



Modernización del sistema de izaje 150 toneladas y transporte 40 toneladas de casa de máquinas de la central hidroeléctrica Agoyán mediante un sistema de control inalámbrico en CELEC-EP Unidad de Negocio Hidroagoyán

Puca Lalaleo, John Henry

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Ingeniería en Electromecánica

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

Ing. Freire Llerena, Washington Rodrigo

20 de enero del 2023

Latacunga

Reporte de verificación de contenido



CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

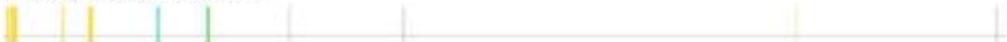
Puca John Tesis

2%
Similitudes

+ 1% Texto entre comillas
0% similitudes entre comillas
+ 1% idioma no reconocido

Nombre del documento: Puca John Tesis.pdf	Depositante: WASHINGTON RODRIGO FREIRE LLERENA	Número de palabras: 23.507
ID del documento: b66b344e2e573e66569c3b1e4f73d7fae23219e4	Fecha de depósito: 14/2/2023	Número de caracteres: 148.496
Tamaño del documento original: 4.53 Mo	Tipo de carga: interface	Fecha de fin de análisis: 14/2/2023

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes

Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 repositorio.espe.edu.ec Diseño e implementación de un sistema de control automático... http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/123456789/10000/1/23456789.pdf	1%	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: gray;"></div>	Palabras idénticas: 19 (20 palabras)
2	 repositorio.espe.edu.ec Diseño e implementación de un sistema automatizado para... http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/123456789/10000/1/23456789.pdf 2 fuentes similares	< 1%	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: gray;"></div>	Palabras idénticas: 19 (20 palabras)
3	 www.josangelmercado.com Fuentes gratis - Jose Angel Mercado S.S. http://www.josangelmercado.com/blog/lo-que-esta-saber-las-fuentes-gratis/ 2 fuentes similares	< 1%	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: gray;"></div>	Palabras idénticas: 19 (20 palabras)
4	 Documento de otro usuario <small>400%</small> El documento proviene de otro grupo 1 fuente similar	< 1%	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: gray;"></div>	Palabras idénticas: 19 (20 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 Documento de otro usuario <small>400%</small> El documento proviene de otro grupo	< 1%	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: gray;"></div>	Palabras idénticas: 19 (11 palabras)
2	 repositorio.espe.edu.ec Diseño y construcción de un sistema de control automático... http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/123456789/10000/1/23456789.pdf	< 1%	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: gray;"></div>	Palabras idénticas: 19 (10 palabras)
3	 www.semanticscholar.org [PDF] Desarrollo de una interfaz hombre máquina orientada... http://www.semanticscholar.org/paper/Desarrollo-de-una-interfaz-hombre-maquina-orientada-com...	< 1%	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: gray;"></div>	Palabras idénticas: 19 (10 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

-  http://www.academia.edu/27693279/Variaciones_de_velocidad
-  <http://teymuc.com/modulos-de-expansion-para-picz/>
-  <http://electronicblog.wordpress.com/2016/04/25/post-3/>
-  <http://www.josangelmercado.com/blog/lo-que-esta-saber-las-fuentes-gratis/>
-  <http://www.nema.org/>



Firmado electrónicamente por:
WASHINGTON
RODRIGO FREIRE LLERENA

.....

...

Ing. Freire Llerena, Washington Rodrigo

C.C.: 1721980801



Departamento de Eléctrica y Electrónica
Carrera de Ingeniería Electromecánica

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: **“Modernización del sistema de izaje 150 toneladas y transporte 40 toneladas de casa de máquinas de la central hidroeléctrica Agoyán mediante un sistema de control inalámbrico en CELEC-EP Unidad de Negocio Hidroagoyán”** fue realizado por el señor **Puca Lalaleo, John Henry**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 17 de febrero de 2023



Firmado electrónicamente por:
WASHINGTON
RIGOFREIRE LLERENA

.....
Ing. Freire Llerena, Washington Rodrigo

C.C.:1721980801



Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Ingeniería Electromecánica

Responsabilidad de autoría

Yo, **Puca Lalaleo, John Henry**, con cédula de ciudadanía n°1804895413, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Modernización del sistema de izaje 150 toneladas y transporte 40 toneladas de casa de máquinas de la central hidroeléctrica Agoyán mediante un sistema de control inalámbrico en CELEC-EP Unidad de Negocio Hidroagoyán”**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 17 de febrero de 2023

.....

Puca Lalaleo, John Henry

C.C.: 1804895413



Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Ingeniería Electromecánica

Autorización de publicación

Yo **Puca Lalaleo, John Henry**, con cédula de ciudadanía n°1804895413, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Modernización del sistema de izaje 150 toneladas y transporte 40 toneladas de casa de máquinas de la central hidroeléctrica Agoyán mediante un sistema de control inalámbrico en CELEC-EP Unidad de Negocio Hidroagoyán”**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 17 de febrero de 2023

.....
Puca Lalaleo, John Henry

C.C.: 1804895413

Dedicatoria

Dedico el siguiente trabajo de titulación a:
Mis padres Luis Enrique Puca y María Inés
Lalaleo Galarza, por su constante esfuerzo,
dedicación, amor y comprensión brindada a
lo largo de mi vida.

A mis hermanos: Luis y Abigail que aun en
los momentos difíciles de nuestras vidas
nos hemos mantenidos unidos.

A toda mi familia por brindarme sus
muestras de afecto e impulsar mis sueños.

Por ultimo y no menos importante a Dios
por mostrarme el camino del bien, darme
las fuerzas suficientes en esos momentos
en los que pensé que no podía más.

John P.

Agradecimiento

Agradezco infinitamente a Dios y a mis padres por ser guía en mi camino, mostrarme las cosas en las que he actuado de mala manera y enseñarme a corregir mis errores, me siento muy agradecido con Dios por haberme brindado un padre y madre maravillosos, no me alcanzaría la vida para poder agradecer todo lo que ellos han hecho por mis hermanos y por mí.

A mi hermana Abigail por ser consuelo en momentos en los que pensé que mi familia se hundía en lo más profundo de este océano llamado vida.

A todos los distinguidos docentes de mi querida institución por ser guía y forjar ese espíritu de superación diaria.

Agradezco de manera especial al ingeniero Washington Freire por transmitir su conocimiento y ser esa calidad de persona que lo distingue ante todos, además por confiar en mí durante todo el desarrollo de este proyecto de titulación.

Al personal de mantenimiento eléctrico de la Central Hidroeléctrica Agoyán, en especial al Ing. Marcelo Gavilanes por ser mi mentor en el desarrollo de esta tesis.

A los amigos que forme en la universidad, por todos esos momentos de risa, desdicha, nostalgia y alegría que vivimos a lo largo de nuestra carrera universitaria.

Por último, quiero con este proyecto de titulación rendir un homenaje a mis padres, es una muestra de respeto y consideración hacia ustedes por todo lo que han hecho por mí, no lo habría alcanzado sin ustedes.

John P.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	1
Reporte de verificación de contenido.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de autoría	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenidos	8
Índice de figuras	17
Índice de tablas.....	21
Nomenclatura.....	22
Resumen.....	23
Abstract	24
Capitulo I: Marco metodológico de la investigación	25
Planteamiento del problema.....	25
Antecedentes.....	26
Justificación e importancia	27
Objetivos.....	28
<i>Objetivo general.....</i>	28
<i>Objetivos específicos</i>	28

Capitulo II: Marco teórico	29
Coche transportador	29
<i>Componentes del coche transportador</i>	30
<i>Movimientos del coche transportador</i>	32
<i>Tipos de mando del coche transportador</i>	32
Puente grúa.....	33
<i>Componentes del puente grúa</i>	35
<i>Movimientos del puente grúa</i>	36
<i>Velocidades de traslación</i>	37
<i>Tipos de mando del puente grúa</i>	37
Mando por botonera.....	37
Mando por control remoto	38
Mando desde cabina	39
Controlador lógico programable	40
<i>Principio de funcionamiento</i>	42
<i>Aplicaciones de los PLCs</i>	43
<i>Estructura general de los PLC</i>	44
<i>Tipos de PLCs</i>	46
PLC compactos	46
PLC Modulares	47
<i>Entradas y Salidas</i>	47

	10
Entradas digitales.....	48
Entrada analógica.....	49
Salida a relé	50
Salida analógica	51
Lenguajes de programación de PLCs	51
Lenguaje Ladder.....	51
Lenguaje mnemónico.....	52
Gráfico secuencial de funciones GRAFCET.....	53
Lenguaje AWL	53
Diagrama de funciones	53
Componentes de los PLC'S	54
Estructura interna.....	54
<i>Memoria</i>	54
<i>CPU</i>	54
<i>Módulos de comunicación</i>	54
<i>Módulos de señales analógicas y digitales</i>	54
<i>Módulos de funciones</i>	55
Modos de operación	55
Run	55
Stop	55
Error	55
Máquinas eléctricas de corriente continua y alterna	55
<i>Máquinas de corriente alterna</i>	56

Maquinas Síncronas.....	56
Motor de inducción	58
<i>Máquinas de corriente continua</i>	<i>58</i>
Motor con estator bobinado	58
Motor serie.....	58
Motor shunt.....	59
Motor Compound.....	59
Motores de imanes permanentes	60
Motores sin escobillas	60
Variador de frecuencia	60
<i>Ventajas.....</i>	<i>62</i>
<i>Desventajas.....</i>	<i>62</i>
<i>Variadores para motores de CC.....</i>	<i>63</i>
<i>Variadores para motores de CA.....</i>	<i>63</i>
<i>Variadores de deslizamiento.....</i>	<i>64</i>
<i>Funciones de los variadores de frecuencia</i>	<i>65</i>
Variación de velocidad.....	65
Regulación de velocidad.....	65
Deceleración de velocidad.....	66
Inversión del sentido de giro	66
Frenado	66

	12
Protección integrada.....	67
<i>Componentes de un variador.....</i>	<i>67</i>
Módulo de potencia.....	67
Módulo de control	67
Comunicaciones industriales	68
<i>Topología de redes</i>	<i>69</i>
<i>Interconexión entre redes</i>	<i>71</i>
<i>Redes de comunicación industrial PRFIBUS.....</i>	<i>71</i>
<i>Redes de comunicación industrial ethernet</i>	<i>72</i>
<i>Redes de comunicación industrial PROFINET</i>	<i>72</i>
Comunicación inalámbrica.....	73
Comunicación inalámbrica	73
<i>Redes inalámbricas</i>	<i>73</i>
<i>Redes WLAN</i>	<i>75</i>
Arquitectura de la red	75
Ventajas de las redes WLAN	76
Interfaz hombre maquina	76
<i>Presentación de información.....</i>	<i>78</i>
<i>Elementos de diseño</i>	<i>79</i>
<i>Tipos de paneles HMI</i>	<i>79</i>
Capitulo III: Metodología.....	80
Filosofía de operación	80

<i>Modos de operación</i>	80
<i>Transportador</i>	80
<i>Puente grúa</i>	80
<i>Panel de control</i>	81
<i>Comunicación y control</i>	81
<i>Seguridades, advertencias e indicadores</i>	81
Selección de componentes del coche transportador	83
<i>Fuente de alimentación</i>	83
<i>Controlador lógico programable PLC</i>	85
<i>Módulos de señales</i>	88
<i>Variador de velocidad</i>	90
<i>Dispositivos de protección y componentes secundarios</i>	92
Topología del sistema a implementar en el coche transportador	94
Selección de componentes del puente grúa	95
<i>Fuente de alimentación</i>	95
<i>Controlador lógico programable</i>	96
<i>Módulo de señales</i>	98
<i>Dispositivos de protección y componentes secundarios</i>	98
Topología del sistema a implementar en el puente grúa	99
Selección de componentes de la red	100
<i>Panel de operación</i>	100

<i>Estación de carga</i>	104
<i>Punto de acceso (Access Point)</i>	105
<i>Antenas externas</i>	107
Topología de la red a implementar	108
Capitulo IV: Diseño e implementación	110
Coche transportador	110
<i>Circuito de control actual</i>	110
<i>Diseño del circuito de control</i>	111
<i>Metodología de operación</i>	113
<i>Diseño del programa del PLC</i>	115
<i>Diseño del nuevo circuito de control</i>	118
<i>Montaje de los elementos del circuito de control del transportador</i>	120
Puente grúa.....	121
<i>Circuito de control actual</i>	121
<i>Diseño del circuito de control</i>	122
<i>Metodología de operación</i>	124
<i>Diseño del programa del PLC</i>	125
<i>Diseño del nuevo circuito de control</i>	128
<i>Montaje de los elementos del circuito de control del puente grúa</i>	128
Interfaz HMI	130
<i>Diseño e implementación de la interfaz HMI</i>	130

<i>Interfaz del sistema de transporte</i>	131
<i>Interfaz del sistema de izaje</i>	132
Diseño y configuración de la red	133
<i>Direcciones IP de los dispositivos</i>	134
<i>Enlace y configuración entre Access Point</i>	134
<i>Enlace entre Mobile Panel 277 WLAN V2 y la red</i>	137
Capítulo V: Pruebas y Análisis de resultados.....	141
Sistema de transporte.....	141
Sistema de izaje.....	143
<i>Prueba de comunicación</i>	143
<i>Prueba de tiempos de respuesta para activación de movimientos</i>	145
Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones	147
Conclusiones.....	147
Recomendaciones.....	148
Bibliografía	150
Anexos.....	152

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Coche transportador 40 toneladas</i>	29
Figura 2 <i>Botonera del transportador</i>	30
Figura 3 <i>Variador de velocidad FR-A540</i>	32
Figura 4 <i>Trolley travel o carro</i>	34
Figura 5 <i>Carro de un puente grúa de doble viga</i>	35
Figura 6 <i>Control por botonera y carrete móvil</i>	38
Figura 7 <i>Mando por control remoto tipo botonera</i>	39
Figura 8 <i>Puente grúa de la central Agoyán</i>	40
Figura 9 <i>Ciclo de operación del PLC</i>	43
Figura 10 <i>PLC siemens 1200 con modulo centrales</i>	45
Figura 11 <i>PLC compacto M221</i>	46
Figura 12 <i>Acondicionamiento de entradas digitales</i>	48
Figura 13 <i>Acondicionamiento de señales analógicas</i>	49
Figura 14 <i>Lenguaje Ladder (KOP)</i>	52
Figura 15 <i>Lenguaje Grafcet</i>	53
Figura 16 <i>Máquina síncrona</i>	57
Figura 17 <i>Esquema de conexión de un generador síncrono</i>	57
Figura 18 <i>Motor serie de corriente continua</i>	59
Figura 19 <i>Motor Shunt</i>	59
Figura 20 <i>Motor Compound</i>	60
Figura 21 <i>Diagrama de bloques de un variador</i>	61
Figura 22 <i>Regulación de velocidad</i>	65
Figura 23 <i>Estructura general de un variador de velocidad</i>	68
Figura 24 <i>Estructura de red en forma de punto a punto</i>	69
Figura 25 <i>Estructura de red en forma de anillo</i>	70

Figura 26 <i>Clasificación de las redes inalámbricas</i>	74
Figura 27 <i>Esquema de una WLAN</i>	75
Figura 28 <i>Esquema general de un sistema automatizado</i>	77
Figura 29 <i>Método de comunicación entre dispositivos y HMI</i>	78
Figura 30 <i>Fuente de alimentación PM1207</i>	84
Figura 31 <i>Estructura externa del PLC S7 1200 1212C DC/DC/RLY</i>	87
Figura 32 <i>Diagrama de cableado CPU 1212C DC/DC/RLY</i>	88
Figura 33 <i>Módulo SM 1221</i>	89
Figura 34 <i>Módulo SM 1222</i>	89
Figura 35 <i>Selección de variador</i>	91
Figura 36 <i>Variador SINAMICS G120C con BOP-2</i>	91
Figura 37 <i>Topología del sistema de transporte</i>	94
Figura 38 <i>Fuente SITOP PSU200M</i>	95
Figura 39 <i>Conexión de PLC S7 1200 1215C</i>	97
Figura 40 <i>Módulo 1223 DC/ RLY</i>	98
Figura 41 <i>Topología del sistema de izaje</i>	99
Figura 42 <i>Mobil Panel 277 WLAN V2</i>	100
Figura 43 <i>Topología simple de red con mobile panel</i>	101
Figura 44 <i>Sistema coordinado del panel operador</i>	103
Figura 45 <i>Alcance del panel operador</i>	103
Figura 46 <i>Alcance del panel en el plano XZ</i>	104
Figura 47 <i>Estación de carga</i>	104
Figura 48 <i>Scalance W786-1 RJ45</i>	106
Figura 49 <i>Sinopsis de antenas</i>	107
Figura 50 <i>Topología de la red a implementar</i>	109
Figura 51 <i>Botonera del transportador</i>	110

Figura 52 <i>Circuito de control del coche transportador</i>	111
Figura 53 <i>Selector del tipo de mando del coche transportador</i>	112
Figura 54 <i>Diagrama de flujo general del sistema de transporte</i>	114
Figura 55 <i>Diagrama de flujo del sistema de transporte</i>	115
Figura 56 <i>Selección de PLC y módulos en el software</i>	116
Figura 57 <i>Variables del programa</i>	117
Figura 58 <i>Bloques de programa</i>	118
Figura 59 <i>Rediseño del circuito de control</i>	119
Figura 60 <i>Control del transportador</i>	119
Figura 61 <i>Disposición actual del tablero</i>	120
Figura 62 <i>Disposición del variador G120C en el tableo</i>	120
Figura 63 <i>Disposición del PLC, SM, relés auxiliares</i>	121
Figura 64 <i>Circuito actual</i>	122
Figura 65 <i>Intervención en el circuito actual del sistema de izaje</i>	123
Figura 66 <i>Diagrama de bloques de la pantalla principal</i>	124
Figura 67 <i>Diagrama de bloques de la selección de movimientos del puente grúa</i>	125
Figura 68 <i>Selección de dispositivos y módulos</i>	126
Figura 69 <i>Variables del sistema de izaje</i>	126
Figura 70 <i>Bloques del programa del puente grúa</i>	127
Figura 71 <i>Restricciones de movimiento</i>	128
Figura 72 <i>Tablero in intervención</i>	129
Figura 73 <i>Componentes de control, PLC y módulos</i>	129
Figura 74 <i>Componentes de conexión</i>	130
Figura 75 <i>Pantalla principal</i>	130
Figura 76 <i>Navegación del sistema de transporte</i>	131
Figura 77 <i>Navegación del sistema de Izaje</i>	133

Figura 78 <i>Creación de la red</i>	135
Figura 79 <i>Configuración del sistema de distribución Wireless scalance101</i>	136
Figura 80 <i>Configuración de scalance103</i>	136
Figura 81 <i>Configuración del sistema de distribución Wireless scalance103</i>	137
Figura 82 <i>Conexión entre Access Point</i>	137
Figura 83 <i>Configuración del panel 277 wlan</i>	138
Figura 84 <i>Estado de conexión del panel operador</i>	138
Figura 85 <i>Verificación de conexión y recepción inalámbrica</i>	139

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Datos técnicos del transportador</i>	30
Tabla 2 <i>funciones de la botonera de control del transportador</i>	31
Tabla 3 <i>Datos técnicos módulo PM1207</i>	84
Tabla 4 <i>Controlador S7-1200 DC/DC/RLY</i>	86
Tabla 5 <i>Características del variador Sinamics G120C</i>	92
Tabla 6 <i>Componentes auxiliares de implementación</i>	93
Tabla 7 <i>Características PLC 1200 1215 DC/DC/DC</i>	96
Tabla 8 <i>Características de la banda 2.4 GHz</i>	102
Tabla 9 <i>Estación de carga</i>	105
Tabla 10 <i>leds de Scalance W786</i>	106
Tabla 11 <i>Características Scalance W786-1 RJ45</i>	107
Tabla 12 <i>Características de la antena ANT795-4MR</i>	108
Tabla 13 <i>Entradas del PLC del transportador</i>	112
Tabla 14 <i>Salidas del PLC del transportador</i>	113
Tabla 15 <i>Direccionamiento de los dispositivos de la red</i>	134

Nomenclatura

PLC	Controlador lógico programable
AP	Punto de acceso
RJ45	Tipo de conector ara protocolo ethernet
HMI	Interfaz hombre maquina
IWLAN	Industrial Wireless Local Area Network
LAN	Local Area Network
WLAN	Wireless Local Area Network
ETHERNET	Protocolo de comunicación
SSID	Service Set Identifier
WDS	Wireless Distribution System
AWG	American Wire Gauge
DIN	Deutsche Institut Fur Normung
IP	Internet Protocol
DO	Digital Output
E/S	Entradas/Salidas
GHz	Gigahertz
Mbps	Megabits
RLY	Relay
VDC	Voltios Corriente Directa
VAC	Voltios Corriente Alterna

Resumen

Unos de los componentes fundamentales dentro de las aplicaciones industriales de la Central Agoyán perteneciente a la UNIDAD DE NEGOCIO HIDROAGOYAN constituye el coche Transportador y el sistema de izaje tipo exterior, usados en las instalaciones de Casa de Máquinas para la carga y movilización de diferentes partes constitutivas de las unidades generadoras. El choche transportador y sistema de izaje cuentan con motores trifásicos y tecnología de control basada en tiristores, además de componentes con más de 30 años de funcionamiento, siendo estos los componentes principales dentro de su funcionamiento. El diseño del nuevo sistema de control se lleva a cabo tomando en cuenta las señales disponibles en el variador de velocidad del coche transportador, las cuales son llevadas como señales de entrada hacia el PLC, el autómata gobierna en todo momento el proceso de acuerdo a las entradas e instrucciones proporcionadas a través del Panel Móvil o HMI inalámbrico. El sistema de izaje cuenta con tecnología de control precaria para la actualidad, siendo el caso de implementación la utilización de estos elementos para el control de los movimientos del puente grúa con la implementación de PLC. La comunicación entre PLC y Access Point se realiza de manera cableada mediante un conector RJ45 comunicándose mediante protocolo ethernet; mientras que la comunicación entre el hmi mobile panel 277f iwlan se la realiza mediante la construcción de una red WLAN. La implementación del nuevo sistema de control se lleve a cabo tomando en cuenta característica de la casa de máquinas, topología del sistema de comunicación, movimientos del puente grúa, carro y ganchos. La tecnología inalámbrica SIEMENS nos garantiza una comunicación segura y confiable entre los elementos de recepción y transmisión dentro del ambiente industrial evitando que los sistemas a controlar colisionen y provoquen accidentes.

Palabras clave: PLC, hmi, iwlan, wlan, tecnología inalámbrica, puente grúa, centrales hidroeléctricas.

Abstract

One of the fundamental components within the industrial applications of the Agoyán Power Plant belonging to the HYDROAGOYAN BUSINESS UNIT is the conveyor car and the external hoisting system, used in the Power House facilities for the loading and mobilization of different parts of the generating units. The conveyor car and hoisting system have three-phase motors and control technology based on thyristors, in addition to components with more than 30 years of operation, being these the main components within its operation. The design of the new control system is carried out taking into account the signals available in the variable speed drive of the conveyor car, which are carried as input signals to the PLC, the PLC governs the process at all times according to the inputs and instructions provided through the Mobile Panel or wireless HMI. The hoisting system has precarious control technology for today, being the case of implementation the use of these elements to control the movements of the bridge crane with the implementation of PLC. The communication between PLC and Access point is done in a wired way through a RJ45 connector communicating through ethernet protocol; while the communication between the hmi mobile panel 277f iwlan is done through the construction of a WLAN network. The implementation of the new control system is carried out taking into account the characteristics of the powerhouse, topology of the communication system, movements of the bridge crane, trolley and hooks. The SIEMENS wireless technology guarantees a safe and reliable communication between the receiving and transmitting elements within the industrial environment avoiding that the systems to be controlled collide and cause accidents.

Key words: PLC, hmi, iwlan, wlan, wireless technology, bridge crane, hydroelectric power plants.

Capítulo I

Marco metodológico de la investigación

Planteamiento del problema

La central Hidroeléctrica Agoyán, posee un sistema de transporte y de izaje, los cuales constan de motores trifásicos, tableros de control, contactores, relés, tiristores, estos dos sistemas son necesarios para los mantenimientos preventivos y correctivos en casa de máquinas ante una eventual intervención en las unidades generadoras donde sea necesario el montaje, y transporte de equipos, repuestos y materiales de gran magnitud, pudiendo transportar elementos de 40 toneladas e izar otros de hasta 150 toneladas.

Los procesos de transporte e izaje cuentan con alta probabilidad de mejora, debido a que en su estructura cuentan con elementos compatibles para una eventual modernización, el sistema de control inalámbrico presenta facilidades de adaptación, versatilidad y robustez con el sistema de control actual.

Las variables del proceso no tienen ningún nivel de monitoreo, pudiendo provocar accidentes laborales o problemas en el patio de maniobras de casa de máquinas. Sin embargo, con la implementación del nuevo sistema de control se prevé alertar a los operadores y personal de la central sobre la ubicación y comportamiento de estos sistemas.

Los posibles fallos del sistema de transporte y de izaje no son visibles al ojo del operador, aumentando el tiempo de mantenimiento de esos sistemas; debido a la lógica que emplean estos sistemas es imposible mostrar alarmas que detallen el fallo de elementos importantes que reduzcan su funcionamiento y eficiencia.

El área de trabajo y manipulación de estos sistemas por parte del operador se limitan a escasos metros de estos, pudiendo provocarles graves accidentes; mediante la implementación del sistema de control inalámbrico el operador se mantendrá a una distancia prudente para manejar el transportador o el sistema de izaje, reduciendo en gran parte el riesgo de accidentes. Además de permitir un mayor control y supervisión del proceso.

Antecedentes

Los procesos industriales en la actualidad presentan una variedad de innovaciones, siendo una de ellas la presencia de protocolos de comunicación. En el área industrial es necesario equipos que brinden capacidad de respuesta rápida, robustes y facilidad de manejo; el control de procesos en la actualidad ocupa el mayor espacio en la industria 4.0, generando mayor confiabilidad a sus operadores. La automática se define como un conjunto de métodos y procedimientos que pueden sustituir a un operario tanto en tareas físicas o mentales previamente programadas. La automatización es la aplicación de la automática al control de procesos industriales (Pere Ponsa & Vilanova Arbos , 2005)

La supervisión del sistema de izaje y transporte de casa de máquinas de la central Agoyán generalmente necesita que las personas que intervengan estos sistemas posean conocimientos al menos básicos en control industrial y lógica cableada, además del mantenimiento de contactores, relés de protección, y demás elementos eléctricos y electrónicos de niveles de tensión de 48 V. hasta 480 V.

En la actualidad la casa de máquinas de la central cuenta con un transportador de 40 toneladas y un puente grúa de capacidad máxima de 150 tonelada, estos sistemas han permanecido sin intervención de su funcionamiento por más de 25 años, lo que en su posterior ejecución podrían causar fallas en sus equipos internos, provocando que queden en desuso hasta su reparación. En casa de máquinas de la central Agoyán se programan mantenimientos trimestrales, semestrales y anuales, en donde por lo general se necesita del perfecto funcionamiento de estos sistemas además de una eventual emergencia.

La operación actual del sistema de izaje permite realizar múltiples operaciones al mismo tiempo, lo que provoca un aumento en la corriente de consumo por la actuación de varios componentes internos. Este comportamiento hace que a largo plazo los mismos componentes de control se deterioren.

El nuevo sistema de control permitirá una manipulación fácil para el personal a cargo protegiendo su integridad al poder manejarlo lejos de potenciales riesgos de accidentes.

En la actualidad los dispositivos de comunicación iwlan y wlan han ido mejorando su capacidad de proveer mayor capacidad de conexión, flexibilidad en protocolos de comunicación y redes industriales además de su robustez y fácil configuración.

El puente grúa puede ser manipulado desde una cabina ubicada en la parte lateral del puente, y desde una botonera colgante, sin embargo, en casos en los que se manipula componentes de gran magnitud, el manejo desde estos puntos se hace riesgoso.

Justificación e importancia

La manipulación de los sistemas de izaje y transporte se ve limitada ya que estos solo cuentan con un control por botonera y de una cabina de control en el caso del puente grúa, esto podría en ocasiones aumentar el riesgo de sufrir accidentes al momento de transportar cargas de mayores dimensiones, sin importar su peso.

El mayor grado de libertad por parte del operador hace que este tenga mayor visibilidad sobre el objeto y evite en ciertas ocasiones provocar accidentes.

El proyecto permitirá involucrar avances tecnológicos, los métodos de control y manejo de los sistemas involucrados, además implementará sistemas de comunicación en base a los avances tecnológicos de vanguardia, distinguiendo este proyecto por sus notables innovaciones.

