, permitir el desplazamiento o evitar que se cierre dicha

ventana. Por último se tiene el control del comportamiento del cursor que para este proyecto se selecciona en la posición normal.



3.2.5 Configuración de la interfaz Ethernet

Para establecer el enlace de comunicaciones entre el PLC de la estación de Almacenamiento, con el servidor monopuesto del sistema SCADA se debe agregar el driver adecuado necesario para el tipo de PLC.

WinCC cuenta con varios drivers de comunicación, para este proyecto se selecciona: “SIMATIC S7 Protocol Suite.chn” (figura 69).

Selección de driver de comunicación

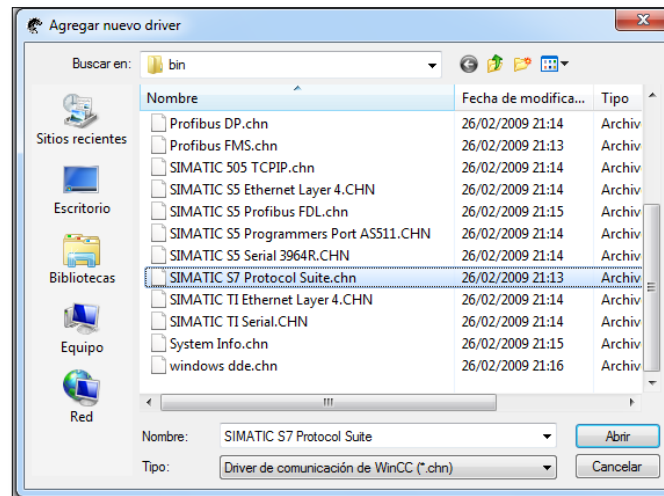


Figura 69. Listado de drivers disponibles.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán

Después de seleccionar el driver de comunicación, es necesario acceder a la configuración del enlace TCP/IP y detener la ejecución del Runtime.

Se da click en el cuadro de stop azul (figura 70):

Stop runtime

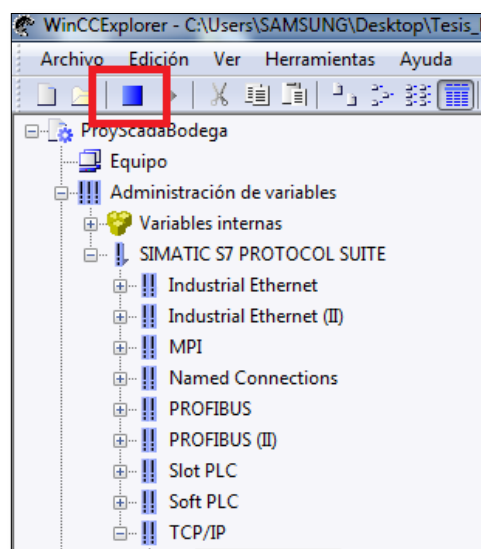


Figura 70. Selección de stop del Runtime.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán

Se visualiza los diferentes tipos de comunicación que SIMATIC S7 Protocol Suite permite utilizar. Se realiza una nueva conexión que para este proyecto se denomina: “ConexionBodega”

Se selecciona la rama TCP/IP, click derecho en ‘ConexionBodega’ (figura 71).

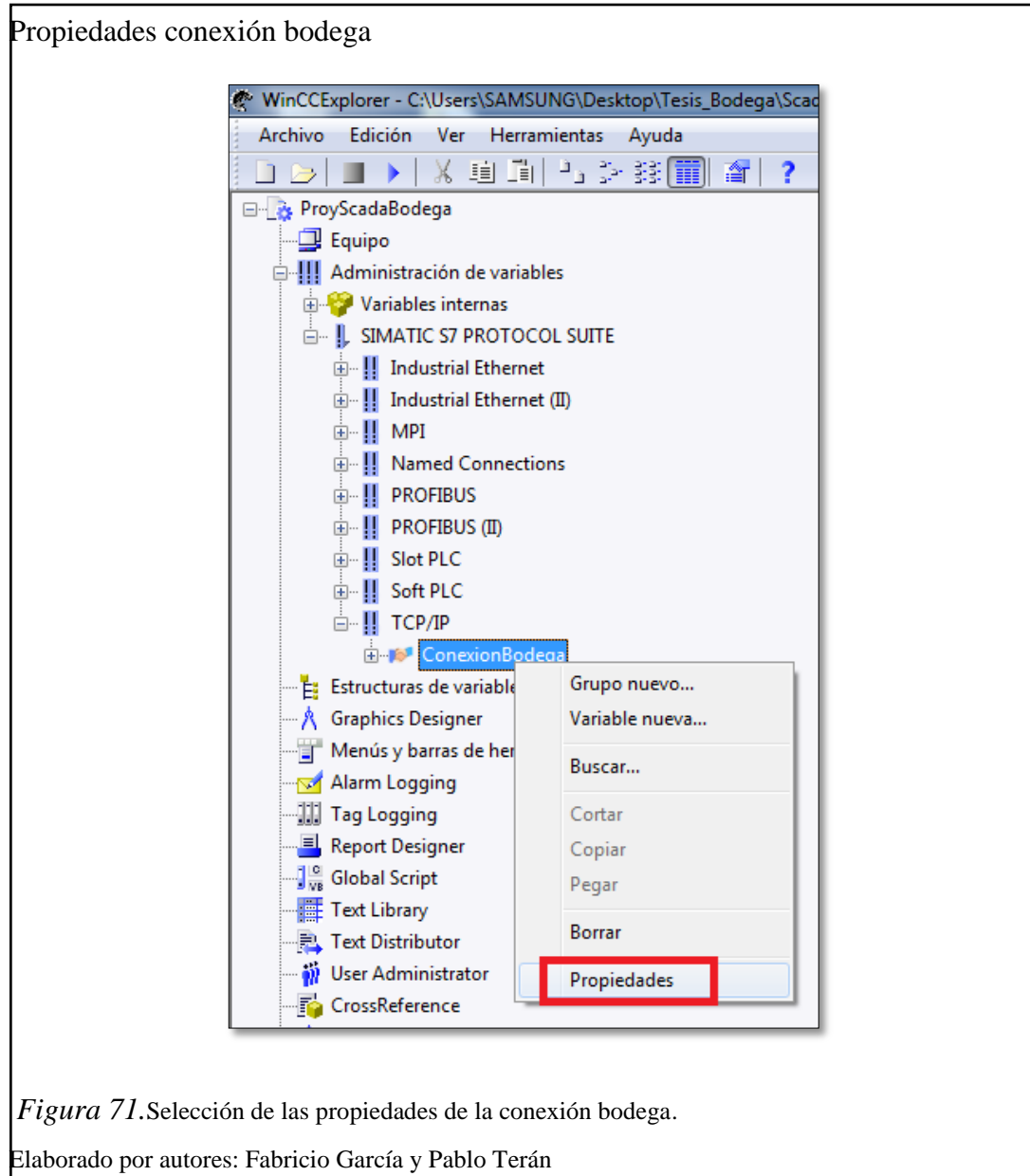


Figura 71. Selección de las propiedades de la conexión bodega.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán

En la pestaña General, click derecho en Propiedades (figura 72), y colocar los datos de la dirección IP del PLC.

Configuración de parámetros del enlace de comunicación

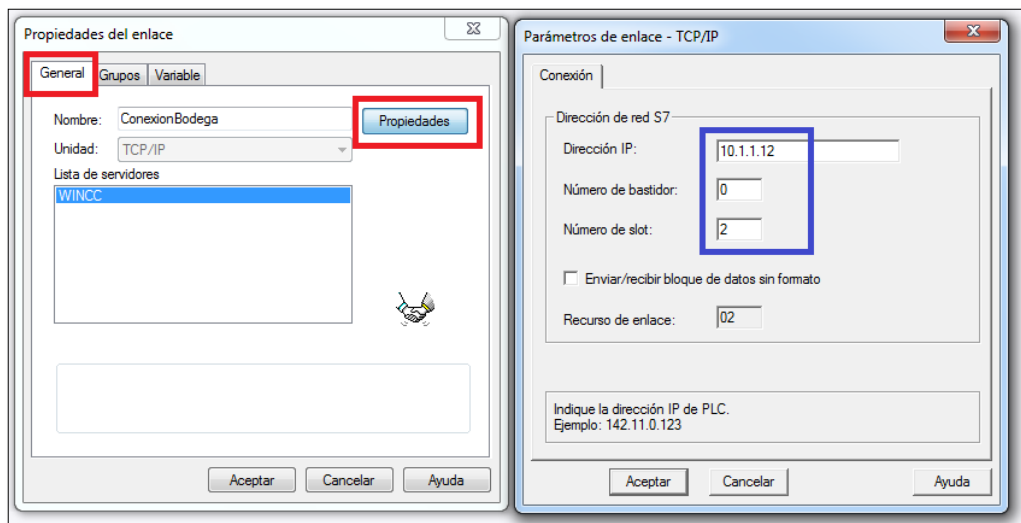


Figura 72. Opciones del enlace de comunicación.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán

Al aceptar los cambios en los parámetros antes mencionados se procede en el árbol principal a dar click derecho en TCP/IP (figura 73), escoger Parámetros de sistema.

Configuración de parámetros de sistema

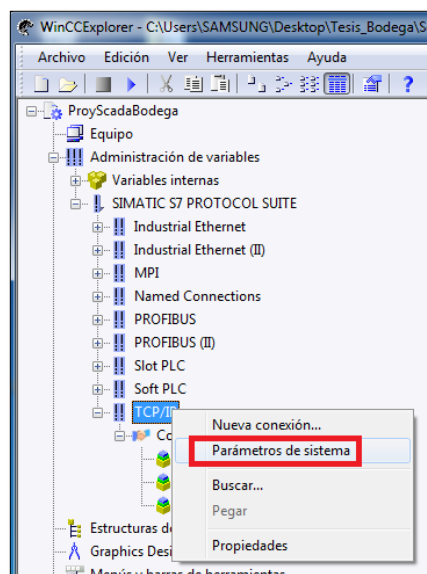
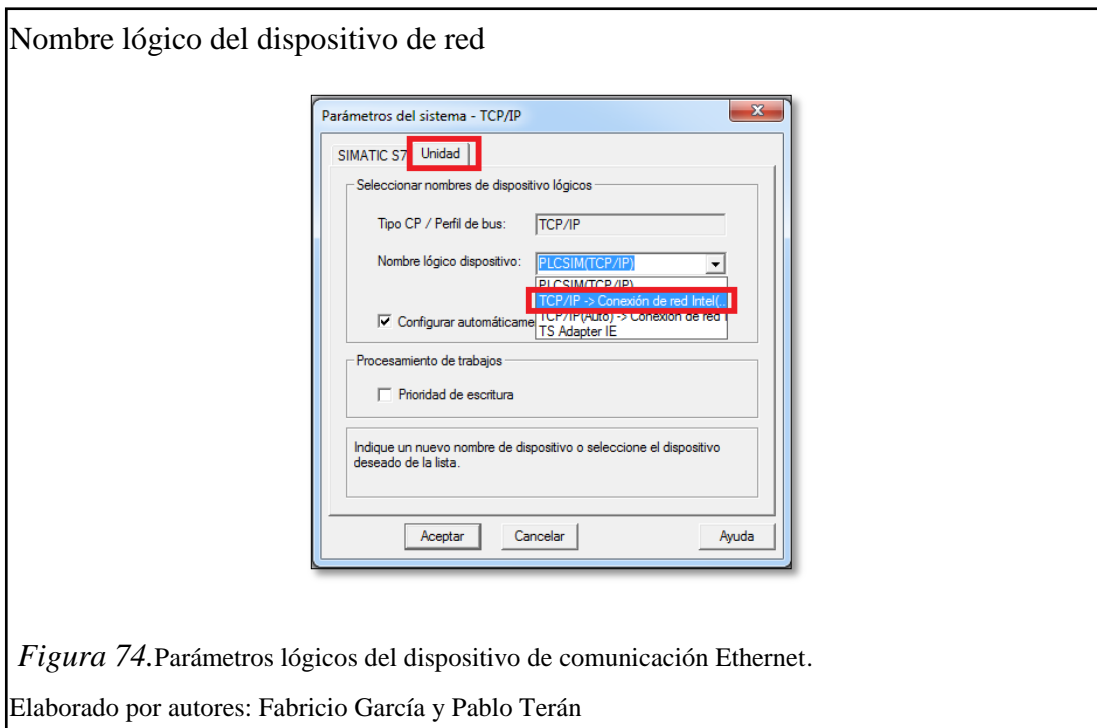


Figura 73. Selección de las parámetros de sistema de la conexión TCP/IP.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán

Finalmente para generar el enlace se da click en la pestaña Unidad (figura 74), se escoge: TCP/IP->Conexión de red Intel

Observación: no escoger (TCP/IPAuto Conexión de red), debido a que con este parámetro no va a funcionar la conexión.



Es necesario reiniciar el WinCC para que todos los cambios en la configuración queden guardados, además se debe comprobar la conexión física de la estación de almacenamiento con el PLC: Encender PLC, revisar conexiones físicas (cable UTP, voltajes).

Para realizar la comprobación de la conexión TCP/IP se debe ejecutar el Runtime. Click en el botón azul de play (figura 75).

Activación de runtime

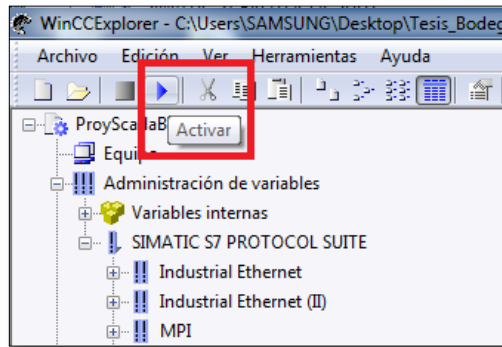


Figura 75. Entrar en modo Runtime.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán

Abrir la herramienta de diagnóstico de conexión. Buscar Channel Diagnosis (figura 76) y así verificar la conexión. Si el enlace de comunicación se lo realizó de manera adecuada, aparecerá en el recuadro verde la conexión exitosa con un visto de color verde, caso contrario aparecerá la X roja. Si ese es el caso, revisar bien las conexiones y direcciones IP.

Diagnóstico de comunicación del enlace TCP/IP

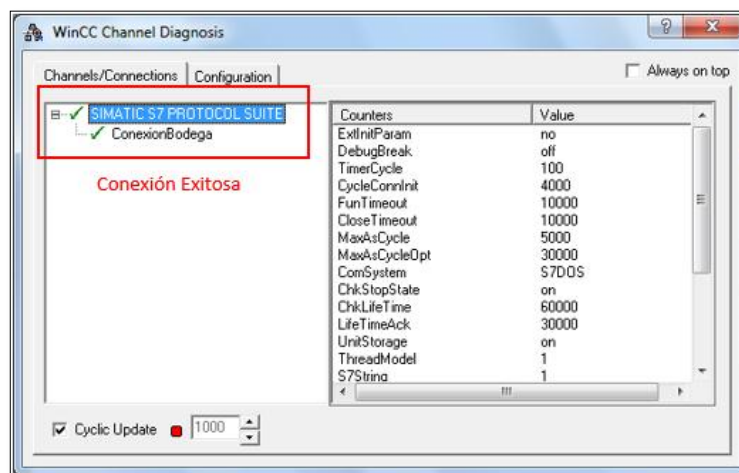


Figura 76. Diagnóstico de comunicación Ethernet exitoso

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

3.3 Proceso del sistema

En la figura 77 se describe en diagramas de bloques el proceso de almacenamiento que se implementó en el sistema SCADA para el control de la estación de Almacenamiento. De manera similar en la figura 78 se detalla el diagrama de bloques para el proceso de despacho.