La Corporación Eléctrica del Ecuador actualmente considera la modernización de sus centrales y sus diferentes sistemas, en base a este criterio se empleará componentes actualizados, permitiendo que la funcionalidad de los sistemas intervenidos no se vea afectada.

El nuevo sistema a implementarse solamente permitirá que se realice un movimiento a la vez, evitando que los operadores en ocasiones manipulen el puente y los ganchos al mismo tiempo, siendo esta una de las causantes de la causa de accidentes laborales en labores que implican este tipo de herramientas.

Objetivos

Objetivo general

Modernizar el sistema de izaje y transporte de casa de máquinas de la central Hidroeléctrica Agoyán mediante un sistema de control inalámbrico

Objetivos específicos

- Estudiar el funcionamiento, características y estado actual del sistema de izaje y transporte.
- Realizar la comparación entre los dos sistemas de control, anterior y nuevo para comparar tiempos de trabajo del proceso.
- Seleccionar los dispositivos que presenten las prestaciones necesarias para mejorar el proceso al monitorear en tiempo real las variables de interés.
- Diseñar la topología de red adecuada para el nuevo sistema de control utilizando el HMI, el PLC y el punto de acceso.
- Diseñar el control inalámbrico necesario para alertar al operador sobre posibles fallos en el proceso y reducir tiempos de ejecución al modificar parámetros del variador.
- Implementar un sistema de control inalámbrico para el sistema de izaje y de transporte de casa de máquinas de la central hidroeléctrica Agoyán.
- Dotar al personal técnico y de operación de casa de máquinas de un manual de operación del sistema a implementarse, para su posterior mantenimiento y manipulación.

Capítulo II

Marco Teórico

Coche transportador

En transporte de cargas de hasta 40 toneladas en casa de máquinas se emplea un equipo transportador, el traslado desde el pozo de cables al acceso más cercano del puente grúa de equipos, herramientas y repuestos es de vital importancia para los mantenimientos de las dos unidades de la central Agoyán.

Su diseño compacto y control de movimiento, permite la manipulación del transportador, sin embargo, el mando cableado no permite el libre tránsito del operador para verificar que las cargas transportadas causen daños a externos.

En la figura 1 se muestra el equipo transportador de casa de máquinas de la central Agoyán, este equipo de la marca Sanuki que se desplaza sobre dos rieles está construido estructuralmente por planchas de acero de hasta 40 mm., cuenta con dos motores de 480 V., los mismos que están acoplados a una caja reductora de velocidades; además cuenta con medios luminosos y acústicos para evidenciar su avance.

Figura 1

Coche transportador 40 toneladas



Su diseño compacto y control de movimiento, permite la manipulación del transportador, sin embargo, el mando cableado no permite el libre tránsito del operador para verificar que las cargas transportadas causen daños a externos.

En la figura 2 se muestra la botonera de control del coche transportador, este mando consta de 5 botones, On, off, forward, backward, buzz.

Figura 2

Botonera del transportador



Componentes del coche transportador

El coche transportador (figura 1) está constituido por dos motores trifásicos de 480 voltios a 60 Hz tabla 1. Los motores están distribuidos lateralmente, permitiendo que el movimiento y sincronización de coche sea óptima.

Tabla 1

Datos técnicos del transportador de 40 toneladas

Variable	Valor
Carga nominal	40 t
Alimentación	480 V trifásico
Frecuencia eléctrica	60 Hz
Velocidad de avance	15 m/ min

Variable	Valor
Potencia por motor	1.5 KW
Velocidad síncrona	85 rpm

Nota. En la tabla 1 se muestran las características principales del coche transportador de casa de máquinas de la central Agoyán. Recuperado de la biblioteca de archivos de CELEC- EP Hidroagoyán.

Las ruedas cuentan con un diseño apropiado para evitar el descarrilamiento del coche, el mando de control está acoplado alámbricamente al tablero de control del coche y cuenta con un carrete para evitar enredar el maso de cables, permitiendo la manipulación del control a una distancia de hasta 5 metros. La funcionalidad de la botonera se muestra en la tabla 2.

Tabla 2

Funciones de la botonera de control del transportador

Botón	Función
On	Energiza el tablero de control
Off	Desenergiza el tablero de control
F	Avance adelante
B	Avance atrás
BZ	Sirena

Nota. En esta tabla se muestra las funciones que se pueden realizar por medio de la botonera del coche transportador. Tomado de la biblioteca de archivos de CELEC- EP Hidroagoyán.

El coche transportador (figura 1) cuenta con un variador de frecuencia (figura 3) de la marca Mitsubishi para el control de velocidad y frenado en el accionamiento de los motores.

Figura 3*Variador de velocidad FR-A540*

Nota. En la figura 3 se muestra el variador de velocidad montado en el coche transportador.

Movimientos del coche transportador

La distancia que recorre el coche transportador desde el pozo de cables hasta el punto más cercano del puente grúa es de aproximadamente 30 metros. Pudiendo manipularse solamente longitudinalmente (norte- sur, viceversa) hacia adelante y atrás, desplazándose por los rieles montados en el piso principal. Para lograr este movimiento hace uso de los dos motores dispuestos en su constitución.

Tipos de mando del coche transportador

El coche transportador cuenta solamente con un control por botonera (5 botones) dispuesto en una caja única, para este caso el operador deberá estar a una distancia no mayor a 5 metros.

Puente grúa

Los puentes grúas son equipos de grandes dimensiones que generalmente se emplean para el transporte de objetos de grandes dimensiones, en base al peso de transporte diseñado. Algunos están compuestos por dos ganchos, uno para cargas “livianas” y otros para grandes cargas, en este caso de estudio, el puente grúa cuenta con un gancho auxiliar de hasta 15 toneladas y un gancho principal con el que se puede elevar cargas de hasta 150 toneladas.

El puente grúa consta de doble viga, en sus terminaciones se disponen dos carros testeros sincronizados perfectamente, estos a su vez transmiten el movimiento hacia las ruedas de doble pestaña para el libre tránsito del puente grúa a lo largo de los rieles.

El bridge travel o puente grúa consta de dos motores para producir su movimiento, los motores son alimentados a un nivel de tensión de 480 V a 60 Hz, los motores de inducción trifásicos de 8.5 KW transmiten su movimiento a las ruedas de doble pestaña de manera directa y la detención del puente grúa se logra aplicando freno magnético a sus motores, consta de velocidad alta y baja, el control de velocidad se produce en la Unidad de Control Automático.

Forma parte del puente grúa un trolley travel o carro eléctrico (figura 4) que se monta sobre los rieles de las vigas del puente grúa, evitando el posible encarrilamiento. En este caso el carro dispone de dos polipastos, uno para el gancho auxiliar y el otro para el gancho principal, pudiéndose mover a lo largo de las vigas del puente grúa, en este caso en dirección de este a oeste o viceversa. El carro cuenta con un motor de inducción trifásico de 6 polos de 6.3 KW y cuenta con frenado magnético para la detención de su movimiento, se puede mover a dos velocidades, alta y baja.

En la figura 4 se muestran también los polipastos auxiliar y principal, estos cuentan con una ventaja para la carga de elementos y equipos sin un mayor esfuerzo mecánico, el izaje de los polipastos recorre distancias de hasta los 50 metros, pudiendo llegar hasta los lugares más bajos de la casa de máquinas de la central.

Figura 4

Trolley travel o carro



Nota. En la figura 4 se muestra el carro del puente grúa, este elemento permite los movimientos de este a oeste. Tomado de casa de máquinas de la central Agoyán.

El puente grúa cuenta de una cabina ubicada a un costado de los testeros para su manipulación y control, en ella se puede mover libremente el puente en dirección norte – sur, manipular el carro en dirección este – oeste, y controlar el izaje de los ganchos principal y auxiliar. Desde la cabina de operación se encuentra ubicado el selector principal para poder manipular el puente grúa desde cabina o desde la botonera.

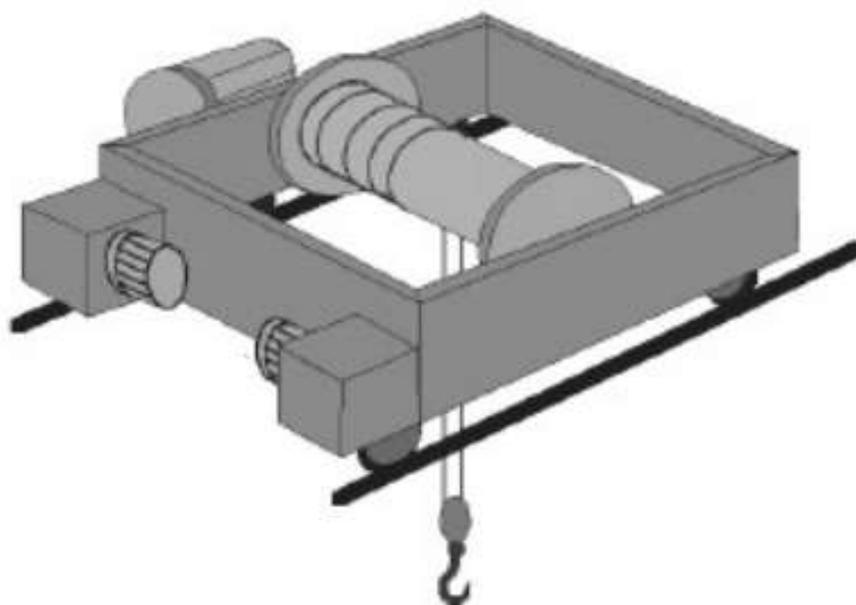
Actualmente el mando que más se utiliza en estos sistemas de izaje y transporte es aquella que cuenta con un mando de operación a distancia y se activa desde un lugar cercano a los sistemas por medio una botonera conectada directamente al tablero de control, cuenta con cierta cantidad de cable para su operación, limitando el grado de libertad del operador.

Componentes del puente grúa

Los puentes grúa cuentan con mecanismos para el izaje de los elementos, disponen de motores eléctricos, convertidores de par, y mecanismos de poleas para la lograr elevar y descender elementos con el menor esfuerzo mecánico posible, los cables de los malacates son generalmente de acero y presentan varios diámetros diseñados para distintas cargas, figura 5.

Figura 5

Carro de un puente grúa de doble viga



Nota. En la figura 5 se muestra el malacate del gancho principal, la caja reductora, generalmente se montan en el carro del puente grúa, el movimiento del carro es posible gracias a dos motores dispuestos uno en cada viga.

El puente grúa cuenta con un sistema de barras y escobillas para poder alimentar los tableros de control mientras el puente se encuentra en movimiento.

El puente se desplaza por un camino de rodadura construido principalmente por barras de acero semejantes a los rieles de un tren, esto hace que su andar sea propicio para el

desplazamiento de los equipos en carga. Los rieles se disponen de manera longitudinal y paralelos para evitar descarrilamiento de las ruedas de doble ceja. (Rodríguez Planas, 2009)

El mando de control del puente grúa cuenta con una manguera de cables de aproximadamente 15 metros conectado a la botonera principal de mando, en ella se selecciona las velocidades y direcciones de los movimientos del puente grúa.

Actualmente los dispositivos de carga e izaje cuentan con control de mando por radio frecuencia, estos son dispositivos electrónicos que permiten la manipulación del puente grúa a grandes distancias y sin la necesidad de un medio cableado para la interconexión entre emisor y receptor.

Los elementos de advertencia son necesarios en estos sistemas de izaje, cuentan generalmente de dispositivos acústicos y visuales que advierten el movimiento del puente, carro y ganchos.

Los tableros de control se dividen en tensión a nivel de 480 voltios, 127 voltios y 48 voltios, los distintos niveles de tensión sirven para alimentar elementos eléctricos de fuerza y de control e iluminación.

Movimientos del puente grúa

El movimiento longitudinal del puente-grúa se lleva a cabo mediante la traslación de la viga principal a lo largo de los carriles elevados. En la gran mayoría de los casos, la rodadura es por ruedas metálicas sobre carriles también metálicos (Mercado, 2016)

La casa de máquinas de la central Agoyán está dispuesta en dirección norte – sur, es decir que el movimiento longitudinal del puente se realiza en esta dirección.

El carro en vista que la disposición del puente es de norte a sur, se evidencia que su movimiento se hará en direcciones este – oeste y viceversa, o de izquierda a derecha. El carro se dispone sobre la doble viga que constituye el puente. Al igual que el puente el carro cuenta con ruedas metálicas de doble cejas montadas en los rieles de las vigas.

Para la elevación del gancho principal y auxiliar se hace el uso de los polipastos, provocando el movimiento vertical del puente grúa. El cableado del malacate del gancho está sujeto en uno de sus extremos a una polea fija giratoria, permitiendo que el cable de sujeción de los ganchos solo se desenrolle de los malacates.

El puente grúa permite que los movimientos longitudinal, transversal y vertical se hagan al mismo tiempo en función de las necesidades del operador, además de seleccionar las distintas velocidades de los mismos.

Velocidades de traslación

Los parámetros de aceleración y desaceleración deberán estar totalmente coordinados y relacionados con las velocidades que ofrezcan los motores por medio de las cajas reductoras, sin embargo, el control de velocidad de algunos motores se logra implementando una unidad de control automático.

Es recomendable que para garantizar el avance y detención del puente grúa se aplique no más del 80% de la velocidad de los motores a plena carga.

En el caso del puente grúa de la central Agoyán, los motores cuentan con una unidad de control automático para limitar la velocidad de los motores a un 25 %.

Tipos de mando del puente grúa

Los puentes grúa se utilizan en varias áreas de la industria, en ocasiones en ambientes hostiles que presentan fenómenos naturales como lluvia, viento. De acuerdo a su aplicación y condiciones se emplean distintos modos de control.

Mando por botonera. El puente grúa dispone de un cable de que cuelga desde el puente grúa a una distancia próxima al suelo y al operador, este cable se conecta directamente a la botonera donde se realizará el control de los movimientos del carro, puente y ganchos.

Este tipo de mando permite a los operadores dirigir las cargas sustentadas en los ganchos hacia su lugar de desembarque, teniendo en consideración una distancia de seguridad entre el operador y el objeto transportado. El cable cuenta con un carrete que recorre a lo largo

de la viga frontal del puente grúa, y permite que la botonera avance de manera transversal conforme se mueve el puente (Instituto Navarro de Salud Laboral, 2003) Figura 6.

Figura 6

Control por botonera y carrete móvil



Nota. En la figura 6 se muestra la disposición del mando por botonera y el carrete dispuesto en una de las vigas del puente, en este caso el carrete cuenta con ruedas que a manera de riel se desplazan transversalmente por el puente grúa.

Mando por control remoto. El transporte de equipos y maquinaria en casa de máquinas de la central Agoyán no está libre de zonas de peligro, el espacio de tránsito de casa de máquinas puede presentar puntos ciegos en algunos sectores, cuando se realiza los mantenimientos de las unidades generadoras se procede a retirar las tapas del piso principal, pudiendo convertirse en sectores de alto riesgo de accidentes. El mando por control remoto permite que el operador pueda transitar a su libre elección a lo largo del piso principal, sin necesidad de estar cerca del puente grúa, brindando además de mayor control y supervisión de los elementos a transportar.

Las presentaciones de este tipo de control van desde una especie de botonera portátil hasta un panel inalámbrico. El uso de estos dispositivos dependerá de la satisfacción de los operadores figura 7.

Figura 7

Mando por control remoto tipo botonera



Nota. El mando por control remoto permite desplazarse al operador por vario sitios, permitiendo un monitoreo de las cargas transportadas.

Mando desde cabina. Los puentes grúa cuentan con una opción de mando y control para sus movimientos, el puente grúa de casa de máquinas de la central cuenta con un selector principal para seleccionar si el control se realiza por la botonera o desde la cabina, la cabina se cuelga desde una de las vigas del puente.

En la cabina se permiten seleccionar los movimientos del puente y carro, y el izaje de los ganchos, en el panel de control se muestra un voltímetro y amperímetro analógico para evidenciar que el sistema está en operación, muestran indicadores luminosos y un paro principal de emergencia, para poder desenergizar los tableros del puente grúa.

En la figura 8 se muestra el puente grúa de la central Agoyán, la cabina cuelga de una de las vigas y avanza en conjunto con el puente.

Figura 8

Puente grúa de la central Agoyán



Nota. El puente grúa de la central cuenta con un control por botonera y mando por cabina

Controlador lógico programable

Los procesos de la industria en actualidad necesitan de equipos capaces de manejar instrucciones de manera rápida y eficaz, los controladores lógico programables (PLC) cuentan con estas prestaciones.

Un controlador lógico programable (PLC) es una especie de computadora industrial electrónica capaz de responder de manera eficaz a las instrucciones necesarias para realizar una tarea determinada, los PLC ayudan a dar soluciones tecnológicas en materia de la industria mediante la automatización de procesos.

Un PLC es un equipo industrial que genera un sin número de instrucciones, estas instrucciones se escriben en un lenguaje de programación no computacional, las instrucciones del programa del PLC pueden ser monitoreadas en tiempo real por el programador para

evidenciar que la instrucción se cumpla a manera de satisfacer las necesidades propias del proceso a automatizar.

El controlador lógico programable tiene la ventaja de retroalimentarse e ingresar información a sus líneas de instrucción mediante la implementación de sensores, estos deberán si es el caso, acondicionar la señal a ingresar para que esta pueda ser leída por el PLC, las instrucciones del PLC permitirán actuar sobre los elementos de acción del sistema a automatizar. Físicamente un PLC cuenta con un conjunto de entradas y salidas utilizables en el programa de control.

Un PLC puede realizar un conjunto de operaciones necesarias para el control de procesos automatizados, dentro de su estructura interna de control, permite el uso de registro y almacenamiento de datos, contadores, temporizadores, operaciones matemáticas, todos estos eventos se los puede realizar o no, de manera secuencial con la aplicación de la lógica de control.

La estructura externa e interna con la que está construido el PLC, permite que este sea utilizado en ambientes con presencia de altas temperaturas, vibraciones, impacto, ruido y perturbaciones, sin que esto afecte su funcionamiento.

La Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA), un PLC es un Instrumento electrónico, que utiliza memoria programable para guardar instrucciones sobre la implementación de determinadas funciones, como operaciones lógicas, secuencias de acciones, especificaciones temporales, contadores y cálculos para el control mediante módulos de E/S analógicos o digitales sobre diferentes tipos de máquinas y de procesos (NEMA, 2020)

Una de las ventajas más importantes de los PLC es que a la hora de implementar proyectos de automatización, permite la comunicación entre controladores, ordenadores, sistema SCADA, en una determinada red. Se facilita las tareas de los operadores en la industria, evitando la repetitividad de las operaciones por parte de ellos, y haciendo que el controlador aprenda de manera programada una acción y la repita de ser el caso, en ocasiones

estas actividades conllevan un alto riesgo para los operadores pudiendo causar lesiones físicas.

Principio de funcionamiento

Al comenzar el ciclo de funcionamiento y puesta en marcha del programa del PLC, este realiza un trabajo interno en la memoria, para poder detectar errores en la programación, secuencias no válidas, siendo a su vez algo imperceptible para el usuario. Este ciclo se denomina “ciclo de mantenimiento”.

Un PLC cuenta con módulos de entradas y salidas, así como módulos de comunicación, sin embargo, un PLC lee de manera primordial las entradas utilizadas en la programación para tomar decisiones en base a la programación, en ocasiones las señales de entrada deberán primero ser transformada a valores que puedan ser leídos por el PLC. Este paso se denomina actualización de entradas. (Performance centered Adaptive - ERASMUS, 2016)

Con el PLC en estado “RUN” la CPU ejecuta el programa previamente cargado por el programador si el operador así los requiere, el programa se ejecuta todas las instrucciones programadas generando nuevas señales de salida para efectuar las tareas del proceso, entre las tareas esta la activación de motores, relés, luces indicadoras, al igual que el paro de las mismas. Figura 9

Figura 9

Ciclo de operación del PLC



Nota. En la figura 9 se muestra el ciclo de funcionamiento de los PLCs, se debe cumplir condiciones para el arranque e inicio del programa, lectura de datos de entrada, ejecución del programa y actualización de salidas.

Aplicaciones de los PLCs

La gran versatilidad de los PLC y su rápida respuesta ante eventos hace que su aplicación busque solucionar este problema en donde el tiempo y respuesta de acción sea primordial, en la industria del vidrio se necesita el control de abastecimiento de material, control de posicionamiento y calidad, así como el almacenamiento de registros de producción.

La velocidad de procesamiento de instrucciones del programa hace que algunos PLCs se puedan utilizar en la industria del papel, permitiendo que la producción de libros, periódicos a gran escala. (SICMA21, 2021)

El manejo de recetas para la producción de material en la industria cementera, implica, la mezcla de materia prima, influyendo en la calidad del producto final las proporciones de sus

componentes, el manejo de cantidades y precisión de datos de las variables se controla usando un PLC y sus sensores o actuadores.

Estructura general de los PLC

Los PLCs para su funcionamiento necesitan de una fuente de alimentación que garantice los niveles de voltaje y corriente requeridos por el PLC y de sus módulos, el PLC S7 1200 de la marca siemens ocupa una fuente de alimentación de 24 Voltios en DC.

El componente principal del PLC es la unidad central de procesamiento (CPU), en donde se realiza todas las instrucciones del programa del PLC, está basado en un microprocesador que permite realizar las operaciones lógicas de control, el CPU tiene la función de buscar errores en el PLC de manera constante para evitar el mal funcionamiento a posteridad.

La transferencia de información por parte del PLC hacia los distintos módulos es mediante los buses de comunicación.

- La transferencia de información por parte de los componentes individuales del proyecto se realiza por medio del bus de datos.
- Algunos datos e información se guardan en direcciones específicas del programa lo que conlleva a que cuando sea necesario su uso, estas puedan ser utilizadas invocando su dirección, se accede por medio de un bus de direcciones.
- Los componentes internos del PLC en ocasiones son utilizados para comandar instrucciones el bloque del programa, siendo necesario que la comunicación entre este tipo de señales sea posible por el bus de control.
- En la actualidad existen PLCs modulares, los cuales permiten agregar módulos de entradas y salidas digitales, analógicas, módulos de comunicación, entre otros. La comunicación entre estos es posible mediante el bus de sistema.

Los módulos de un PLC son necesarios para ampliar la funcionalidad del mismo en una determinada tarea, dependiendo de su uso y aplicación serán necesarios módulos de comunicación, módulos de entradas y salida ya sean estas digitales, analógicas, salidas tipo relé, además de salidas para los protocolos de comunicación del PLC.

Los módulos de entradas y salidas se ocupan en el caso en que el PLC necesite ampliar el número de variables a leer o escribir, en algunas ocasiones la lectura de variables medidas por los sensores no son del mismo tipo que las entradas propias del PLC, en ese caso se necesitará un módulo adicional que sea capaz de entender su valor. Figura 10.

en la actualidad la industria ha ido evolucionando con forme la tecnología avanza, y al igual que ella, los métodos que se emplean para permitir la comunicación entre autómatas, autómatas- HMI, autómatas – SCADA; los algunos PLCs no cuentan con una ranura para la comunicación por cada uno de los protocolos, en este caso se emplea un módulo específico para enlazar y comunicar; los protocolos más usados en la industria son: Modbus RTU, Modbus TCP, Profibus, Profinet, Ethernet/IP (Andhurta, 2019)

Figura 10

PLC siemens 1200 con modulo centrales



Nota. Los PLCs cuentan en la actualidad con módulos de entradas y salidas, módulos de comunicación, entre otros, que permiten aumentar la funcionalidad del mismo para diversas aplicaciones en la industria 4.0.

Tipos de PLCs

PLC compactos. Se denomina PLC compacto porque en su estructura trata de incorporar la mayor cantidad de módulos, reduciendo de manera significativa el espacio empleado para su montaje, generalmente están integrados por la CPU, módulos de entradas y salidas, canales de comunicación. La limitación de este tipo de PLCs es que no tiene la capacidad de ampliación, el número de entradas y salidas y sus módulos, viene dada por el fabricante. Figura 11.

Figura 11

PLC compacto M221



Nota. En la figura 11 se muestra un PLC compacto e la marca Schneider, cuenta con 1 puerto Modbus, 1 puerto Ethernet, 1 puerto USB, módulos integrados de entradas y salidas.

PLC Modulares. La versatilidad de este tipo de PLCs es muy amplia ya que permite que las funciones de fabrica puedan extenderse de manera casi indefinida, cumpliendo con las necesidades del sistema a automatizar, los módulos se agregan al PLC mediante una comunicación por BUS, la operación de este tipo de PLCs es bajo el modo de multitarea. En su mayoría son usados para el control, monitoreo, regulación, procesamiento de datos, manejo de los mismo, comunicación y servicio web, entre otros; la expansión múltiple hace que sea necesaria dimensionar el tablero de control ante una eventual expansión de sus módulos (figura 10). (Performance centered Adaptive - ERASMUS, 2016)

Entradas y Salidas

Son los elementos de mayor importancia para un PLC, ello se encarga de realizar un vínculo físico entre el PLC y el automatismo, en el caso de las entradas son aquellas que emiten un valor de una variable determinada para que el PLC pueda leer e interpretar en el código del programa. En cambio, las salidas son los elementos que actúan a conveniencia del programa del PLC, es decir que activan o desactivan un circuito, relé, o accionamiento de un proceso.

Las entradas y salidas se clasifican en digitales, analógicas, especiales e inteligentes.

Los PLC también se pueden clasificar de acuerdo al número de entradas y salidas que contienen en su estructura, se dice que un PLC es micro cuando posee menos de 64 entradas y salidas, mediano si tiene menos de 1024 entradas y salidas, y grandes si poseen más de 1024 entradas y salidas.

Los dispositivos de entrada y salidas son necesarios para poder interactuar en tiempo real el PLC con el medio al que está controlando, leyendo variables de temperatura, presión, longitud, volumen, presencia entre otras. Los sensores son ideales para establecer lectura de estas condiciones para enviarlas al PLC.

Una vez el PLC haya recibido o interpretado las condiciones del medio, este puede enviar señales de salida hacia los actuadores, modificando el estado de alguna variable, son

dispositivos de salida los contactores de un motor, electroválvulas, relés, indicadores luminosos.

En algunos casos las variables leídas o de entrada se interpretan en niveles de tensión distinta, por lo que, es necesario acondicionarlas a valores que sean posibles ser leídos por el PLC, algunos módulos de entradas y salidas prestan este servicio, lo que hace más fácil el trabajo del programador.

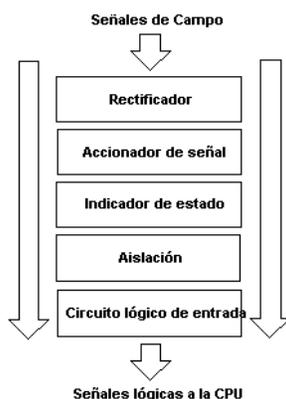
Entradas digitales. Llamadas también variables discretas, son aquellas que tienen dos estados de funcionamiento: On – Off, estos estados a su vez pueden ser interpretados por el PLC como valores de 1 para On, y 0 para Off, también llamadas binarias.

Los PLC interpretan estas señales como valores de tensión, cuando detecta presencia de tensión toma un valor de 1, mientras que si no detecta tensión el valor será de 0. Los PLC también pueden clasificarse en base a este criterio, en algunos casos los PLC leen valores en DC, y estos van desde los 5Vdc hasta los 48Vdc, mientras que otros PLC leen valores de 110Vac a 220 VAC.

Las señales de entrada para los PLC en ocasiones necesitan de un tratamiento para poder ser leídas con facilidad, para después mediante la programación interna este pueda tomar acciones por sí solo. Figura 12.

Figura 12

Acondicionamiento de entradas digitales.

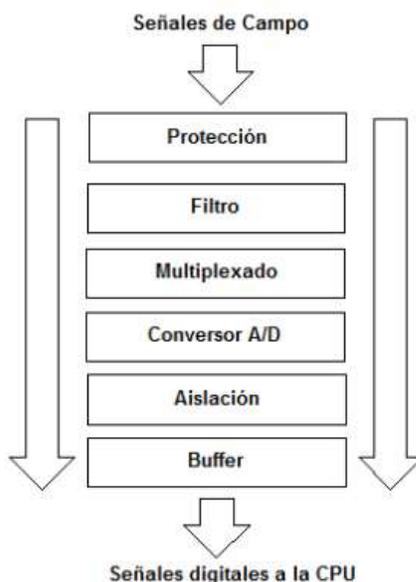


Nota. Las señales de entrada para por un estado de rectificación en donde se elimina el ruido y cualquier otra perturbación que pueda influir en la lectura de la variable. Luego se acondiciona a valores que puedan ser leídos por el PLC, son leídos por la memoria del PLC tomando valores de 0 o 1, se utilizan en la lógica de programación para poder tomar acciones y cambiar o no el estado del proceso controlado.