3.3.1 Proceso de almacenamiento

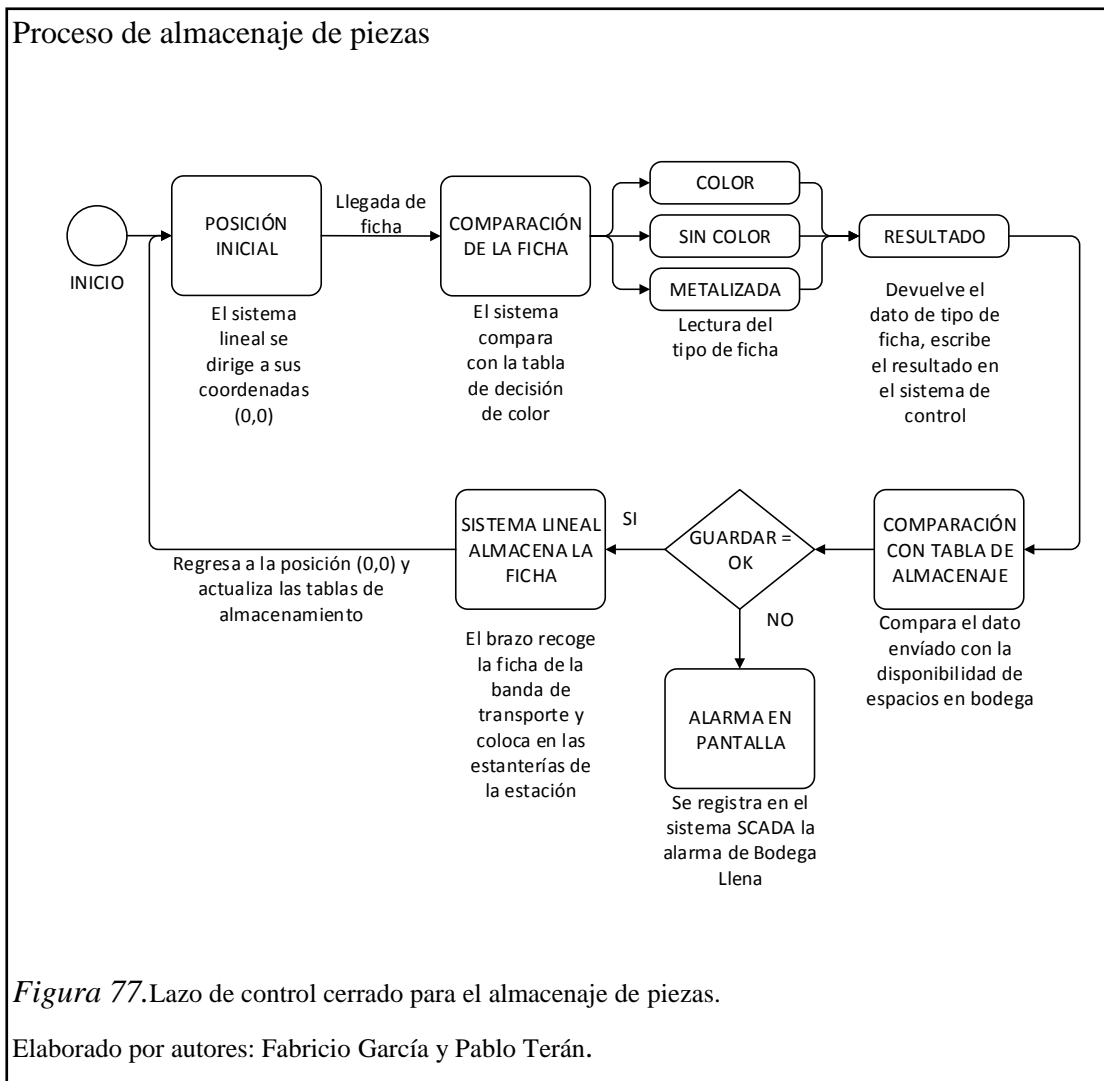


Figura 77. Lazo de control cerrado para el almacenaje de piezas.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

3.3.2 Proceso de despacho

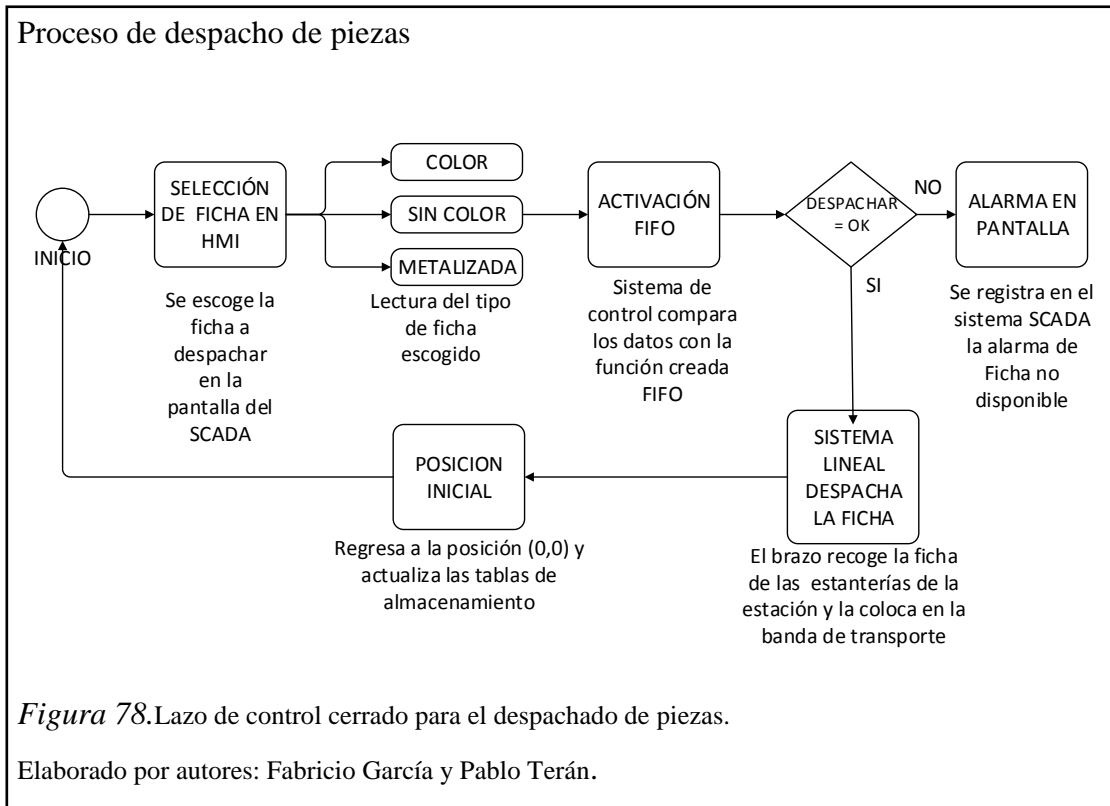


Figura 78. Lazo de control cerrado para el despacho de piezas.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se muestra el análisis de los resultados obtenidos en ejecución de las pruebas realizadas en el sistema SCADA implementado en la Estación de Almacenamiento del sistema modular de producción MPS-500, vía Ethernet industrial.

4.1 Procedimiento de la aplicación

En esta parte del proyecto se va a exponer cada una de las funciones que cumple la estación de almacenamiento y el sistema Scada implementado, desde que llega una pieza de abastecimiento a través de la banda de transporte hasta el proceso de despacho ordenado basado en el sistema FIFO para ser colocado en stock.

Se accede al proceso del sistema haciendo “click” en el botón INICIO (figura 79).

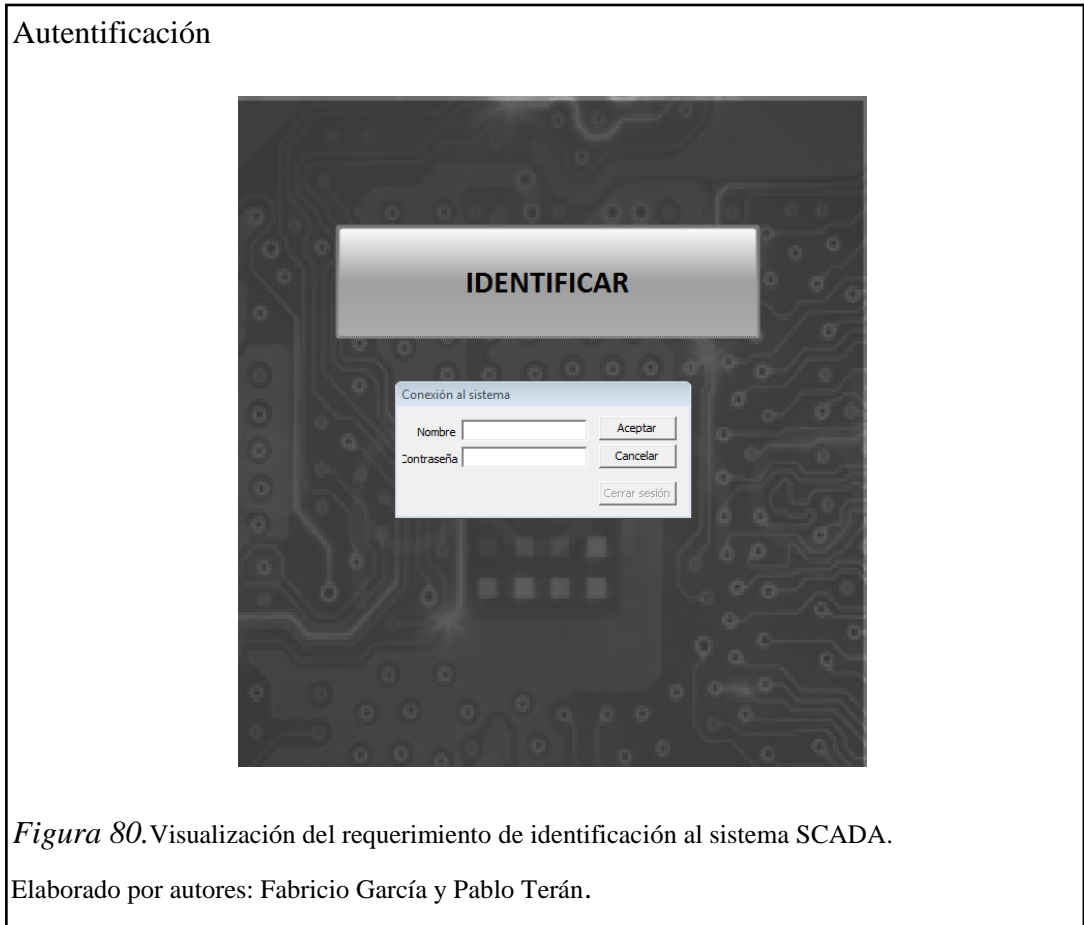
Inicio del sistema SCADA



Figura 79. Ventana de presentación del sistema SCADA de la estación de Almacenamiento.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

El ingreso al sistema solicita la autenticación del usuario (figura 80), para lo cual se ingresa el nombre y contraseña. Existen dos posibilidades, entrar como administrador o como operador.



Administrador:

Nombre: Administrador

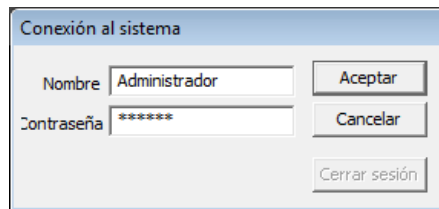
Contraseña: Admin1

Operador:

Nombre: Operador

Contraseña: Operador1

Conexión al sistema



A screenshot of a dialog box titled "Conexión al sistema". It contains two input fields: "Nombre" with the text "Administrador" and "Contraseña" with "*****". To the right of the "Nombre" field is an "Aceptar" button. To the right of the "Contraseña" field are "Cancelar" and "Cerrar sesión" buttons.

Figura 81. Ingreso al sistema SCADA como Administrador.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

Al aceptar el nombre y contraseña correctos, en este caso como administrador, se reflejará la pantalla de acceso correcto y se debe presionar el botón INGRESAR (figura 82).

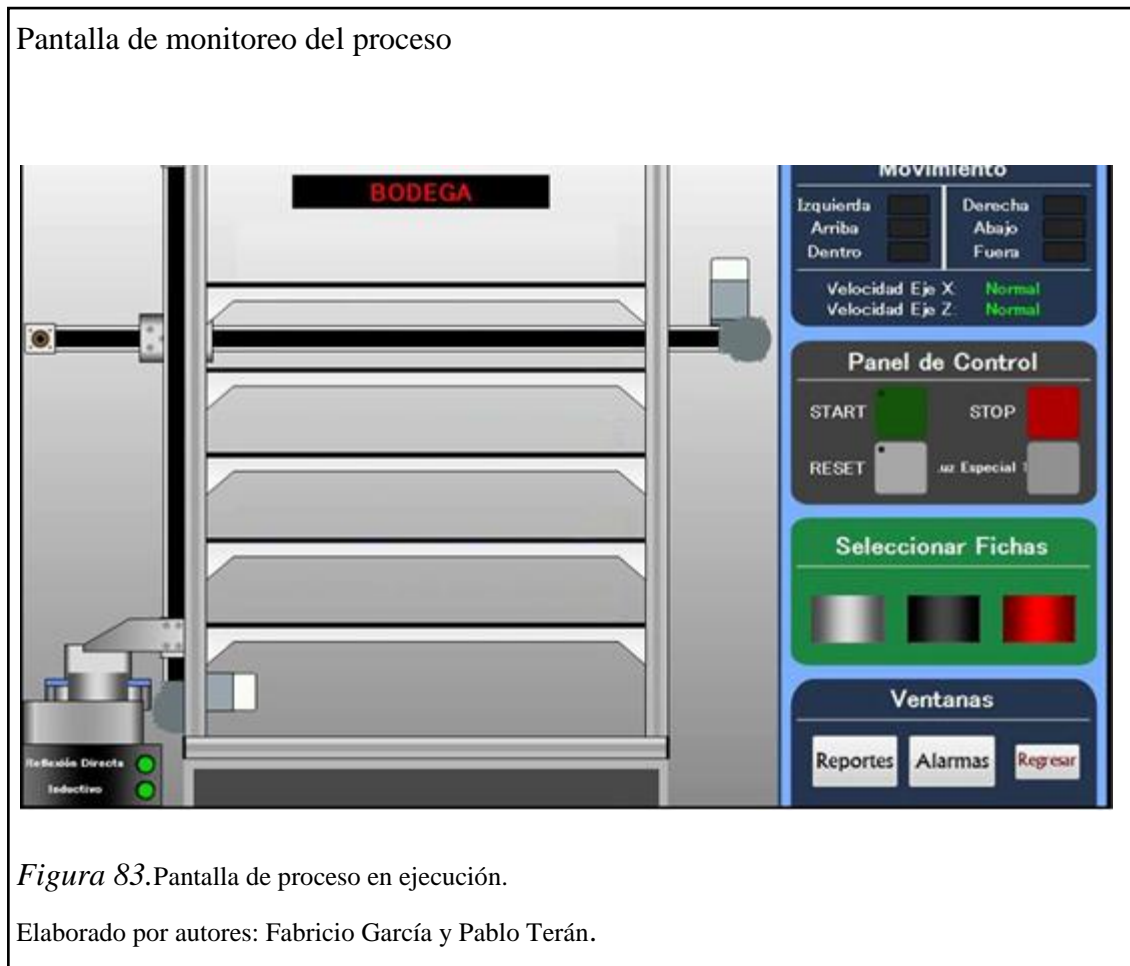
Ingreso exitoso



Figura 82. Validación exitosa de la clave y usuario: Administrador.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

Finalmente se tendrá el acceso al sistema de monitoreo en la pantalla de Proceso (figura 83).



4.1.1 Posición inicial

Este proceso está programado para que el brazo lineal de la estación se ubique siempre en la coordenada (0,0), si el brazo no se encuentra en esta coordenada el sistema no arrancará, a pesar que lleguen piezas a través de la banda de transporte o se intente sacar una pieza para ponerla en stock.

Para arrancar el proceso se debe resetear la estación, esto se lo realiza presionando los botones físicos de la estación primero el botón STOP para detener cualquier proceso que se halle en curso y luego el botón RESET para resetear cualquier tipo de dato iniciado en el programa del PLC (esto no afecta la información que ya esté generada en el reporte de piezas almacenadas o puestas en stock).

Una vez reseteado todo el sistema se debe presionar el botón físico START, éste pulso es el que activa el bloque posición inicial, asegurando así que el brazo se ubique en la coordenada (0,0).

4.1.2 Ejecución proceso de almacenamiento

Cuando llega una pieza a través de la banda de transporte, los sensores ubicados en la banda se encargan de reconocer el tipo de pieza y envía la información al PLC, ésta información se almacena en una matriz de datos y genera un orden para cada pieza.

Para la comprobación de los eventos activos del sistema SCADA, se elaboró scripts programados en lenguaje C; mediante el uso de dinamización en las herramientas de programación del WinCC Explorer, los objetos de la imagen pueden tener varias animaciones. En este proyecto se utilizó el cambio de color de las piezas, animación en los indicadores led y del desplazamiento del sistema robótico en los ejes “X” y “Z”.

El objetivo de la dinamización de los objetos es que el operario del sistema de supervisión y control tenga el control visual del funcionamiento de la máquina en tiempo real. Cabe mencionar que la actualización de datos del sistema SCADA en su tiempo mínimo es de 250ms; por tanto los datos recibidos de la estación de almacenamiento tendrán un desfase de 250ms respecto al tiempo real, que para el proyecto es un parámetro aceptable.

En la ventana “Proceso”, se muestra todas las posiciones posibles de las piezas en las estanterías de la estación de almacenamiento en color azul como se observa en la figura 84.

Posiciones posibles en las estanterías

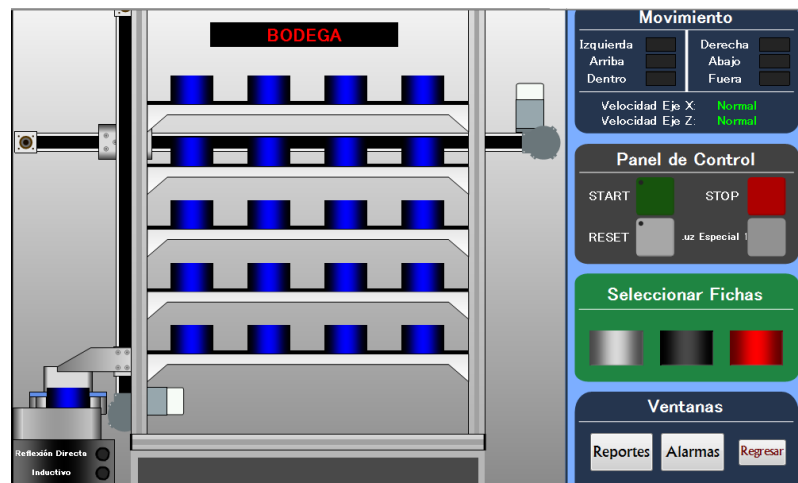


Figura 84. Posibles lugares de almacenamiento de las piezas en estanterías de la bodega.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

En la ejecución del sistema SCADA se manejan tres tipos de dato para determinar la pieza que llega a la bodega (pieza roja, pieza negra o pieza plateada).

La dinamización de los objetos se determina por la información que envían los sensores, a continuación se muestra la dinamización de una pieza roja a través del sistema SCADA:

Dinamización para piezas tipo rojas en el sistema Scada

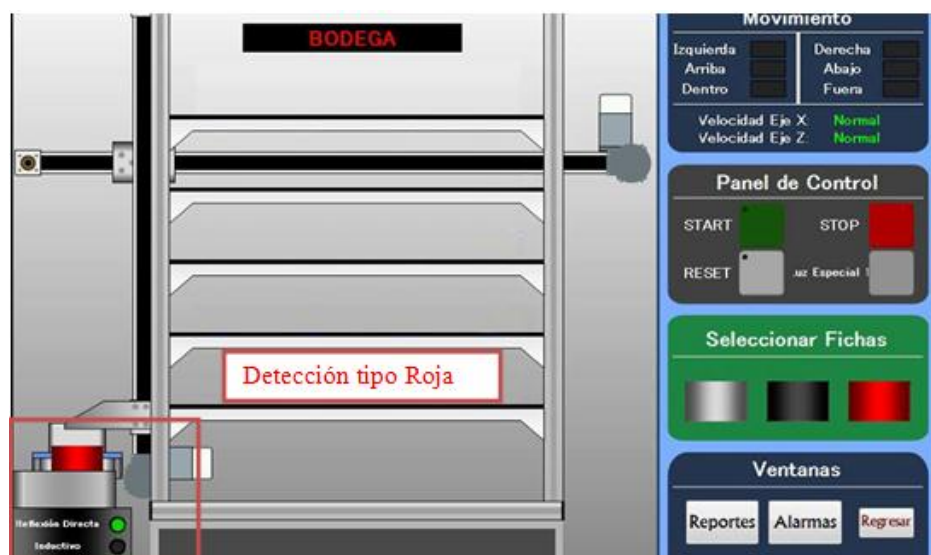
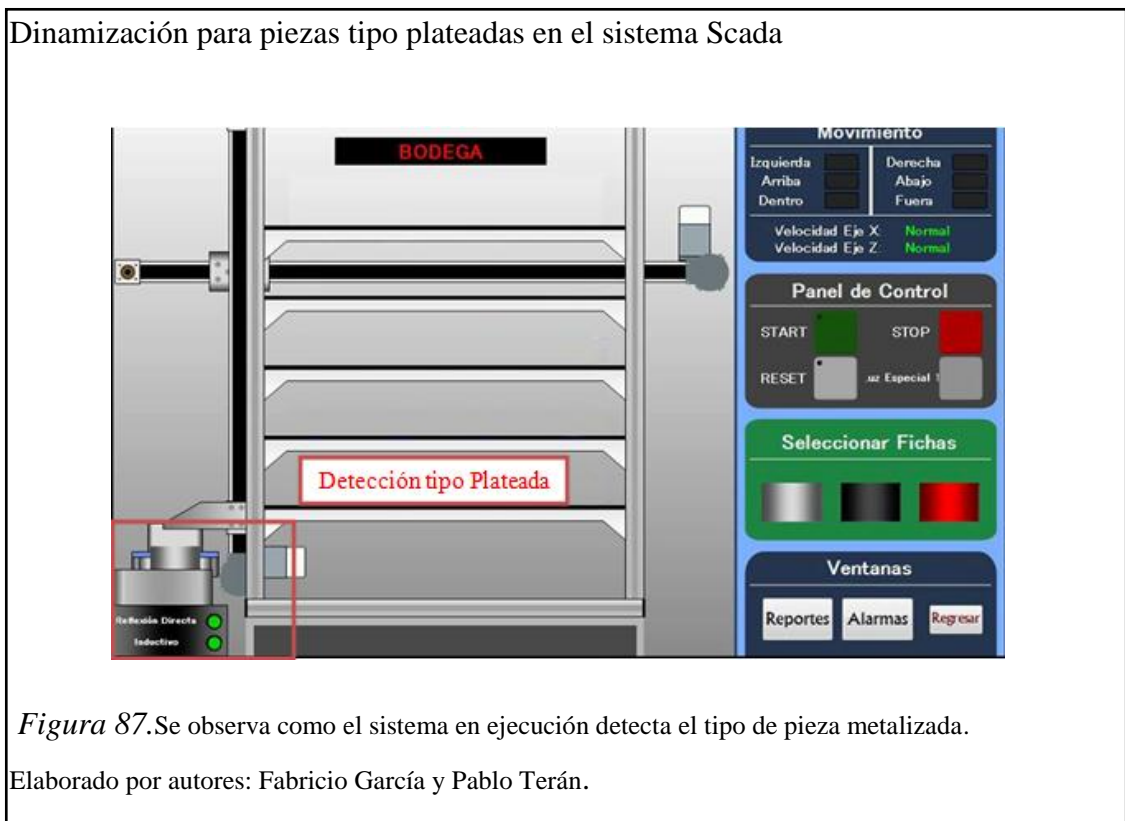


Figura 85. Se observa como el sistema en ejecución detecta el tipo de pieza roja.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

De manera similar la dinamización para determinar el tipo de pieza negra se determina por la información que envían los sensores como se observa en la figura 86.



El brazo lineal actúa en el almacenado de piezas cuando el palet que las transporta llega hasta el sensor de presencia (SENSOR_PIEZA_DISPONIBLE), la función del brazo es tomar la pieza desde el palet y depositarla en las estanterías ubicadas en la estación.

Todas las piezas que llegan a través de la banda de transporte son almacenadas en orden secuencial, es decir, desde la posición número 1 a la posición número 20.

En la figura 88, se observa que han sido almacenadas 8 piezas en ubicadas en orden desde la posición número 1 hasta la posición número 8.



Tabla 15.
Piezas ingresadas a Bodega.

POSICIONES	PIEZAS	ORDEN
1	ROJA	1
2	NEGRA	2
3	PLATA	3
4	ROJA	4
5	NEGRA	5
6	ROJA	6
7	PLATA	7
8	NEGRA	8

Nota: Se observa el orden y la posición a la que corresponde las piezas almacenadas
Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

4.1.3 Ejecución proceso de despacho

Si el operador a través del sistema Scada requiere sacar una pieza, debe presionar los botones ubicados “Seleccionar Piezas”, la elección se la realiza haciendo “Click” con el mouse en la pieza que se desea despachar (figura 89).

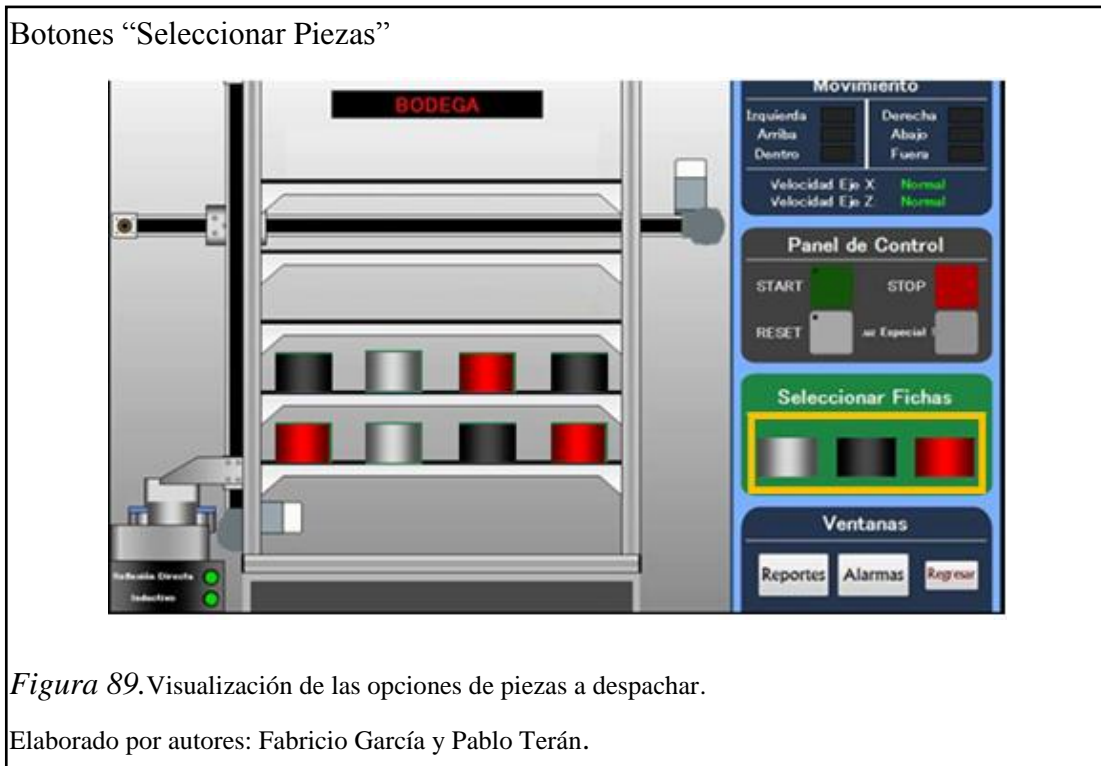


Figura 89. Visualización de las opciones de piezas a despachar.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

Para el ejemplo se va a despachar una pieza de color plata, pero si se visualiza en la estación hay 2 piezas de color plata.

El sistema de despacho debe evaluar la pieza más antigua que ingresó a bodega que para el ejemplo propuesto, la pieza de color plata más antigua es la que está ubicada en la posición número 3.

Cuando el operador presione el botón de color plata ubicado en “Seleccionar Piezas” del sistema Scada, el brazo lineal se dirigirá a la posición número 3 para despachar la pieza de color plata más antigua.



Si se produce el despacho de una pieza y quedan varios espacios disponibles para continuar almacenando, la estación tendrá que almacenar la siguiente pieza en el espacio que quedó disponible, es decir, la estación no debe dejar estanterías incompletas.

En la figura 91 se visualiza que se despachó una pieza plata de tal manera que la siguiente pieza que ingrese a la bodega deberá ocupar la posición número 3 que está disponible.

Dinamización de espacio disponible

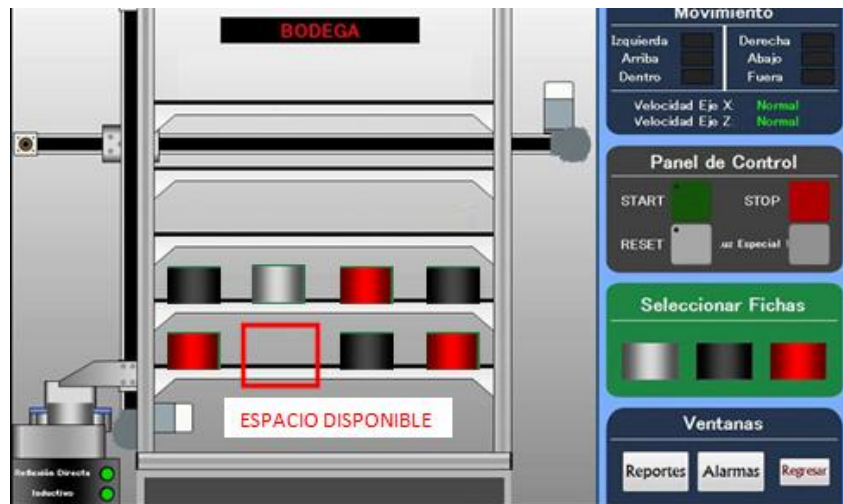


Figura 91. Visualización de las estanterías después del proceso de despacho de una pieza.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

En la tabla 16 se visualiza que en la posición número 3 no hay una pieza almacenada y tampoco hay un orden asignado.

Tabla 16.

Orden actual de Piezas ingresadas a bodega.

POSICIONES	PIEZAS	ORDEN
1	ROJA	1
2	NEGRA	2
3	-----	----
4	ROJA	4
5	NEGRA	5
6	ROJA	6
7	PLATA	7
8	NEGRA	8

Nota: Se observa que la posición 3 está vacía y no tiene orden en el sistema

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán

Si llega una nueva pieza a través de la banda de transporte, el sistema de almacenamiento debe ingresar la pieza en la posición que está libre, para este ejemplo el brazo lineal tomará la pieza que arribó y deberá depositarla en la posición número 3 (figura 92).



La nueva pieza que ingresó a bodega, ocupó la posición número 3 pero su orden es la número 9 ya que es la última pieza que ingresó a bodega. Si ingresa una nueva pieza ocupará la siguiente posición y su orden respectivo, como se observa en la tabla 17.

Tabla 17.
Piezas ingresadas a Bodega.

POSICIONES	PIEZAS	ORDEN
1	ROJA	1
2	NEGRA	2
3	NEGRA	9
4	ROJA	4
5	NEGRA	5
6	ROJA	6
7	PLATA	7
8	NEGRA	8
9	PLATA	10

Nota: Nuevo orden de las piezas en sus determinadas posiciones.
Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán

Dinamización almacenamiento

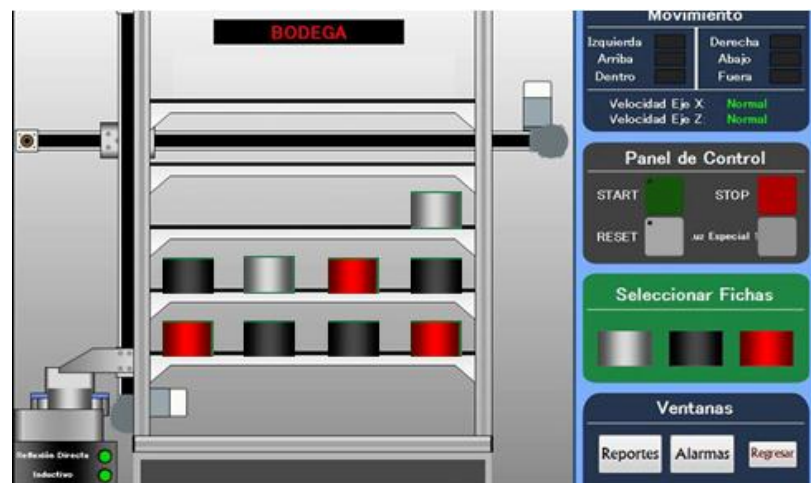


Figura 93. Continuación del proceso de almacenamiento.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

Cuando la estación haya ocupado sus 20 posiciones se presentará la alarma de “Bodega Llena” (figura 94) y el brazo lineal dejará de ingresar piezas a la estación hasta que se realice un nuevo despacho.