Entrada analógica. Al igual que las señales digitales, las analógicas pueden tomar valores de voltaje o corriente en DC o AC, los rangos que pueden tomar estos son: de 4 a 20 mA, 0 a 5V, o de 0 a 10V. Estos valores al ser leídos tendrán que ser convertidos a valores que puedan ser interpretados por el PLC. En la actualidad existen módulos que pueden traducir este tipo de señales y cambiarlos a números legibles por el controlador, los sensores son capaces de poder leer variables de velocidad, tensión temperatura, velocidad, aceleración, presión, posición. Figura 13.

Figura 13

Acondicionamiento de señales analógicas



Las señales analógicas al variar en base al tiempo de manera indeterminada, necesitan de otros sistemas que permitan su lectura para su posterior uso.

Para poder interpretar estas señales es necesario tener elementos de protección que sean capaces de proteger los módulos de eventos por cambio de polaridad, o lectura de variables fuera del rango permisible por el PLC.

El filtro analógico elimina las perturbaciones como el ruido, que pueden ocasionar una lectura errónea de la variable medida, pudiendo provocar que las acciones que tome el autómata sean erróneas al proceso controlado.

El proceso de multiplexado consiste en un selector que envía un canal de entrada a la vez al conversor análogo digital.

Los autómatas no tienen la capacidad de leer valores de corriente, voltaje, presión, temperatura, o de cualquier otra variable, sin embargo, con la ayuda del conversor análogo digital, este transforma esos valores en números binarios, capaces de ser leídos por el autómata e interpretarlos a su conveniencia.

Salida a relé. La industria por lo general está compuesta por cargas inductivas, sin embargo, también existen las capacitivas y resistivas, los motores eléctricos son los que mayormente se utilizan, por lo que el tipo de salidas a relé son las más adecuadas para controlar estas cargas.

Se puede llegar a implementar cargas en corriente continua o alterna, pero se deberá tener en cuenta que la corriente que suelen soportar no deberá exceder los 2 amperios.

En este tipo de instalación se debe tener en cuenta que las cargas inductivas presentan en ocasiones problemas por corrientes envolventes, remanentes que pueden provocar el retorno de las misma a la salida del autómata, pudiendo alcanzar hasta 30 veces el valor de su corriente nominal, por lo general se emplean diodos, tiristores u otros circuitos de protección.

Se llama salida a relé porque el autómata cuenta con este dispositivo implantado en su estructura interna, cuando el programa del PLC se inicia, y por alguna razón toma una acción, este provoca que se aplique tensión a la bobina del relé y este se active, provocando que se

alimente a la carga conectada, cuando el programa cancele esta acción también hará lo mismo con el relé, desactivando a su vez los contactos del mismo. (Electrica y mecanismos, 2016)

Salida analógica. Las salidas de los autómatas por lo general van hacia el control de actuadores de tipo inductivo, lo que contempla que la variable de salida sea convertida en corriente o voltaje.

El autómata hace este trabajo en su estructura interna, este al contar con un convertidor Digital/ Análogo, puede transformar valores propios del PLC a variables eléctrica.

Este valor de corriente o voltaje son tomados como referencia para la alimentación de los dispositivos y actuadores, variadores de velocidad, reguladores de temperatura, permitiendo al PLC tomar acciones de regulación y control sobre los procesos en cuestión de minutos.

Lenguajes de programación de PLCs

La interpretación de los esquemas eléctricos en la memoria interna del autómata toma en cuenta el lenguaje con el que se escriben las instrucciones y toma de decisiones, existen algunas formas en las que el usuario puede escribir el programa, entre los lenguajes de programación más utilizados están: lenguaje booleano o lista de instrucciones, diagrama de funciones y Ladder o lenguaje de contactos; este último es el más utilizado debido a su gran similitud con a un esquema eléctrico.

Lenguaje Ladder. Es un lenguaje simbólico y grafico que mediante símbolos representa entradas, acciones y operaciones, solenoides o salidas. La ventaja de este tipo de lenguajes es que se puede utilizar en todos los tipos de autómatas, sin importar su fabricante debido a que su simbología esta normalizada por la normativa NEMA. Las funciones más complejas para la programación de eventos como: temporizadores, contadores, comparadores, suele representarse por esquemas de bloques. (Aguilera Martinez, 2002)

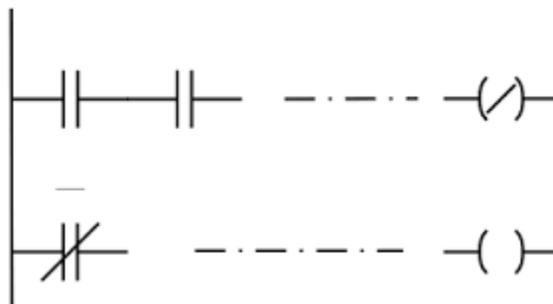
Las instrucciones de un programa en este tipo de lenguaje se componen por elementos de lógica: and y or; son esenciales este tipo de contactos abiertos y cerrados para las construcciones de órdenes para el proceso controlado, el programa dispone de varias ramas o

líneas de programación, estas pueden estar en serie o paralelo, dando como resultado la activación de una salida (bobinas) o instrucciones más complejas.

Este tipo de lenguaje ejecuta las instrucciones de manera secuencial; de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, luego de ejecutar todas las instrucciones del programa, este repetirá sus acciones, llegando al mismo resultado o en ocasiones tomando distintas decisiones en base a los dispositivos de lectura que estén instalados. Figura 14.

Figura 14

Lenguaje Ladder (KOP)



Nota. El lenguaje Ladder emplea el esquema de contactos de acuerdo a la simbología presente en la normativa NEMA.

Lenguaje mnemónico. El lenguaje mnemónico consiste en un conjunto de instrucciones escritas en algún tipo de código que pueda ser interpretado por el autómatas en base a los principios de cada fabricante.

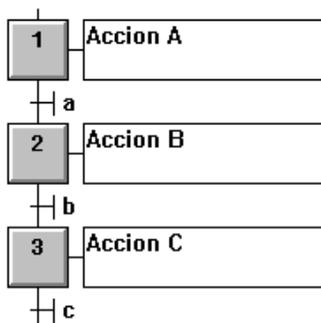
El conjunto de símbolos, instrucciones y funciones estructuradas que cada uno de los fabricantes crean para poder programar el autómatas, hace que el programador necesite de capacitación continua, esto dificulta la capacidad de reacción de los programadores ante eventos de falla. La norma IEC 1131-3 (IEC65) ha definido el concepto de estándar para la programación de PLCs bajo este lenguaje, logrando crear 5 lenguajes basados en este criterio: Grafcet, LDI o AWL, Texto estructurado, diagramas de flujo, diagramas de contactos.

Gráfico secuencial de funciones GRAFCET. Este tipo de lenguaje permite programar instrucciones de manera gráfica y secuencial, lleva un orden para ejecutar las instrucciones, soporta secuencias paralelas, alternativas, selecciones.

Este lenguaje se basa en la transición de funciones definidas por el programador, es un grafo que permite hacer un modelo gráfico del proceso a automatizar, tomando en cuenta entradas, salidas, tareas de los procesos industriales.

Figura 15

Lenguaje Grafcet



Nota. En la figura 15 se muestra una representación de bloques de funciones, cada una se ejecuta al finalizar la anterior, es un programa secuencial.

Lenguaje AWL. También llamado lenguaje de lista de instrucciones, es un lenguaje considerado de bajo nivel debido a que solo se puede programar una instrucción en cada línea de código, limitando la capacidad de memoria en el PLC y a su vez haciendo tedioso el trabajo del programador.

Diagrama de funciones. Es un tipo de lenguaje gráfico, la diferencia del resto es que se puede programar los elementos que aparecen en las líneas de código, estos bloques pueden ser cableados entre sí de manera similar a como se representaría eléctricamente, se aplican en operaciones de la industria que maneje un flujo alto de información, datos y componentes. (Aguilera Martinez, 2002)

Componentes de los PLC'S

El avance tecnológico en la industria hace necesario que el manejo y monitoreo de procesos sea necesario para la toma de decisiones en tiempos cortos, el PLC presta estas facilidades tecnológicas, cuenta con un microprocesador para el manejo de entradas y salidas para manejar el ambiente al que está expuesto y modificarlo si es necesario.

La aplicación de los PLC abarca un sin número de procesos, la gran ventaja de los autómatas sin duda es que pueden controlar cualquier proceso con el solo hecho de cargar otro programa a la memoria interna del autómata.

Estructura interna

Memoria. La memoria del programa es el área en donde se almacena el programa y las diversas funciones predefinidas por el fabricante, se divide en zonas según el tipo de datos que admite el PLC,

CPU. La CPU se encarga en que el programa se ejecute el programa cargado por el usuario, además detecta el tipo de lenguaje utilizado para evitar errores de control y detección.

Con la ejecución de la función de watchdog monitorea la ejecución del programa y evita que este exceda el tiempo de ciclo máximo, es decir que alerta de un posible fallo en la ejecución del programa.

El correcto funcionamiento del PLC para el control de procesos es necesario para evitar errores en la ejecución de tareas, la CPU se encarga de diagnosticar a cada momento errores del sistema y de funcionamiento del PLC. (Aguilera Martinez, 2002)

Módulos de comunicación. En la industria algunos procesos se interconectan entres si y es necesario el intercambio de datos como señales de entrada o salida. Para facilitar la comunicación entre autómatas o interfaces, en ocasiones es necesario el uso de módulos de comunicación que permita establecer la trasmisión de información bidireccionalmente.

Módulos de señales analógicas y digitales. Los procesos de gran magnitud necesariamente emplean para su control y monitorización este tipo de módulos, debido a que

en un PLC por lo general cuenta con 10 entradas y salidas, sumado a ello en ocasiones es necesario la interpretación por parte del PLC de señales no convencionales para su posterior procesamiento en el programa.

También existen módulos de entradas y salidas, en estos se puede conectar para recibir información de variables como: sensores inductivos, óptico, capacitivos, interruptores, llaves, finales de carrera, posicionadores, acelerómetros, detectores de movimiento.

Ellos provocan cambios en el programa y ejecutan funciones para que si fuera el caso los módulos de salida puedan conectarse a relés, contactores, electroválvulas, variadores de velocidad, indicadores sonoros y luminosos.

Módulos de funciones. Las operaciones de cálculo que se aplican en algunas ocasiones, necesita de módulos específicos para esta operación, controles proporcionales son los más necesitados de estos dispositivos.

Para satisfacer las necesidades de los programadores se presentan en el mercado módulos como: módulos de alimentación, módulos para conexión o racks multihilera.

Modos de operación

Run. El PLC no detecta ningún error en su estructura interna y lee el programa cargado en su memoria, como se explicó anteriormente, ejecuta el programa de manera secuencial sin ninguna interrupción.

Stop. El PLC interpreta que el usuario está monitoreando o modificando el programa, en este modo el programador puede hacer correcciones o modificaciones del programa en tiempo real sin que el PLC ejecute el programa. Evitando daños a terceros o en ocasiones que se activen las salidas del PLC.

Error. Como se mencionó anteriormente, el PLC ejecuta sus programas internos de diagnóstico y si este detecta algún error, esta acción detiene la ejecución del programa.

Máquinas eléctricas de corriente continua y alterna

Las maquinas eléctricas de rotación en la industria presentan diversas configuraciones, pudiendo estas clasificarse por el tipo de corriente que las alimentan, de corriente directa, de corriente alterna, síncronas, asíncronas, de imanes permanentes, de inducción, de reluctancia variable, sin escobillas, entre otros.

Estas configuraciones en las maquinas eléctricas, difieren más bien en su apariencia física, ya que de hecho su principio de funcionamiento no varía una de la otra, sin embargo, los modelos matemáticos de cada una de estas máquinas son necesarios para el estudio de su comportamiento en el ambiente al que están sujetos.

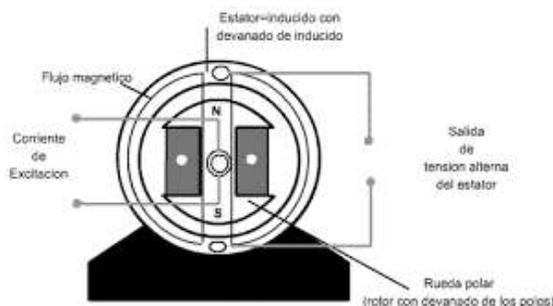
Máquinas de corriente alterna

Las máquinas de CA se derivan en máquinas síncronas y de inducción.

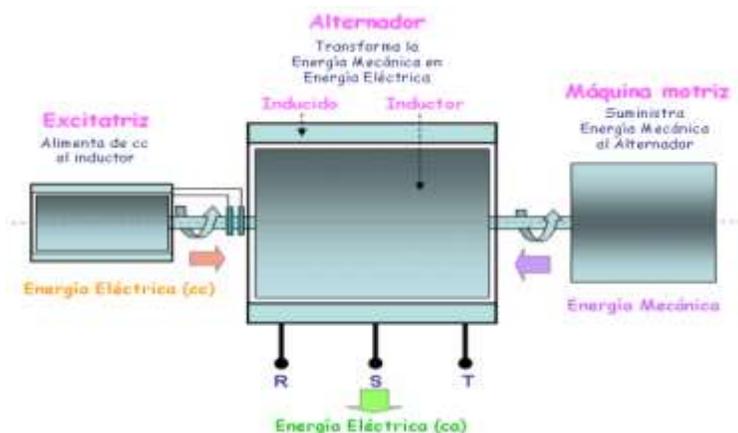
La diferencia entre estas dos es que en las maquinas síncronas las corrientes del devanado de rotor se abastecen de la estructura estacionaria a través del contacto de rotación, mientras que en las máquinas de inducción las corrientes del rotor se inducen en el devanado del rotor por una variación momentánea de las corrientes del estator mediante el movimiento del rotor relativo al estator. (Fitzgerald, Kingsley, & Umans)

Maquinas Síncronas. Las maquinas síncronas llevan este nombre debido a que su configuración eléctrica le permite solamente operar a velocidad síncrona, se denomina velocidad síncrona al equivalente entre velocidad mecánica y la velocidad de rotación producida por las corrientes del estator.

Su configuración la hace propicia para emplearse en las centrales de generación de energía eléctrica, estas se pueden conectar con otras unidades generadoras mediante una red eléctrica de potencia, interconectando distintas localidades entre sí, en estas aplicaciones se las denomina generadores síncronos o alternadores. (Fitzgerald, Kingsley, & Umans) figura 16.

Figura 16*Máquina síncrona*

En ocasiones este tipo de máquina eléctrica puede trabajar como generador, el generador síncrono es una máquina que se utiliza en su mayoría en las centrales de generación de energía eléctrica, los también llamados alternadores convierten la energía mecánica en energía eléctrica de corriente alterna figura 17.

Figura 17*Esquema de conexión de un generador síncrono.*

El eje de rotor del generador síncrono está conectado por lo general a una turbina o un medio que suministra energía mecánica, a los devanados del rotor se le suministra corriente continua para crear un campo electromagnético, este al girar crea por efecto de inducción energía eléctrica en cada uno de los devanados del estator, creando tensión eléctrica en las

tres bobinas del estator, sin embargo, estas se encuentran desfasadas 120° , generando voltaje y corriente trifásico alterna figura 17. (Pernía, 2011)

Motor de inducción. A diferencia de la maquina síncrona, el motor de inducción lleva este nombre debido a que la corriente del estator es un efecto de inducción electromagnética por parte de las bobinas del estator. Los rotores del este tipo de máquinas pueden ser de jaula de ardilla o de rotor bobinado y además los devanados del rotor se encuentran cortocircuitados y no presentan conexiones externar. Las bobinas del estator como en la mayoría de máquinas eléctricas son trifásicas y se encuentran desfasadas 120° una de la otra, completando una vuelta entera de 360° .

La desventaja de este tipo de motores es que, al estar el rotor en reposo, en el momento del arranque la corriente de consumo puede llegar a ser hasta 7 veces la corriente de nominal, en ocasiones para evitar este problema se emplea un tipo de arranque suave, como arranque estrella – triangulo.

Máquinas de corriente continua

Los motores de corriente continua, el devanado de armadura o inducido se crea en el rotor de la maquina y es excitado por medio de escobillas, mientras que el devanado de excitación se encuentra localizado en el estator y se excita por medio de corriente directa.

Este tipo de motores tienen la desventaja de su elevado costo de mantenimiento, debido al desgaste que sufre el rotor por su contacto con las escobillas. Este tipo de motores se usa para aplicaciones industriales de baja carga como, servomotores, motores lineales, motores a pasos, además existen motores de corriente continua sin escobillas (brushless) utilizados en aeromodelismo.

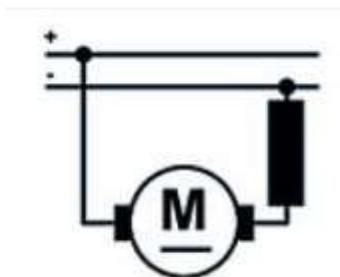
Motor con estator bobinado. Los motores de corriente continua en su configuración y construcción del estator se pueden clasificar en:

Motor serie. También llamado motor de excitación en serie, llevan este nombre debido a que, en su construcción, el devanado del estator y rotor se encuentran conectados en serie.

El nivel de voltaje que se aplica es constante y no varía con el tiempo, mientras que el campo de excitación es directamente proporcional a la carga aplicada figura 18.

Figura 18

Motor serie de corriente continua

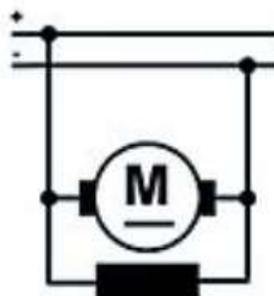


Nota. El motor de corriente continua lleva este nombre debido a que el devanado del estator y rotor se encuentra en serie.

Motor shunt. Llamado también motor de excitación en paralelo, este motor de corriente continua, presenta en su configuración una conexión en paralelo entre el devanado del estator y rotor figura 19.

Figura 19

Motor Shunt

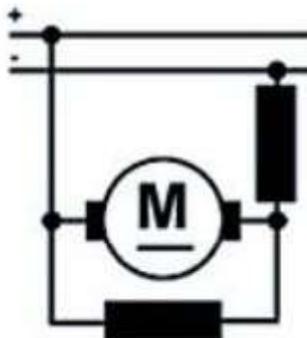


Motor Compound. O motor de excitación compuesta es una combinación de ambas configuraciones anteriores, el encendido de este tipo de motores es producido por dos devanados inductores totalmente independientes, uno de estos devanados se encuentra

dispuesto en serie con el bobinado del inducido y otro conectado en derivación con el inducido, inductor serie e inductor auxiliar figura 20.

Figura 20

Motor Compound



Motores de imanes permanentes. Este tipo de motores presentan la ventaja de que el flujo magnético del campo esta creado por imanes y no necesita la aplicación de corriente para que esta sea creada. La presencia de estos imanes hace que el flujo magnético no varíe y sea más bien constante en todo momento, esto a su vez provoca que la relación velocidad-torque sea totalmente lineal al igual que la relación corriente- torque, la relación de velocidad torque se puede controlar básicamente variando la tensión de entrada.

Motores sin escobillas. Este tipo de motores son necesarios para aplicaciones a pequeña escala y de alta velocidad, al no presentar escobillas en su construcción están diseñados para que sus devanados puedan conmutar la tensión entre ellos.

Variador de frecuencia

Un variador de frecuencia es un dispositivo electrónico con la capacidad de controlar además del tipo de arranque la variación de velocidad sincrónica, torque mecánico, sentido de giro de los motores de inducción o de corriente alterna. (Ventura Nava, 2008)

En la industria existen tipos de variadores para motores de corriente directa, los cuales controlan entre otras cosas el nivel de tensión que se aplica al motor en base a la carga a la

cual se encuentre conectada, mientras que los variadores para motores de CA controlan la variación de frecuencia.

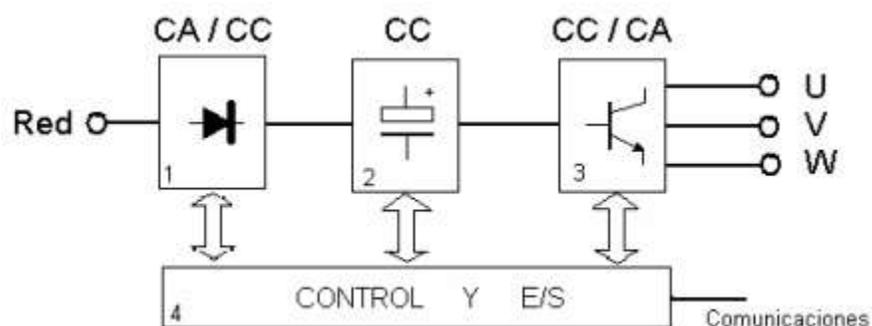
Los variadores son equipos con la capacidad de manejar diversos niveles de tensión y corriente gracias a la electrónica con la cual están contruidos. El suministro de energía es de manera directa a la red del sistema por el que se alimenta, en aplicaciones de motores de baja potencia este se encuentra enganchado a una red capaz de abastecer el correcto funcionamiento de motores de hasta 600 KW.

Este dispositivo al igual que los PLC tienen la capacidad de interpretar señales de entrada para poder manipular el comportamiento del motor controlado, las entradas y salidas pueden ser de tipo análogas o digitales.

Algunos de estos equipos presentan puertos de comunicación para el control o programación de estos equipos mediante el uso de alguna red industrial que las integre. Figura 21.

Figura 21

Diagrama de bloques de un variador



Los variadores se conectan directamente a la red de suministro de energía eléctrica, en la etapa de rectificación esta se encarga de convertir la corriente alterna en continua para abastecer a los elementos electrónicos del equipo,

La etapa de corriente continua, almacena la corriente para posterior alimentar al motor que se desee controlar.

La etapa de salida, un inversor electrónico convierte la corriente continua en alterna trifásica con valores corriente y voltaje, frecuencia a la cual este programado el variador.

Los dispositivos de control de los variadores ayudan a regular el comportamiento del motor, se incluye un método de comunicación para monitorear y configurar las variables de control del variador.

Ventajas

- En el arranque de motores es bien sabido que su corriente en ese instante puede alcanzar valores de hasta 7 veces la corriente nominal, con el uso de los variadores se evita que estos picos sean extremadamente elevados.
- Con los arrancadores progresivos no es posible controlar el par en cualquier velocidad, sin embargo, los variadores permiten controlar el par motor en cualquier instante de velocidad, evitando que el motor se bloquee ante la presencia de carga.
- Puede comunicarse mediante cualquier protocolo de comunicación industrial y conocer el estado de funcionamiento entre el variador y el motor para facilitar el posterior mantenimiento.
- El arranque y paro son controlados, evitando movimientos bruscos.
- Se puede controlar más de un motor.

Desventajas

- Al ser un equipo que emplea tecnología y electrónica moderna, es necesario que la instalación, configuración y mantenimiento se haga por personal calificado.
- Necesita de aislamiento de ruidos, interferencias eléctricas para no afectar en el funcionamiento del resto de equipos electrónicos.

- No es recomendable para aplicaciones sencillas y de baja escala ya que su costo no lo justifica.
- La reparación de los variadores no es tan sencilla por lo que es necesario contar con un equipo de remplazo mientras este sea reparado.

Variadores para motores de CC.

Los motores de corriente continua solo se puede variar su velocidad en base al control del nivel de tensión que se les aplica, para estas máquinas (motor serie, motor shunt, motor Compound, motor de imanes permanentes) se cumple la ecuación:

$$V_t = K.FM.Nm$$

Ecuación 1

Donde:

V_t= es el voltaje en terminales

K= es la constante de la máquina de corriente directa

FM= flujo magnético producido por el campo

N_m= velocidad de la maquina

De esta ecuación también se determina que la velocidad de estos motores se puede controlar también variando el valor de la corriente de campo (IF), esta va ligada al flujo electromagnético (FM).

Variadores para motores de CA.

En los motores de corriente alterna, la velocidad de estos se puede controlar manipulando la frecuencia de uso de estos, los motores asíncronos, síncronos, jaula de ardilla, de rotor bobinado, son algunas de las maquinas que se pueden controlar, para el caso de los motores síncronos la velocidad obedece a la siguiente ecuación:

$$N_s = \frac{120.f}{p}$$

Ecuación 2

En el caso de los motores de inducción se emplea la siguiente ecuación:

$$N_m = \frac{120 \cdot f \cdot (1 - s)}{P}$$

Ecuación 3

Donde para las 2 y 3 se dice que:

N_s = velocidad síncrona (rpm)

N_m = velocidad mecánica (rpm)

f = frecuencia (Hz)

s = deslizamiento

P = número de polos de la máquina

Como se mencionó este tipo de variadores emplea el control de la frecuencia de alimentación para poder variar la velocidad, se evidencia además que la velocidad y la frecuencia son directamente proporcionales, es decir que, si una aumenta la otra también, los variadores para este tipo de motores mantienen constante la relación entre voltaje y frecuencia para evitar la saturación magnética del núcleo del rotor, impidiendo también que el par motor disminuya.

Variadores de deslizamiento

Este tipo de variadores solo se aplica a los motores de rotor bobinado, este tipo de motores presentan la variable de deslizamiento “ s ” cuyo valor oscila de 0 a 1, este valor representa el deslizamiento del motor y mientras más cercano sea este valor a 1 menor será la velocidad mecánica del motor, el deslizamiento aumenta mientras se aumenta la resistencia del devanado del rotor o solamente reduciendo el voltaje del mismo.

De esta manera se puede controlar la velocidad de estos motores. Para este tipo de motores se cumple la ecuación 3.

Funciones de los variadores de frecuencia

Variación de velocidad. El margen de variación de la velocidad se maneja en base a la velocidad nominal de motor a controlar, este valor dependiendo del variador utilizado se manipula por variables eléctricas como frecuencia, voltaje o corriente.

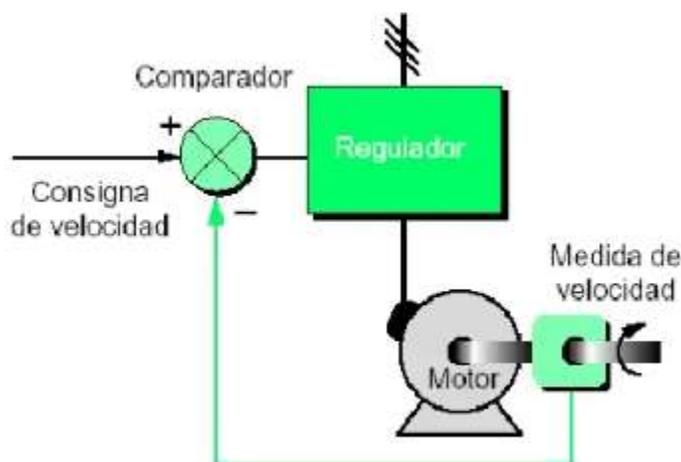
Regulación de velocidad. La aplicación de un bucle abierto que es el mando con amplificación de potencia, en un regulador de velocidad hace posible que se controle está en los motores.

La velocidad del motor está definida inicialmente por un valor referencial de funcionamiento, este valor se ingresa al momento de configurar el variador. Este valor está siendo constantemente comparado con los valores de alimentación para mantener la velocidad del motor en la deseada, esta señal es enviada por un sensor taco-generador ubicado en el eje del motor. (Academia , 2010)

Esta regulación de velocidad no percibe las fluctuaciones del sistema, su detecta alguna variación de la velocidad del motor, se corrigen las variables de tensión o frecuencia para ajustar la velocidad y para del motor. Figura 22.

Figura 22

Regulación de velocidad



Nota. En la figura 22 se muestra el principio de funcionamiento del regulador de velocidad, este necesita de un dispositivo que envíe la señal de control que muestre que el motor gira a la velocidad deseada.

Deceleración de velocidad. La desaceleración de un motor puede ser controlada o de manera natural, la desaceleración de manera natural el motor se detiene de manera gradual gracias a la resistencia que ejerce la carga a la que está conectado, mientras que la desaceleración controlada obedece a una curva lineal o en “s” que es aislada de la curva de aceleración.

La desaceleración puede ser escalonada hasta llegará a un valor mínimo de funcionamiento o simplemente hasta detener la maquina por completo, se deberá tomar en cuenta el tiempo empleado para cada uno de estos cambios.

Para efectuar una desaceleración más rápida que la natural, el motor debe desarrollar un par resistente que se debe sumar al par resistente de la máquina, a esto se llama frenado eléctrico.

Si la desaceleración deseada es más lenta que la natural el motor deberá desarrollar un par motor superior al par resistente de la maquina y arrastrar a la carga hasta detenerse o llegar a la velocidad deseada.

Inversión del sentido de giro. La inversión de giro de los motores de corriente alterna se la realiza intercambiando una de sus fases, para la inversión del giro los variadores emplean una función lógica en su programación la cual cambia de manera automática uno de los bornes de conexión entre el variador y el motor.

Frenado. Para los motores de corriente alterna, el frenado de estos se produce introduciendo un valor de corriente directa en el motor, disipando toda la energía mecánica en la máquina, mientras que para os motores de corriente directa el frenado se produce conectando de manera automática un valor de resistencia en los bornes del inducido.

(Academia , 2010)

Protección integrada. Los variadores de la actualidad presentan niveles de protección por sobre corrientes y temperaturas, el variador asegura la protección de los motores y la de este.

Algunos variadores cuentan con protección contra:

- Cortocircuito entre fases, y fase a tierra
- Sobretensiones y caídas de tensión
- Desequilibrio de fases
- Falla de fase o funcionamiento en monofásico.

Componentes de un variador

Módulo de potencia. Los módulos de potencia controlan la parte de alta tensión y están compuestos por:

- Diodos, tiristores, IGBT, etc.
- Medidores de tensión y corriente
- Sistemas de enfriamiento

Estos dispositivos están contruidos por semiconductores de alta potencia que pueden tomar valores de estado 0 o 1.

También llamado convertidor AC/DC, se conecta de manera directa a la red de suministro eléctrico, y la convierte en niveles de tensión y corriente que sean manejables por los semiconductores de convertidor, los valores de voltaje y frecuencia suministrados por la red son referenciales para la variación y posterior control de la maquina eléctrica conectada.

Módulo de control. El módulo de control de los variadores actuales emplee la tecnología de los microprocesadores, estos son los encargados de gestionar las ordenes de salida para manipular el motor en base a los valores de las variables a controlar.

Por lo general el microprocesador en base a los parámetros ingresados controla las rampas de aceleración y desaceleración, control de velocidad y limitación de la corriente

suministrada, procesa toda esta información y genera las señales de control de los componentes de potencia. En los microprocesadores además se ingresan todos los comandos que garanticen las protecciones necesarias para evitar daños a los equipos integrados al sistema.

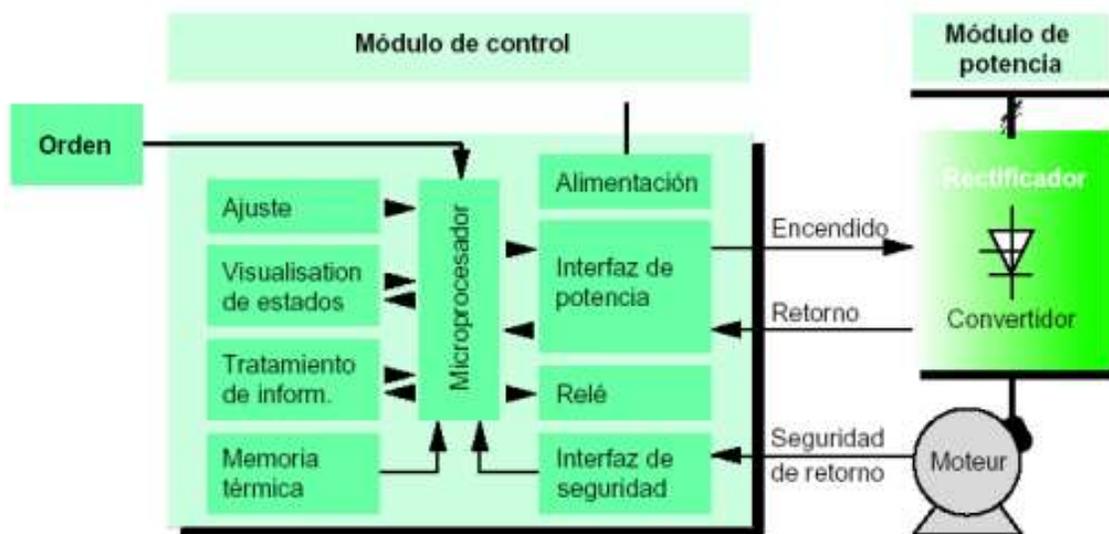
Los diálogos y comunicaciones para el variador hacen posible que este pueda ser conectado a un PLC el cual comande y escriba sobre el variador las instrucciones de marcha, frenado, aceleración, desaceleración, integrando además interfaces Hombres maquinas

Los relés programables tienen la particularidad de informar sobre:

- Fallos de red, térmicos, secuencia de fases, y sobrecarga
- Vigilancia de velocidad, pre-alarma, arranque y paro

Figura 23

Estructura general de un variador de velocidad



Comunicaciones industriales

En la industria actual es necesario la implementación de métodos de comunicación entre dispositivos, capaces de abastecer las necesidades del sistema controlado, en un sistema de control, la monitorización de estados de las variables controladas es de gran necesidad para la toma de decisiones al instante. (Guerrero, Yuste, & Martínez)

Entre las necesidades de una red industrial está el volumen de datos a transmitir, la velocidad de envío, y velocidad de respuesta.

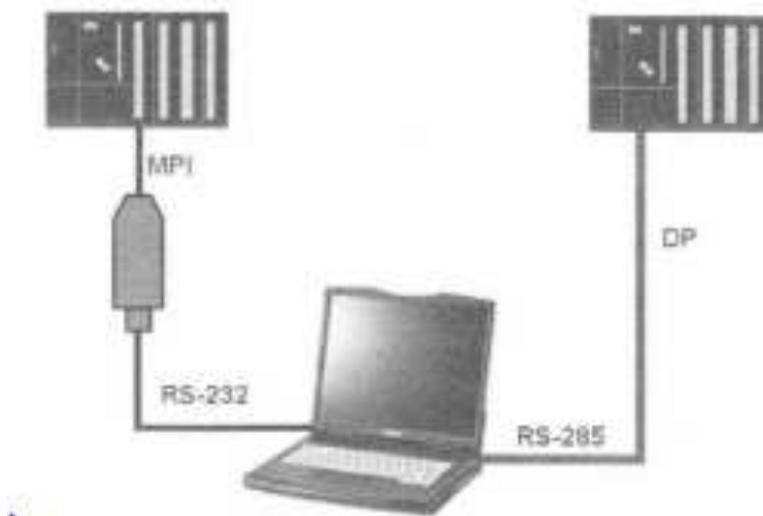
Topología de redes

El tipo de topología de la red, habla acerca del cómo se conectan físicamente al menos dos equipos en una red, pueden ser:

- Punto a punto. – están conectados dos equipos de manera directa de manera cableada. Y no es necesario que se incluyan las direcciones del emisor y receptor. Figura 24.

Figura 24

Estructura de red en forma de punto a punto.



- Bus. - Este tipo de método de conexión entre equipos, presenta una línea de conexión común, para poder enviar datos a través de este bus, primero se ha de verificar que el nodo de envío este completamente vacío. La capacidad de envío de datos es limitada, solo se permite enviar un mensaje a la vez. La distancia máxima del bus compartido es de 10 km y necesita de repetidores para ampliar el alcance del mismo.

- **Árbol.** – está formado por un conjunto de buses conectados entre sí a través de nodos, con esta configuración se consigue un mayor alcance por parte del bus implementado. Es útil en factorías donde las áreas de control del sistema se encuentran localizadas una fuera de otra.
- **Anillo.** – en una variante de la configuración Bus, en la que los extremos se unen y se cierran en forma de anillo. La información solo se podrá enviar en un sentido para evitar la colisión, el mensaje se envía hasta que este encuentre su destinatario. Figura 25

Figura 25

Estructura de red en forma de anillo.



- **Estrella.** – las estaciones de trabajo del sistema controlado se encuentran conectados a un nodo en común llamado repetidor de información. Este nodo central controla la transferencia de información creando la desventaja de que si esta falla, toda la red fallara sin poder transmitir los mensajes a las áreas de la red.

Interconexión entre redes

En la industria cada vez que se crea un tipo de red en este se incorporan todos los dispositivos de control, comunicación, monitorización de la red, dejando la posibilidad de que este pueda ser ampliada a futuro, dejando la posibilidad de que este pueda comunicarse con otras redes del mismo tipo o distintas a ella, la interconexión de redes necesita de algunos elementos como: (Guerrero, Yuste, & Martínez)

- Repetidores
- Puente o bridge
- Encaminador o Router
- Pasarela o Gateway

Redes de comunicación industrial PROFIBUS

Es un tipo de topología de red en configuración Bus utilizada en todo el mundo para la transmisión de datos, existen tres perfiles de profibus:

- Profibus FMS: se utiliza para transmitir gran volumen de datos a diferentes equipos conectados en la misma red. El sistema se basa en la transmisión de datos Cliente – esclavo.
- Profibus DP. – su principal característica es la velocidad de transmisión de un volumen medio de datos, la transferencia de datos por lo general se hace entre un controlador llamado maestro y otros que hace de esclavos.
- Profibus PA. – es un caso mejorado de Profibus DP, trabaja en ámbitos de control de procesos y en zonas denominadas “ex” de seguridad intrínseca.
- Enlace S7.- esta configuración es propia de los equipos siemens y se utiliza para la configuración rápida y fácil de redes con equipos de esta marca.
- Profibus FDL. – conocidos como enlace AG-AG, es una configuración siemens y se utiliza para integrar equipos S7 y S5.

En una red PROFIBUS DP participan equipos como:

- Maestros
- Esclavos inteligentes
- Esclavos pasivos
- Cables y conectores

Redes de comunicación industrial ethernet

Los inconvenientes de comunicación entre sistemas se soportan gracias a la implementación de redes ethernet que obedecen al estándar IEE 802.3 y para el caso de Wireless LAN el estándar 802.11. Este sistema permite crear redes de gran extensión capaces de comunicar entre si gran cantidad de dispositivos y de enviar mensajes de manera ininterrumpida.

- Su sistema de conexionado es simple
- Se puede implementar en las instalaciones existentes
- Elevada velocidad de transferencia de datos
- Comunicación a escala corporativa
- Posibilidad de acoplamiento por WAN (Wide Area Network) o internet
- Reserva de ancho de banda en LAN industria inalámbrica (iWLAN)

Redes de comunicación industrial PROFINET

Profinet integra la lógica del bus de campo Profibus DP e Industrial Ethernet, además de ello utiliza los estándares TCP/IP y de tecnologías de la información, en su configuración es posible integrar la red y los dispositivos de la misma, así como el diagnostico basado en la web.

- Capacidad de comunicación entre los elementos periféricos y de accionamiento de la red
- Se pueden integrar arquitecturas en Profibus y Profinet.

Comunicación inalámbrica

La comunicación entre dispositivos de la red sin la necesidad de cables, es aquella en la que los dispositivos emisores y receptores utilizan la modulación de ondas electromagnéticas para poder comunicarse entre sí, los dispositivos para hacer posible la comunicación solo están presentes en los emisores y receptores.

Comunicación inalámbrica

Redes inalámbricas. Las redes inalámbricas hacen referencia a la capacidad de conexión de nodos de comunicación sin la necesidad de implementar conexiones físicas o cableadas, sino más bien por la transferencia de datos por ondas electromagnéticas.

La transmisión y recepción de datos se realiza mediante puertos de comunicación y direccionamiento de equipos, el hecho de que se crea una red Wireless hace que las seguridades de acceso sean las más propicias para el sistema y evitar el acceso de intrusos que puedan manipular la red y los dispositivos conectados, la tecnología inalámbrica obedece a la modernización de las comunicaciones y va de la mano con la implementación de la industria 4.0.

Los equipos que están sometidos a movimientos continuos en los distintos sistemas de las industrias, provocan que la lógica cableada que los alimenta y controla en algún momento pueda fallar por acciones de carga mecánica, sin embargo, para solucionar este inconveniente se ha implementado las redes de tipo inalámbricas evitando que las conexiones cableadas entre los equipos sea la menos invasiva posible.

El intercambio de datos entre equipos localizados uno fuera del alcance del otro será posible mediante la implementación de una red inalámbrica, sin embargo en ocasiones se hará el uso de dispositivos que ayuden abastecer la señal de la red.

La interconexión M2M o machine to machine, es la comunicación entre dos dispositivos de similares características, además la comunicación entre estos puede ser automatizada

proporcionando el control en tiempo real de las variables de control sin la necesidad de la intervención humana (Salazar)

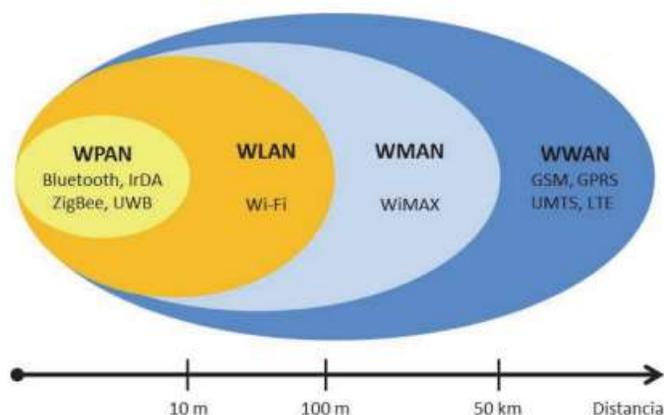
Las redes inalámbricas se pueden clasificar de acuerdo al alcance que estas tengan en el sector, según la figura 26 también pueden ser clasificadas en base a la distancia a la que estas pueden llegar a transferir datos, siendo estas la de corto y largo alcance.

Las de corto alcance se refiere aquellas que se implementan en espacios confinados, cerrados, o que se emplean en áreas limitadas, siendo las redes LAN y PAN las que se encuentran en esta clasificación. Las bandas de frecuencia mayormente utilizadas y dependiendo del país son de 2.4 Ghz y 5 Ghz estas bandas son mayormente usadas en el mundo de la industria debido a que no necesitan de licencias para su operación.

En las redes de largo alcance la conectividad se proporciona a través de empresas que dan este tipo de servicio, estas áreas abarcan una mayor área y distancia, la red de largo alcance empleada en esta clasificación es la red WMAN, que tiene la capacidad de conectarse con satélites de la tierra para una mayor cobertura.

Figura 26

Clasificación de las redes inalámbricas



Nota. Las redes inalámbricas según la figura 26 se clasifican en: redes inalámbricas de área personal WPAN (Wireless Personal-Area Network), redes inalámbricas de área local WLAN

(Wireless Local-Area Network), redes inalámbricas de área metropolitana WMAN (Wireless Metropolitan-Area Network) y redes inalámbricas de área amplia WWAN (Wireless Wide-Area Network)

Redes WLAN. La conexión a esta red se basa en un área local, es decir espacio que sean limitados por una distancia de alrededor 100 metros, típicos en escuelas, hogar, y entornos de oficina, se basa principalmente en el estándar IEEE 802.11

El estándar IEEE 802.11 a su vez se subdivide en estándares para redes inalámbricas de área local esto en base a la frecuencia de trabajo. Figura 27.

- 802.11b: admite hasta 11Mbps en la banda de 2.4 Ghz
- 802.11g: posee un mayor ancho de banda de cobertura, acepta clientes que trabajen en base al estándar 802.11b y 802.11g, utiliza la banda de 2.4 Ghz y velocidad de transferencia de 54 Mbps, sin embargo, se reduce cuando existe interferencia en el ambiente implementado.

Figura 27

Esquema de una WLAN



Arquitectura de la red. La estación: por lo general es una PC, sin embargo, con el avance tecnológico estas han sido reemplazadas por teléfonos, tables o cualquier dispositivo con capacidad de intervención en medio inalámbricos.

El punto de acceso (Access Point) en aspectos constructivos de red, este dispositivo permite la conexión de dispositivos inalámbricos a una red cableada Wi-fi

En la red el identificador de conjunto de servicios (SSID) es una clave de hasta 32 caracteres que “ nombra ” a la red para poder ser identificada.

Ventajas de las redes WLAN. Aumento de la eficiencia, mejora las comunicaciones entre dispositivos y la transferencia de información, hace posible el control y monitoreo de los procesos manejados por la red sin necesidad de cables.

Permite una mayor movilidad de los usuarios cubriendo la mayor parte posible del espacio en que se encuentre la red.

Permite una mayor flexibilidad para la conexión, es decir que se pueden conectar los equipos a una red sin necesidad de que estos estén dedicados.

Es vulnerable a la infiltración de usuarios no autorizados, por lo que necesita de niveles de protección para su acceso a la información que se envía por este medio.

Si en el área se encuentran más de una red estas pueden interferir una de la otra y causar intermitencia en la comunicación

En lugares donde la cobertura no sea la apropiada, la velocidad de transmisión será proporcional, la velocidad de transmisión no es comparativa con las redes cableadas.

Interfaz hombre maquina

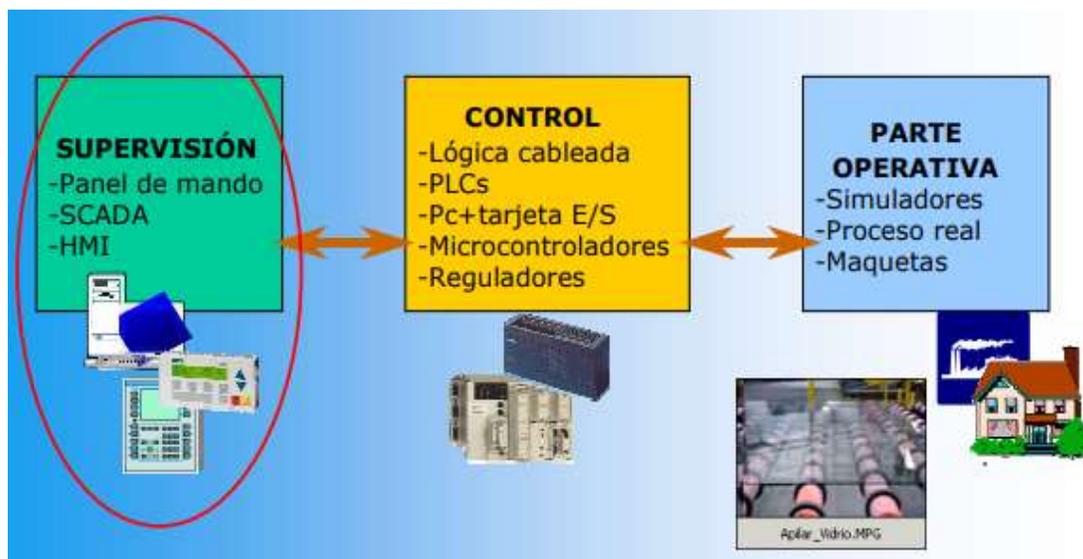
La actual industria presenta una tendencia a la automatización de procesos, es por ello que la interacción entre el usuario, operador, programador y el proceso industrial deberá tener gran comprensión para interpretar las acciones que se realicen. El análisis de fallas o interacciones de los elementos del proceso solo podrán ser interpretadas si el receptor entiende a plenitud el mensaje, pudiendo variar los valores de las variables para en ocasiones modificar el estado del proceso. (Industrial Data , 2008)

El objetivo principal de la interfaz hombre máquina (HMI), es el de transmitir de manera eficiente la información hacia los usuarios, minimizando los errores de lectura de datos mediante gráficos de fácil comprensión.

Un sistema automatizado se divide en tres partes principales que son: supervisión (panel de mando, scada, hmi), control (lógica cableada, PLCs, tarjetas de entradas y salidas, módulos de PLC, reguladores), y la parte operativa (simuladores, proceso real, prototipos) figura 28.

Figura 28

Esquema general de un sistema automatizado

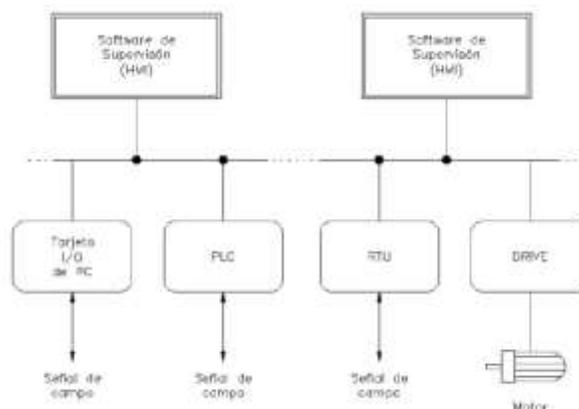


Nota. En la industria moderna la automatización de los procesos industriales necesita de etapas para la supervisión, control y programación, parte operativa, sin embargo, estos sub sistemas de la automatización necesita de personal calificado para poder interpretar la información que se produzca.

El método de comunicación entre HMI y los dispositivos de control y supervisión deberán estar involucrados en una red en la que el intercambio de información sea entendido por todos los elementos involucrados figura 29.

Figura 29

Método de comunicación entre dispositivos y HMI



Nota. La comunicación entre dispositivos en un sistema automatizado debe obedecer a un mismo esquema de comunicación capaz de mantener el intercambio de información entre ellos.

Presentación de información

La automatización de procesos muestra mediante un apantalla HMI el estado de las variables del proceso, permitiéndole al usuario en ocasiones modificarlas a los valores deseados. Las pantallas HMI al menos deberán organizar las pantallas y despliegues de tal manera que faciliten el manejo en el entorno por parte del usuario.

La pantalla inicial del proceso por lo general se recomienda que contenga información como:

- Botones de menú principal: monitoreo, mando, avisos, usuarios, parámetros
- Indicador de tiempo, fecha y hora
- Avisos causados por alarmas, eventos o disparo

Las pantallas de despliegue contienen la sección de monitoreo y mando de las variables.

- Diagramas unifilares, eléctricos, de control P&ID
- Sección de mando y operación, estaciones de control

- Selección de modos de operación del proceso
- Curvas de tendencia
- Reportes

La disposición de llamada y navegación entre pantallas se configura de acuerdo a la necesidad de los usuarios y del proceso, navegando de una pantalla a otra sin restricción alguna.

Elementos de diseño

Los elementos de diseño son necesarios principalmente para distinguir secciones de mando o jerarquía, esto se consigue aplicando tamaño y color a elementos de la interfaz, el color comunica alguna información adicional, por ejemplo, en el botón de encendido, si este se encuentra en blanco evidencia que el proceso no se ha iniciado, sin embargo, si este se muestra de un color “verde” informa que el proceso está en marcha. El principio básico es diseñar primero y luego añadir color, tamaño, animación, o apariencia.

Tipos de paneles HMI

Los paneles se pueden clasificar a su vez por el estándar con el cual se configura y carga la interfaz, pueden ser:

- Aquellos que se desarrollan a medida, se programan en entornos como VC++, Visual Basic, Delphi, etc.
- Paquetes de HMI, son software que se complementan con las funciones estándares de diseño de sistema HMI o SCADA, como FIX, WINCC Wonderware, etc.

Por otra parte, también se pueden clasificar de acuerdo a su construcción: paneles de membrana, paneles táctiles, paquetes scada, supervisión móvil, panel mobile, supervisión web, etc.

Capítulo III

Metodología

Filosofía de operación

Modos de operación

El manejo del coche transportador tendrá un modo de operación local y remoto, en el caso del coche transportador el selector se ubicará en el tablero de control

El manejo del puente grúa tendrá un modo de operación remoto, local y cabina, y el selector estará ubicado en la cabina del puente grúa. Para realizar la operación desde la cabina, el selector deberá estar en la posición “Cab”, cuando el selector este en posición “Botonera” esta habilitara el control desde la botonera colgante y desde el panel HMI, sin embargo, cuando desde el panel se desee operar el puente grúa, este deshabilitará el control por botonera, restringiendo a un solo modo de manejo, ya sea: cabina, botonera o panel.

Transportador

En el panel mobile, al seleccionar la opción de transportador se despliega una **segunda pantalla**, en esta pantalla se muestra los parámetros de manejo y control del coche transportador (adelante, atrás, paro), pudiendo moverlo a velocidad alta, baja, media; las seguridades mostradas serán paro de emergencia, sirena y un botón de retorno (navegación de pantalla).

Puente grúa

En el panel mobile, si se selecciona la opción de puente grúa, se despliega una pantalla, en la parte superior se mostrará la calidad de recepción inalámbrica, el estado de carga de la batería y los botones principales (salir, On, Paro de emergencia/Off), la totalidad de la pantalla estará cubierta por una caratula mostrando el puente, carro, gancho principal y auxiliar.

Para seleccionar el movimiento de cada uno de estos subsistemas se debe hacer un clic sobre la imagen que los representa, así al seleccionar la sección del puente /carro se habilitaran las teclas de función que maneja los movimientos y velocidades.

Si se da un clic sobre la imagen del gancho principal o del auxiliar, de igual manera se desplegará etiquetas que muestran que teclas de función representa los movimientos y velocidades.

Los botones de paro de emergencia/Off deshabilita toda acción que se pueda realizar con el puente grúa y desenergiza los tableros de control, el botón de On alimentara los tableros de control del puente, carro, y ganchos.

Panel de control

El panel de control contará con una pantalla principal y 3 sub-pantallas, en la pantalla principal e detallará la opción de manejar el coche transportador, puente grúa y una sección de instrucciones generales, además se indicarán las alarmas y avisos generales del sistema (recepción señal inalámbrica, nivel de batería del panel, paro de emergencia, salir).

Comunicación y control

Los protocolos de comunicación que a utilizar son: "PROFINET LAN" para la comunicación del PLC con HMI para la red de comunicación, lo cual se utilizara puntos de acceso (Access Point) entre el panel inalámbrico y los sistemas de transporte e izaje.

Para el programa de control se programará en un PLC siemens S7-1200, y se ocupará módulos de entradas y salida según sea los requerimientos del programa.

Seguridades, advertencias e indicadores

- En caso de pérdida de la comunicación por cobertura de señal: se encenderá una alarma y en caso de no corregirse a tiempo se procederá a parar el sistema para que el mismo no siga su curso sin control alguno.

- En caso de falta de carga de batería: se encenderá una alarma indicando que el nivel de carga es bajo, si no se corrige a tiempo el panel de control se apagará y a su vez el sistema en operación se detiene.
- El paro del sistema a causa de falla en la comunicación y por falta de carga en la batería se hará de manera escalonada, es decir, si se encuentra en velocidad alta, deberá pasar inmediatamente a velocidad media y después de 1 segundo a velocidad baja, para después de 1 segundo más finalizar su recorrido (tiempo de parada: 2 segundos) y el control del sistema regresará a mando local.
- En caso de manejar el sistema de izaje por medio del panel HMI, el mando del sistema de transporte estará liberado para que se pueda comandar desde la botonera (mando local).
- Si los sistemas de izaje y transporte se encuentran en modo remoto, pero desde la pantalla HMI se selecciona solo uno, inmediatamente el no seleccionado pasará a modo local para que pueda ser comandado desde la botonera.
- Sobrecarga del transportador: en caso que el sistema de transporte sobrepase las 40 toneladas se enciende una alarma informando este fallo, y no se permitirá el movimiento del transportador.
- Sobrecarga del gancho principal: en caso que el sistema de izaje del gancho principal sobrepase las 150t, se enciende una alarma y no permite el movimiento del gancho ni del puente grúa.
- Paro de emergencia: el paro de emergencia cortará la alimentación principal del sistema en operación (transporte o izaje) y se reanudará mediante un botón de On.

- Las operaciones del puente grúa solo se podrán realizar una a la vez, es decir solo el gancho principal, sin opción de manipular el gancho auxiliar, el carro o el puente
- En el caso del gancho principal y el auxiliar las operaciones de subir y bajar no se podrán realizar al mismo tiempo.
- Los indicadores que estarán presentes en todas las pantallas son: recepción de señal inalámbrica, carga de batería.

La Unidad de negocio Hidroagoyán, hace uso de la tecnología siemens para la implementación de proyectos relacionados con la innovación tecnológica y sustitución de aquellos que empiezan a presentar anomalías por su larga vida de funcionamiento.

La versatilidad de la tecnología siemens ayuda a que la implementación de nuevos sistemas sea de fácil manejo e interpretación por parte del personal técnico.

Selección de componentes del coche transportador

Fuente de alimentación

En la figura 30 se muestra una fuente de alimentación de la marca siemens modelo SIMATIC S7-1200 POWER MODULE PM 1207, este tipo de fuente presenta dos salidas regulables a 24 voltios, es necesario debido a que en el sistema de control del coche transportador se implementara un PLC, módulos de entradas y salidas, y un variador de velocidad. Los parámetros importantes de instalación para este equipo son: entrada AC 120/230 V, salida a DC 24 V y 2,5 A.

Figura 30*Fuente de alimentación PM1207*

Nota. La fuente de alimentación es de la marca siemens y ayudara a suministrar la energía necesaria para el correcto funcionamiento de los equipos de control y accionamientos electrónicos.

En la tabla se detallan las características del módulo.