Alarma “BODEGA LLENA”

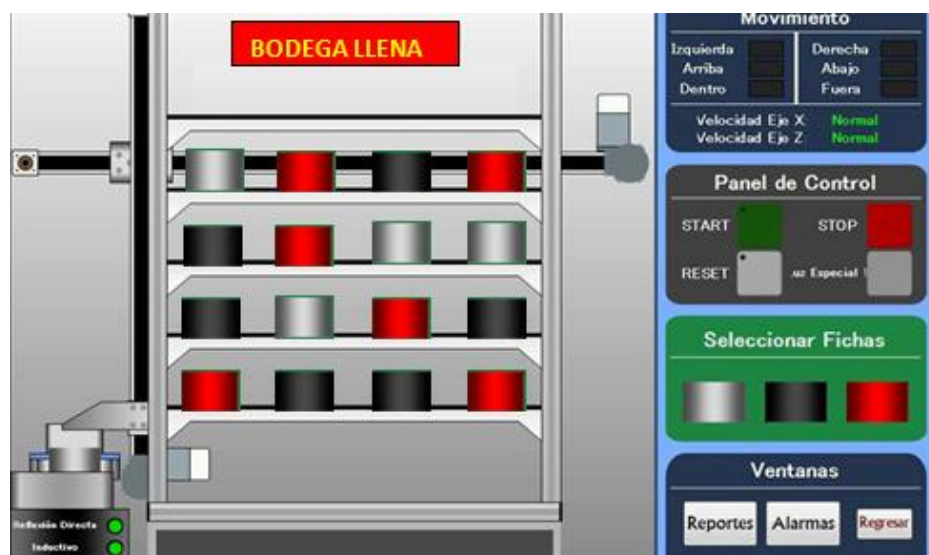


Figura 94. Alarma queda registrado en el sistema SCADA para su respectivo análisis.

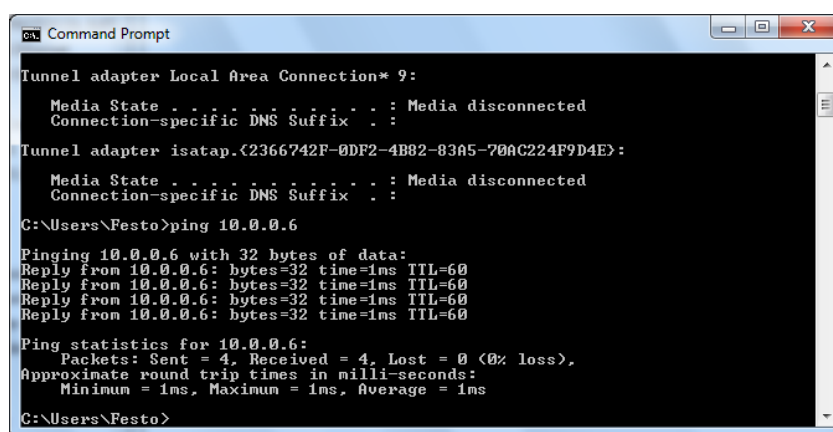
Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

4.2 Procedimiento de comunicación de la estación de Almacenamiento

4.2.1 Análisis de comunicación desde la PC hacia el PLC vía Ethernet

Se implementó una red Ethernet Industrial entre la consola de control (PC) y el controlador que utiliza la estación de clasificación que es el PLC S7-300; para ello se procedió a realizar la conexión física entre los elementos antes mencionados, que mediante la prueba de conexión lógica realizada desde el símbolo de sistema de la consola con el comando específico “ping”, se verifica que el envío y recepción de datos se exitoso.

Resultado de comunicación vía Ethernet entre la PC y el PLC



```
Command Prompt
Tunnel adapter Local Area Connection* 9:
    Media State . . . . . : Media disconnected
    Connection-specific DNS Suffix  . :
Tunnel adapter isatap.{2366742F-0DF2-4B82-83A5-70AC224F9D4E}:
    Media State . . . . . : Media disconnected
    Connection-specific DNS Suffix  . :
C:\Users\Pesto>ping 10.0.0.6

Pinging 10.0.0.6 with 32 bytes of data:
Reply from 10.0.0.6: bytes=32 time=1ms TTL=60
Reply from 10.0.0.6: bytes=32 time=1ms TTL=60
Reply from 10.0.0.6: bytes=32 time=1ms TTL=60
Reply from 10.0.0.6: bytes=32 time=1ms TTL=60

Ping statistics for 10.0.0.6:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 1ms, Average = 1ms
C:\Users\Pesto>
```

Figura 95. CMD del sistema operativo Windows.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

Como se observa en la Figura 95, es necesario conocer las direcciones IP de la PC que va a funcionar como interfaz de control del usuario u operador y la dirección del PLC que controla la máquina para que la comunicación sea exitosa y se habilite la opción de guardar configuraciones futuras mediante esta interfaz de comunicación.

4.2.2 Análisis de comunicación del sistema SCADA

El análisis de comunicación del sistema SCADA con la estación de clasificación se lo realiza creando una nueva conexión TCP/IP en WinCC Explorer (revisar anexo 2),

además se utiliza la herramienta “Channel Diagnosis” localizada en el menú de inicio de Windows.

Resultado del diagnóstico de canales de WinCC

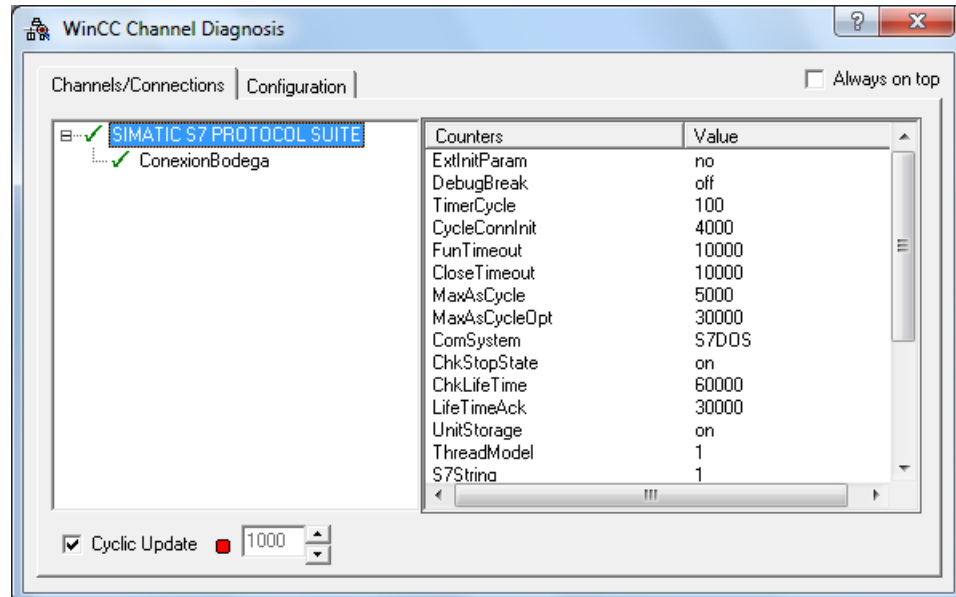


Figura 96. Conexión exitosa

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

En la figura 96 se observa que la conexión del enlace TCP/IP creado para la comunicación del sistema Scada con el PLC ha sido exitoso y se asegura una correcta supervisión y control desde la consola de operación.

4.3 Procedimiento para el posicionamiento de elementos activos de la estación

El análisis de la posición física de la estación de Almacenamiento para su correcto funcionamiento se lo realiza de manera manual, debido a su diseño, se debe mover en conjunto.

Se procede a mover a los ejes “X” y “Z” a sus valores mínimos como se muestra en la figura97, además se coloca al eje “Y” afuera:

Ajuste de Altura en el Gripper

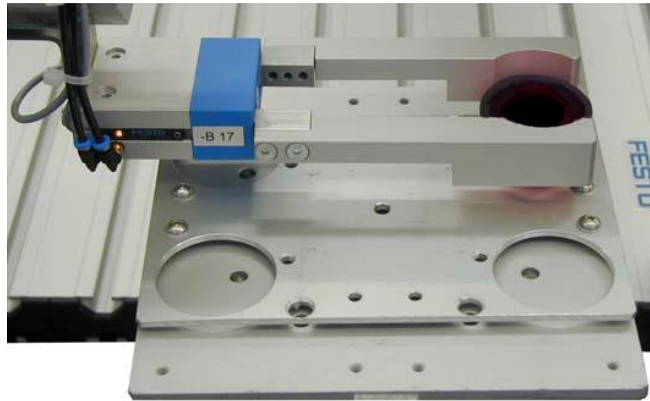


Figura 97. Ajuste del Gripper y pinza sobre la banda de transporte. Fuente: Festo-Didactic.

Se necesita un palet con una pieza colocada en la banda, y mediante los movimientos manuales de la estación necesarios se debe cumplir con las siguientes condiciones:

- El Gripper debe sujetar correctamente la pieza.
- Se debe centrar la altura del Gripper a la cuál agarra la pieza, mediante la marca que tiene las pinzas en su interior.
- Realizar los movimientos mecánicos necesarios para verificar el correcto desempeño del proceso.

Es necesario colocar las estanterías de la estación de almacenamiento a una altura equidistante entre las mismas. Para ello se ajusta los tornillos de sujeción de cada extremo para moverlas verticalmente como se muestra en la figura 98.

Ajuste de altura en las estanterías

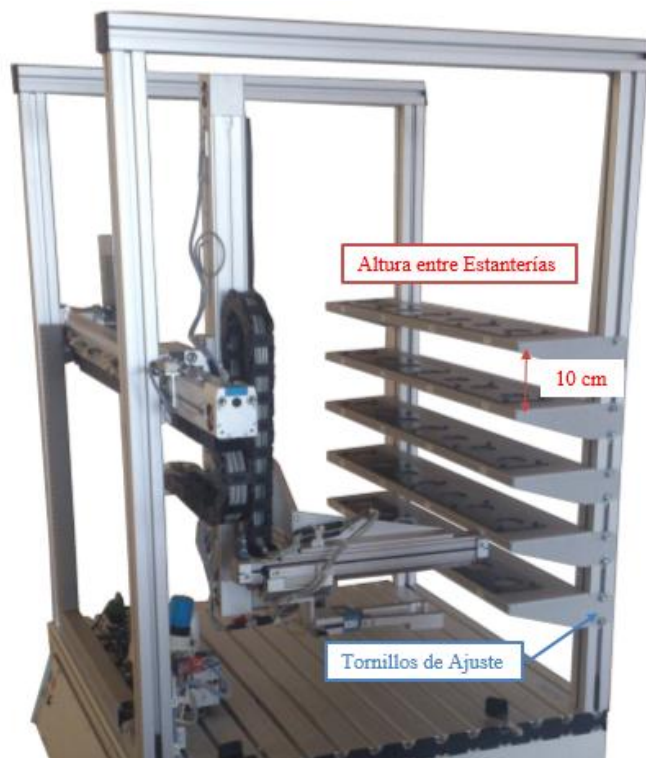


Figura 98. Ajuste manual de las estanterías de la estación de Almacenamiento

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

4.4 Procedimiento de mantenimiento

4.4.1 Protocolo de mantenimiento preventivo

La estación de clasificación necesita rutinas de mantenimiento diarias, mensuales y trimestrales, que permitan evitar algún tipo de falla leve en su operación.

Mantenimiento diario

- Es necesario encender al equipo al menos una vez al día.
- Revisar los sensores ópticos y si se detecta suciedad se debe proceder a limpiar con un pañuelo que no deje residuos en la superficie de los sensores.

- Verificar las conexiones de los sensores, revisar el concentrador y si se detecta algún cable suelto o flojo ajustar con un destornillador.
- Revisar que la estación esté conectada a él concentrador de energía eléctrica.
- Limpiar las estanterías.
- Comprobar que existe presión de aire desde el compresor a la válvula de cierre con filtro conservador.

Mantenimiento mensual

- Revisar el conexionado de los cables de comunicación de los servomotores, que vayan a sus respectivas tarjetas, de manera similar verificar que el cable Ethernet este correctamente conectado al módulo CP-Lean del PLC SIMATIC S7-300.
- Ajustar las posiciones físicas de la estación, tanto en las alturas de estanterías de almacenamiento, la posición del Gripper en la banda transportadora, y el ajuste mecánico de todas las partes móviles.

Mantenimiento trimestral

- Limpiar los ejes lineales X, Z; debido a su propio accionar, acumulan cantidades de polvo en las bandas de desplazamiento.
- Examinar el funcionamiento de las válvulas de aire CP.
- Limpiar la estación en su totalidad con aire comprimido.

4.4.2 Protocolo de mantenimiento correctivo

Se ha determinado los posibles problemas que se pueden generar en la puesta en marcha de la estación de Almacenamiento, además de las causas probables y las acciones correctivas, como se muestra en la tabla 18.

Tabla 18.

Mantenimiento correctivo estación de Almacenamiento.

PROBLEMAS	CAUSA PROBABLE	SOLUCIÓN
No se enciende la estación de Almacenamiento.	Existe un problema en la conexión del cable de alimentación del concentrador de energía eléctrica.	Verificar la conexión a la red eléctrica de la estación de Almacenamiento.
Las válvulas de aire CP no funcionan.	No existe flujo de aire desde el concentrador a la estación de almacenamiento.	Verificar la presión del aire en la válvula de cierre de la estación de Almacenamiento, debe estar en 4 bares. Si está en 0 bares, revisar que este habilitado el flujo de aire desde el concentrador.
Error SF (System Failure), en el CPU 313C del PLC SIMATIC S7-300	Problemas en la memoria del PLC; el hardware seleccionado no es el indicado.	Borrar la memoria RAM del PLC, se debe cargar el programa original con el hardware adecuado.
Error BF (Error de Bus en la Interfaz Ethernet)	Detección de una IP repetida.	Se verifica que no haya coincidencia entre las direcciones IP tanto del PLC, como de la estación de Almacenamiento.
Posicionamiento erróneo del Gripper y eje lineal X,Z.	La estación fue desplazada de su posición original.	Es necesario hacer los movimientos de desplazamiento de toda la estación hasta que el eje X este en la posición adecuada para recoger las piezas de la banda de transporte.

Nota: Se observa los posibles problemas de funcionamiento que se obtuvo en el desarrollo de este proyecto.

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán

4.4.3 Fichas de mantenimiento

En las figuras 99 y 100 se presentan las fichas de mantenimiento con el formato que se debe llenar para realizar los protocolos de mantenimiento establecidos.