Tabla 3*Datos técnicos módulo PM1207*

Variable	Descripción
Tensión de alimentación	Monofásica de 102 V / bifásica de 230 V
Frecuencia de alimentación	60Hz
Corriente de entrada	A 120 V- 1.2 A / a 230 V- 0.67 A
Tensión de salida	2 x 24 V ajustable

Variable	Descripción
Intensidad nominal	De 0 a 2.5 A
Posibilidad de conexión en paralelo para aumento de potencia	Si
Rendimiento con carga máxima	83 %
Perdidas con carga máxima	12 W
Ancho	70 mm
Altura	100 mm
Profundidad	75 mm
Montaje	Perfil EN 60715 35X7.5/15 por abroche, montaje mural

Nota. El módulo de alimentación para el control del coche transportador, soporta la carga instalada y ofrece la potencia requerida por el sistema, sin necesidad de alterar el comportamiento del mismo

Controlador lógico programable PLC

Entre los controladores lógico programables PLC de la familia Siemens, se destaca la familia de los PLC S7 1200, estos presentan una tecnología moderna e infraestructura compacta, versatilidad de comunicación y proyección para ampliar la programación de instrucciones.

Dentro de la familia de los PLC 1200 existe una variedad de modelos, el modelo CPU 1212c dc/dc/rly, es un controlador que, con características técnicas favorables para el control

del coche transportador, cuenta con un puerto ethernet para la comunicación con otro dispositivo o controlador Siemens.

Este controlador permite el manejo de entradas digitales, y salidas a relé, en este caso se acoplan al proyecto debido a que las señales ingresadas por parte del variador no tendrán inconveniente para la lectura por parte del PLC, en cambio las salidas a relé, nos permite ahorrar espacio en el tablero de control del transportador.

En la tabla 4 se muestran algunas de las características mas importantes de este controlador

Tabla 4

Controlador S7-1200 DC/DC/RLY

Variable	Descripción
Modelo	CPU 1212C
	DC/DC/RLY
Paquete de programación	Step 7 V13 SP1 o Superior
Voltaje de alimentación	20.04 V a 28.8 V
Disipación de potencia	9 W
Memoria de trabajo	100 KB
Memoria de carga	2 MB ampliable con tarjeta SD
E/S digitales integradas	8 entradas / 6 salidas
E/S analógicas integradas	2 entradas
Área de marcas	4096 bytes
Ampliación de módulos de señales	2 SM

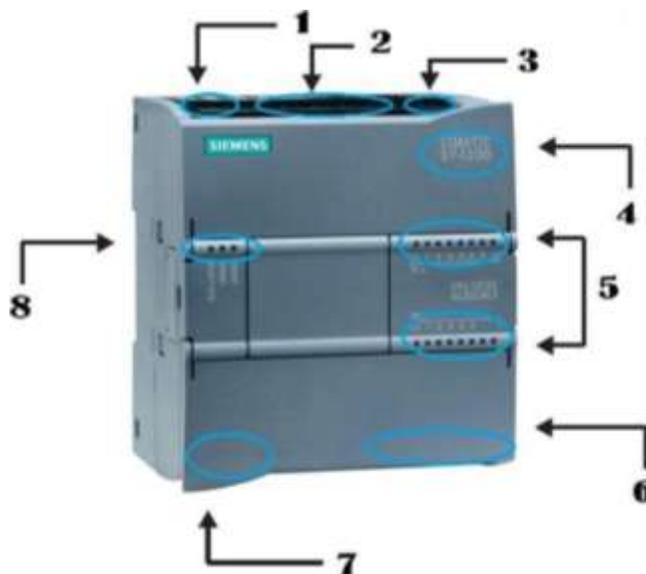
Variable	Descripción
Ampliación de módulos de comunicación	3 CM
Tipo de interfaz	Profinet / ethernet /aislada
Dimensiones	90 x 100 x 76 mm

Nota. Las características técnicas de este modelo de PLC son apropiadas y en exceso para la aplicación del control del coche transportador.

La familia siemens y los demás distribuidores por lo general estandarizan el modo de montaje, este en particular se monta en un riel din de 35 mm. Las partes principales de este modelo de PLC se muestra en la figura 31.

Figura 31

Estructura externa del PLC S7 1200 1212C DC/DC/RLY



1. Conector de alimentación
2. Entradas digitales
3. Entradas analógicas

uso de un módulo de salidas, en el mercado se ofrecen módulos de entradas, módulos de salidas, y módulos de entradas y salidas.

El control del coche transportador necesita la interpretación de variables digitales y analógicas, además, de las variables del variador, así mismo el control del PLC, permitirá activar salidas para modificar el estado del sistema, se utilizarán las salidas a relé para limitar el espacio empleado en el tablero de control. De este análisis se concluye utilizar un módulo SM 1221 DC (Entradas digitales a DC, figura 33), y un módulo SM 1222 (salidas a relé, figura 34).

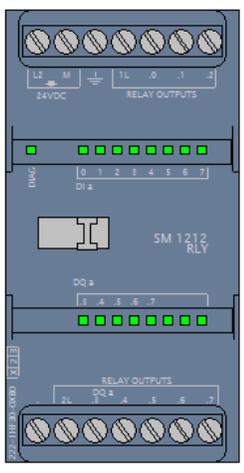
Figura 33

Módulo SM 1221



Figura 34

Módulo SM 1222



Nota. Los módulos de señales ofrecen al programador la capacidad de lectura de nuevas variables, así como, la capacidad de intervenir en ellas por medio del control de las salidas en base a la programación interna del PLC.

Variador de velocidad

En el mercado existen dispositivos para controlar la velocidad, frecuencia de un motor, los criterios de selección de variador dependerán en base a:

- Datos de placa del sistema (voltaje, corriente, frecuencia, velocidad)
- Tipo de control (variable, vectorial)
- Régimen de carga (normal, sobrecarga ligera, sobrecarga)
- Condiciones ambientales (temperatura, altura)
- Método de frenado
- Método de comunicación

Según los datos de placa en la tabla 1, se puede decir que la aplicación del variador es para un sistema de transporte, necesariamente se necesitará controlar dos motores de 1.5 KW, a un nivel de voltaje de 480 V. el control de velocidad y torque será esencial en el sistema de transporte.

El variador de velocidad debe mantener un par constante, debido a que el accionamiento trasladara elementos a velocidades constantes.

Según estos criterios el variador seleccionado se muestra en la figura 35.

Figura 35

Selección de variador

Aplicación	Movimiento controlado			Movimiento no controlado		
	Responde de precisión de posición y precisión de velocidad. Precisión de posición (función de velocidad) / Funcionalidad			Responde de precisión de posición y precisión de velocidad. Precisión de posición (función de velocidad) / Funcionalidad		
	Simple	Medio	Alto	Simple	Medio	Alto
Control de velocidad	Control de velocidad Ventilador de velocidad Cilindros	Control de velocidad Ventilador de velocidad Cilindros	Control de velocidad Ventilador de velocidad Cilindros	Control de velocidad Ventilador de velocidad Cilindros	Control de velocidad Ventilador de velocidad Cilindros	Control de velocidad Ventilador de velocidad Cilindros
Control de posición	G120, SINAMICS VIA G120C	SINAMICS G120C, G120, G120A	G120	G120	G120, G120A	G120
Motor	Control de velocidad Temperatura de motor Temperatura de cable	Control de velocidad Temperatura de motor Temperatura de cable Asesor de diagnóstico Asistencia Soluciones mecánicas Puntos de inspección Evaluación	Control de velocidad Temperatura de motor Temperatura de cable Asesor de diagnóstico Asistencia Soluciones mecánicas Puntos de inspección Evaluación	Control de velocidad Temperatura de motor Temperatura de cable Asesor de diagnóstico Asistencia Soluciones mecánicas Puntos de inspección Evaluación	Control de velocidad Temperatura de motor Temperatura de cable Asesor de diagnóstico Asistencia Soluciones mecánicas Puntos de inspección Evaluación	Control de velocidad Temperatura de motor Temperatura de cable Asesor de diagnóstico Asistencia Soluciones mecánicas Puntos de inspección Evaluación
	G120, SINAMICS VIA G120C	SINAMICS G120C, G120, G120A	G120	G120	G120, G120A	G120

Los variadores de la serie SINAMICS G120C brindan versatilidad en sus funciones, debido a que prestan alta densidad de potencia, breves tiempos de respuesta en marcha, facilidad de manejo, en un tamaño menor al de su competencia en el mercado. (Siemens , 2014)

Para el manejo y puesta en marcha del variador de velocidad se hace uso de un panel operador que se acopla al variador, para la aplicación se necesitara solamente del controlador BOP-2 (Basic Operator Panel-2), este variador tiene la ventaja de poder ser configurado mediante computador a través de puerto USB con el software STARTER. Figura 36.

Figura 36

Variador SINAMICS G120C con BOP-2



Algunas de las características técnicas del variador se muestran en la tabla 5.

Tabla 5

Características del variador Sinamics G120C

Parámetros	Especificaciones técnicas
Tensión de alimentación	Trifásica 380-480 VAC con 50-60 Hz
Rango de potencia	0.55- 18.5 KW / 0.75- 25 Hp
Grado de protección	IP20
Entradas / salidas de señal	6 entradas digitales, 2 salidas digitales, 1 entrada analógica, 1 salida analógica
Método de regulación	Vector (sin sensor), U/f, U/f ECO
Funciones de energía	Calculadora de ahorro y consumo energético, reducción automática de flujo
Funciones de seguridad	Safe torque Off (STO)
Frenado	Chopper de freno integrado
Comunicación	USS / Modbus RTU

Dispositivos de protección y componentes secundarios

Los elementos de control presentan en algunas oportunidades presentan altas cantidades de corrientes de consumo que podrían causar el mal funcionamiento de los equipos instalados y en ocasiones el fallo permanente de estos, el dimensionamiento tanto del calibre del conductor y de las protecciones ayuda a salvaguardar los equipos del sistema. En la tabla 6 se muestran varios elementos que serán utilizados en la implementación del sistema de control.

Tabla 6*Componentes auxiliares de implementación*

Elemento	Descripción	Imagen
Breaker	Breaker termomagnético Siemens de 2A y 4A para Riel DIN de 2 polos.	
Relé auxiliar	Relé auxiliar de 24 VDC con 2 contactos NO, y 2 contactos NC (ABB CR-P024DC2 24VCC- 1SVR405601R1000)	
Zócalo porta relé	Porta relé de la marca ABB con contactos NC y NO, Interfaz CR-P	
Riel Din	Riel DIN de 35 mm para soporte de equipos	
Terminales	Terminales tipo PIN, y tipo OJO	
Cable	Cable flexible #16 AWG	
Canaleta	Canaleta ranurada 40 x 40 mm	
		

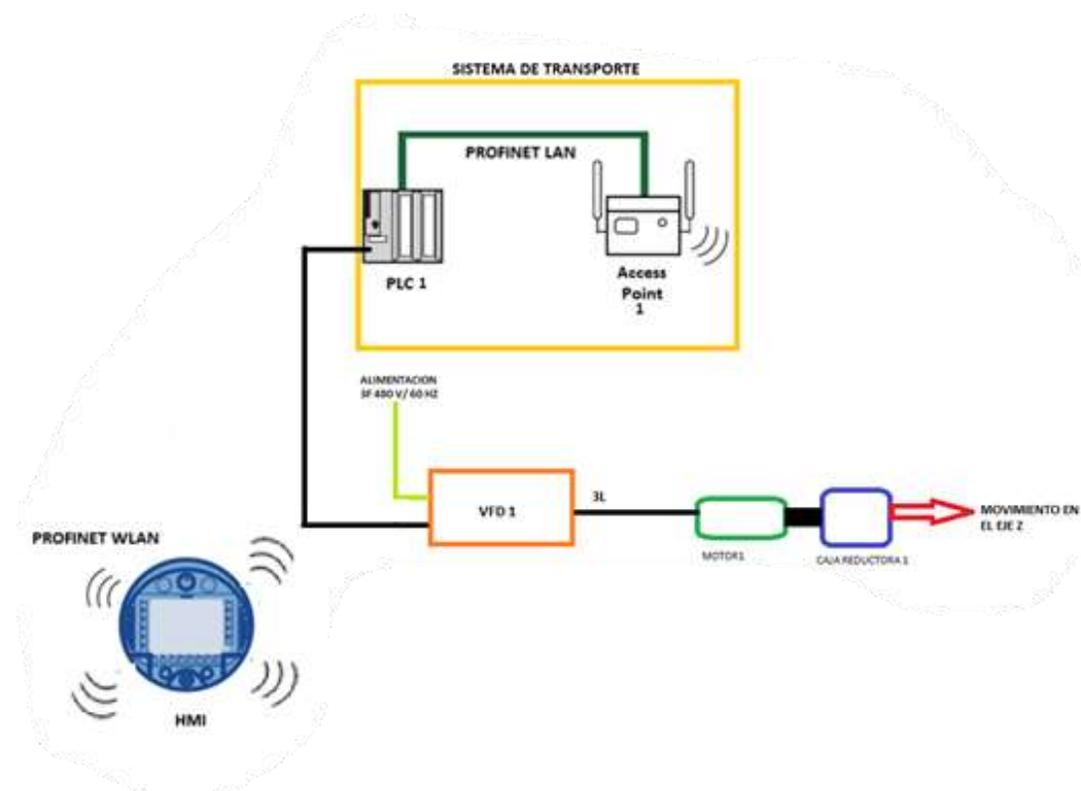
Elemento	Descripción	Imagen
Herramientas	Cortadora, ponchadora, etiquetadora,	

Topología del sistema a implementar en el coche transportador

El control del sistema de transporte emplea una pantalla inalámbrica touch la cual comanda las acciones que realizara el controlador. El sistema de transporte se explica según la figura 37.

Figura 37

Topología del sistema de transporte



La comunicación entre el PLC y el Access Point se establece mediante el protocolo Profinet, utilizando conectores RJ45, el punto de acceso sirve como elemento de enlace entre el PLC y el Panel mobile.

La comunicación entre el panel mobile y el PLC se establece mediante una red IWLAN (Industrial Wireless LAN), para que esto sea posible, el controlador necesita estar conectado a un punto de Acceso para que las instrucciones emitidas por el Panel HMI sean recibidas y procesadas por el PLC.

El controlador realiza internamente las operaciones programadas y activa las salidas en base a la lógica de control, el PLC recibe y envía señales al variador de velocidad y procesa estas señales para después controlar los motores y ejecutar el movimiento de norte a sur del coche transportador.

Selección de componentes del puente grúa

Fuente de alimentación

En la figura 38 se muestra una fuente de alimentación de la marca siemens modelo SIMATIC SITOP PSU200M/1-2AC/DC24V/5A, este tipo de fuente presenta dos salidas regulables a 24 voltios, es necesario debido a que en el sistema de control del puente grúa se conecta al controlador y los módulos de entradas y salidas, adicionalmente es necesario la alimentación del Access Point como punto de enlace entre el PLC y el Panel mobile HMI.

Figura 38

Fuente SITOP PSU200M



Nota. La fuente de alimentación SITOP PSU200M alimenta el PLC y el punto de acceso, evitando fallos de alimentación.

Controlador lógico programable

Los PLC S7 1200, presentan una tecnología moderna e infraestructura compacta, versatilidad de comunicación, dentro de la familia de los PLC 1200, el modelo CPU 1215c dc/dc/dc, es un controlador que permitirá el control de los movimientos del puente grúa, cuenta con dos puertos ethernet para la comunicación con otros dispositivos.

Este controlador permite el manejo de entradas digitales, y salidas a 24 Vdc, para el caso de implementación del control de puente gura se hará uso de relés auxiliares a 24 VDC que permitan manejar voltajes en AC, el puerto Ethernet que no se utilice servirá para el monitoreo con PC por parte del programador, así como método de configuración de los Access Point, Mobile Panel HMI, y los PLCs tanto del transportador como del puente grúa.

En la tabla 7 se muestran algunas de las características del PLC S7 1200 1215 DC/DC/DC.

Tabla 7

Características PLC 1200 1215 DC/DC/DC

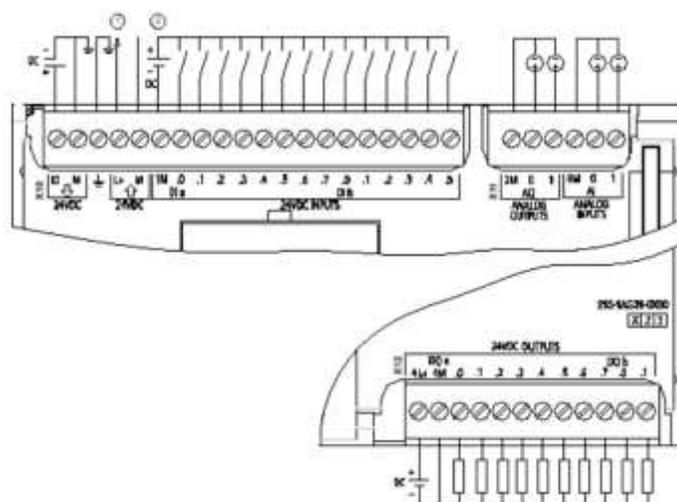
Variable	Descripción
Modelo	CPU 1215C DC/DC/DC
Paquete de programación	Step 7 V13 SP1 o Superior
Voltaje de alimentación	24 VDC
Disipación de potencia	12 W
Memoria de trabajo	100KB
Memoria de carga	4 MB expansible con SD card
E/S digitales integradas	14 entradas y 10 salidas

Variable	Descripción
E/S analógicas integradas	2 entradas y 2 salidas
Área de marcas	8192 bytes
Ampliación de módulos de señales	8 SMs máximo
Ampliación de módulos de comunicación	3 CMs máximo
Tipo de interfaz	Profinet / ethernet /aislada
Dimensiones	130 x 100 x 75 mm

Según la figura 39, este PLC necesita de una fuente de alimentación de 24 VDC, cuenta con una fuente de salida también a 24 VDC, las salidas y las entradas de este PLC se alimentan a 24 VDC, por lo que se hace uso de relés auxiliares a 24 voltios para poder mediante sus contactos NA y NO manejar el control de tensión a 48 VAC, la conexión de este equipo es la siguiente.

Figura 39

Conexión de PLC S7 1200 1215C

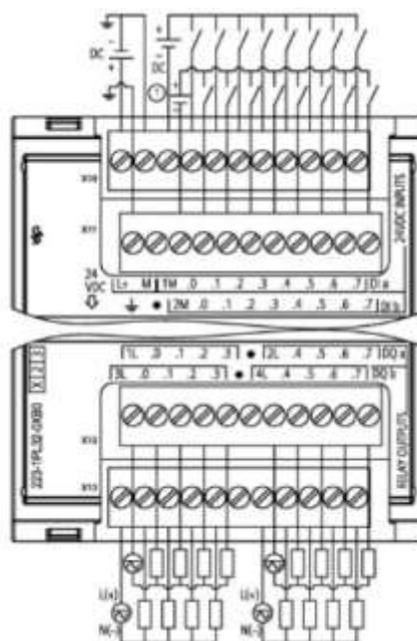


Módulo de señales

El control de los movimientos en los 3 ejes y las velocidades el puente grúa necesita aproximadamente 16 a 20 señales, por lo que se empleara un módulo de salidas a relé a nivel de 48 VAC para el control de las señales faltantes sin utilizar relés auxiliares. Figura 40.

Figura 40

Módulo 1223 DC/ RLY



Nota. El módulo 1223 DC/RLY se emplea en este proyecto para comandar las salidas faltantes, se emplea salidas a relé para comandar directamente el control a 48 VAC.

Dispositivos de protección y componentes secundarios

Los dispositivos de protección para el sistema de control del puente grúa, son en esencia los mismos que se utilizan en el coche transportador (tabla 6).

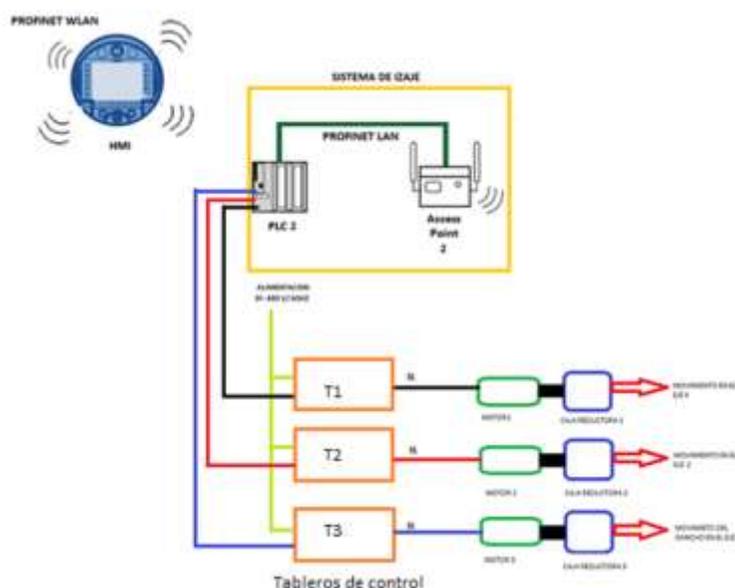
Estos dispositivos ayudan a proteger los elementos de control y auxiliares, así como los equipos de comunicación y de red, salvaguardando la integridad de los mismo y reduciendo los costos en caso de que estos se enfrenten a sobre corrientes, y fluctuaciones en la alimentación.

Topología del sistema a implementar en el puente grúa

El sistema de izaje al ser un sistema de control más complejo, se hará uso de los tableros de control actuales, la lógica cableada actual será intervenida por el control de las salidas del PLC, en la figura 41 se muestra el esquema de conexión de los equipos de este sistema.

Figura 41

Topología del sistema de izaje.



Al igual que el sistema del coche transportador, el Access Point sirve de elemento de enlace para la comunicación entre el PLC y el Panel Mobile HMI, gracias a este método de comunicación se puede enlazar y controlar el sistema del puente grúa y el coche transportador con el mismo Panel HMI.

- El PLC S7 1200 se conecta mediante Profinet LAN al Access Point.
- El Access Point se conecta al Panel Mobile mediante Profinet WLAN
- Las operaciones enviadas desde el HMI se escriben en el PLC, y este envía las señales a los tableros de control para realizar los movimientos del puente grúa.

Selección de componentes de la red

Panel de operación

Para la selección del panel operador se consideran características técnicas que se adapten a la funcionalidad en el control del sistema de transporte e izaje.

- Condiciones ambientales
- Método de comunicación
- Software de programación
- Compatibilidad con la topología a implementar

La Unidad de Negocio Hidroagoyán, en sus requerimientos de compras para el área de mantenimiento eléctrico y electrónico ve el alcance que brinda la marca Siemens, por lo que la selección de estos elementos va dirigida hacia esta empresa.

La selección del panel operador se basa en el protocolo de comunicación implementado en casa de máquinas, y considerando las características anteriores considera que el “Mobile Panel SIMATIC 277 WLAN V2” (figura 42) cumple con las exigencias requeridas para el correcto funcionamiento del sistema a controlar.

Figura 42

Mobil Panel 277 WLAN V2



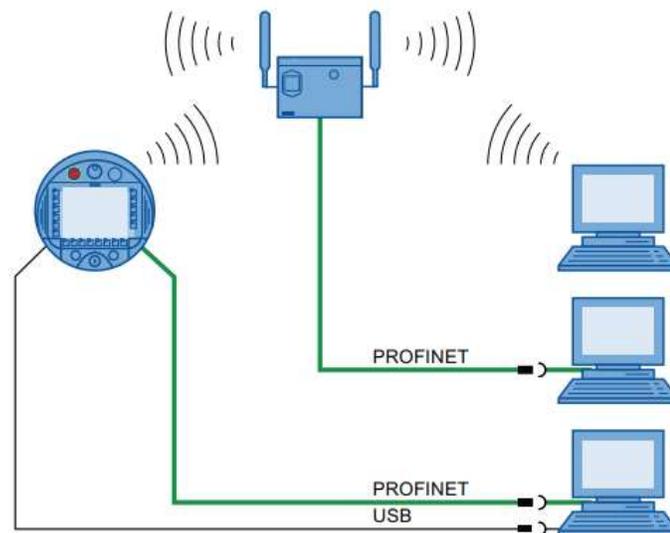
1. Volante (opcional)
2. Led
3. Teclado de membrana
4. Pantalla táctil
5. Tecla ON/OFF
6. Tapa para las tiras de rotulación
7. Tecla luminosa (opcional)
8. Interruptor de llave (opcional)

Este equipo tiene la capacidad de conectarse vía WLAN a otros dispositivos, y en este caso se conecta al Access Point y mediante este puede escribir la ordenes en el PLC, cuenta con comunicación Profinet para su configuración y cargar el programa mediante PC, al igual que un puerto USB. Figura 43.

Este panel cuenta con la detección de zonas de red inalámbrica para conectarse según sea necesario y según la configuración del sistema. Esta optimizado para proyectos desarrollados en WinCC flexible.

Figura 43

Topología simple de red con mobile panel



En la tabla 8 se muestran las características generales del panel móvil 277 WLAN V2.

Tabla 8

Características del Mobile Panel SIMATIC 277 WLAN V2

Característica	Descripción
Tipo de entrada	Táctil, analógica, teclado laminar
Teclas de función	18 telas con iluminación led
Tecla On/Off	1
Volante	1 con 50 impulsos de giro
Memoria	6 MB
1x USB	USB-Host
1x WLAN	Profinet WLAN
Alimentación	Batería, estación de carga,
Comunicación con radio con transponedor	2400 – 2483 MHz rango

Algunas de las características de las antenas del panel mobile 277WLAN son:

Tabla 9

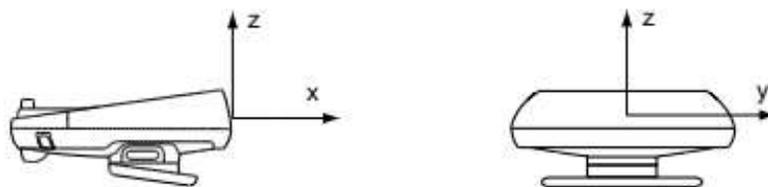
Características de la banda 2.4 GHz

Parámetros	Características de emisión en una banda de 2.4 GHz
Tipo de antena	Antena WLAN de banda dual
Polarización	Vertical y horizontal
Rango de frecuencia	2.4 – 2.483 GHz
Ganancia máx.	3 dBi
Impedancia	50 ohm

La figura 44 muestra el sistema coordenado que utiliza el panel mobile para orientarse en el eje de referencia.

Figura 44

Sistema coordenado del panel operador



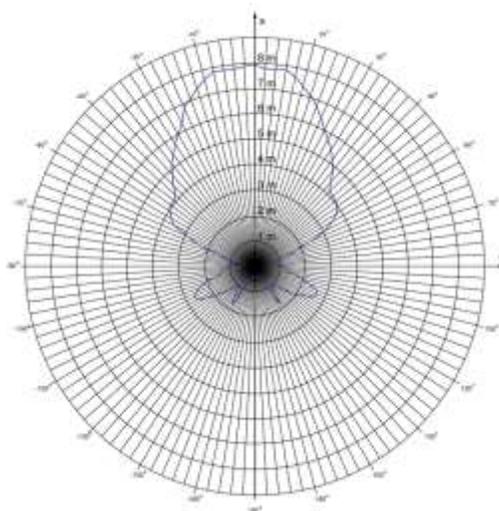
Nota: el plano XY que utiliza el panel operador se monta sobre el piso o plano del operador, mientras que el eje z muestra la altura a la que se posiciona el panel con respecto al piso.

(Siemens, 2011)

La figura 45 muestra el alcance del emisor en función del ángulo.

Figura 45

Alcance del panel operador

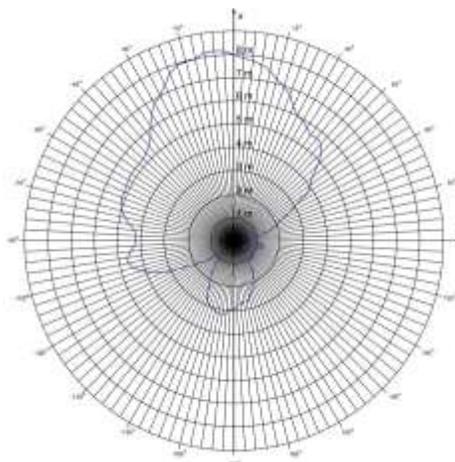


Nota. El alcance del panel operador apuntando hacia el frente es de aproximadamente 8 metros.

En la figura 46 se muestra el alcance del panel en función del plano XZ

Figura 46

Alcance del panel en el plano XZ



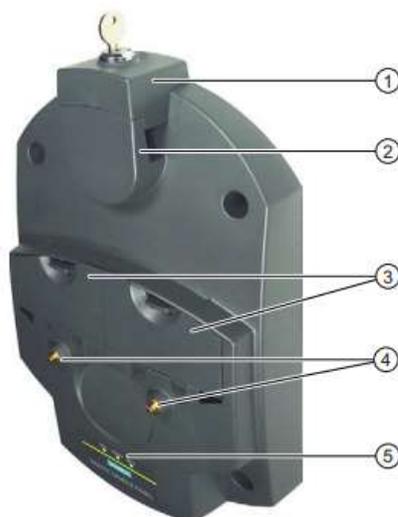
Nota. El alcance del panel operador se desvía ligeramente hacia la izquierda y alcanza una distancia de 8 metros.

Estación de carga

La estación de carga es un equipo complementario para el funcionamiento del panel operador, sirve para cargar la batería principal del panel operador, además sirve de soporte para guardar el panel, figura 47.

Figura 47

Estación de carga



1. Cerrojo
2. Gancho para apoyar el panel operador
3. Compartimiento para carga de batería principal
4. Contactos de carga para el panel operador
5. Indicadores led

Algunas de las características de la estación de carga se muestran en la tabla 9

Tabla 10

Estación de carga

Parámetros	Estación de carga para Mobile Panel 277 IWLAN
Tensión nominal	19.2 – 28.8 VDC
Intensidad nominal	3.2 A
Potencia de consumo	77 W
Grado de protección	IP65
Dimensiones	208 x 333 x 75 mm

Punto de acceso (Access Point)

El Access Point que se necesita para lograr la comunicación entre los sistemas de izaje y transporte y el panel operador 277 IWLAN deberá tener cobertura total y contar con ampliaciones para colocar antenas externas de ser el caso, el piso de máquinas de la central posee una longitud de aproximadamente 50m x 23m.

Para el caso del coche transportador, este se ubica en un túnel por el que se descarga los elementos desde el piso principal hacia el piso de máquinas, por lo que se supone que sería necesario el uso de antenas externas para garantizar la conexión entre equipos.

El modelo de Access Point utilizado posee un conector RJ45 ethernet, a la cual se conecta al PLC mediante Profinet, el Panel operador se comunica al punto de acceso y escribe sobre el PLC las instrucciones programadas.

El equipo que se adapta a los requerimientos del proyecto es el Industrial Wireless LAN 786-1 RJ45 Access Point (figura48), se utilizaran dos de estos dispositivos, uno para el sistema de izaje y otro para el sistema de transporte, la construcción del protocolo de comunicación obedece a IWLAN, y se configurara a frecuencia de trabajo de 2.4 GHz.

Figura 48

Scalance W786-1 RJ45



Los leds del Scalance tienen la siguiente funcionalidad según la tabla 10

Tabla 11

Leds de indicadores del Scalance W786-1 RJ45

Led	Función
L1	Indica que el dispositivo esta alimentado (24 VDC)
PoE	Se detecto la conexión mediante ethernet
P1	Se está transfiriendo datos a través del puerto ethernet
R1	La interfaz WLAN esta iniciada y lista para operar
F	Error durante la operación

El Access Point se encarga de enlazar y comunicar el autómata y el panel hmi, la transferencia de datos para el control del sistema de izaje y transporte se necesita el Scalance w786 con las siguientes características (tabla 11).

Tabla 12*Características técnicas del Scalance W786-1 RJ45*

Variable	Característica
Tasa de transferencia	Con Wlan/máxima: 450 MB/s 10 MB/s, 100 MB/s
Alimentación	Conector de dos polos a 24 VDC
Conector de comunicación	RJ45
Dimensiones	70 x 100 x 75 mm
Peso	0.3 Kg

Antenas externas

El piso principal de máquinas de la central Hidroagoyán se encuentra localizado a 120m de profundidad del nivel de la calzada, en el sitio se desea implementar una red IWLAN para poder establecer la comunicación entre equipos para hacer posible la comunicación y control entre el sistema de izaje y el sistema de transporte figura 49.

Figura 49*Sinopsis de antenas*

Antenas para Wlan SCALANCE W786 según IEEE 802.11n			Antenas para Wlan SCALANCE W786 según IEEE 802.11n y IEEE 802.11ac			Antenas para Wlan SCALANCE W786 según IEEE 802.11ac			
con 1 conector		con 2 conectores (Dual)		con 3 conectores (MIMO)		con 1 conector		con 1 conector	
	ANT785-4MA		ANT793-8DG		ANT785-8MT		ANT792-8DN		ANT795-4MR
	ANT785-4MC		ANT793-8DJ		ANT793-8DT		ANT793-4MN		ANT795-4MS
	ANT785-4MD		ANT793-8DK				ANT792-6MN		ANT795-6DN
	ANT785-6DC						ANT783-6MN		ANT793-8DN
	ANT793-8DP						ANT792-8DN		
							ANT795-6MN		
							Gua de onda RCosa-Leak		

Los Puntos de Acceso son dispositivos que nos permiten establecer el modo de comunicación WLAN entre estos sistemas, sin embargo, el alcance de las antenas internas no es el adecuado para las distancias y área que se desea cubrir, es por ello que se ha seleccionado dos tipos de antenas externas “ANT795-4MR”, en la tabla 12 se muestran algunas de las características para lograr cubrir la mayor área posible y garantizar la conexión de los equipos en todo momento.

Tabla 13

Características de la antena ANT795-4MR

Variable	Valor
Frecuencia de radio para WLAN	2.4 GHz / 5GHz
Ganancia de la antena	4 dB a 2.4 GHz y 5 dB a 5 GHz
Impedancia	50 ohm
Tipo de conector	R-SMA
Dimensiones	35 x 14 x 13 mm x 26 g

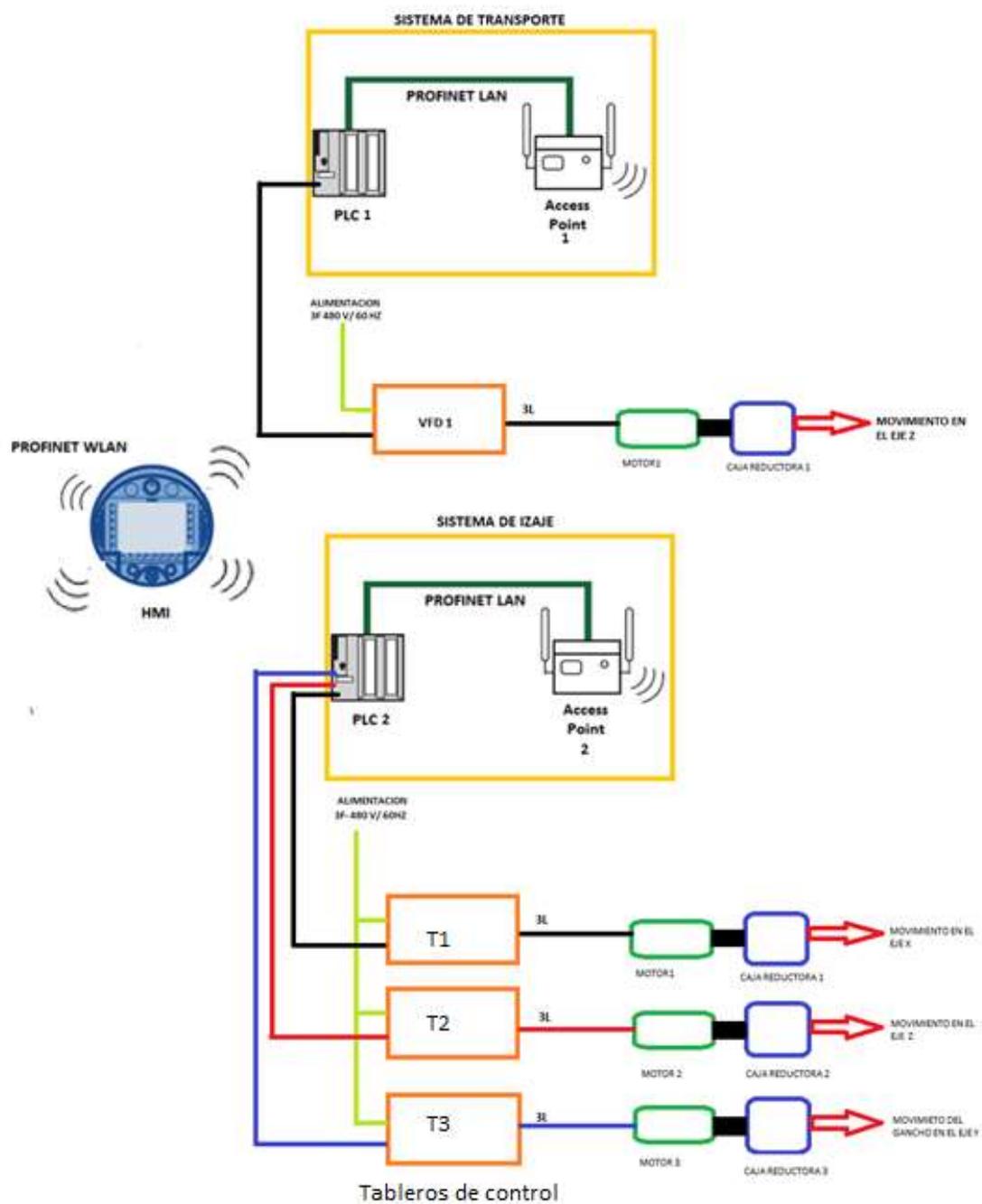
Nota. Se muestra las características técnicas de la antena ANT 795-4MR

Topología de la red a implementar

La red a implementar en la casa de máquinas de la central Agoyán señala que en su construcción necesita de dos Puntos de acceso, uno para el sistema de izaje y otro para el sistema de transporte, estos Puntos de acceso se comunicaran el uno con el otro, sin embargo, el punto de acceso del puente grúa hará el trabajo de una especie de maestro, esto ayudara a que el panel mobil hmi se comunique al punto de acceso del puente grúa y desde este al punto de acceso del transportador. Figura 50.

Figura 50

Topología de la red a implementar



Capítulo IV

Diseño e implementación

Coche transportador

El coche transportador ocupa un control por lógica cableada en su diseño, los pulsadores de la botonera activan o desactivan los contactores principales y estos mediante la lógica de control que emplea realiza los movimientos hacia delante o atrás.

Los botones auxiliares encienden las señalizaciones de advertencia de movimiento, una bocina y una luz indicadora que nos advierte que el coche transportador se encuentra en movimiento.

En la figura 51 se muestran los botones de la botonera, los botones On Off encienden el tablero principal y permite que los movimientos del transportador sean posible.

Figura 51

Botonera del transportador

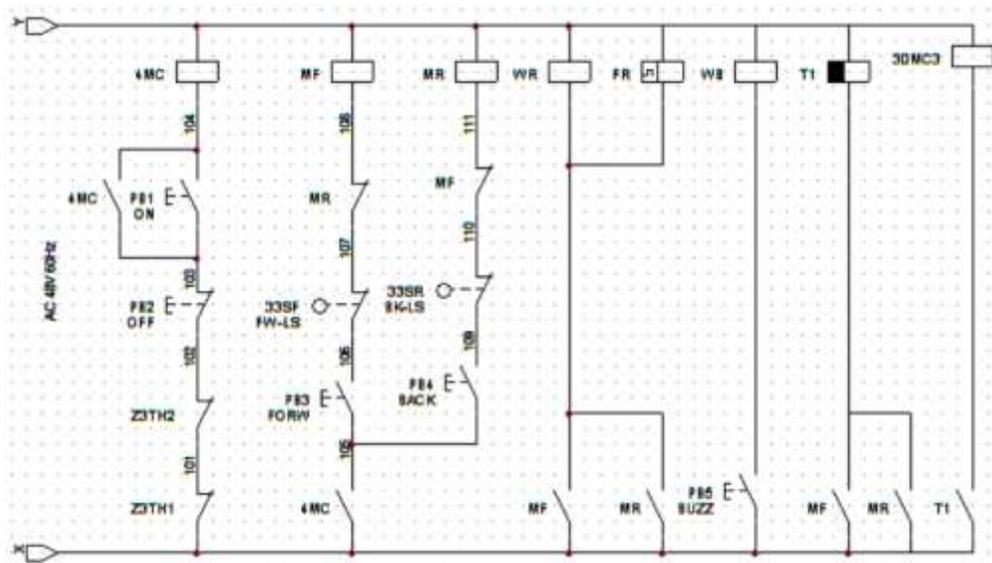


Circuito de control actual

Los circuitos de control del sistema de izaje sirven de punto de partida para identificar las entradas y salidas necesarias para el programa de control en el PLC.

Figura 52

Circuito de control del coche transportador



Nota. En la figura 52 se muestra el circuito de control del coche transportador, se observa que el circuito activa las bobinas principales de avance, retroceso, sirena, la botonera es la única forma de mantener un control del sistema.

Diseño del circuito de control

Los parámetros de control del sistema de transporte se basan en la lectura de los finales de carrera y contactores de avance adelante y retroceso. En el diseño del nuevo sistema se emplea el variador de frecuencia SINAMICS G120C, este equipo nos permite mantener en monitoreo los valores de variables eléctricas como frecuencia, voltaje y corriente de funcionamiento, además por este equipo se puede controlar la velocidad de avance del coche transportador.

Para que el coche transportador entre en funcionamiento se optó por montar un selector (figura 53) que permita controlar el coche transportador desde la botonera (Local) o desde el Panel mobile (Remoto).

Figura 53

Selector del tipo de mando del coche transportador



Del análisis anterior se consideran que las salidas y entradas del sistema son las siguientes:

Tabla 14

Entradas del PLC del transportador

Nombre	Tipo	Descripción
FIN-CARR-AD	Bool	Fin de carrera adelante
FIN-CARR-AT	Bool	Fin de carrera atrás
SIRENA	Bool	Sirena activa
LUCES	Bool	Luces de advertencia activa
VAR-MARCHA	Bool	Variador en marcha
FREC-ALC	Bool	Frecuencia alcanzada
SOBRECARGA	Bool	Alarma de sobrecarga
FALLA-ALIM	Bool	Alarma falla de alimentación
ADELANTE	Bool	Transportador hacia adelante
ATRÁS	Bool	Transportador hacia atrás

Nombre	Tipo	Descripción
SET-LOCAL	Bool	Selector en local
V/F	Bool	Voltaje en función de frecuencia

Tabla 15

Salidas del PLC del transportador

Variable	Tipo	Descripción
ON	Bool	Energizar el tablero
OFF	Bool	Desenergizar el tablero
FW	Bool	Marcha hacia adelante
BW	Bool	Marcha hacia atrás
BUZZ	Bool	Activar sirena
VMAX	Bool	Velocidad máxima
VMED	Bool	Velocidad media
VMIN	Bool	Velocidad mínima

Metodología de operación

El sistema de transporte necesita de precondiciones para que este pueda entrar en funcionamiento, el interruptor de línea deberá estar activado para que alimente los motores y el sistema de control, se mostrara una luz piloto que evidencie esta condición. Figura 54.

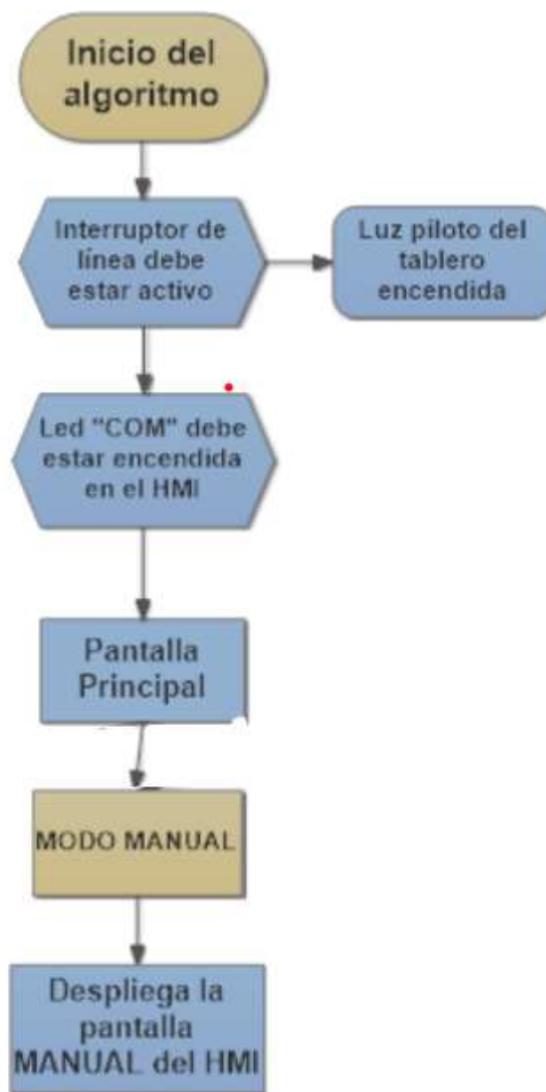
El panel mobile deberá entrar en conexión con el Punto de acceso, el led COM del panel operador estará encendido y mostrará una coloración verde.

Al iniciar el programa cargado en el panel operador, este mostrar la opción de “transportador”, y se desplegara las opciones de manejo del panel.

Adicionalmente para que el control se establezca desde el panel se deberá colocar el selector (figura 53) en posición “REMOTO”.

Figura 54

Diagrama de flujo general del sistema de transporte

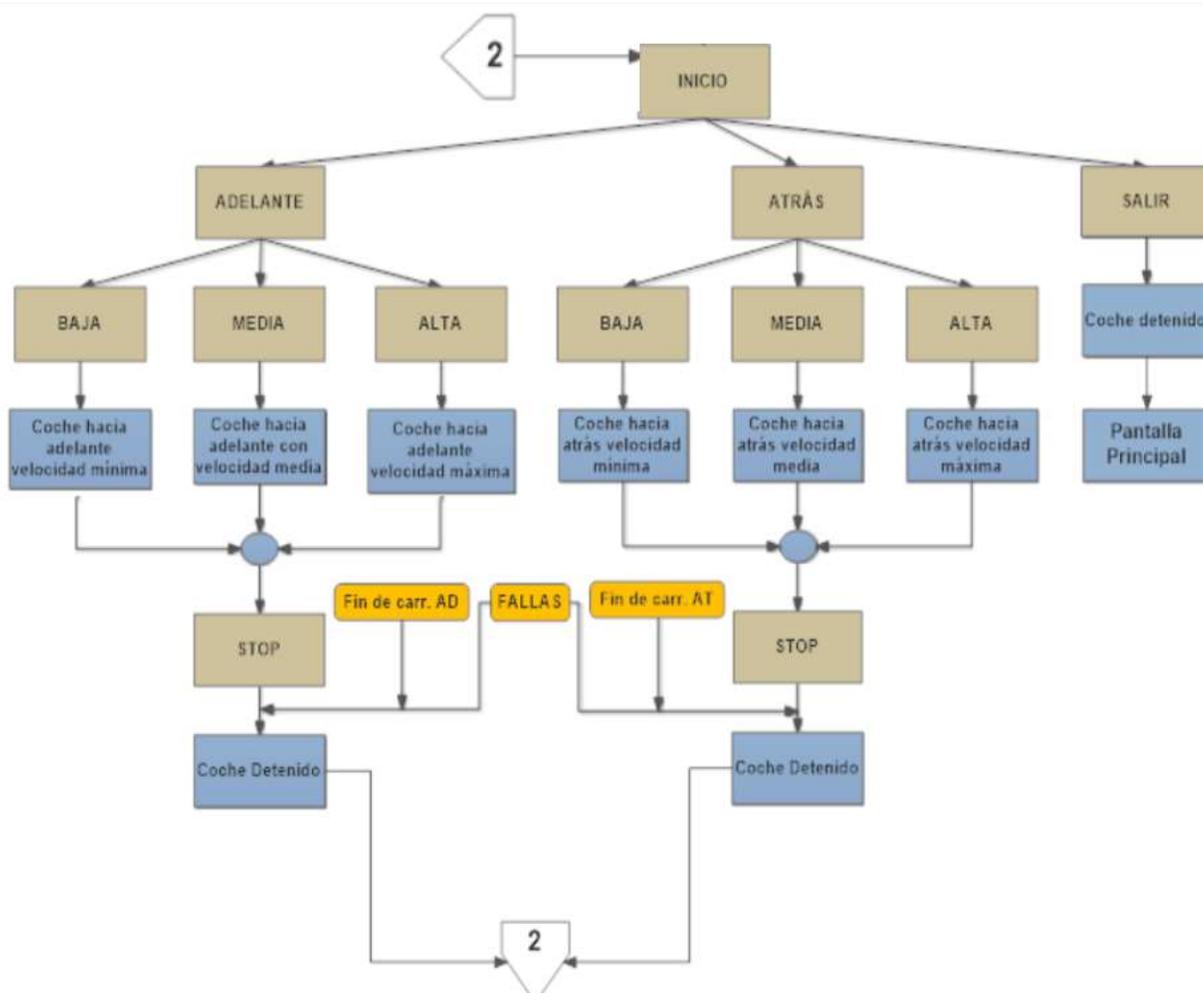


Nota. El sistema de transporte debe cumplir una serie de pasos para que sea posible la manipulación de sus movimientos y velocidades.

En la figura 55 se muestra el modo de manejo del sistema de transporte, en esta pantalla el operador debe seleccionar la dirección del avance y la velocidad a la que desea que el sistema de transporte realice el movimiento.

Figura 55

Diagrama de flujo del sistema de transporte



Diseño del programa del PLC

Con la información anterior se procede a elaborar la lógica de programación, esta se basa esencialmente en el funcionamiento del sistema con la lógica de control de la figura 52.

La lógica de control define la manera en que el autómatas recibirá las señales de entrada, procesará en el programa diseñado y de acuerdo a la conveniencia del operario se escribirán los resultados en las salidas del PLC, permitiendo el desplazamiento del coche y el control de la velocidad por parte del variador.

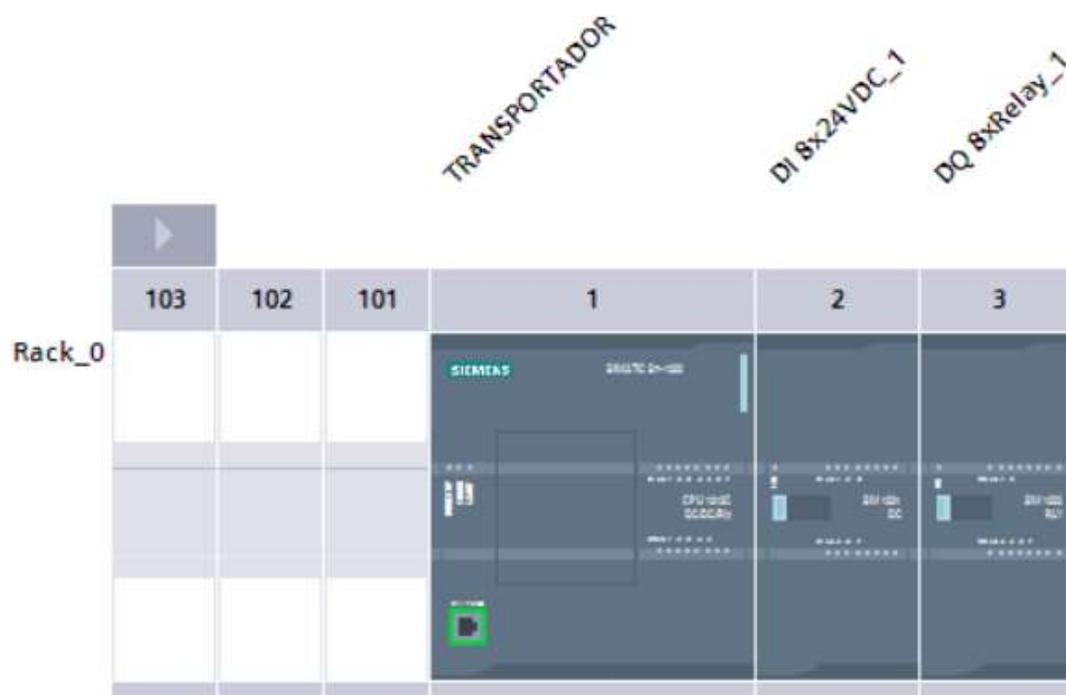
El software empleado corresponde “Totally Integrated Automation” (TIA Portal) de la marca siemens.

Como se mencionó en el capítulo 3.2.2 y 3.2.3 los equipos empleados para el control del sistema de transporte son: PLC 1200 1212C DC/DC/RLY y los modos de señales

1221 DC y 1222 RLY, estos elementos se seleccionan desde la opción “agregar dispositivo” en el software. Figura 56.

Figura 56

Selección de PLC y módulos en el software



La declaración de variables nos ayudara para el manejo de las operaciones, monitoreo de las entradas y programación de salidas en base a los criterios del programador. Figura 57.

Figura 57

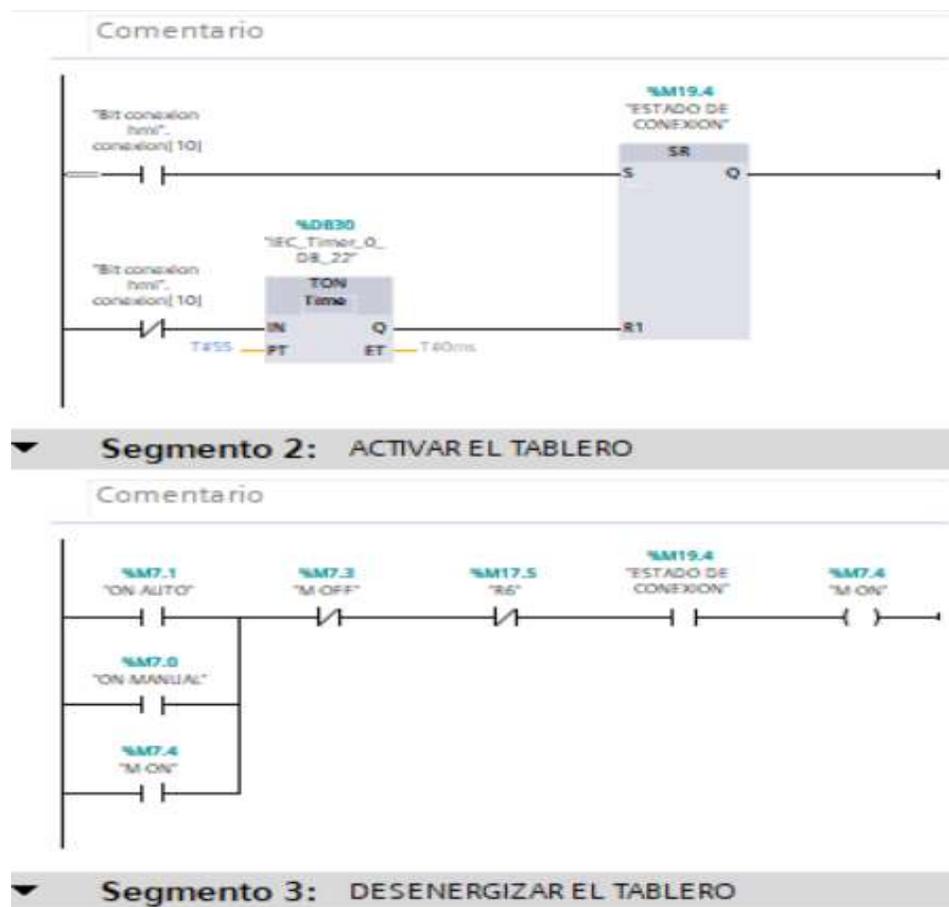
Variables del programa

	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl
1	FIN-CARR-AD	Tabla de variables e.	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	FIN-CARR-AT	Tabla de variables e.	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	SIRENA	Tabla de variables e.	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	LUCES	Tabla de variables e.	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	VAR-MARCHA	Tabla de variables e.	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	FREC-ALC	Tabla de variables e.	Bool	%I0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	SOBRECARGA	Tabla de variables e.	Bool	%I0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	FALLA-ALIM	Tabla de variables e.	Bool	%I0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	VIF	Tabla de variabl...	Word	%MW64	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	ADELANTE	Tabla de variables e.	Bool	%I8.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	ATRAS	Tabla de variables e.	Bool	%I8.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	SEL-LOCAL	Tabla de variables e.	Bool	%I8.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	ON	Tabla de variables e.	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	OFF	Tabla de variables e.	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15	FW	Tabla de variables e.	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16	BW	Tabla de variables e.	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17	BUZZ	Tabla de variables e.	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	VMAX	Tabla de variables e.	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	VMED	Tabla de variables e.	Bool	%Q12.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
20	VMIN	Tabla de variables e.	Bool	%Q12.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
21	RESET	Tabla de variables e.	Bool	%Q12.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
22	ON-MANUAL	Tabla de variables e.	Bool	%M7.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
23	ON-AUTO	Tabla de variables e.	Bool	%M7.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
24	M-OFF	Tabla de variables e.	Bool	%M7.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
25	M-ON	Tabla de variables e.	Bool	%M7.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
26	M-FW	Tabla de variables e.	Bool	%M7.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
27	M-BW	Tabla de variables e.	Bool	%M7.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
28	M-BUZZ	Tabla de variables e.	Bool	%M7.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
29	M-VMAX	Tabla de variables e.	Bool	%M10.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Una vez seleccionado los elementos de programación procedemos a realizar el programa de control para manejar el coche transportador en base a los criterios de control, seguridad, eficiencia de la máquina y de sus componentes eléctricos. En los primeros bloques del programa se hizo énfasis en el monitoreo del estado de conexión entre el PLC del transportador y el panel operador Figura 58.