Ficha de mantenimiento preventivo I

REGISTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
LABORATORIO:	SISTEMA MODULAR DE PRODUCCION	
EQUIPO:	ESTACION DE ALMACENAMIENTO	
MARCA	FESTO-DIDACTIC	
MODELO	AS/RS	
SERIAL	SIN CODIGO	
RESPONSABLE DEL LABORATORIO		FECHA PROGRAMADA _____
		FECHA DE EJECUCION _____

ACTIVIDAD REALIZADA	TIEMPO PROGRAMADO	TIEMPO DE EJECUCIÓN
LIMITADORES DE CORRIENTE DE ARRANQUE	5 min	5 min
COMPROBACION Y AJUSTE DE BORNERAS	5 min	5 min
AJUSTE DE ESTANTERIAS	10 min	10 min
SISTEMA LINEAL DE ALMACENADO	25 min	25 min
PINZA Y GRIPPER	5 min	5 min
TERMINAL E/S	5 min	5 min

MATERIAL Y REPUESTOS UTILIZADOS	CANTIDAD
MULTIMETRO	1
LIMPIA CONTACTOS	
PAÑO HEXAGONALES	

RECOMENDACIONES, CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES
Se verifico los fusible con respecto a la descripcion del modulo
Se limpio las estanterias y ajusto los tornillos de sujecion
Ajuste del sistema lineal X, Z
_____ FIRMA RESPONSABLE

Figura 99. Fichas proporcionadas en el laboratorio de electrónica de la UPS campus sur

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

Ficha de mantenimiento preventivo II

REGISTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
LABORATORIO:	MPS		
EQUIPO:	ESTACION DE ALMACENAMI		
MARCA	festo-Didactic		
MODELO			
SERIAL	SIN CODIGO	FECHA PROGRAMADA	07/08/2013
RESPONSABLE DEL LABORATORIO	FABRICIO GARCÍA / PABLO TERÁN	FECHA DE EJECUCION	14/08/2013

ACTIVIDAD REALIZADA	EMPO PROGRAMAL	TIEMPO DE EJECUCIÓN
Verificación de Tarjeta DC R5 Alpha 5	5 min	5 min
Comprobación y ajuste del Terminal de válvulas CP	5 min	5 min
Calibración del Sensor de proximidad inductivo	10 min	10 min
Verificación y calibración de la Válvula de cierre con filtro conser	5 min	5 min
Verificación de los Encoder controlador de posición	5 min	5 min
Revisión de los Motores de Engranaje DC de 24v	5 min	5 min
Revisión del PLC SIEMENS SIMATIC 57-300	20 min	20 min
MATERIAL Y REPUESTOS UTILIZADOS		CANTIDAD
Multímetro		1
Destornilladores planos para borneras		2
Brocha		1
Franela		1
Alcohol y algodón (para limpieza de contactos)		1
RECOMENDACIONES, CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES		
1. Se recomienda que al sistema de electroválvulas se lo intervenga cada 3 meses para mejor control.		
2. Se realizó un ajuste de las mangueras del sistema neumático para evitar fugas de aire.		
3. Se hizo un ajuste de todas las borneras y se comprobó la conexión de cada una de ellas.		
4. Se recomienda verificar periódicamente la calibración del sensor inductivo.		
5. Se aceitó los engranes del Motor DC		
6. Se revisó que en la conexión del PLC no hayan cables sueltos o tornillos que no estén debidamente ajustados		
7. Se verificó que haya señal en los LED's indicativos de diagnóstico del PLC		
8. Se revisó que la fuente de alimentación de cada uno de los elementos estén dentro de los parámetros que indica el manual de usuario.		
9. Se hizo un ajuste en la presión de aire que alimenta a todo el sistema neumático.		
<hr/> FIRMA RESPONSABLE		

Figura 100. Fichas proporcionadas en el laboratorio de electrónica de la UPS campus sur

Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán.

4.5 Análisis de costos

El análisis de costos para la implementación de este sistema, se lo hace tomando como referencia la lista de precios actuales del distribuidor SIEMENS para Ecuador, de manera similar con los equipos electro-neumáticos FESTO.

Tabla 19.

Tabla de Valor de Programación.

Descripción costo programación	Precio Unitario USD	Precio Total USD
SALARIO SP2 INGENIERO	1106,00	1106,00
VALOR POR HORA DE PROGRAMACION (200 horas)	10	2000,00

Nota: Tabla basada en las escalas salariales 2015 de servidores públicos Ecuador.
Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán

Tabla 20.

Tabla de precios equipos SIEMENS y FESTO.

Descripción	Precio Unitario USD	Precio Total USD
PLC SIMATIC S7-300 (CPU)	455,00	455,00
FUENTE SIMATIC S7-300	314,00	314,00
MODULO ENTRADAS DIx16 a 24v (se necesita 2 módulos)	315,00	630,00
MODULO SALIDAS DIGITALES DOx8 a 24v	198,00	198,00
MÓDULO DE COMUNICACIÓN ETHERNET	228,00	228,00
SENSOR INDUCTIVO	85,00	85,00
SENSOR REFLECTIVO	135,00	135,00
PERFILERÍA (Estanterías x 5)	50,00	250,00
SENSORES REFLECTIVOS (x18)	55,00	990,00
SERVOMOTORES (x2)	956,00	1912,00
ENCODERS INCREMENTALES(x2)	300,00	600,00
SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE PRECISIÓN	1025,00	1025,00
PINZA NEUMÁTICA CON GRIPPER	175,00	175,00
VÁLVULA SIMPLE EFECTO CON TERMINAL CP	185,00	185,00
ACCESORIOS NEUMÁTICOS	180,00	180,00
ACCESORIOS ELÉCTRICOS	150,00	150,00
PROGRAMACIÓN DE SOFTWARE	2000,00	2000,00
TOTAL USD		9432,00

Nota: Tabla basada en los precios referenciales de Indumatic distribuidor Siemens-Ecuador.
Elaborado por autores: Fabricio García y Pablo Terán

Se debe tener en cuenta que los precios de los materiales FESTO son de los módulos didácticos utilizados en el presente proyecto, para una aplicación industrial se necesita equipos más robustos y esto implica que los precios lleguen hasta triplicarse.

El costo de la programación se lo hace tomando como referencia la escala salarial de servidores públicos que rige actualmente en el país y las horas de programación.

4.5.1 Comparación con un proyecto de bodega inteligente similar

En Ecuador el área de investigación y aplicación de bodegas inteligentes no se ha desarrollado a gran escala aún, existen proyectos similares de almacenaje pero no con un control automatizado.

Para el análisis comparativo se toma como referencia un proceso de almacenado de insumos de papelería para una bodega realizado por la empresa EMPAC-MACHINE (Quito-Ecuador).

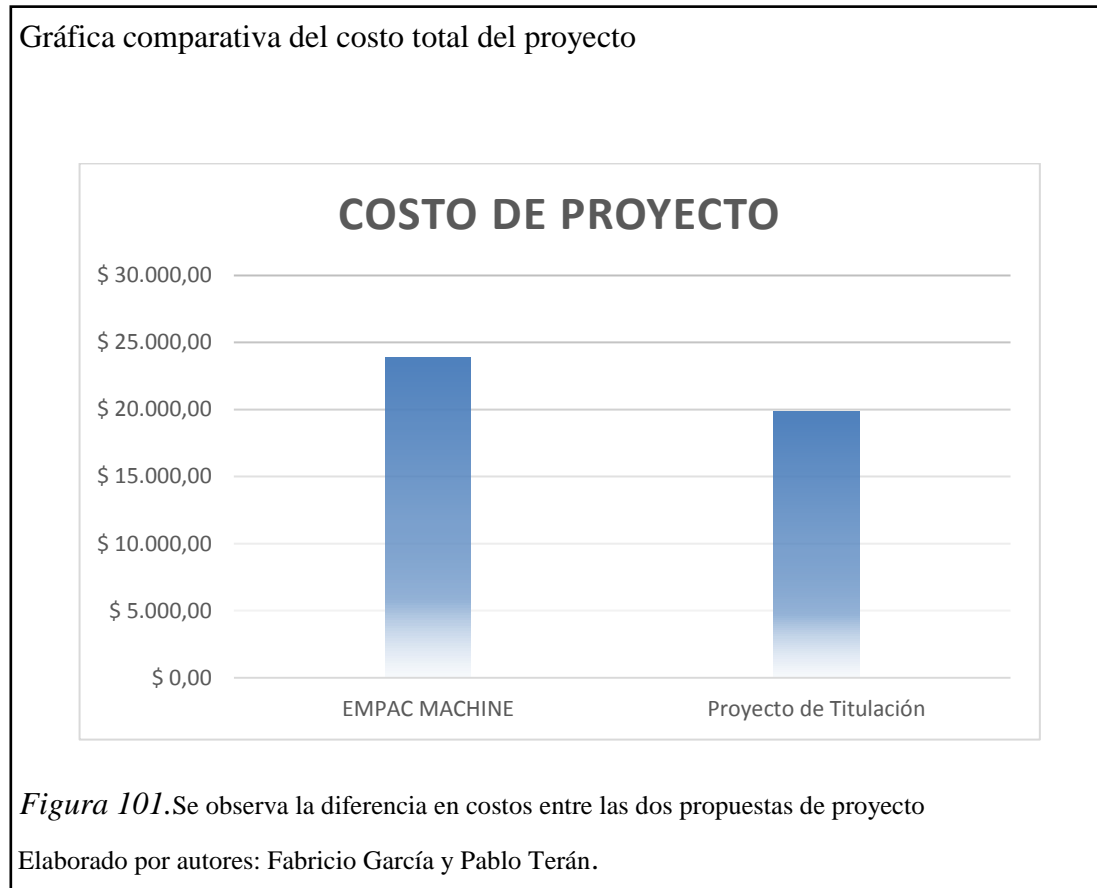
4.5.2 Análisis comparativo

El costo de la bodega implementada por la empresa EMPAC-MACHINE es de 23856,00 USD, incluido un HMI donde se escoge el lugar donde va a ser almacenado el producto por parte del operador y todo el proceso de inventario se lo maneja manualmente.

A comparación con este proyecto de titulación la diferencia en costos es más del doble. Se debe tomar en cuenta que se necesita materiales industriales robustos y el proceso de almacenamiento es a una escala mayor, por tal razón se estima que el precio suba en un 120% dando un aproximado de 19836,00 USD.

El avalúo para el proyecto de insumos de papelería es similar, a la inversión que la empresa realizó, con la diferencia que el presente proyecto de titulación ofrece un control automático para el ingreso y salida de materia prima siendo esta una mejor opción para el cliente.

A continuación se muestra la gráfica comparativa del costo final de la implementación del proyecto antes mencionado (figura 101).



CONCLUSIONES

- El diseño y la implementación de un sistema SCADA en la estación de Almacenamiento del Sistema Modular de Producción, incidió positivamente en el proceso de almacenado y despacho de piezas, porque proporciona una administración inteligente y controlada.
- El funcionamiento de la estación obedece al movimiento que generan los servomotores ubicados en los ejes lineales, usando como referencia la lectura de los encoders, porque las señales de pulsos rápidos que emiten los encoders incrementales son necesarias para generar un desplazamiento controlado para el posicionamiento preciso del brazo robótico.
- Los cuadros de procesos definidos en la estación de Almacenamiento proporcionaron las directrices necesarias para el desarrollo de la programación porque se obtuvo una visión detallada y explicativa de todos los parámetros a cumplir para la gestión eficiente del almacenaje y despacho de piezas.
- El sistema SCADA implementado en la estación de Almacenamiento optimizó los procesos de funcionamiento establecidos, generando una mejora notable en su método de control y monitoreo porque la representación gráfica dinamizada permite tener una visión general del proceso que se está llevando a cabo, además de acceder a una red de trabajo para realizar cambios en el sistema.
- Los reportes generados en tiempo real con cada interacción que se ejecuta en la estación de almacenamiento permiten una administración eficiente de la información de la bodega porque se puede realizar el análisis de los indicadores de gestión de piezas que se obtiene de los históricos y gráficos de tendencias. No obstante, la información enviada por la red hacia el computador tiene un retraso mínimo de 250ms (milisegundos) que para el proceso se considera aceptable.

- La guía de prácticas facilita el manejo de la estación de almacenamiento porque se explica de manera detallada la implementación del sistema de control (PLC) y el sistema de monitoreo (SCADA), así se brinda la información necesaria a nuevos usuarios de la estación. Se adjunta el anexo 2 de guía de prácticas.

RECOMENDACIONES

- Para un proyecto futuro se recomienda implementar un nivel de seguridad que permita detectar la posición física de la pieza en cada estantería, de tal manera, que ningún agente externo al sistema, interfiera o manipule las piezas que ya han sido almacenadas tanto en la estación como en la base de datos y que genere una alarma para la ejecución de un proceso de validación de información.
- Antes de maniobrar toda la estación se recomienda revisar la configuración de hardware, considerando que el PLC de la estación de almacenamiento cuenta con un módulo especial para el conteo rápido; es necesario colocar el nombre correcto de dicho módulo para evitar errores del sistema, la información de configuración de hardware se la puede encontrar en anexos de proyecto.
- Para tener una comunicación Ethernet exitosa entre el PLC y el sistema SCADA por primera vez, es necesario generar la conexión previa del PLC con la PC mediante la interfaz MPI, de tal manera que se pueda configurar la dirección IP y red que van a utilizar los equipos.
- Si bien la estación de almacenamiento cuenta con equipos de uso didáctico se recomienda determinar un nivel máximo de seguridad para el movimiento del brazo lineal, el mismo que, cuando tenga un recorrido en el eje X o en el eje Z, el eje Y siempre debe estar inactivo, caso contrario el Gripper de la estación puede resultar afectado, ya que puede colisionar con las estanterías o las piezas almacenadas produciendo daños graves.
- Es recomendable utilizar el software de programación TIA PORTAL, ya que cuenta con los módulos necesarios para obtener la información de los contadores rápidos y controlar los movimientos de los Encoder.

LISTA DE REFERENCIAS

- Alvarado, X. (2011). *Redes Industriales Ethernet*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Ecured. (29 de Abril de 2014). *Sistemas SCADA*. Obtenido de Tipos de SCADA: <http://www.ecured.cu>
- EPN. (1 de Octubre de 2007). *Interfaces de la comunicación industrial*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec>
- FESTO. (21 de Febrero de 2015). *Wonderware InTouch HMI*. Obtenido de <http://www.festo-didactic.com>
- Flores Gonzáles, S. M. (8 de Febrero de 2013). *Contabilidad Ciclo 4*. Recuperado el 27 de Febrero de 2014, de Blog: <http://contabilidadciclo4.blogspot.com/>
- Foros de Electrónica. (2 de Enero de 2015). *Encoders Información Técnica*. Obtenido de <http://www.forosdeelectronica.com>
- Gestiopolis. (19 de Agosto de 2015). *Tipos de inventarios*. Obtenido de Utilidad, contabilización y valuación: <http://www.gestiopolis.com>
- Negocios Globales. (Febrero de 2013). *Logística Transporte y Distribución*. Obtenido de www.emb.cl
- Plan General Contable. (Junio de 2013). *Tratamiento contable de las existencias*. Obtenido de <http://www.plangeneralcontable.com>
- Rodríguez Penín, A. (2007). *Sistema SCADA*. México D.F.: MARCOMBO, S.A.
- Sertrol. (Marzo de 2014). *Sertrol Instrumentación y Control Industrial*. Recuperado el 28 de Febrero de 2014, de Sertrol C.A.: <http://www.sertrol.com>
- Siemens. (Enero de 2014). *Siemens*. Recuperado el 27 de Febrero de 2014, de Siemens AG: <http://www.siemens.com>
- Siemens. (10 de Febrero de 2015). *Industrial Ethernet: la base para la automatización eficaz*. Obtenido de <http://w3.siemens.com>

Siemens. (Enero de 2015). *Totally Integrated Automation Portal*. Obtenido de <http://www.industry.siemens.com>

SinaiS. (Enero de 2013). *SinaiS Corporation*. Recuperado el 10 de Febrero de 2013, de <http://www.sinais.es/>

Siscont. (7 de Marzo de 2014). *Sistemas de valoración de inventarios*. Obtenido de <http://www.sistcont.com.co>

UCLM. (2 de Junio de 2014). *El servomotor*. Obtenido de Funcionamiento, características generales: <http://www.info-ab.uclm.es>

Venegas Requena, J. (Mayo de 2009). *Encoders*. Obtenido de <http://www2.elo.utfsm.cl>

GLOSARIO

Antropomórfico:	es la atribución de características y cualidades humanas a animales de otras especies, a objetos o a fenómenos naturales.
AS/RS:	(Automated Storage and Retrieval System) Sistema automatizado de almacenamiento y recuperación permite almacenamiento controlado optimizando el espacio y manejo del almacén.
CNC:	Control numérico computarizado, es todo dispositivo electrónico capaz de dirigir posicionamientos de uno o varios elementos mecánicos móviles, de tal forma que las órdenes relativas a sus desplazamientos son elaboradas, en forma automática a partir de datos numéricos y simbólicos definidos por un programa.
CPU:	Central Processing Unit (Unidad de Procesamiento Central) es la parte central de todo computador, cumple la tarea de procesamiento de todas las funciones así como también de almacenamiento de la información.
Ethernet:	Es un estándar de redes de área local para computadores con acceso al medio por detección de la onda portadora y con detección de colisiones (CSMA/CD).
FIFO:	Acrónimo de "first in, first out" significa "primero en entrar, primero en salir". Es el sistema idóneo para el almacenaje de productos perecederos, los cuales además de su colocación por su gama o familia, deberán de ser colocados en los que los primeros dispuestos a salir sean los más próximos a su fecha de caducidad.
Fotoreceptor:	Es un mecanismo capaz de convertir la energía óptica de la luz que incide sobre una superficie sensora en energía eléctrica, mediante un proceso que se denomina transducción.
HMI:	Interfaz de usuario por sus siglas en idioma inglés, (Human Machine Interface) que se usa para referirse a la interacción entre humanos y máquinas
Half-dúplex:	Se denomina semidúplex, en inglés half-duplex, a un modo de envío de información es bidireccional pero no simultáneo.