Figura 58

Bloques de programa



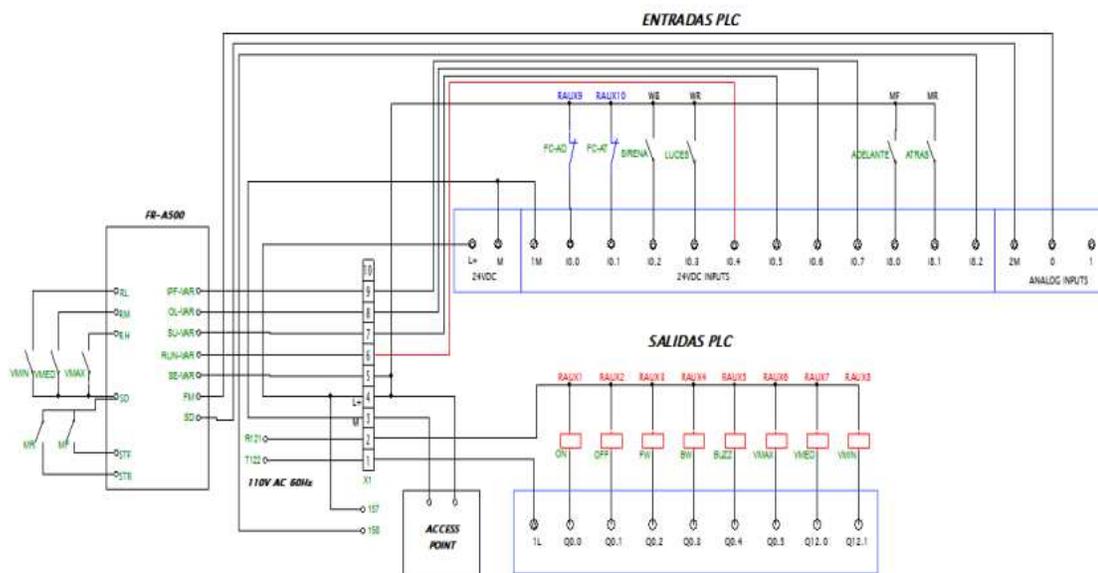
El programa en su totalidad se muestra en los anexos A (Variables del programa), y B (bloques del programa)

Diseño del nuevo circuito de control

En la figura 59 se observa el plano de entradas y salidas del PLC en base a la configuración con el Variador Sinamics G120C, y a su disposición en el cableado e intervención en el circuito de control actual. Cada una de las salidas del PLC está conectada a un relé que maneja niveles de tensión de 110 VAC, para energizar el tablero de control, las velocidades del coche transportador y la dirección de avance, para este cometido se hace el uso de los relés auxiliares. Figura 59.

Figura 59

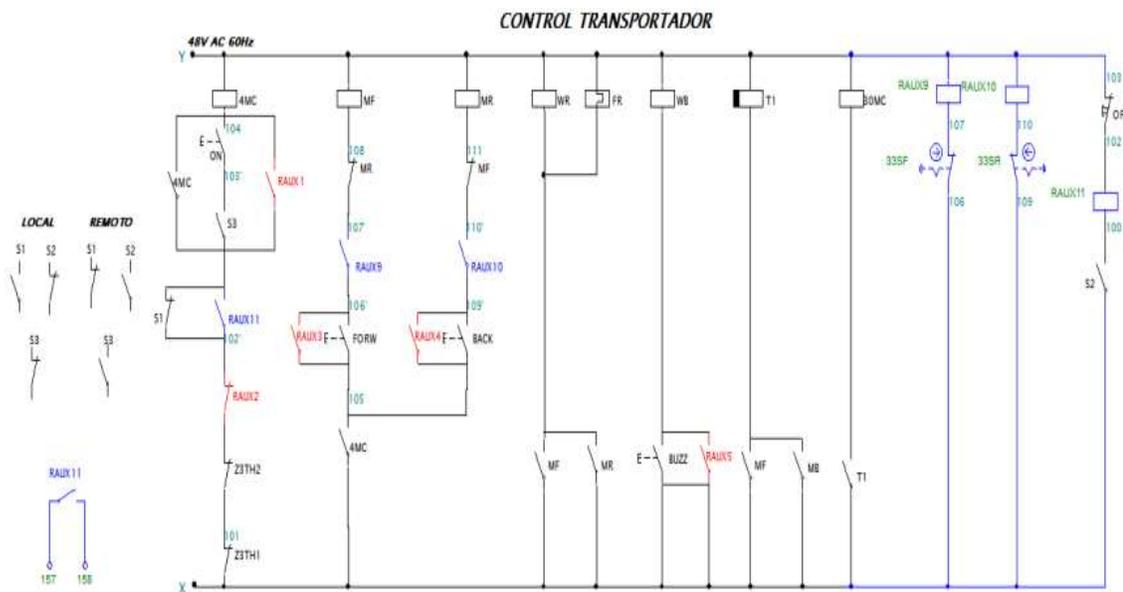
Rediseño del circuito de control



El esquema de intervención para la lógica de control del coche transportador se muestra en la figura 60, se muestra la conexión de los contactos auxiliares de los relés de salida, así como los contactos del selector de modo de operación.

Figura 60

Control del transportador



Montaje de los elementos del circuito de control del transportador

El coche transportador cuenta con un tablero de control de dimensiones pequeñas, lo que hace complicada la instalación de los equipos, sin embargo, se ha dispuesto la colocación del riel din a manera de que tanto el PLC, los módulos, relés auxiliares, y el variador quepan de manera que ninguna de sus conexiones se vea afectadas. Figuras 61, 62 y 63

Figura 61

Disposición actual del tablero.



Nota. La disposición muestra los equipos de control del sistema actual

Figura 62

Disposición del variador G120C en el tableo



Figura 63

Disposición del PLC, SM, relés auxiliares.



Puente grúa

El puente grúa al igual que el coche transportador utilizan la misma lógica cableada para el control de sus movimientos y velocidades, sin embargo, el puente grúa cuenta con varios tableros, en cada uno de ellos se dispone los dispositivos de alimentación y control, los tableros son:

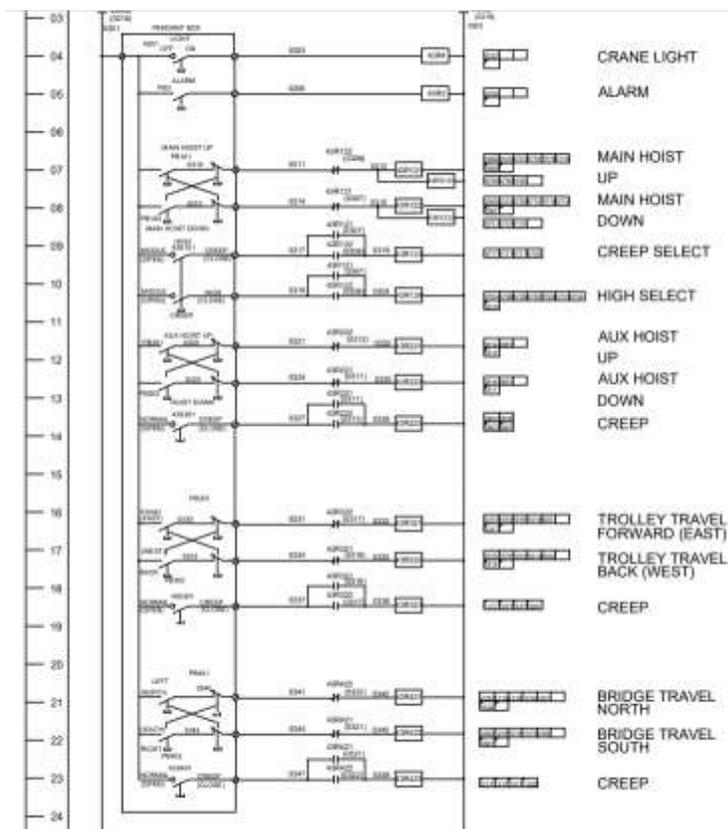
- Tablero principal
- Tablero del gancho 1
- Tablero del gancho 2
- Tablero del carro
- Tablero del puente

Circuito de control actual

Según el Anexo D, el circuito de control actual muestra un área en donde se puede intervenir para paralelamente al control por botonera y al control por cabina, se pueda añadir el control por panel, figura 64.

Figura 64

Circuito actual



Nota. Cada uno de los relés principales del sistema de izaje se interviene en el tramo que vas desde el mando por botonera hacia el relé, en el caso para activar el relé “Main Hoist UP”, se interviene en el cable “0311”

Diseño del circuito de control

Según el Anexo E, se intervienen dos de los planos actuales, el plano por número “hoja 2” se añade un contacto normalmente abierto del relé “KM7” localizado en el tablero del puente, este relé se encarga de energizar el relé 4MC, para alimentar el resto de tablero y las líneas hacia los motores.

- Control por botonera
- Control por panel

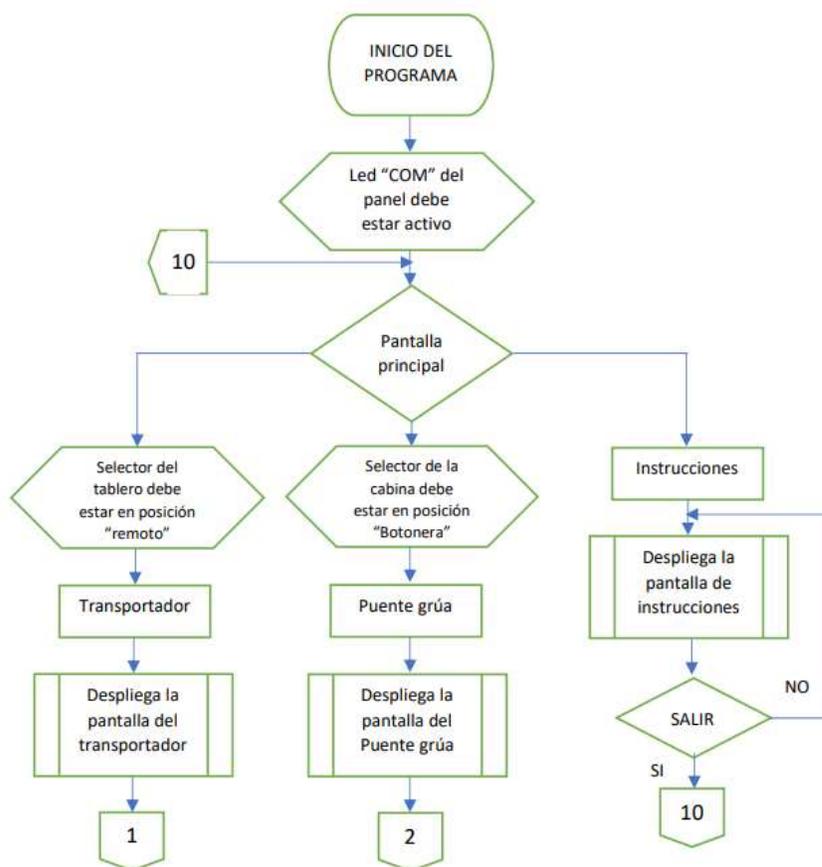
Metodología de operación

El método de control para el sistema de izaje difiere en cuanto al control del sistema de transporte, esto debido a que el sistema de izaje cuenta con el control de movimientos en sus 3 eje principales y uno adicional en el eje vertical "Y".

En la figura 66 podemos observar que de la pantalla principal se despliega las opciones de transportador, puente grúa e instrucciones.

Figura 66

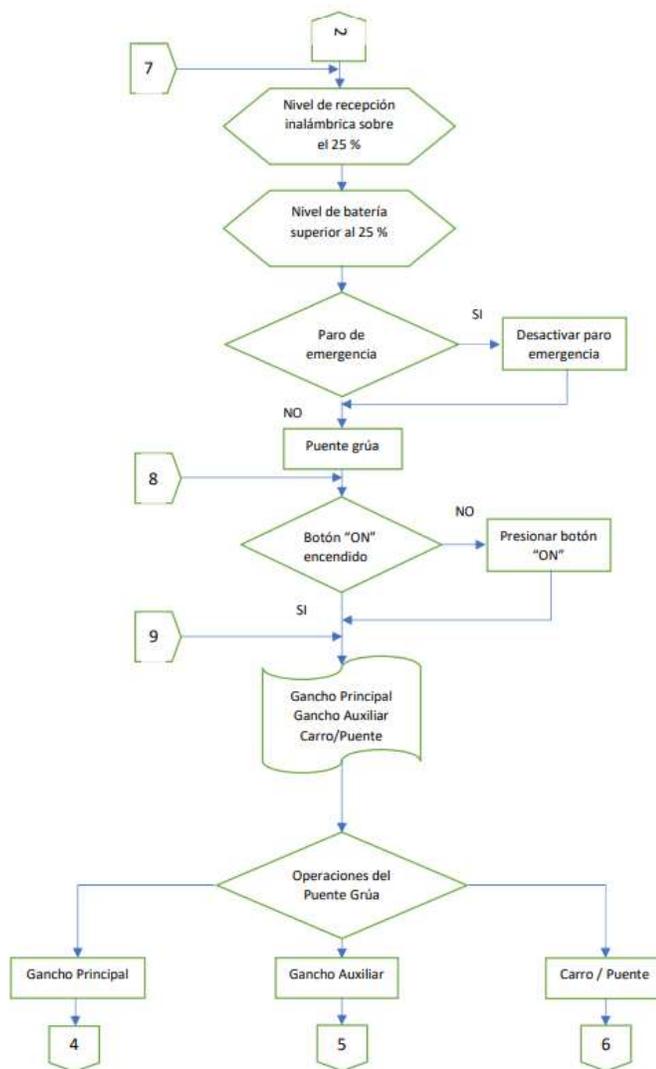
Diagrama de bloques de la pantalla principal.



En la figura 67 se muestra cómo se maneja los movimientos del puente grúa desde el control por panel, sin embargo, antes de ello es necesario que este cumpla con las condiciones iniciales para su correcto funcionamiento.

Figura 67

Diagrama de bloques de la selección de movimientos del puente grúa



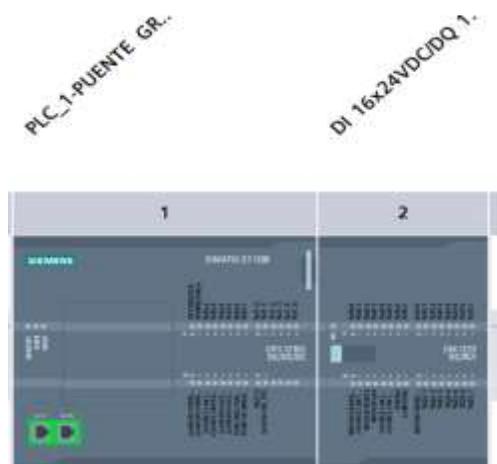
Diseño del programa del PLC

La declaración de variables (figura 69) del sistema de control y programación ayudaran a que el método de programación sea eficaz y no tenga retardos, el sistema de izaje cuenta con movimientos en sus tres ejes, lo que aumenta la cantidad de variables de salida a

controlar, sin embargo, al no implementarse variadores en este sistema, se limita simplemente a la implementación del PLC y el módulo de señales (figura 68).

Figura 68

Selección de dispositivos y módulos



Las variables del sistema de izaje sirven para evidenciar e identificar cada uno de los movimientos del puente grúa (figura 69).

Figura 69

Variables del sistema de izaje

	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl.	Comentarios
1	SOBRECARGA	Default tag table	Bool	%I.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	RELE 43R125
2	INTERLOCK	Default tag table	Bool	%I.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	RELE 43R126
3	GANCHO PRINCIPAL UP	Default tag table	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	RELE 43R121 Y 43R121
4	GANCHO PRINCIPAL DOWN	Default tag table	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	RELE 43R122 Y 43R122
5	AVANCE LENTO Y MEDIO GANC.	Default tag table	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	RELE 43R123 CREEP SELECTOR
6	AVANCE RAPIDO GANCHO P	Default tag table	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	RELE 43R124 HIGH SELEC / VELOCIDAD AL
7	GANCHO AUX UP	Default tag table	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	RELE 43R221
8	GANCHO AUX DOWN	Default tag table	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	RELE 43R222
9	AVANCE LENTO Y RAPIDO GAN.	Default tag table	Bool	%Q2.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	RELE 43R223 CREEP SELECTOR
10	MOVER DERECHA	Default tag table	Bool	%Q5.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	RELE 43R321
11	MOVER IZQUIERDA	Default tag table	Bool	%Q2.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	RELE 43R322
12	AVANCE LENTO Y RAPIDO CARRO	Default tag table	Bool	%Q2.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	RELE 43R323 CREEP SELECTOR
13	MOVER NORTE	Default tag table	Bool	%Q2.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	RELE 43R421
14	MOVER SUR	Default tag table	Bool	%Q2.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	RELE 43R422
15	AVANCE LENTO Y RAPIDO PUE.	Default tag table	Bool	%Q2.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	RELE 43R423 CREEP SELECTOR
16	CONTROL PANEL/HM	Default tag table	Bool	%Q0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	RELE HM
17	SIRENA	Default tag table	Bool	%Q2.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	RELE 43R7
18	LAMPARA	Default tag table	Bool	%Q2.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	RELE 43R4
19	BOTON SIRENA	Default tag table	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SIRENA
20	BOTON VELOCIDAD MAX CARRO	Default tag table	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	CARRO
21	BOTON IZQUIERDA	Default tag table	Bool	%M0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	CARRO
22	BOTON DERECHA	Default tag table	Bool	%M0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	CARRO
23	BOTON NORTE	Default tag table	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	PUENTE
24	BOTON SUR	Default tag table	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	PUENTE
25	BOTON SUBIR GANCHO P	Default tag table	Bool	%M1.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	GANCHO P
26	BOTON BAJAR GANCHO P	Default tag table	Bool	%M1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	GANCHO P
27	BOTON SUBIR GANCHO A	Default tag table	Bool	%M2.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	GANCHO AUX
28	BOTON BAJAR GANCHO A	Default tag table	Bool	%M2.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	GANCHO AUX

La programación del sistema de Izaje necesitara de una línea de programación que nos ayude a identificar y para cualquiera de sus movimientos si el autómatas detecta que se ha perdido la comunicación. Figura 70.

Los movimientos del puente grúa deberán estar restringidos a manera que no se ejecuten operaciones contrarias, es decir si el coche se mueve al este no se pueda activar la salida del PLC que mueva el coche al oeste.

El programa limita a que solamente se pueda realizar una operación a la vez, es decir, solo se puede operar el carro, ganchos, puente y no todos al mismo tiempo. Figura 71.

Figura 70

Bloques del programa del puente grúa

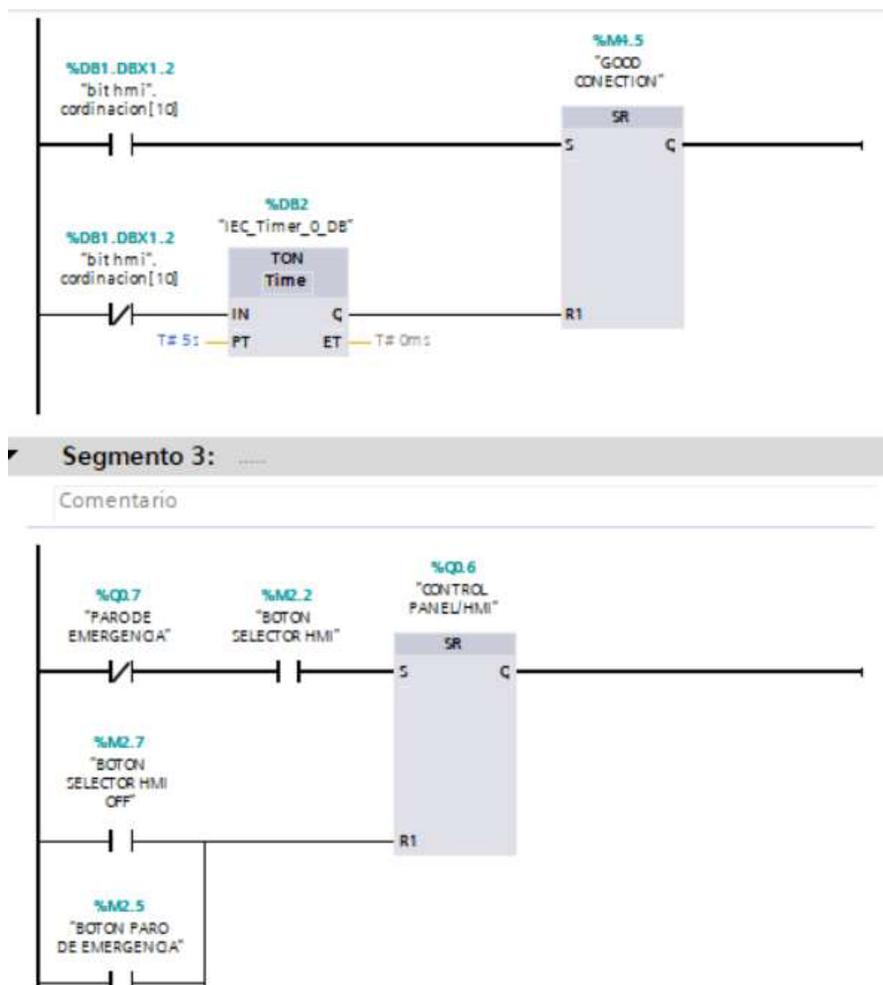
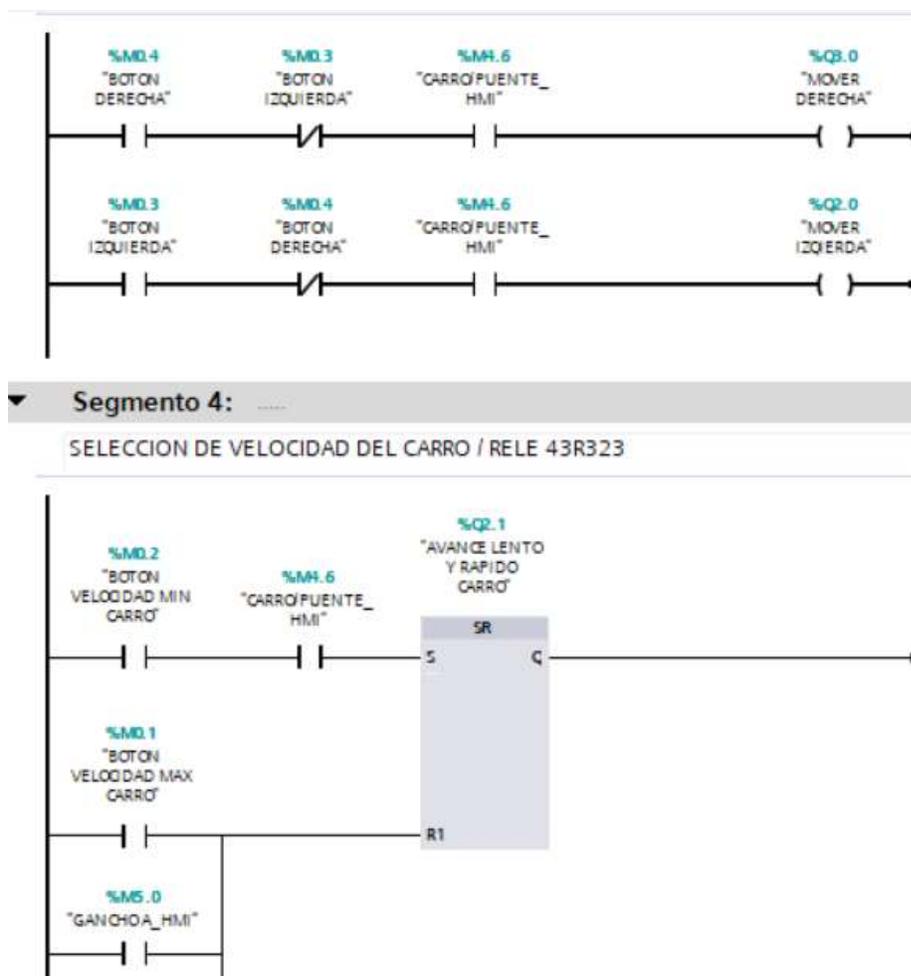


Figura 71

Restricciones de movimiento.



Diseño del nuevo circuito de control

El circuito de control necesariamente hace referencia a que se deberán montar nuevos dispositivos de control, y alimentación, en el anexo E, se muestra la intervención del sistema de izaje y lo planos de la disposición de elementos en el tablero de control.

Montaje de los elementos del circuito de control del puente grúa

La disposición de los nuevos equipos a implementar necesita de un espacio amplio debido a la cantidad de salidas del sistema, en la figura 72 se muestra el espacio a utilizarse localizado en el tablero de control del puente.

Figura 72

Tablero in intervención

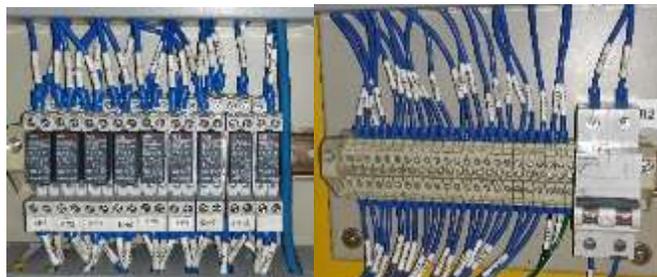


Para el montaje de los equipos se necesita la instalación de riel din para el correcto anclaje de los módulos y borneras de conexión, se ha montado los equipos de control, relés auxiliares, borneras que son elementos necesarios para la implementación del nuevo sistema de control, figura 73 y 74.

Figura 73

Componentes de control, PLC y módulos



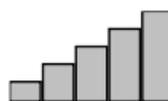
Figura 74*Componentes de conexión***Interfaz HMI*****Diseño e implementación de la interfaz HMI***

En la figura 75 se muestra la pantalla principal del proyecto, desde este punto se puede manejar el puente grúa, transportador y adicionalmente acceder a una introducción general del manejo del sistema.

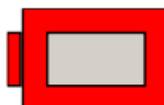
Figura 75*Pantalla principal*

Los comandos en común usados en los dos sistemas son los siguientes:

- Recepción inalámbrica. Este icono representa la cantidad e intensidad de señal emitida por la red y recibida por el panel operador. Para el correcto funcionamiento del sistema se recomienda que la recepción sea mayor al 25%.



- Carga de batería. Este icono representa la cantidad de carga disponible en el panel, si este nivel llega al 20% se muestra un aviso en la pantalla y este recomienda montar el panel en la estación de carga.

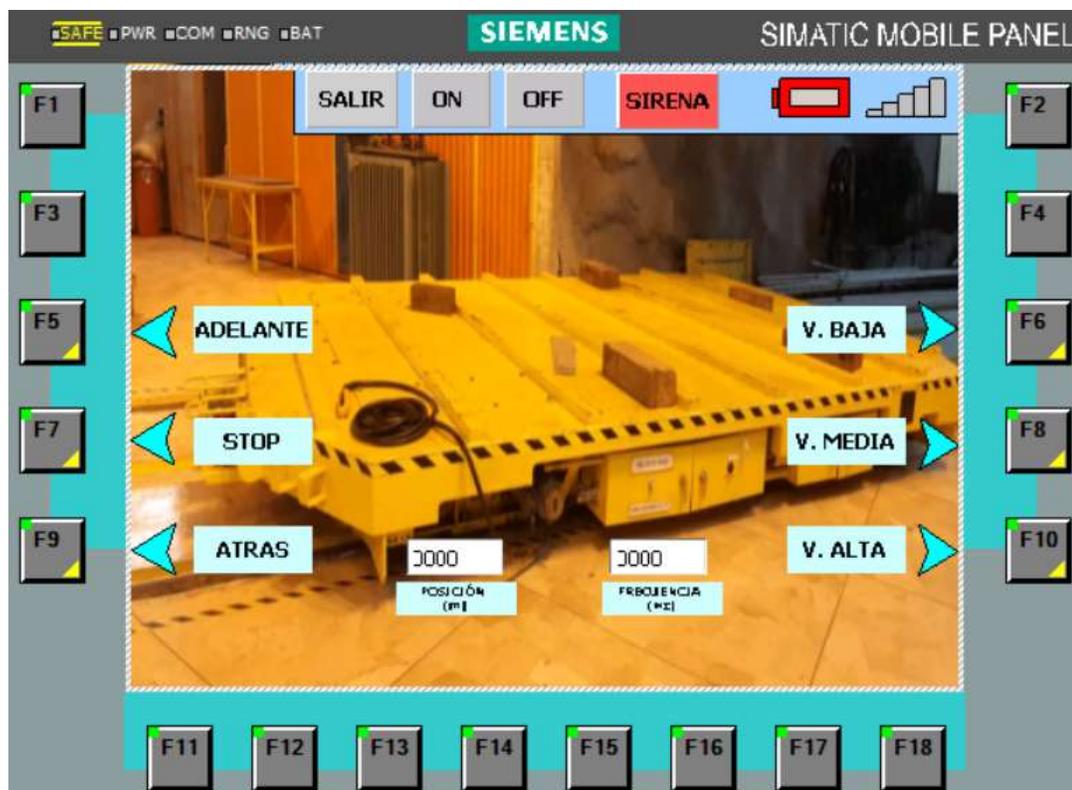


Interfaz del sistema de transporte

En la figura 76 se muestra la pantalla de navegación del sistema de transporte, en ella para seleccionar cualquier movimiento se hará mediante el uso de las teclas de funciones.

Figura 76

Navegación del sistema de transporte



- F5: adelante
- F7: stop
- F9: atrás

La selección de velocidades es de manera similar, se hará el uso de las teclas de función de la parte lateral derecha.

- F6: velocidad baja
- F7: velocidad media
- F8: velocidad alta

Adicionalmente se muestran unas ventanas donde se evidencia la posición del carro con respecto al pozo de cables y la frecuencia de trabajo; los botones en la parte superior ayudan a la navegación por el panel.

Para que el sistema de transporte entre en funcionamiento se necesita que el selector este en modo remoto y luego dentro de esta pantalla seleccionar la tecla "ON".

Interfaz del sistema de izaje

El sistema de izaje como se mencionó en la sección de programación solo podrá manipular un movimiento, es decir solo un eje a la vez, en la figura 77 se muestra la pantalla de navegación del sistema.

Para que se habiliten los botones y realizar cada uno de los movimientos del sistema de izaje solo hará falta que e presione sobre la imagen, si se desea mover el puente, presione sobre la parte del puente; si se desea mover los ganchos, presione sobre el gancho, y así para cada uno de los elementos del sistema de izaje.

Figura 77

Navegación del sistema de Izaje



En la parte lateral izquierda se muestran los comandos para el control del gancho principal, estos se manejan por las teclas de funciones desde F1, F3, F5, F7, F9; el control del gancho auxiliar se maneja con las teclas F4, F6, F8, F10; para el control y manipulación del carro y puente se utilizan las teclas desde F11 a F18. En la parte superior se muestran los botones de navegación del sistema.

Para que el control por panel se habilite, active el botón “ON”, y para parar o apagar el sistema presione sobre el botón “OFF”

Diseño y configuración de la red

En la figura 50 se muestra la topología de la red a implementar, en esta parte se hace énfasis a que cada uno de los sistemas estará conectado a un Access Point que sirve de elemento de enlace en la red.

La red lleva por nombre “REDTESIS” y esta creada en el “scalance101”, nombre definido para el Access Point del puente grúa, el “scalance103” es el nombre del Access Point del coche transportador.

Direcciones IP de los dispositivos

Para que exista la comunicación entre los dispositivos de la red, estos deben tener un “nombre propio” para que cuando se quieran enviar datos desde el panel a cada uno de los sistemas, estos se envíen por la dirección correcta y no exista conflicto con la transferencia de información. Tabla 15.

Tabla 16

Direccionamiento de los dispositivos de la red

Direcciones IP de los dispositivos de la red			
Sistema de transporte			
Equipo	Nombre	Dirección	Subred
PLC S7-1200 1212C	TRANSPORTADOR	192.168.0.1	255.255.255.0
Scalance W786-1 RJ45	scalance103	192.168.0.103	255.255.255.0
Sistema de izaje			
Equipo	Nombre	Dirección	Subred
PLC S7-1200 1215C	PLC1_PUENTE GRUA	192.168.0.22	255.255.255.0
Scalance W786-1 RJ45	scalance101	192.168.0.101	255.255.255.0
Panel operador 277 WLAN V2			
Equipo	Nombre	Dirección	Subred
Mobil panel	HMI_1	192.168.0.45	255.255.255.0

Enlace y configuración entre Access Point

La comunicación entre el sistema de izaje (“maestro”) y el sistema de transporte (“esclavo”) es necesaria para la transferencia de información, si se quiere comandar desde el panel el sistema de transporte primero debe pasar por el punto de acceso del puente grúa, ya que este es el dispositivo en el cual se ha creado la red.

Según la figura 78 se crea una red en el “scalance101” de nombre REDTESIS, esta será la red a la que se conectarán tanto el Access point del transportador como el panel operador.

Figura 78

Creación de la red



Para establecer la conexión entre los dos puntos de acceso se deberá configurar el Scalance101 y el scalance103 con los mismo datos de red y puerto para que la transferencia de datos sea posible, en la figura 78 se muestra que el puerto 1.1 esta activado, en este se carga el nombre de la red (REDTESIS), ahora para establecer este dispositivo como elemento de conexión con el scalance103 se dicta un nombre al WDS ID como “CONEXIÓN1”, esta configuración se hace en la ventana de AP del WEB MANAGMEN

Nos desplazamos hacia la ventana AP WDS para habilitar el puerto de comunicación e ingresar el nombre de la conexión WDS del Scalance 103, la Partner WDS ID lleva por nombre CONEXION2, figura 79.

Figura 79

Configuración del sistema de distribución Wireless scalance101

Radio	Port	Port enabled	Connection over	Partner ID Type	Partner MAC	Partner WDS ID
WLAN 1	WDS 1.1	<input checked="" type="checkbox"/>	VAP 1.1	WDS ID	00-00-00-00-00-00	CONEXION2
WLAN 1	WDS 1.2	<input type="checkbox"/>	VAP 1.1	WDS ID	00-00-00-00-00-00	
WLAN 1	WDS 1.3	<input checked="" type="checkbox"/>	VAP 1.3	WDS ID	00-00-00-00-00-00	CONEXION3
WLAN 1	WDS 1.4	<input type="checkbox"/>	VAP 1.1	WDS ID	00-00-00-00-00-00	
WLAN 1	WDS 1.5	<input type="checkbox"/>	VAP 1.1	WDS ID	00-00-00-00-00-00	
WLAN 1	WDS 1.6	<input type="checkbox"/>	VAP 1.1	WDS ID	00-00-00-00-00-00	
WLAN 1	WDS 1.7	<input type="checkbox"/>	VAP 1.1	WDS ID	00-00-00-00-00-00	
WLAN 1	WDS 1.8	<input type="checkbox"/>	VAP 1.1	WDS ID	00-00-00-00-00-00	

Como comentamos anteriormente, el Access Point del coche transportador deberá ser configurado con los mismos datos que el Access Point del puente grúa, en la figura 80 se muestra la configuración del Scalance103

Figura 80

Configuración de scalance103

Radio	Channel	Alternative DFS Channel	HT Channel Width (MHz)
WLAN 1	1 (2412)		20

Radio	Port	Enabled	SSID	Broadcast SSID	WDS only	WDS ID
WLAN 1	VAP 1.1	<input checked="" type="checkbox"/>	REDTESIS2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CONEXION2
WLAN 1	VAP 1.2	<input type="checkbox"/>	Siemens Wireless Network 1.2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
WLAN 1	VAP 1.3	<input type="checkbox"/>	Siemens Wireless Network 1.3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
WLAN 1	VAP 1.4	<input type="checkbox"/>	Siemens Wireless Network 1.4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
WLAN 1	VAP 1.5	<input type="checkbox"/>	Siemens Wireless Network 1.5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
WLAN 1	VAP 1.6	<input type="checkbox"/>	Siemens Wireless Network 1.6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
WLAN 1	VAP 1.7	<input type="checkbox"/>	Siemens Wireless Network 1.7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
WLAN 1	VAP 1.8	<input type="checkbox"/>	Siemens Wireless Network 1.8	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Warning: The approval process may not be finished in current country for channels denoted by a * character.
Please check the following website for more detailed information:
<http://www.siemens.com/wireless-approvals>

De igual manera se configura la sección WDS del scalance103 para que sea posible conexión con el scalance101, figura 81.

Figura 81

Configuración del sistema de distribución Wireless scalance103

Radio	Port	Port enabled	Connection over	Partner ID Type	Partner MAC	Partner WDS ID
WLAN 1	WDS 1.1	<input checked="" type="checkbox"/>	VAP 1.1	WDS ID	00-00-00-00-00-00	CONEXION1
WLAN 1	WDS 1.2	<input type="checkbox"/>	VAP 1.1	WDS ID	00-00-00-00-00-00	
WLAN 1	WDS 1.3	<input type="checkbox"/>	VAP 1.1	WDS ID	00-00-00-00-00-00	
WLAN 1	WDS 1.4	<input type="checkbox"/>	VAP 1.1	WDS ID	00-00-00-00-00-00	
WLAN 1	WDS 1.5	<input type="checkbox"/>	VAP 1.1	WDS ID	00-00-00-00-00-00	
WLAN 1	WDS 1.6	<input type="checkbox"/>	VAP 1.1	WDS ID	00-00-00-00-00-00	
WLAN 1	WDS 1.7	<input type="checkbox"/>	VAP 1.1	WDS ID	00-00-00-00-00-00	
WLAN 1	WDS 1.8	<input type="checkbox"/>	VAP 1.1	WDS ID	00-00-00-00-00-00	

Como resultado de la configuración de los Access Point se establece la conexión entre ambos a la red “REDTESIS”, figura 82.

Figura 82

Conexión entre Access Point.

Radio	Port	BSSID	WDS ID	Channel	Signal Strength (dBm)	Signal Strength (%)	Security	Max. Data Rate (Mbps)	State
WLAN 1	WDS 1.1	00-1b-1b-d5-5f-00	CONEXION1	1	-66	57	Open System	54.0	connected

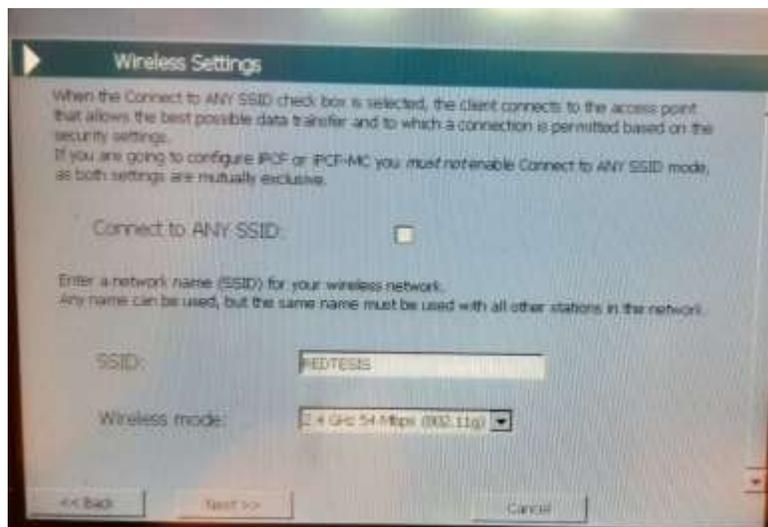
Enlace entre Mobile Panel 277 WLAN V2 y la red

La configuración del panel operador se define en el manual de usuario, sin embargo, para una explicación rápida, se evidencia que se configura el panel, e primer lugar con la selección del país en el que se aplica el proyecto, se despliega los datos del panel y seleccionamos COLOMBIA debido a que no se muestra nuestro país.

Luego de ello se el nombre de la red SSID y el modo de conexión a la red, el protocolo utilizado responde a la norma ieee 802.11g, a una frecuencia de funcionamiento de 2.4 GHz y 54 Mbps. Figura 83.

Figura 83

Configuración del panel 277 wlan



Cuando hayamos configurado el panel operador y este se haya conectado a la red creada se mostrará los datos en la sección “Available WLAN”, figura 84

Figura 84

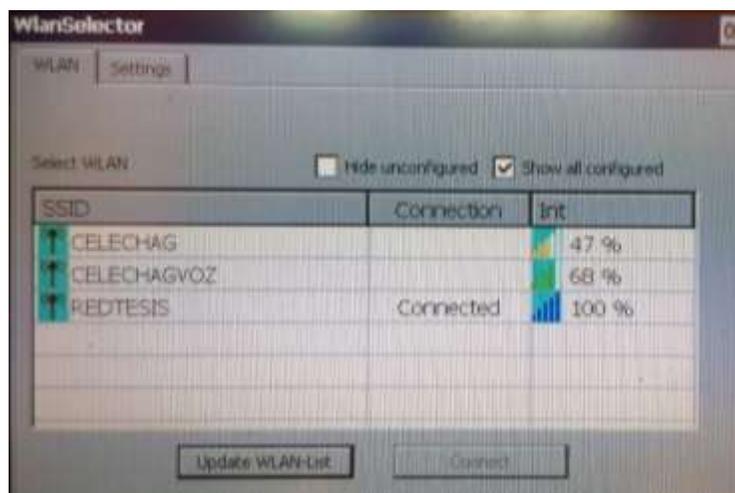
Estado de conexión del panel operador

MAC Address	Signal	Sec	Ch.	State	SSID
00-1B-1B-06-5F-00	-40 dBm	-	1	AP connected	REDTESIS
C0-A0-B6-25-42-08	-70 dBm	x	1	AP is up	CELECHAG
C0-A0-B6-25-42-09	-70 dBm	x	1	AP is up	CELECHAGVOZ
00-1B-1B-06-5F-32	-39 dBm	-	1	AP is up	
00-1B-1B-06-5F-02	-39 dBm	-	1	AP is up	
D8-07-B6-E9-68-AE	-67 dBm	x	6	AP is up	CELECVISITAS

Para comprobar el estado de conexión y monitorear la recepción inalámbrica se abre la aplicación “Wireless Network” y se muestra la red a la que está conectado y la recepción inalámbrica. Figura 85.

Figura 85

Verificación de conexión y recepción inalámbrica.



En la pantalla de inicio del panel operador se muestra la ventana Loader, en esta ventana se muestran 4 opciones, esta forma parte de la configuración de la comunicación entre el panel y el programador, figura 86.

Figura 86

Loader touch panel



El botón "Transfer" conmuta el panel operador a un modo de transferencia de datos, solo se activa si esta al menos un canal de transferencia de datos.

El botón "Start" inicia el proyecto que este cargado en el panel mobil, si no se realiza ninguna operación en el panel operador, se iniciara automáticamente el proyecto existente después de un tiempo, según sea la configuración del panel.

El botón "Control Panel" inicia la ventana de configuración del control panel, ahí se ajustan las opciones de transferencia, ajustes, etc.

El botón "Taskbar" activa la barra de tareas y el menú de inicio de Windows.

Capítulo V

Pruebas y Análisis de resultados

Sistema de transporte

En esta sección se realizará las pruebas la comparación de resultados entre el sistema de control anterior y el actual, se considerarán variables de tiempo y ciclos de trabajo como método de comparación.

Durante las pruebas realizadas se determinó que las frecuencias óptimas para el trabajo a velocidades distintas del coche transportador son:

Tabla 17

Prueba de frecuencia de trabajo del variador G120C

Velocidad	Frecuencia Hz	Velocidad en m/s
Baja	30	0.064
Media	45	0.121
alta	70	0.231

En base a las pruebas iniciales de funcionamiento y configuración del variador se puede lograr avances del coche transportador a velocidades considerables, el variador al ingresar estos valores en su configuración no presenta ninguna anomalía en su funcionamiento interno.

Después de la configuración de las velocidades y frecuencias de trabajo se realizó la prueba de funcionamiento en comparación con el sistema de control anterior. Tabla 17.

Tabla 18

Pruebas de ciclo de trabajo

Numero de prueba	Tiempo de trabajo (s)		Tiempo de ahorro (s)	Porcentaje de ahorro
	Sistema antiguo	Sistema nuevo		
	1	240.36		
2	240.35	182.2	58.01	24.16%
3	240	182.1	57.81	24.08%
4	239.8	182.3	57.58	24%
5	240.07	181.0	59.65	24.78%
6	240.6	182.11	58.5	24.3%
Promedio	240.3	182.0	58.3	24.2%

El coche transportador recorre la distancia existente entre el poso de cables y el piso principal, en cada ciclo de funcionamiento el coche transportador con el nuevo sistema implementado presenta una reducción de tiempo de aproximadamente 1 minuto por ciclo.

Durante las pruebas de operación por parte del operador se evidenció que el campo de acción y la distancia entre el operador y el coche transportador se reduce de una manera considerable, evitando que este en contacto directo con la plataforma de transporte.

Con el sistema de control antiguo se limita el campo de observación sobre los objetos transportados, el operador se ubicaba en una sola posición y no tenía en cuenta las condiciones que sucedían a su alrededor, en ese caso el operador se ve obligado a permanecer en sitio hasta donde le permita el mando alámbrico operar el transportador.

Con la implementación del nuevo sistema de control se brinda al operador un campo de visibilidad de 360° sobre el coche transportador, así como el monitoreo constante sobre el camino que recorre el coche, garantizando mayor seguridad de transporte y la reducción de sufrir accidentes por parte del operador.

La tecnología implementada permitirá a futuro integrar nuevos sistemas en la casa de máquinas, con base a la parametrización y configuración de los equipos.

Sistema de izaje

La central hidroeléctrica Agoyán contemplo durante su construcción la necesidad de contener un sistema de transporte e izaje para poder manipular de mejor manera los elementos, componente, equipos, repuestos, maquinaria y personal que hiciera necesario para los mantenimientos de las unidades generadoras.

El sistema de control del puente grúa consiste en la operación y manejo del carro para los movimientos de este a oeste, el puente para el desplazamiento de norte a sur, y el gancho principal y auxiliar para la carga y descarga de componentes.

Una vez construido e implementado los elementos de control y comunicación del sistema de izaje se han realizado las siguientes pruebas.

- Prueba de monitoreo de datos
- Tiempo de respuesta para la activación de movimientos
- Prueba de protección

Prueba de comunicación

La prueba de comunicación consiste en desplazar el panel operador a lo largo del área por onde se desplaza el puente grúa y el coche transportador, los datos enviaos desde el panel operador hacia los puntos de acceso establecerá y los movimientos que realice el puente grúa y el transportador.

En la siguiente tabla se muestran los valores de recepción inalámbrica a instancias considerables, en primera instancia se mide la recepción entre el panel operador y la red, después se muestra la calidad de conexión entre los puntos de acceso de los dos sistemas.

Tabla 18.

Tabla 19*Pruebas de conexión y recepción inalámbrica*

Distancia (m)	Recepción de señal	
	Recepción de señal % entre Panel y Red	Recepción de señal % entre puntos de acceso
10	100	70
30	100	65
50	95	60
80	90	55

En la figura 87 se muestra la calidad de recepción que presenta el panel operador a una distancia de 60 metros entre el panel y el Punto de acceso dueño de la red.

Figura 87*Calidad de recepción*

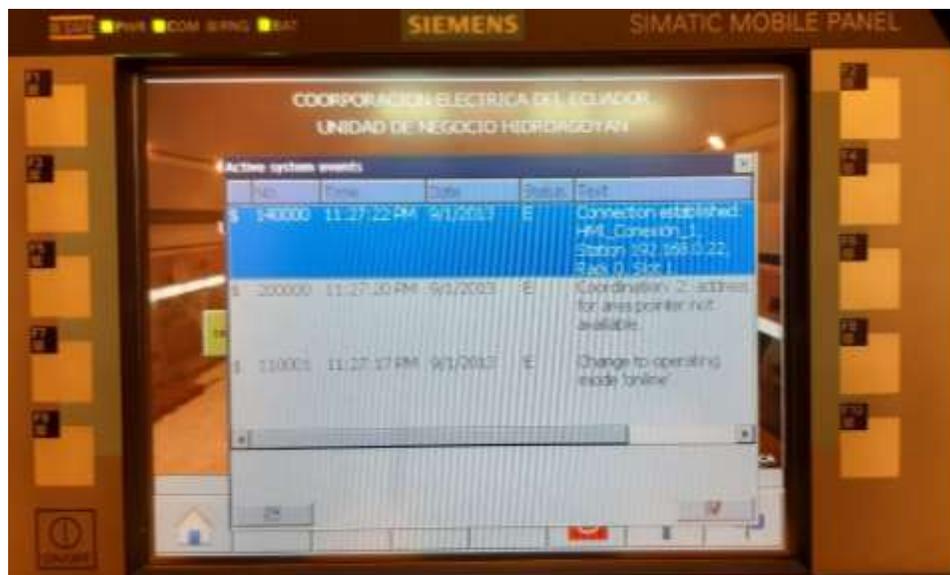
También en la figura 87 se muestra el estado de conexión del panel, el panel mobile 277 IWLAN posee leds indicadores que evidencian si el panel se encuentra en condiciones para su uso, el led PWR, muestra que el nivel de carga de la batería es el adecuado para la operación.

Si el led “COM” no se encuentra encendido indica que el panel no se ha conectado a ninguna red existente, para esto se debe revisar la configuración adjunta en el manual de usuario e ingresar la red a la cual se desea conectar.

Después que el panel operador confirma que los parámetros se han cargado de manera correcta aparece las notificaciones de funcionamiento para empezar a operar el panel. Figura 88.

Figura 88

Pantalla de avisos del panel operador



Prueba de tiempos de respuesta para activación de movimientos.

La respuesta entre la activación de cualquier movimiento y desde el panel operador y la activación en tiempo real deberá asegurar que no existan retardos considerables que confundan al operador. Tabla 19.

Tabla 20

Tiempo de respuesta para los movimientos del sistema de izaje

Distancia	Movimiento del puente grúa	Pulsaciones	Tiempo de respuesta	Funcionamiento del sistema de control
De 10 a 80 metros	Norte	Continua/ manual	Instantáneo	Eficaz
	Sur	Continua/ manual	Instantáneo	Eficaz
	Este	Continua/ manual	Instantáneo	Eficaz
	Oeste	Continua/ manual	Instantáneo	Eficaz
	Gancho principal UP	Continua/ manual	Instantáneo	Eficaz
	Gancho principal Down	Continua/ manual	Instantáneo	Eficaz
	Gancho auxiliar UP	Continua/ manual	Instantáneo	Eficaz
	Gancho auxiliar Down	Continua/ manual	Instantáneo	Eficaz

De acuerdo a los datos obtenidos se comprueba que el funcionamiento entre el puente grúa y la red implementada es eficaz, la calidad de recepción inalámbrica se garantiza gracias a la implementación de las antenas auxiliares en los puntos de acceso.

La activación y desactivación de las salidas del PLC son instantáneas y la transmisión de estos datos hasta los relés principales se transfieren de manera eficaz.

Capítulo VI

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Se diseñó y construyó un sistema de control inalámbrico para el sistema de izaje y transporte de casa de máquinas de la central hidroeléctrica Agoyán.
- Se estudió el funcionamiento del estado actual del sistema de izaje y transporte para su posterior intervención.
- Se realizó la comparación entre los métodos de control antiguos de los sistemas de izaje y transporte.
- Se realizó un estudio técnico para la selección de los dispositivos electrónicos y de control que satisfacen las necesidades del proyecto y ayudan a monitorear las variables del proceso.
- Se diseñó una topología de red que garantice las prestaciones de calidad de recepción de señal inalámbrica y mantenga la comunicación entre autómatas, Access Point y Panel operador HMI.
- Se diseñó y programó el panel operador 277 IWLAN utilizando el software TIA portal de Siemens.
- Se diseñó la interfaz hombre-máquina HMI para advertir a los operadores sobre el estado y funcionamiento de los sistemas de izaje y transporte.
- Se implementó el sistema de control inalámbrico del sistema de izaje y transporte de casa de máquinas de la central hidroeléctrica Agoyán.
- Se elaboró un manual de usuario para dotar de información técnica al personal de mantenimiento sobre la manipulación y configuración de equipos.
- Se comprobó que los dispositivos de la red inalámbrica presentan gran confiabilidad, fiabilidad y robustez ante eventos propios del entorno industrial.

- Se comprobó que la red WLAN no presenta interferencias entre los dispositivos y elementos de gran magnitud propios de la central, soportando la demanda del entorno industrial, logrando una comunicación inalámbrica confiable entre el panel móvil y los sistemas de izaje y transporte.
- Se comprobó que el alcance de la red entre el panel HMI y el scalance101 tienen un alcance de 90 metros con recepción del 80%.

Recomendaciones

- Si la comunicación entre los dispositivos se pierde se recomienda revisar las direcciones IP de cada, así como el nombre de red al que se encuentra conectado el panel HMI
- Antes de iniciar las operaciones con el panel operador se recomienda verificar que el punto de acceso scalance101 se encuentre encendido y la conexión en su antena no se haya modificado.
- Para la manipulación del sistema de izaje se recomienda que los dos puntos de acceso se encuentren encendidos y la antena auxiliar del scalance103 este conectado.
- Al momento de encender el panel operador verificar que la pantalla de advertencia imprima el aviso de conexión establecida y de área conectada.
- Se recomienda que antes de cada manejo el panel operador cuente con nivel de batería superior al 70%.
- Antes y después de cada operación se recomienda que el panel operador se sostenga en las estaciones de carga instaladas en el piso de máquinas.
- Se recomienda dotar a este nuevo sistema de un par de baterías extra para que no se interrumpa el control por panel.

- Se recomienda revisar las precondiciones de uso de cada sistema antes de cada intervención para evitar un mal funcionamiento del panel.
- Se recomienda apagar la pantalla del panel operador si cada actividad va a tomar más de 2 minutos, esto con la finalidad de aumentar el tiempo de vida del panel operador.
- Antes de operar cada sistema se recomienda que el operador se ubique a una distancia considerable de al menos 10 metros con la finalidad de que el operador mantenga un control visual de los elementos que este manipulando.

Bibliografía

Academia . (junio de 2010). Obtenido de Academia :

https://www.academia.edu/27693279/Variadores_de_velocidad

Aguilera Martinez, P. (2002). *Programacion de PLCs*. San Nicolas de los Garza.

Andhurta. (31 de Enero de 2019). *EEYMUC*. Obtenido de EEMYUC:

<https://eeymuc.co/modulos-de-expansion-para-plc/>

Electrica y mecanismos. (25 de Abril de 2016). *Electrin*. Obtenido de

<https://electrinblog.wordpress.com/2016/04/25/post-3/>

Fitzgerald, A., Kingsley, C., & Umans, S. (s.f.). *Máquina Eléctricas* . México: McGraw Hill.

Guerrero, V., Yuste, R., & Martínez, L. (s.f.). *Comunicaciones industriales*. Alfaomega.

Industrial Data . (2008). *Desarrollo de una interfaz hombre máquina orientada al control de procesos*. Lima: Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial.

Instituto Navarro de Salud Laboral. (2003). *Guía para la educación y evaluación de riesgos en puentes grúas*. Pamplona: Ona Industria Gráfica.

Mercado, J. (01 de Diciembre de 2016). *joseangelmercado*. Obtenido de joseangelmercado:

<https://www.joseangelmercado.com/blog/lo-necesita-saber-los-puentes-grua/#:~:text=El%20movimiento%20longitudinal%20del%20puente,met%C3%A1licas%20sobre%20carriles%20tambi%C3%A9n%20met%C3%A1licos.>

NEMA. (01 de Abril de 2020). *NEMA* . Obtenido de NEMA: <https://www.nema.org/>

Pere Ponsa , A., & Vilanova Arbos , R. (2005). *Automatizacion de procesos mediante la guia Gemma*. Barcelona .

Performance centered Adaptative - ERASMUS. (Agosto de 2016). *IEEC Uned*. Obtenido de

IEEC Uned:

http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_1.pdf

Pernía, M. (2011). *Conceptos básicos de máquinas sincrónicas*. San Cristobal.

Rodriguez Planas, D. (2009). Gruas tipo puente. *NTP 736*.

Salazar, J. (s.f.). *Redes Inalámbricas*. Obtenido de TechPedia: <https://techpedia.eu/topic/50>

SICMA21. (14 de Octubre de 2021). *SICMA21*. Obtenido de SICMA21:

https://www.sicma21.com/que-es-un-plc/#Donde_se_utilizan_los_PLC

Siemens . (1 de Agosto de 2014). *siemens supply*. Obtenido de www.siemens.com

Siemens. (2011). Simatic HMI Panel Operador Mobile Panel 277 IWLAN V2. En Siemens,

Instrucciones de servicio (pág. 336).

Ventura Nava, I. C. (2008). *Sistemas de control de motores eléctricos industriales*. . Veracruz.

Anexos