KARDEX:	Tarjetas que poseen información resumida para mantener el control de un inventario.
LAN:	LAN son las siglas de Local Area Network, Red de área local. Una LAN es una red que conecta los ordenadores en un área relativamente pequeña y predeterminada (como una habitación, un edificio, o un conjunto de edificios).
LIFO:	Acrónimo de "last in, first out" significa "último en entrar, primero en salir". Es el sistema idóneo para el almacenaje de los productos no perecederos ya que estos no tienen fecha de caducidad.
MPS:	Acrónimo de Modular Production System, en español "Sistema de Producción Modular".
Multicast:	Significa comunicación entre un solo emisor y múltiples receptores dentro de una red. Los usos típicos incluyen la actualización de personal móvil desde una oficina central y el manejo periódico del correo electrónico.
Paletizado:	Es la acción y efecto de disponer mercancía sobre un palet para su almacenaje y transporte. Las cargas se paletizan para conseguir uniformidad y facilidad de manipulación; así se ahorra espacio y se rentabiliza el tiempo de carga, descarga y manipulación.
PLC:	Un controlador lógico programable, es una computadora utilizada para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas.
Polling:	Es una forma de control en redes de área local, según la cual la unidad central de procesamiento pide, de acuerdo con una programación determinada a cada puesto de trabajo conectado a la red, si ha de enviar alguna información.
Profinet:	Es el estándar Ethernet abierto que cumple la especificación IEC 61158 para la automatización industrial, permite conectar equipos desde el nivel del campo (Plcs y otros dispositivos) hasta el nivel de gestión (sistemas informáticos e internet).
RIFD:	Siglas de Radio Frequency IDentification, en español identificación por radiofrecuencia, es un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remoto que usa

dispositivos denominados etiquetas, tarjetas, transpondedores o tags RFID.

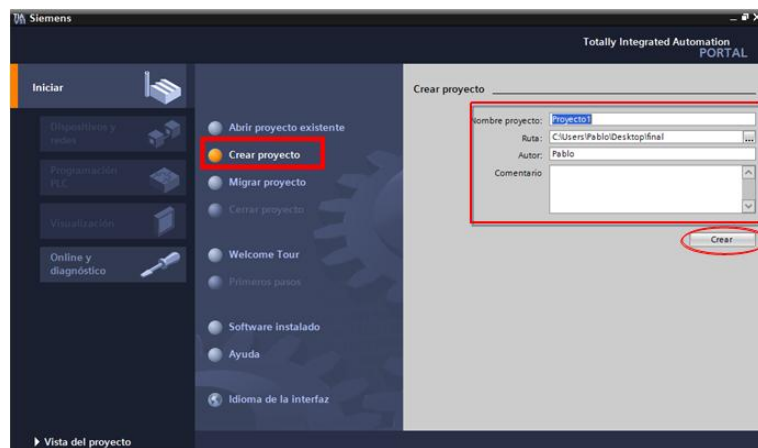
- SCADA:** acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) es un software para ordenadores que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia.
- Senoidal:** Una onda senoidal es una señal de corriente alterna que varía a través del tiempo.
- Switch:** Es el dispositivo analógico que permite interconectar redes operando en la capa 2 o de nivel de enlace de datos del modelo OSI u Open Systems Interconnection.
- TCP:** Acrónimo de Transmission Control Protocol, en español “Protocolo de Control de Transmisión”.
- Transelevadores:** Los transelevadores son máquinas creadas para el almacenaje automático de palets. Se desplazan a lo largo de los pasillos y realizan las funciones de entrada, ubicación y salida de mercancías. Van guiados por un software de gestión que coordina todos los movimientos.
- TTL:** Es la sigla en inglés de transistor-transistor logic, es decir, «lógica transistor a transistor». Es una familia lógica o lo que es lo mismo, una tecnología de construcción de circuitos electrónicos digitales.
- WinCC:** Windows Control Center, Software para la creación de sistemas SCADA.

ANEXOS

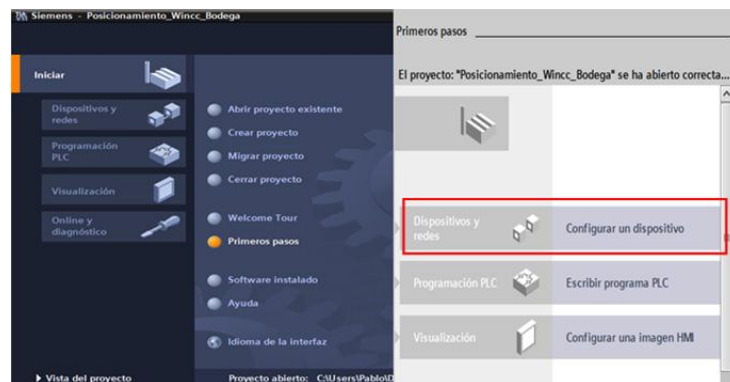
Anexo 1

Configuración y programación del proyecto en Totally Integrated Automation (TIA Portal).

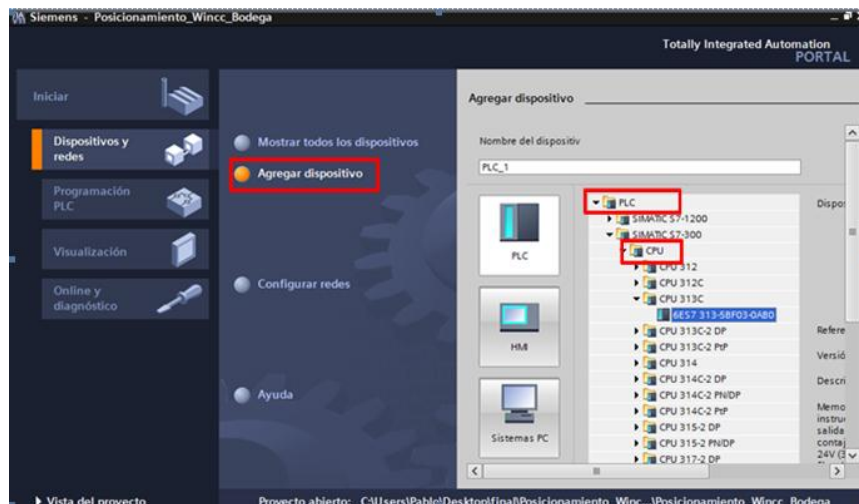
Se inicia programa TIA PORTAL y en la página de inicio se elige la opción “Crear proyecto”, automáticamente se desplegará el cuadro con la información y ruta de acceso que se le daría al proyecto en curso. Se genera un nombre, ruta (lugar o espacio en el computador donde se guardaría el proyecto), autor y un comentario. Una vez registrados esta información, se da click en “Crear”.



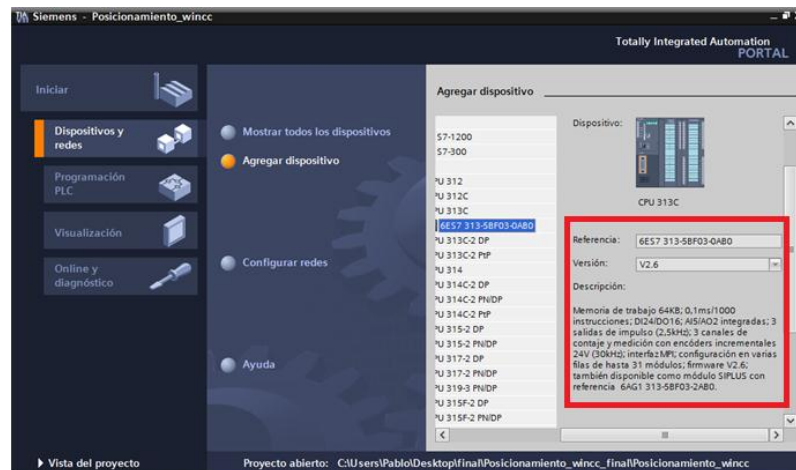
A continuación aparecerá el cuadro “Primeros pasos”, mediante ésta estructura se va a elegir la opción “Dispositivos y redes” “Configurar un dispositivo.



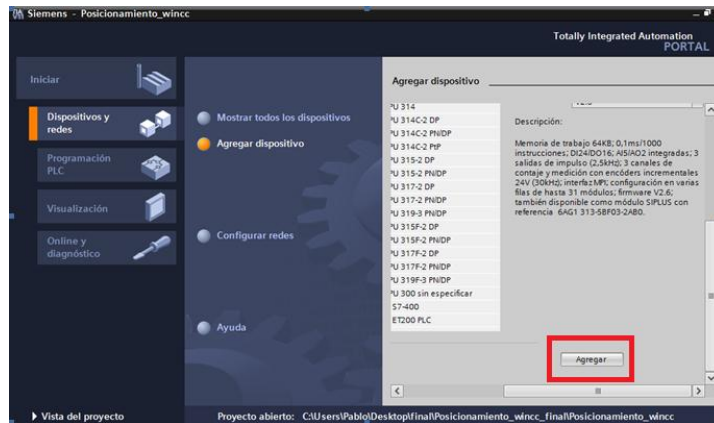
En la opción “Agregar dispositivo” el software indicará cada uno de los elementos o dispositivos disponibles en la industria, para el caso, se elegirá el PLC “SIMATIC S7-300” y “CPU 313C”. Este es el elemento de control con el que se desarrollará en proyecto.



Como información adicional TIA PORTAL indicará la referencia, versión y una amplia descripción del dispositivo, CPU 313C tipo 6ES7 313-5BF03-0AB0, firmware o versión V2.6.

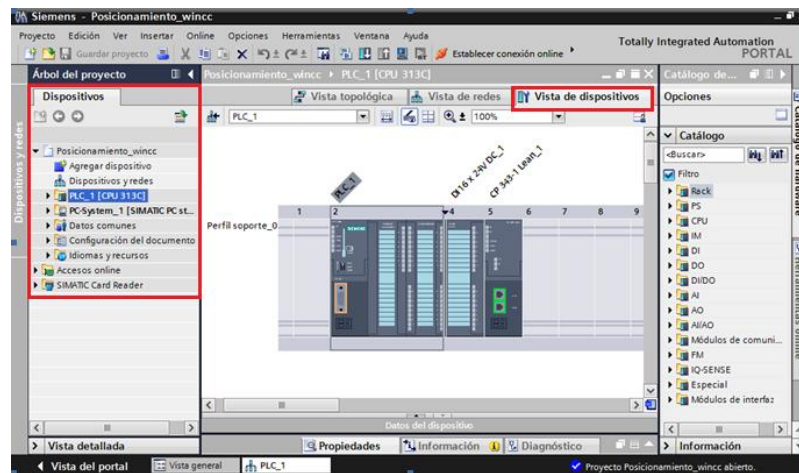


Para confirmar y cargar el dispositivo en el programa se coloca click en “Agregar”, opción situada en la parte inferior de la descripción del PLC.

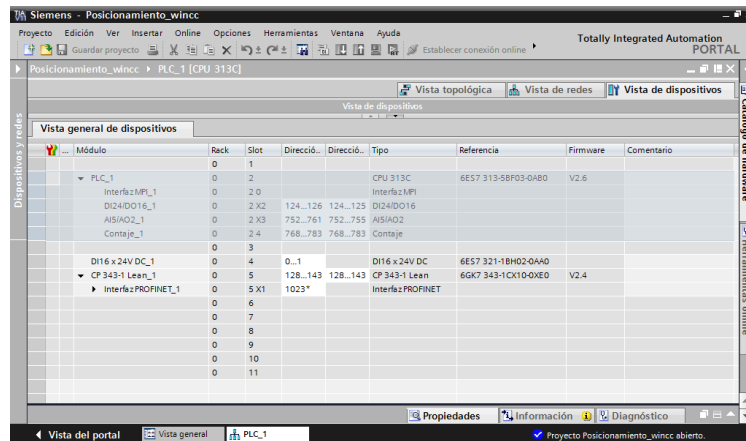


Cuando culmine la asignación del equipo aparecerá el cuadro denominado “Vista de dispositivos”. Aquí aparecerá la CPU y los módulos adicionales que conforman el sistema.

Al lado izquierdo de la pantalla también se puede ver el equipo que se acaba de asignar PLC_1[CPU 313C].

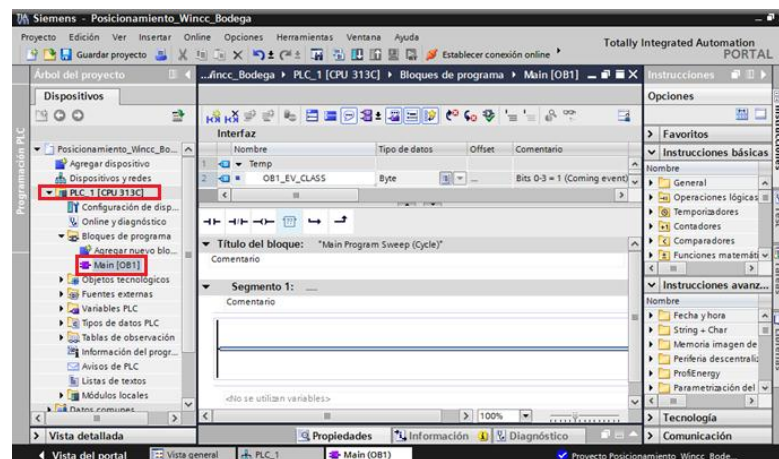


Además se podrá visualizar la información general de cada uno de los módulos.



Ya con el dispositivo cargado hay que dirigirse al “Árbol del proyecto”, este es el lugar donde se segmenta el proyecto, y en el cual se puede agregar bloques adicionales sea de funciones o datos, tablas de variables, etc. Es el punto donde se administrará toda la programación.

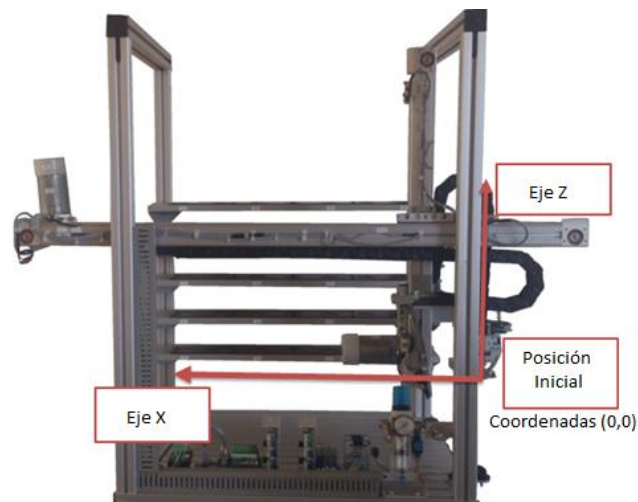
Para crear los bloques de programación, se debe abrir el dispositivo “PLC_1 [CPU 313C]” “Bloques de programa”.



Aquí se encontrará definido por defecto el bloque “Main [OB1]”, este es el bloque encargado de organizar la secuencia de todo el programa.

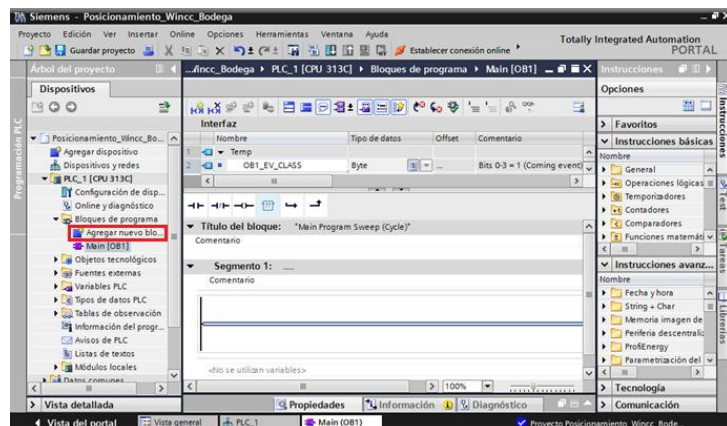
Adicional al bloque “MAIN [OB1]”, se crearán bloques de función “FB” denominados:

1. **Posición inicial:** éste es el bloque encargado de arrancar todo el proceso, es decir, que mientras el brazo de posición lineal no se encuentre en las coordenadas [0,0], el sistema no iniciará ningún proceso de almacén o despacho. Para ello, al accionar el sistema el bloque “POSICIÓN INICIAL” hará que el brazo de posición lineal vaya a las coordenadas [0,0]. Mientras no se cumpla ésta condicional ningún bloque adicional podrá arrancar.



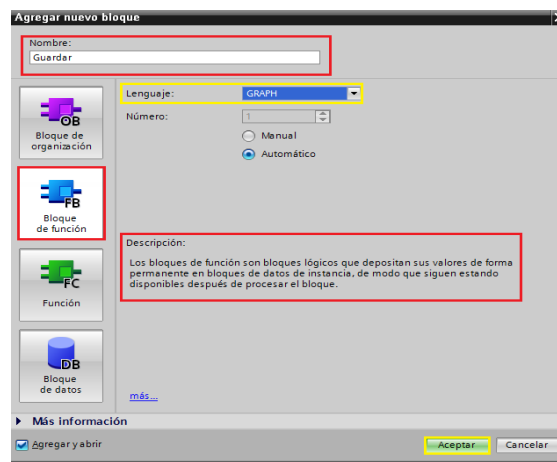
2. **Guardar:** éste bloque es el encargado de tomar el material disponible en la banda transportadora para que pueda ser almacenado en las estanterías disponibles en bodega.
3. **Despachar:** este bloque realiza el proceso contrario, retira de bodega el material que el operario solicite a través del sistema SCADA.

Para crear éstos bloques se selecciona “Agregar nuevo bloque”.



De inmediato de abrirá un cuadro de opciones, en el cual se puede elegir el tipo de bloque que se desea crear, para el fin del proyecto se crearán solamente “Bloques de función” debido a sus características de memoria.

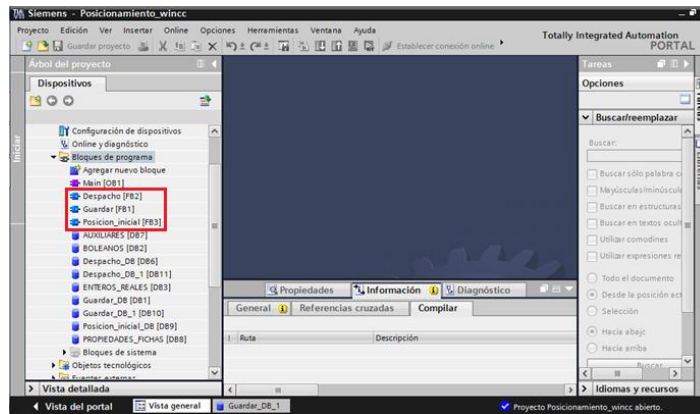
Al seleccionar cualquiera de los bloques, TIA PORTAL presenta una “Descripción” de cada uno de los bloques disponibles, se puede elegir el tipo de lenguaje de programación, el número de asignación para reconocer el bloque dentro de la programación, y también nos indica la opción de “Nombre”, el cual distingue al bloque dentro del “árbol de programación”.



De esta manera se creará el “Bloque de función” (FB), con el Nombre “Guardar” y el lenguaje de programación Graphcet (debido a la secuencia del proceso), establecido esto se da click en “Aceptar”.

Se realiza lo mismo para los bloques restantes “Posición inicial” y “Despacho”.

Una vez creados los bloques de función, éstos aparecerán en el “Árbol de programación”, con el nombre con el que fueron creados.

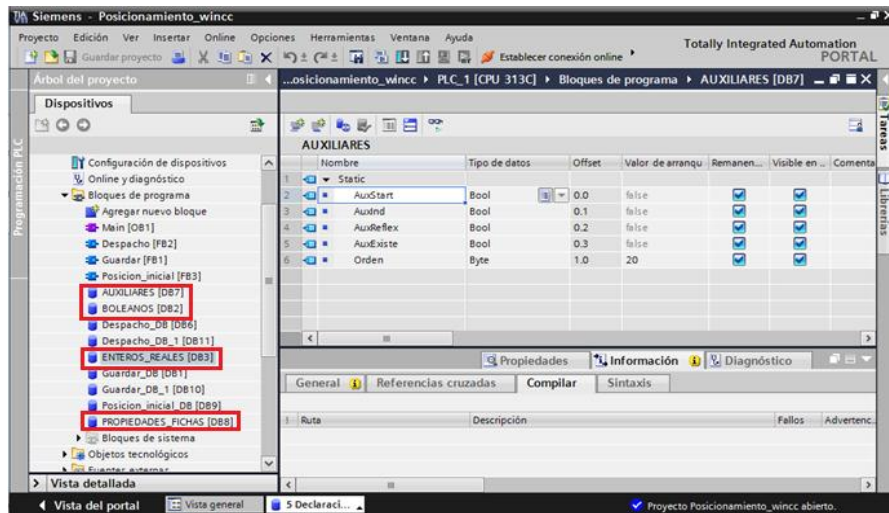


Por cada bloque de función creado automáticamente se creará un bloque de datos, los mismos que administrarán la información que cada uno de los bloques de función controla.

Adicional se va a crear bloques de datos en los cuales se asignaran nombres a cada una de las variables que controla la estación de Almacenamiento, como también para las marcas necesarias para el proceso de programación.

De esta manera se crearan los bloques de datos DB:

1. **ENTEROS_REALES**: en éste bloque estarán asignadas las variables encargadas de obtener los datos enteros que envían los encoder.
2. **BOOLEANOS**: es el bloque encargado de guardar marcar y asignar una variable fija a cada una de ellas.
3. **AUXILIARES**: son marcas registradas para funciones como start (inicio), variables de bloqueo para los sensores y para el orden.
4. **PROPIEDADES_PIEZAS**: son marcas registradas para obtener propiedades específicas para cada uno de los materiales entrantes a bodega como color, posición y orden.



Una vez creados los bloques necesarios para el proyecto optamos por generar la programación para cada bloque.

Programación del bloque Main (OB1)

El bloque MAIN será la base desde la que se organizará cada una de las secuencias en el almacén, se encargará de llamar a cada bloque de función cuando se desee guardar o despachar una pieza o que el brazo acuda a la posición inicial.

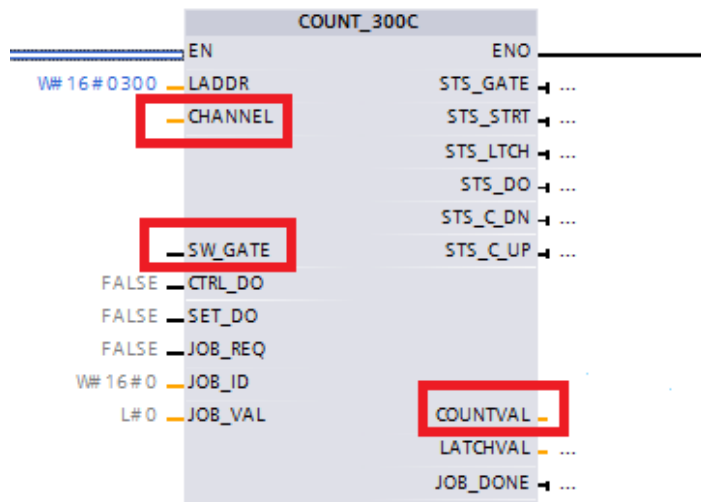
Lo primero que se va implementará son los bloques de conteo rápido, para ello se accede a..., y se incorpora el bloque en la línea de programación. Este bloque está destinado solo al conteo de pulsos que generan los encoder, por lo cual sus propiedades son exclusivas al conteo y son base fundamental para el posicionamiento del brazo lineal dentro de la bodega.

En el contador, se utilizarán las entradas:

CHANNEL: Es el canal destinado a la coordenada que se va a leer (Channel 0 = Eje X, Channel 1 = Eje Z).

SW_GATE: Activa el bloque de contaje, cuando recibe un pulso en 1 lógico.

COUNTVAL: Muestra el valor del recorrido en números enteros reales (representa la distancia recorrida del brazo).

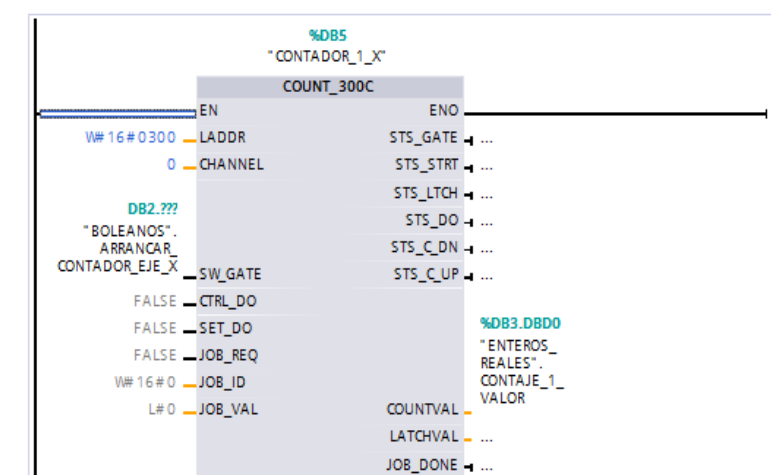


La función de las entradas restantes podemos revisarlas con mayor detalle ingresando a la ayuda del TIA PORTAL seleccionando el elemento o bloque.

Programa

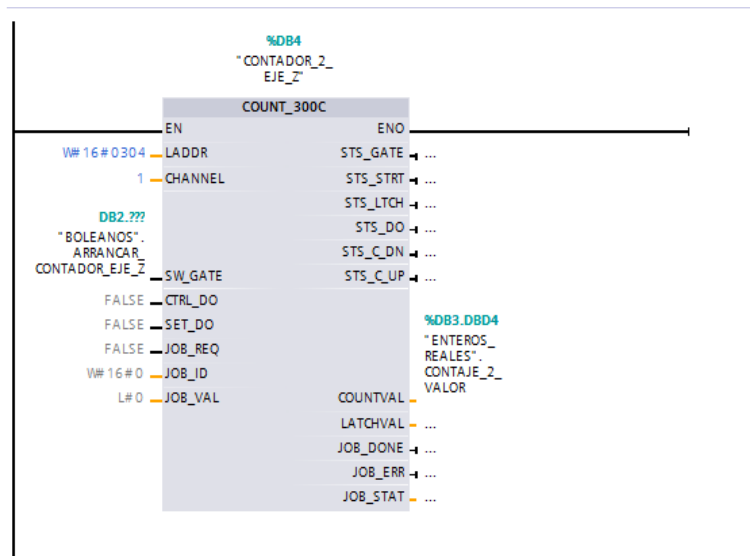
Segmento 1

Se visualiza el Canal asignado 0 correspondiente al Eje X, la variable “ARRANCAR_CONTADOR_EJE_X” es una marca asignada en booleano (0,1) para arrancar el conteo; y la variable “CONTAJE_1_VALOR” es una variable asignada para la lectura del recorrido realizado en el eje X (ésta variable nos dará un valor entero).



Segmento 2

Se visualiza el Canal asignado 1 correspondiente al Eje Z, la variable “ARRANCAR_CONTADOR_EJE_Z” es una marca asignada en booleano (0,1) para arrancar el conteo y la variable “CONTAJE_2_VALOR” es una variable asignada para la lectura del recorrido realizado en el eje Z (al igual que para el eje X, ésta variable nos dará un valor entero).



Anexo 2

Prácticas de laboratorio

PRÁCTICA 1.

Caracterización de la Estación de almacenamiento del Sistema Modular de Producción (MPS).

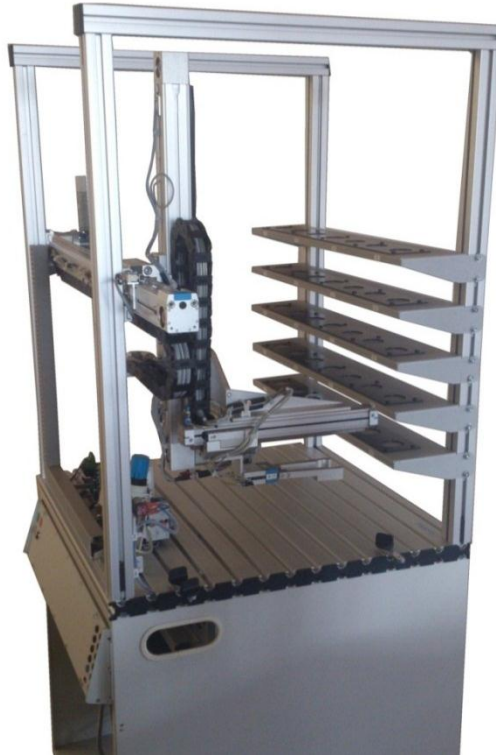


Imagen: Estación de Almacenamiento del Sistema Modular de producción.

Objetivo:


Conocer y realizar una breve descripción de cada uno de los elementos que conforman la Estación de almacenamiento del Sistema Modular de Producción.


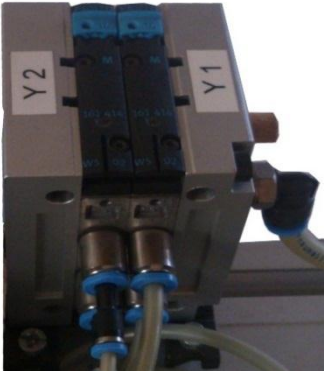

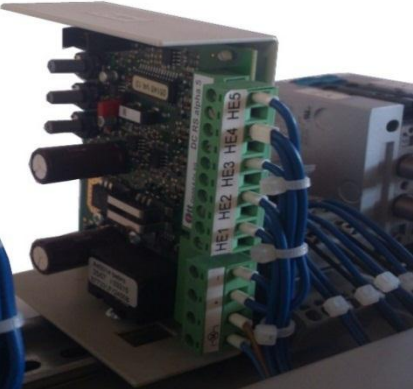
Materiales:



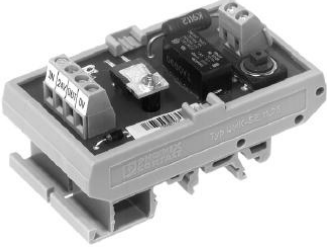
EQUIPO NECESARIO	MATERIAL DE APOYO
Estación de Almacenamiento del Sistema Modular de producción.	

Procedimiento:

1. Realizar una descripción breve de funcionamiento de cada uno de los componentes de la Estación de Almacenamiento que se precisan a continuación:

<p>PLC- Simatic S7-300</p>  <p>A photograph of a Siemens SIMATIC S7-300 PLC rack. It consists of several modules mounted in a dark grey metal rack. The leftmost module is the power supply. The middle modules have green covers. The rightmost module is the SIMATIC NET interface module. The Siemens logo is visible on the left side.</p>	<p>Descripción</p>
<p>Módulo CP 343-1 lean</p>  <p>A photograph of a Siemens CP 343-1 Lean module. It is a dark grey, rectangular module with a SIMATIC NET interface at the bottom. The top of the module has a terminal block with various labels: SF, BF, RI, RK/TX, RUN, and STOP. The model number CP 343-1 Lean is printed on the top. The Siemens logo and SIMATIC NET branding are visible on the front panel.</p>	<p>Descripción</p>
<p>Motor de Engranaje 24VDC</p>  <p>A photograph of a 24VDC gear motor. The motor is cylindrical with a grey metal body and a white plastic top cap. A label on the side of the motor provides technical specifications: 60319-7, 2408, and mentions a 525NM 24V motor with an encoder. The label also includes input voltage and speed information.</p>	<p>Descripción</p>

<p>Pinza con Gripper</p> 	<p>Descripción</p>
<p>Terminal de válvulas CP</p> 	<p>Descripción</p>
<p>Válvula de cierre con filtro conservador</p> 	<p>Descripción</p>
<p>Tarjeta DC RS Alpha 5</p> 	<p>Descripción</p>

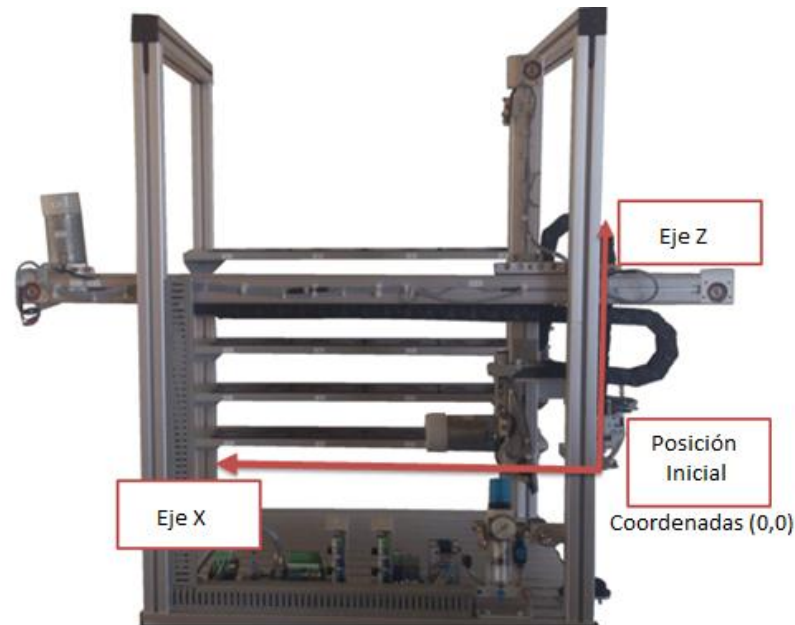
<p>Sensor de Proximidad Inductivo</p> 	<p>Descripción</p>
<p>Terminal E/S</p> 	<p>Descripción</p>
<p>Limitador de Corriente</p> 	<p>Descripción</p>

2. Según los componentes que tiene la Estación de Almacenamiento, se podría adicionar otra utilidad que no sea solo almacenar? (Si/no Argumente).

Conclusiones:

PRÁCTICA 2.

Funcionamiento del encoder en la estación de Almacenamiento y su función “COUNT” en TIA PORTAL.



Objetivo:

Crear un programa en TIA PORTAL usando la función “COUNT” para controlar el desplazamiento del brazo lineal dentro de la estación de almacenamiento.

Descripción:

La posición inicial (Coordenada 0,0) es la posición en la que el brazo lineal se encontraría antes de realizar un proceso, ésta posición está delimitada por los sensores inductivos “b10” en el eje X y “b14” en el eje Z.

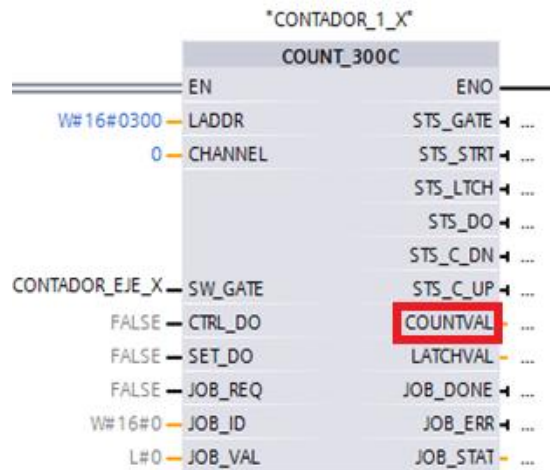
Por seguridad de la máquina se recomienda no activar la salida del brazo lineal en el eje Y, hasta conocer y familiarizarse con el funcionamiento de la estación.

Materiales:

EQUIPO NECESARIO	MATERIAL DE APOYO
1 PLC Simatic S7-300	Anexo 1
1 Adaptador USB para MPI	
Estación de Almacenamiento del Sistema Modular de producción.	

Procedimiento:

1. Conectar el adaptador USB para MPI entre el PLC s7-300 y el PC a sus respectivos puertos.
2. Ejecutar TIA PORTAL, crear un nuevo proyecto, ajustar como interfaz de comunicación “PC Adapter (MPI)” y configurar el hardware, revisar el anexo 1 “Configuración de Hardware”.
3. Implementar en el nuevo proyecto el bloque de función “COUNT”, revisar anexo 1 “implementación bloque de función “COUNT”. Se debe generar una función de conteo para cada eje.



4. Realizar un programa en un bloque de función “FB1”, que permita desplazarse en los ejes lineales X, Z tomando en cuenta las siguientes consideraciones:
 - Crear un programa con 4 marcas que permitan el movimiento manual del brazo (arriba, abajo, izquierda y derecha).
 - Mover manualmente el brazo lineal de la estación, desde la posición inicial a cada una de las 20 posiciones. Con este procedimiento tomar lectura del número de pulsos en el eje X y en el eje Z para todas las posiciones de la bodega. El número de pulsos se los puede visualizar en la salida “COUNTVAL” de la Función COUNT. Llenar la tabla adjunta con los datos registrados tanto en el eje X como en el eje Y.

- Cada vez que se ejecute un movimiento a una determinada posición, el brazo lineal deberá regresar a la posición inicial. El botón “Start” (Botón físico en el panel de control de la estación), permitirá que se efectúe este proceso.
- Cuando el brazo se situé en la posición inicial los contadores para el eje X y el eje Z deben restearse (poner en 0), para poder tomar un nuevo registro.
- El botón “Stop” (Botón físico en el panel de control de la estación), se usará como PARO DE EMERGENCIA.
- El bloque FB1 se deberá ejecutar a través del bloque de organización “OB1”.

POSICION	X	Z
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

Conclusiones:

PRÁCTICA 3.

Almacenamiento básico en la estación de Almacenamiento del Sistema Modular de Producción.

Objetivo:

- Realizar un proceso simple de almacenamiento de todas las piezas que lleguen a través del palet en la banda de transporte a la Estación de Almacenamiento del Sistema Modular de Producción.

Materiales:

EQUIPO NECESARIO	MATERIAL DE APOYO
1PLC Simatic S7-300	Anexo 1
Estación de Almacenamiento del Sistema Modular de producción.	
1 Sensor inductivo	
1 sensor reflectivo	
1 Palet	
1 Adaptador USB para MPI	
Piezas (Color rojo, color negro y plata)	
1 Juego de hexagonales.	

Descripción:

- El abastecimiento de piezas se lo hará desde el palet ubicado en la banda de transporte (no es necesario que la banda se encuentre en funcionamiento).
- El brazo lineal se encontrará siempre en la posición inicial antes de ejecutar cualquier proceso.
- Todo el proceso arranca cuando el botón “Start” sea activado y el botón “Stop” parará el sistema.
- El sensor de presencia en la banda transportadora indicará que hay una pieza disponible que puede ser almacenada, cuando este sensor se active el brazo saldrá desde la posición inicial hasta la banda, tomará la pieza disponible y la llevará al almacén. El almacenamiento deberá ser ordenado desde la posición 1 hasta la 20.

- Cuando la estación se encuentre llena el sistema dejará de almacenar y se encenderá la luz de ayuda Q1, alertando que no se puede tomar más piezas.
- La ubicación que el brazo lineal debe hacer para cada posición de la estantería debe ser graduado por el número de pulsos que registra el Enconder (usar la tabla de posiciones en eje X y eje Z de la practica 2).
- Cada vez que el brazo lineal realice el almacenamiento de una pieza automáticamente debe regresar a su posición inicial en espera de un nuevo proceso.
- Se recomienda hacer pruebas previas del programa sin usar las pinzas extensoras del Gripper (para evitar daños en el brazo lineal), por cualquier error que se pueda producir en la programación que el usuario genere.

Procedimiento:

1. Conectar el adaptador USB para MPI entre el PLC s7-300 y el PC a sus respectivos puertos.
2. Ejecutar TIA PORTAL, crear un nuevo proyecto, ajustar como interfaz de comunicación “PC Adapter (MPI)” y configurar el hardware, revisar el anexo 1 “Configuración de Hardware”.
3. Implementar en el nuevo proyecto el bloque de función “COUNT”, revisar anexo 1 “implementación bloque de función “COUNT” y la programación proporcionada para el control de la estación.
4. Generar una función de conteo para el Eje X y para el Eje Z.
5. Realizar el programa del proceso en el bloque de función “FB1” tomando en cuenta la descripción de la práctica.
6. El bloque FB1 se deberá ejecutar a través del bloque de organización “OB1”.

Conclusiones:

PRÁCTICA 4.

Almacenamiento selectivo de piezas.

Objetivo:

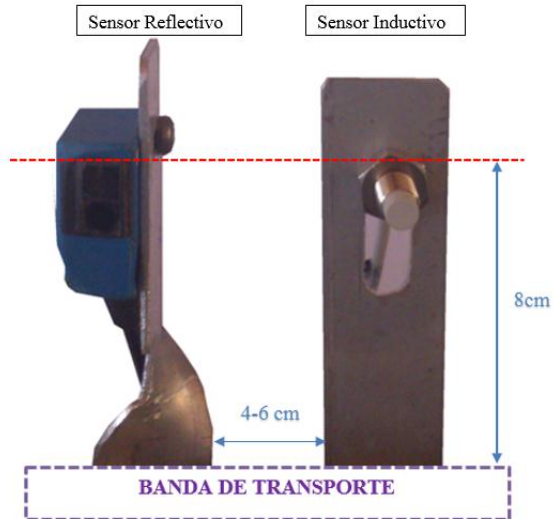
Implementar una bodega que permita la clasificación de piezas entrantes según su color o material (metalizada).

Materiales:

EQUIPO NECESARIO	MATERIAL DE APOYO
1 PLC Simatic S7-300	Anexo 1
Estación de Almacenamiento del Sistema Modular de producción.	
1 Sensor inductivo	
1 sensor reflectivo	
1 Palet	
1 Adaptador USB para MPI	
Piezas (Color rojo, color negro y plata)	

Descripción:

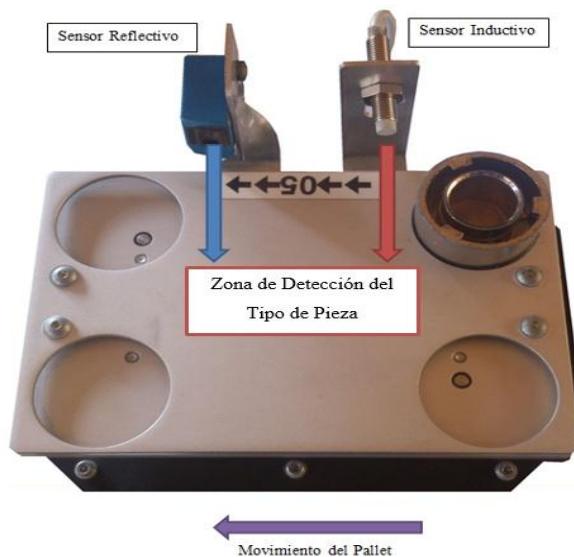
- El abastecimiento de piezas se lo hará a través del palet que llegas por la banda de transporte.
- El brazo lineal se encontrará siempre en la posición inicial antes de ejecutar cualquier proceso.
- Todo el proceso arranca cuando el botón “Start” sea activado y el botón “Stop” parará el sistema.
- Para ésta práctica se debe instalar el sensor reflectivo e inductivo en la riel de la banda de transporte para la detección de los elementos que circulen a través de la banda. Estos sensores no forman parte de la Estación de Almacenamiento, por lo que se debe realizar la conexión de éstos elementos en las entradas digitales del PLC Simatic S7-300.



- La lógica en la detección de piezas será la siguiente.

Sensor de Reflexión	Sensor Inductivo	Decisión de Tipo de Pieza
0	0	Pieza sin color o negra
0	1	Pieza Metalizada
1	0	Pieza con color o roja
1	1	Pieza Metalizada, condición neutra

- Los datos que provengan de los sensores reflectivo inductivo servirán para que el almacén realice la clasificación de piezas.



- El sensor de presencia en la banda de transporte indicará que hay una pieza disponible, cuando este sensor se active el brazo saldrá desde la posición inicial hasta el borde de la banda de transporte, el brazo lineal tomará la pieza disponible y la llevará al almacén.
- En esta práctica solo se utilizarán las 3 primeras estanterías de tal manera que:
 - I. FILA 1: Almacenará piezas de color (rojo).
 - II. FILA 2: Almacenará piezas sin color (negra).
 - III. FILA 3: Almacenará piezas metalizadas.



- Cuando una de las filas se encuentre llena, y llegue otra pieza destinada a la misma fila, el brazo lineal se bloqueará y no generará un nuevo proceso de almacenamiento.
- La ubicación que el brazo lineal debe hacer para cada posición de la estantería debe ser graduado por el número de pulsos que registra el Encoder (usar la tabla de posiciones en eje X y eje Z de la practica 2).
- Cada vez que el brazo lineal realice el almacenamiento de una pieza automáticamente debe regresar a su posición inicial en espera de un nuevo proceso.

- Se recomienda hacer pruebas previas del programa sin usar las pinzas extensoras del Gripper (para evitar daños en el brazo lineal), por cualquier error que se pueda producir en la programación que el usuario genere.

Procedimiento:

7. Conectar el adaptador USB para MPI entre el PLC s7-300 y el PC a sus respectivos puertos.
8. Ejecutar TIA PORTAL, crear un nuevo proyecto, ajustar como interfaz de comunicación “PC Adapter (MPI)” y configurar el hardware, revisar el anexo 1 “Configuración de Hardware”.
9. Implementar en el nuevo proyecto el bloque de función “COUNT”, revisar anexo 1 “implementación bloque de función “COUNT”. Se debe generar una función de conteo para el Eje X como para el Eje Z.
10. Realizar el programa del proceso en el bloque de función “FB1” tomando en cuenta la descripción de la práctica, al ser un proceso secuencial se recomienda crear el bloque “FB1” en Grafcet.
11. El bloque FB1 se ejecuta a través del bloque de organización “OB1”.

Conclusiones:

PRÁCTICA 5.

Almacenamiento y despacho de piezas de forma ordenada.

Objetivo:

Complementar la práctica anterior con un sistema de almacenamiento y despacho de piezas en la Estación de Almacenamiento que permita el abastecimiento y retiro de piezas de manera ordenada de menor a mayor.

Materiales:

EQUIPO NECESARIO	MATERIAL DE APOYO
1PLC Simatic S7-300	Anexo 1
Estación de Almacenamiento del Sistema Modular de producción.	
1 Palet	
1 Adaptador USB para MPI	
Piezas (Color rojo, color negro y plata)	

Descripción

- El abastecimiento de piezas se lo hará a través del palet que llegas por la banda de transporte.
- El brazo lineal se encontrará siempre en la posición inicial antes de ejecutar cualquier proceso.
- Todo el proceso arranca cuando el botón “Start” sea activado y el botón “Stop” parará el sistema.
- El sensor de presencia en la banda de transporte indicará que hay una pieza disponible, cuando este sensor se active el brazo saldrá desde la posición inicial hasta el borde de la banda de transporte, el brazo lineal tomará la pieza disponible y la llevará al almacén.
- El almacenamiento debe ser ordenado, las piezas que ingresan deben ser guardadas desde la posición número 1 hasta llenar la posición número 20.
- No se hará un almacenamiento selectivo, por lo cual no es necesario utilizar los sensores reflectivo e inductivo.

- Implementar el botón “Reset” del panel de control de la estación para el despacho de piezas. El sistema debe generar el despacho desde la posición número 1 y cada vez que se presione el botón Reset la estación debe ejecutar la salida de la siguiente pieza ingresada.
- Si en la estación no hay piezas almacenadas el brazo lineal no ejecutará ninguna acción.

Procedimiento

- Conectar el adaptador USB para MPI entre el PLC s7-300 y el PC a sus respectivos puertos.
 - Ejecutar TIA PORTAL, crear un nuevo proyecto, ajustar como interfaz de comunicación “PC Adapter (MPI)” y configurar el hardware, revisar el anexo 1 “Configuración de Hardware”.
 - Implementar en el nuevo proyecto el bloque de función “COUNT”, revisar anexo 1 “implementación bloque de función “COUNT”. Se debe generar una función de conteo para el Eje X como para el Eje Z.
 - Realizar el programa del proceso almacenar en el bloque de función “FB1”, al ser un proceso secuencial se recomienda crear el bloque “FB1” en Grafcet.
12. Implementar el programa del proceso despachar en el bloque de función “FB2” tomando en cuenta la descripción de la práctica, al ser un proceso secuencial se recomienda crear el bloque “FB1” en Grafcet.
- El bloque FB1 y FB2 se ejecutan a través del bloque de organización “OB1”.

Conclusiones: