

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
EXTENSIÓN LATACUNGA



DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL
INALÁMBRICO PARA LOS PUENTES GRÚA DE LA NAVE N° 1
DE LA BODEGA DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO
TERMINADO PARA LA EMPRESA NOVACERO S.A. PLANTA
LASSO.”

MARÍA FERNANDA MOGRO BORJA

Tesis presentada como requisito previo a la obtención del grado de:

INGENIERO EN MECATRÓNICA

Junio, 2013

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
EXTENSIÓN LATACUNGA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto de grado fue realizado en su totalidad por la señora: MARÍA FERNANDA MOGRO BORJA, previo a la obtención de su título de Ingeniera en Mecatrónica.

Latacunga, Junio de 2013

Ing. Galo Ávila

DIRECTOR

Ing. Edwin Pruna

CO-DIRECTOR

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
EXTENSIÓN LATACUNGA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

María Fernanda Mogro Borja

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL INALÁMBRICO PARA LOS PUENTES GRÚA DE LA NAVE N°1 DE LA BODEGA DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO TERMINADO PARA LA EMPRESA NOVACERO S.A. PLANTA LASSO”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Junio de 2013

María Fernanda Mogro Borja

C.I: 0503199598

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
EXTENSIÓN LATACUNGA

CERTIFICADO

Ing. Galo Ávila

Ing. Edwin Pruna

CERTIFICAN

Que el trabajo titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL INALÁMBRICO PARA LOS PUENTES GRÚA DE LA NAVE N°1 DE LA BODEGA DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO TERMINADO PARA LA EMPRESA NOVACERO S.A. PLANTA LASSO” realizado por María Fernanda Mogro Borja, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, SI recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de UN documento empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a MARÍA FERNANDA MOGRO BORJA que lo entregue al ING. FAUSTO ACUÑA, en su calidad de Director de la Carrera.

Latacunga, Junio de 2013

Ing. Galo Ávila

DIRECTOR

Ing. Edwin Pruna

CODIRECTOR

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
EXTENSIÓN LATACUNGA**

AUTORIZACIÓN

Yo, María Fernanda Mogro Borja

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL INALÁMBRICO PARA LOS PUENTES GRÚA DE LA NAVE N°1 DE LA BODEGA DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO TERMINADO PARA LA EMPRESA NOVACERO S.A. PLANTA LASSO”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Junio de 2013

María Fernanda Mogro Borja

C.I: 0503199598

DEDICATORIA

La familia es una de las joyas más preciadas que se puede tener, sin familia no se puede conseguir la fuerza para lograr las metas. Este proyecto es un esfuerzo grande que involucra a muchas personas cercanas a mí. Es por eso que como sencillo gesto de agradecimiento quiero dedicarles como mucho amor, admiración y respeto en primera instancia a mis Padres, quienes permanentemente me apoyaron con espíritu alentador, contribuyendo incondicionalmente a lograr mis metas y objetivos propuestos, que con su sabiduría me guiaron hasta alcanzar mis ideales.

A mí querida hermanita por su apoyo incondicional, gracias a la confianza que siempre nos hemos tenido. A mis queridos hermanos y esposo por brindarme siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos.

A mí Angelito Sebastián que bajó del cielo, para llenar mi vida, gracias porque eres mi inspiración y fortaleza, una sonrisa tuya ilumina mi mundo y me da fuerzas necesarias para luchar y conseguir mis metas.

A mis abuelitos adorados, a mis queridos suegros y a toda mi familia quienes me han orientado en todo momento en la realización de este proyecto que enmarca el último escalón hacia un futuro en donde seré partícipe en el mejoramiento del proceso de enseñanza y aprendizaje.

Ma. Fernanda Mogro

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud principalmente está dirigida a Dios por haberme dado la existencia y llenarme de salud y fortaleza a cada momento de mi vida. Agradezco a mis padres por los desvelos, la paciencia, el perdón, el amor y el apoyo frente a las adversidades para continuar el camino de frente. A mí querida Universidad ESPE-LATACUNGA, así como a la amistad que cultive en sus aulas la cual no puedo definir, pero sí intuir su grandeza y valía. En especial a mis directores de tesis Ing. Galo Ávila e Ing. Edwin Pruna, gracias por la paciencia, colaboración y sobre todo su valioso tiempo, entregado en mí proyecto. Como no agradecer a la distinguida empresa NOVACERO planta Lasso a las diferentes áreas que lo conforman, a todos mis compañeros que hacen un cúmulo de inteligencias propias e individuales de quienes me siento orgullosa en conocer su calidad humana y profesional, especialmente Ing. Guillermo Miño e Ing. Marcelo Rosero, por brindarme su apoyo incondicional con profesionalismo ético, en el desarrollo de este proyecto. A mí querida tía Jaquita, por haberme dado la oportunidad de realizar mí proyecto en su distinguida empresa, por sus consejos y apoyo durante esta etapa, gracias ñañita. A todos muchas gracias, pues en el momento en que las palabras no son suficientes para expresar lo que el alma desea, simplemente queda decir aquello que por su significado extenso y sin límites es, GRACIAS.

Ma. Fernanda Mogro

ANTECEDENTES

Actualmente la Planta Lasso se dedica a la producción de perfiles de acero laminados en caliente tales como ángulos, platinas, te; siendo su producto estrella la varilla de construcción antisísmica sismo-resistente.

La planta cuenta con dos galpones industriales que albergan a las máquinas usadas para el proceso.

El GALPÓN 1 se divide en tres secciones: Talleres y oficinas, maquinarias de producción del Tren denominado como Planta de Laminado Caliente Tren Abierto o tren automático, Área de almacenamiento del producto terminado.

El GALPÓN 2 del Tren 2 o Planta de Laminado Caliente Tren Continuo o tren semiautomático. Además de alojar al Tren 3 conocido como tren manual y trabaja con partes de productos provenientes del tren, en la parte posterior está la bodega de producto terminado

NOVACERO S.A. desea implementar el área de almacenamiento de producto terminado en una sola bodega, para facilitar la carga y descarga del material terminado para la venta, que constituyen la producción de las líneas de laminación en caliente actualmente existentes en sus instalaciones.

La implementación de esta bodega permitirá distribuir el producto terminado en zonas, para una mejor organización de almacenamiento y ventas del mismo, para lo cual será necesario colocar dos puentes grúas, que permitirán trasladar el producto terminado en toda el área de la bodega, el control de los puentes grúa consta de una botonera cableada.

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar y construir un sistema de control inalámbrico para los puentes grúa de la bodega de almacenamiento de producto terminado para la Empresa NOVACERO s.a. Planta Lasso.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar el sistema de control eléctrico.
- Diseñar el sistema de control de potencia.
- Diseñar y programar el sistema de control.
- Diseñar una Interfaz Hombre Máquina que permita visualizar la zonificación establecida en la bodega.
- Sincronizar los puentes grúa para evitar colisiones.

JUSTIFICACIÓN

El proyecto se justifica ya que permitirá máxima movilidad del operador en el área de trabajo, permitiendo mayor precisión y confiabilidad del proceso.

La realización del proyecto es importante porque reducirá tiempos de carga y descarga del producto terminado, que en la actualidad provoca un retraso en el proceso.

Este proyecto tiene mucha importancia ya que permitirá involucrar avances tecnológicos de comunicación inalámbrica, aportando beneficios garantizados a la empresa y distinguiéndose por sus notables innovaciones.

Además garantizará alta seguridad para el operador en el momento de cargar o descargar el producto terminado ya que al implementar un control inalámbrico el operador no limita su área de trabajo y así logrará prevenir posibles accidentes.

METAS DEL PROYECTO

- Diseñar el sistema de control eléctrico – electrónico de los equipos.
- Diseñar e implementar el software y hardware de los controladores inalámbricos y sincronizar dos puentes grúas.
- Implementar los módulos inalámbricos para la comunicación entre el panel operador y el puente grúa.
- Realizar una Interfaz Hombre Máquina para conseguir el desarrollo eficiente y seguro de un sistema de control inalámbrico.
- Realizar pruebas para verificar la eficiencia del proceso.

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	iii
CERTIFICACIÓN	iv
AUTORIZACIÓN	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÁNTECEDENTES.....	viii
OBJETIVO GENERAL.....	viii
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	ix
JUSTIFICACIÓN	ix
METAS DEL PROYECTO	ix
INDICE DE CONTENIDOS	x
INDICE DE FIGURAS.....	xv
INDICE DE TABLAS	xxi
RESUMEN.....	xxii
PRESENTACIÓN.....	xxiii
CAPÍTULO I	
1.1 Puentes Grúas.	1
1.1.1 Componentes del Puente Grúa	2
1.1.2 Movimientos de un puente grúa	3
1.1.2.1 Traslación del puente	3
1.1.2.2 Orientación del carro	4
1.1.2.3 Elevación – Descenso	4
1.1.3 Características de los puentes grúa.....	4
1.1.3.1 Velocidades de traslación	4
1.1.3.2 Motores de accionamiento	4
1.1.4 Tipos de mandos de los puentes grúa.....	6
1.1.4.1 Mando desde el suelo	6
1.1.4.2 Mando suspendido del carro	6
1.1.4.3 Mando por radio	6
1.1.4.4 Mando desde la cabina	7
1.2 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES.	8
1.2.1 Estructura y componentes básicos.	8
1.2.1.1 Sección operativa (SO).	9
1.2.1.2 Sección de Comando (SC).	9
1.2.1.3 Entradas y Salidas.	10
1.2.1.4 Entradas discretas.	10
1.2.1.5 Salidas discretas.	12
1.2.1.6 Entradas Analógicas.	13
1.2.1.7 Entradas y Salidas Especiales.	15
1.2.1.8 Módulos Inteligentes.	16
1.2.2 Tipos de PLC´s	18
1.2.2.1 Usos.....	18
1.2.2.2 Tipos de lenguajes de programación de PLC´S.....	19
1.2.2.3 Componentes del PLC	19
1.2.2.4 Modos de Operación del PLC.....	20
1.3 Variadores de velocidad.....	21

1.3.1	Ventajas	21
1.3.1.1	Tipos de variadores de velocidad.....	22
1.3.1.2	Variadores mecánicos	22
1.3.1.3	Variadores hidráulicos.	22
1.3.1.4	Variadores para motores de CC.	23
1.3.1.5	Variadores por corrientes de Eddy.	24
1.3.1.6	Variadores de deslizamiento.	24
1.3.1.7	Variadores para motores de CA.	25
1.3.2	Funciones de los variadores de velocidad electrónicos.	26
1.3.2.1	Aceleración controlada.	26
1.3.2.2	Variación de velocidad.	26
1.3.2.3	Regulación de la velocidad.	27
1.3.2.4	Deceleración controlada.	27
1.3.2.5	Inversión del sentido de marcha.	28
1.3.2.6	Frenado.	28
1.3.2.7	Protección integrada.	28
1.3.2.8	Composición de los variadores de velocidad electrónicos.	29
1.3.2.9	El módulo de control.	29
1.3.2.10	El módulo de potencia.	29
1.4	Paneles Operadores.....	30
1.4.1	Controladores Modulares	32
1.4.2	Propiedades de los controladores inalámbricos.....	32
1.5	Comunicaciones industriales.	33
1.5.1	Comunicación Inalámbrica	33
1.5.2	Redes Inalámbricas.....	34
1.5.2.1	Categorías.....	35
1.5.2.2	Tipos.....	35
1.5.2.3	Ventajas de WLANS.....	36
1.6	Instrumentación industrial.....	37
1.6.1	Características y especificaciones de sensores	37
1.6.1.1	Características estáticas.....	37
1.6.1.2	Características Dinámicas	38
1.6.1.3	Factores de elección de un instrumento.	38
1.7	Interface humano máquina.	39
1.7.1	Interfaz de Usuario	39
1.7.2	Ventajas	39
1.7.3	Fases de Diseño.....	39
1.7.3.1	Presentación de información:	40
1.7.3.2	Elementos de diseño de pantalla y su percepción visual.....	40
CAPÍTULO II		
2.1	Requisitos del sistema	41
2.1.1	Diagrama de Bloques.....	41
2.1.1.1	Estudio y selección de la tecnología inalámbrica.	43
2.1.2	Estudio y selección de la tecnología y componentes a implementar....	43
2.1.2.1	Estudio y selección de la tecnología inalámbrica.....	43
2.1.3	Selección de Componentes.....	44

2.1.3.1	Controlador Inalámbrico	44
2.1.3.2	PLC SIMATIC ET 200S, IM151-8 PN/DP CPU	54
2.1.3.3	SCALANCE W-786 ACCESS POINT	60
2.1.3.4	Sensores Inductivos SICK IM30	63
2.1.3.5	Principio de operación	64
2.1.3.6	Características técnicas de los sensores inductivos de proximidad.....	65
2.1.3.7	Diagramas de cableado	66
2.1.3.8	Método de Instalación.....	67
2.1.3.9	Sensor láser Sick DS60-DTR IR - P11121	69
2.1.3.10	Sensor láser Sick DS60-DTR IR - P11121	69
2.1.3.11	Características Técnicas.....	69
2.1.3.12	Variador de Frecuencia.....	71
2.1.3.13	Arranque del autotransformador	71
2.1.3.14	Descripción del inversor	71
2.1.3.15	Conexiones	72
2.1.3.16	Características técnicas	72
2.1.3.17	Conexiones	73
2.1.3.18	Funcionamiento Normal	74
2.1.3.19	Conmutadores de Programación.....	74
2.1.3.20	Programación de los parámetros de la aplicación.....	74
2.1.3.21	Rampa de aceleración y deceleración	75
2.1.3.22	Velocidad de deceleración.....	76
2.1.3.23	Método de parada	77
2.2	Diseño del circuito de control industrial	77
2.2.1	Diseño de la red inalámbrica	77
2.2.1.1	Punto de Acceso (SCALANCE W-786)	79
2.2.1.2	Panel Móvil 277 F IWLAN.....	79
2.2.1.3	PLC ET 200 S IM151-8 PN/DP CPU	80
2.3	Diseño del software	80
2.3.1	Programación del PLC	85
2.3.2	Diseño del HMI en Panel Móvil 277 FIWLAN	114
2.4	Configuración de la comunicación.	126
2.4.1	Enlace y comunicación.....	126
2.4.2	Configuración de la PC	126
2.4.3	Configuración del PLC ET 200S, IM151-8 PN/DP CPU	128
2.4.4	Direcciones IP	131
2.4.5	Direcciones utilizados, parámetros y contraseñas.	131
2.4.6	Configuración del Access Point Scalance W786-2RR.....	132
2.4.7	Parametrización de la funcionalidad básica con la ayuda del Asistente	135
2.4.8	Configuración del Mobil Panel 277 F IWLAN V2.	145
2.4.8.1	Configurar el sistema operativo.....	145
2.4.8.2	Configuración del HMI	146
2.4.9	Configuración de los parámetros de seguridad en bloques	152
2.4.9.1	Inserción de los bloques estándar	153

2.4.9.2	Crear una conexión de red para los dispositivos	158
2.5	Configuración de sincronización de movimientos entre puentes grúas ...	160
2.5.1.1	Sistema Anticolisión.....	160
2.6	Implementación	161
2.6.1	Selección de Materiales para la Construcción de los Tableros	161
2.6.2	Conexión del tablero de Control.....	162
2.6.3	Montaje de los Elementos	165
2.7	Análisis de la estructura mecánica de los puentes grúa, mediante Software	165
2.7.1	Puente grúa birriel	165
2.7.2	Partes constitutivas de un puente grúa.....	165
2.7.2.1	Viga de carga.....	171
2.7.2.2	Testeros.....	171
2.7.2.3	Motores de movimiento longitudinal	171
2.7.2.4	Polipasto	172
2.7.2.5	Línea de alimentación eléctrica	173
2.7.2.6	Líneas de suministro de energía	173
2.7.2.7	Ganchos	173
2.7.3	Propiedades de los aceros estructurales	174
2.7.3.1	Diagrama Esfuerzo - Deformación del acero	174
2.7.3.2	Punto de fluencia	175
2.7.3.3	Resistencia de fluencia	175
2.7.3.4	Resistencia a la tensión.....	176
2.7.4	Propiedades mecánicas del acero	176
2.7.4.1	Elasticidad	176
2.7.4.2	Plasticidad.....	176
2.7.4.3	Ductilidad	177
2.7.4.4	Resistencia a la fatiga	177
2.7.4.5	Resistencia al impacto o tenacidad.....	177
2.7.4.6	Soldabilidad.....	177
2.7.5	Ventajas del acero como material estructural	177
2.7.6	Desventajas del acero estructural	179
2.7.7	Análisis de cargas para el diseño	179
2.7.8	Símbolos y notaciones.	180
2.7.8.1	Carga estática o carga muerta D.....	180
2.7.8.2	Carga de peso propio W_{pp}	180
2.7.8.3	Carga de seguridad W_s	182
2.7.9	Luz y ancho de la nave industrial	182
2.7.10	Número de puentes grúa a instalar	182
2.7.11	Características de la nave industrial	183
2.7.12	Esquemas generales de la estructura tipo puente grúa diseñada	184
2.7.13	Cargas del puente grúa	186
2.7.13.1	Carga de operación C_n	186
2.7.13.2	Impacto vertical C_i	186
2.7.13.3	Peso del puente grúa sin carga W_{PG}	187
2.7.13.4	Cuando el polipasto está en posición central	188

2.7.13.5	Cuando el polipasto esta en posición extrema.....	189
2.7.13.6	Empuje lateral C _{ss}	190
2.7.13.7	Empuje axial C _{is}	191
2.7.13.8	Carga de impacto en los fines de carrera C _{bs}	191
2.7.13.9	Resumen de las cargas que rigen el puente grúa	192
2.7.14	Análisis del puente grúa mediante software	192
2.7.14.1	Diagrama de cuerpo libre y resultados del carro testero.	193
2.7.14.2	Diagrama de cuerpo libre y resultados de la viga de carga. ...	198
2.7.14.3	Momento de inercia de la sección de la viga de carga.....	198
CAPÍTULO III		
3.1.	Pruebas del controlador.....	203
3.2.	Pruebas de comunicación inalámbrica	203
3.2.1.	Prueba del HMI monitoreo de datos.....	203
3.2.2.	Prueba del PLC monitoreo de datos	207
3.2.3.	Pérdida de alimentación.....	208
3.2.4.	Pérdida de señal	208
3.2.5.	Tiempo de respuesta para la activación de movimientos y paro de emergencia.....	209
3.3.	Pruebas de sincronización de puentes grúas	210
3.3.1.	Prueba de los sensores para protección del puente grúa	210
3.4.	Operación del puente grúa.	211
3.4.1.	Análisis de pruebas experimentales.....	211
3.4.2.	Análisis del monitoreo de datos, HMI.....	211
3.4.3.	Análisis del tiempo de respuesta para la activación de movimientos y paro de emergencia	212
3.5.	Alcances y limitaciones.....	212
3.5.1.	Alcances.....	212
3.5.2.	Limitaciones	213
3.6.	Validación de la Hipótesis	213
CAPÍTULO IV		
4.1.	Conclusiones	214
4.2.	Recomendaciones	215
	Bibliografía	217
	ANEXO A: Glosario de términos	219
	ANEXO B: Manual del operador.....	224
	ANEXO C: Planos eléctricos y mecánicos	

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1:	Cableado de izamiento del polipasto.....	2
Figura 1.2:	Descripción de un puente grúa	2
Figura 1.3:	Componentes del puente grúa	3
Figura 1.4:	Motor asíncrono de rotor bobinado	5
Figura 1.5:	Motor jaula de ardilla	5
Figura 1.6:	Conexión de los devanados Mando suspendido del carro.....	6
Figura 1.7:	Mando desde la cabina	6
Figura 1.8:	Mando por radio	7
Figura 1.9:	Mando desde la cabina	7
Figura 1.10:	Autómata programable o PLC.	8
Figura 1.11:	Estructura típica de una entrada discreta en diagrama de bloques .	11
Figura 1.12:	Estructura típica de una salida discreta en diagrama de bloques....	12
Figura 1.13:	Esquema de un conversor Análogo/Digital (A/D)	14
Figura 1.14:	Diagrama de bloques de una entrada análoga	14
Figura 1.15:	Variador de velocidad electrónico.....	21
Figura 1.16:	Principio de funcionamiento de la regulación de velocidad.....	27
Figura 1.17:	Estructura general de un variador de velocidad electrónico.....	30
Figura 1.18:	Sistema de instrumentación industrial.....	37
Figura 2.1:	Diagrama de Bloques comunicación inalámbrica.	42
Figura 2.2:	Controlador Inalámbrico Mobile Panel 277F IWLAN	44
Figura 2.3:	Partes del panel móvil 277 IWLAN.....	47
Figura 2.4:	Compartimento de la batería y de conexiones	48
Figura 2.5:	El compartimento de conexiones abierto	48
Figura 2.6:	Puertos del panel de operador	49
Figura 2.7:	Leds Indicadores de estado	49
Figura 2.8:	Elementos de mando orientados a la seguridad	52
Figura 2.9:	Teclas de validación.....	52
Figura 2.10:	Estación de carga panel móvil.....	54
Figura 2.11:	PLC SIMATIC ET 200S	54
Figura 2.12:	Ejemplo de configuración de un ET 200S	55
Figura 2.13:	Fast Conect Modules PLC ET 200S	58
Figura 2.14:	MODULOS PLC ET 200S	59
Figura 2.15:	Interfase Profinet con switch de 3 puertos	60
Figura 2.16:	Micro memory card PLC ET200 S	60
Figura 2.17:	Punto de Acceso SCALANCE W-786 2RR	61
Figura 2.18:	Diseño e interfaces de los puntos de acceso SCALANCE W786 2RR	62
Figura 2.19:	Adaptador de alimentación	63
Figura 2.20:	Sensores inductivos Sick IM30	63

Figura 2.21:	Principio de operación sensores de proximidad inductivos	65
Figura 2.22:	Esquema de conexión PNP - NPN 4 cables	66
Figura 2.23:	Esquema de conexión PNP - NPN 3 cables	66
Figura 2.24:	Esquema de conexión PNP - NPN 2 cables	66
Figura 2.25:	Dimensiones sensor inductivo IM30.....	67
Figura 2.26:	Método de Instalación de sensores inductivos	67
Figura 2.27:	Sensores inductivos y receptores de señal zona 2.....	68
Figura 2.28:	Sensores inductivos y receptores de señal zona 8.....	68
Figura 2.29:	Distancia segura entre transportadores.	69
Figura 2.30:	Inversor DMCS007	72
Figura 2.31:	Programación del inversor	74
Figura 2.32:	Velocidad de deceleración	76
Figura 2.33:	Circuito de control Industrial	78
Figura 2.34:	Software TIA PORTAL V11 SP2.....	81
Figura 2.35:	Vista de tareas del proyecto	82
Figura 2.36:	Componentes del proyecto.....	82
Figura 2.37:	Instrucciones de programación de STEP 7 Basic	83
Figura 2.38:	Barra de herramientas favoritas para programación	84
Figura 2.39:	Bloques y funciones de programación	84
Figura 2.40:	Crear nuevo proyecto	86
Figura 2.41:	Selección de la CPU IM 151-8 F PN/DP	86
Figura 2.42:	CPU agregada para la configuración.....	87
Figura 2.43:	Tabla de variables	87
Figura 2.44:	Objetos de programación del PLC	88
Figura 2.45:	Receptor de señal del sensor inductivo	96
Figura 2.46:	SEGMENTO 1 (Movimiento Puente grúa en velocidad baja)	97
Figura 2.47:	SEGMENTO 2 (Movimiento a zonas).....	97
Figura 2.48:	SEGMENTO 3-4 (Movimiento puente grúa en velocidad alta-Activación de Permiso Z#)	98
Figura 2.49:	SEGMENTO 5 (Reseteo de zonas, nueva posición)	99
Figura 2.50:	SEGMENTO 6 (Movimientos derecha izquierda puente grúa) ..	99
Figura 2.51:	SEGMENTO 7-8 (Contador posición del sensor en zona)	100
Figura 2.52:	SEGMENTO 9 (Contador de posición Sensor en Zona)	100
Figura 2.53:	SEGMENTO 10-11 (Activación de movimientos derecha izquierda)	101
Figura 2.54:	SEGMENTO 12-13 (Activación de Sensor Centro en Zona) ...	102
Figura 2.55:	SEGMENTO 14 (Bloqueo Z1)	103
Figura 2.56:	Movimiento izquierda general	104
Figura 2.57:	Movimiento derecha general.....	105
Figura 2.58:	Velocidad alta general.....	105

Figura 2.59:	Velocidad baja general.....	106
Figura 2.60:	Asignación de salidas.....	107
Figura 2.61:	Movimiento manual gancho subir.....	107
Figura 2.62:	Movimiento Gancho Bajar.....	108
Figura 2.63:	Movimiento Polipasto derecha manual.....	109
Figura 2.64:	Movimiento Polipasto izquierda manual.....	109
Figura 2.65:	Movimiento Manual derecha puente grúa.....	110
Figura 2.66:	Movimiento Manual izquierda puente grúa.....	110
Figura 2.67:	Asignación de entradas físicas del proceso.....	111
Figura 2.68:	Asignación de entradas físicas del proceso.....	111
Figura 2.69:	Asignación de entradas de los sensores anticolidión.....	112
Figura 2.70:	Asignación de salidas velocidad alta puente grúa.....	112
Figura 2.71:	Asignación de salidas movimientos derecha – izquierda velocidad baja puente grúa.....	113
Figura 2.72:	Asignación de salidas físicas subir – bajar gancho velocidad baja.....	113
Figura 2.73:	Asignación de salidas físicas velocidad alta gancho.....	114
Figura 2.74:	Asignación de salidas físicas velocidad alta – baja polipasto. ..	114
Figura 2.75:	Herramientas para administración de imágenes.....	115
Figura 2.76:	Agregar dispositivo para administración de imágenes.....	116
Figura 2.77:	Agregar imagen.....	116
Figura 2.78:	Cuadro de imágenes a agregar.	117
Figura 2.79:	Imagen de Nave y zonas agregada.	117
Figura 2.80:	Propiedades de la imagen.	118
Figura 2.81:	Agregar eventos a los objetos del HMI.....	118
Figura 2.82:	Activación de funciones del sistema.	119
Figura 2.83:	Animación de objetos en el HMI.....	119
Figura 2.84:	Imagen principal pantalla del HMI.....	120
Figura 2.85:	Imagen para operación del HMI.....	120
Figura 2.86:	Configuración de runtime.....	121
Figura 2.87:	Ingreso a propiedades del HMI 277 FIWLAN.....	121
Figura 2.88:	Propiedades del HMI 277 FIWLAN.....	122
Figura 2.89:	Configuración del PLC IM151-8 F CPU.....	122
Figura 2.90:	Configuración del HMI 277 FIWLAN.....	123
Figura 2.91:	Compilar la configuración del PLC.....	124
Figura 2.92:	Compilar configuración en HMI mobile panel 277 FIWLAN...	124
Figura 2.93:	Cargar software en el PLC.....	125
Figura 2.94:	Cargando la configuración en PLC.....	125
Figura 2.95:	Cargando la configuración en panel móvil HMI 277FIWLAN.	126
Figura 2.96:	Configuración de la PC.....	127

Figura 2.97:	Configuración del PLC	127
Figura 2.98:	Configuración de la CPU del PLC	128
Figura 2.99:	Configuración de la CPU sin especificar	128
Figura 2.100:	Propiedades de la CPU seleccionada	129
Figura 2.101:	Direccionamiento IP del PLC IM151-8 F CPU	129
Figura 2.102:	Configuraciones generales del PLC IM151-8 F CPU.....	130
Figura 2.103:	Configuración de dispositivo sin especificar	130
Figura 2.104:	Configuración de los parámetros de la CPU	131
Figura 2.105:	Configuración del Punto de acceso basado en web.	132
Figura 2.106:	Asistente de Configuración del Punto de Acceso	133
Figura 2.107:	Configuración de la IP del Access Point.	134
Figura 2.108:	Configuración del nombre del sistema.....	135
Figura 2.109:	Configuración del código de país.....	135
Figura 2.110:	Configuración de la frecuencia de operación de la red inalámbrica	136
Figura 2.111:	Configuración de una dirección MAC	136
Figura 2.112:	Configuración de la antena del Access Point.....	137
Figura 2.113:	Finalización de la configuración del Access Point	138
Figura 2.114:	Configuración de seguridad	138
Figura 2.115:	Direccionamiento IP del Panel Móvil 277 F IWLAN	146
Figura 2.116:	Configuraciones generales del Panel Móvil 277 F IWLAN	146
Figura 2.117:	Configuración del PROFI-safe	147
Figura 2.118:	Menú Inicio Panel Móvil 277F IWLAN	147
Figura 2.119:	Loader Touch Panel	148
Figura 2.120:	Configuración de usuario	149
Figura 2.121:	Inicio de sesión y configuración de password.....	149
Figura 2.122:	Parametrizar la red WLAN	150
Figura 2.123:	Configuración de Cuenta y contraseña	150
Figura 2.124:	Configuración del asistente de seguridad.....	151
Figura 2.125:	Configuración del sistema.....	151
Figura 2.126:	Direccionamiento del panel móvil	152
Figura 2.127:	Configuración WLAN.....	152
Figura 2.128:	Iniciar sesión	152
Figura 2.129:	Propiedades de los dispositivos enlazados.....	160
Figura 2.130:	Sistema anticolidión sensores láser	161
Figura 2.131:	Sistema anticolidión sensores láser	161
Figura 2.132:	Materiales para las conexiones del tablero de control.	163
Figura 2.133:	Conexiones del tablero de control.....	163
Figura 2.134:	Conexiones de los tableros de control PUENTE GRÚA 1 y 2..	163
Figura 2.135:	Gabinete de carga de los controladores.	164

Figura 2.136:	Bases del SCALANCE para acoplar al puente grúa	164
Figura 2.137:	Bases del tablero de control para acoplar al puente grúa	165
Figura 2.138:	Placas de platino, receptores de los sensores inductivos.	165
Figura 2.139:	Estructura de los sensores inductivos para el puente grúa.	166
Figura 2.140:	Montaje y conexión de los sensores inductivos	166
Figura 2.141:	Montaje del tablero de control	167
Figura 2.142:	Base del Scalance (Access Point)	167
Figura 2.143:	Tablero de control montado en el puente grúa.....	168
Figura 2.144:	Instalación de los equipos y conexiones listo para las pruebas de operación	168
Figura 2.145:	Puente Grúa Birriel	169
Figura 2.146:	Viga formada de planchas de acero	169
Figura 2.147:	Partes de un puente grúa monorriel.....	170
Figura 2.148:	Viga de carga de un puente grúa	171
Figura 2.149:	Carros testers	171
Figura 2.150:	Motores de movimiento longitudinal	171
Figura 2.151:	Polipasto	172
Figura 2.152:	Líneas de alimentación.....	173
Figura 2.153:	Gancho	174
Figura 2.154:	Curva de esfuerzo-deformación para los valores mínimos especificados para varios aceros estructurales	175
Figura 2.155:	Carga pulsante y carga alternante	175
Figura 2.156:	Esquematación de las cargas muertas	181
Figura 2.157:	Simulación Nave No 1 de almacenamiento de producto terminado NOVACERO S.A. planta Lasso	183
Figura 2.158:	Geometría general estructura de la Nave No. 1 de la bodega de almacenamiento de producto terminado NOVACERO S.A.	184
Figura 2.159:	Esquema detallado de la nave industrial tipo puente grúa.	185
Figura 2.160:	Cargas verticales cuando el polipasto ejerce la carga en posición central	188
Figura 2.161:	Cargas verticales cuando el polipasto ejerce la carga en posición extrema	189
Figura 2.162:	Empuje lateral efectivo y área efectiva resistente en vigas de sección abierta	191
Figura 2.163:	Diagrama del cuerpo libre del carro testero	193
Figura 2.164:	Sección del carro testero	193
Figura 2.165:	Momento de inercia de la sección del carro testero	194
Figura 2.166:	Diagrama de cortante del carro testero (Kip)	194
Figura 2.167:	Diagrama de momento flector del carro testero (Kip-In)	194
Figura 2.168:	Resultados de los diagramas de cortante y momento flector	

	para la sección 0 – 2 m en donde se registra el mayor valor del cortante.	195
Figura 2.169:	Resultados de los diagramas de cortante y momento flector para la sección 2 – 4 m en donde se registra el mayor valor del cortante.	195
Figura 2.170:	Resultados numéricos de los diagramas de cortante y momento flector para la sección 0 – 2 m en donde se registra el mayor valor del cortante.	196
Figura 2.171:	Resultados de los esfuerzos admisibles del carro testero.....	197
Figura 2.172:	Verificación de la capacidad de esfuerzos con las condiciones de acero establecidas.	197
Figura 2.173:	Diagrama del cuerpo libre de la viga de carga.....	198
Figura 2.174:	Sección de la viga de carga	198
Figura 2.175:	Diagrama de cortante de la viga de carga (Kip)	198
Figura 2.176:	Diagrama de momento flector de la viga de carga (Kip-In)	199
Figura 2.177:	Diagrama de colores del momento máximo flector de la viga de carga menor a 1	199
Figura 2.178:	Resultados de los diagramas de cortante y momento flector para la sección 0 – 12.5 m en donde se registra el mayor valor del cortante.....	199
Figura 2.179:	Resultados de los diagramas de cortante y momento flector para la sección 12.5 – 25 m en donde se registra el mayor valor del cortante.....	200
Figura 2.180:	Resultados numéricos de los diagramas de cortante y momento flector para la sección 0 – 12.5 m en donde se registra el mayor valor del cortante.....	200
Figura 2.181:	Resultados de los esfuerzos admisibles de la viga de carga.....	201
Figura 2.182:	Verificación de la capacidad de esfuerzos con las condiciones de acero establecidas.....	201
Figura 3.1:	HMI Controlador del puente grúa	204
Figura 3.2:	Señal de paro de emergencia-HMI controlador del puente grúa..	204
Figura 3.3:	Led´s indicadores de estado y comunicación	205
Figura 3.4:	Establecimiento de conexión de seguridad.....	205
Figura 3.5:	Confirmación de seguridad con teclas de validación	206
Figura 3.6:	Pantalla de inicio del panel móvil	206
Figura 3.7:	Dispositivos accesibles de software	207
Figura 3.8:	Conexión online PLC-PC.....	207
Figura 3.9:	Interrupción de conexión.	208
Figura 3.10:	Mensaje de pérdida de señal.....	209
Figura 3.11:	Operador de puente grúa en operación.....	211
Figura 3.12:	Panel Móvil en funcionamiento, activación en zona 4.....	212

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Aplicaciones y características de controladores inalámbricos.....	31
Tabla 1.2: Factores a tener en cuenta a la hora de elegir un instrumento	38
Tabla 2.1: Significado de los indicadores LED	50
Tabla 2.2: Características Técnicas PLC Siemens ET 200 S-SP-MP-M.....	57
Tabla 2.3: Tabla de características técnicas de los sensores inductivos- 65 -.65	
Tabla 2.4: Datos técnicos sensor laser DS60.....	70
Tabla 2.5: Conexiones del inversor DMCS007	72
Tabla 2.6: Características técnicas Inversor DMCS007	72
Tabla 2.7: Conexión de la alimentación del inversor	73
Tabla 2.8: Programación de Parámetros del inversor	74
Tabla 2.9: Tabla de Aceleración y Deceleración	75
Tabla 2.10: Variables de Programación del PLC	76
Tabla 2.11: Direcciones IP-MAC	88
Tabla 2.12: Direcciones, parámetros, contraseñas	131
Tabla 2.13: Configuración de los bloques de seguridad en el Main Safety	131
Tabla 2.14: Conexión a modo seguro en el panel móvil.	153
Tabla 2.15: Crear conexión de red	156
Tabla 2.16: Materiales para la construcción de los tableros de control.....	162
Tabla 2.17: Características de la nave industrial	183
Tabla 2.18: Características del Puente grúa	184
Tabla 2.19: Accesorios del puente grúa	187
Tabla 2.20: Cargas del puente grúa	192
Tabla 2.21: Resumen de valores de cortante y momento flector para diferentes puntos de la viga de carga.....	202
Tabla 3.1: Tiempo de respuesta para los movimientos del puente grúa.....	209
Tabla 3.2: Tiempo de respuesta del paro de emergencia.....	210
Tabla 3.3: Prueba en los sensores del puente grúa	210

RESUMEN

La presente tesis consiste en **“Diseño y construcción de un sistema de control inalámbrico para los puentes grúa de la nave N° 1 de la bodega de almacenamiento de producto terminado para la empresa NOVACERO S.A. PLANTA LASSO”**.

La implementación del sistema de control inalámbrico con la tecnología utilizada, abarca grandes expectativas en las exigencias de comunicación industrial, NOVACERO S.A Planta Lasso con el fin de optimizar cada uno de sus procesos de producción, de servicio a sus clientes y mantener un alto nivel de seguridad de operación en cada uno de los procesos que se realiza. El diseño e implementación de este sistema de control permite al operador del puente grúa realizar su trabajo desde una distancia segura, enviando automáticamente el puente grúa a cualquier zona establecida. Para el efecto, se estableció que la implementación del sistema de control se lleve a cabo considerando las características de la estructura mecánica de la nave de producto terminado, la selección del tipo de tecnología inalámbrica SIEMENS utilizada garantiza una comunicación confiable y segura entre el transmisor y el receptor dentro de un ambiente industrial, además que el software permite controlar los movimientos, ya sea Norte – Sur, Este – Oeste, Subir – Bajar, tanto del puente grúa como del polipasto respectivamente, además verificar las seguridades del mismo mediante la interfaz humano máquina, de los movimientos y del sensor anticolidión y así como también permitir ejecutar las acciones necesarias dentro del sistema, en caso de existir una condición peligrosa.

La tecnología inalámbrica es uno de los aspectos más importantes, además de los componentes que se involucran directamente con el desarrollo y culminación del proyecto, es por esto las características técnicas de cada componente se seleccionaron según sus tipologías, tecnología, disponibilidad y el costo de los materiales en el mercado.

PRESENTACIÓN

El presente proyecto describe todo lo referente a la automatización industrial, haciendo énfasis en la interacción de la programación y control de procesos, como en este caso facilitar al operador manejar el controlador dentro de una zona segura, además de facilitar los movimientos del puente y controlar visualmente cada uno de los procesos.

En el CAPITULO I, se muestra una breve introducción sobre puentes grúa, controladores lógicos programables, paneles operadores y algunas características técnicas dentro de los alcances del proyecto.

El CAPITULO II, presenta el estudio y la selección de los equipos seleccionados, así como las características técnicas de cada dispositivo. El diseño del sistema de control y la programación de la periferia descentralizada que se utilizó en la aplicación del proyecto. Además se analiza el diseño de la estructura mecánica de los puentes grúa, mediante software SAP2000.

En el CAPITULO III, se muestra las pruebas experimentales realizadas para el proyecto, así como el estudio de los alcances y limitaciones propuestas en el proyecto, sin dejar de analizar la validación de la hipótesis planteada.

El capítulo IV, presenta las conclusiones y recomendaciones obtenidas después de haber concluido el proyecto.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Puentes Grúas.

Los puentes-grúas son máquinas empleadas para la elevación y el transporte de materiales generalmente en procesos de almacenamiento o curso de fabricación, aunque no es común su uso en todos los ámbitos. Por lo general, se los utiliza en procesos que implican almacenamiento o bien en todo lo relativo a la fabricación.

En lo que respecta a la constitución de estas máquinas, las mismas están compuestas por una estructura doble. Dicha estructura está finalizada o rematada en dos testeros automotores que se encuentran en perfecta sincronía. A su vez, estos automotores tienen ruedas de pestaña doble, que permite que se produzca el encarrilado.

También forma parte de la estructura general del puente grúa un carro automotor, que está lo suficientemente capacitado como para discurrir encarrilado a lo largo de la estructura doble y que se encuentra apoyado en la misma. El carro tiene que soportar sobre un polipasto. Así se denomina a un mecanismo que se emplea para levantar cargas o moverlas, pero con un agregado extra.

El polipasto puede tener una gran ventaja mecánica, ya que levanta o mueve cualquier peso, pero invirtiendo un mínimo de esfuerzo. El cableado de izamiento del polipasto se descuelga entre las dos partes de la estructura (Ver Figura 1.1). Por esta razón, al combinarse el movimiento de la estructura con los movimientos del carro lo que se origina es la posibilidad de proceder sobre cualquier punto de una superficie que haya sido delimitada por la extensión de los raíles.



Figura 1.1: Cableado de izamiento del polipasto

Estos raíles (denominados de desplazamiento) se encuentran casi en el mismo plano horizontal en el que está el carro del puente-grúa y, además, tienen un rol más que vital porque es su propia altura la que va a determinar la altura máxima con la que se podrá operar. Cuando los carriles realizan el proceso de elevación se debe contar con una estructura que sea capaz de sustentarlos. (Ver Figura 1.2) Sin embargo, hay dos tipos de estructuras, por ejemplo, aquellas que se encuentran al aire libre tienen una estructura que está fundamentalmente destinada para dicha sustentación. En cambio, en el caso de las máquinas interiores, ésta puede ser anexada o ya estar incorporada desde un comienzo. La operación del puente grúa se puede hacer de distintas maneras. Una de las opciones es ubicarse en una de las cabinas que se añaden para poder manejar la grúa que se encuentra sobre los testeros. La otra opción, posiblemente la más utilizada en la actualidad en aquellas máquinas que no tienen ciclo de operación definido en su plenitud, es aquella que se lleva a cabo a través de un mando a distancia con cables, que se activa desde el lugar cercano al punto mismo de operación.

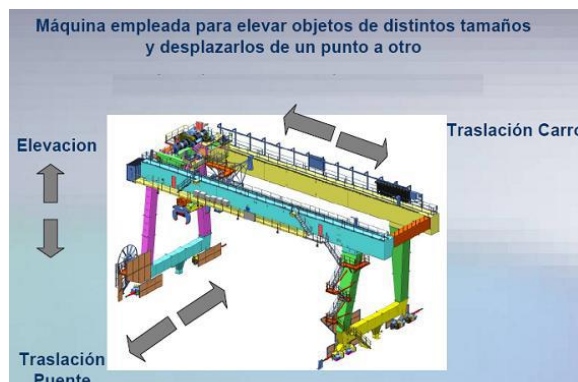


Figura 1.2: Descripción de un puente grúa

1.1.1. Componentes del Puente Grúa ¹

La máquina propiamente dicha (Ver Figura 1.3) está compuesta generalmente por una doble estructura rematada en dos testeros automotores sincronizados dotados de ruedas con doble pestaña para su encarrilamiento. Apoyado en dicha estructura y con capacidad para discurrir encarrilado a lo largo de la misma, un carro automotor soporta un polipasto cuyo cableado de izamiento se descuelga entre ambas partes de la estructura (también puede ser mono-raíl con estructura simple). La combinación de movimientos de estructura y carro permite actuar sobre cualquier punto de una superficie delimitada por la longitud de los raíles por los que se desplazan los testeros y por la separación entre ellos.

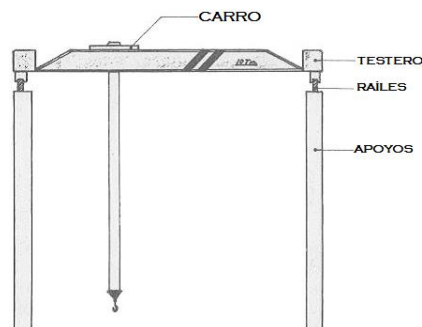


Figura 1.3: Componentes del puente grúa

El bastidor del puente grúa consta de dos vigas transversales en dirección a la luz de la nave (vigas principales) y de uno o dos pares de vigas laterales (testeros), longitudinales en dirección a la nave y que sirven de sujeción a las primeras y en donde van las ruedas.

1.1.2. Movimientos de un puente grúa ²

Los tres movimientos que realiza un puente grúa son:

1.1.2.1. Traslación del puente

Ejecuta un movimiento en dirección longitudinal a la nave, se realiza mediante un motor que arrastra los rodillos por medio de semiárboles de transmisión.

¹ http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_253.pdf

² <http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/775A941B-AFBA-4A8E-AA9B-8E84507C12C4/145866/GuaPuentesGrua.pdf>

1.1.2.2. Orientación del carro

Realiza un movimiento de traslación del carro a lo ancho del puente.

1.1.2.3. Elevación – Descenso

La carga es subida o bajada por efecto del motor que sujeta el gancho con la ayuda del cable principal.

1.1.3. Características de los puentes grúa

Además de los aspectos indicados anteriormente, existen una serie de datos básicos dependiendo del puente grúa.

1.1.3.1. Velocidades de traslación

Es imprescindible que exista una relación correcta entre la velocidad de traslación final y los valores de aceleración y desaceleración correspondiente para garantizar un servicio eficaz del puente grúa, el tiempo de traslación a plena velocidad, será un 85% de la marcha total.

1.1.3.2. Motores de accionamiento

Según el tipo de empleo que vaya a tener el puente grúa, así será el tipo de motor a utilizar en el transporte.

a) Motores de corriente continúa

Se trata de equipos caros y delicados, que necesitan de mucho mantenimiento y de equipos de regulación de velocidad (en la actualidad su existencia está muy limitada a puentes grúa). Algunos de los motores que se utilizan en estos casos son el shunt y el compound.

b) Motores de corriente alterna

Un tipo de motores de corriente alterna son los motores asíncronos o de inducción; este motor asíncrono está formado por un rotor, que puede ser de dos tipos: rotor bobinado y de rotor en cortocircuito o de jaula de ardilla.

c) Motor asíncrono de rotor bobinado

Es el más utilizado en la actualidad para el funcionamiento de puentes grúa, los devanados del rotor son similares a los del estator con el que está asociado. El número de fases del rotor es el mismo que el del estator, lo que sí tiene que ser igual es el número de polos. Los devanados del rotor están conectados a anillos colectores montados sobre el mismo eje. En la Figura 1.4, se presenta el rotor y estator para éste tipo de motores.

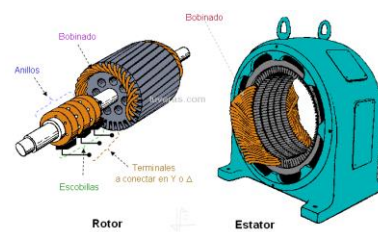


Figura 1.4: Motor asíncrono de rotor bobinado

d) Motor de rotor en cortocircuito

También conocido como motor jaula de ardilla, consta de un rotor constituido por una serie de conductores metálicos dispuestos paralelamente unos a otros y cortocircuitados en sus extremos por unos anillos metálicos, esto es lo que forma la llamada jaula de ardilla por su similitud gráfica con una jaula de ardilla. Esta 'jaula' se rellena de material, normalmente chapa apilada. De ésta manera, se consigue un sistema n-fásico de conductores (siendo n el número de conductores) situado en el interior del campo magnético giratorio creado por el estator, con lo cual se tiene un sistema físico eficaz, simple y muy robusto (básicamente, no requiere mantenimiento). En la Figura 1.5 se muestra un motor jaula de ardilla indicando sus partes internas y en la Figura 1.6 se indica el diagrama de conexión para sus devanados en estrella y triángulo.

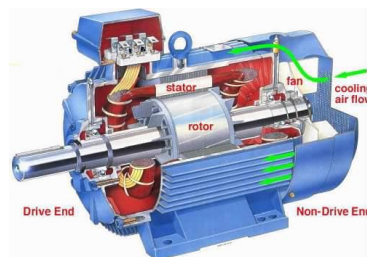


Figura 1.5: Motor jaula de ardilla

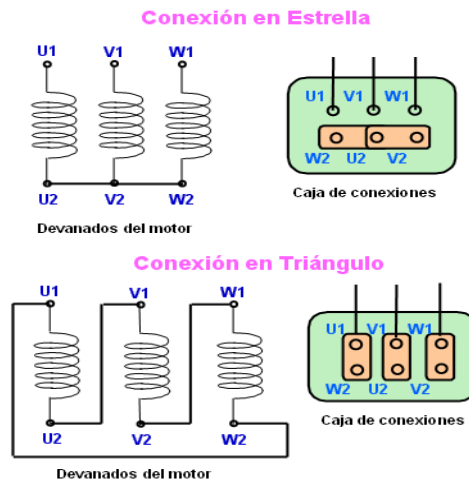


Figura 1.6: Conexión de los devanados

1.1.4. Tipos de mandos de los puentes grúa

Según el tipo de condiciones de servicio, la utilización del sistema de mando de los puentes grúa pueden ser:

1.1.4.1. Mando desde el suelo

Desplazable a lo largo del puente. Permite guiar la carga manualmente y mantener una distancia de seguridad entre el conductor y la carga.

1.1.4.2. Mando suspendido del carro

Del puente grúa se desprende un cable de corto alcance y va conectado a la botonera para controlar los movimientos del puente como se puede apreciar en la Figura 1.7. En este caso el conductor está próximo a la carga y puede guiarla manualmente, es adecuado para trabajos donde no se manejen cargas muy pesadas y no exista riesgo de causar accidentes al momento de trasladar la carga.



Figura 1.7: Mando suspendido del carro

1.1.4.3. Mando por radio

Se utiliza cuando el conductor no pueda acompañar al puente grúa, cuando el lugar de operación es inaccesible para el operador o cuando se manejen cargas muy elevadas que pueden causar la rotura del cable y por ende accidentes, en la Figura 1.8 se ve un tipo de radio mandos para el manejo de puentes grúa.



Figura 1.8: Mando por radio

1.1.4.4. Mando desde la cabina

Cabina montada en el centro del puente

Este sistema se utiliza para puentes grúa de gran luz, con el objeto de conseguir una buena visibilidad para el conductor, en la Figura 1.9 se muestra la silla y demás componentes que irán instalados en la cabina de control.



Figura 1.9: Mando desde la cabina

1.2 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES.³

El PLC es un instrumento electrónico que sirve de herramienta para dar solución a problemas de automatización (es el caso industrial) o de simulación de automatización (ver Figura 1.10).



Figura 1.10: Autómata programable o PLC.

Un autómata programable industrial (API) o Programmable Logic Controller (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales. Un PLC trabaja en base a la información recibida por los sensores y el programa lógico interno, actuando sobre los actuadores de la instalación.

De acuerdo con la definición de la "Nema" (National Electrical Manufacturers Association) un controlador programable es: "Un aparato electrónico operado digitalmente, que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas para controlar, a través de módulos de entrada/salida digitales (ON/OFF) o analógicos (1 a 5 VDC, 4 a 20 mA, etc.), varios tipos de máquinas o procesos".

1.2.1 Estructura y componentes básicos.

Cada Controlador Lógico Programable está constituido en su estructura de dos partes básicas:

- Sección operativa (SO)
- Sección de comando (SC)

³ http://sig.utpl.edu.ec/download/data/PLC_paper.PDF

1.2.1.1 Sección operativa (SO).

Es la que opera la materia prima y el producto en general. Se compone de:

- Los medios y herramientas necesarias para transformar la materia prima, por ejemplo: bombas, utensilios, taladros, etc.
- Los accionadores destinados a mover y poner en funcionamiento estos medios, por ejemplo: Motores eléctricos para accionar una bomba, gatos hidráulicos para cerrar una válvula, gatos neumáticos para taladrar un cabezal de perforación.

1.2.1.2 Sección de Comando (SC).

Es la que emite las órdenes hacia la sección operativa (SO) y recoge las señales de retorno para sus acciones. Cada vez más, la sección de comando (SC) se basa en técnicas de lógica programada. Como parte central de la sección de comando (SC) está el tratamiento, que conste en la unión de tres diálogos:

- El diálogo con la máquina: Consiste en el comando de los accionadores, (motores) a través de los pre-accionadores (contadores, distribuidores, variadores), y de la adquisición de las señales de la retroalimentación provenientes de los sensores que dependen de la evolución del proceso.
- El diálogo hombre-máquina: Para manejar, regular, calibrar la máquina, el personal introduce mensajes y comandos y recoge informaciones del autómata.
- El diálogo con otras máquinas: Varias máquinas pueden operar en una misma producción. Su coordinación está asegurada por el diálogo entre las secciones de comando.

Los PLC se componen básicamente de estas secciones:

- Sección de entrada.
- Sección de salida.
- Sección lógica de control.
- Memoria.

1.2.1.3 Entradas y Salidas.

Las entradas y salidas son los elementos del PLC que lo vinculan al campo. En el caso de las entradas, adaptan las señales de sensores para que la CPU las reconozca. En el caso de las salidas, activan un circuito de conexión (transistor, triac o relé) ante una orden de la CPU.

La clasificación de las entradas y salidas son las siguientes:

- **Discretas:** También llamadas digitales, lógicas, binarias u on/off, pueden tomar solo dos estados. La denominación digital es más común que la de discreta, aun cuando es incorrecta, ya que todas las funciones de un PLC, incluidas las E/S son digitales.
- **Analógicas:** Pueden tomar una cantidad de valores intermedios dentro de un cierto límite, dependiendo de su resolución. Por ejemplo 0 a 10 Vcc, 4 a 20 mAcc, etc.
- **Especiales:** Son variantes de las analógicas, como las entradas de pulsos de alta velocidad, termocuplas, RTDs, etc.
- **Inteligentes:** Son módulos con procesador propio y un alto grado de flexibilidad para su programación. Durante su operación intercambian datos con la CPU.

1.2.1.4 Entradas discretas.

Los fabricantes ofrecen una gran cantidad de alternativas para estos módulos. Así es que se puede optar por módulos con distinta cantidad de entradas y para distintas tensiones; las más comunes son: 24 VCC, 24 VCA, TTL (5 VCC), 110 VCA, 220 VCA, etc.

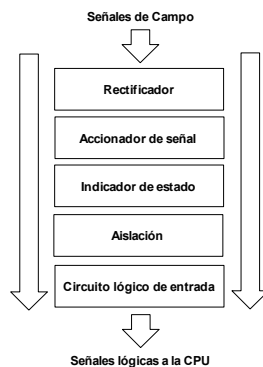


Figura 1.11: Estructura típica de una entrada discreta en diagrama de bloques.

La estructura típica de una entrada discreta puede separarse en varios bloques por donde pasará la señal, hasta convertirse en un 0 ó 1 para la CPU.

Estos bloques son:

- **Rectificador:** En el caso de una entrada de corriente alterna, convierte la señal en continua. En el caso de una señal de corriente continua, limita o impide daños por inversión de polaridad.
- **Acondicionador de señal:** Elimina ruidos eléctricos, detecta los niveles de señal para los que conmuta el estado lógico (umbral en on/off) y lleva la tensión al nivel manejado por la CPU.
- **Indicador de estado:** En general se dispone de un indicador luminoso por canal, que está encendido mientras exista tensión en la entrada, y apagado en caso contrario. Un indicador adicional señala el correcto funcionamiento de la tarjeta permaneciendo encendido si tanto la tarjeta como su comunicación con la CPU no presentan fallas.
- **Aislación:** Las entradas de la mayor parte de los PLC's son optoaisladas para que, en caso de sobretensiones externas el daño causado no afecte más que ese punto, sin perjudicar el resto de la tarjeta ni propagarse al resto del PLC.
- **Circuito lógico de entrada:** Es el encargado de informar a la CPU el estado de la entrada cuando ésta la interroga.

- El paso de la señal por todos estos bloques consume un tiempo que se conoce como tiempo de respuesta de la entrada. Este tiempo debe tenerse en cuenta en el diseño del sistema. Un aspecto a analizar es el mínimo tiempo de permanencia o ausencia de una señal requerida para que el PLC la interprete como un 0 ó 1. Si una variable de proceso pasa al estado lógico 1, y retorna al estado 0 en un tiempo inferior al tiempo de respuesta de la entrada, es posible que el PLC no llegue a leerla, aquí se requieren tarjetas con capacidad de retención, en las que el estado lógico es sostenido por un período mayor que la duración del pulso de señal.

Como referencia, se puede indicar que el tiempo de respuesta en la lectura de un contacto que se abre puede no ser el mismo que el tiempo de respuesta en la lectura de un contacto que se cierra. En general, el tiempo de respuesta de una tarjeta de entradas discretas no es superior a los 20 mseg, pudiendo ser de unos pocos milisegundos.

1.2.1.5 Salidas discretas.

La estructura típica de una salida discreta es la siguiente:

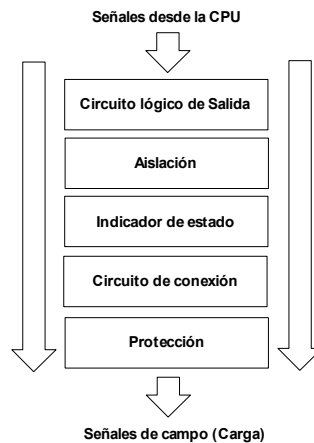


Figura 1.12: Estructura típica de una salida discreta en diagrama de bloques.

Circuito lógico de salida: Es el receptor de la información enviada por la CPU.

- Aislación: Cumple una función análoga a la de la aislación de una tarjeta de entradas discretas.

- **Indicador de estado:** Generalmente se utiliza un indicador de estado por canal, que se enciende cuando la salida está cerrada, y se apaga cuando está abierta. Un indicador adicional señala el correcto funcionamiento de la tarjeta, permaneciendo encendido si tanto la tarjeta como su comunicación con la CPU no presentan fallas.
- **Circuito de conexión:** Es el elemento de salida al campo, que maneja la carga conectada por el usuario. Como se verá, se dispone de tres opciones de circuito de conexión: transistor, triac y relé.
- **Protección:** Puede consistir en un fusible en serie con los contactos de salida, una protección electrónica por sobrecarga, o circuitos RC (resistivos-capacitivos) para eliminar picos generados por la naturaleza de la carga, en caso de que ésta sea inductiva y la alimentación sea en corriente continua.

Las alternativas de selección para el circuito de conexión son tres:

- Salidas por relé.
- Triac.
- Transistor.

Las salidas de relé pueden utilizarse para cargas en corriente alterna o continua, las de transistor en corriente continua, y las de triac solo para corriente alterna. En todos los casos debe verificarse si la potencia a manejar es compatible con el circuito de conexión seleccionado.

1.2.1.6 Entradas Analógicas.

El PLC fue originalmente diseñado para el control de estados lógicos (si-no), y es un equipo de tecnología digital. Por lo tanto la única manera que tiene de trabajar con valores analógicos es que éstos se representen internamente por medio de números en formato binario. La principal tarea de una tarjeta de entrada analógica es precisamente la de convertir un valor analógico en un número en formato binario, por medio de un conversor A/D.

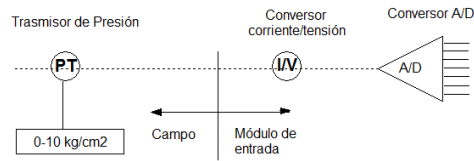


Figura 1.13: Esquema de un convertor Análogo/Digital (A/D)

Generalmente, el convertor A/D se especifica indicando su resolución en bits, expresando así el menor cambio de tensión que tiene capacidad de distinguir. La exactitud de la tarjeta debe ser especificada por separado, normalmente como porcentaje del alcance. La exactitud de una tarjeta es baja en relación a la resolución del convertor A/D utilizado, debido a los demás componentes que la integran, y a inexactitudes del propio convertor. Por ejemplo, una tarjeta puede utilizar un convertor A/D de 16 bits, pero ser exacto tan sólo hasta los 12 bits.

El componente más caro de una entrada analógica es el convertor A/D, y éste resulta más caro cuanto mayor resolución tiene. Por ello, los PLC's más pequeños utilizan convertidores de 8 bits (más económicos), mientras los medianos y más grandes utilizan convertidores de 10 hasta 16 bits.

Una forma de disminuir costos consiste en utilizar un solo convertor A/D que convierte todas las señales de entrada del módulo, una por vez, y las almacena en una memoria temporaria (buffer) alojada en el mismo módulo, desde donde la CPU lee los valores. Para ello se requiere un circuito que seleccione un canal por vez, enviando su señal al convertor A/D. Este circuito se denomina multiplexor.

En resumen, en la estructura de una entrada analógica podemos distinguir las siguientes partes básicas:

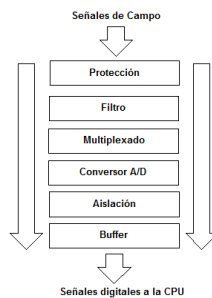


Figura 1.14: Diagrama de bloques de una entrada analógica.

- Protección: Impide daños al módulo y al resto del PLC por conexión con polaridad invertida o fuera del rango permitido.
- Filtro analógico: Elimina posibles ruidos que ingresen por la instalación. Básicamente consiste en un filtro pasa-bajos, que permite que las señales de baja frecuencia lleguen al conversor A/D, evitando el paso de las señales de alta frecuencia. Este filtro es necesario, ya que caso contrario podrían aparecer señales de alta frecuencia enmascaradas como señales de baja frecuencia
- Multiplexado: Esta etapa consiste en un selector que envía un canal de entrada por vez al conversor A/D.
- Conversor A/D: Es el encargado de transformar la señal analógica a un número binario interpretable por la CPU.
- Aislación: En algunos equipos se dispone de optoaisladores luego del conversor A/D, para separar la CPU del campo.
- Buffer: Memoria donde se almacenan los valores que provienen del conversor, mientras éste opera sobre los demás canales. Aquí es donde la CPU lee los valores numéricos convertidos.

1.2.1.7 Entradas y Salidas Especiales.

Dentro del sistema de E/S de un PLC se pueden instalar módulos dedicados a tareas especiales que no pueden ser resueltas eficientemente por la CPU. Así es que se puede encontrar algunos módulos denominados especiales, como los siguientes:

- Entradas de termocupla: Incluye un microprocesador para linealización de la señal de entrada, y una junta fría para compensación.
- Entradas de RTD: Incluye un microprocesador para linealización de la entrada.
- Entrada de pulsos de alta velocidad: El tiempo que le insume a la CPU resolver el programa del usuario hace que ésta no pueda leer pulsos de alta velocidad. Estos módulos poseen un procesador dedicado a esta función y pueden dar señales al campo y a la CPU al alcanzar valores prefijados. Las

frecuencias que pueden leer van hasta más de 100 kHz y sirven para conectar encoders, caudalímetros a turbina, etc. En muchos casos, la entrada puede discriminar el sentido de giro efectuar conteos ascendentes y descendentes. Generalmente, este módulo cuenta con algunas entradas de pulsos, entradas discretas para la habilitación y vuelta a cero del contador (reset), y salidas discretas comandadas por este módulo, accionadas cuando el total alcanza un valor prefijado.

- **Sección Lógica de Control:** Con el objeto de descargar a la CPU de tareas que le insumen un tiempo que no es aceptable, o para las que ésta no está preparada, se dispone de módulos inteligentes. Algunos de estos módulos cuentan con sus propias E/S, mientras que otros aprovechan la estructura de E/S que ofrece el PLC. Una característica de estos módulos es que su funcionamiento es independiente de la CPU, por lo que, en caso de falla de ésta, los módulos siguen operando.

1.2.1.8 Módulos Inteligentes.

Los módulos inteligentes poseen un procesador propio que funciona en forma asincrónica con el de la CPU. Ambos procesadores intercambian datos a través de la capacidad del módulo inteligente de leer y escribir ciertas posiciones de la memoria de la CPU principal. En algunos casos, la cantidad de datos que un módulo inteligente puede intercambiar con la CPU principal está limitada por el diseño del módulo.

Algunos de estos módulos inteligentes son:

- **Módulo BASIC:** Programable en lenguaje BASIC, posee uno o varios ports de comunicación RS232 ó RS422. Se utilizar para resolver ecuaciones complejas, para estadística, para adquisición de datos, como ingreso de datos desde lectores de código de barras, para ingreso de datos manuales, para almacenamiento de recetas, impresión de reportes, etc. También se utilizan para la implementación de protocolos de comunicaciones que permiten la comunicación del PLC con otros equipos digitales. Es útil en aquellos casos

en que el PLC no disponga en forma estándar del software de comunicaciones requerido, resultando una implementación razonablemente económica. En general, el módulo no cuenta con canales de E/S propios, excepto los ports de comunicaciones. Por otra parte, en algunos casos incluye un modem o módem-fax para comunicarse con otros equipos digitales remotos.

- **Módulo PID:** Este módulo resuelve uno o varios lazos PID en forma separada de la CPU principal. La configuración de los lazos se efectúa desde la CPU principal, o directamente a través de un port RS232 ó RS422 que el módulo posee. A este port se conecta una PC con el software adecuado, permitiendo la configuración con independencia de la CPU principal. Este módulo descarga a la CPU principal del cálculo del algoritmo PID, que insume un tiempo importante, haciendo más lento el tiempo de barrido de la CPU. Adicionalmente, la distribución de varios lazos PID en varios módulos disminuye la posibilidad de falla de varios lazos. Algunos módulos cuentan con canales de E/S analógicos y discretos propios, haciéndolo totalmente independiente del resto del PLC. Otros módulos PID utilizan la estructura de E/S del PLC.
- **Módulo ASCII:** Almacena mensajes que pueden emitirse a través de sus ports de comunicaciones por orden del programa de la CPU principal. Ante determinados eventos como alarmas o simplemente a requerimiento del usuario, el programa de la CPU principal le ordena a este módulo emitir uno de los mensajes pre-almacenados en su memoria. Estos mensajes pueden contener texto fijo, datos variables tomados de la memoria de la CPU, hora y fecha, etc., y pueden emitirse en displays alfanuméricos, impresoras, terminales, etc.
- **Módulo de posicionamiento:** Es una combinación de un módulo contador de alta velocidad con salida para motores. Se utilizan para resolver lazos de posicionamiento en aplicaciones de control numérico o robótica.
- **Módulo Computador Integrado:** Son verdaderas computadoras, con teclado, pantalla, impresoras, conexión en red y almacenamiento masivo (ya sea en los

clásicos discos rígidos, o en discos RAM que emulan un disco rígido utilizando memoria RAM).

1.2.2 Tipos de PLC's.

Debido a la gran variedad de tipos distintos de PLC, tanto en sus funciones, en su capacidad, en su aspecto físico y otros, es que es posible clasificar los distintos tipos en varias categorías.

1.2.2.1 Usos⁴

Como su mismo nombre lo indica, se ha diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real. Por lo general, es posible encontrar este tipo de equipos en ambientes industriales.

Los PLC sirven para realizar automatismos, se puede ingresar un programa en su disco de almacenamiento, y con un microprocesador integrado, corre el programa, se tiene que saber que hay infinidad de tipos de PLC, los cuales tienen diferentes propiedades, que ayudan a facilitar ciertas tareas para las cuales se los diseñan.

Los PLC son llamados también por algunos autores Automatas Programables Industriales.

Para que un PLC logre cumplir con su función de controlar, es necesario programarlo con cierta información acerca de los procesos que se quiere secuenciar. Esta información es recibida por captadores, que gracias al programa lógico interno, logran implementarla a través de los accionadores de la instalación. Es decir, a través de los dispositivos de entradas, formados por los sensores (transductores de entradas) se logran captar los estímulos del exterior que son procesados por la lógica digital programada para tal secuencia de proceso que a su vez envía respuestas a través de los dispositivos de salidas (transductores de salidas, llamados actuadores).

⁴ http://es.wikipedia.org/wiki/Controlador_%C3%B3gico_programable

1.2.2.2 Tipos de lenguajes de programación de PLC'S

En la actualidad cada fabricante diseña su propio software de programación, lo que significa que existe una gran variedad comparable con la cantidad de PLC's que hay en el mercado. No obstante, actualmente existen tres tipos de lenguajes de programación de PLC's como los más difundidos a nivel mundial; estos son:

- Lenguaje de contactos o Ladder
- Lenguaje Booleano (Lista de instrucciones)
- Diagrama de funciones

1.2.2.3 Componentes del PLC

El autómata programable consta de los siguientes componentes:

- Unidad central de procesamiento (CPU), que constituye el "cerebro" del sistema y toma decisiones en base a la aplicación programada.
- Módulos para señales digitales y analógicas (I/O)
- Procesadores de comunicación (CP) para facilitar la comunicación entre el hombre y la máquina o entre máquinas. Se tiene procesadores de comunicación para conexión a redes y para conexión punto a punto.
- Módulos de función (FM) para operaciones de cálculo rápido.

Existen otros componentes que se adaptan a los requerimientos de los usuarios:

- Módulos de suministro de energía
- Módulos de interfaces para conexión de racks múltiples en configuración multi-hilera

En los módulos de entrada pueden ser conectados:

- Sensores inductivos, capacitivos, ópticos
- Interruptores
- Pulsadores
- Llaves
- Finales de carrera

- Detectores de proximidad

En los módulos de salida pueden ser conectados:

- Contactores
- Electroválvulas
- Variadores de velocidad
- Alarmas

1.2.2.4 Modos de Operación del PLC ⁵

Los cuatro son los modos de operación genéricos de los PLC: RUN, STOP, ERROR y POWER – ON

- RUN: El PLC ejecuta el programa de usuario como modo normal de operación, se cumple el ciclo de funcionamiento explicado con anterioridad.
- STOP: El PLC ignora el programa de usuario y efectúa sus programas internos. En éste modo el usuario puede monitorear y / o programar el PLC desde un PC
- ERROR: El PLC detiene la ejecución del programa de usuario, pues sus programas internos encuentran un error de programación o de hardware.

Como en el caso del modo STOP, se inactiva todas las salidas y no se permite llevar a cabo el modo RUN hasta tanto no se resuelva el problema que causo el error

- POWER-ON: Este modo ocurre a partir del momento en que se energiza el PLC; este utiliza el modo POWER-ON para auto configurarse y hacer comprobaciones de estado del sistema. Una vez realizadas las rutinas de inicio asumen según las condiciones del sistema, uno de los otros tres nodos.

⁵ <http://www.automatica.mex.tl/imagesnew/5/0/1/4/2/PLC%20GUIA%202.pdf>

1.3 Variadores de velocidad.⁶

El variador de velocidad (VSD, por sus siglas en inglés Variable Speed Drive) es un dispositivo o conjunto de dispositivos mecánicos, hidráulicos, eléctricos o electrónicos empleados para controlar la velocidad giratoria de maquinaria, especialmente de motores. También es conocido como Accionamiento de Velocidad Variable (ASD, también por sus siglas en inglés Adjustable Speed Drive).



Figura 1.15: Variador de velocidad electrónico.

Para lograr regular la velocidad de los motores, se emplea un controlador especial que recibe el nombre de variador de velocidad. Los variadores de velocidad se emplean en una amplia gama de aplicaciones industriales, como en ventiladores y equipo de aire acondicionado, equipo de bombeo, bandas y transportadores industriales, elevadores, llenadoras, tornos y fresadoras, etc.

El control de procesos y el ahorro de la energía son las dos de las principales razones para el empleo de variadores de velocidad. Históricamente, los variadores de velocidad fueron desarrollados originalmente para el control de procesos, pero el ahorro energético ha surgido como un objetivo tan importante como el primero.

1.3.1 Ventajas:

Entre las diversas ventajas en el control del proceso proporcionadas por el empleo de variadores de velocidad destacan:

- Operaciones más suaves.

⁶http://es.wikipedia.org/wiki/Variador_de_velocidad

- Control de la aceleración.
- Distintas velocidades de operación para cada fase del proceso.
- Compensación de variables en procesos variables.
- Permitir operaciones lentas para fines de ajuste o prueba.
- Ajuste de la tasa de producción.
- Permitir el posicionamiento de alta precisión.
- Control del Par motor (torque).

Un equipo accionado mediante un variador de velocidad emplea generalmente menor energía que si dicho equipo fuera activado a una velocidad fija constante.

1.3.1.1 Tipos de variadores de velocidad.

Puede decirse que existen tres tipos básicos de variadores de velocidad: mecánicos, hidráulicos y eléctrico-electrónicos. Dentro de cada tipo pueden encontrarse más subtipos.

1.3.1.2 Variadores mecánicos.

Variadores de paso ajustable: Estos dispositivos emplean poleas y bandas en las cuales el diámetro de una o más poleas puede ser modificado.

Variadores de tracción: Transmiten potencia a través de rodillos metálicos. La relación de velocidades de entrada/salida se ajusta moviendo los rodillos para cambiar las áreas de contacto entre ellos y así la relación de transmisión.

1.3.1.3 Variadores hidráulicos.

- Variador hidrostático: Consta de una bomba hidráulica y un motor hidráulico (ambos de desplazamiento positivo). Una revolución de la bomba o el motor corresponde a una cantidad bien definida de volumen del fluido manejado. De esta forma la velocidad puede ser controlada mediante la regulación de una válvula de control, o bien, cambiando el desplazamiento de la bomba o el motor.

- Variador hidrodinámico: Emplea aceite hidráulico para transmitir par mecánico entre un impulsor de entrada (sobre un eje de velocidad constante) y un rotor de salida (sobre un eje de velocidad ajustable). También llamado acoplador hidráulico de llenado variable.
- Variador hidrovicoso: Consta de uno o más discos conectados con un eje de entrada, los cuales estará en contacto físico (pero no conectados mecánicamente) con uno o más discos conectados al eje de salida. El par mecánico (torque) se transmite desde el eje de entrada al de salida a través de la película de aceite entre los discos. De esta forma, el par transmitido es proporcional a la presión ejercida por el cilindro hidráulico que presiona los discos.
- Variadores eléctrico-electrónicos

Existen cuatro categorías de variadores de velocidad eléctrico-electrónicos:

- Variadores para motores de CC
- Variadores de velocidad por corrientes de Eddy
- Variadores de deslizamiento
- Variadores para motores de CA conocidos como variadores de frecuencia.

1.3.1.4 Variadores para motores de CC.

Estos variadores permiten controlar la velocidad de motores de CC serie, derivación, compuesto y de imanes permanentes. Para el caso de cualquiera de las máquinas anteriores se cumple la siguiente expresión:

$$V_t = K \cdot F \cdot M \cdot N_m \tag{Ec 1.1}$$

Dónde:

V_t = Voltaje terminal (V).

K = Constante de la máquina.

FM = Flujo magnético producido por el campo (Wb).

Nm = Velocidad mecánica (rpm).

Despejando la velocidad mecánica, se obtiene:

$$N_m = \frac{V_t}{K \cdot F_m}$$

(Ec 1.2)

Entonces, de (Ec 1.1) puede observarse que la velocidad mecánica de un motor de CC es directamente proporcional al voltaje terminal (V_t) e inversamente proporcional al flujo magnético (FM), el cual a su vez depende de la corriente de campo (IF). Aprovechando esta situación es que este tipo de variadores puede controlar la velocidad de un motor de CC: controlando su voltaje terminal, o bien, manipulando el valor de la corriente de campo.

1.3.1.5 Variadores por corrientes de Eddy.

Consta de un motor de velocidad fija y un embrague de corrientes de Eddy. El embrague contiene un rotor de velocidad fija (acoplado al motor) y un rotor de velocidad variable, separados por un pequeño entrehierro. Se cuenta, además, con una bobina de campo, cuya corriente puede ser regulada, la cual produce un campo magnético que determinará el par mecánico transmitido del rotor de entrada al rotor de salida. De esta forma, a mayor intensidad de campo magnético, mayor par y velocidad transmitidos, y a menor campo magnético menores serán el par y la velocidad en el rotor de salida. El control de la velocidad de salida de este tipo de variadores generalmente se realiza por medio de lazo cerrado, utilizando como elemento de retroalimentación un tacómetro de CA.

1.3.1.6 Variadores de deslizamiento.

Este tipo de variadores se aplica únicamente para los motores de inducción de rotor devanado. En cualquier motor de inducción, la velocidad mecánica (n_M) puede determinarse mediante la siguiente expresión:

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

(Ec 1.3)

Donde s es el deslizamiento del motor, cuyo valor oscila entre 0 y 1. De esta forma, a mayor deslizamiento, menor velocidad mecánica del motor. El deslizamiento puede incrementarse al aumentar la resistencia del devanado del rotor, o bien, al reducir el voltaje en el devanado del rotor. De esta forma es que puede conseguirse el control de la velocidad en los motores de inducción de rotor devanado. Sin embargo, este tipo de variadores es de menor eficiencia que otros, razón por la cual en la actualidad tiene muy poca aplicación.

1.3.1.7 Variadores para motores de CA.

Los variadores de frecuencia (siglas AFD, del inglés Adjustable Frequency Drive; o bien VFD Variable Frequency Drive) permiten controlar la velocidad tanto de motores de inducción (asíncronos de jaula de ardilla o de rotor devanado), como de los motores síncronos mediante el ajuste de la frecuencia de alimentación al motor.

Para el caso de un motor síncrono, la velocidad se determina mediante la siguiente expresión:

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{P}$$

(Ec 1.4)

- Cuando se trata de motores de inducción, se tiene:

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

(Ec 1.5)

Dónde:

N_s = velocidad síncrona (rpm)

N_m = velocidad mecánica (rpm)

f = frecuencia de alimentación (Hz)

s = deslizamiento (adimensional)

P = número de polos.

Como puede verse en las ecuaciones (Ec. 1.4) y (Ec 1.5), la frecuencia y la velocidad son directamente proporcionales, de tal manera que al aumentar la frecuencia de alimentación al motor, se incrementará la velocidad, y al reducir el valor de la frecuencia disminuirá la velocidad del eje. Por ello es que este tipo de variadores manipula la frecuencia de alimentación al motor a fin de obtener el control de la velocidad de la máquina

Estos variadores mantienen la razón Voltaje/Frecuencia (V/Hz) constante entre los valores mínimo y máximos de la frecuencia de operación, con la finalidad de evitar la saturación magnética del núcleo del motor y además porque el hecho de operar el motor a un voltaje constante por encima de una frecuencia dada (reduciendo la relación V/Hz) disminuye el par del motor y la capacidad del mismo para proporcionar potencia constante de salida.

1.3.2 Funciones de los variadores de velocidad electrónicos.⁷

1.3.2.1 Aceleración controlada.

La aceleración del motor se controla mediante una rampa de aceleración lineal o en (S). Esta rampa es controlable y permite por tanto elegir el tiempo de aceleración adecuado para la aplicación.

1.3.2.2 Variación de velocidad.

Un variador de velocidad no puede ser al mismo tiempo un regulador. En este caso, es un sistema, rudimentario, que posee un mando controlado mediante las

⁷<http://html.rincondelvago.com/variadores-de-velocidad.html>

magnitudes eléctricas del motor con amplificación de potencia, pero sin bucle de realimentación: es lo que se llama (en bucle abierto).

1.3.2.3 Regulación de la velocidad.

Posee un sistema de mando con amplificación de potencia y un bucle de alimentación: se denomina, (bucle abierto).

La velocidad del motor se define mediante una consigna o referencia. El valor de la consigna se compara permanentemente con la señal de alimentación, imagen de la velocidad del motor. Esta señal la suministra un generador tacométrico o un generador de impulsos colocado en un extremo del eje del motor.

Si se detecta una desviación como consecuencia de una variación de velocidad, las magnitudes aplicadas al motor (tensión y/o frecuencia) se corrigen automáticamente para volver a llevar la velocidad a su valor inicial.

Gracias a la regulación, la velocidad es prácticamente insensible a las perturbaciones. La precisión de un regulador se expresa generalmente en % del valor nominal de la magnitud a regular, como se aprecia en la Figura. 1.16.

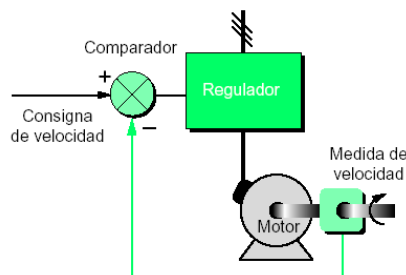


Figura 1.16: Principio de funcionamiento de la regulación de velocidad.

1.3.2.4 Deceleración controlada.

Los variadores electrónicos permiten controlar la deceleración mediante una rampa lineal o en (S), generalmente independiente de la rampa de aceleración. Esta rampa puede ajustarse de manera que se consiga un tiempo para pasar de la velocidad de régimen fijada a una velocidad intermedia o nula:

- Si la deceleración deseada es más rápida que la natural, el motor debe de desarrollar un par resistente que se debe de sumar al par resistente de la máquina; se habla entonces de frenado eléctrico, que puede efectuarse reenviando energía a la red de alimentación, o disipándola en una resistencia de frenado.
- Si la deceleración deseada es más lenta que la natural, el motor debe desarrollar un par motor superior al par resistente de la máquina y continuar arrastrando la carga hasta su parada.

1.3.2.5 Inversión del sentido de marcha.

La inversión de la secuencia de fases de alimentación del motor se realiza automáticamente o por inversión de la consigna de entrada, o por una orden lógica en un borne, o por la información transmitida a mediante una red.

1.3.2.6 Frenado.

Consiste en parar un motor pero sin controlar la rampa de desaceleración. Con los variadores de velocidad para motores asíncronos, esta función se realiza de forma económica inyectando una corriente continua en el motor, haciendo funcionar de forma especial la etapa de potencia. Toda la energía mecánica se disipa en el rotor de la máquina y, por tanto, este frenado sólo puede ser intermitente. En el caso de un variador para motor de corriente continua, esta función se realiza conectando una resistencia en bornes del inducido.

1.3.2.7 Protección integrada.

Los variadores modernos aseguran tanto la protección térmica de los motores como su propia protección. A partir de la medida de la corriente y de una información sobre la velocidad, un microprocesador calcula la elevación de temperatura de un motor y suministra una señal de alarma o de desconexión en caso de calentamiento excesivo.

1.3.2.8 Composición de los variadores de velocidad electrónicos.

Los variadores de velocidad electrónicos se componen de dos módulos generalmente montados en una misma envolvente (Figura 1.17):

- Un módulo de control que controla el funcionamiento del aparato
- Un módulo de potencia que alimenta el motor con energía eléctrica.

1.3.2.9 El módulo de control.

En los variadores modernos, todas las funciones se controlan mediante un microprocesador que gestiona la configuración, las órdenes transmitidas por un operador o por una unidad de proceso y los datos proporcionados por las medidas como la velocidad, la corriente, etc.

Las capacidades de cálculo de los microprocesadores, así como de los circuitos dedicados (ASIC) han permitido diseñar algoritmos de mando con excelentes prestaciones y en particular, el reconocimiento de los parámetros de la máquina arrastrada. A partir de estas informaciones, el microprocesador gestiona las rampas de aceleración y deceleración, el control de la velocidad y la limitación de corriente, generando las señales de control de los componentes de potencia. Las protecciones y la seguridad son procesadas por circuitos especializados (ASIC) o están integradas en los módulos de potencia (IPM).

1.3.2.10 El módulo de potencia.

El módulo de potencia está principalmente constituido por:

- Componentes de potencia (diodos, tiristores, IGBT...).
- Interfaces de medida de las tensiones y/o corrientes.
- Frecuentemente de un sistema de ventilación.

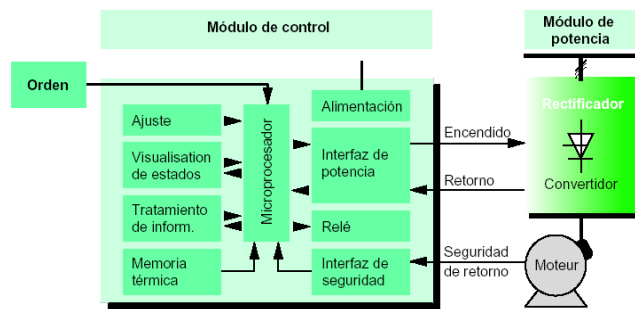


Figura 1.17: Estructura general de un variador de velocidad electrónico.

1.4 Paneles Operadores.

Para comprender la función de un controlador inalámbrico, es necesario conocer la historia de la evolución de las redes inalámbricas. Desde principios de los 90's, las pequeñas y medianas empresas han adoptado totalmente el acceso inalámbrico para sus redes por varios motivos. Ofrecida inicialmente como una comodidad para brindar acceso a la red, hoy el control inalámbrica se ha transformado en una parte integral del negocio, no sólo impulsando la productividad del empleado sino también brindando otra alternativa viable de acceso a la de red, además del acceso cableado (Ethernet). Dado que el número de clientes que utilizan la infraestructura inalámbrica continúa incrementándose, incluyendo dispositivos como teléfonos Skype/Wi-Fi y PDA, también aumentan los requerimientos de cobertura inalámbrica constante, tiempo de actividad de la red inalámbrica, gestión centralizada y monitorización. Las redes inalámbricas pasaron de ofrecerse como una comodidad a principios de los 90's a ser una necesidad para cualquier empresa en la actualidad.

Hoy gran parte de las implementaciones tradicionales de WLAN consisten en puntos de acceso que funcionan como nodos separados e independientes que se configuran de manera autónoma. Estos puntos de acceso en la red, también llamados puntos de acceso "robustos", se gestionan, operan y configuran de manera independiente. Durante el período en el cual las organizaciones crecen, contratan nuevos empleados o se mudan a diferentes edificios o pisos, la capacidad de gestionar toda la infraestructura inalámbrica plantea nuevos

requerimientos y desafíos. La siguiente tabla resalta algunos de esos desafíos y la forma en la que se manejan hoy en día los puntos de acceso (robustos) autónomos.

Los paneles operadores se utilizan desde hace años para numerosas aplicaciones en diferentes sectores, dando hasta el momento buenos resultados (ver Tabla 1.1). Su capacidad de innovación sigue intacta. El ejemplo más reciente de esto son los paneles operadores HMI para tareas de visualización complejas. Estos nuevos paneles destacan por su diseño innovador y su alto rendimiento. Además el software de programación de los paneles forma parte del nuevo marco común de ingeniería que permite obtener una eficacia en los procesos.

Tabla 1.1: Aplicaciones y características de controladores inalámbricos.

Requerimiento	Descripción	Solución tradicional
Gestión y Monitoreo	Gestionar, monitorear e implementar la red inalámbrica de manera rentable	Se implementan scripts para configurar la gestión de WLAN y configurar individualmente cada punto de acceso y realizar el monitoreo a través de la estación de gestión centralizada.
Costes de actualización	Tiempo para implementar puntos de acceso adicionales e impulsar nuevas imágenes a los puntos de acceso actuales.	Se despliega una estación de gestión de red centralizada o se utilizan scripts. Dado que requiere un software externo tiene un costo extra.
Acceso a invitados	Capacidad de brindar a los clientes y proveedores acceso controlado a la red manteniéndola segura	Se implementa una VLAN especial (Invitado) en cada punto de acceso y se conectan a través de toda la red. No es fácil de usar y su gestión es incómoda.
Planificación RF	Entender el proceso de despliegue de una red inalámbrica e incluir herramientas que lo asesoren sobre cómo implementarla en base a la estructura del piso o el edificio.	Se utiliza una herramienta de planificación externa que tiene un coste extra.

Voz sobre WLAN	Servicios de voz rentables, en tiempo real que utilizan la infraestructura inalámbrica actual.	Hoy en día se encuentra disponible la implementación parcial con soporte limitado para roaming rápido y soporte de protocolo de voz.
Balanceo de carga	Equilibrio automático de la carga de los clientes entre puntos de acceso.	Los puntos de acceso individuales reconocen la carga, pero ésta no se distribuye automáticamente a través de los puntos de acceso.
Cobertura Inalámbrica	Constante Adaptación dinámica e inmediata del medio inalámbrico	Generalmente no está disponible en puntos de acceso robustos.

1.4.1 Controladores Modulares

Los controladores modulares están basados en diferentes arquitecturas de hardware y de software. Además, puede elegir con total libertad entre distintos diseños y CPU de distintas clases de potencia. Sus programas de usuario puede usarlos en equipos de diferente tipo (pero compatibles entre sí) sin tener que perder tiempo y dinero en adaptarlos.

Los controladores modulares tienen un diseño optimizado para las tareas de control y están concebidos especialmente para su robustez y disponibilidad a largo plazo. Pueden ampliarse en cualquier momento de forma flexible por medio de módulos enchufables de E/S, de función y de comunicación. Los controladores modulares pueden utilizarse también como sistemas de alta disponibilidad o de seguridad.

1.4.2 Propiedades de los controladores inalámbricos

- Máxima eficiencia en ingeniería, durante todas las fases del ciclo de vida de los controladores le garantiza un entorno de ingeniería homogéneo.
- Máxima transparencia de los datos a todos los niveles de automatización, basada en estándares probados además se apoya en estándares

internacionales no propietarios que se pueden combinar con toda flexibilidad.

- Minimización de los tiempos de parada con métodos de diagnóstico sumamente eficientes.
- Protección de personas y máquinas en el marco de un sistema global homogéneo e integrado.
- Seguridad de datos en un mundo conectado en red gracias a sistemas de seguridad escalables y plenamente compatibles.
- Máxima aptitud para entornos industriales gracias a gran robustez.
- Más posibilidades, menor complejidad gracias a la funcionalidad tecnológica integrada.
- Máxima disponibilidad con conceptos de redundancia homogéneos.

1.5 Comunicaciones industriales.

1.5.1 Comunicación Inalámbrica⁸

La comunicación inalámbrica o sin cables es aquella en la que extremos de la comunicación (emisor/receptor) no se encuentran unidos por un medio de propagación físico, sino que se utiliza la modulación de ondas electromagnéticas a través del espacio. En este sentido, los dispositivos físicos sólo están presentes en los emisores y receptores de la señal, entre los cuales se encuentran: antenas, computadoras portátiles, PDA, teléfonos móviles, etc.

La comunicación inalámbrica, que se realiza a través de ondas de radiofrecuencia, facilita la operación en lugares donde la computadora no se encuentra en una ubicación fija; pero se trata de una tecnología sometida a investigación que en el futuro será utilizada de forma general.

Actualmente, las transmisiones inalámbricas constituyen una eficaz herramienta que permite la transferencia de voz, datos y vídeo sin la necesidad de cableado.

⁸ http://es.wikipedia.org/wiki/Comunicaci%C3%B3n_inal%C3%A1mbrica

Esta transferencia de información es lograda a través de la emisión de ondas de radio teniendo dos ventajas: movilidad y flexibilidad del sistema en general.

1.5.2 Redes Inalámbricas

El término red inalámbrica (Wireless network en inglés) es un término que se utiliza en informática para designar la conexión de nodos sin necesidad de una conexión física (cables), ésta se da por medio de ondas electromagnéticas. La transmisión y la recepción se realizan a través de puertos. Una de sus principales ventajas es notable en los costos, ya que se elimina todo el cable ethernet y conexiones físicas entre nodos, pero también tiene una desventaja considerable ya que para este tipo de red se debe de tener una seguridad mucho más exigente y robusta para evitar a los intrusos. En la actualidad las redes inalámbricas son una de las tecnologías más prometedoras.

La consolidación, la innovación y la competencia han cambiado la industria inalámbrica. Al operar en un mercado saturado y competitivo, los operadores están bajo la presión de lanzar al mercado servicios móviles nuevos y atractivos con rapidez, y al mismo tiempo prestar los servicios existentes de manera confiable a fin de conservar y ampliar su base de clientes leales.

Diseñadas para dar soporte a servicios de datos conmutados de paquete, las redes 3G introducen retos técnicos adicionales en las áreas de cobertura y planificación de redes, y calidad, confiabilidad y disponibilidad de los servicios. Además, las redes 3G están evolucionando, y con actualizaciones tecnológicas frecuentes, los operadores están tratando de llenar las expectativas de los clientes manteniendo a la vez la eficiencia y la efectividad en función del costo.

Los proveedores de servicios inalámbricos necesitan una solución escalable, flexible y concentrada en los clientes para una prestación efectiva de los servicios, valoración de la calidad y optimización de la red.

1.5.2.1 Categorías

Existen dos categorías de las redes inalámbricas.

- Larga distancia: estas son utilizadas para distancias grandes como puede ser otra ciudad u otro país.
- Corta distancia: son utilizadas para un mismo edificio o en varios edificios cercanos no muy retirados

1.5.2.2 Tipos⁹

- **Wireless Personal Area Network(WPAN)**

En este tipo de red de cobertura personal, existen tecnologías basadas en Home RF, estándar para conectar todos los teléfonos móviles de la casa y los ordenadores mediante un aparato central; Bluetooth, protocolo que sigue la especificación IEEE 802.15.1; ZigBee, basado en la especificación IEEE 802.15.4 y utilizado en aplicaciones como la domótica, que requieren comunicaciones seguras con tasas bajas de transmisión de datos y maximización de la vida útil de sus baterías, bajo consumo; RFID, sistema remoto de almacenamiento y recuperación de datos con el propósito de transmitir la identidad de un objeto, similar a un número de serie único mediante ondas de radio.

- **Wireless Local Area Network (WLAN)**

En las redes de área local se puede encontrar tecnologías inalámbricas basadas en HIPERLAN del inglés, High Performance Radio LAN, un estándar del grupo ETSI, o tecnologías basadas en Wi-Fi, que siguen el estándar IEEE 802.11 con diferentes variantes.

- **Wireless Metropolitan Area Network (Red de área metropolitana)**

Para redes de área metropolitana se encuentran tecnologías basadas en WiMAX, Worldwide Interoperability for Microwave Access, es decir, Interoperabilidad Mundial para Acceso con Microondas, un estándar de comunicación inalámbrica basado en la norma IEEE 802.16. WiMAX es un protocolo parecido a Wi-Fi, pero

⁹ http://es.wikipedia.org/wiki/Comunicaci%C3%B3n_inal%C3%A1mbrica

con más cobertura y ancho de banda. También podemos encontrar otros sistemas de comunicación como LMDS Local Multipoint Distribution Service.

- **Wireless Wide Area Network (WAN)**

Una WWAN difiere de una WLAN (wireless local area network) en que usa tecnologías de red celular de comunicaciones móviles como WiMAX aunque se aplica mejor a Redes WMAN), UMTS (Universal Mobile Telecommunications System, GPRS, EDGE, CDMA2000, GSM, CDPD, Mobitex, HSPA y 3G para transferir los datos. También incluye LMDS y Wi-Fi autónoma para conectar a internet.

1.5.2.3 Ventajas de WLANS¹⁰

- **Movilidad:** las redes inalámbricas proporcionan a los usuarios de una LAN acceso a la información en tiempo real en cualquier lugar dentro de la organización o el entorno público (zona limitada) en el que están desplegadas.
- **Simplicidad y rapidez en la instalación:** la instalación de una WLAN es rápida y fácil y elimina la necesidad de poner cables a través de paredes y techos. **Flexibilidad en la instalación:**
- La tecnología inalámbrica permite a la red llegar a puntos de difícil acceso para una LAN cableada.
- **Costo de propiedad reducido:** mientras que la inversión inicial requerida para una red inalámbrica puede ser más alta que el costo en hardware de una LAN, la inversión de toda la instalación y el costo durante el ciclo de vida puede ser significativamente inferior. Los beneficios a largo plazo son superiores en ambientes dinámicos que requieren acciones y movimientos frecuentes.
- **Escalabilidad:** los sistemas de WLAN pueden ser configurados en una variedad de topologías para satisfacer las necesidades de las

¹⁰ <http://www.maestrosdelweb.com/editorial/redeswlan/>

instalaciones y aplicaciones específicas. Las configuraciones son muy fáciles de cambiar y además resulta muy fácil la incorporación de nuevos usuarios a la red.

1.6 Instrumentación industrial.

Un sistema de medición es aquel conjunto de elementos que forma un instrumento, capaz de convertir una variable física en una señal o indicación a ser interpretada por el hombre con mayor facilidad. Se puede decir que un sistema instrumentado es una extensión de la habilidad del ser humano para medir y controlar su entorno (Ver Figura 1.18).

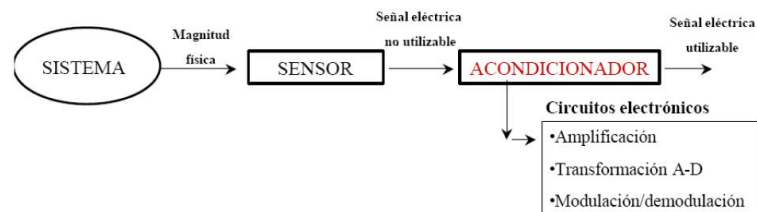


Figura 1.18: Sistema de instrumentación industrial

1.6.1 Características y especificaciones de sensores¹¹

Un sensor es un dispositivo que, a partir de la energía del medio en el que se mide, proporciona una señal de salida transducible que es función de la magnitud que se pretende medir.

1.6.1.1 Características estáticas

- Exactitud
- Rango de medida
- Precisión
- Alcance
- Error
- Linealidad

¹¹ http://www.fing.edu.uy/iimpi/academica/grado/instindustrial/teorico/080306-Instrumentos_caracteristicas_y_diagramas.pdf

- Repetibilidad
- Reproductibilidad
- Sensibilidad
- Resolución
- Rango de trabajo
- Fiabilidad
- Ruido
- Histéresis

1.6.1.2 Características Dinámicas

- Tiempo de Respuesta
- Tiempo de Retardo
- Tiempo de subida
- Tiempo de Establecimiento
- Constante de tiempo
- Respuesta frecuencial
- Linealidad

1.6.1.3 Factores de elección de un instrumento.

Los factores fundamentales a tener en cuenta en la elección de un instrumento son los siguientes (tabla 1.2):

Tabla 1.2: Factores a tener en cuenta a la hora de elegir un instrumento

Magnitud a Medir	Características Ambiente
Margen de medida	Margen de temperatura
Resolución	Humedad
Exactitud deseada	Vibraciones
Estabilidad	Agentes químicos
Ancho de banda	Atmósfera explosiva
Tiempo de respuesta	Entorno electromagnético
Limites absolutos de la magnitud a medir	
<i>Magnitudes interferentes</i>	

1.7 Interface humano máquina.

1.7.1 Interfaz de Usuario¹²

Conjunto de elementos hardware y software de un ordenador que presentan información al usuario y le permiten interactuar con la información y con el ordenador o visualizador de información.

Interactuar con la información es la forma más fácil de visualizar, al poder especificar formalmente, los datos establecidos en la programación.

El programador debe conocer:

- Plataforma de desarrollo
- Sistema operativo
- Herramientas de desarrollo
- Especificaciones

Las interfaces de usuario definen las técnicas de interacción del usuario, a través de diversos dispositivos de visualización, control, monitoreo, etc.

Las Interfaces de usuario, como vínculo de inmersión del hombre en el entorno de trabajo tecnológico actual, realzan su importancia en el desarrollo de nuevos productos, más eficaces, eficientes e interactivos, que es lo que el mercado demanda.

1.7.2 Ventajas

- Potente, flexible y controlado por el usuario.
- Proporciona al usuario las funciones necesarias para la realización de tareas
- Se centra en la tarea principal determinada por la aplicación

1.7.3 Fases de Diseño

- Reunir y analizar la información del usuario
- Diseñar la interfaz de usuario
- Construir la interfaz de usuario Menús de objetos y ventanas
- Validar la interfaz de usuario
- Pruebas de usabilidad

¹² <http://trevinca.ei.uvigo.es/~jrodeiro/Teaching/diu/DIU-Tema1.pdf>

1.7.3.1 Presentación de información:

No se deben colocar demasiados objetos en la pantalla, y los que existen deben estar bien distribuidos. Cada elemento visual influye en el usuario no sólo por sí mismo, sino también por su combinación con el resto de elementos presentes en la pantalla.

1.7.3.2 Elementos de diseño de pantalla y su percepción visual

Análisis de Color: es probablemente el elemento de la interfaz que con más frecuencia es mal utilizado. El color comunica información, no es sólo decorativo (ejemplo: reforzar mensajes de error). Deben utilizarse combinaciones adecuadas (por ejemplo, las paletas proporcionadas por los sistemas operativos). El color debe atraer la atención, pero no cansar después de un rato de trabajo. Es especialmente importante seguir las líneas de diseño existentes. Principio básico: diseñar primero en blanco y negro, y luego añadir el color.

CAPÍTULO II

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL PUENTE GRÚA.

2.1 Requisitos del sistema

NOVACERO S.A Planta Lasso con el fin de mejorar cada uno de sus procesos de producción y servicio a sus clientes, y mantener un alto nivel de seguridad de operación en cada una de las tareas y procesos que se realiza, se planteó la necesidad de implementar una bodega de producto terminado con sistema de control inalámbrico para el manejo de los puentes grúa. El diseño e implementación de este sistema de control permite al operador del puente grúa realizar su trabajo desde una distancia segura. Para el efecto, se estableció que la implementación del sistema de control se lleve a cabo de la siguiente manera, se considera las características de la estructura mecánica de la nave de producto terminado:

- El diseño e implementación de este sistema de control automático el cual permitirá al operador del puente grúa realizar su trabajo desde una distancia segura.
- Analizar y seleccionar del tipo de tecnología inalámbrica que garantice una comunicación confiable y segura entre el transmisor y el receptor dentro de un ambiente industrial.
- Analizar y seleccionar de los componentes necesarios para la implementación del sistema de control.
- Diseñar e implementar el software que permita realizar el control de los movimientos del puente grúa y verificar las seguridades del mismo, como son el estado del sensor final de carrera y del sensor anticolidión y así como también permitir ejecutar las acciones necesarias dentro del sistema, en caso de existir una condición peligrosa.

2.1.1 Diagrama de Bloques

En este proyecto el transmisor se analiza de acuerdo a la tecnología más apropiada, ya que la comunicación entre el transmisor y el receptor son controlados por PLC y la lógica de funcionamiento de cada uno de ellos está representada en los diagramas de bloques que se muestran en la figura 2.1.

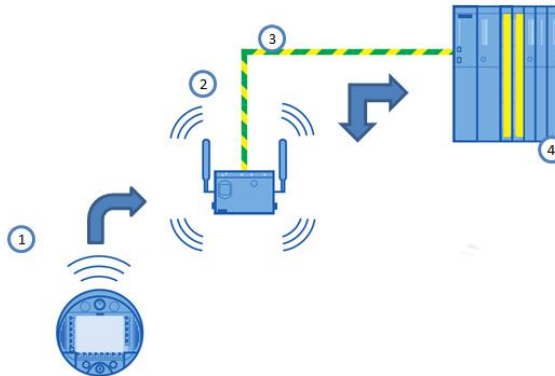


Figura 2.1: Diagrama de Bloques comunicación inalámbrica.

1. El SIMATIC HMI Mobile Panel 277F IWLAN contiene dos pulsadores de validación y un pulsador de parada de emergencia. Para poder ejecutar las funciones de seguridad, es obligatorio el uso de una CPU SIMATIC de seguridad (serie "F"). La botonera se encarga de realizar todas las acciones de maniobra del puente grúa como son: Movimientos del puente se ubica en cualquier zona establecida por el operador de acuerdo al material, movimiento del gancho hacia arriba y hacia abajo, cada uno de estos movimientos son activados por un pulsador el cual envía una señal de activación mediante el receptor "Access Point (2)" al PLC, a más de las señales de maniobra también se envía una señal de ON-OFF para el encendido y apagado del transmisor y una señal de paro de emergencia para deshabilitar toda acción posible dentro del proceso en caso de existir una condición de emergencia o falla.
2. El Mobile Panel 277F IWLAN se comunica mediante el método de acceso a la WLAN avanzado Ipcf - MC (Industrial Point Coordination Function con Management Channel). Dicho método, también conocido como "Rapid Roaming", garantiza una transmisión sin interrupciones de las

señales radioeléctricas entre los distintos puntos de acceso. El “Access Point” o receptor, recibe las señales emitidas por el controlador inalámbricamente, para pasarlas al PLC (4), y realizar las funciones específicas de acuerdo a lo establecido por el operador.

3. Las infraestructuras de comunicación existentes entre el punto de acceso y el PLC se pueden realizar mediante (PROFINET, PROFIBUS, AS-Interface, etc.)
4. El PLC Siemens IM 151-8F PN CPU es el cerebro de todo el sistema de control, en él se encuentra almacenado toda la programación y algoritmos para el funcionamiento del mismo, en las entradas del PLC ingresan todas las señales provenientes del controlador y según el movimiento del puente que se ha realizado o si el paro de emergencia ha sido presionado se envía una señal de control hacia el punto de acceso.

Mediante este tipo de tecnología el controlador puede saber el estado de los elementos de seguridad del puente mediante el HMI incorporado, a través del variador de frecuencia, estos elementos son: Sensores inductivos de posición, el sensor del final de carrera, los motores que mueven el puente grúa.

2.1.2 Estudio y selección de la tecnología y componentes a implementar

La tecnología inalámbrica es uno de los aspectos más importantes, además de los componentes que se involucran directamente con el desarrollo y culminación del proyecto, es por esto que se analiza las características técnicas de cada componente que han sido seleccionados según sus tipologías, tecnología, disponibilidad y el costo de los materiales en el mercado.

2.1.2.1 Estudio y selección de la tecnología inalámbrica.

Las comunicaciones inalámbricas ofrecen múltiples oportunidades a la industria para el desarrollo de soluciones de automatización altamente flexibles y eficaces. IWLAN en industrias de comunicaciones inalámbricas es fiable, robusta y segura. Los componentes se utilizan bajo las más difíciles condiciones interiores y exteriores. Para seleccionar la tecnología inalámbrica es importante tomar en cuenta fiabilidad de operación, robustez y seguridad, especialmente adecuado para

aplicaciones industriales más exigentes con los requisitos de tiempo real y redundancia, los ambientes al aire libre con los exigentes requerimientos climáticos. Esto proporciona al cliente una red inalámbrica única, tanto para los datos críticos del proceso y para la comunicación crítica.

Las técnicas de transmisión inalámbrica utilizan ondas de radio, las características de propagación de las ondas electromagnéticas pueden diferir considerablemente y dependen del entorno espacial con la infraestructura inalámbrica instalada.

2.1.3 Selección de Componentes.

A continuación se describen los componentes que se emplearán en la implementación del sistema de control automático del puente grúa.

2.1.3.1 Controlador Inalámbrico.

El controlador inalámbrico SIMATIC HMI Mobile Panel 277F IWLAN puede estar expuesto a las fluctuaciones en el rango extendido de temperatura, o el contacto continuo con el polvo y el agua. Carcasa robusta y de protección del diseño frente a golpes y vibraciones permiten su uso en entornos industriales agresivos como se muestra en la siguiente figura.



Figura 2.2: Controlador Inalámbrico Mobile Panel 277F IWLAN

El Mobile Panel 277F IWLAN ofrece la posibilidad de trasladar las funciones de seguridad de parada de emergencia y confirmación a cualquier punto de una máquina o instalación.

Para el Mobile Panel 277F IWLAN se ha limitado el rango efectivo. En función de su ubicación, el operador obtiene un permiso de uso seguro y controlado electrónicamente.

El panel de operador se comunica con una CPU F vía WLAN. De este modo, el operador puede manejar las diferentes máquinas o instalaciones sin cables molestos.

El Mobile Panel 277F IWLAN se caracteriza por su breve tiempo de puesta en servicio, el gran tamaño de su memoria de trabajo y su elevado rendimiento, habiéndose optimizado para proyectos basados en WinCC flexible.

Las características técnicas del controlador son las siguientes:

- Panel de operador
 - Peso con batería y sin embalaje Máx. 2,2 kg
- Display
 - Tipo Display LC TFT de color
 - Área activa del display 151,66 mm x 113,74 mm (7,5")
 - Resolución 640 x 480 puntos de imagen
 - Colores representables 64k colores
 - Ajuste de brillo
 - Retroiluminación
 - Categoría de error de píxeles según DIN EN ISO 13406-2 II
- Unidad de entrada
 - Tipo Pantalla táctil, analógica, resistiva
 - Teclado de membrana
 - 18 Teclas de función con LED
 - Tecla de validación
 - Pulsador de parada de emergencia
 - Tecla ON/OFF
 - LED activable por separado
- Memoria
 - Memoria de aplicación 6 Mbytes
- Puertos

- USB-Host; equivale a USB Standard 1.1 (compatible con dispositivos USB low-speed y full-speed)
- Carga máxima 100 mA
- WLAN Para PROFINET WLAN
- RJ45 Para PROFINET LAN
- Grado de protección IP65
- Baterías de alta capacidad
 - Tipo Batería de iones de litio
 - Duración en modo normal Aprox. 4 h
 - Duración en modo standby Aprox. 15 días
 - Ciclos de carga 500
 - Tiempo de carga Aprox. 4 h
- Tensión de alimentación
 - Tensión nominal +24 V DC Rango admisible 19,2 V a 28,8 V (-20 %, +20 %)
 - Transitorios, máximo admisible 35 V (500 ms)
 - Tiempo entre dos transitorios, mínimo 50 s
 - Consumo de corriente con Mobile Panel Aprox. 1,5 A
 - Consumo de corriente con Mobile Panel y baterías en el compartimento de carga Aprox. 2,8 A
 - Fusible interno Electrónico

El Mobile Panel 277F está disponible en dos variantes de equipamiento:

- Con tecla de validación y pulsador de parada de emergencia
- Con tecla de validación, pulsador de parada de emergencia, volante, interruptor de llave y dos teclas luminosas.

En la figura 2.3 puede variar en función del estado de suministro del panel de operador.



Figura 2.3: Partes del panel móvil 277 IWLAN

- ① Pulsador de parada de emergencia
- ② Indicadores LED
- ③ Display con pantalla táctil
- ④ Tecla ON/OFF
- ⑤ Tapas para las guías de las tiras de rotulación
- ⑥ Interruptor de llave (opcional)
- ⑦ Tecla luminosa (opcional)
- ⑧ Teclado de membrana
- ⑨ Volante (opcional)

SIMATIC Mobile Panel 277(F) IWLAN se comunica a través de WLAN Standard IEEE 802.11 a(b/g) vía PROFINET. Los equipos Mobile Panel 277F IWLAN admiten además la comunicación PROFI-safe.

Mobile Panel 277F IWLAN (PROFI-safe) deben cumplirse obligatoriamente los siguientes requisitos del sistema:

- El Mobile Panel debe integrarse como equipo seguro (PROFI-safe, Distributed Safety).
- Uso de una CPU SIMATIC F
- SIMATIC S7-200/300/400 (se requiere una CPU F para la incorporación de Mobile Panel 277F IWLAN y SIMOTION (a partir de Mobile Panel 277 IWLAN V2 o de Mobile Panel 277F IWLAN V2 (WinCC flexible 2008 SP3 o superior)



Figura 2.4: Compartimento de la batería y de conexiones

- ① Gancho de retención
- ② Tapa del compartimento de conexiones
- ③ Conexión para el alimentador de sobremesa
- ④ Tapa del compartimento de la batería
- ⑤ Contactos para la estación de carga
- ⑥ Puerto USB

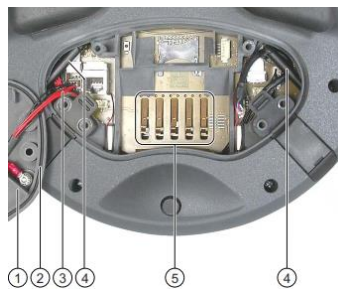


Figura 2.5: El compartimento de conexiones abierto

- ① Tapa del compartimento de conexiones
- ② Junta de goma
- ③ Cable hacia los contactos de carga
- /④ Antena
- ⑤ Contactos para la batería principal

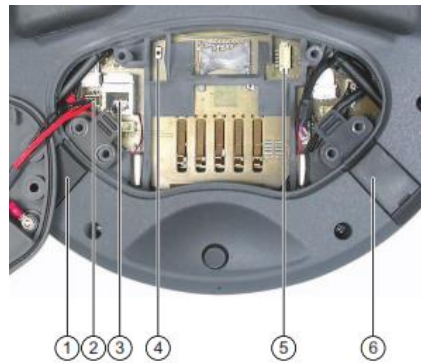


Figura 2.6: Puertos del panel de operador

- ① Conexión para el alimentador de sobremesa
- ② Conector para los cables hacia los contactos de carga
- ③ Conector hembra RJ45 para PROFINET
- ④ Pulsador de reset
- ⑤ Conexión para la batería de puenteo
- ⑥ Puerto USB

Conexión de los dispositivos USB

A través del puerto USB puede conectar p. ej. los siguientes dispositivos al panel de operador:

- Ratón externo
- Teclado externo
- Stick de memoria USB

Indicadores del Mobile Panel 277F IWLAN

En la cara frontal del Mobile Panel hay cinco LEDs que indican los estados del panel de operador y de la comunicación, figura 2.7.



Figura 2.7: Leds Indicadores de estado

- ① LED

Los LEDs sólo se activan cuando el panel de operador está conectado.

Tabla 2.1: Significado de los indicadores LED

Función	Denominación	Color	Significado
Comunicación PROFIsafe	SAFE	Amarillo	<p>El LED "SAFE" se enciende si el panel de operador está integrado en el programa de seguridad de la CPU F.</p> <p>Para ello es necesario que la comunicación PROFIsafe esté establecida.</p> <p>Si el LED "SAFE" se enciende, el pulsador de parada de emergencia es efectivo.</p>
Power	PWR	Verde	<p>El LED "PWR" sólo se enciende o parpadea cuando el panel de operador está conectado.</p> <p>El LED "PWR" se enciende en los casos siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La batería está insertada y cargada. • El panel de operador está en la estación de carga. • El panel de operador está conectado al alimentador de sobremesa. <p>El LED "PWR" parpadea si el panel de operador está en estado "POWER SAVE 2".</p>
Comunicación	COM	Verde	<p>El LED "COM" está apagado mientras no haya ninguna red WLAN configurada.</p> <p>El LED "COM" parpadea mientras el panel de operador intenta establecer una conexión con una red WLAN.</p> <p>El LED "COM" está encendido si se ha establecido una conexión entre el panel de operador y una red WLAN.</p>

Rango efectivo	RNG	Verde	<p>El LED "RNG" está encendido el panel de operador está dado de alta en el rango efectivo. Si ocurre un error de comunicación tras darse de alta el panel de operador en el rango efectivo, el LED "RNG" se enciende hasta que la comunicación PROFIsafe se haya restablecido y se haya acusado el error de comunicación.</p> <p>El LED "RNG" está apagado si el panel de operador está dado de baja en el rango efectivo.</p>
Estado de la batería	BAT	Verde / Rojo	<p>El LED "BAT" está apagado en los casos siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La batería principal está agotada. • La batería principal no está insertada. <p>El LED "BAT" parpadea si la batería principal se está cargando.</p> <p>El LED "BAT" se enciende en color rojo si el estado de carga de la batería principal es inferior al 10 %.</p> <p>El LED "BAT" se enciende en color verde si el estado de carga de la batería principal es como mínimo del 10 %.</p>

Pulsador de parada de emergencia

El pulsador de parada de emergencia presenta dos canales y permite una parada de emergencia del sistema configurado. Para el uso del pulsador de parada de emergencia deben estar integrados los siguientes bloques FBs F en el programa de seguridad de la CPU F:

- F_FB_MP
- F_FB_RNG_n



Figura 2.8: Elementos de mando orientados a la seguridad

- ① Protección antichoque
- ② Pulsador de parada de emergencia

Gracias a su emplazamiento, el pulsador de parada de emergencia puede ser utilizado tanto por zurdos como por diestros. El pulsador de parada de emergencia es un componente expuesto debido a su altura de construcción. Un revestimiento en forma de collarín funciona como protección contra caída. De ese modo, el pulsador no perderá su funcionalidad aunque el Mobile Panel 277F IWLAN sufra una caída. El pulsador de parada de emergencia está bien protegido contra cualquier posible daño.

Estructura del panel de operador y tecla de aprobación.

El dispositivo de validación consta de dos teclas de validación que están dispuestas ambos lados del Mobile Panel 277F IWLAN, figura 2.9. La posición de conmutación de las dos teclas de validación viene determinada por teclas eléctricas.



Figura 2.9: Teclas de validación

- ① Protección antichoque para el pulsador de parada de emergencia
- ② Teclas de validación, dispuestas en ambos lados del panel móvil 277F IWLAN
- ③ Asa

La tecla de validación tiene tres posiciones de conmutación:

- Posición cero: la tecla de validación no está pulsada.
- Validación: la tecla de validación está pulsada hasta una posición media. Esta posición permite autorizar otro comando, como p. ej. una entrada a través del teclado de membrana.
- Pánico: La posición de "Pánico" se alcanza en cuanto se pulsa una de ambas teclas de validación hasta el fondo. La posición de la otra tecla de validación es irrelevante en este caso. La posición de "Pánico" tiene el mismo efecto que la acción de soltar la tecla, es decir, la anulación de la validación.

Sólo tiene que accionar una tecla de validación. El controlador recibe la misma señal, independientemente de que se haya accionado una o ambas teclas de validación del Mobile Panel 277F IWLAN.

Tiempo de reacción

Los bytes "n+4" y "n+5" deben consultarse desde el lado del autómatas en el intervalo de un segundo y de forma cíclica. De este modo se garantiza que entre dos consultas del volante no se puedan sumar más de 256 impulsos. Para 256 impulsos son necesarias 4,5 vueltas del volante.

El transmisor de impulsos suministra un máximo de 200 impulsos por segundo.

Para controlar manualmente algún movimiento peligroso en modos de servicio especiales, deberá utilizar el soporte para antebrazo. En él podrá acceder fácilmente p. ej. al pulsador de parada de emergencia o pulsar rápidamente la tecla de aprobación en una situación de peligro.

Para depositar el panel de operador de forma segura en un lugar fijo se dispone de una estación de carga, como se observa en la figura 2.10. Puede utilizar el panel de operador como panel de operador estacionario suspendido en la estación de carga. En la estación se carga la batería del panel de operador.



Figura 2.10: Estación de carga panel móvil

2.1.3.2 PLC SIMATIC ET 200S, IM151-8 PN/DP CPU¹³

La selección del PLC es fundamental para el desarrollo del proyecto, ya que es el cerebro del sistema de control, encargado de realizar todas las funciones, instrucciones y acciones, para un correcto funcionamiento del proceso, ver figura 2.11. El controlador SIMATIC ET 200S es modular, compacto y de aplicación versátil. El diseño es escalable y flexible, la interfaz de comunicación a la altura de las máximas exigencias de la industria, y toda una gama de funciones tecnológicas poderosa e integradas, hacen del controlador una pieza clave en el proceso de automatización del puente grúa.



Figura 2.11: PLC SIMATIC ET 200S

El ET 200S es un sistema de periferia descentralizada altamente escalable y flexible que permite conectar las señales del proceso a un controlador central a

13

<https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores/pages/et200.aspx>

través de un bus de campo. El ET 200S soporta los buses de campo PROFIBUS DP y PROFINET IO.

SIMATIC ET-200 es el sistema de periferia multifuncional y de modularidad granular con grado de protección IP20 que se puede adaptar con precisión a la tarea de automatización. Gracias a su robusto diseño, también puede utilizarse en presencia de grandes esfuerzos mecánicos.

La conexión a los sistemas de bus PROFIBUS o PROFINET, se realiza a través de diversos módulos de interfaz. Los módulos de interfaz con CPU integrada reúnen la potencia de cálculo de una CPU S7-300 directamente en el equipo periférico. Por lo tanto, alivian la carga del controlador central y del bus de campo y permiten una rápida reacción a señales a tiempo crítico, ver figura 2.12.

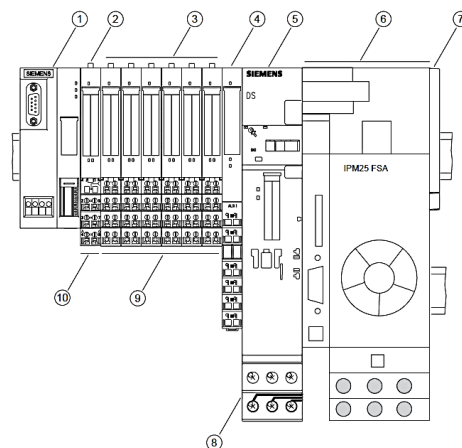


Figura 2.12: Ejemplo de configuración de un ET 200S

- ① Módulo de interfaz ET 200S IM151-1
- ② Módulo de potencia PM-E para módulos electrónicos
- ③ Módulos electrónicos
- ④ Módulo de potencia PM-D para arrancadores de motor
- ⑤ Arrancador directo
- ⑥ Convertidor de frecuencia
- ⑦ Módulo de cierre
- ⑧ Bus de energía
- ⑨ Módulos de terminales TM-E para módulos electrónicos
- ⑩ Módulos de terminales TM-P para módulos de potencia

Las instalaciones PROFINET con el innovador perfil PROFIenergy son capaces de controlar el consumo de energía. Es posible configurarlas de manera que se desconecten de forma automática y coordinada durante las paradas de producción y luego se conecten de nuevo al reanudarse la producción, y todo ello en el orden correcto, en los intervalos de tiempo correctos, con total fiabilidad y en toda la instalación.

El sistema polifacético con una amplia gama de funciones:

- Configuración modular al bit con conexión multiconductor
- Multifuncional gracias a la amplia gama de módulos existente: arrancadores de motor, funciones de seguridad, módulos tecnológicos, inteligencia descentralizada y módulos IO-Link
- Uso en atmósfera potencialmente explosiva (zona 2)
- También disponible en versión de alta velocidad (HS, High Speed) para alto rendimiento y máxima precisión.

En la estación ET 200S, los módulos de entrada/salida tienen asignadas las subtarefas correspondientes. Durante la puesta en marcha se pueden seleccionar y activar los módulos de máquina utilizados o los módulos de E/S de la estación ET 200 que se necesiten.






Se dispone de módulos de interfaz con CPU integrada y conexión PROFINET/PROFIBUS, tanto en versión estándar como en versión de seguridad, que en este caso será utilizado. La versión PROFINET de ET 200S ofrece también las siguientes funciones:

- I-Device
- Shared Device
- MR

Los módulos de entrada y salida digitales de 8 canales permiten que el diseño con modularidad granular de ET 200S sea aún más compacto. Son ideales para configuraciones con gran número de canales, que requieren un diseño económico y que ocupe poco espacio. Los módulos de 8 canales permiten la conexión de sensores a 2 hilos y tienen un factor de simultaneidad del 100% (es decir, una

corriente total de 4 A con 8 salidas de 0,5 A cada una). Con frecuencia, las soluciones de automatización descentralizadas no solo comprenden señales de E/S analógicas y digitales, sino que también requieren funciones tecnológicas, arrancadores de motor o conexiones neumáticas. El ET 200S, de modularidad granular, ofrece una amplia gama de módulos para solucionar las diversas tareas. A continuación se muestra una tabla de las características técnicas de los sistemas de periferia competitivos.

Tabla 2.2: Características Técnicas PLC Siemens ET 200 S-SP-MP-M¹⁴

Sistema de periferia	ET 200SP	ET 200S	ET 200MP NUEVO	ET 200M
Diseño				
Grado de protección	IP20	IP20	IP20	IP20
Forma	escalabilidad granular	modularidad al bit, bloque ampliable	modular	modular
Montaje	Perfil DIN	Perfil DIN	Perfil soporte S7-1500	Perfil soporte S7-300
Sistema de conexión para sensores/actuadores	Conexión mono o multifilar Borne de inserción rápida	Conexión mono o multifilar Bornes de resorte/tornillo, FastConnect	conexión monohilo Bornes de tornillo, Bornes de Push-In	conexión monohilo Bornes de resorte/tornillo, FastConnect, Top Connect
Aplicaciones especiales				
Funciones de seguridad	● (en prep.)	●	● (en prep.)	●
Uso en zona clasificada (Ex) 	Zona 2, 22	Zona 2, 22	Zona 2, 22	Zona 2, 22
Mayor disponibilidad	○	○	○	conmutada, redundante
Rango de temperatura	0 °C ... +60 °C (montaje horizontal) ¹⁾	0 °C ... +60 °C ¹⁾	0 °C ... +60 °C (montaje horizontal)	0 °C ... +60 °C ¹⁾
Resistencia a vibraciones (permanente)	hasta 5 g ⁴⁾	2 g	2 g	1 g
Comunicación				
PROFINET (cobre/FO)	● / ● (en prep.)	● / ●	● / ○	● / ○
PROFIBUS (cobre/FO)	● (en prep.) / (en prep.)	12 Mbits/s / 12 Mbits/s	● (en prep.) / ○	12 Mbits/s / ○
AS-Interface	●	○	○	○
Otros	○	● ²⁾	○	○
Funciones de sistema				
Cableado independiente	●	●	● (conexión frontal)	● (conexión frontal)
Hot Swapping/Funcionamiento con huecos	● / ●	● ³⁾ / ● ³⁾	● (en prep.)	● ³⁾ / ● ³⁾
Modo isócrono, p. ej., para regulaciones rápidas	●	●	●	●
Cambio de configuración durante el funcionamiento	●	●	● (en prep.)	●
Módulos High Speed	●	●	●	●
Diagnóstico (en función del módulo)	granular por módulos (granular	granular por canales	granular por canales	granular por canales

Aparte de necesitar mucho menos espacio, ET 200S necesita hasta un 80% menos de cableado que las soluciones convencionales.

Ello se debe a lo siguiente:

- El bus de fondo va auto-instalándose al adosar módulos, ver figura 2.13.

¹⁴ http://www.infopl.net/files/descargas/siemens/infoPLC_net_S71200%20_EasyBook.pdf

- Todos los bornes de conexión tienen el carácter de regleteros de bornes, por lo que los cables de señales y del motor se conectan directamente a SIMATIC ET 200S sin necesidad de bornes intermedios.
- Las funciones de seguridad integradas forma parte del sistema, por lo que puede prescindirse de un bus de seguridad adicional.
- Los módulos de reserva contienen slots para los módulos que puedan necesitarse en el futuro.
- Cableado independiente
- Se necesitan muchos menos cableados transversales gracias a barras de distribución auto-instalantes, lo que reduce las tareas de prueba y las posibles fuentes de error.
- La etiqueta de los módulos también puede leerse en estado montado y cableado.



Figura 2.13: Fast Conect Modules PLC ET 200S

Los módulos de interfaz con CPU integrada pueden utilizarse tanto de forma autónoma como para soluciones de automatización distribuidas de manera descentralizada y con un volumen medio de programas. Dependiendo de la variante, la comunicación se puede establecer vía MPI/PROFIBUS y/o PROFINET. De ello resultan las ventajas siguientes:

- Descarga del controlador central
- Reducción de los tiempos de reacción ante señales críticas in situ
- Programas más claros y cortos
- Simplificación de la búsqueda de errores
- Descarga del sistema de bus

- Modularización de la máquina o instalación y puesta en marcha anticipada de los módulos, también en emplazamientos distintos, ver figura 2.14.

Se optó por una solución descentralizada y homogénea con PROFINET. Una red de fibra óptica monomodo basada en Ethernet (14 km de extensión). Los motores y sensores se conectarán por medio de unidades periféricas descentralizadas SIMATIC ET 200S con interfaz PROFINET integrada.

La funcionalidad PROFINET integrada en la periferia descentralizada SIMATIC ET 200S permitió conectar los equipos de automatización directamente a la red monomodo basada en Ethernet. Puesto que desde el punto de vista de la programación con SIMATIC STEP 7 no se distingue si se accede a una estación de E/S remotas, como SIMATIC ET 200S, a través de PROFIBUS o de PROFINET, queda protegido el know-how en PROFIBUS del usuario.



Figura 2.14: MODULOS PLC ET 200S

Características PLC ET 200S¹⁵

Potente hardware

- 128 KB RAM (192 KB en versión Failsafe)
- 64 KB de memoria remanente, no volátil sin batería
- Tiempo de ejecución por instrucción: bit 100 ns, word 200 ns
- Reloj hardware soportado con batería (6 semanas)
- Estructura lineal, figura 2.15.

¹⁵

https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores/Documentos/ET200S%20CPU%20PN_IM%20151-8%20PN_DP%20CPU.pdf

- Conexión de PG/PC/HMI sin switch adicional



Figura 2.15: Interfase Profinet con switch de 3 puertos

- Cambio de módulo sin PG (programa / datos y proyecto comprimido en la Micro Memory Card SIMATIC), como se observa en la siguiente figura.



Figura 2.16: Micro memory card PLC ET200 S

2.1.3.3 SCALANCE W-786 ACCESS POINT¹⁶

Al utilizar los controladores inalámbricos en combinación con los puntos de acceso basados en controlador es posible establecer una única infraestructura de radiotransmisión para toda la empresa. Así se alcanzará una alta flexibilidad, ya que las estaciones móviles, se podrán mover con facilidad y seguridad en la red de automatización. Los puntos de acceso SCALANCE W ofrecen fiabilidad, robustez y seguridad, tanto para la comunicación no-crítica, como las tareas de diagnóstico, y críticos en el proceso de datos, tales como a prueba de fallos de transferencia por medio de PROFINET con PROFI-safe, ver figura 2.17.

¹⁶

http://www.automation.siemens.com/mcms/infocenter/dokumentencenter/sc/ic/Documentsu20Catalogs/SIMATIC_NET_IKPI_chap_08_Spanish_2012.pdf



Figura 2.17: Punto de Acceso SCALANCE W-786 2RR

Los puntos de acceso SCALANCE W se usan para construir la red inalámbrica. Los puntos de acceso de la línea de productos SCALANCE W780 son ideales para construir redes IWLAN (Industrial Wireless LAN) a 2,4 GHz o 5 GHz, ver figura 2.18.

- Altas velocidades de transferencia (hasta 450 Mbits/s en combinación con Channel Bonding) mediante tecnología 3x3 MIMO (Multiple Input, Multiple Output).
- Fiabilidad garantizada por su caja robusta a prueba de golpes, protección contra los efectos del agua y el polvo (IP65), resistencia a choques, vibraciones y campos electromagnéticos.
- Rango de temperatura ampliado, de -40 °C hasta +60 °C.
- Robusta caja de plástico (plexiglás) a prueba de golpes y resistente a choques y vibraciones para elevados requisitos mecánicos.
- Resistente contra condensaciones.
- Resistente a la radiación UV y a la niebla salina.
- Forma y diseño para uso en exteriores.
- Conectores hembra R-SMA para conectar antenas separadas (6 x R-SMA o seis antenas internas en las variantes con dos módulos inalámbricos).
- Variante con 1 conexión RJ45 para 10/100/1000 Mbits/s con Power – over – Ethernet según IEEE 802.3at tipo 1 (corresponde a IEEE 802.3af).
- Variante con dos slots para transceptores enchufables SFP (switch óptico de 2 puertos).

- 1 conexión de 24 V DC, funcionamiento opcional a 12... 24 V DC o 100... 240 V AC con fuente de alimentación integrable en el equipo.
- 1 slot PLUG.
- LED's de función para la señalización óptica de fallos y estados de funcionamiento.
- Montaje: en pared o, con juego de montaje adicional, sobre perfil soporte S7, perfil DIN de 35 mm o en mástil.

Los puntos de acceso de la línea de productos SCALANCE W786 han sido desarrollados para el uso tanto en entornos industriales como en exteriores, en condiciones climáticas extremas. También se ofrecen variantes para una integración económica en armario eléctrico. Estos productos ofrecen una conexión inalámbrica segura y fiable, numerosos mecanismos de redundancia y una rápida entrega de estaciones de un punto de acceso a otro (itinerancia). Esto permite vigilar procesos y evitar paros improductivos de las máquinas.

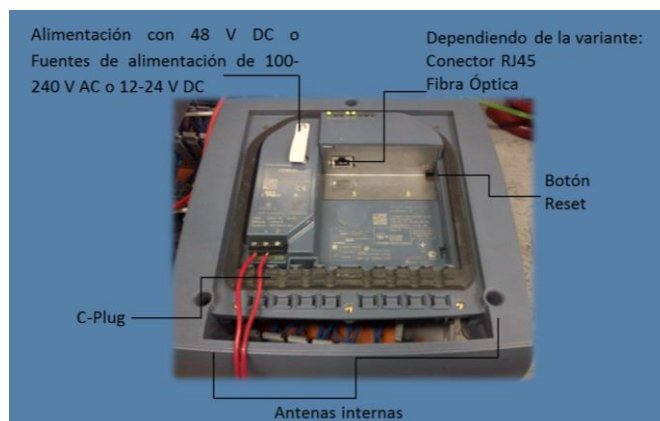


Figura 2.18: Diseño e interfaces de los puntos de acceso SCALANCE W786 2RR

Adaptador de alimentación integrado para SCALANCE W786, ver figura 2.19.

- Construcción sin ventilador
- Temperatura de empleo de -40 °C a +70 °C
- Resistente contra condensaciones.



Figura 2.19: Adaptador de alimentación

2.1.3.4 Sensores Inductivos SICK IM30, figura 2.20.



Figura 2.20: Sensores inductivos Sick IM30

Según el tipo, los sensores inductivos de proximidad trabajan de acuerdo a tres diferentes tecnologías. Los detectores de proximidad tienen en común la generación de campo magnético alternativo procedente de una cara sensible. Cuando un objeto conductor, normalmente metálico, entra en el campo, el último es influenciado de forma que se puede detectar y evaluar por las partes electrónicas.

Detectores de proximidad inductivos con electrónica interna o sensores de posición sin contacto. No sólo hacen que no contengan piezas propensas a uso mecánico, también son virtualmente insensibles a influencias ambientales. Son preferidos para aplicaciones con requisitos exactos, tales como fiabilidad, punto de detección con precisión, frecuencia de detección, durabilidad, velocidad de operación, etc. Los detectores de proximidad inductivos sólo reaccionan con piezas mecánicas, que es una ventaja en muchos casos (insensible a suciedad). Como resultado de su simplicidad funcional, son por regla, los sensores de posición más económicos.

Características Técnicas.

- Triple alcance operativo de hasta 40 mm de sensado.
- Temperatura de funcionamiento desde -25 ° C a 70 ° C.
- Altas frecuencias de conmutación.
- Tamaño M30
- Reduce el tiempo de inactividad y costos de mantenimiento de la máquina.
- Gran distancia de operación y funcionamiento mejorando el rendimiento de la máquina.
- Ahorra espacio de instalación en la máquina. Requiere menos espacio para la distancia de funcionamiento cuando se compara con sensores estándar
- Menor riesgo de daño mecánico por su capacidad de ser montado con facilidad.
- Alto nivel de sensibilidad hace que sean adecuadas para la detección de piezas difíciles, tales como alambres, hojas delgadas, etc.
- Reduce el tiempo de instalación.

2.1.3.5 Principio de operación¹⁷

La bobina de un circuito oscilador convencional en el detector genera un campo magnético de alta frecuencia, que procede de la cara sensible. Cualquier objeto metálico encontrado en este campo absorbe algo de energía, que es detectado y evaluado a electrónica interna (Fig. 2.20). Los metales ferromagnéticos (acero, níquel, cobalto) absorben la mayor energía. La distancia de operación logable es por consiguiente más grande con estos metales. Buena conductividad, sin metales ferromagnéticos, tal como aluminio, absorben menos energía. Como resultado, la distancia operativa es significativamente baja (aprox. 25...45% comparado al acero).

¹⁷ <http://www.compositesgroup.com/CONTRINEX/Catalogo%20Inductivos.pdf>



Figura 2.21: Principio de operación sensores de proximidad inductivos.

2.1.3.6 Características técnicas de los sensores inductivos de proximidad

A continuación se muestra la tabla de características técnicas de los sensores inductivos.

Tabla 2.3: Características técnicas de los sensores inductivos

Modelo	AT*/**-3*	IM30
Distancia de conmutación nominal	20 mm	40 mm
Distancia de operación	0/16,2 mm	0/30,2mm
Histéresis	1 / 15 %	
Rango de voltaje	10 / 30 Vdc	
Ondulación residual	≤ 10 %	≤ 20 %
Corriente de salida	≤ 400 mA	≤ 200 mA
Voltaje de salida máximo	≤ 1V	≤ 2V
Corriente de alimentación	20 mA	10mA
Corriente de pérdida	10 μA / 0,8 mA	
Frecuencia de conmutación	250 Hz	100Hz
Disponibilidad de tiempo de retardo	100 ms	≤ 200ms
Rango de temperatura ambiente	(-)25 ... + 70 ° C	
Variaciones de temperatura	10%	
Protección de corto circuito	Si reseteo automático	

Protección contra inversión de tensión	Si	
Choques y vibraciones	IEC/EN60947-5-2 / 7,4	
Peso	30 g / 11 ms/10 ... 55 Hz, 1 mm	
Grado de protección	IP 67 (EN60529)	
Protección EMC	De acuerdo a IEC/EN60947-5-2 1 kv	
Material de cubierta	Latón niquelado	Latón cromado
Superficie sensible	PBTP	
Conexión	Conector M12, 4-pin	

2.1.3.7 Diagramas de cableado

Los siguientes esquemas de conexión de los sensores inductivos SICK IM30

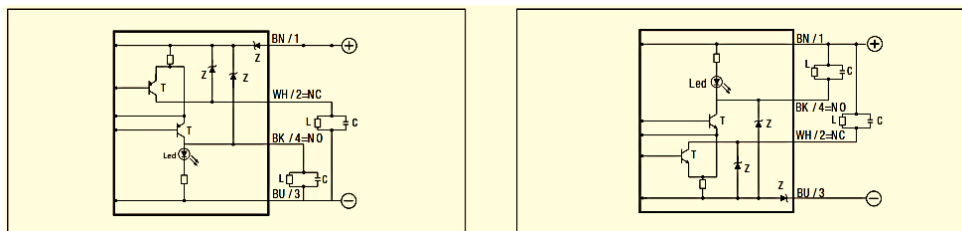


Figura 2.22: Esquema de conexión PNP - NPN 4 cables

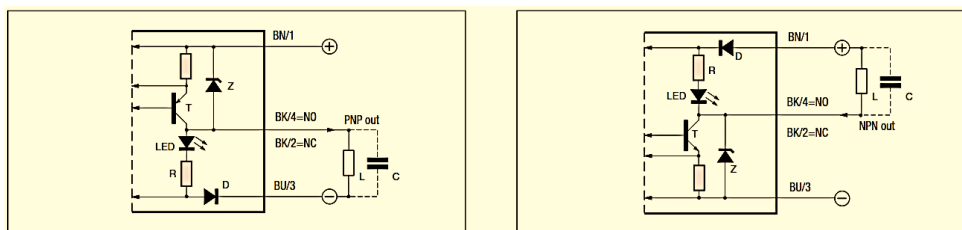


Figura 2.23: Esquema de conexión PNP - NPN 3 cables

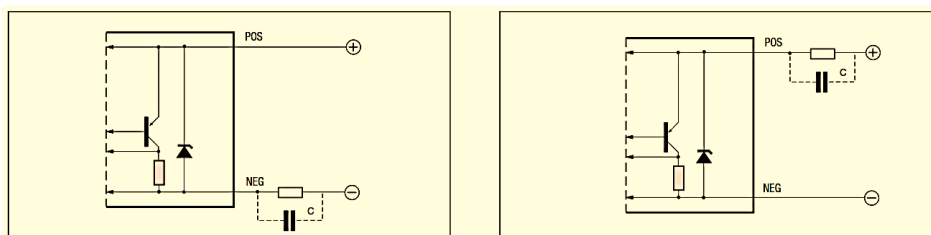
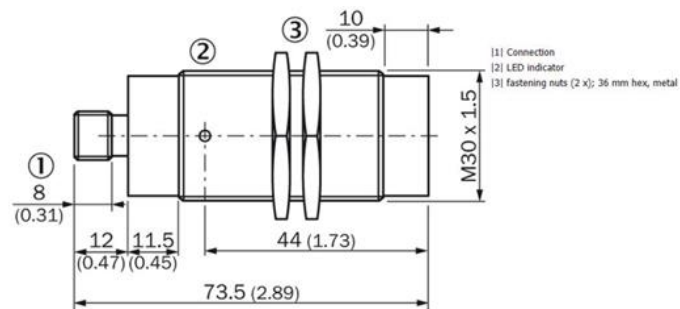


Figura 2.24: Esquema de conexión PNP - NPN 2 cables

2.1.3.8 Método de Instalación

La selección de los sensores inductivos depende de las características técnicas del sensor y las condiciones ambientales y estructurales de los puentes grúa, de esta forma mientras mayor es la distancia de sensado, mayores son las distancias de separación recomendadas para colocar los sensores con el fin de no tener interferencia de señales entre sensores.

Para un sensor de distancia de sensado 40 mm tenemos una normativa de instalación según la siguiente figura. Con esta característica importante, los sensores deben estar colocados en dos o tres filas dependiendo de la geometría de la nave industrial.



All dimensions in mm (inch)

Figura 2.25: Dimensiones sensor inductivo IM30

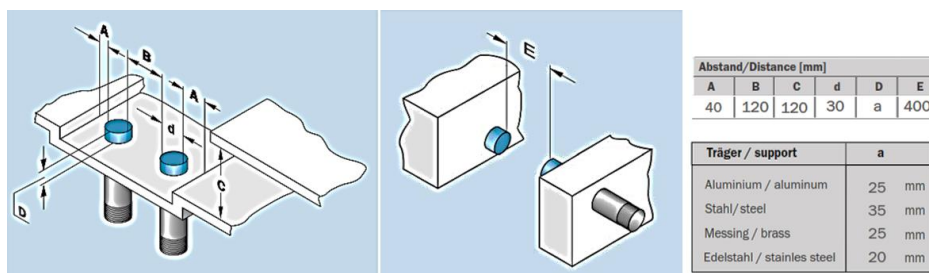


Figura 2.26: Método de Instalación de sensores inductivos

A continuación se muestra la representación gráfica de la utilización de los sensores inductivos dentro de la nave de producto terminado, así como su receptor de señal.

Al pasar por cada zona, encontrará 3 receptores de señal, los cuales permitirán el control del puente grúa y sus velocidades, cada receptor depende de la altura de los sensores como se muestra en la figura 2.27, iniciando en el sensor más bajo

que es la zona 1 e incrementando de zona en forma ascendente, hasta la zona 8, como se muestra a continuación en la figura 2.28.

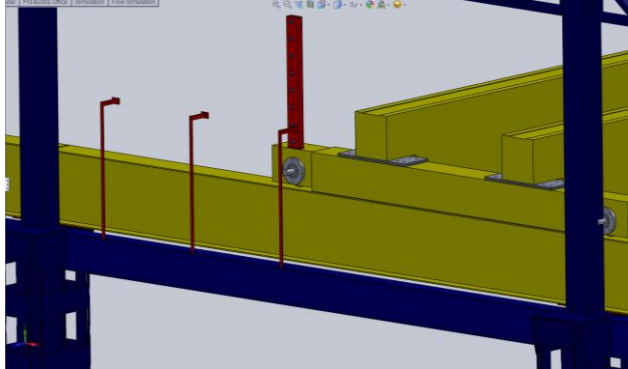


Figura 2.27: Sensores inductivos y receptores de señal zona 2

En cada zona de 3 posiciones, la utilidad de los receptores de señal construidos de ángulo a diferentes alturas es para bajar la velocidad dependiendo de la zona anterior, es decir del movimiento a izquierda o derecha del puente, programado inversamente.

Si el puente se mueve a derecha, el primer receptor de izquierda da una señal al sensor para bajar la velocidad, y viceversa si el movimiento es a izquierda el receptor de derecha da una señal al sensor y baja la velocidad, hasta llegar al receptor centro, que detiene el puente grúa en el centro de la zona establecida.

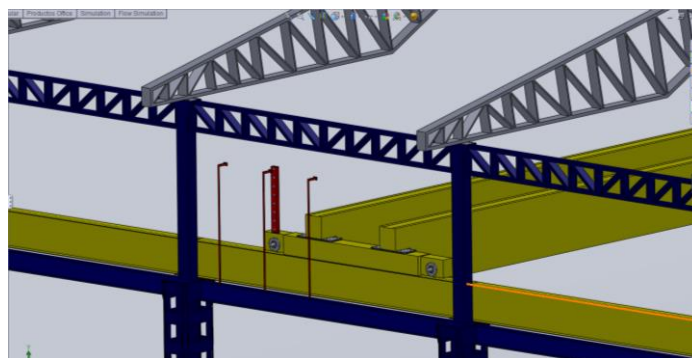


Figura 2.28: Sensores inductivos y receptores de señal zona 8

2.1.3.9 Sensor láser Sick DS60-DTR IR - P11121¹⁸

Durante el desarrollo del DS 60, se hizo hincapié en la satisfacción de necesidades de los usuarios tal como, diseño compacto, simple operación y ajuste, así como bajos requisitos de mantenimiento con una larga vida de servicio. El DS60 es capaz de hacer mucho más que prevenir colisiones. Mediante la vinculación de las dos salidas binarias, min. / máx. Permite controlar operaciones de nivel además puede ser implementado como protección combinada.

El sensor DS60 de distancia se utiliza para asegurarse de que una distancia segura se mantiene entre los puentes grúa, como se observa en la siguiente figura.

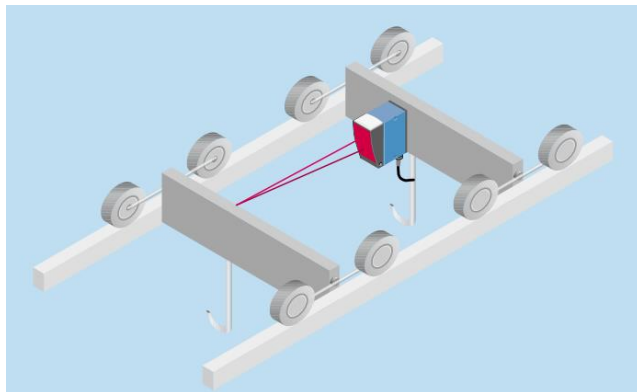


Figura 2.29: Distancia segura entre transportadores.

El DS60 sensor de distancia funciona según el principio de medición de tiempo de vuelo. El sensor compacto hace que el escaneo de distancias grandes sea posible. Casi todos los objetos, incluyendo aquellos que se colocados en diagonal, son detectados dentro del intervalo de barrido contra un fondo firme, una luz piloto adicional simplifica la alineación precisa sobre el material que se está escaneando.

2.1.3.10 Características Técnicas¹⁹

- La detección exacta en una distancia de seguridad reduce el desecho y aumenta rendimiento de procesamiento.
- Inmune a cualquier tipo de luz ambiente - tiene en cuenta uso en ambientes ópticamente desafiantes.

¹⁸ http://www.ecuainsetec.com.ec/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=110

¹⁹ <http://www.lpc-uk.com/sick/Ds60.pdf>

- La gama de temperaturas más ancha permite uso al aire libre sin refrescarse o la calefacción adicional.
- La disposición intuitiva vía la exhibición o el telecontrol enseña reduce tiempo y costes de la instalación
- La luz roja y un soporte opcional de la alineación reduce tiempo de la instalación
- La cubierta del metal soporta los ambientes ásperos.
- Ofrece niveles de funcionamiento múltiples, haciéndola fácil acomodar los cambios futuros.
- Los costes de inversión bajos y el alto rendimiento.
- La tecnología de HDDM proporciona la mejor confiabilidad, la inmunidad a la luz ambiente y el cociente del precio/funcionamiento.
- Detección confiable hasta 20 m.
- Rango de medición de hasta 6 m en el blanco y 20 m en el reflector.
- Duradero y ligero resistente a ambientes agresivos.
- Aumenta la fiabilidad del proceso, lo que garantiza una mayor productividad y mejor calidad en diferentes opciones de medición.

Tabla 2.4: Datos técnicos sensor laser DS60²⁰

Datos técnicos generales	
Rango de medición 90%	200 ... 20000 mm
Resolución	1 mm
Resolución de salida analógica	16 bit
Precisión	± 10 mm
Tiempo de respuesta	10 ms
Fuente de luz	Laser Infrarroja
Tensión de alimentación	18 ... 30 VDC
Ondulación residual	≤ 5 V

²⁰ <http://www.electro-tech-online.com/custompdfs/2012/04/DT5020Data20Sheet.pdf>

Consumo de energía	< 3 W
Corriente de salida	100 mA
Clase de protección	IP 67 (EN 60 825-1)
Temperatura ambiente	(-) 25° ... (+) 50° C
	(-) 25° ... (+) 75° C
Peso	202 gr

2.1.3.11 Variador de Frecuencia²¹

Debido a que el variador de frecuencia del puente grúa puede ser acoplado con facilidad a la red inalámbrica, permite comandar el control de velocidad de este proceso.

2.1.3.12 Arranque del autotransformador

Los inversores R&M están diseñados para potencia trifásica a 460 voltios. Los inversores con tensiones de alimentación que no sean de 460 voltios son alimentados con un autotransformador para aumentar o disminuir el voltaje a 460 voltios. La tensión de 460 voltios ayudará a eliminar fallos y a prevenir daños producidos por alta tensión al inversor. Todos los inversores CMX007 se entregan con autotransformador, independientemente de la alimentación de tensión.

2.1.3.13 Descripción del inversor

Dentro del inversor se hallan altas tensiones (incluidos los conmutadores de programación), como se observa en la siguiente figura.

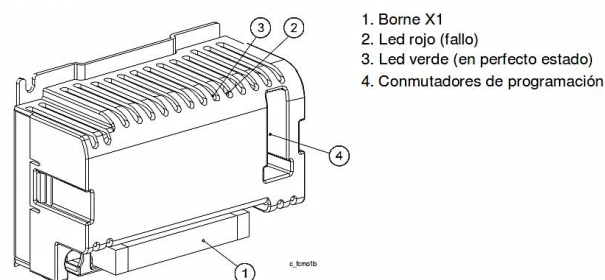


Figura 2.30: Inversor DMCS007

2.1.3.14 Conexiones

²¹ Catálogo, R&M Materials Handling, Inc

Todas las conexiones están hechas en el bloque terminal X1 de la siguiente manera.

Tabla 2.5: Conexiones del inversor DMCS007

DMCS007		
Num.	Nombre	Descripción
1	PE	Pérdida a tierra de protección
2	L1	Corriente, fase 1. 380-480V 50/60Hz
3	L2	Corriente, fase 2. 380-480V 50/60Hz
4	L3	Corriente, fase 3. 380-480V 50/60Hz
5	U	Motor fase 1
6	V	Motor fase 2
7	W	Motor fase 3
8	S1	Mando de accionamiento. Dirección 1, 48 ó 115V 50/60 Hz
9	S2	Mando de accionamiento. Dirección 2, 48 ó 115V 50/60 Hz
10	SP2/AP	Led rojo (falló) 48 ó 115V 50/60Hz
11	ON	Voltaje de control, neutro.

2.1.3.15 Características técnicas

Tabla 2.6: Características técnicas Inversor DMCS007

Datos Técnicos	DMCS007
Gama de potencia	0,75 KW
Tensión de alimentación	380 - 480 VCA +/-10%-5%
Frecuencia nominal de alimentación	48 - 62 Hz
Corriente nominal	2,4 A
Control digital	S1, S2, DI3
Tensión máxima de salida	Igual a voltaje de alimentación

Margen de voltaje de control	48 VC.A/115+/-10%.Si la tensión de control es 230 VC.A (15, 2W) tienen que ser conectados a las entradas digitales
Salida	
Temperatura ambiente	(-)10 °C a 50 °C
Humedad	95 % S.C (sin goteo)
Grado de protección	Convertidor de frecuencia + tapa (IP20)
Dimensiones	133x92x60mm
Vibración	IEC68-2-6
Choque	IEC68-2-27

2.1.3.16 Conexiones

Las señales de control están conectadas al bloque terminal X1 de la siguiente manera:

Tabla 2.7: Conexiones del inversor

Núm.	Nombre	Descripción
1	S1	Mando de accionamiento. Dirección 1. 48 ó 115V 50/60Hz
2	S2	Mando de accionamiento. Dirección 2. 48 ó 115V 50/60Hz
3	DI3	Entrada digital. 48 ó 115V 50/60Hz.
4	DI4	Entrada digital. 48 ó 115V 50/60Hz.
5	DI5	Entrada digital. 48 ó 115V 50/60Hz.
6	ONE	Voltaje de control, neutro.
7	R01	Salida de relés
8	R02	Salida de relés
9		Vacío
10	T1	Termistor del motor
11	T2	Termistor del motor

Los cables de alimentación están conectados al boque terminal de la siguiente manera, tabla 2.7:

Tabla 2.8: Conexión de la alimentación del inversor

Núm.	Nombre	Descripción
1	L1	Corriente, fase 1. 380-480V 50/60Hz.
2	L2	Corriente, fase 2. 380-480V 50/60Hz.
3	L3	Corriente, fase 3. 380-480V 50/60Hz.
4	U	Motor, fase 1.
5	V	Motor, fase 2.
6	W	Motor, fase 3.
7	R+	Resistor de frenado, positivo, ver nota.
8	R-	Resistor de frenado, negativo, ver nota.
9	PE	Pérdida a tierra de protección

2.1.3.17 Funcionamiento Normal

El inversor pasa al estado listo para funcionar dentro de un segundo tras conectar la alimentación. Durante la marcha el inversor sigue la referencia del operador según la rampa de aceleración/deceleración fijada. Durante un cambio de dirección, el freno queda abierto todo el tiempo. Al desactivar el mando de accionamiento el inversor decelera hasta cero según la rampa fijada y cierra el freno mecánico.

2.1.3.18 Conmutadores de Programación

La programación del inversor es llevada a cabo por conmutadores DIP. El estado de cada uno de ellos es OFF (0) u ON (1). Mediante los conmutadores S1-S6 es posible fijar los siguientes parámetros:

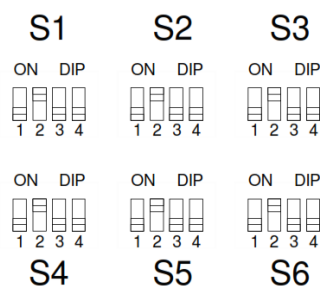


Figura 2.31: Programación del inversor

S1=Velocidad máxima

S2=Velocidad mínima

S3 = Tiempo de aceleración / deceleración

S4 = Frecuencia del motor y compensación IR

S4 = Corriente del motor, deceleración rápida, método de parada

S6 = Modo de control, velocidad de retardo, velocidad2, velocidad3

2.1.3.19 Programación de los parámetros de la aplicación

- **Velocidad mínima, máxima y tiempo de rampa**

Los regímenes de ajuste de la velocidad máxima y mínima dependen de la frecuencia nominal del motor. La tabla A es para motores de 100 y 120Hz, la B para los de 80Hz y la C para los de 50 y 60Hz. La velocidad máxima es programada con los cuatro conmutadores del paquete S1-2 y la frecuencia mínima, con los cuatro conmutadores del paquete S2.

Tabla 2.9: Programación de Parámetros del inversor

Conmutador S1/ S2				Tabla A (motores de 100/120Hz)		Tabla B (motores de 80Hz)		Tabla C (motores de 50/60Hz)	
-1	-2	-3	-4	Velocidad máxima (Hz)	Velocidad mínima (Hz)	Velocidad máxima (Hz)	Velocidad mínima (Hz)	Velocidad máxima (Hz)	Velocidad mínima (Hz)
0	0	0	1	50	14	42	14	25	7
0	0	1	1	54	10	40	10	27	5
0	1	0	1	58	12	44	12	29	6
0	0	1	0	62	23	50	18	31	12
0	1	1	0	66	16	46	16	33	8
0	1	1	1	70	18	48	20	35	9
1	0	0	1	75	20	53	24	38	10
0	1	0	0	80	32	62	30	40	16
1	0	1	0	85	26	56	26	43	13
1	0	1	1	90	35	59	28	45	18
1	1	0	0	95	38	65	32	48	19
0	0	0	0	100	29	77	22	50	15
1	1	0	1	105 ¹⁾	41	68	34	53 ²⁾	21
1	1	1	0	110 ¹⁾	44	71	36	55 ²⁾	22
1	0	0	0	115 ¹⁾	50	80	40	58 ²⁾	25
1	1	1	1	120 ¹⁾	47	74	38	60 ²⁾	24

1) se pueden superar los 100Hz sólo si el voltaje de línea es de 440-480 voltios de red eléctrica.
2) se pueden superar los 50Hz sólo si el voltaje de línea es de 440-480 voltios de red eléctrica.

2.1.3.20 Rampa de aceleración y deceleración

Dichas rampas se programan mediante el conmutador S3 de la siguiente manera:

Tabla 2.10: Valores de aceleración y deceleración

Conmutador S3				Tiempo de rampa (seg.)
-1	-2	-3	-4	
1	0	0	0	1.5
0	1	0	0	2.0
0	0	0	0	2.5
0	0	1	0	3.0
0	0	0	1	3.5
1	0	0	1	4.0
1	1	0	0	4.5
0	0	1	1	5.0
1	1	1	0	5.5
1	1	0	1	6.0
1	0	1	1	6.5
1	0	1	0	7.0
0	1	1	1	7.5
0	1	0	1	8.0

2.1.3.21 **Velocidad de deceleración**

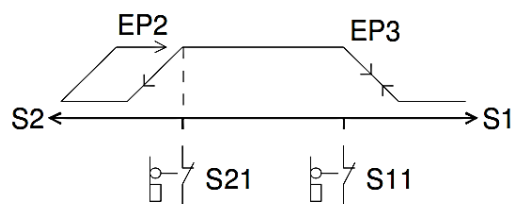


Figura 2.32: Velocidad de deceleración

La frecuencia de deceleración se activa en las modalidades de control EP2 y EP3 cuando el circuito limitador de deceleración está abierto. En EP2 existen entradas separadas para ambos finales de carrera, por lo tanto es posible accionar la alta velocidad en la zona de deceleración en la dirección segura. En EP3 existe sólo una entrada y por ello, la velocidad en la zona de deceleración está limitada en ambas direcciones. Existen dos opciones para el nivel de velocidad de deceleración, seleccionables con el conmutador S6-3 de la siguiente manera:

S6-3 = 0 La velocidad de deceleración es un 20% de la velocidad máxima (programada por el conmutador S1).

S6-3 = 1 La velocidad de deceleración es un 35% de la velocidad máxima (programada por el conmutador S1).

2.1.3.22 **Método de parada**

El motor se puede detener sea mediante frenado mecánico (por rampa), sea por freno mecánico. Al detenerlo con el segundo método y al apagar el comando de accionamiento, el inversor interrumpe inmediatamente la corriente del motor, abriendo el contacto del relé. El método de parada se selecciona con el conmutador S5-4 de la siguiente manera:

- S5-4 = 0 Parada mediante rampa
- S5-4 = 1 Parada inmediata mediante freno mecánico

2.2 **Diseño del circuito de control industrial.**

El diseño del circuito de control industrial se considera principalmente el diseño de la red inalámbrica, debido a que proporciona un sistema de red unificado siendo primordial ya que permite la interoperabilidad de la red inalámbrica, integrando eficazmente sus funciones y minimizando el mantenimiento.

2.2.1 **Diseño de la red inalámbrica**

Lo conforma principalmente el controlador inalámbrico (panel móvil) y el punto de acceso los cuales permiten transmitir las señales mediante la comunicación confiable entre los dispositivos, siendo esta comunicación fiable utilizando frecuencias de espectro radioeléctrico correspondiente a 2.4 o 5 GHz.

Habiendo estudiado con anterioridad los dispositivos que son compatibles o que podemos conectarlos con esta red se decidió enlazarlos de la siguiente manera, figura 2.33:

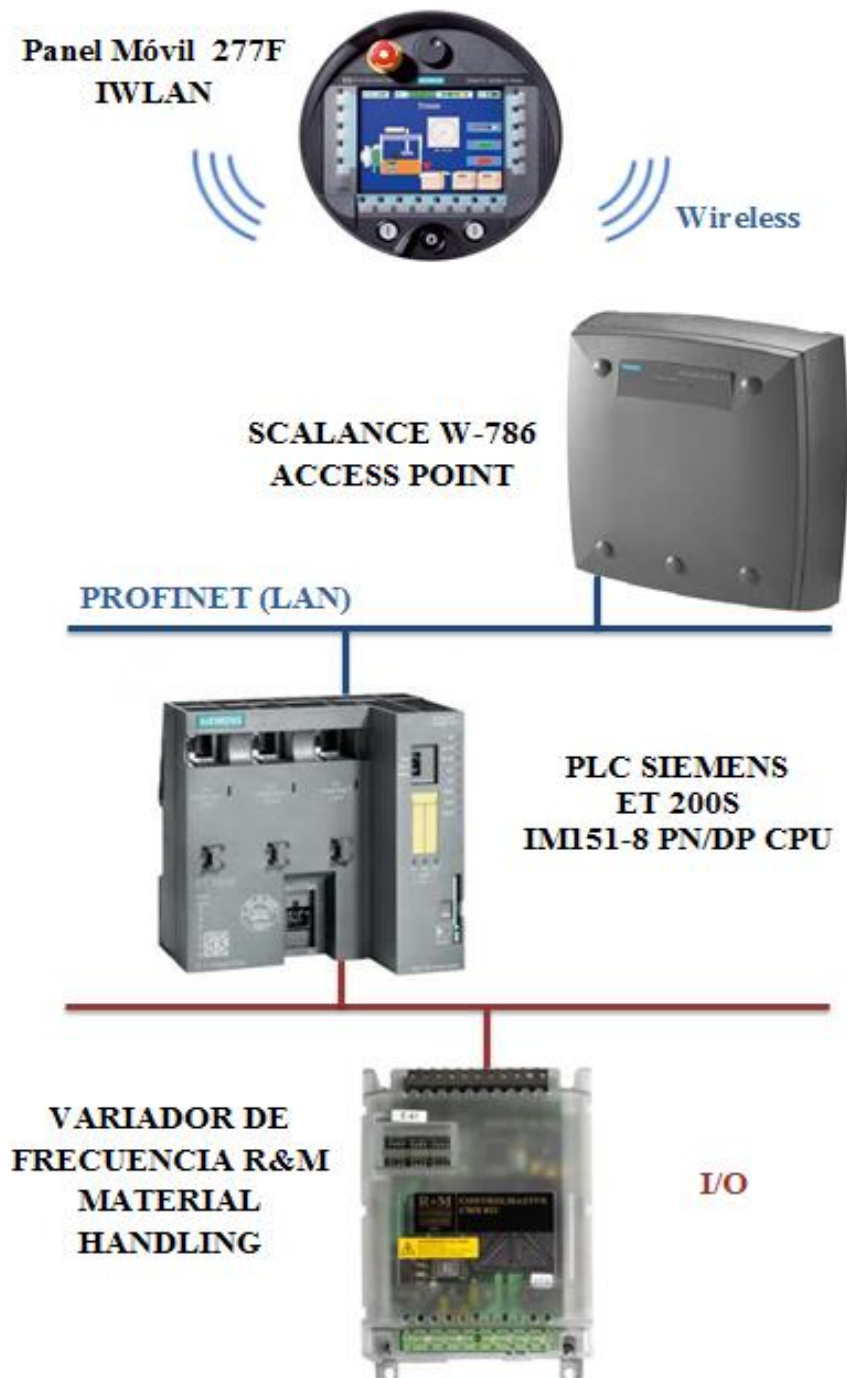


Figura 2.33: Circuito de control Industrial

2.2.1.1 Punto de Acceso (SCALANCE W-786).

Se seleccionó el punto de acceso ya que permite comunicar todos los elementos de la red, el PLC y el panel móvil, cada punto de acceso tienen diferentes alcances en este caso es de aproximadamente 90 m.

El punto de acceso posee una variante con conexión RJ45 para 10/100/1000 Mbits/s, con power – over Ethernet según IEEE 802.3at tipo 1; la cual se conecta al PLC mediante Profinet - Profibus, recibe señales provenientes de los sensores inductivos procesa la información de entrada, dependiendo del dato que haya ingresado el PLC habilita una de sus salidas en el puerto de esta forma se procesa una señal de activación a los variadores de velocidad, los mismos que permiten la activación-desactivación de los movimientos del puente grúa, dando movimientos hasta encontrar la zona deseada. Estas señales de activación dependen del estado en el que se encuentre el controlador en accionamiento manual o automático, además del paro de emergencia, esto quiere decir que el sistema funcionará siempre y cuando este seleccionado el tipo accionamiento y el paro de emergencia no estén activados.

2.2.1.2 Panel Móvil 277 F IWLAN

La fase de configuración tanto del panel móvil como del punto de acceso son importantes en el proyecto ejecutable para transferir datos desde el PC de configuración al panel de operador. El modo de operación "Transfer" se puede iniciar manual o automáticamente desde el panel de operador. Los datos transferidos se escriben directamente en la memoria Flash interna del panel de operador. Para la transferencia se utiliza un canal de datos que debe parametrizar antes de transferir los datos.

Una vez terminada la transferencia sin errores, el proyecto se encontrará en el panel de operador. El proyecto transferido se iniciará automáticamente, siempre y cuando se conecte correctamente y sin errores al PLC, es decir conexión a modo seguro Fail-Safe.

2.2.1.3 PLC ET 200 S IM151-8 PN/DP CPU

El PLC permite la comunicación de seguridad canalizada por estándares internacionales probados como PROFINET, con el perfil PROFIsafe, es una solución innovadora a la comunicación inalámbrica de seguridad vía IWLAN (Industrial Wireless LAN) y PROFINET. PROFINET IO permite conectar equipos de campo descentralizados directamente a Industrial Ethernet. Aplicados a este caso el Panel Movil y el punto de acceso, con la configuración mediante STEP 7, acreditada por PROFIBUS, estos equipos de campo (IO-Device) se asignan a un controlador central (IO-Controller).

De este modo es posible agilizar la producción y aumentar la calidad al mismo tiempo. Esto es realidad gracias a la función de sistema Modo isócrono.

2.3 Diseño del software.

Para ejecutar el programa de control se utiliza como plataforma de desarrollo al software TIA PORTAL V11 (WinCC Comfort V11 SP2 + STEP 7 Professional V11 SP2+Total Integrated Automation Portal), ver figura 2.34. Las características más destacadas del software permite configurar todos los dispositivos en todos los niveles, la cobertura de todas las etapas de un proyecto de automatización (diseño, desarrollo, puesta en marcha, mantenimiento y actualización) y la posibilidad de reutilizar todos los desarrollos de ingeniería previos son características que hacen de TIA PORTAL una plataforma de ingeniería eficiente desde todo punto de vista.²²

²² http://www.editores-srl.com.ar/revistas/ic/101/mayor_innovacion_tecnologica_en_sistemas_de_ingenieria_de_siemens_tia_portal

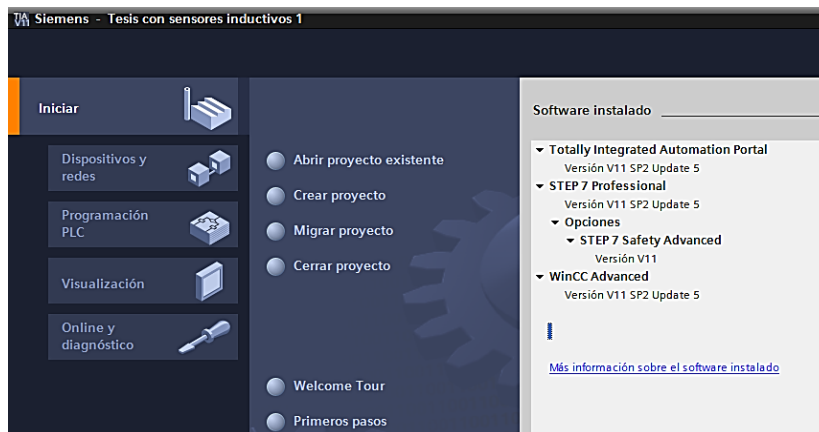


Figura 2.34: Software TIA PORTAL V11 SP2

Con la disponibilidad de dos versiones de Step 7 V11, cuatro versiones de WinCC V11 y la libre combinación entre las mismas, TIA PORTAL V11 SP2 es un sistema que se adapta perfectamente a las necesidades de programación de cada usuario manteniendo una excelente relación en todas las escalas de requerimientos, para el entorno de desarrollo y configuración de sistemas HMI.

WinCC Comfort proporciona un entorno de fácil manejo para configurar la lógica del controlador, la visualización de HMI y la comunicación por red. Para aumentar la productividad, WinCC Comfort ofrece dos vistas diferentes del proyecto: Distintos portales orientados a tareas y organizados según las funciones de las herramientas (vista del portal) o una vista orientada a los elementos del proyecto (vista del proyecto).

La vista del proyecto proporciona una vista funcional de las tareas del proyecto y organiza las herramientas de acuerdo con la tarea que se va a realizar como se observa en la figura 2.35. Es posible determinar fácilmente el procedimiento y la tarea que debe seleccionarse.



Figura 2.35: Vista de tareas del proyecto

- ① Portales para las diferentes tareas
- ② Tareas del portal seleccionado
- ③ Panel de selección para la acción seleccionada
- ④ Cambia a la vista del proyecto

La vista del proyecto proporciona acceso a todos los componentes del proyecto como se observa en la figura 2.36.

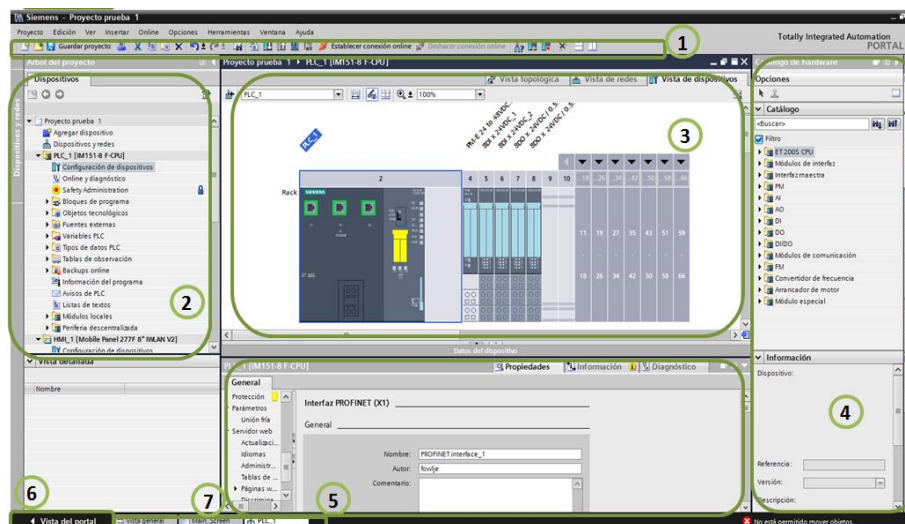


Figura 2.36: Componentes del proyecto

- ① Menús y barra de herramientas
- ② Árbol del proyecto
- ③ Área de trabajo

- ④ Task Cards
- ⑤ Ventana de inspección
- ⑥ Cambia a la vista del portal
- ⑦ Barra del editor

STEP 7 Professional dispone de Task Cards que contienen las instrucciones que pueden utilizarse en el programa. Las instrucciones se agrupan por funciones. Para crear el programa, arrastre las instrucciones desde las Task Cards a los diferentes segmentos mediante Drag & Drop.

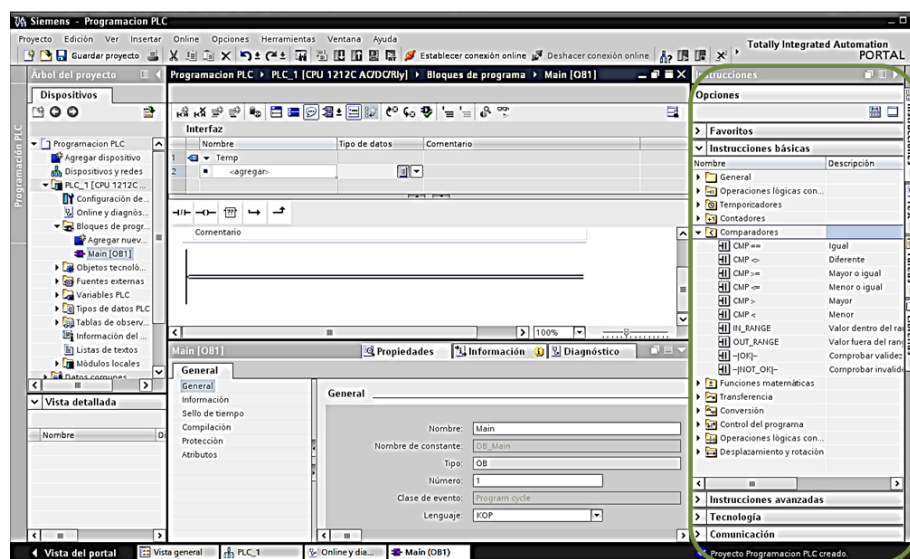


Figura 2.37: Instrucciones de programación de STEP 7 Basic

STEP 7 Professional proporciona una barra de herramienta de "Favoritos" que permite acceder rápidamente a las instrucciones utilizadas con mayor frecuencia. Sólo se hace clic en el botón de la instrucción que desea insertar en el segmento, como se observa en la figura 2.38. Los "Favoritos" se pueden personalizar fácilmente agregando nuevas instrucciones. Para ello sólo se mueve la instrucción a "Favoritos" mediante Drag & Drop. Si la instrucción ya está al alcance se da un clic.

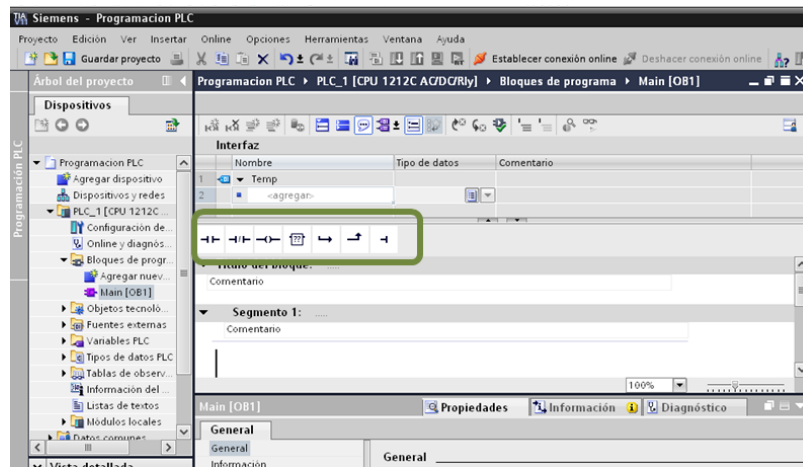


Figura 2.38: Barra de herramientas favoritas para programación

Es posible crear otros OBs para ejecutar funciones específicas, tales como tareas de arranque, procesamiento de alarmas y tratamiento de errores, o ejecución de un código de programa específico en determinados intervalos. Utilizar el diálogo "Agregar nuevo bloque" para crear un OB nuevo en el programa de usuario como se observa en la figura 2.39. La CPU determina el orden de procesamiento de eventos de alarma según la prioridad asignada a cada OB.

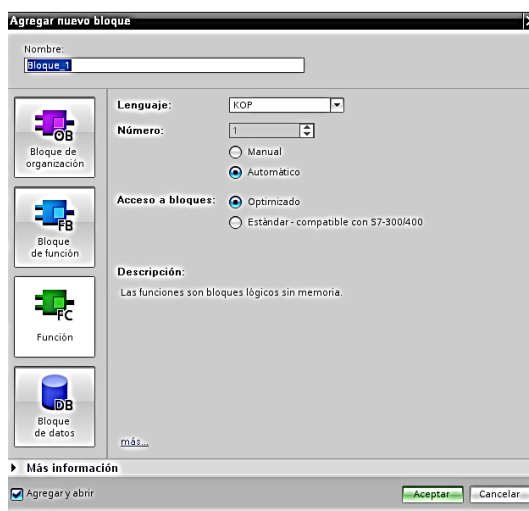


Figura 2.39: Bloques y funciones de programación

Una función (FC) es como una subrutina, es un bloque lógico que generalmente realiza una operación específica con una serie de valores de entrada. La FC almacena los resultados de esta operación en posiciones de memoria. Las FCs se utilizan para realizar las tareas siguientes:

- Para ejecutar operaciones estándar y reutilizables, p. ej. en cálculos matemáticos.
- Para ejecutar tareas funcionales, p. ej. Controles individuales con operaciones lógicas con bits.

Una FC también se puede llamar varias veces en diferentes puntos de un programa. Esto facilita la programación de tareas que se repiten con frecuencia. Al contrario que un FB, una FC no tiene un DB instancia asociado. La FC usa su memoria temporal (L) para los datos utilizados para calcular la operación. Los datos temporales no se almacenan. Para almacenar los datos a fin de poder utilizarlos una vez ejecutada la FC, asigne el valor de salida a una posición de memoria global, p. ej. El área de marcas o un DB global.

Un bloque de función (FB) es como una subrutina con memoria, es un bloque lógico cuyas llamadas pueden programarse mediante parámetros del bloque. El FB almacena los parámetros de entrada (IN), salida (OUT), y entrada/salida (IN_OUT) en una memoria variable integrada en un bloque de datos (DB), o en un DB "instancia". El DB instancia ofrece un bloque de memoria asociado a esa instancia (o llamada) del FB y almacena datos una vez que haya finalizado el FB.

2.3.1 Programación del PLC

Para realizar la programación en el software WinCC Comfort se procede de la siguiente forma:

- En el portal inicio hacer clic en “Crear nuevo proyecto”, introducir el nombre del proyecto y hacer clic en el botón “crear”, ver figura 2.40.

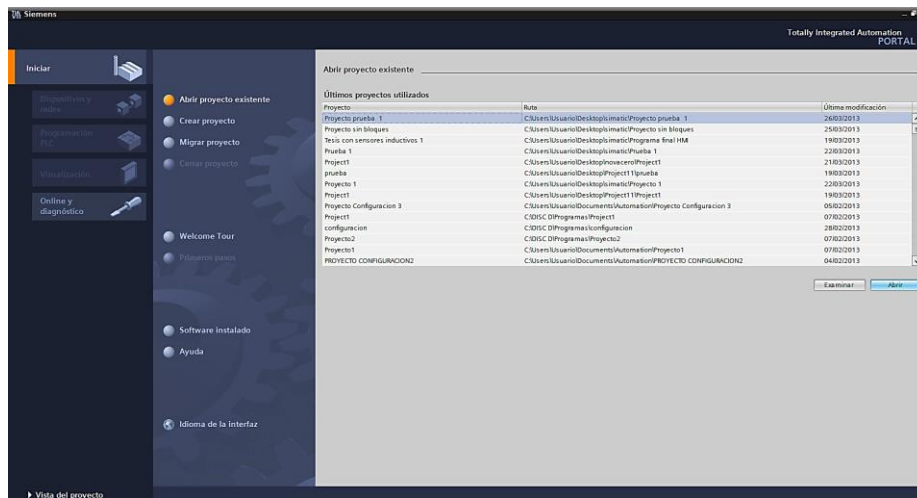


Figura 2.40: Crear nuevo proyecto

Una vez creado el proyecto, seleccionar del portal “Dispositivos y redes”, ver figura 2.41. Hacer clic en el botón “Agregar nuevo dispositivo”. Seleccionar la CPU que desea agregar al proyecto, para su configuración:

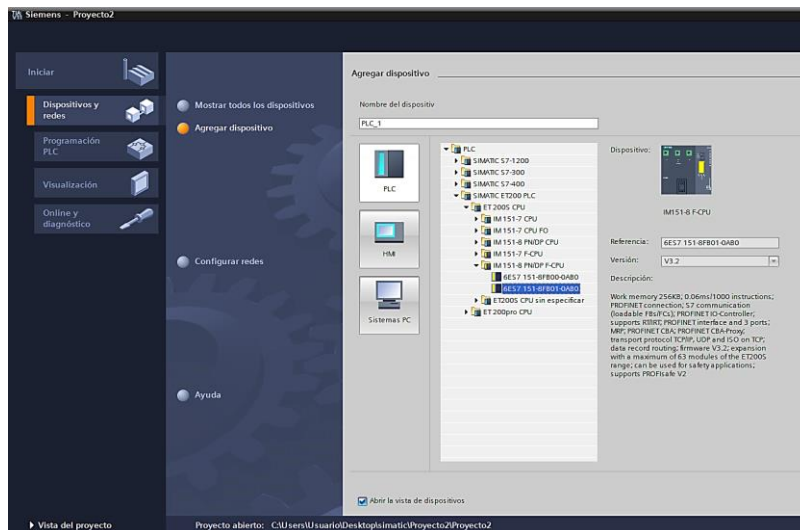


Figura 2.41: Selección de la CPU IM 151-8 F PN/DP

Al hacer clic en "Agregar" con esta opción seleccionada se abre la "Configuración de dispositivos" de la vista del proyecto, como se observa en la figura 2.42.

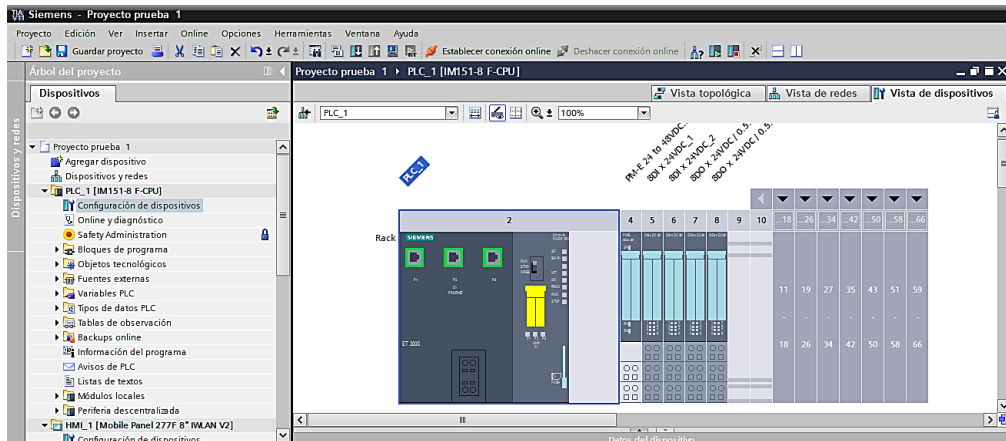


Figura 2.42: CPU agregada para la configuración

Las "variables PLC" son nombres simbólicos para entradas y salidas y para direcciones. Tras crear una variable PLC, STEP 7 Basic la guarda en una tabla de variables, ver figura 2.43. Todos los editores del proyecto (ya sea el editor de programación, el de dispositivos, el de visualización o el de la tabla de observación) pueden acceder a la tabla de variables.

Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visible...	Acces...	Comentario
Anticolision 1	Default tag table	Bool	%I8.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Anticolision 2	Default tag table	Bool	%I8.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Automatico	Default tag table	Bool	%M1.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
BAJAR GANCHO	Default tag table	Bool	%Q2.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Cambio Velocidad	Default tag table	Bool	%M7.4.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Cambio Velocidad bajar	Default tag table	Bool	%M7.4.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Cambio Velocidad derecha	Default tag table	Bool	%M7.4.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Cambio Velocidad izquierda	Default tag table	Bool	%M7.4.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Cambio Velocidad Subir	Default tag table	Bool	%M9.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Conteo Zona 1	Default tag table	Int	%MW12		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Conteo Zona 2	Default tag table	Int	%MW16		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Conteo Zona 3	Default tag table	Int	%MW28		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Conteo Zona 4	Default tag table	Int	%MW36		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Conteo Zona 5	Default tag table	Int	%MW44		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Conteo Zona 6	Default tag table	Int	%MW50		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Conteo Zona 7	Default tag table	Int	%MW58		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Conteo Zona 8	Default tag table	Int	%MW66		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Derecha Polipasto	Default tag table	Bool	%M68.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Emergencia PB	Default tag table	Bool	%Q0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figura 2.43: Tabla de variables

La lógica del programa consiste en una serie de instrucciones que el PLC ejecuta siguiendo una secuencia. Para este ejemplo se utiliza la lógica de Esquema de contactos (KOP) para crear la lógica del programa. El programa KOP es una secuencia de segmentos semejantes a los peldaños de una escalera.

En esta programación se tiene dos modos de selección, Automático para el movimiento del puente grúa hacia las zonas y Manual para el movimiento del polipasto en cada zona así como el movimiento del puente grúa en algunos casos.

Para la programación en automático, se utiliza un bloque principal que permite el acceso a cada movimiento de las zonas establecidas en funciones, divididas en bloques. Esto se realiza una vez cargados todos los parámetros y configuraciones del PLC se procede a realizar la programación del PLC, como se muestra en la figura 2.44.

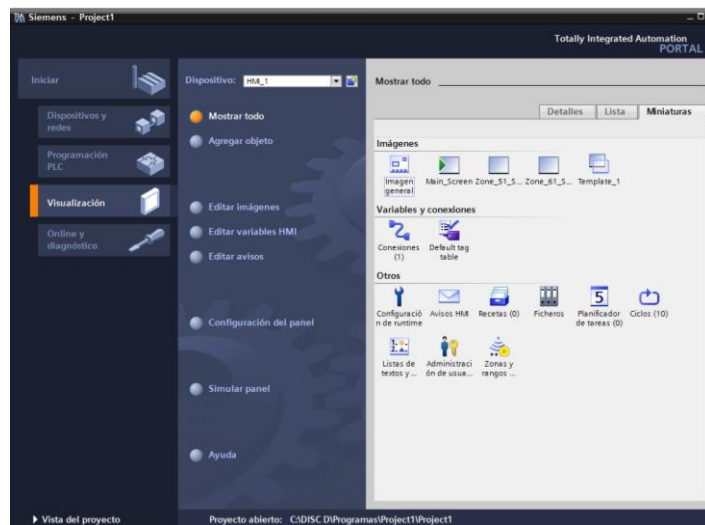


Figura 2.44: Objetos de programación del PLC

Al crear nuevos segmentos con instrucciones KOP. Se pueden asignar los nombres de variables a las diferentes instrucciones. Como se muestra en la tabla 2.10 de variables del PLC:

Tabla 2.11: Variables de Programación del PLC

Name	Data Type	Logical Address	Comment
Anticolisión 1	Bool	%I8.0	Entrada Sensor Anticolisión 1
Automático	Bool	%M1.2	Activación de movimientos del puente grúa en automático
BAJAR GANCHO LENTO	Bool	%Q2.0	Salida Bajar Gancho
Bloqueo Z1	Bool	%M1.4	Bloqueo del sistema anticolisión a zona 1
Bloqueo Z2	Bool	%M11.1	Bloqueo del sistema anticolisión a zona 2
Bloqueo Z3	Bool	%M15.1	Bloqueo del sistema anticolisión a

			zona 3
Bloqueo Z4	Bool	%M19.1	Bloqueo del sistema anticolidión a zona 4
Bloqueo Z5	Bool	%M23.1	Bloqueo del sistema anticolidión a zona 5
Bloqueo Z6	Bool	%M27.1	Bloqueo del sistema anticolidión a zona 6
Bloqueo Z7	Bool	%M31.1	Bloqueo del sistema anticolidión a zona 7
Bloqueo Z8	Bool	%M35.0	Bloqueo del sistema anticolidión a zona 8
Cambio Velocidad bajar	Bool	%M39.3	Cambio de velocidad gancho bajar
Cambio Velocidad norte izquierda	Bool	%M44.6	Cambio de velocidad polipasto norte
Cambio Velocidad Subir	Bool	%M44.0	Cambio de velocidad gancho subir
Cambio Velocidad sur derecha	Bool	%M44.2	Cambio de velocidad polipasto sur
Conteo Zona 1	Int	%MW8	Contador en zona 1
Conteo Zona 2	Int	%MW12	Contador en zona 2
Conteo Zona 3	Int	%MW16	Contador en zona 3
Conteo Zona 4	Int	%MW20	Contador en zona 4
Conteo Zona 5	Int	%MW24	Contador en zona 5
Conteo Zona 6	Int	%MW28	Contador en zona 6
Conteo Zona 7	Int	%MW32	Contador en zona 7
Conteo Zona 8	Int	%MW36	Contador en zona 8
ESTOP	Bool	%Q0.2	Paro de Emergencia
Flanco Centro Z1	Bool	%M0.7	Señal de sensado en zona 1
Flanco Centro Z2	Bool	%M10.6	Señal de sensado en zona 2
Flanco Centro Z3	Bool	%M14.6	Señal de sensado en zona 3
Flanco Centro Z4	Bool	%M18.6	Señal de sensado en zona 4
Flanco Centro Z5	Bool	%M22.6	Señal de sensado en zona 5
Flanco Centro Z6	Bool	%M26.6	Señal de sensado en zona 6
Flanco Centro Z7	Bool	%M30.6	Señal de sensado en zona 7
Flanco Centro Z8	Bool	%M34.6	Señal de sensado en zona 8
Gancho Bajar	Bool	%M38.6	Gancho bajar
Gancho Bajar	Bool	%M39.5	Gancho Bajar en velocidad baja

Velocidad Baja			
Gancho Bajar Velocidad Alta	Bool	%M39.4	Gancho Bajar en velocidad alta
Gancho Subir	Bool	%M38.7	Gancho Subir
Gancho Subir Velocidad Baja	Bool	%M39.1	Gancho Subir en velocidad baja
Gancho Subir Velocidad Alta	Bool	%M39.0	Gancho Subir en velocidad alta
HMI Z1	Bool	%M10.0	Señal en pantalla del sensor en zona 1
HMI Z2	Bool	%M14.0	Señal en pantalla del sensor en zona 2
HMI Z3	Bool	%M18.0	Señal en pantalla del sensor en zona 3
HMI Z4	Bool	%M22.0	Señal en pantalla del sensor en zona 4
HMI Z5	Bool	%M26.0	Señal en pantalla del sensor en zona 5
HMI Z6	Bool	%M30.0	Señal en pantalla del sensor en zona 6
HMI Z7	Bool	%M34.0	Señal en pantalla del sensor en zona 7
HMI Z8	Bool	%M35.6	Señal en pantalla del sensor en zona 8
Mov Adelante	Bool	%M45.1	Mover adelante grúa
Mov Atras	Bool	%M45.5	Mover atrás grúa
Mov Bajar	Bool	%M39.2	Movimiento Bajar
Mov Derecha General	Bool	%M7.6	Movimientos acumulativos a derecha
Mov Derecha Polipasto	Bool	%M39.6	Mover polipasto derecha
Mov Derecha Z1	Bool	%M7.1	Movimiento derecha zona 1
Mov Derecha Z2	Bool	%M11.4	Movimiento derecha zona 2
Mov Derecha Z3	Bool	%M15.4	Movimiento derecha zona 3
Mov Derecha Z4	Bool	%M19.4	Movimiento derecha zona 4
Mov Derecha Z5	Bool	%M23.4	Movimiento derecha zona 5
Mov Derecha Z6	Bool	%M27.4	Movimiento derecha zona 6
Mov Derecha Z7	Bool	%M31.4	Movimiento derecha zona 7
Mov Derecha Z8	Bool	%M35.3	Movimiento derecha zona 8
Mov Izquierda General	Bool	%M7.7	Movimiento izquierda
Mov Izquierda Polipasto	Bool	%M44.5	Mover polipasto izquierda
Mov Izquierda Z1	Bool	%M7.0	Movimiento izquierda zona 1
Mov Izquierda Z2	Bool	%M11.3	Movimiento izquierda zona 2
Mov Izquierda Z3	Bool	%M15.3	Movimiento izquierda zona 3

Mov Izquierda Z4	Bool	%M19.3	Movimiento izquierda zona 4
Mov Izquierda Z5	Bool	%M23.3	Movimiento izquierda zona 5
Mov Izquierda Z6	Bool	%M27.3	Movimiento izquierda zona 6
Mov Izquierda Z7	Bool	%M31.3	Movimiento izquierda zona 7
Mov Izquierda Z8	Bool	%M35.2	Movimiento izquierda zona 8
Mov Subir	Bool	%M38.5	Movimiento Subir
Movimiento Derecha	Bool	%M38.0	Movimiento derecha
Movimiento Izquierda	Bool	%M35.7	Movimiento izquierda
Movimiento Velocidad Alta Puente Derecha	Bool	%M45.3	Movimiento velocidad alta a derecha del puente
Movimiento Velocidad Alta Puente izquierda	Bool	%M38.1	Movimiento velocidad alta a izquierda del puente
Movimiento Velocidad Baja puente derecha	Bool	%M45.4	Movimiento velocidad baja a derecha del puente
Movimiento Velocidad Baja puente izquierda	Bool	%M38.3	Movimiento velocidad baja a izquierda del puente
Norte Polipasto derecha	Bool	%M39.7	Selección a derecha del polipasto
Permiso Z1	Bool	%M0.6	Permiso de operación en zona 1
Permiso Z2	Bool	%M10.5	Permiso de operación en zona 2
Permiso Z3	Bool	%M14.5	Permiso de operación en zona 3
Permiso Z4	Bool	%M18.5	Permiso de operación en zona 4
Permiso Z5	Bool	%M22.5	Permiso de operación en zona 5
Permiso Z6	Bool	%M26.5	Permiso de operación en zona 6
Permiso Z7	Bool	%M30.5	Permiso de operación en zona 7
Permiso Z8	Bool	%M34.5	Permiso de operación en zona 8
Polipasto Norte Derecha	Bool	%Q2.1	Salida Movimiento Polipasto a derecha
Polipasto Sur Izquierda	Bool	%Q2.2	Salida Movimiento Polipasto a izquierda
Polipasto velocidad alta norte	Bool	%M44.7	Movimiento polipasto norte velocidad alta

Polipasto velocidad alta sur	Bool	%M44.3	Movimiento polipasto sur velocidad alta
Polipasto velocidad baja norte	Bool	%M45.0	Movimiento polipasto norte velocidad baja
Polipasto velocidad baja sur	Bool	%M44.4	Movimiento polipasto sur velocidad baja
Posicion Z1	Bool	%M6.0	Comparar última posición en zona
Posicion Z2	Bool	%M6.1	Comparar última posición en zona
Posicion Z3	Bool	%M10.7	Comparar última posición en zona
Posicion Z4	Bool	%M14.7	Comparar última posición en zona
Posicion Z5	Bool	%M18.7	Comparar última posición en zona
Posicion Z6	Bool	%M22.7	Comparar última posición en zona
Posicion Z7	Bool	%M26.7	Comparar última posición en zona
Posicion Z8	Bool	%M30.7	Comparar última posición en zona
Reset Z1	Bool	%M1.6	Reseteo en zona 1
Reset Z2	Bool	%M11.2	Reseteo en zona 2
Reset Z3	Bool	%M15.2	Reseteo en zona 3
Reset Z4	Bool	%M19.2	Reseteo en zona 4
Reset Z5	Bool	%M23.2	Reseteo en zona 5
Reset Z6	Bool	%M27.2	Reseteo en zona 6
Reset Z7	Bool	%M31.2	Reseteo en zona 7
Reset Z8	Bool	%M35.1	Reseteo en zona 8
SENSOR 1	Bool	%I7.0	Entrada física sensor 1 en modulo
SENSOR 2	Bool	%I7.1	Entrada física sensor 2 en modulo
SENSOR 3	Bool	%I7.2	Entrada física sensor 3 en modulo
SENSOR 4	Bool	%I7.3	Entrada física sensor 4 en modulo
SENSOR 5	Bool	%I7.4	Entrada física sensor 5 en modulo
SENSOR 6	Bool	%I7.5	Entrada física sensor 6 en modulo
SENSOR 7	Bool	%I7.6	Entrada física sensor 7 en modulo
SENSOR 8	Bool	%I7.7	Entrada física sensor 8 en modulo
Sensor Anticolision 1	Bool	%M1.3	Sensor anticolisión 1
Sensor Anticolision 2	Bool	%M45.7	Sensor anticolisión 2
Sensor Z1	Bool	%M7.2	Sensor zona 1
Sensor Z2	Bool	%M7.3	Sensor zona 2
Sensor Z3	Bool	%M11.5	Sensor zona 3
Sensor Z4	Bool	%M15.5	Sensor zona 4

Sensor Z5	Bool	%M19.5	Sensor zona 5
Sensor Z6	Bool	%M23.5	Sensor zona 6
Sensor Z7	Bool	%M27.5	Sensor zona 7
Sensor Z8	Bool	%M31.5	Sensor zona 8
SUBIR GANCHO LENTO	Bool	%Q0.7	Salida subir gancho
Sur Polipasto Izquierda	Bool	%M44.1	Selección a izquierda del polipasto
Tag_1	Bool	%M0.0	Configuración FielSafe
Tag_11	Word	%IW90	Configuración FielSafe
Tag_12	Word	%IW92	Configuración FielSafe
Tag_13	Word	%QW90	Configuración FielSafe
Tag_14	Word	%QW92	Configuración FielSafe
Tag_2	Bool	%I0.0	Configuración FielSafe
Tag_3	Bool	%I0.1	Configuración FielSafe
Tag_4	Bool	%M0.1	Configuración FielSafe
Tag_6	Bool	%M100.0	Configuración FielSafe
Tag_7	Bool	%M100.1	Configuración FielSafe
Tag_8	Bool	%Q0.1	Configuración FielSafe
Tag_9	Bool	%M100.2	Configuración FielSafe
tag5	Bool	%Q0.0	Configuración FielSafe
Tiempo Cambio Velocidad	Time	%MD40	Temporizador para cambio de velocidad
Touch Z1	Bool	%M1.1	Pulsante zona 1
Touch Z2	Bool	%M1.7	Pulsante zona 2
Touch Z3	Bool	%M6.2	Pulsante zona 3
Touch Z4	Bool	%M6.3	Pulsante zona 4
Touch Z5	Bool	%M6.4	Pulsante zona 5
Touch Z6	Bool	%M6.5	Pulsante zona 6
Touch Z7	Bool	%M6.6	Pulsante zona 7
Touch Z8	Bool	%M6.7	Pulsante zona 8
Ultima Posicion	Real	%MD2	Comparar última posición puente grúa
VEL BAJA DERECHA PUENTE	Bool	%Q0.4	Salida movimiento derecha del puente velocidad baja
VEL BAJA IZQUIERDA PUENTE	Bool	%Q0.5	Salida movimiento izquierda del puente velocidad baja

Velocidad alta Gancho	Bool	%Q0.6	Salida velocidad alta a variador
Velocidad Alta General	Bool	%M38.2	Velocidad alta general
Velocidad Alta Polipasto	Bool	%Q2.3	Salida velocidad alta polipasto
VELOCIDAD ALTA PUENTE	Bool	%Q0.3	Velocidad acumulativa alta
Velocidad Alta Z1	Bool	%M1.0	Velocidad alta en zona 1
Velocidad Alta Z2	Bool	%M11.0	Velocidad alta en zona 2
Velocidad Alta Z3	Bool	%M15.0	Velocidad alta en zona 3
Velocidad Alta Z4	Bool	%M19.0	Velocidad alta en zona 4
Velocidad Alta Z5	Bool	%M23.0	Velocidad alta en zona 5
Velocidad Alta Z6	Bool	%M27.0	Velocidad alta en zona 6
Velocidad Alta Z7	Bool	%M31.0	Velocidad alta en zona 7
Velocidad Alta Z8	Bool	%M34.7	Velocidad alta en zona 8
Velocidad Baja General	Bool	%M38.4	Velocidad acumulativa baja
Velocidad Baja Z1	Bool	%M0.4	Velocidad baja en zona 1
Velocidad Baja Z2	Bool	%M10.3	Velocidad baja en zona 2
Velocidad Baja Z3	Bool	%M14.3	Velocidad baja en zona 3
Velocidad Baja Z4	Bool	%M18.3	Velocidad baja en zona 4
Velocidad Baja Z5	Bool	%M22.3	Velocidad baja en zona 5
Velocidad Baja Z6	Bool	%M26.3	Velocidad baja en zona 6
Velocidad Baja Z7	Bool	%M30.3	Velocidad baja en zona 7
Velocidad Baja Z8	Bool	%M34.3	Velocidad baja en zona 8
Velocidad derecha cambio	Bool	%M45.2	Cambio de velocidad a derecha
Velocidad izquierda cambio	Bool	%M45.6	Cambio de velocidad a izquierda
Z1 Centro	Bool	%M0.5	Sensor centro zona 1
Z1 Conteo 1	Bool	%M7.4	Contador 1
Z1 Conteo 2	Bool	%M7.5	Contador 2
Z1 Derecha	Bool	%M0.3	Sensor a derecha de zona 1
Z1 Izquierda	Bool	%M0.2	Sensor a izquierda de zona 1
Z2 Centro	Bool	%M10.4	Sensor centro zona 2
Z2 Conteo 1	Bool	%M11.6	Contador 1
Z2 Conteo 2	Bool	%M11.7	Contador 2

Z2 Derecha	Bool	%M10.2	Sensor a derecha de zona 2
Z2 Izquierda	Bool	%M10.1	Sensor a izquierda de zona 2
Z3 Centro	Bool	%M14.4	Sensor centro zona 3
Z3 Conteo 1	Bool	%M15.6	Contador 1
Z3 Conteo 2	Bool	%M15.7	Contador 2
Z3 Derecha	Bool	%M14.2	Sensor a derecha de zona 3
Z3 Izquierda	Bool	%M14.1	Sensor a izquierda de zona 3
Z4 Centro	Bool	%M18.4	Sensor centro zona 4
Z4 Conteo 1	Bool	%M19.6	Contador 1
Z4 Conteo 2	Bool	%M19.7	Contador 2
Z4 Derecha	Bool	%M18.2	Sensor a derecha de zona 4
Z4 Izquierda	Bool	%M18.1	Sensor a izquierda de zona 4
Z5 Centro	Bool	%M22.4	Sensor centro zona 5
Z5 Conteo 1	Bool	%M23.6	Contador 1
Z5 Conteo 2	Bool	%M23.7	Contador 2
Z5 Derecha	Bool	%M22.2	Sensor a derecha de zona 5
Z5 Izquierda	Bool	%M22.1	Sensor a izquierda de zona 5
Z6 Centro	Bool	%M26.4	Sensor centro zona 6
Z6 Conteo 1	Bool	%M27.6	Contador 1
Z6 Conteo 2	Bool	%M27.7	Contador 2
Z6 Derecha	Bool	%M26.2	Sensor a derecha de zona 6
Z6 Izquierda	Bool	%M26.1	Sensor a izquierda de zona 6
Z7 Centro	Bool	%M30.4	Sensor centro zona 7
Z7 Conteo 1	Bool	%M31.6	Contador 1
Z7 Conteo 2	Bool	%M31.7	Contador 2
Z7 Derecha	Bool	%M30.2	Sensor a derecha de zona 7
Z7 Izquierda	Bool	%M30.1	Sensor a izquierda de zona 7
Z8 Centro	Bool	%M34.4	Sensor centro zona 8
Z8 Conteo 1	Bool	%M35.4	Contador 1
Z8 Conteo 2	Bool	%M35.5	Contador 2
Z8 Derecha	Bool	%M34.2	Sensor a derecha de zona 8
Z8 Izquierda	Bool	%M34.1	Sensor a izquierda de zona 8

Una vez establecidas las variables del PLC se procede a realizar la estructura de programación, utilizando cada variable creada. La estructura del modo automático

es similar en cada zona establecida, la diferencia es el nombre de la variable por ende la asignación de la misma, manteniendo la misma función en cada segmento de programación.

La memoria de salida “Velocidad Baja Z1”, se activará si en el movimiento del puente grúa, el sensor 1 pasa por el receptor de izquierda/derecha o posición izquierda/derecha de la zona 1. Desactivándolo únicamente el receptor central “Z1 centro”, que cambia de velocidad baja a detener el puente grúa. Además como requerimiento de este proceso es necesaria la activación de Permiso Z1.

El receptor es una estructura metálica, con 3 posiciones en cada zona. Como se observa en la figura 2.45.



Figura 2.45: Receptor de señal del sensor inductivo.

Z1 centro se compara con la última posición del puente grúa, esta posición está determinada por la función MOVE, en donde en cada zona incrementa la posición actual es decir en la zona1 será igual a 6m recorridos, incrementando en cada zona 12m.

SEGMENTO 1. Figura 2.46. Para los cambios de velocidad de alta a baja, cambia de acuerdo a los contadores de sensor en cada zona. Se activa velocidad baja con sensor izquierda o derecha en cada zona, y se desactiva velocidad baja con sensor centro de la zona escogida. Permiso de zona permite activar los movimientos en velocidades alta o baja una vez presionado el pulsante de la zona deseada, Touch #.

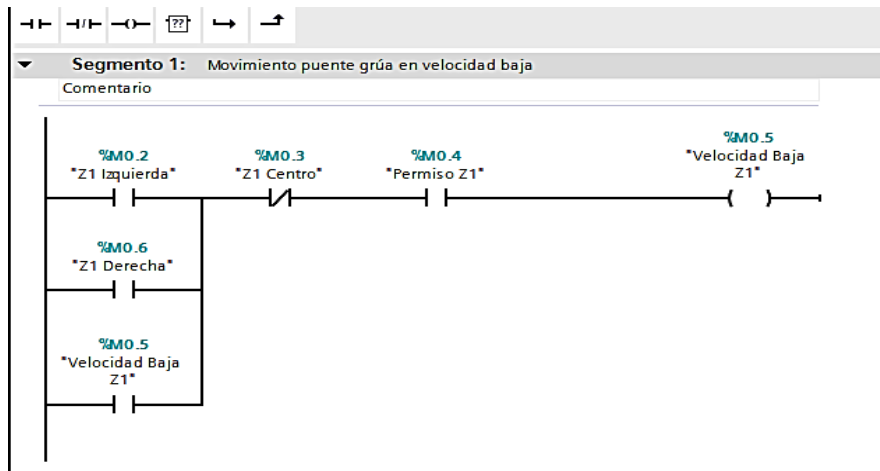


Figura 2.46: SEGMENTO 1 (Movimiento Puente grúa en velocidad baja)

SEGMENTO 2. Figura 2.47. Compara la posición de la zona centro para el siguiente movimiento que permite el accionamiento a derecha o izquierda, en zona 1 únicamente permitirá el movimiento a zonas mayores a esta, y en zona 8 permitirá el movimiento únicamente en zonas menores a esta. Posición Z# “SET” indica la última posición del puente grúa en pantalla, Posición Z# “RESET” desactiva última posición al mover el puente grúa a otra zona y vuelve a mostrar la última posición.

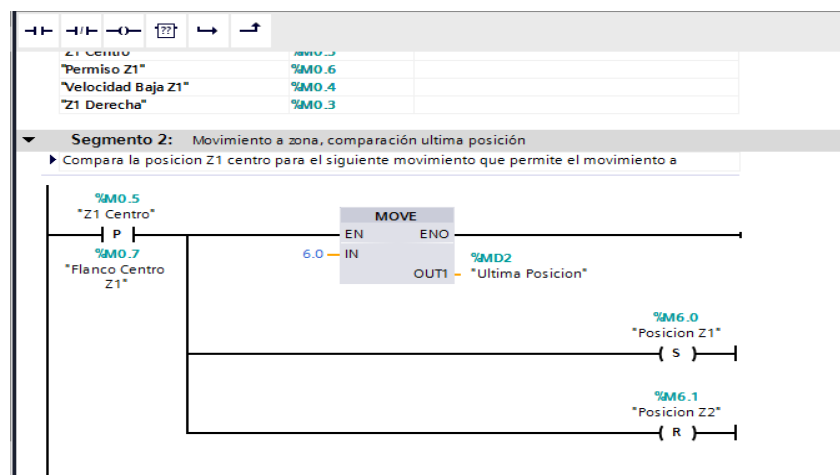


Figura 2.47: SEGMENTO 2 (Movimiento a zonas, comparará última posición)

SEGMENTO 3. Figura 2.48. Activación de velocidad alta, permiso de zona permite la activación de esta velocidad una vez pulsado el botón de zona deseado. Velocidad baja desactiva velocidad alta, cuando pasa por el primer contador del sensor en cada zona.

SEGMENTO 4. Figura 2.48. Touch Z# permite activar los permisos para cada zona, es el pulsante para mover el puente grúa a la zona deseada, además permiso Z# activa los movimientos derecha o izquierda de cada zona en velocidad alta, como requisito fundamental es que esté activo el pulsante automático, el paro de emergencia de contacto cerrado. Desactivará los permisos de zona, RESET Z#.

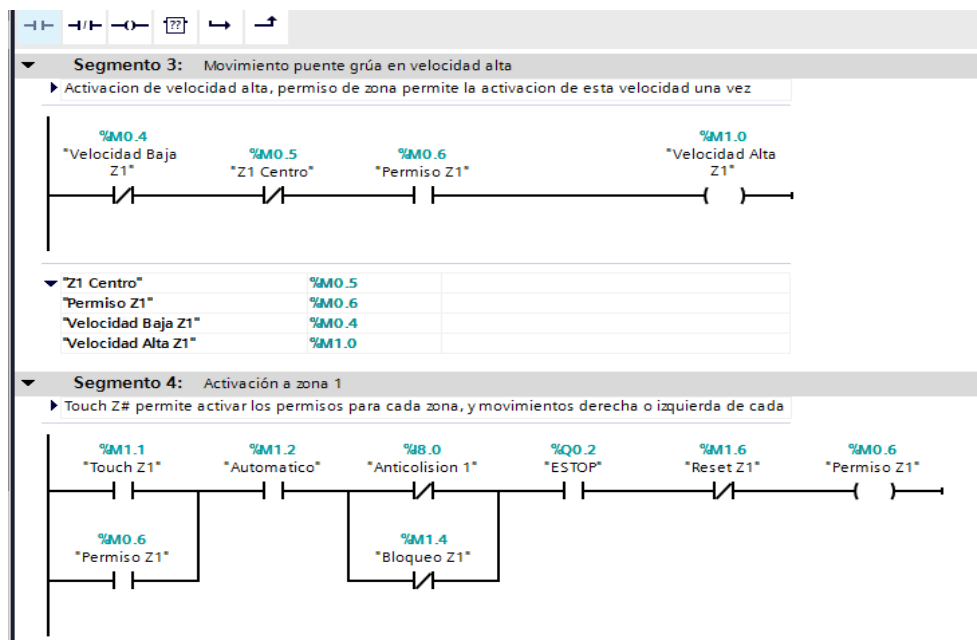


Figura 2.48: SEGMENTO 3-4 (Movimiento puente grúa en velocidad alta-Activación de Permiso Z#)

SEGMENTO 5. Figura 2.49. Reset Z#, desactiva los permisos en cada zona, excepto en la zona activa.

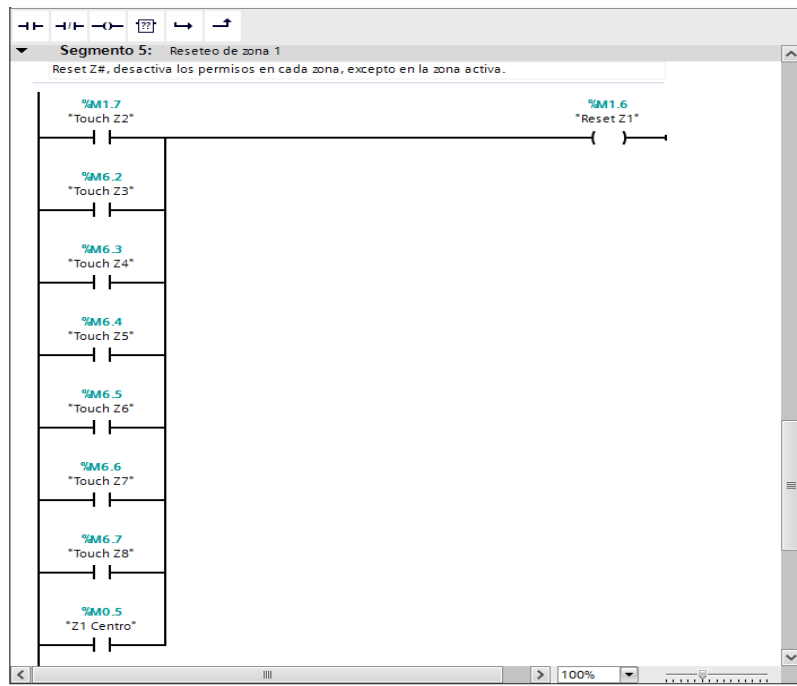


Figura 2.49: SEGMENTO 5 (Reseteo de zonas, nueva posición)

SEGMENTO 6. Figura 2.50. Permiso Z# activa los movimiento a derecha o izquierda del puente grúa, dependiendo en que zona se encuentre el puente grúa, comparando la última posición sea mayor o menor a la activada.

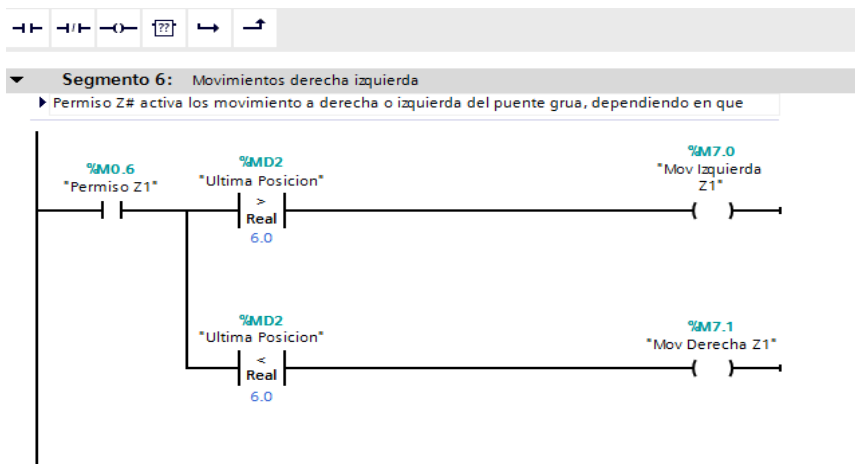


Figura 2.50: SEGMENTO 6 (Movimientos derecha izquierda puente grúa)

SEGMENTO 7. Figura 2.51. Contador de sensores en cada zona, permite ir bajando las velocidades de alta a baja según las veces que pase el sensor por cada zona, Conteo 1 y Conteo 2, reciben dicha señal.

SEGMENTO 8-9. Figura 2.52. Conteo 1 Zona #, contará la primera señal del sensor del puente en movimiento, colocado a 1(metro) del sensor centro, para activar velocidad baja, hasta detenerse completamente con Conteo 2 Zona #, que desactiva velocidad baja y detiene el puente grúa.

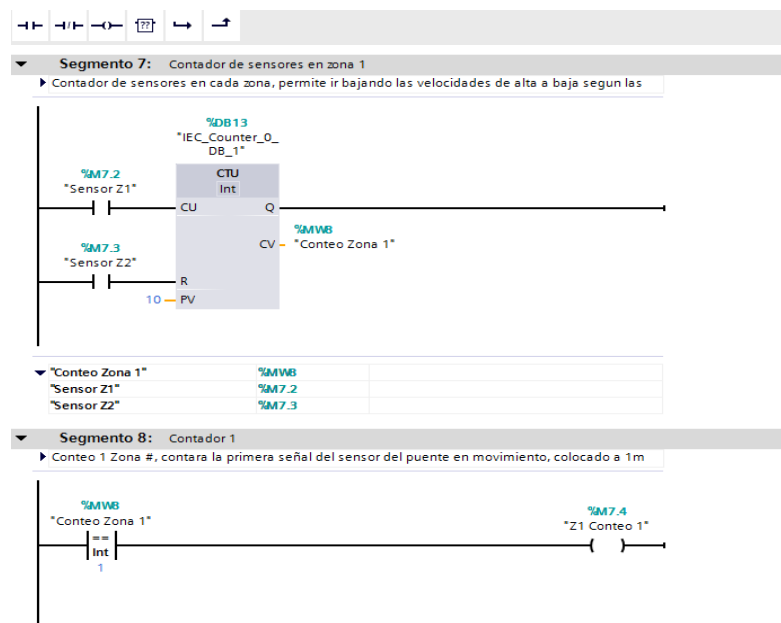


Figura 2.51: SEGMENTO 7-8 (Contador posición del sensor en zona)

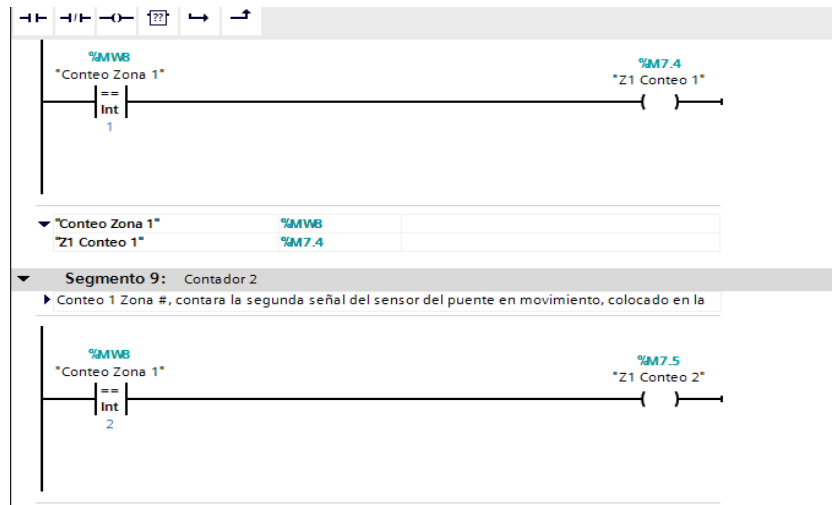


Figura 2.52: SEGMENTO 9 (Contador de posición Sensor en Zona)

SEGMENTO 10-11. Figura 2.53. Z# Izquierda, es la señal del sensor activada por movimiento derecha general luego del primer conteo en zona, movimiento derecha general moverá el puente grúa a derecha y pasara por el primer sensor virtual de izquierda en cualquier zona. E inversamente Z# Derecha, se activara luego del primer conteo de zona que será sensado por el movimiento izquierda del puente grúa.

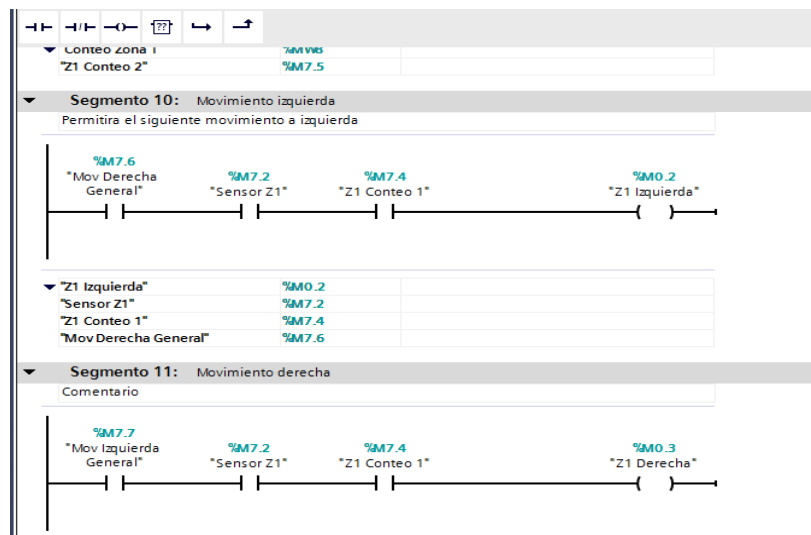


Figura 2.53: SEGMENTO 10-11 (Activación de movimientos derecha izquierda)

SEGMENTO 12. Figura 2.54. Z# centro se activara luego del segundo conteo de zona, es decir cuando el puente grúa se encuentre en la mitad, independiente del movimiento derecha o izquierda, según la última posición, activara la señal en pantalla una vez activado el sensor centro.

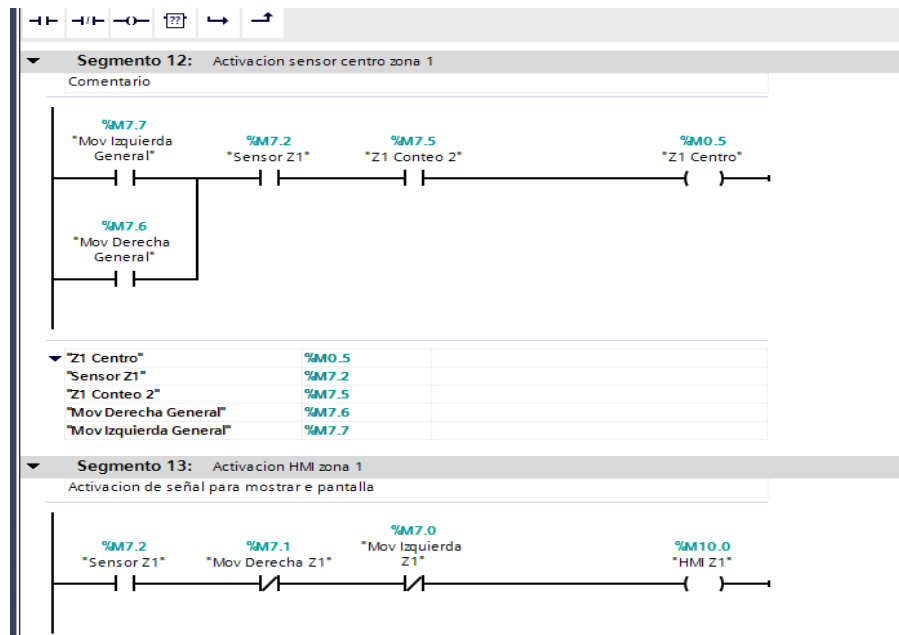


Figura 2.54: SEGMENTO 12-13 (Activación de Sensor Centro en Zona)

SEGMENTO 14. Figura 2.55. Permitirá el movimiento a la siguiente zona mientras esta activo el sensor anticolidión, dependiendo del puente grúa. El Puente 1, solo se moverá hacia la izquierda si está activo el sensor anticolidión, y el Puente 2, solo se moverá a derecha, ya que si avanzan inversamente podrían colisionar.

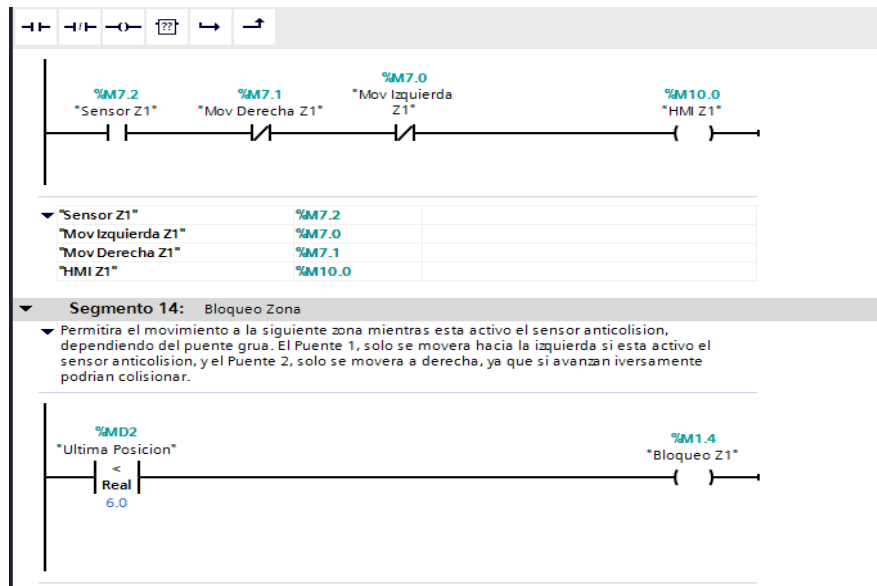


Figura 2.55: SEGMENTO 14 (Bloqueo Z1)

▪ **BLOQUE DE MOVIMIENTOS Y VELOCIDADES ACUMULATIVAS**

SEGMENTO 1. Figura 2.56. A continuación se obtiene las velocidades generales acumulativas, de todas las zonas, se establece el movimiento general izquierda, para el movimiento del puente grúa hacia la izquierda.

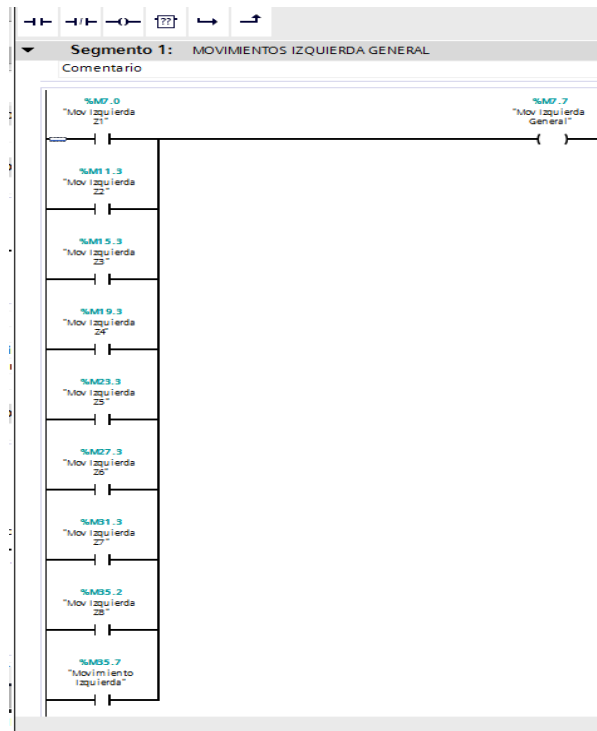


Figura 2.56: Movimiento izquierda general

SEGMENTO 2. Figura 2.57. A continuación se obtiene las velocidades generales acumulativas, de todas las zonas, se establece el movimiento general derecha, para el movimiento del puente grúa hacia la derecha.

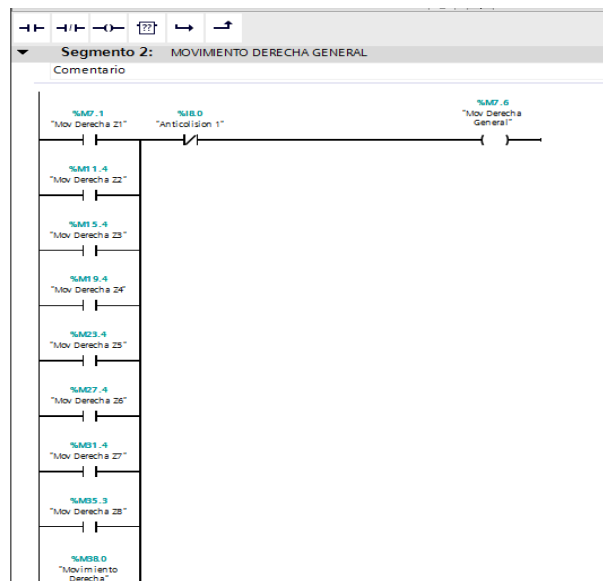


Figura 2.57: Movimiento derecha general

SEGMENTO 3. Figura 2.58. A continuación se obtiene las velocidades altas generales, de todas las zonas, se establece la velocidad alta general, para el movimiento del puente grúa en cualquier dirección en velocidad alta.

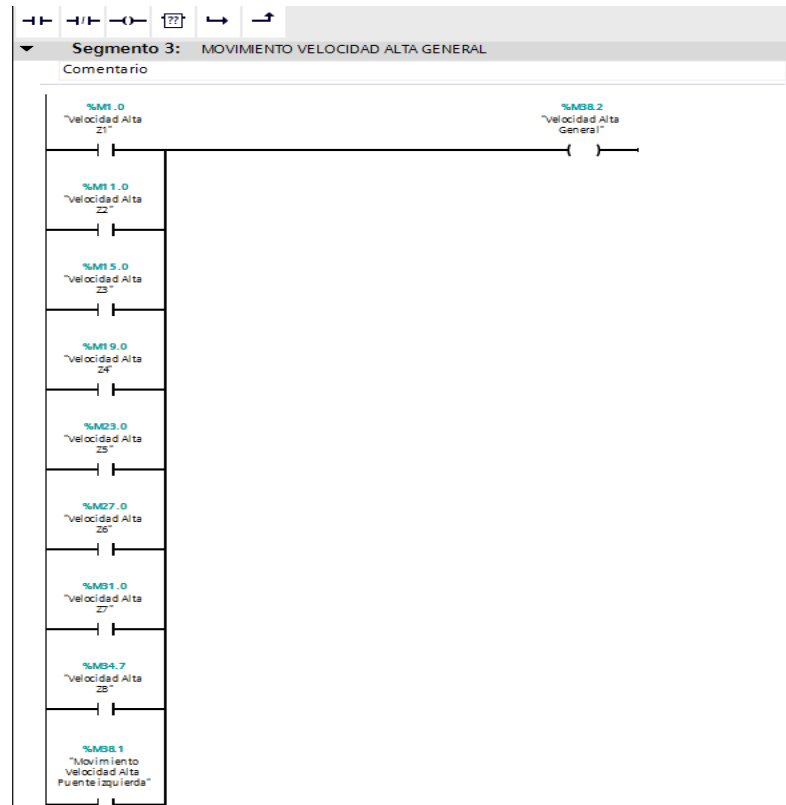


Figura 2.58: Velocidad alta general

SEGMENTO 4. Figura 2.59. A continuación se obtiene las velocidades bajas generales, de todas las zonas, se establece la velocidad baja general, para el movimiento del puente grúa en cualquier dirección en velocidad baja.

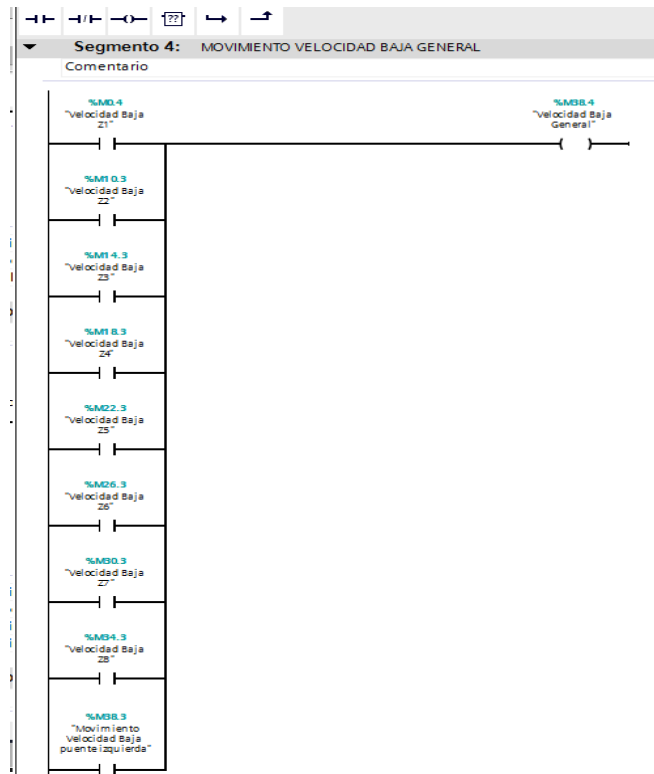


Figura 2.59: Velocidad baja general

▪ **BLOQUE ASIGNACION DE SALIDAS Y MOVIMIENTOS MANUALES**

- A continuación se realiza los movimientos manuales de polipasto y puente grúa, durante este accionamiento no se puede operar en modo automático.
- Gancho subir asigna una memoria para el accionamiento del polipasto, necesita cumplir con las condiciones anteriores, PARO DE EMERGENCIA, AUTOMATICO, PULSANTE MOV SUBIR.
- Al mantener pulsado Gancho Subir por un lapso mayor a 5 segundos, el temporizador se activa y se activa además el cambio de velocidad, es decir se activa velocidad alta, como se observa en la figura 2.60.

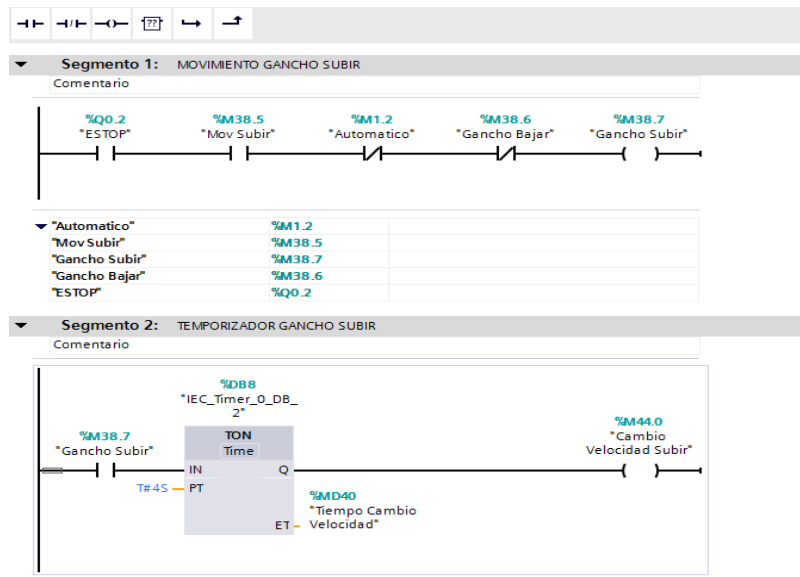


Figura 2.60: Asignación de salidas

- Gancho subir permite el accionamiento en velocidad alta y baja del gancho, una vez que se activa el temporizador, cambia a velocidad alta, caso contrario se mantiene en velocidad baja, figura 2.61.

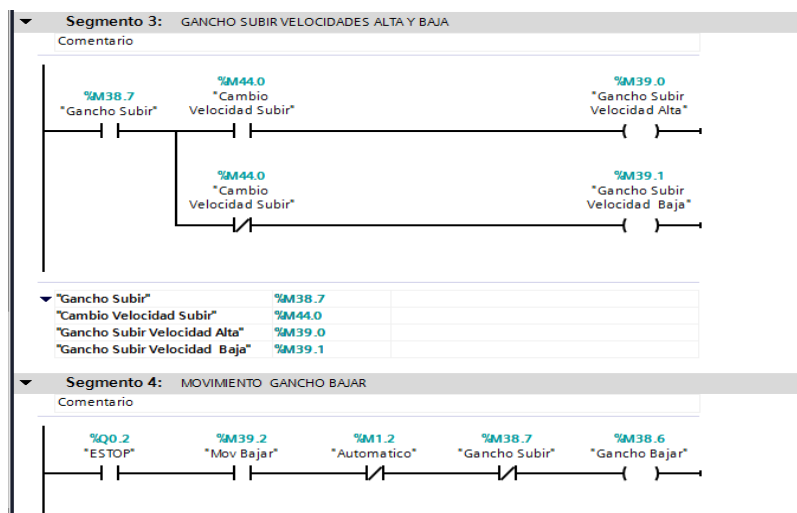


Figura 2.61: Movimiento manual gancho subir

- Gancho bajar contiene el mismo principio de operación que gancho subir, se asigna una memoria para el accionamiento del polipasto, necesita cumplir con las condiciones anteriores, PARO DE EMERGENCIA, AUTOMATICO, PULSANTE MOV BAJAR.

- Al mantener pulsado Gancho bajar por un lapso mayor a 5 segundos, el temporizador se activa y se activa además el cambio de velocidad, es decir se activa velocidad alta.
- Gancho bajar permite el accionamiento en velocidad alta y baja del gancho, una vez que se activa el temporizador, cambia a velocidad alta, caso contrario se mantiene en velocidad baja, ver figura 2.62.

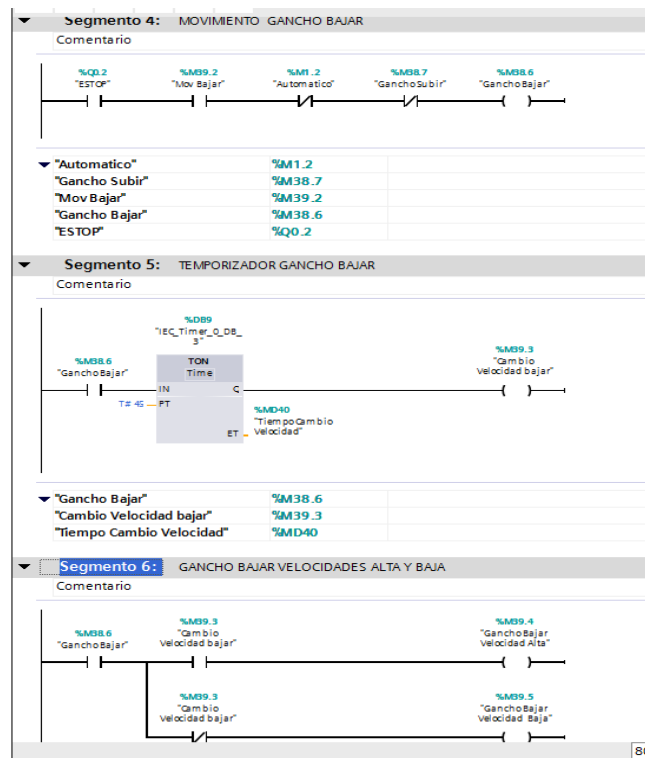


Figura 2.62: Movimiento Gancho Bajar

- Los movimientos manuales del polipasto y del puente grúa, tienen el mismo principio de operación, al activar el pulsante de operación activará un temporizador, el cual activará velocidad alta en cualquier mando. Caso contrario mantendrá velocidad baja, como se observa en las siguientes figuras, (2.63-2.66)

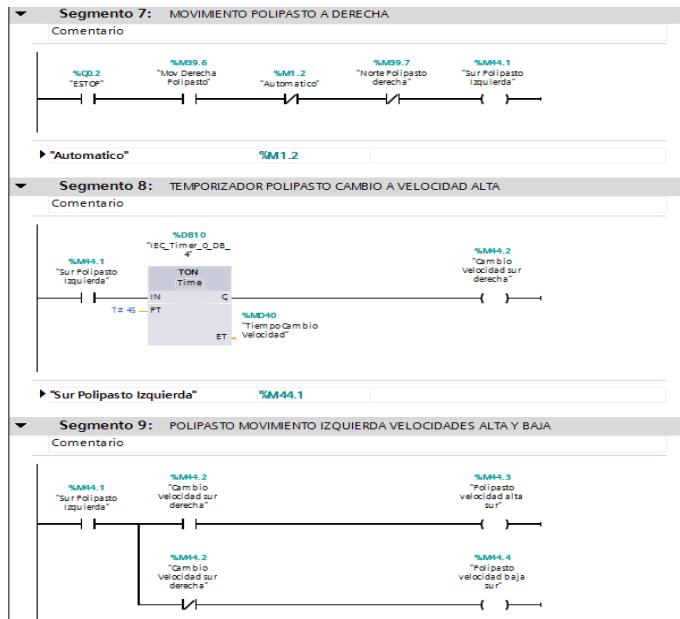


Figura 2.63: Movimiento Polipasto derecha manual

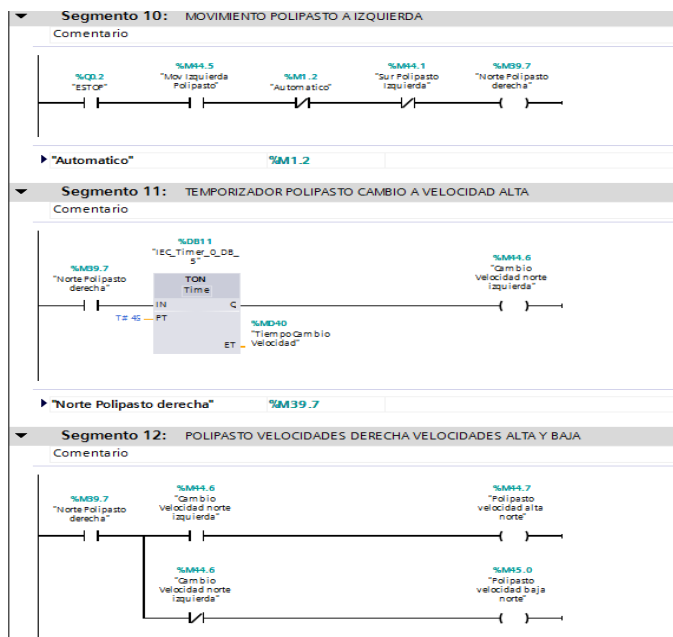


Figura 2.64: Movimiento Polipasto izquierda manual

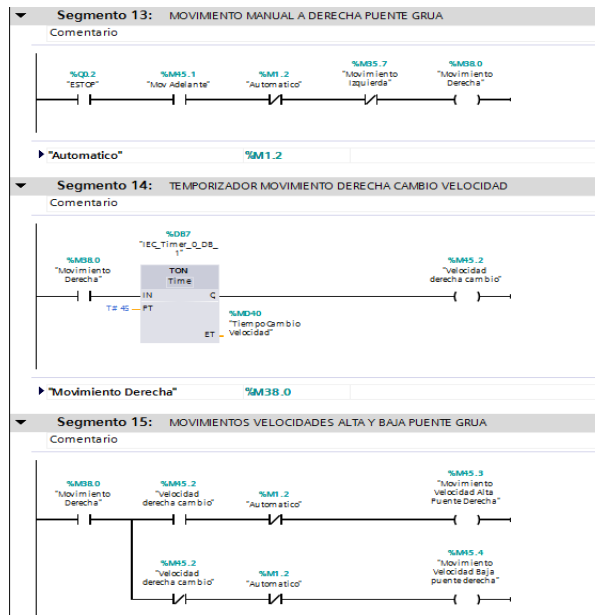


Figura 2.65: Movimiento Manual derecha puente grúa

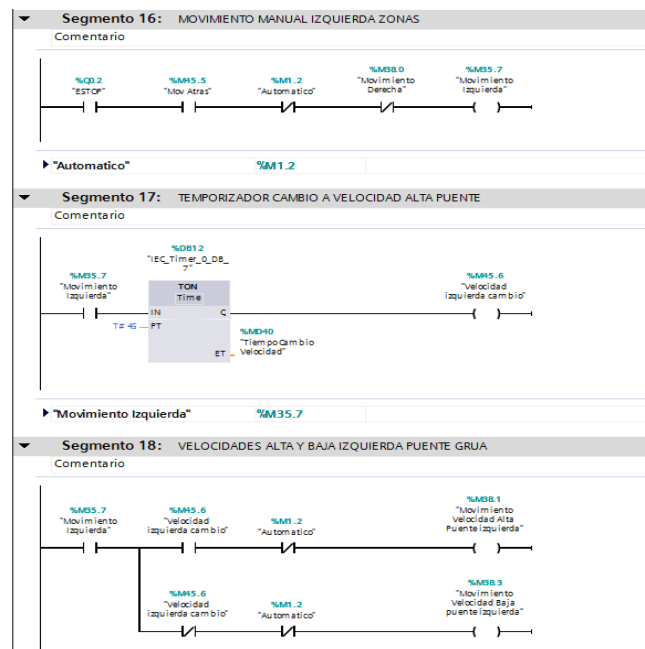


Figura 2.66: Movimiento Manual izquierda puente grúa

- A continuación se asignan las entradas físicas de los sensores inductivos, que se accionan en cada posición, para el mando del proceso, ver figura 2.67-2.69.

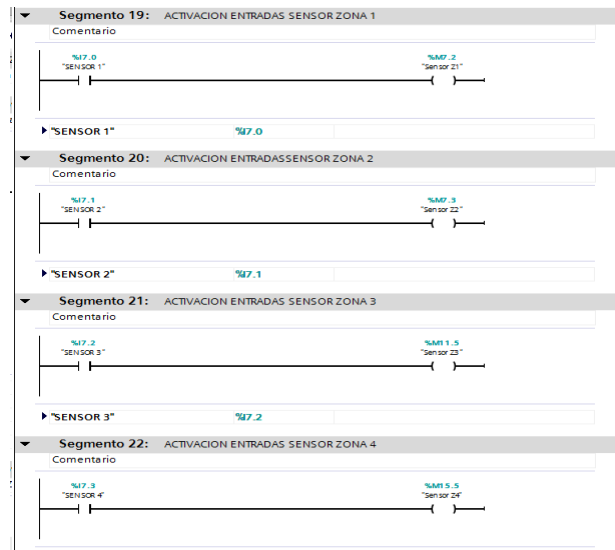


Figura 2.67: Asignación de entradas físicas del proceso

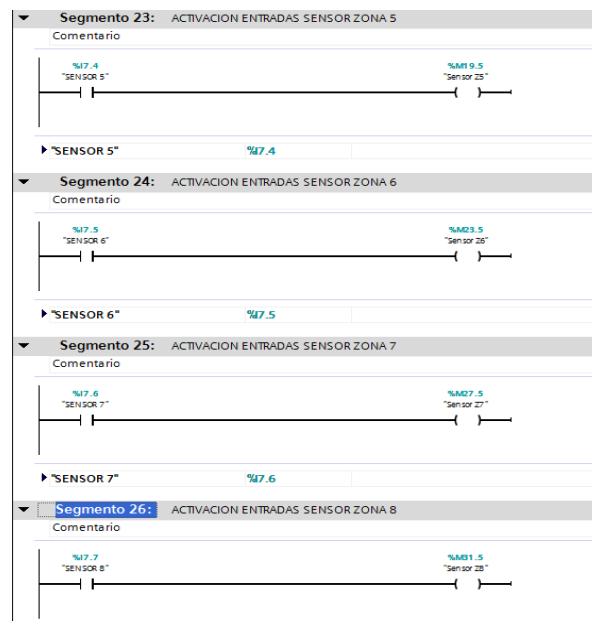


Figura 2.68: Asignación de entradas físicas del proceso

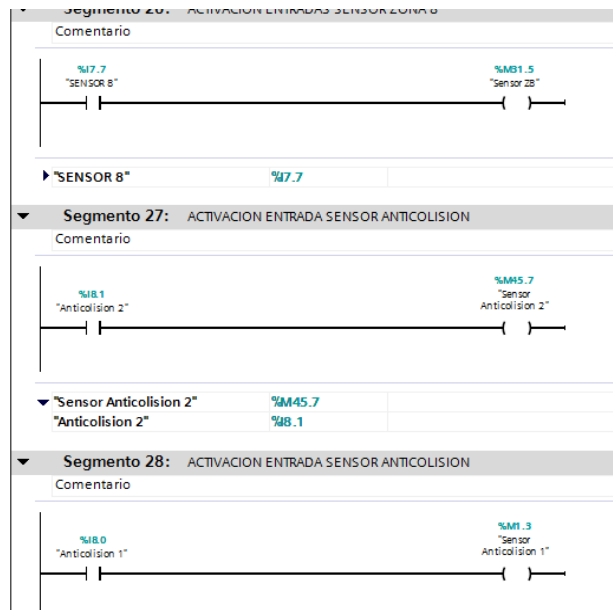


Figura 2.69: Asignación de entradas de los sensores anticolidión

- Se asigna además las salidas físicas del proceso, en este caso para velocidad alta, velocidad baja en movimientos derecha - izquierda del puente grúa, movimientos norte – sur del polipasto y movimientos subir - bajar del gancho, ver figuras (2.70-2.74).

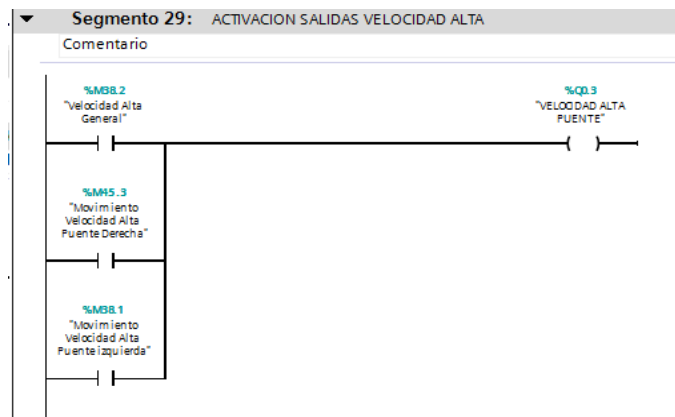


Figura 2.70: Asignación de salidas velocidad alta puente grúa

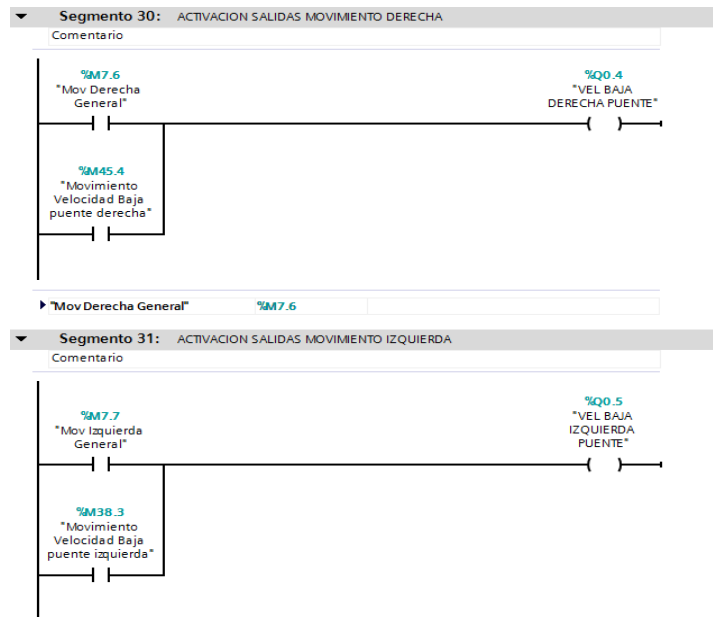


Figura 2.71: Asignación de salidas movimientos derecha – izquierda velocidad baja puente grúa

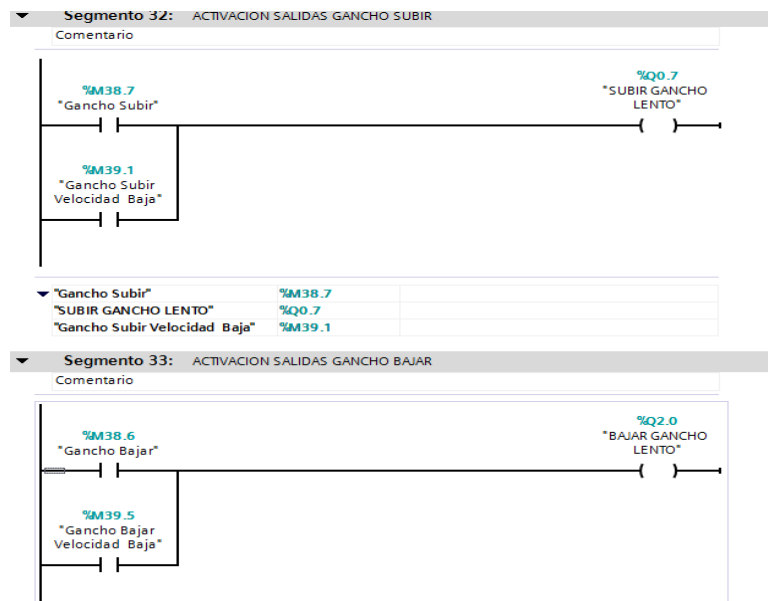


Figura 2.72: Asignación de salidas físicas subir – bajar gancho velocidad baja

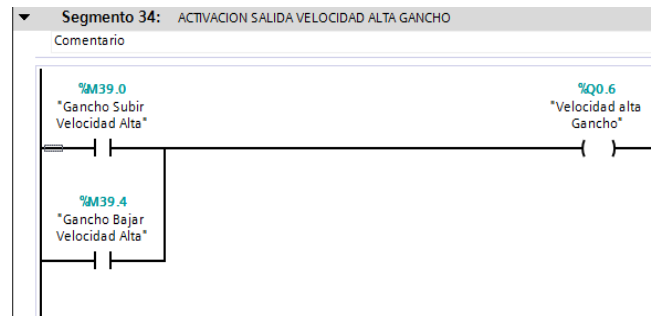


Figura 2.73: Asignación de salidas físicas velocidad alta gancho

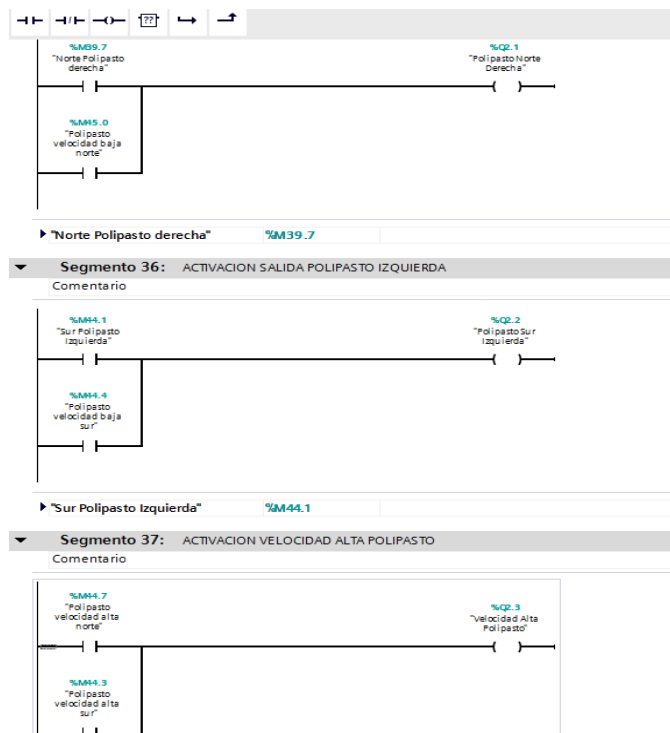


Figura 2.74: Asignación de salidas físicas velocidad alta – baja polipasto.

2.3.2 Diseño del HMI en Panel Móvil 277 FIWLAN

El diseño del HMI se realiza en el software de programación TIA PORTAL V11 (WinCC Comfort V11 SP2 + STEP 7 Professional V11 SP2+Total Integrated Automation Portal), WinCC Comfort permite el diseño de la pantalla principal del panel móvil, mediante la cual se agregan imágenes de acuerdo al proceso, ya que las herramientas de WinCC Comfort permiten agregar objetos de visualización

dinámicos, de diferentes formas y colores. Además agregar imágenes previamente realizadas tipo JPEG, GIF, PNG, ETC. De este modo, en el panel de operador se puede realizar de acuerdo a las exigencias del operador, ver figura 2.75.

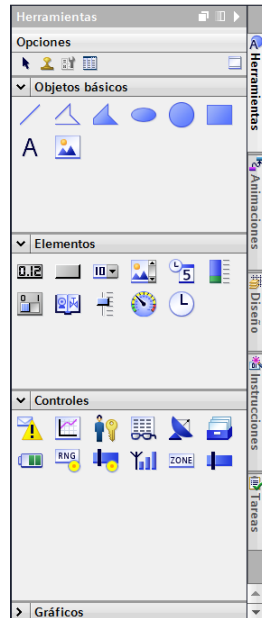


Figura 2.75: Herramientas para administración de imágenes

Al realizar la configuración de los equipos, la imagen principal del panel móvil se agrega automáticamente para realizar el diseño del mismo, de acuerdo al proyecto realizado.

- En dispositivos, se accede a HMI_1 [Mobile Panel 277 F 8” IWLAN V2], que es el nombre del dispositivo agregado para la programación del mismo. A continuación en Imágenes, MAIN SCREEN, se accede a la pantalla principal, se agregan las imágenes de acuerdo a las exigencias del operador y a la programación establecida, ver figura 2.76.

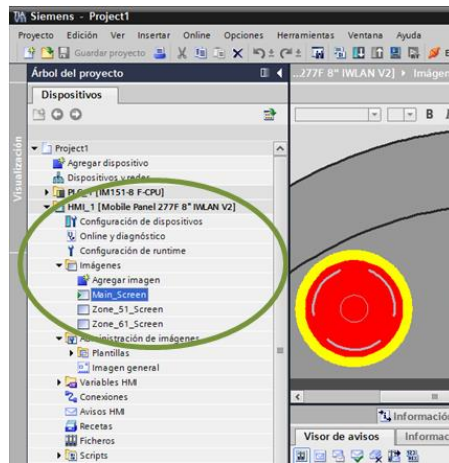


Figura 2.76: Agregar dispositivo para administración de imágenes

- A continuación se arrastran las imágenes prediseñadas o establecidas en las herramientas del software, si se va a insertar una imagen prediseñada, arrastramos el objeto visor de gráficos de las herramientas de software, clic derecho en el objeto y agregar imagen, se abrirá el cuadro de imágenes para seleccionar la imagen deseada, y ajustar en pantalla el tamaño de la imagen, ver figura 2.77-2.78.

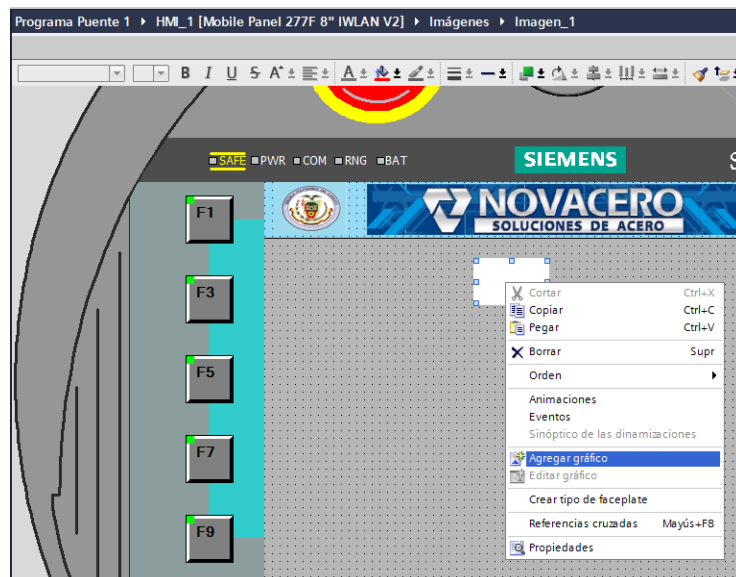


Figura 2.77: Agregar imagen

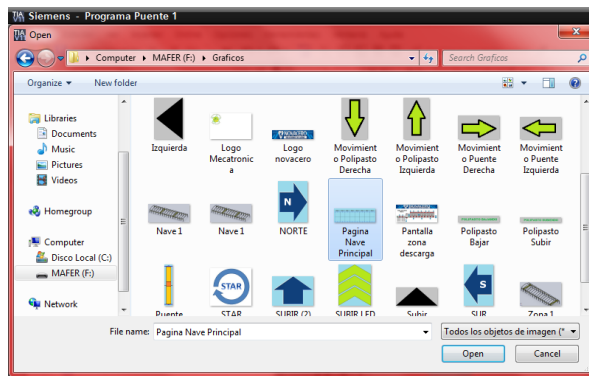


Figura 2.78: Cuadro de imágenes a agregar.

- Se modifica el tamaño de la imagen y se siguen agregando objetos para el HMI, figura 2.79.

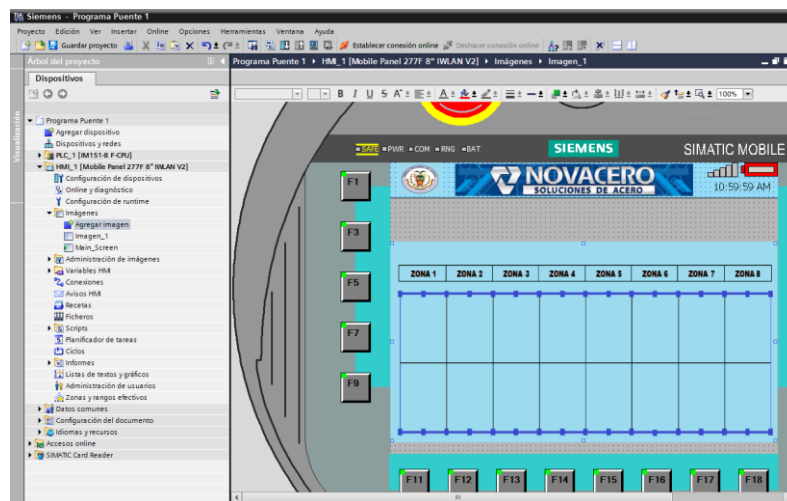


Figura 2.79: Imagen de Nave y zonas agregada.

- Con doble clic en la imagen se accede a propiedades de la imagen se puede agregar animaciones y eventos. Que se muestra en la parte inferior de la imagen, figura 2.80.

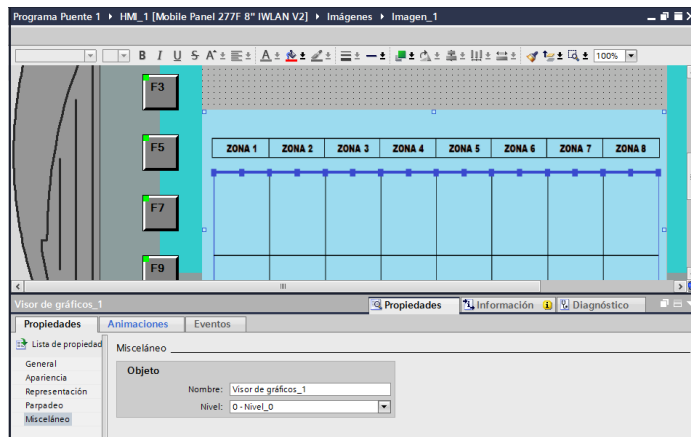


Figura 2.80: Propiedades de la imagen.

- A continuación se agrega todas las imágenes deseadas para marcar eventos en la misma, figura 2.81. Luego de insertar el objeto, en propiedades se puede agregar eventos, como asignar una variable al objeto deseado para control del proceso, en este caso se agregan pulsantes de cada zona establecida, asignado a cada variable de entrada del programa realizado.



Figura 2.81: Agregar eventos a los objetos del HMI

- En eventos seleccionamos el modo de operación deseado, PULSAR, SOLTAR, ACTIVAR, DESACTIVAR, ETC.
- Seleccionamos el tipo de función que se desea realizar, en este caso, se selecciona la función y a continuación la variable a la cual se agregará el evento, ver figura 2.82.

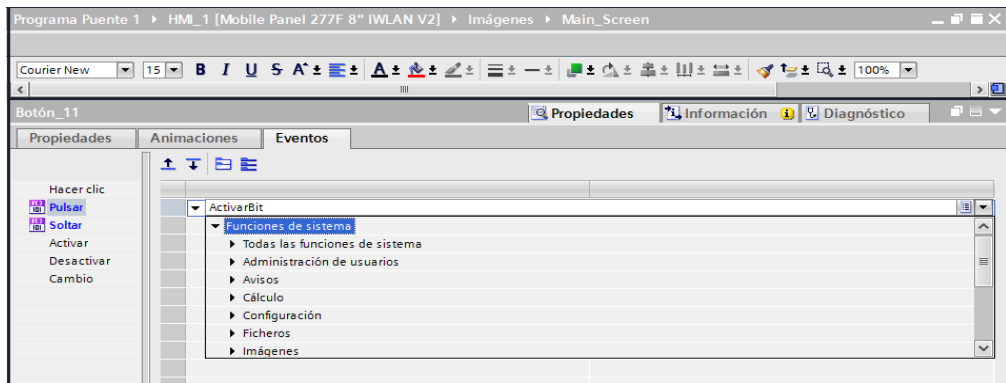


Figura 2.82: Activación de funciones del sistema.

- A continuación se puede agregar animaciones a las imágenes agregadas, ya sea de visualización o movimiento, en un rango establecido de bits, para visualización en un rango de 1 a 1, para visualizar siempre que la variable sea igual a 1 bit, o de 0 a 0, para el caso en que la variable sea de contacto cerrado, PJ, el paro de emergencia. Seleccionamos la variable del proceso, el rango de visualización, ver figura 2.83.

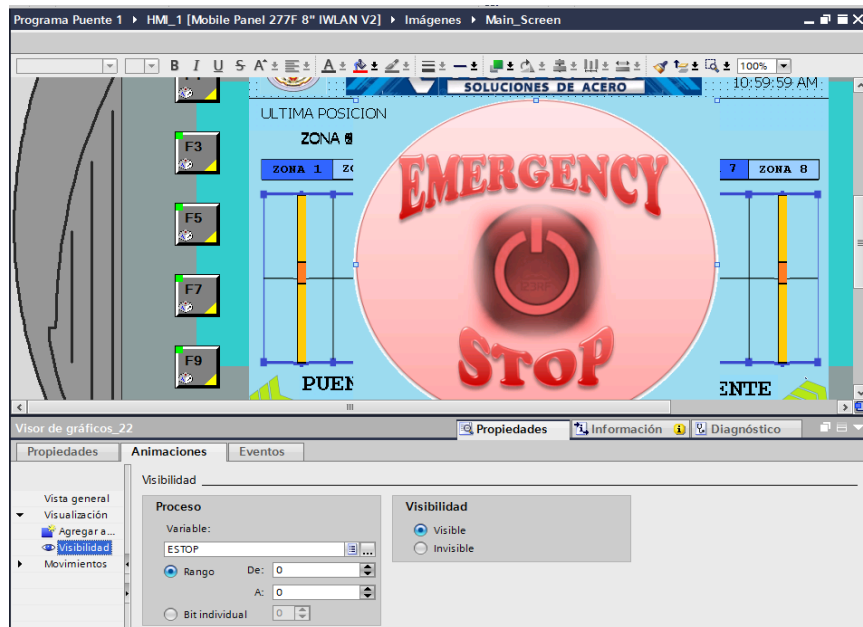


Figura 2.83: Animación de objetos en el HMI



Figura 2.84: Imagen principal pantalla del HMI

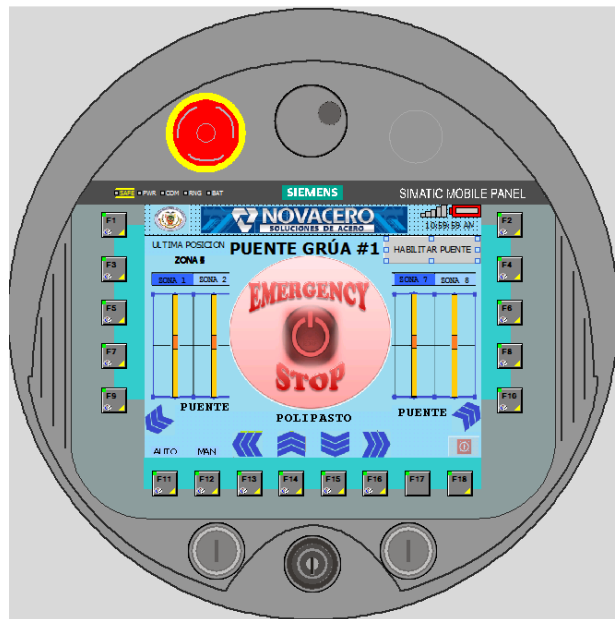


Figura 2.85: Imagen para operación del HMI

- Se puede configurar además la pantalla que se desea presentar inicialmente, en dispositivos, configuración de runtime, ver figura 2.86.

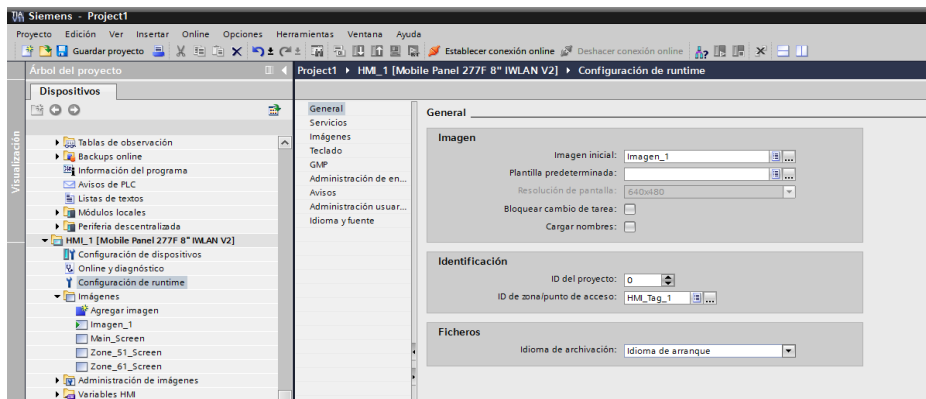


Figura 2.86: Configuración de runtime

- En cada dispositivo se puede verificar sus propiedades de comunicación, con clic derecho en propiedades, como se observa en la figura 2.87.

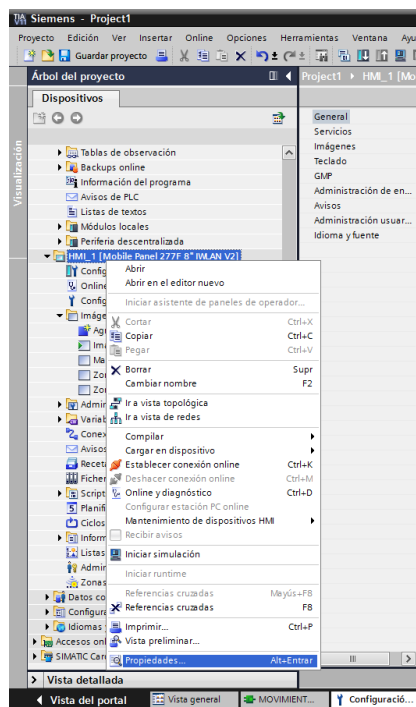


Figura 2.87: Ingreso a propiedades del HMI 277 FIWLAN

- Aparecerá el cuadro de propiedades del dispositivo, en donde se puede observar las propiedades del mismo, ver figura 2.88.

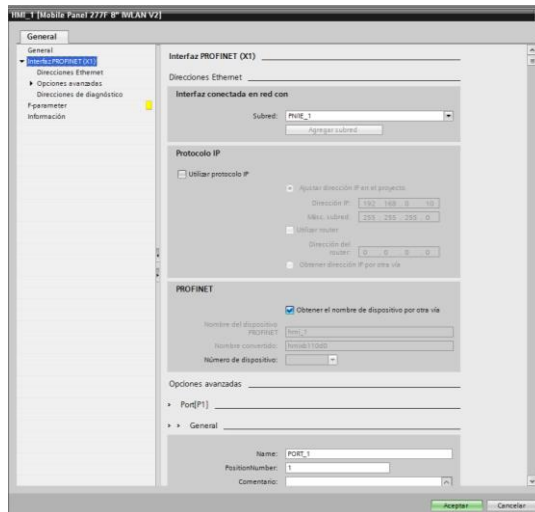


Figura 2.88: Propiedades del HMI 277 FIWLAN

- De igual manera las propiedades del PLC ET 200S, que se configuran al insertar el dispositivo, ver figura 2.89.

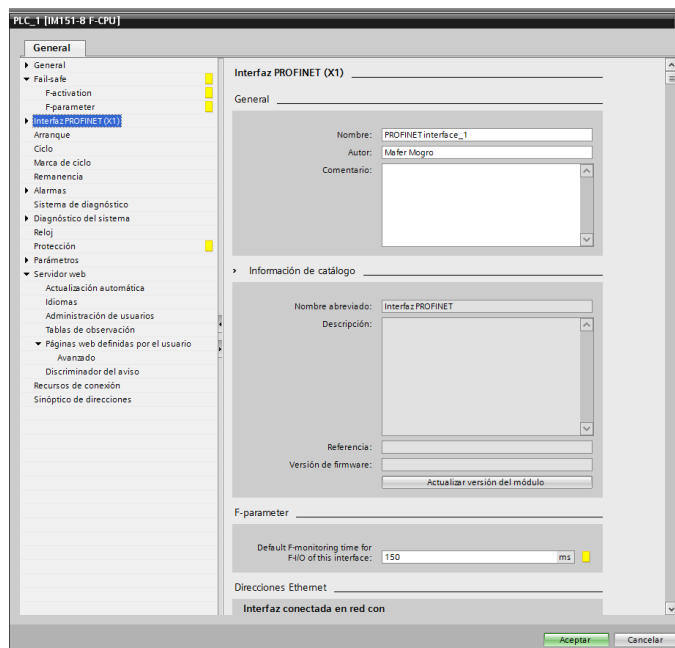


Figura 2.89: Configuración del PLC IM151-8 F CPU

Para modificar las propiedades del equipo, doble clic en el dispositivo que se desea configurar y aparecerá los datos del dispositivos en la parte inferior del mismo. Como se muestra en la figura 2.90. Se permite al acceso al cambio de nombre, propiedades generales, direccionamiento IP, Interfaz ProfiNet y

ProfiSafe que es el enlace más importante en la comunicación de los dispositivos, que se configura al insertar el dispositivo y se explicará en configuración de comunicación.

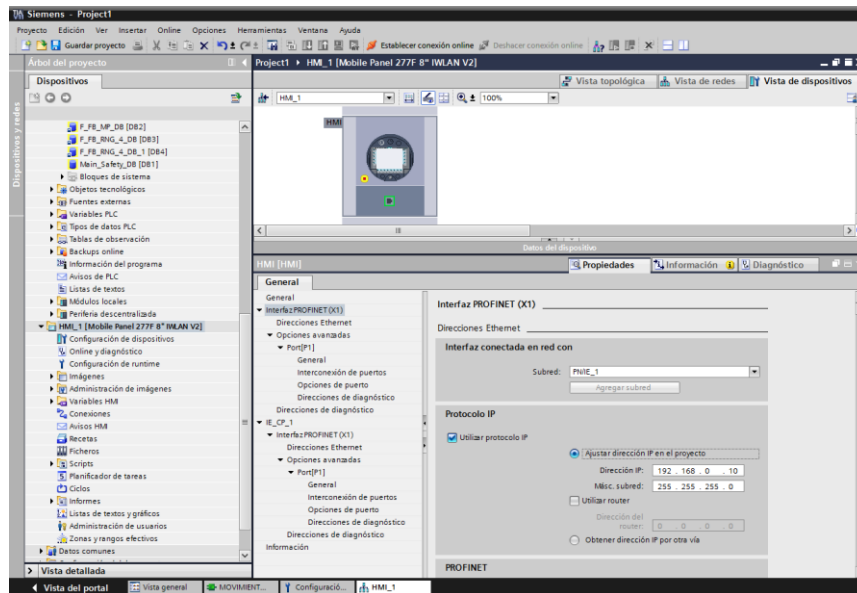


Figura 2.90: Configuración del HMI 277 FIWLAN

Luego de establecer los parámetros de configuración y la programación, se procede a cargar los programas en cada dispositivo.

Dar clic en el dispositivo a cargar y compilar software, como se observa en la figura 2.91.

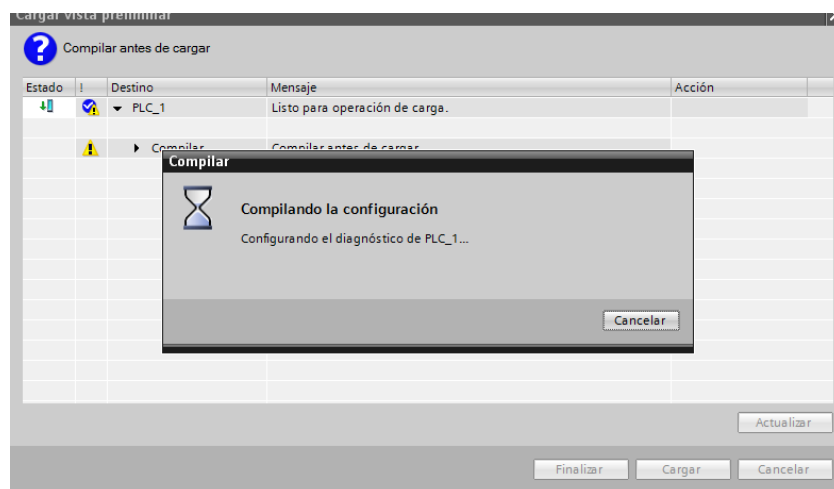
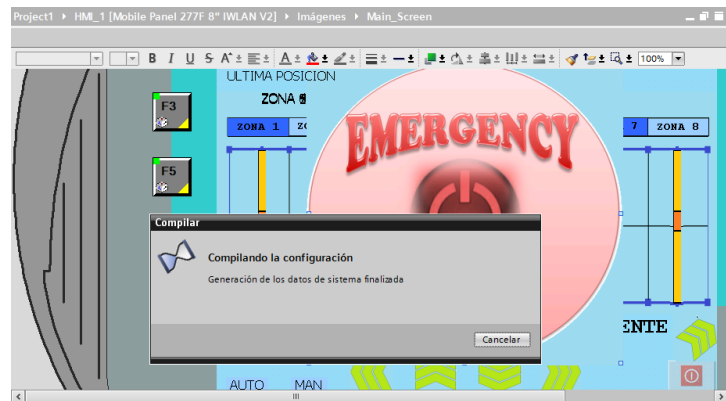


Figura 2.91: Compilar la configuración del PLC

Aparecerá el cuadro de compilar la configuración, esto podría tardar hasta unos 5 min, ver figura 2.92.



**Figura 2.92: Compilar configuración en HMI mobile panel 277
FIWLAN**

Seguidamente se carga los programas respectivos, se selecciona el dispositivo a cargar y cargar software, aparecerá carga vista preliminar, en donde aparecerá una compilación rápida y se debe confirmar la contraseña de programación en el PLC, VER FIGURA 2.93.

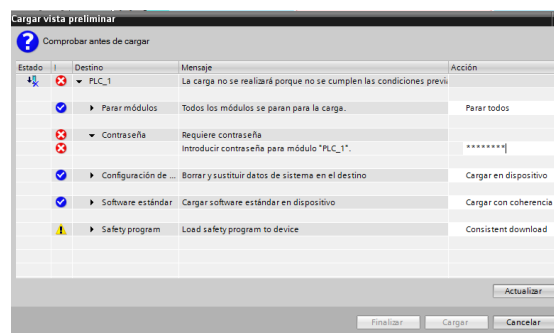


Figura 2.93: Cargar software en el PLC

Aparecerá cargando la configuración, esto podría tardar unos 5 minutos, ver figura 2.93.

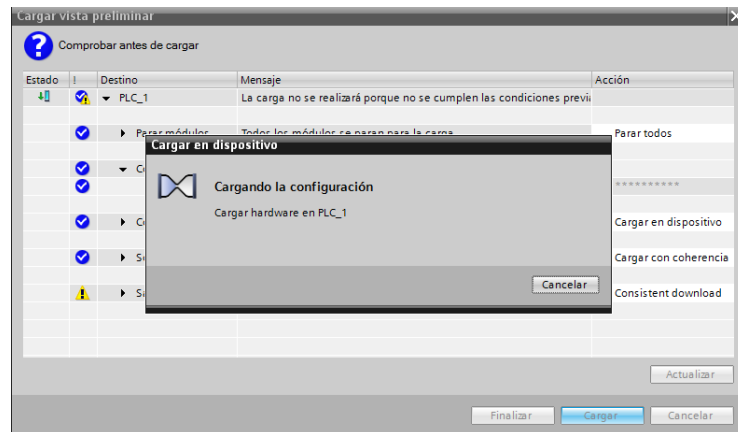
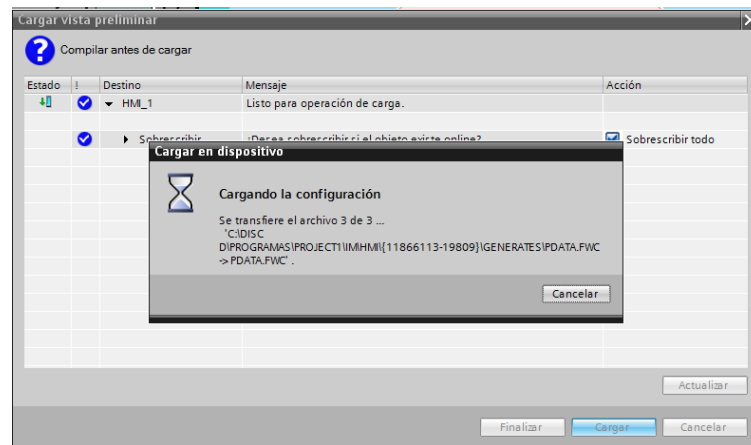


Figura 2.94: Cargando la configuración en PLC

De igual forma en el HMI, se cargara la configuración, una vez finalizada la carga del software, arrancara el panel móvil con la programación establecida, ver figura 2.95.



**Figura 2.95: Cargando la configuración en panel móvil HMI 277
FIWLAN**

2.4 Configuración de la comunicación.

2.4.1 Enlace y comunicación

El enlace de los dispositivos para visualización, monitoreo y control de este proceso, se comunican mediante Profinet como el PLC, el panel móvil y el punto de acceso, uno de los motivos de utilizar un enlace Profinet para estos dispositivos

antes mencionados es porque Profinet es una red de comunicación abierto de bajo nivel que solamente sirve como un vínculo de comunicación entre los dispositivos sencillos industriales y los dispositivos de alto nivel (controladores).

2.4.2 Configuración de la PC

Para el direccionamiento de este dispositivo, entramos en la opción Propiedades del icono mis sitios de red, click derecho en el icono de Conexión del área local opción Propiedades, seleccionamos Protocolo Internet (TCP/IP), click en Propiedades y asignamos una dirección IP que en este caso es 192.168.0.1 y la máscara lógica 255.255.255.0, como se muestra en la figura 2.96:

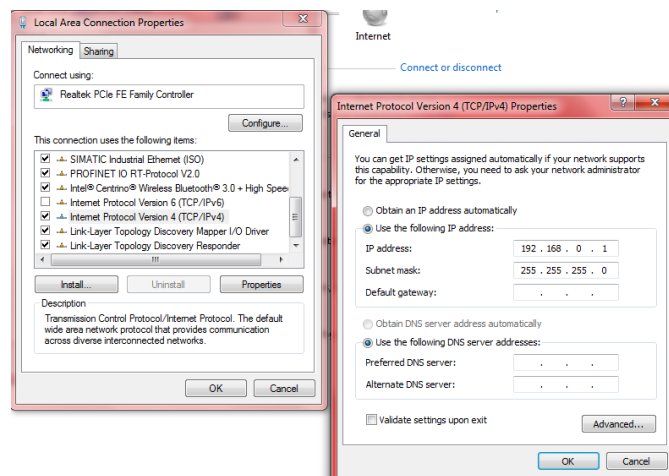


Figura 2.96: Configuración de la PC

2.4.3 Configuración del PLC ET 200S, IM151-8 PN/DP CPU

Por recomendación del fabricante esta configuración se hace mediante el puerto Profinet (LAN) para asignar una dirección IP al PLC, utilizando el software Simatic WinCC Comfort V11 SP2 SE. En el software se puede configurar todos los dispositivos y redes, al dar click en agregar dispositivo seleccionamos el PLC y serie del CPU, figura 2.97.

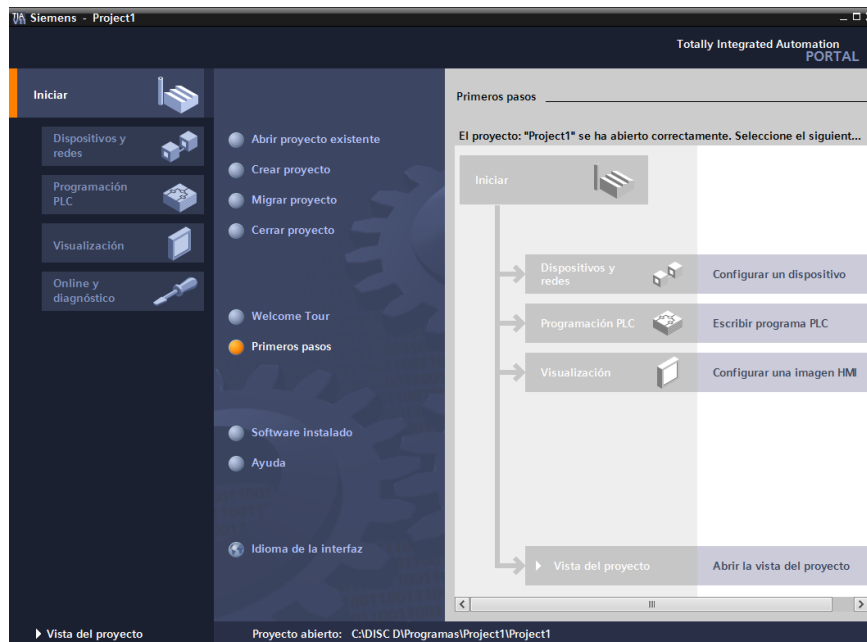


Figura 2.97: Configuración del PLC

La configuración de dispositivos se crea insertando una CPU en el proyecto. Al seleccionar la CPU en el diálogo "Agregar nuevo dispositivo" se crean el rack y la CPU, figura 2.98.

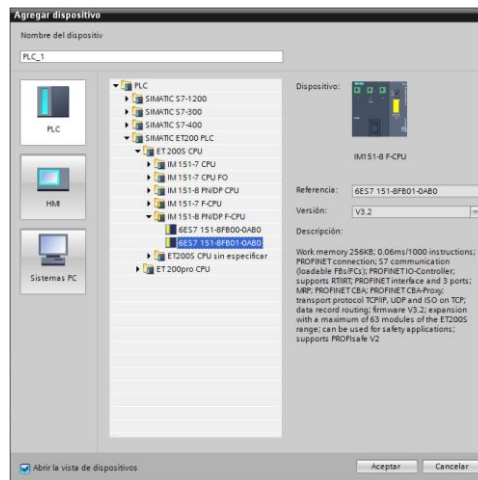


Figura 2.98: Configuración de la CPU del PLC

Si existe una conexión con una CPU, es posible cargar su configuración en el módulo. Tan sólo hay que crear un proyecto nuevo y seleccionar la "CPU sin especificar" en lugar de una específica. También es posible omitir la

configuración de dispositivo por completo seleccionando "Crear un programa PLC" en "Primeros pasos". Entonces, STEP 7 crea automáticamente una CPU sin especificar, figura 2.99. En el editor de programación, seleccione el comando "Detección de hardware" del menú "Online".

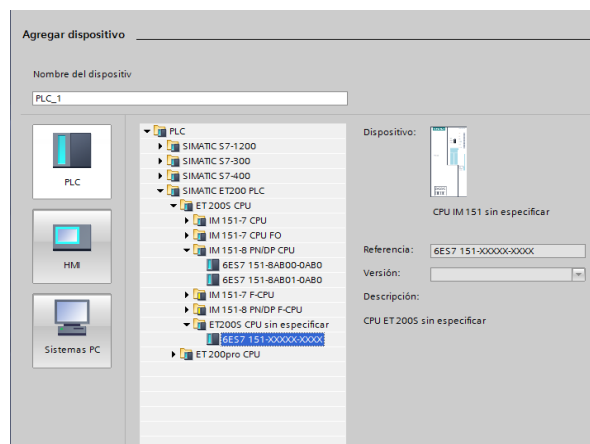


Figura 2.99: Configuración de la CPU sin especificar

Al seleccionar la CPU en la vista de dispositivos se visualizan las propiedades de la CPU en la ventana de inspección, ver figura 2.100.

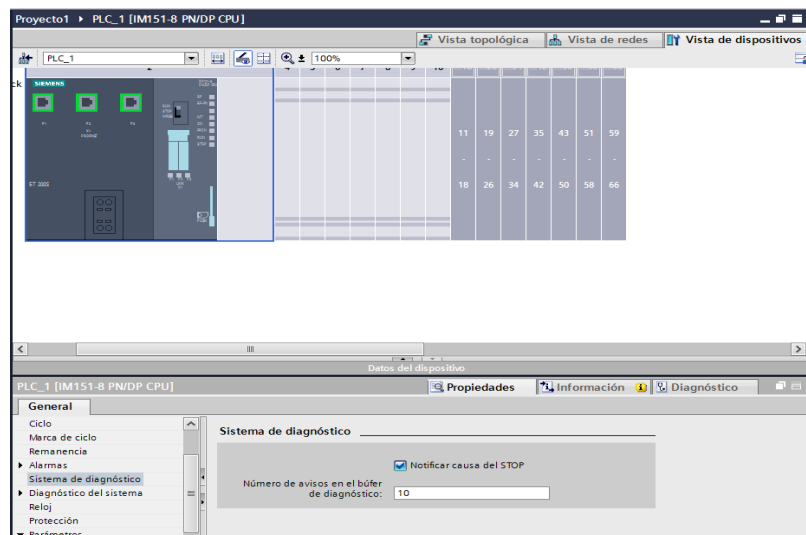


Figura 2.100: Propiedades de la CPU seleccionada

La CPU no tiene una dirección IP pre-configurada. La dirección IP de la CPU se debe asignar manualmente durante la configuración de dispositivos. Si la CPU

está conectada a un router de la red, también es preciso introducir la dirección IP del router.

- Se modifican los datos del dispositivo ingresando la dirección IP de la CPU, en propiedades de los mismos, ver figura 2.101.

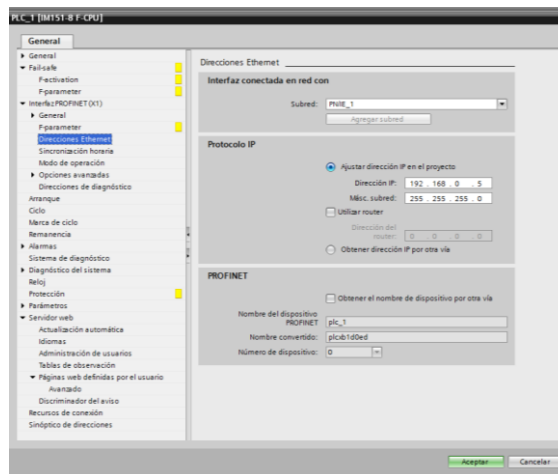


Figura 2.101: Direccionamiento IP del PLC IM151-8 F CPU

- Además se configura nombre del dispositivo en el mismo cuadro de propiedades. Como se observa en la figura 2.102.

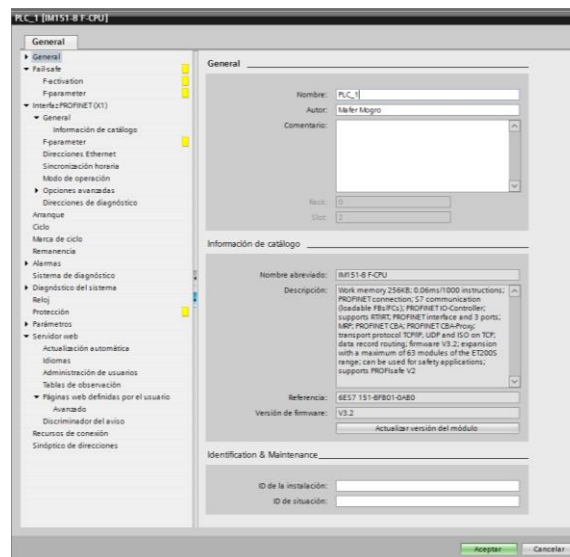


Figura 2.102: Configuraciones generales del PLC IM151-8 F CPU

En el editor de configuración de dispositivos, seleccione la opción de detección del dispositivo conectado, ver figura 2.103.



Figura 2.103: Configuración de dispositivo sin especificar

Tras seleccionar la CPU en el cuadro de diálogo online y pulsar el botón de carga, STEP 7 carga la configuración de hardware de la CPU, incluidos todos los módulos (SM, SB o M). Entonces pueden configurarse los parámetros de la CPU y de los módulos, ver figura 2.104.

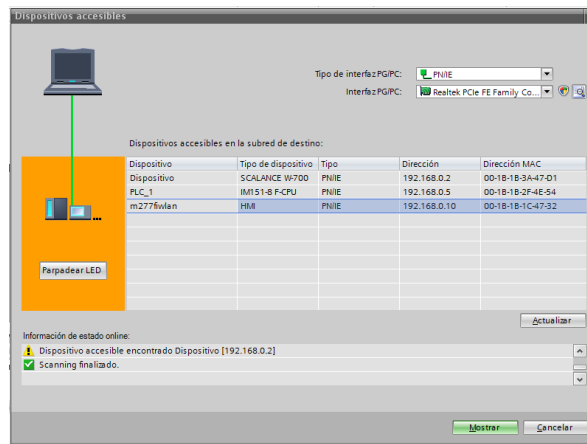


Figura 2.104: Configuración de los parámetros de la CPU

2.4.4 Direcciones IP

Definir las direcciones IP de los nodos individuales Ethernet. En la tabla siguiente se muestran las direcciones IP y las direcciones MAC utilizado para la aplicación.

Tabla 2.12: Direcciones IP-MAC

EQUIPO		IP ADDRESS	MAC ADDRESS	DEVICE NAME
PUENTE 1	IM151-8 PN/DP CPU (ET 200S)	192.168.0.5	00-1B-1B-2F-4E-54	PLC 1
PUENTE 1	SCALANCE W786-2RR	192.168.0.2	00-1B-1B-3A-47-D1	PUENTE 1
PUENTE 1	MOBIL PANEL 277F IWLAN	192.168.0.10	00-1B-1B-1C-47-32	m277 fiwlan
PUENTE 2	IM151-8 PN/DP CPU (ET 200S)	192.168.1.5	00-1B-1B-2F-4E-48	PLC 2
PUENTE 2	SCALANCE W786-2RR	192.168.1.2	00-1B-1B-3A-48-A9	PUENTE 2
PUENTE 2	MOBIL PANEL 277F IWLAN	192.168.1.10	00-1B-1B-2F-48-4E	m277 fiwlan

2.4.5 Direcciones utilizados, parámetros y contraseñas.

Tabla 2.13: Direcciones, parámetros, contraseñas

No.	Parámetros	Contraseñas PUENTE 1	Contraseñas PUENTE 2
1	PROFIsafe address:	194	194
2	SSID	PUENTE 1	PUENTE 2
3	Password for protection level	novacero	novacero
4	Password for F-parameters	novacero	novacero
5	Password for SCALANCE	admin	admin

2.4.6 Configuración del Access Point Scalance W786-2RR

Parametrizar el punto de acceso con el que se comunica el panel de operador antes de empezar a parametrizar la conexión WLAN del panel de operador.

En el cuadro de direcciones del navegador Web, introducir la dirección IP o la URL del dispositivo IWLAN. Si hay una conexión sin problemas en el dispositivo de IWLAN, el cuadro de diálogo de inicio de sesión de la Administración basada en Web se muestra en la figura 2.105:

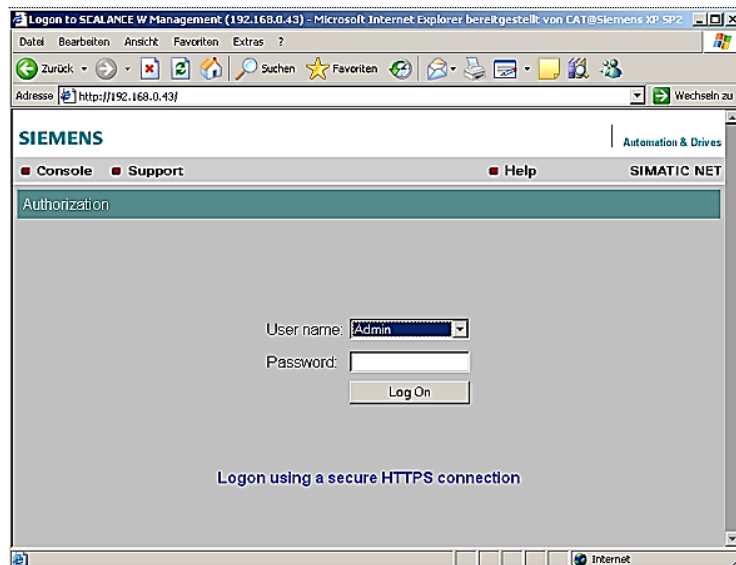


Figura 2.105: Configuración del Punto de acceso basado en web.

- Abrir el "Nombre de usuario" del cuadro de lista desplegable y seleccione la opción "Admin" de entrada.
- Ingresar la contraseña. Establecer una contraseña, las contraseñas se aplican por defecto de fábrica. Escribir admin si se ha seleccionado "Admin".
- Hacer clic en "Iniciar sesión" para el inicio de sesión.

Administración basada en Web ofrece varios asistentes que permiten la puesta en marcha sencilla sin un conocimiento detallado de la tecnología inalámbrica. Este asistente consiste en una serie de pantallas en las que se introducen los datos de configuración básicas.

- Basic Wizard: Para los ajustes generales para garantizar la funcionalidad básica del dispositivo.
- Security Wizard: El asistente para la configuración de seguridad que soporta la hora de establecer los parámetros relacionados con la seguridad.
- iPCF Wizard: Este asistente está disponible para la configuración de iPCF (función industrial de coordinación de punto).

Después de seleccionar el "Wizard" del menú en la parte izquierda del cuadro de diálogo, el estado de los asistentes en la pantalla. Cuando usted ha trabajado a través de un asistente por completo, "Hecho" se muestra como el estado, ver figura 2.106.

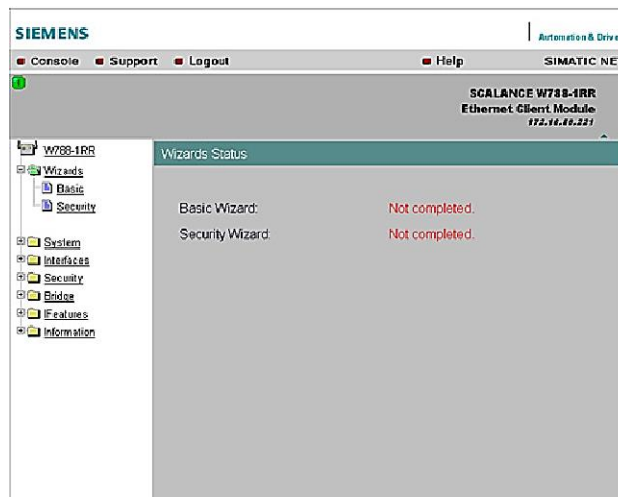


Figura 2.106: Asistente de Configuración del Punto de Acceso

La configuración del punto de acceso por Ethernet permite configurar la dirección IP. La dirección IP identifica un dispositivo en la red de forma exclusiva. En esta página, ingrese la información para la configuración IP del dispositivo IWLAN, ver figura 2.107

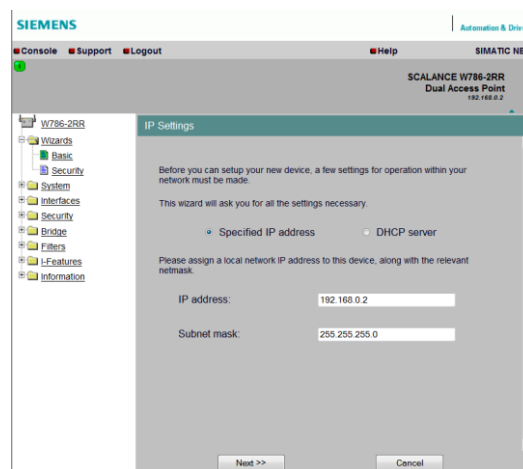


Figura 2.107: Configuración de la IP del Access Point.

Hay dos métodos de asignación de direcciones IP a los dispositivos: La dirección IP se puede configurar como una dirección permanente fija o se puede obtener de forma dinámica desde un servidor DHCP. Seleccione "Dirección IP especificada" si usted no utiliza un servidor DHCP.

La dirección IP del dispositivo IWLAN, introduce una dirección que es única dentro de la red. La máscara de subred especifica el rango de direcciones dentro de la cual la comunicación puede tener lugar.

El nombre del sistema identifica un nodo de la red, es importante para el usuario la dirección IP. En este cuadro, se introduce el nombre del sistema para el dispositivo IWLAN. Este parámetro corresponde al parámetro de SNMP "sysName". El nombre del sistema puede ser de hasta un máximo de 255 caracteres largo, ver figura 2.108.

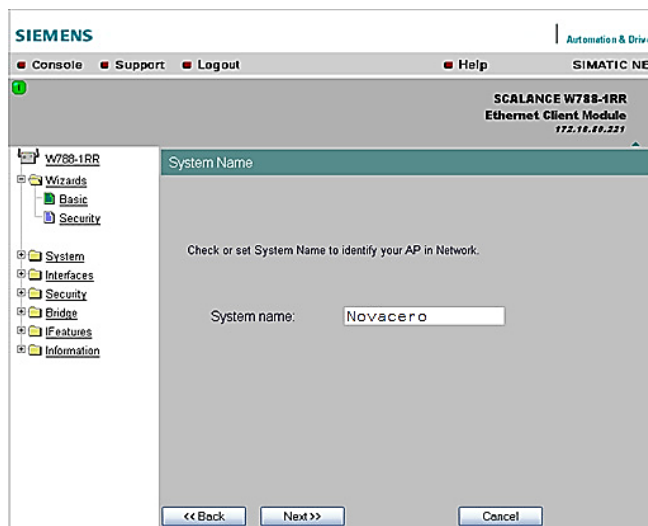


Figura 2.108: Configuración del nombre del sistema

En este cuadro de lista, seleccionar el país en el que se opera el dispositivo de IWLAN, ver figura 2.109. No es necesario saber los datos para el país en concreto, la división de canales y una potencia de salida se establecen por el dispositivo de IWLAN según el país seleccionado.

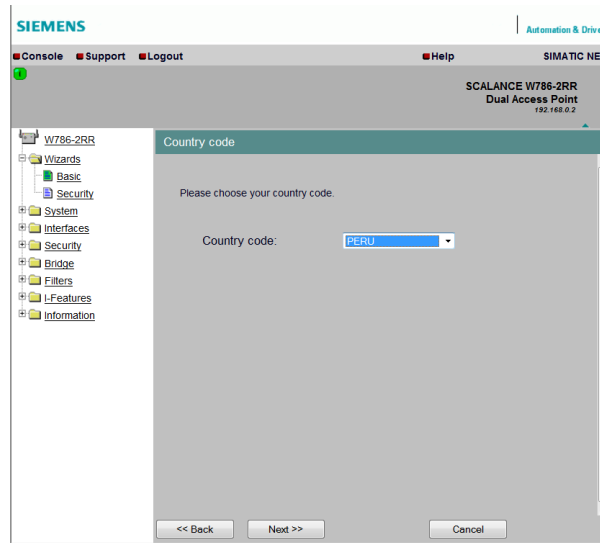


Figura 2.109: Configuración del código de país

En el siguiente cuadro, se debe especificar la configuración de la red inalámbrica. Esto incluye el nombre de la red y el modo de transmisión. Cuando la casilla de verificación está activada, el cliente se conecta al punto de acceso que permite la transferencia de datos lo mejor posible y al que se permite una conexión basada en la configuración de seguridad, ver figura 2.110.

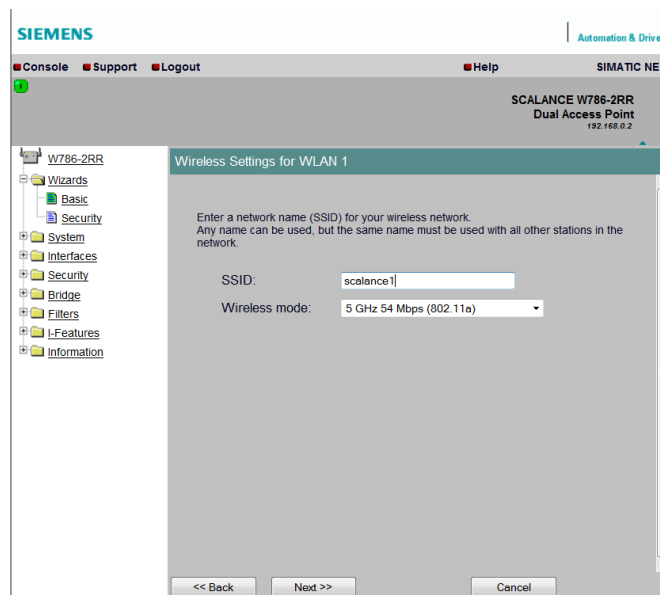


Figura 2.110: Configuración de la frecuencia de operación de la red inalámbrica.

Se debe especificar una dirección MAC para el dispositivo conectado al puerto Ethernet del cliente o el punto de acceso en modo cliente antes de que pueda ser alcanzado, ver figura 2.111. Esta dirección MAC es utilizada por el cliente para la comunicación inalámbrica con el punto de acceso.

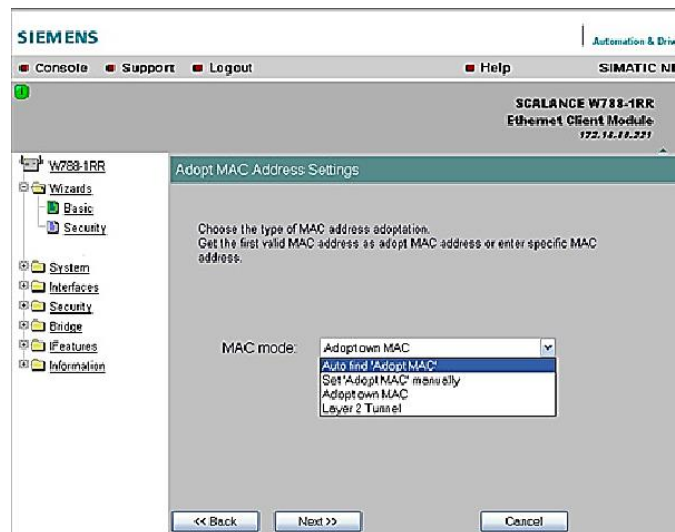


Figura 2.111: Configuración de una dirección MAC

Un punto de acceso utiliza un canal específico dentro de la banda de frecuencias para la comunicación. Puede establecer este canal específico o configurar el punto de acceso para que el canal se seleccione automáticamente, ver figura 2.112. Un canal específico se debe establecer, por ejemplo, en las siguientes situaciones:

- La comunicación sufre de interferencia de otro dispositivo (por ejemplo, microondas) u otra red inalámbrica.
- El uso de la función de redundancia. En este caso, dos canales bien espaciados o dos bandas de frecuencia diferentes deben ser seleccionados (sólo en el modo de punto de acceso).
- El uso de WDS. En este caso, seleccionar un canal libre de problemas que también es utilizado por el socio WDS (sólo en modo punto de acceso).

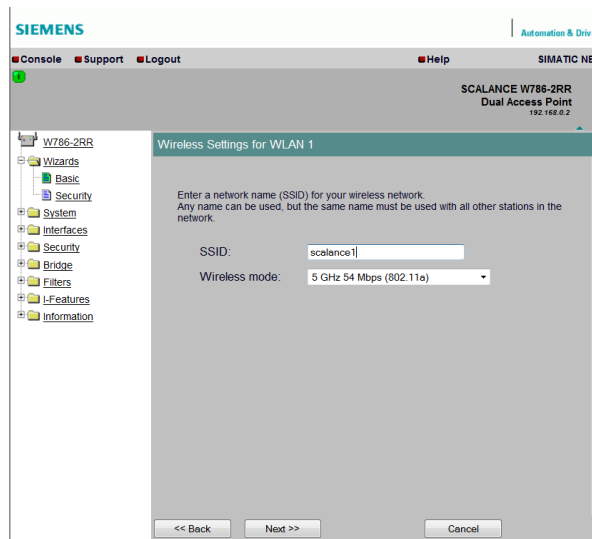


Figura 2.112: Configuración de la antena del Access Point

A continuación se muestra los parámetros que ha seleccionado cuando haya completado todas las entradas para la configuración básica. "Adoptar la dirección MAC" se muestra sólo un punto de acceso en modo cliente, ver figura 2.113.

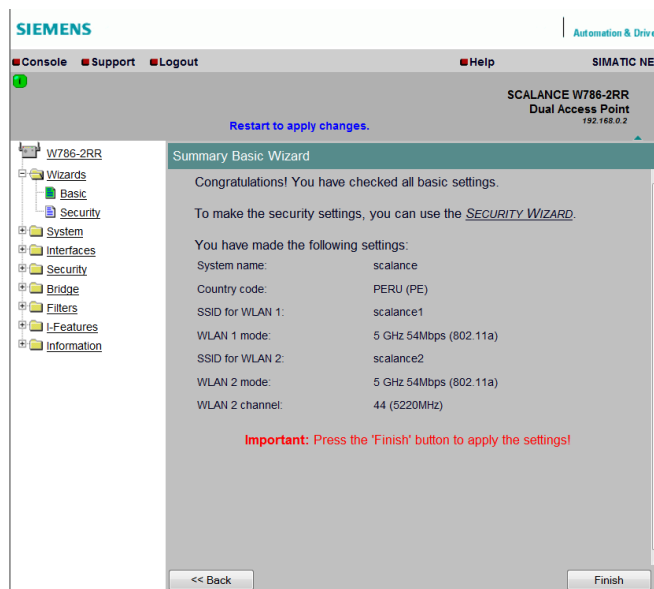


Figura 2.113: Finalización de la configuración del Access Point

Con el asistente de seguridad, se puede especificar los parámetros relacionados con la seguridad sin un conocimiento detallado de la tecnología de seguridad en redes inalámbricas, ver figura 2.114.

En primer lugar, establecer una nueva contraseña de administrador. Ingresar la cadena dos veces en los cuadros de texto de esta página. La contraseña puede tener hasta un máximo de 31 caracteres de longitud.

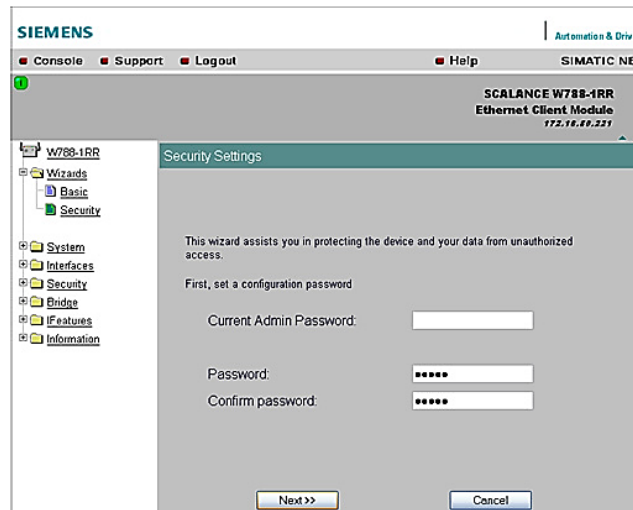
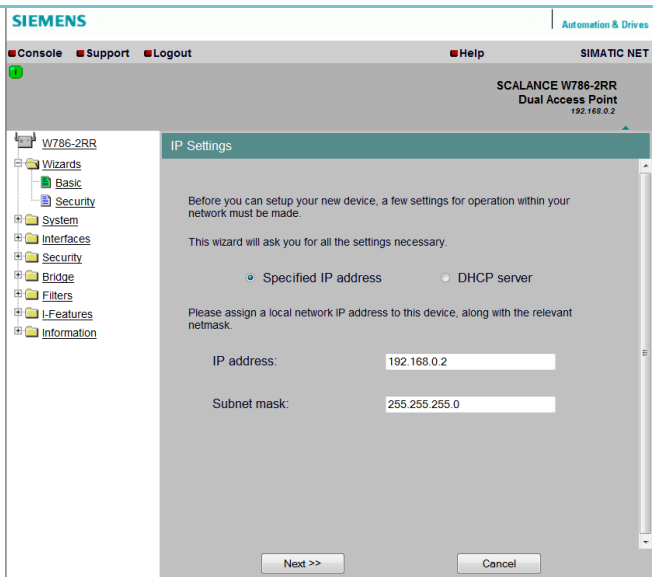


Figura 2.114: Configuración de seguridad

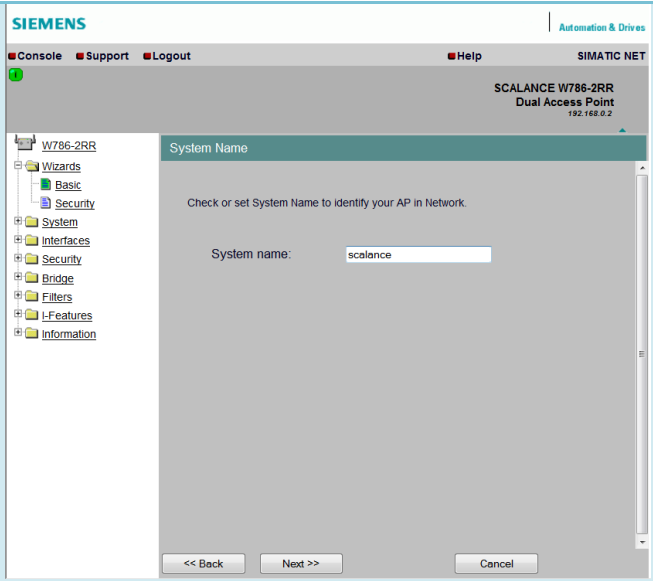
2.4.7 Parametrización de la funcionalidad básica con la ayuda del Asistente.

No	Acción	Imagen
.		
1	<p>Basic Wizard</p> <p>Utilizar el "Basic Wizard", para la configuración general y garantizar la funcionalidad básica del dispositivo.</p> <p>A continuación, utilice el "Security Wizard", para la configuración de seguridad.</p>	

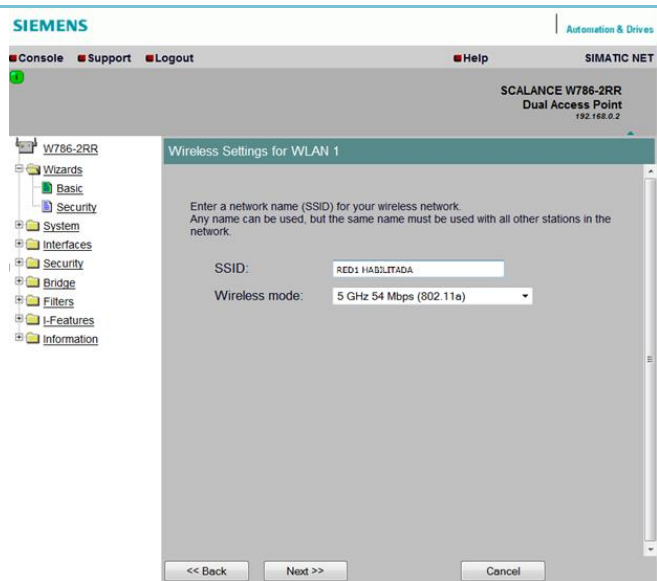
2 Basic Wizard
 En esta página, introduzca la dirección IP y la máscara de subred. Asegúrese de que la dirección dentro de su red es única. En este ejemplo: Dirección IP especificada: seleccionado
 Dirección IP: 192.168.0.2
 Sub red: 255.255.0.0
 Seleccione la opción "Siguiete >>" botón.



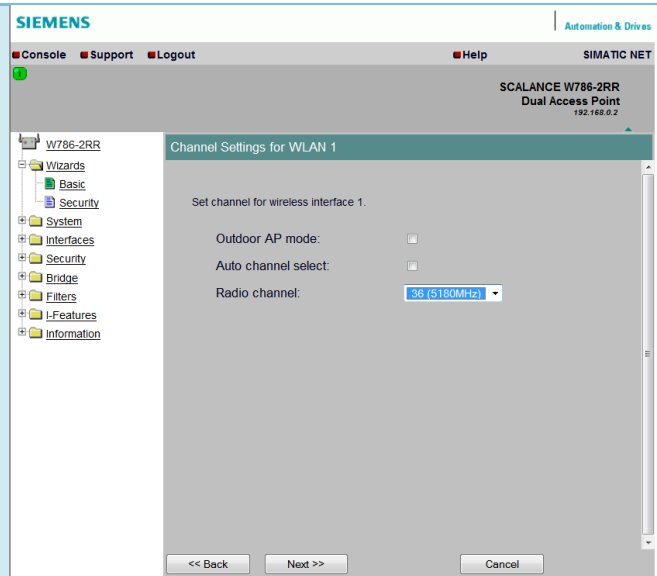
3 Basic Wizard
 El nombre del sistema (nombre del dispositivo) identifica un nodo. En este ejemplo: "scalance"
 Seleccione la opción "Siguiete >>" botón.



- 4 **Basic Wizard**
La configuración de la red inalámbrica está definida en esta página. Esto incluye la red nombre y modo de transmisión.



- 5 **Basic Wizard**
Para la comunicación, un punto de acceso utiliza un canal específico de una banda de frecuencia. Asignar un canal que todavía no se utiliza. En este ejemplo:
Elija un canal libre
Tipo de antena: ANT795-4MR



6 Basic Wizard

Una vez realizados todos los ajustes para las necesidades básicas de configuración, esta página muestra los seleccionados parámetros. Utilice el botón "Finalizar" para salir del Basic Asistente y volver a iniciar sesión con la nueva IP dirección.

The screenshot shows the Siemens SCALANCE W786-2RR Basic Wizard Summary page. The page title is "Summary Basic Wizard". The main content area displays the following information:

- Congratulations! You have checked all basic settings.
- To make the security settings, you can use the [SECURITY WIZARD](#).
- You have made the following settings:
 - System name: scalance
 - Country code: PERU (PE)
 - SSID for WLAN 1: scalance1
 - WLAN 1 mode: 5 GHz 54Mbps (802.11a)
 - SSID for WLAN 2: scalance2
 - WLAN 2 mode: 5 GHz 54Mbps (802.11a)
 - WLAN 2 channel: 44 (5220MHz)
- Important:** Press the 'Finish' button to apply the settings!

At the bottom of the page, there are two buttons: "<< Back" and "Finish".

7 Restart

Después de completar el "Wizard", los cambios que se han hecho se convierten en efectiva después de reiniciar el SCALANCE. En el "Sistema> Reiniciar" carpeta, puede utilizar la opción "Reiniciar" para reiniciar el sistema.

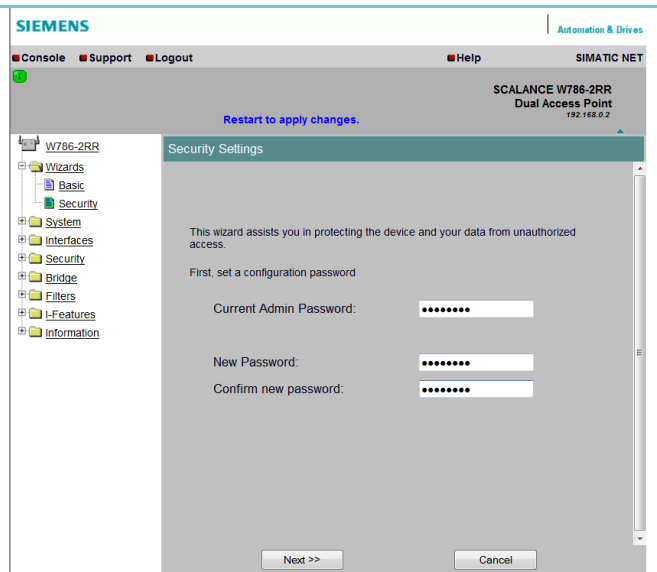
The screenshot shows the Siemens SCALANCE W786-2RR System Restarting page. The page title is "System Restarting". The main content area displays the following information:

- The system will be restarted in 13 seconds.

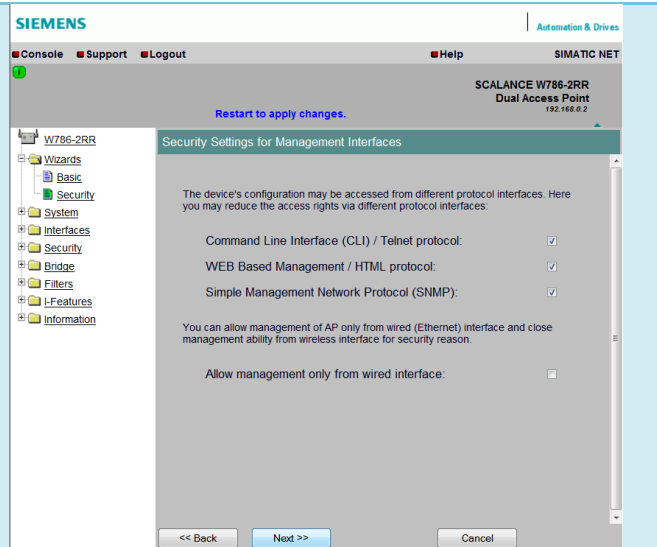
At the bottom of the page, there is a button labeled "Try to Connect".

The left sidebar shows a tree view of the system configuration. The "Restart" option under the "System" folder is highlighted with a red box.

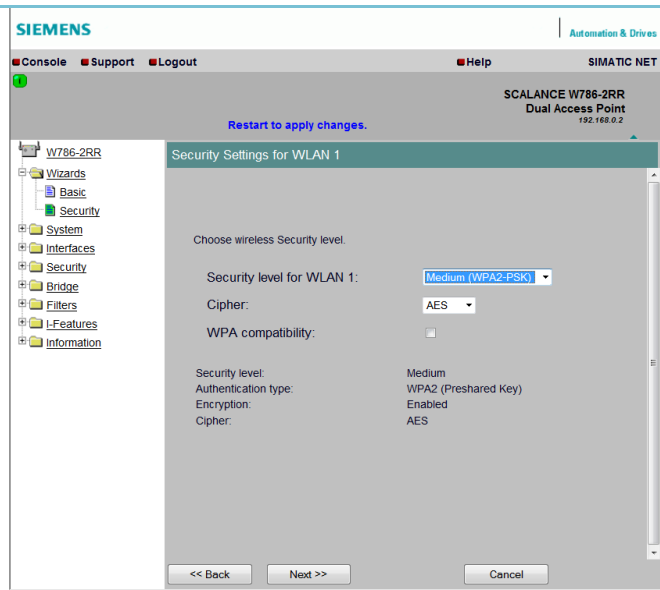
8 Security Wizard
 El Asistente para seguridad permite definir la seguridad Mobile Panel 277F IWLAN V1.0, parámetros relacionados también sin detallado conocimiento de la tecnología de seguridad inalámbrica redes. La contraseña debe constar de al menos 20 personajes y consisten en superior e inferior letras minúsculas, números y caracteres especiales.



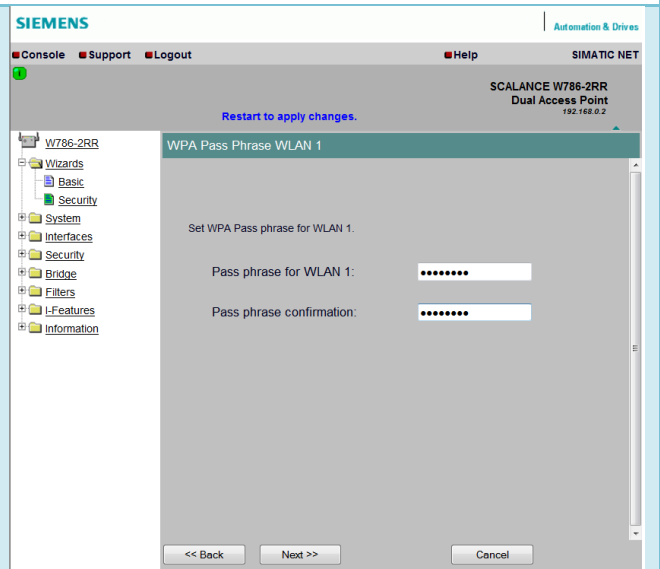
9 Security Wizard
 Configuración de seguridad para interfaces de gestión. En esta página, se definen los protocolos a través de que se accede a la configuración de la IWLAN. Seleccionar los protocolos que se utiliza. En este ejemplo: La opción "Allow management only from wired interface" debe estar marcada. Todas las demás opciones se pueden comprobar.



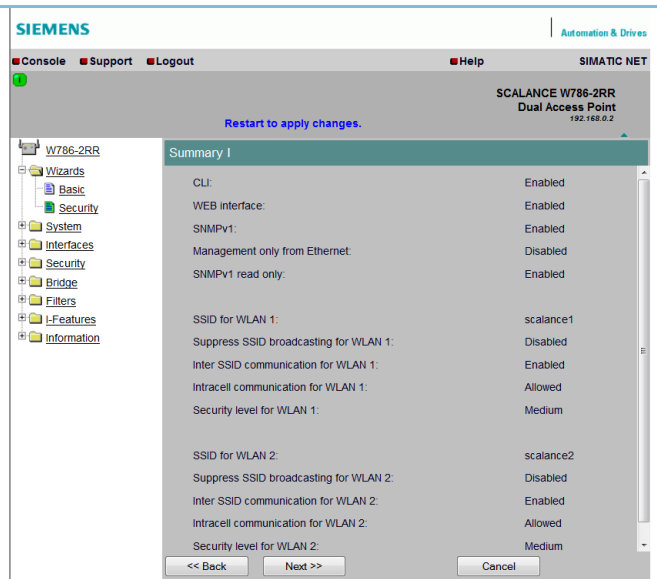
- 10 La autenticación y codificación se ha comprobado un método para proteger una red, basada en Web Management ofrece cuatro predefinido seguridad estados que definen los métodos respectivos. En este ejemplo:
 Nivel de seguridad: Medio (WPA2-PSK)
 Cifrado: AES
 WPA compatibilidad: activada



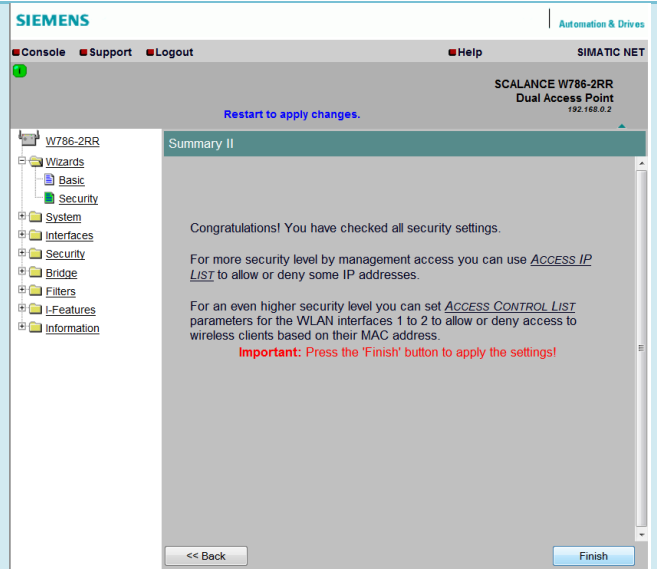
- 11 En esta página, ingrese la clave WPA (2), la clave puede ser de 8 a 63 caracteres ASCII largo. La contraseña debe constar de al menos 20 caracteres, letras minúsculas, números y caracteres especiales. En este ejemplo:
 Pase frase:
 MobilePanel277F_IWLAN



12 Esta página muestra la primera parte de los parámetros que ha seleccionado para la configuración de seguridad.

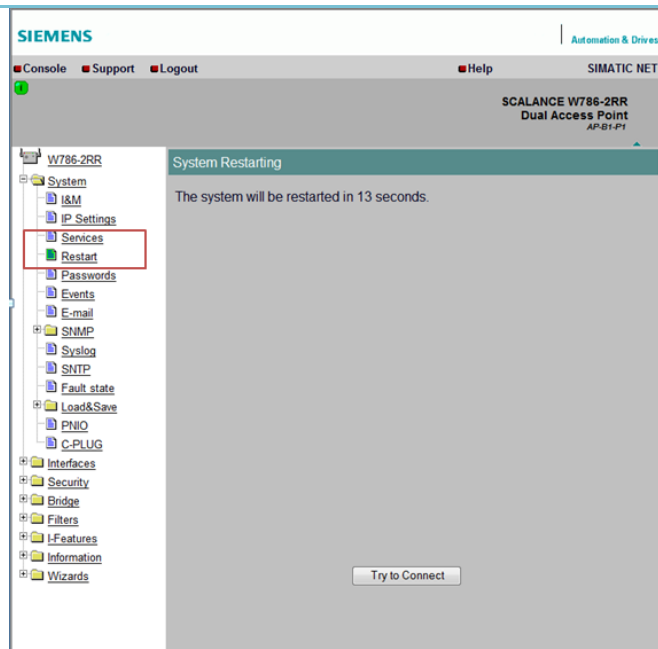


13 Seleccione el botón "Finalizar" para salir del Security Wizard.



14 Restart

Después de completar el "Wizard", los cambios que se han hecho se convierten en efectiva después de reiniciar el SCALANCE. En el "Sistema> Reiniciar" carpeta, puede utilizar la opción "Reiniciar" para reiniciar el sistema.



2.4.8 Configuración del Mobil Panel 277 F IWLAN V2.

2.4.8.1 Configurar el sistema operativo

Esta configuración se realiza directamente desde el panel móvil es decir en el sistema operativo en la pantalla del panel móvil. La configuración de dispositivos en WinCC Comfort (ver figura 2.115) se crea insertando una HMI en el proyecto. Al seleccionar la HMI en el diálogo "Agregar nuevo dispositivo" se crean el rack y la serie del HMI, siguiendo el principio básico del PLC.

2.4.8.2 Configuración del HMI

El panel móvil se puede configurar una dirección IP tanto en el dispositivo, como en el software con los mismos parámetros de configuración. Se modifican los datos del dispositivo ingresando la dirección IP del panel móvil, en propiedades de los mismos.

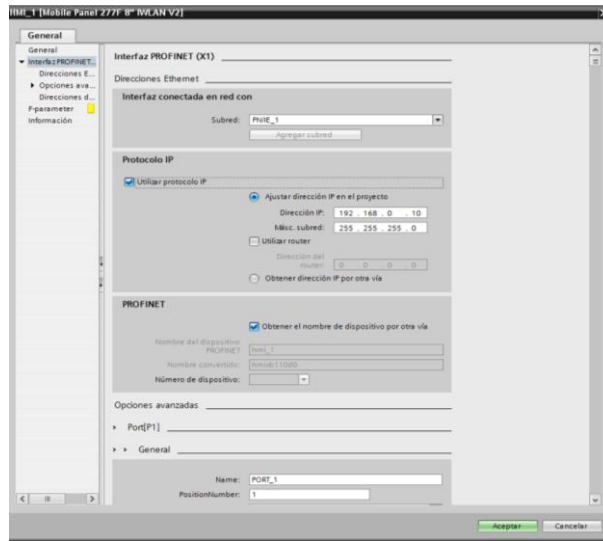


Figura 2.115: Direccionamiento IP del Panel Móvil 277 F IWLAN

Además se configura nombre del dispositivo en el mismo cuadro de propiedades. Como se observa en la figura 2.116. Además de otras configuraciones que se aplican por defecto en cada dispositivo, como característica propia de los mismos.

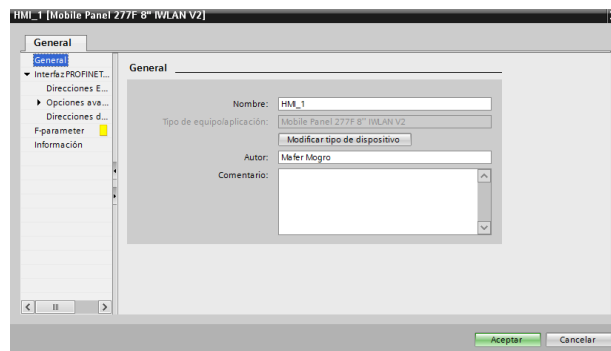


Figura 2.116: Configuraciones generales del Panel Móvil 277 F IWLAN

La configuración del PROFIsafe es importante direccionarle con la misma dirección, en este caso se asigna con 194 para el software y para el dispositivo, la dirección de F-destino identifica de forma exclusiva del destino PROFIsafe del módulo F, ver figura 2.117.

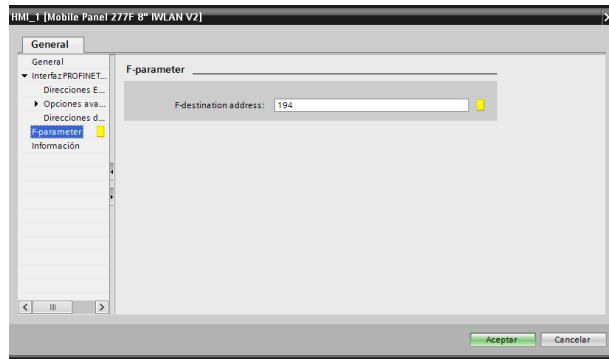


Figura 2.117: Configuración del PROFI-safe

La siguiente figura 2.118, se muestra el menú Inicio abierto.

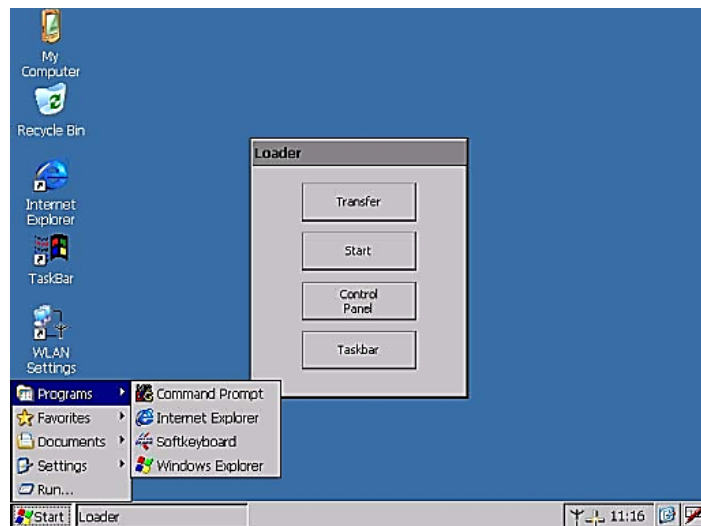


Figura 2.118: Menú Inicio Panel Móvil 277F IWLAN

En esta sección se muestra la configuración del panel móvil en el dispositivo, en la pantalla del panel móvil aparece la siguiente figura muestra el Loader, para configuraciones de comunicación, ver figura 2.119:

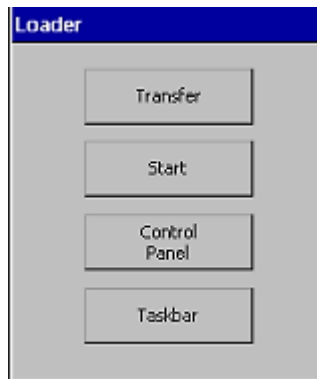


Figura 2.119: Loader Touch Panel

Los botones del Loader tienen la siguiente función:

- Con el botón "Transfer" se conmuta el panel de operador al modo de operación "Transfer". El modo de operación "Transfer" sólo se puede activar si está activado por lo menos un canal de datos para la transferencia.
- Con el botón "Start" se inicia el proyecto existente en el panel de operador. Si no se realiza ninguna acción, el proyecto existente en el panel de operador se iniciará automáticamente al cabo de un tiempo de retardo, según sea la configuración.
- Con el botón "Control Panel" se inicia el Control Panel del panel de operador. En el Control Panel se configuran diversos ajustes, p. ej. las opciones de transferencia.
- Mediante el botón "Taskbar" se activa la barra de tareas con el menú Inicio de Windows CE abierto.

El cuadro de diálogo "Authorization" se deberá haber abierto mediante el símbolo "WLAN Settings".



Figura 2.120: Configuración de usuario

A continuación en el campo de selección "User name", seleccionar la entrada "Admin", ver figura 2.120. Al seleccionar la entrada "User", sólo se tiene acceso de lectura a los datos de configuración del dispositivo WLAN. Introducir la contraseña. Si no se ha introducido todavía ninguna contraseña, se aplican las contraseñas predeterminadas del estado de suministro. Pulsar el botón "Log On". Se iniciará la sesión.

Después de haber iniciado la sesión por primera vez como "Admin", cambiar la contraseña del administrador en "System > Passwords", ver figura 2.121.

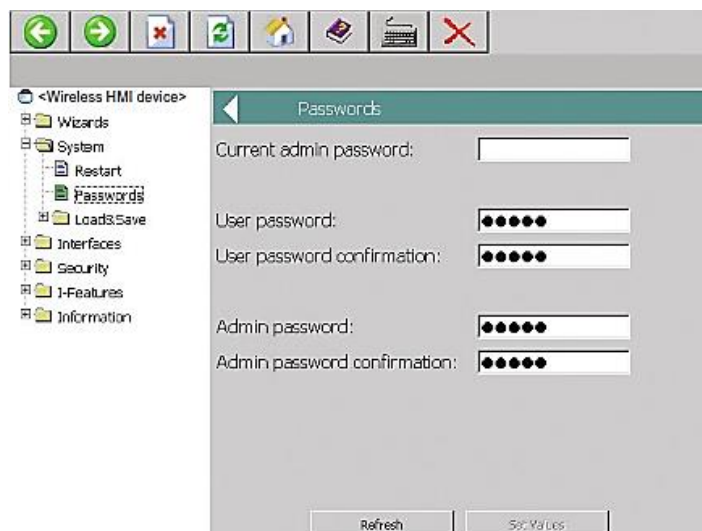


Figura 2.121: Inicio de sesión y configuración de password

Guardar los ajustes realizados, hacer clic en el botón "Set Value".

A continuación se describe cómo parametrizar la comunicación WLAN entre el panel de operador y el punto de acceso. Seleccionar "Wizards > Basic".

Seleccionar en la lista de selección "Country Code" el país en el que va a funcionar el panel de móvil. La asignación correspondiente de canales y la determinación de la potencia de transmisión se realiza de forma automática, ver figura 2.122.

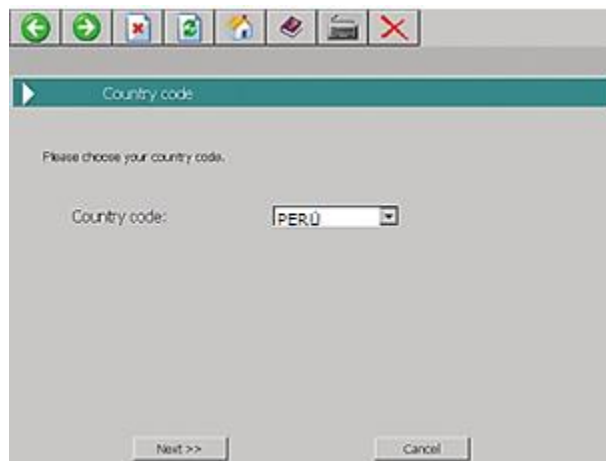


Figura 2.122: Parametrizar la red WLAN

Seleccionar "Wizards > Security", introducir la contraseña, si no desea modificar la contraseña "Admin Password", pulsar el botón "Next", ver figura 2.123.

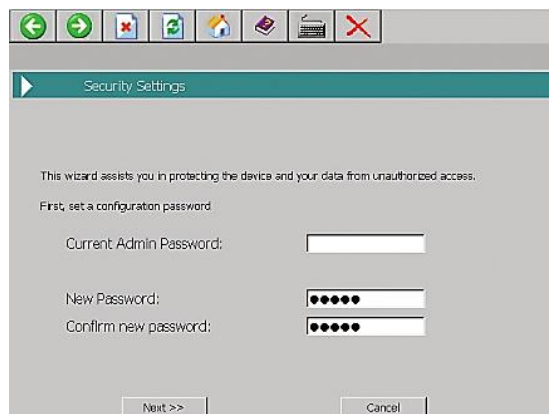


Figura 2.123: Configuración de Cuenta y contraseña

El asistente Security permite ajustar los parámetros relevantes para la seguridad sin tener conocimientos específicos acerca de las tecnologías de seguridad en redes de radiocomunicación. Aplicar los cambios realizados y finalizar, ver figura 2.124.

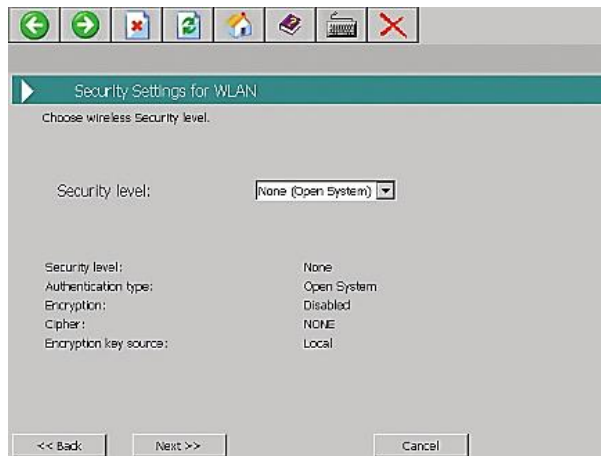


Figura 2.124: Configuración del asistente de seguridad

La parametrización se describe en el siguiente apartado. Introducir el nombre del equipo del panel de operador. Con esta función asignar un nombre al panel móvil. Mediante este nombre se identificará el panel de operador en una red local, ver figura 2.125.

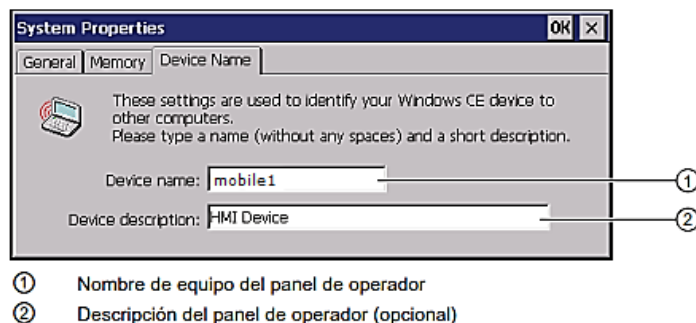


Figura 2.125: Configuración del sistema

Introducir la dirección IP y el servidor de nombres, con esta función se parametriza la configuración para el direccionamiento del panel móvil en una red local. Abrir la vista siguiente con el botón "Network&Dial-Up Connections", ver figura 2.126.

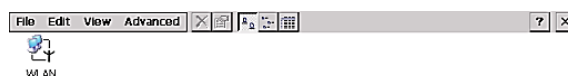


Figura 2.126: Direccionamiento del panel móvil

Aparecerá el cuadro de diálogo "'WLAN' Settings", ver figura 2.127.

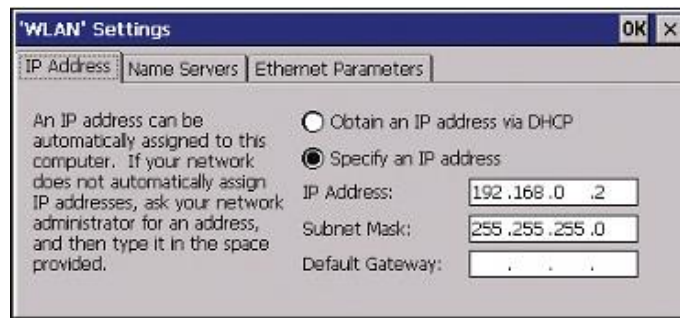


Figura 2.127: Configuración WLAN

Introducir los datos de inicio de sesión. Con esta función introducir los datos para el inicio de sesión en una red local, ver figura 2.128.

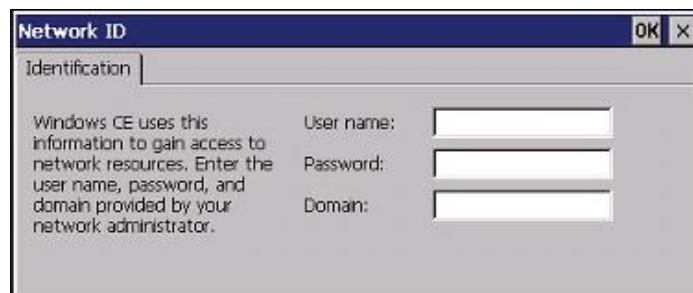


Figura 2.128: Iniciar sesión

Una vez que haya completado el hardware configuración, tiene que "Guardar y compilar" los ajustes. Al compilar el programa, STEP 7 automáticamente crea F-B especial y F-DB.

Después de "Guardar y compilar", usted tiene que transferir el hardware en el PLC. La configuración del hardware es ahora completar.

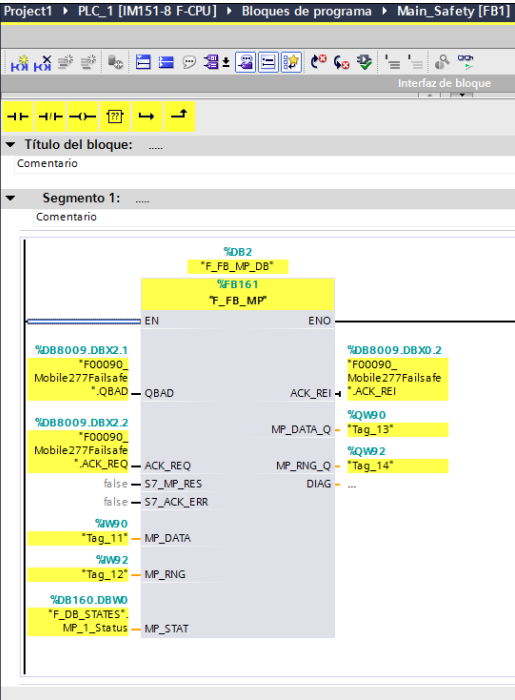
2.4.9 Configuración de los parámetros de seguridad en bloques.

La siguiente sección enumera los estándares necesarios para la configuración de seguridad de los bloques - F-block, ver tabla 2.13.

2.4.9.1 Inserción de los bloques estándar

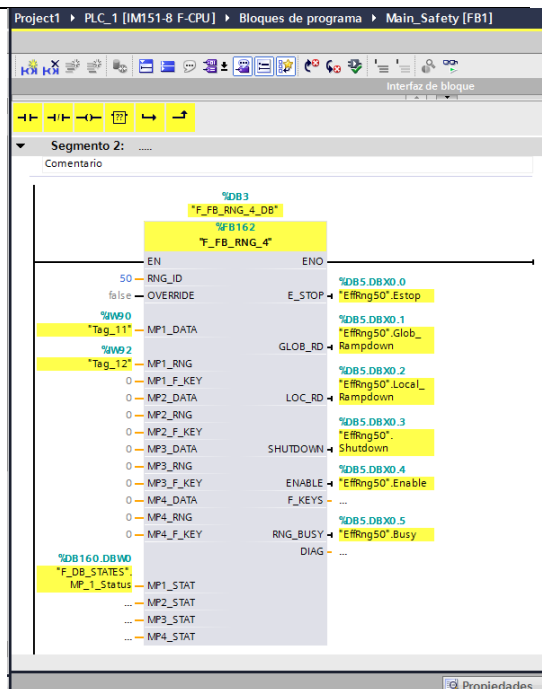
Las siguientes secciones enumeran todos los estándares necesarios y bloques F que requiere para una configuración estándar.

Tabla 2.14: Configuración de los bloques de seguridad en el Main Safety

N o	ACCIÓN	IMAGENES
1	<p>Parametrización "F-FB161" (F_FB_MP): Al recopilar HW Config, DB819, "F00256_Mobile277Failsafe_IO", se genera automáticamente. Este DB819 es el "F-DB I / O del panel operador". El número de DB será diferente en función de la configuración de hardware, sin embargo, la "asignación de bits" siempre idéntica, por ejemplo DBxxx.DBX2.1. Las direcciones se pueden encontrar en el hardware configuración de la estación ET 200S en el IO del módulo "Mobile277Failsafe_IO".</p>	 <p>The screenshot displays the 'Interfaz de bloque' (Block Interface) for 'F_FB161'. The block is configured with the following connections:</p> <ul style="list-style-type: none"> EN: %DB8009.DBX2.1 (F00090_Mobile277Failsafe_QBAD) ENO: %DB8009.DBX2.2 (F00090_Mobile277Failsafe_ACK_REI) QBAD: %DB8009.DBX2.2 (F00090_Mobile277Failsafe_ACK_REQ) ACK_REQ: false → S7_MP_RES ACK_REI: false → S7_ACK_ERR MP_DATA_Q: %W90 (Tag_13) MP_DATA: %W92 (Tag_12) MP_RING_Q: %W92 (Tag_14) MP_RING: %W92 (Tag_14) MP_STAT: %DB160.DBW0 (F_DB_STATES)

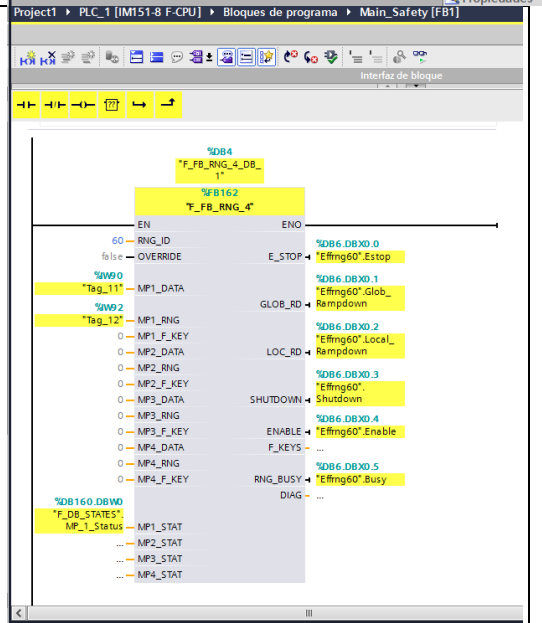
2 Llamado de "F-FB162" (F_FB_RNG_4):

El alcance efectivo asignado se maneja con F_FB_RNG_4. Llame F-FB162 después de la llamada al programa de F-FB161 en cualquier F-FB y asignar un "DB instancia" para FFB162.



3 Parametrización "F-FB162" (F_FB_RNG_4):

Hasta cuatro paneles móviles se pueden parametrizar con F-FB162. Separe los parámetros de E / S son disponible para cada panel móvil. (MP1= Mobile Panel 1, MP2= Mobile Panel 2, etc). RNG_ID = rango efectivo MP1_DATA = PAE Word 1 MP1_RNG = PAE MP1_STAT = F_DB_STATES. DBW0 E_STOP GLOB_RD LOC_RD APAGADO Enable = Con esta salida, a evaluar si las teclas de validación han sido presionado. F_KEYS = Reservado RNG_BUSY = Con esta salida, se evalúan si el alcance efectivo es gratis. DIAG = Este resultado indica



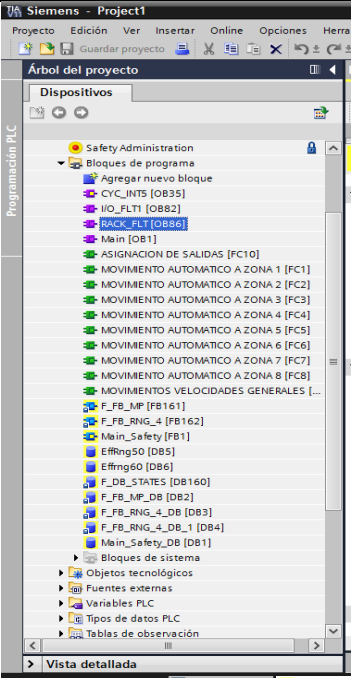
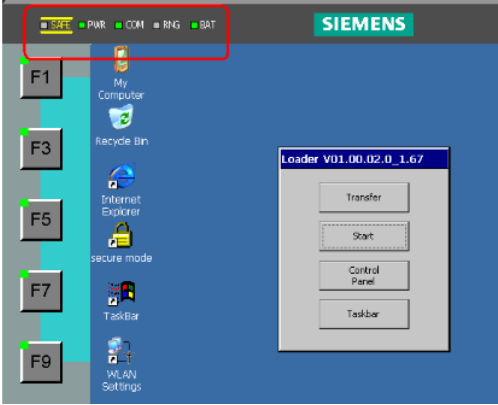

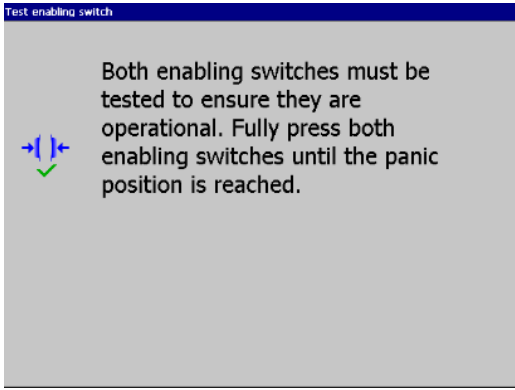

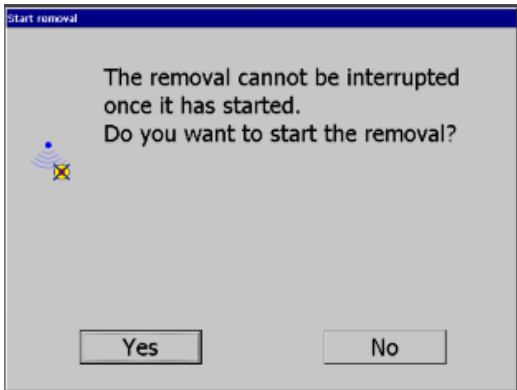
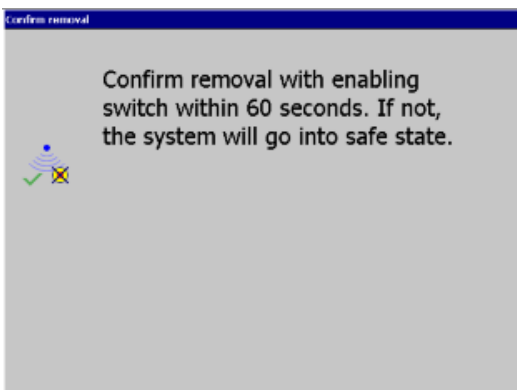
	<p>que de los paneles móviles que se conectado al rango efectivo rango.</p>	
<p>4</p>	<p>Al compilar el programa F, otros bloques FBs son generados automáticamente, al main safety. Además de las zonas y rangos efectivos, se compilan con restricciones.</p>	

Tabla 2.14: Conexión a modo seguro en el panel móvil.

No	ACCIÓN	IMAGENES
1	<p>Después de haber conectado el panel móvil, Mobile Panel 277F IWLAN, el Loader aparece después de arrancar. El frente del panel móvil cuenta con cinco LED que muestran los estados de Panel móvil y la comunicación: PWR - COM - BAT Si el "LED COM" no se enciende, vaya a la "Configuración de WLAN" y compruebe el estado de la Configuración WLAN.</p>	
2	<p>Dependiendo de la configuración, el proyecto se inicia automáticamente o se inicia el operador del proyecto con el botón "Start" en el Loader. Se establece la comunicación PROFIsafe. "Establecimiento de conexión de seguridad" se muestra en el cuadro de diálogo. Si bien este establecimiento de la conexión no es completado, el panel móvil no se integra en el programa de seguridad de la CPU. La acción se cancela mediante el botón "Yes". Volverá al usuario de escritorio Windows CE interfaz</p>	

<p>3 El panel móvil está integrado en la seguridad del programa del F-CPU. Esta operación tarda un cierto tiempo. El "Test permitiendo cambia" cuadro de diálogo abre.</p> <p>El operador se le pide que se confirme con las teclas de validación hasta que se alcance la posición de "pánico".</p> <p>El siguiente LED se enciende: SAFE PWR COM BAT</p>	
<p>4 Después de que el operador confirme la conexión en modo seguro del panel operador, aparece la pantalla de inicio configurada del software creado. El botón de parada de emergencia está activo, (Siempre que la función de seguridad es programación correspondiente en la F-CPU.)</p>	


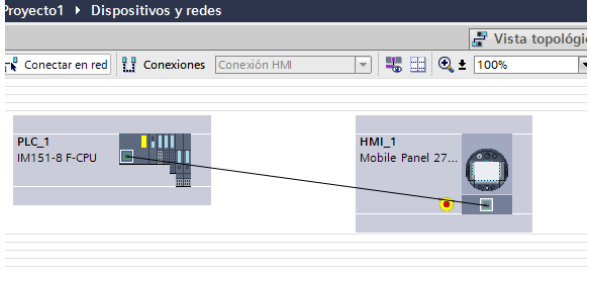

5	<p>Después de haber ejecutado la función "Runtime Stop", el cuadro de diálogo "Inicio de eliminación" aparece. Seleccione el botón "Yes". Utilice la opción "No" para cancelar la acción.</p>	 <p>The removal cannot be interrupted once it has started. Do you want to start the removal?</p> <p>Yes No</p>
6	<p>Después de confirmar la función con "Sí", el cuadro de diálogo "Confirmar eliminación" es representada. Confirme la eliminación usando uno de los "que permite interruptores". A continuación el led "SAFE" se apaga. El botón de parada de emergencia ya no está activo. Cuando no se utiliza el panel móvil, que debe ser almacenado en un lugar bajo llave.</p>	 <p>Confirm removal with enabling switch within 60 seconds. If not, the system will go into safe state.</p>

2.4.9.2 Crear una conexión de red para los dispositivos

Luego de configurar todos los parámetros del panel móvil, se puede configurar la red con todos los dispositivos agregados en el software WinCC Comfort, y realizar la programación.

Utilizar la "Vista de red" de la "Configuración de dispositivos" para crear las conexiones de red entre los dispositivos del proyecto, ver tabla 2.15. Tras crear la conexión de red, utilizar la ficha "Propiedades" de la ventana de inspección para configurar los parámetros de la red.

Tabla 2.15: Crear conexión de red

Acción	Resultado
<p>Seleccione “Vista de Red” para visualizar los dispositivos que deben conectarse</p>	 <p>The screenshot shows the 'Dispositivos y redes' window with the 'Conexiones' tab selected. Two devices are visible: 'PLC_1 IM151-8 F-CPU' and 'HMI_1 Mobile Panel 27...'. The window title is 'Proyecto1 - Dispositivos y redes'.</p>
<p>Seleccione el puerto de uno de los dispositivos y arrastre la conexión hasta el puerto del otro dispositivo</p>	 <p>The screenshot shows the same window as above, but a black line is being dragged from a port on the PLC_1 device to a port on the HMI_1 device. The window title is 'Proyecto1 - Dispositivos y redes'.</p>
<p>Suelte el ratón, para crear conexión de red</p>	 <p>The screenshot shows the completed connection. A green line connects the two devices, with a label 'PN/E_1' at the bottom. The window title is 'Proyecto1 - Dispositivos y redes'.</p>

En la ventana de inspección se muestra las propiedades de la conexión cuando se selecciona cualquier parte de la instrucción. Los parámetros de comunicación se especifican en la ficha "Configuración" de "Propiedades" de la instrucción de comunicación, ver figura 2.129.



Figura 2.129: Propiedades de los dispositivos enlazados

2.5 Configuración de sincronización de movimientos entre puentes grúas.

2.5.1.1 Sistema Anticolisión

El sistema anticolidión está diseñado para uso con los puentes grúa con el fin de evitar colisiones o malas maniobras dentro de la zona de trabajo delimitada. La prevención de las colisiones de puentes grúas son aplicaciones en la medición de distancia con sensores láser que hacen de los sistemas más confiables y seguros. El sistema se basa en dos sensores láser de alta precisión con un alcance aproximado de 12 m, colocados inversamente en cada puente grúa como protección combinada ver figura 2.130 El sensor láser hace un escaneo de distancias grandes y ajustables con una precisión de detección confiable. Dando como resultado una señal anti rebote de acuerdo a la distancia establecida y alcance del sensor láser. Delimitando distancias de seguridad para disminuir la velocidad hasta un stop completo de los puentes grúa. Estos sensores operan incluso en condiciones de ambiente difíciles, los sensores láser de distancia puede detectar de forma fiable y consistente a distintas distancias, ver figura 2.131.

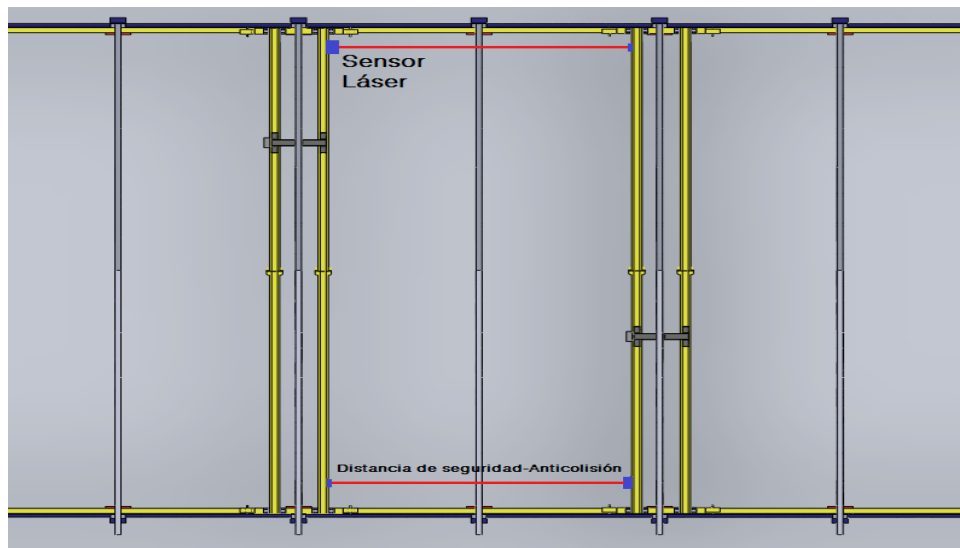


Figura 2.130: Sistema anticollisión sensores láser

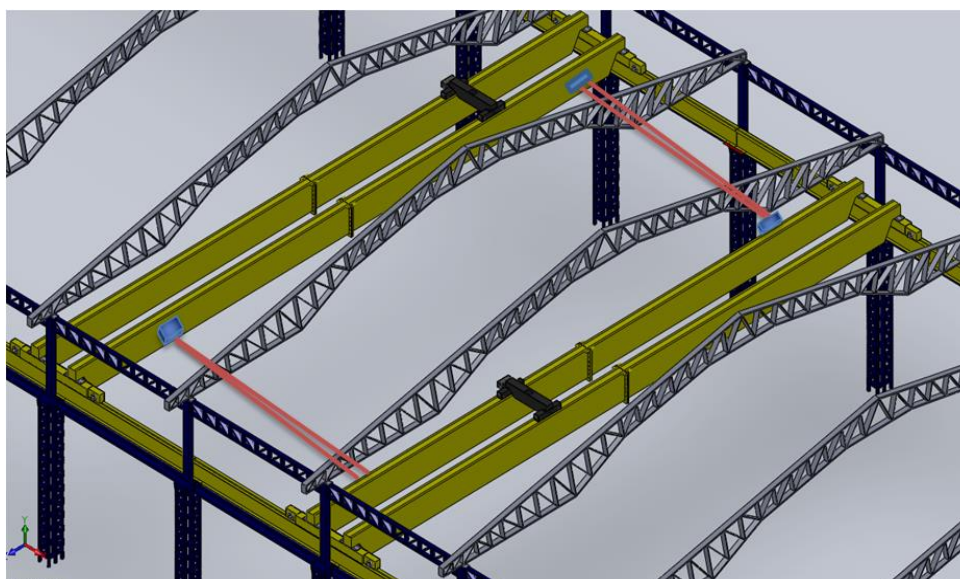


Figura 2.131: Sistema anticollisión sensores láser

2.6 Implementación.

2.6.1 Selección de Materiales para la Construcción de los Tableros

Para la selección de éstos se investigó sobre las características eléctricas que soporta cada dispositivo en sus entradas y salidas tanto de corriente como de voltaje.

Tabla 2.16: Materiales para la construcción de los tableros de control

Cantidad	Material
2	Gabinete metálico 60 x 60 x 20 cm
1	Gabinete metálico 30 x 20 x 15 cm
150	Borneras de plástico UT 2.5 Phoenix Contad
20	Tapas para borneras UT 2.5 Phoenix Contad
20	Separador para bornera UT 2.5 Phoenix Contad
4	Puentes para borneras UT 2.5 Phoenix Contad
24	Relé 2 polos bobina 24 V – 5 A
24	Base para relé 2 polos RELECO
32	Borneras para fusible UT 2.5 Phoenix Contad
40	Fusibles de cristal 0.5 A – 20 mm
3	Breaker 2 polos 6 A
3	Breaker 1 polo 6 A
4	Riel DIN de 2 m
4	Canaleta ranurada 40 x 60 mm
200	(Metros) cable flexible # 18 AWG CONELSA
600	Terminales tipo PIN # 18 AWG
3	Fuentes de poder 24 VDC 5 A Phoenix Contad

2.6.2 Conexión del tablero de Control

- Se coloca los materiales seleccionados en la placa del gabinete, colocándolos y asegurándolos en el riel DIN, para realizar el cableado correspondiente, ver figura 2.132.

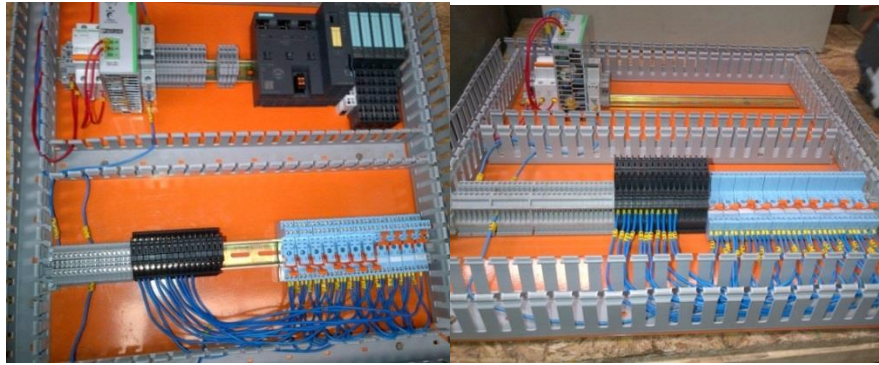


Figura 2.132: Materiales para las conexiones del tablero de control.

- Se procede a realizar las conexiones de acuerdo al plano elaborado de control y potencia, cada puente grúa tiene su propio controlador y tablero de control y las conexiones son las mismas en ambos casos.



Figura 2.133: Conexiones del tablero de control



**Figura 2.134: Conexiones de los tableros de control PUENTE GRÚA 1
y 2**

Se procede armar el gabinete de carga de los controladores, para estación de carga de pared y cargador independiente, ver figura 2.135.



Figura 2.135: Gabinete de carga de los controladores.

Se realizó todas las bases para soldar en el puente grúa, para que los sensores, y el tablero de control, estén seguros y permitan un trabajo eficaz, ver figura 2.136-2.137

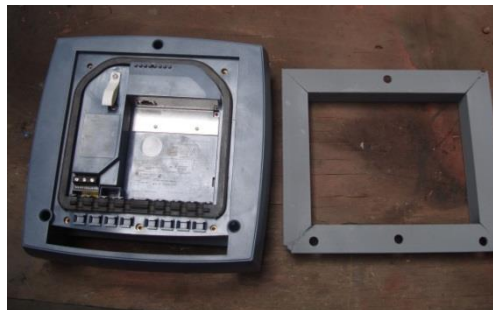


Figura 2.136: Bases del SCALANCE para acoplar al puente grúa



Figura 2.137: Bases del tablero de control para acoplar al puente grúa

2.6.3 Montaje de los Elementos.

Primero se montara las placas receptoras de los sensores inductivos, en platinas de 15 x 5 cm, las cuales se montaran en una placa base de acero en la estructura de la nave industrial, ver figura 2.138.



Figura 2.138: Placas de platino, receptores de los sensores inductivos.

Seguidamente se procede a montar los sensores inductivos en la viga principal de los puentes grúa, soldados en una placa base de acero para mayor precisión de los sensores y mayor seguridad de los mismos. Se suelda la base de los sensores en el puente grúa, para conectarlos al PLC, ver figura 2.139.



Figura 2.139: Estructura de los sensores inductivos para el puente grúa.



Figura 2.140: Montaje y conexión de los sensores inductivos

Se procede a conectar los sensores y colocar el tablero de control en el puente grúa, soldando las bases y sensores para seguridad del proceso, ver figura 2.140.

Se suelda las bases de los tableros de control para mayor seguridad de los gabinetes, ver figura 2.141.



Figura 2.141: Montaje del tablero de control

Se coloca la base del Scalance para mejor recepción de señal en un lugar visible, se ubicó en los testeros del puente grúa. Y se ajusta el equipo a la base, ver figura 2.142.



Figura 2.142: Base del Scalance (Access Point)

Se coloca la base del gabinete de conexiones del PLC para conectar a los motores del puente grúa, que se colocó junto al gabinete de control del mando suspendido del puente grúa, ver figura 2.143.

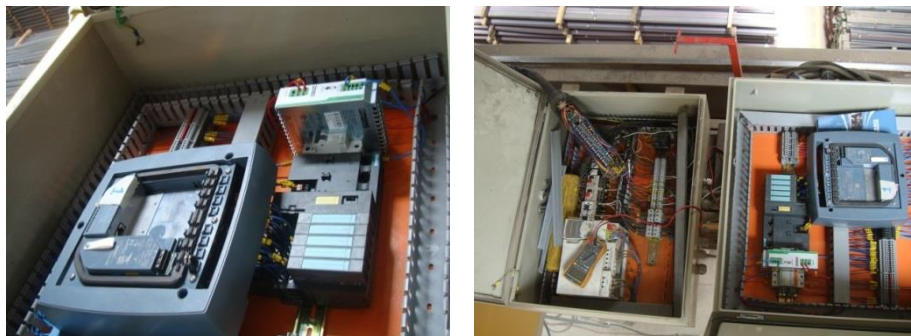


Figura 2.143: Tablero de control montado en el puente grúa.

Se realizó las conexiones respectivas para las pruebas de los equipos, ver figura 2.144.



Figura 2.144: Instalación de los equipos y conexiones listo para las pruebas de operación

2.7 Análisis de la estructura mecánica de los puentes grúa, mediante Software.

2.7.1 Puente grúa birriel²³

Consta de un acople de doble viga en el cual se apoya el carro que sustenta el polipasto. Este modelo permite alcanzar la máxima altura del gancho, es ideal para cargas elevadas o naves con luz media o grande, y la capacidad total de carga puede alcanzar las 100 Ton (ver figura 2.145).



Figura 2.145: Puente Grúa Birriel

Se pueden citar las siguientes características con respecto a este modelo: El carro se traslada sobre rieles soldadas en la parte superior de las dos vigas.

- La carga se distribuye igualmente sobre las dos vigas.
- Las vigas utilizadas son tipo I formada de plancha de acero, ver figura 2.146.

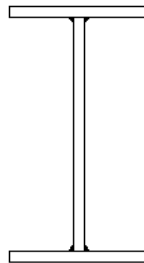


Figura 2.146: Viga formada de planchas de acero

²³ TESIS DE GRADO "DISEÑO DE UN PUENTE GRÚA TIPO DE 5 TONELADAS DE CAPACIDAD PARA LA INDUSTRIA METALMECÁNICA", - César Silva P., Santiago Morales G.

2.7.2 Partes constitutivas de un puente grúa

En la figura que se muestra a continuación se detallan los componentes típicos que conforman la estructura de un puente grúa, ver figura 2.147.

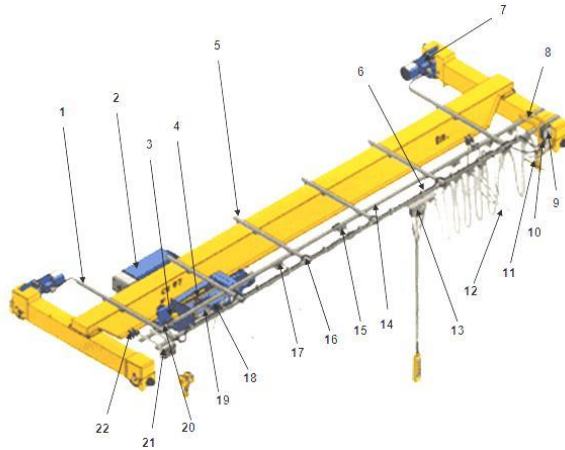


Figura 2.147: Partes de un puente grúa monorriel

Partes constitutivas:

1. Armario de translación
2. Armario polipasto
3. Final de carrera de elevación
4. Brazo arrastrador de alimentación del carro
5. Soporte de fijación
6. Carrillos
7. Motor para movimiento longitudinal
8. Brazo tomacorrientes
9. Armario de translación
10. Final de carrera de translación de puente
11. Tope final
12. Soporte de protección de mangueras
13. Botonera con conector
14. Soportes de las mangueras
15. Empalme de perfil

16. Soporte deslizante
17. Soporte para conducción de cable
18. Limitador de carga
19. Final de carrera de traslación del carro
20. Tope de accionamiento final del carro
21. Radio (opcional)
22. Topes de carro en mono viga.

A continuación se procede a detallar las partes principales que comprende el sistema de izaje tipo puente grúa.

2.7.2.1 **Viga de carga**

Es el miembro principal soportante de la carga. Está constituido por perfiles estructurales cargados transversalmente al eje de la viga generando esfuerzos de flexión. Se lo muestra en la figura 2.148.



Figura 2.148: Viga de carga de un puente grúa

2.7.2.2 **Testereros**

Son carros de traslación que mueven la viga principal del puente a lo largo de su corredera. Se lo puede apreciar en la figura 2.149.

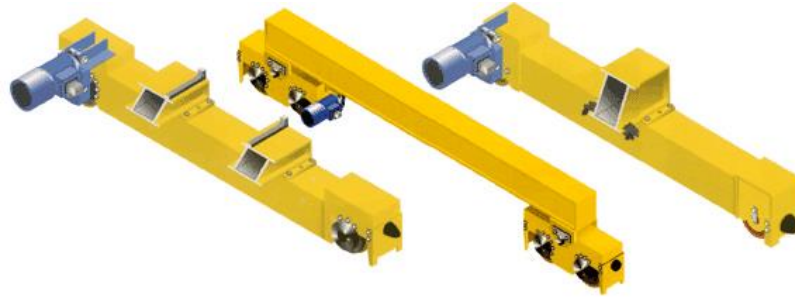


Figura 2.149: Carros testers

2.7.2.3 Motores de movimiento longitudinal

Estos motores aportan con energía motriz a los carros testers con el fin de que el puente grúa pueda realizar su movimiento longitudinal a lo largo de la viga carrilera, ver figura 2.150.



Figura 2.150: Motores de movimiento longitudinal

2.7.2.4 Polipasto

Es el encargado de levantar fácilmente las cargas en el plano vertical, estos pueden ser manuales, eléctricos de cadena, de cable y neumáticos. Constituye el componente sujeto a la viga de carga, utilizado para elevar cargas con un peso de 1 a 100 Ton. Es ideal para el transporte de materiales gracias a su flexibilidad de velocidades de elevación. Este elemento se lo aprecia en la figura 2.151.

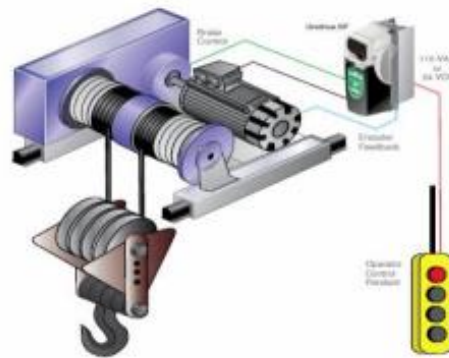


Figura 2.151: Polipasto

Está constituido por las siguientes partes:

- Engranajes helicoidales
- Dispositivo de freno
- Interruptor final de carrera (superior e inferior)
- Cables de alimentación insertos
- Contactos electromagnéticos
- Relé de inspección de fases
- Contenedor de cadena o cable
- Cadena de tracción
- Gancho inferior
- Cable de la botonera
- Interruptor de la botonera
- Limitador de sobrecarga

2.7.2.5 Línea de alimentación eléctrica

Constituyen todos los cables que energizan los motores de movimiento de los carros y el motor de elevación de carga, ver figura 2.152.



Figura 2.152: Líneas de alimentación

2.7.2.6 Líneas de suministro de energía

Son las encargadas del suministro de energía al polipasto, y se mueven de manera conjunta brindando corriente en cualquier ubicación en la que se encuentre el polipasto.

2.7.2.7 Ganchos

El gancho es el elemento que se acopla a la carga para permitir su elevación y traslado, ver figura 2.153.



Figura 2.153: Gancho

2.7.3 Propiedades de los aceros estructurales

2.7.3.1 Diagrama Esfuerzo - Deformación del acero

A continuación se muestra un diagrama típico de esfuerzo-deformación de un acero estructural al carbono que se caracteriza por la existencia de una zona inicial en la que esfuerzos y deformaciones están relacionados entre sí linealmente, seguida por la llamada región plástica, donde tienen lugar deformaciones considerables sin incremento apreciable de esfuerzos, y termina en una región de endurecimiento por deformación, en la cual un incremento de deformación es nuevamente acompañado por un incremento de esfuerzo, ver figura 2.154.

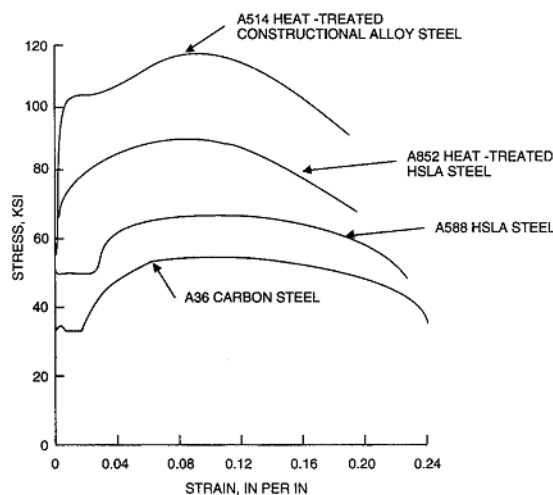


Figura 2.154: Curva de esfuerzo-deformación para los valores mínimos especificados para varios aceros estructurales.

2.7.3.2 Punto de fluencia

Se define el punto de fluencia como el esfuerzo en el material para el cual la deformación presenta un gran incremento sin que haya un aumento correspondiente en el esfuerzo. Esto queda indicado por la porción plana del diagrama esfuerzo deformación, denominada rango plástico o inelástico. El punto superior de fluencia es el que aparece en las especificaciones de diseño de todos los aceros.

2.7.3.3 Resistencia de fluencia

La resistencia a la fluencia del acero estructural puede determinarse durante la prueba de tensión, observando el indicador de carga. Después de aumentar continuamente la carga, se observa que cae súbitamente a un valor ligeramente inferior que se mantiene por algún tiempo mientras la probeta sigue alargándose.

En un ensayo bien efectuado uno puede distinguir entre el punto de fluencia que corresponde a la carga alcanzada, justo antes de que empiece la fluencia, y el punto de fluencia más bajo que corresponde a la carga requerida para mantener la fluencia. Como el punto de fluencia superior es transitorio, debe usarse el punto de fluencia inferior para determinar la resistencia a la fluencia del material.

2.7.3.4 Resistencia a la tensión

Se define como el cociente de la carga axial máxima aplicada sobre la muestra, dividida para el área de la sección transversal original. En algunos casos, éste es un valor arbitrario, útil para propósitos de referencia, porque la resistencia real a la tensión debe basarse en la curva real de esfuerzo deformación.

2.7.4 Propiedades mecánicas del acero

Las propiedades mecánicas dependen fundamentalmente de la composición química, los procesos de laminado y el tratamiento térmico de los aceros. Otros factores que pueden afectar a estas propiedades son las técnicas empleadas en las pruebas, tales como la rapidez de carga de la muestra, las condiciones y geometría de la muestra, el trabajo en frío y la temperatura existente al momento de la prueba.

2.7.4.1 Elasticidad

La elasticidad de un material es su capacidad de volver a la forma original después de sucesivos ciclos de carga y descarga. La deformación elástica es consecuencia del desplazamiento de los átomos constituyentes del material, siempre que no se alteren las posiciones relativas de esos átomos en su red cristalina.

2.7.4.2 Plasticidad

La deformación plástica es la deformación permanente provocada por una tensión igual o superior al límite de fluencia. Es el resultado de un desplazamiento permanente de los átomos que constituyen el material.

2.7.4.3 Ductilidad

Es la capacidad de los materiales de deformarse elásticamente sin romperse. Mientras más dúctil es el acero, mayor es la reducción de área o el estiramiento antes de la ruptura. Un material no dúctil no se deforma plásticamente antes de la ruptura, en este caso se dice que el material es de comportamiento frágil o que se fractura fácilmente.

2.7.4.4 Resistencia a la fatiga

Se le llama resistencia a la fatiga al esfuerzo al cual el acero falla bajo aplicaciones repetidas de carga; se denomina también límite de aguante.

2.7.4.5 Resistencia al impacto o tenacidad

Es una medida de la capacidad del material para absorber energía bajo aplicaciones rápidas de carga. La tenacidad es la medida comparativa de las resistencias al impacto de varios aceros.

2.7.4.6 Soldabilidad

Es la capacidad que tiene el acero para formar uniones soldadas, el aumento del contenido de carbono reduce la ductilidad, lo que genera problemas en la soldadura. Sin embargo, los aceros al carbono con hasta un 0,3% de carbono (bajo carbono) pueden ser soldados sin precauciones especiales, siendo también los más adecuados para construcción civil.

2.7.5 **Ventajas del acero como material estructural**

- **Alta resistencia:** la alta resistencia del acero por unidad de peso, permite estructuras relativamente livianas, lo cual es de gran importancia en la construcción de puentes, edificios altos y estructuras cimentadas en suelos blandos.
- **Homogeneidad:** las propiedades del acero no se alteran con el tiempo, ni varían con la localización en los elementos estructurales.
- **Elasticidad:** el acero es el material que más se acerca a un comportamiento linealmente elástico (Ley de Hooke) hasta alcanzar esfuerzos considerables.
- **Precisión dimensional:** los perfiles laminados están fabricados bajo estándares que permiten establecer de manera muy precisa las propiedades geométricas de la sección.
- **Ductilidad:** el acero permite soportar grandes deformaciones sin falla, alcanzando altos esfuerzos en tensión, ayudando a que las fallas sean evidentes.
- **Tenacidad:** el acero tiene la capacidad de absorber grandes cantidades de energía en deformación (elástica e inelástica).
- **Facilidad de unión con otros miembros:** el acero en perfiles se puede conectar fácilmente a través de remaches, tornillos o soldadura con otros perfiles.
- **Rapidez de montaje:** la velocidad de construcción en acero es muy superior al resto de los materiales.
- **Disponibilidad de secciones y tamaños:** el acero se encuentra disponible en perfiles para optimizar su uso en gran cantidad de tamaños y formas.
- **Costo de recuperación:** las estructuras de acero de desecho, tienen un costo de recuperación en el peor de los casos como chatarra de acero.
- **Reciclable:** el acero es un material 100 % reciclable además de ser degradable por lo que no contamina.

- Permite ampliaciones fácilmente: el acero permite modificaciones y/o ampliaciones en proyectos de manera relativamente sencilla.
- Se pueden prefabricar estructuras: el acero permite realizar la mayor parte posible de una estructura en taller y la mínima en obra consiguiendo mayor exactitud y rapidez de montaje.

2.7.6 Desventajas del acero estructural, ver figura 2.155.

- Temperatura, calor y fuego: en el caso de incendios, el calor se propaga rápidamente por las estructuras haciendo disminuir su resistencia hasta alcanzar temperaturas donde el acero se comporta plásticamente, debiendo protegerse con recubrimientos aislantes del calor y del fuego (retardantes) como mortero, concreto, asbesto, etc. Más adelante se describe detalladamente este fenómeno.
- Corrosión: el acero expuesto a la intemperie sufre corrosión por lo que debe recubrirse siempre con pinturas exceptuando a los aceros especiales como el inoxidable.
- Pandeo elástico: debido a su alta relación resistencia/peso el empleo de perfiles esbeltos sujetos a compresión, los hace susceptibles al pandeo elástico, por lo que en ocasiones, el acero no es una solución económica en el diseño de columnas.
- Fatiga: la resistencia del acero (así como del resto de los materiales), puede disminuir cuando se somete a un gran número de inversiones de carga o a cambios frecuentes de magnitud de esfuerzos a tensión (cargas pulsantes y alternativas).

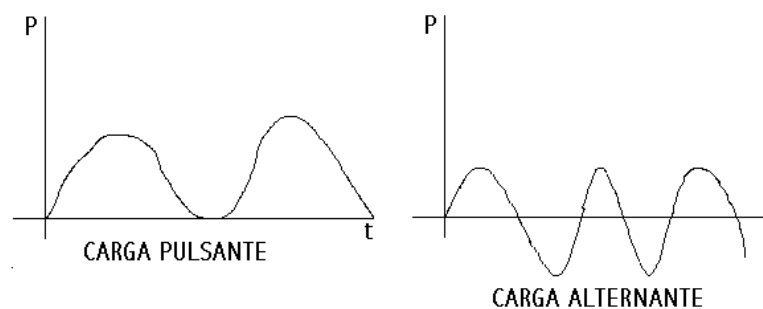


Figura 2.155: Carga pulsante y carga alternante

2.7.7 Análisis de cargas para el diseño

En el diseño de un edificio industrial o de cualquier tipo de estructura es obligatoriamente necesario determinar las cargas que ha de soportar el esqueleto o la estructura del edificio. Estas cargas se clasifican como cargas estáticas o cargas vivas dinámicas, y varían dependiendo del tipo de estructura y el tipo de trabajo.

- Cargas Estáticas: Son aquellas que consisten en el peso del sistema estructural y que permanecen invariantes con el transcurso del tiempo en su punto de aplicación.
- Cargas Dinámicas: Son aquellas cargas que provienen de fuerzas de la naturaleza y no son permanentes ni en magnitud ni en su punto de aplicación.

Las cargas de diseño se manejan comúnmente como cargas por cada unidad de área, esta área corresponde al área de influencia o área efectiva de carga. Las unidades más comunes para su empleo son las siguientes:

$$\left(\frac{\text{kip}}{\text{in}^2}; \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$$

2.7.8 Símbolos y notaciones.

Para una fácil referencia, la presente obra utilizará los siguientes símbolos y notaciones correspondientes a los mencionados en la AISE (Association of Iron and Steel Engineers), reporte N13 - Guide for the Design and Construction of Mill Buildings.

C_{VS} : Carga vertical de un solo puente grúa en la nave industrial.

C_{SS} : Carga de empuje lateral de un solo puente grúa en la nave industrial.

C_i : Impacto vertical de un solo puente grúa en la nave industrial.

C_{IS} : Empuje axial de un solo puente grúa en la nave industrial

C_{bs} : Impacto en los fines de carrera en un solo puente grúa en la nave industrial, al 100% de velocidad.

C_d : Carga muerta de todos los puentes para el mayor efecto sísmico.

C : Carga máxima de levantamiento más los accesorios.

D : Carga muerta

W_{ss} : Carga de sismo

2.7.8.1 Carga estática o carga muerta D

Se denomina carga estática a la sumatoria de la carga de peso propio más la carga de seguridad.

$$D = W_{pp} + W_S$$

(Ec 2.1)

2.7.8.2 Carga de peso propio W_{pp}

Las cargas muertas requieren siempre de un cálculo directo y cuidadoso del peso de todos los componentes que estén permanentemente instalados y que contribuyan a la carga muerta total. Las cargas muertas se basan en el conocimiento del peso volumétrico y de las dimensiones del material utilizado para la construcción del sistema estructural. Entre las cargas muertas típicas se mencionan:

- Materiales de piso y techo, incluyendo las vigas de piso y techo.
- Materiales de servicios eléctricos, desagües para aguas lluvias, servicios higiénicos, protección contra incendios, etc.
- Muros interiores y exteriores soportados por la estructura, incluyendo ventanas, puertas y balcones.
- Equipos mecánicos tales como calefacción, aire acondicionado, motores, elevadores de carga, etc.

Las cargas muertas se esquematizan de la siguiente manera, ver figura 2.156.:

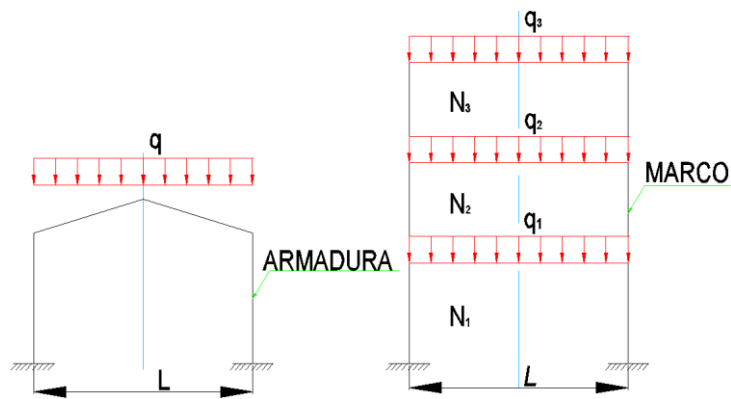


Figura 2.156: Esquemática de las cargas muertas

2.7.8.3 Carga de seguridad W_s

La carga de seguridad es un tipo de carga que eleva el factor de seguridad de la estructura, ya que por desgracia se desconoce con exactitud todos los componentes estructurales para la determinación de la carga muerta.²⁴

Según la Tesis de Javier Aguilar y Javier Cruz, se recomienda que la carga de seguridad sea el 30% de la carga de peso propio.

2.7.9 Luz y ancho de la nave industrial

El espacio de trabajo dentro de un edificio industrial destinado al trabajo ingenieril debe ser amplio.

2.7.10 Número de puentes grúa a instalar

Cuando se trata de una nave industrial de grandes dimensiones como en una siderúrgica se necesita el empleo de 2 o más puentes grúa dependiendo de la necesidad. Para el presente caso, se diseña una nave industrial de gran proporción. Se determinó la selección de la luz y el ancho del edificio estructural, las

²⁴ AGUILAR J., CRUZ J., Desarrollo de la Ingeniería Básica y de Detalle para la Construcción de la Casa de Máquinas para el Oleoducto de Crudos Pesados (OCP); TESIS FIM EPN; 2002; pág. 28

dimensiones escogidas para el diseño del edificio son: 24 metros de luz y 100 metros de largo. Por tal razón se tomó la decisión de implementar dos puentes grúa para facilidad y disminución de tiempos. Por otro lado, la velocidad del puente grúa es un parámetro que se define según requerimiento del operador del puente grúa para carga descarga como se muestra en la figura 2.157.

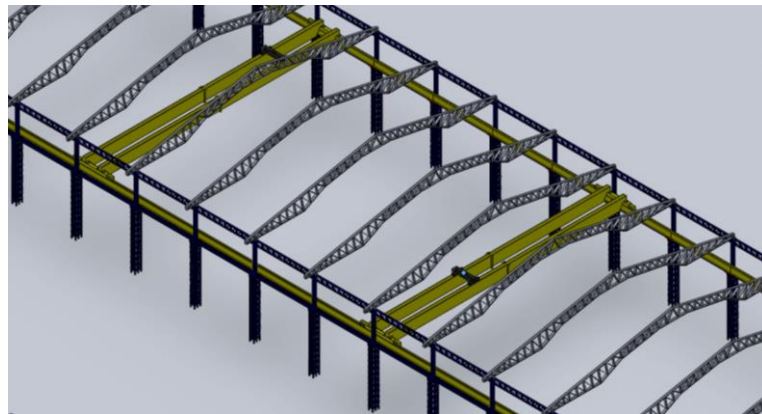


Figura 2.157: Simulación Nave No 1 de almacenamiento de producto terminado NOVACERO S.A. planta Lasso

2.7.11 Características de la nave industrial

Tomando en cuenta los aspectos estructurales y dimensionales de selección a continuación se propone el esquema general del pórtico característico de la nave industrial y el puente grúa respectivamente.

Tabla 2.17: Características de la nave industrial

Nave Industrial NOVACERO S.A.	
Ítem	Característica
Capacidad del puente grúa	10 ton
Tipo de pórtico	2 aguas, sección constante
Luz del pórtico	25 m
Ancho entre pórticos	6 m
Gradiente	15"
# de pórticos	16

Longitud de la nave industrial	96 m
Altura viga de carga	6 m
Techado	Duratecho

Tabla 2.18: Características del Puente grúa

Puente Grúa	
Ítem	Característica
Tipo	Puente grúa birriel
Carga Nominal	10 ton
Horas de servicio	2000 h/año
# de puentes grúa en la nave	2
Tipo de mando	Control Remoto
Tipo de polipasto	Eléctrico por cable

2.7.12 Esquemas generales de la estructura tipo puente grúa diseñada.

Se establece un esquema general que representa los elementos principales básicos de la nave industrial como se muestra en la figura 2.158:

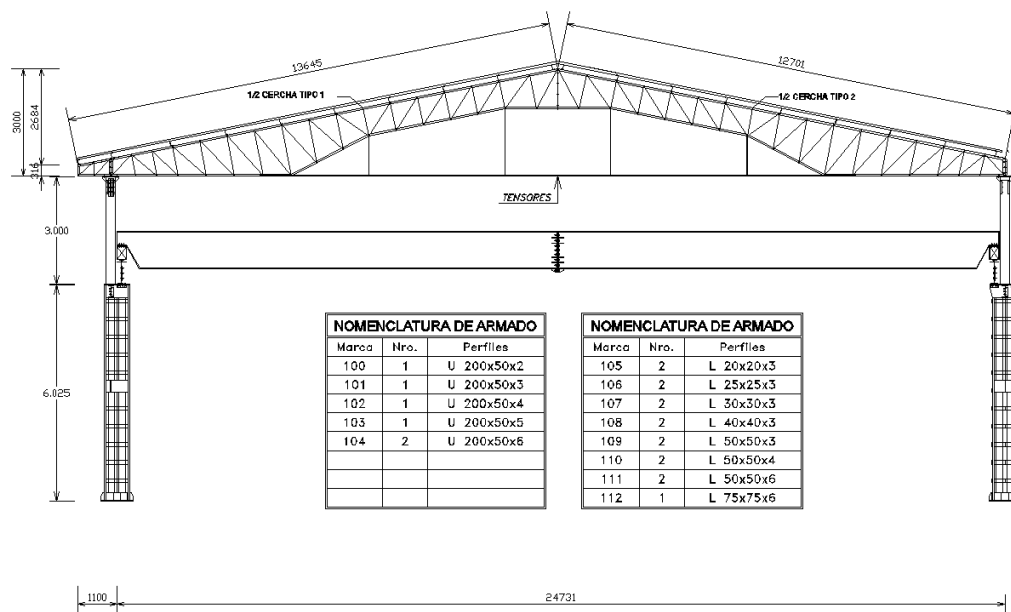


Figura 2.158: Geometría general estructura de la Nave No. 1 de la bodega de almacenamiento de producto terminado NOVACERO S.A.

Este esquema general será utilizado para los fines de análisis de la estructura mecánica del puente grúa, es decir, se considera la geometría establecida en el esquema. Sin embargo, existen otros detalles que están incluidos en el anexo 4. En la siguiente figura 2.159 se muestra un esquema de la nave industrial que según los parámetros técnicos establecidos.

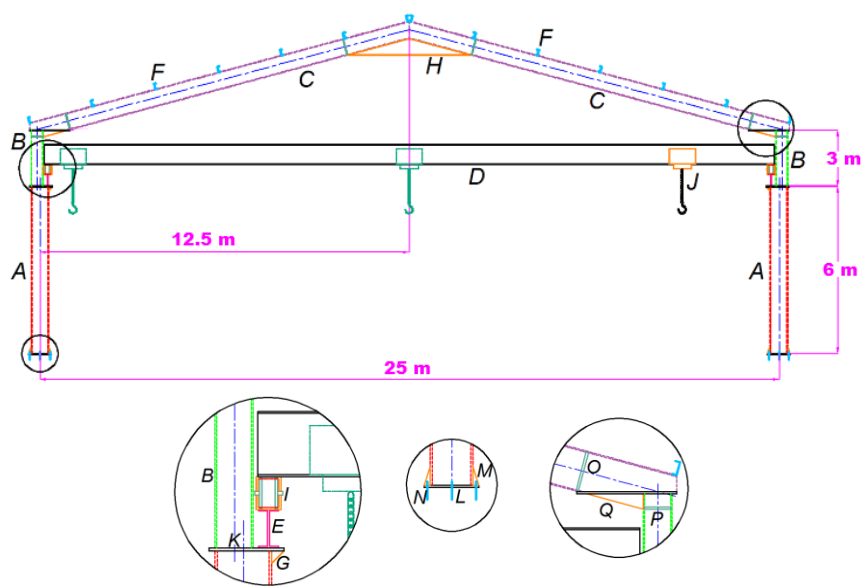


Figura 2.159: Esquema detallado de la nave industrial tipo puente grúa.

Dónde:

A: es la columna primaria

B: es la columna secundaria

C: es la trabe inclinada de conexión

D: es la viga de carga

E: es la viga carrilera

F: son los canales de correa tipo C

G: es la ménsula de sujeción de la viga carrilera y permite la conexión rígida entre los elementos A, B y E.

H: Placa triangular soportante entre las 2 traves

I: Esquema de la viga testera con ruedas

J: Sistema polipasto de carga

K: Placa tapa entre columna primaria y columna secundaria

L: Placa base entre cimentación y columna primaria

M: Ménsula base entre placa base primaria y columna primaria

N: Perno de anclaje

O: Rigidizador de trabe

P: Rigidizador de columna secundaria

Q: Soporte triangular entre trabe y columna secundaria

2.7.13 Cargas del puente grúa

2.7.13.1 Carga de operación C_n

La carga del puente grúa, de 10 toneladas, fue justificada previamente según los requerimientos establecidos por el proyecto. Cabe recalcar que este valor es ahora inmutable debido a que un cambio en el mismo no solo afecta los cambios estructurales sino el diseño y todos los parámetros que conllevaron a la elección de este dato. La carga de operación se refiere entonces a la capacidad del puente grúa, y de manera adicional a una carga de seguridad en caso de sobrecarga, que se la puede asumir como en un 30% (según recomendaciones estructurales) de la carga nominal, para fines de cálculo.

Por tanto:

$$C_n = 10000 + 0.3 * 10000 \text{ kg}$$

$$C_n = 13000 \text{ kg} * \frac{9.80665 \text{ kN}}{1000 \text{ kg}}$$

$$C_n = 127.4 \text{ kN} * \frac{224.81 \text{ lbf}}{1 \text{ kN}} * \frac{1 \text{ kip}}{1000 \text{ lbf}}$$

$$C_n = 28.64 \text{ kip}$$

2.7.13.2 Impacto vertical C_i

Esta carga es resultado del impacto de las ruedas de los carros testers sobre el carril superior de la viga carrilera. Por tanto, este parámetro es de vital importancia para análisis de la viga carrilera. Tomando en consideración que para una grúa operada a control remoto se tiene la correlación existente entre el impacto vertical y la carga nominal:

$$C_i = 10\% C_n \quad (\text{Ec. 2.2})$$

$$C_i = 0.1 * 13000 \text{ kg}$$

$$C_i = 1300 \text{ kg} * \frac{9.80665 \text{ kN}}{1000 \text{ kg}}$$

$$C_i = 12.74 \text{ kN} * \frac{224.81 \text{ lbf}}{1 \text{ kN}} * \frac{1 \text{ kip}}{1000 \text{ lbf}}$$

$$C_i = 2.86 \text{ kip}$$

2.7.13.3 **Peso del puente grúa sin carga W_{PG}**

La estimación de este parámetro se lo realiza en primera instancia tomando en cuenta los datos de un puente grúa birriel de 10 toneladas de capacidad para 25 metros de luz. Dicha información es de gran ayuda porque brinda la posibilidad de realizar un análisis más cercano a la realidad. En la siguiente tabla se menciona la carga de cada uno de los accesorios.

Tabla 2.19: Accesorios del puente grúa

Accesorio	Unidades	Kg
Carro testero	2	540
Viga puente o vida de carga	2	9979.6
Mecanismo de traslación de la grúa	1	150
Parte eléctrica/acoplados	1	60

Total	10729.6
--------------	---------

Siendo este peso referencial, se debe entonces aplicar un factor de seguridad en vista de que el perfil de la viga de carga será determinado luego, y el peso del mismo podría variar considerablemente. Además se debe considerar el peso de la soldadura para el anclaje de todos los elementos. Si se considera un factor de compensación de 1,4:

$$W_{P.G} = 1.4 * 10729.6 \text{ kg}$$

$$W_{P.G} = 15021.44 \text{ kg} \approx 15000 \text{ kg}$$

Por tanto,

$$W_{P.G} = 147 \text{ kN} = 33 \text{ kip}$$

$$W_{P.G} = \frac{9979.6 \text{ Kg}}{25 \text{ m}} = 399.18 \text{ Kg/m}$$

Se define este parámetro como la sumatoria de las cargas verticales que actúan directamente sobre el puente grúa.

Estas cargas son:

- La carga de operación del puente grúa C_n
- La carga del peso propio del puente grúa $W_{P.G}$
- El impacto vertical C_i

$$C_{VS} = C_n + W_{P.G} + C_i$$

(Ec. 2.3)

$$C_{VS} = 127.4 + 12.74 + 147 \text{ kN}$$

$$C_{VS} = 287.14 \text{ kN} = 64.55 \text{ kip}$$

Ahora bien, la carga vertical afecta a la viga carrilera tomando en cuenta la posición del polipasto en la viga de carga.

2.7.13.4 Cuando el polipasto está en posición central

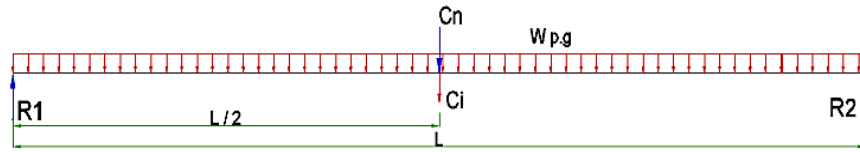


Figura 2.160: Cargas verticales cuando el polipasto ejerce la carga en posición central

En este caso R1 y R2 son iguales y son las cargas verticales que por acción y reacción se aplican sobre la viga carrilera.

$$R1 = R2 = \frac{C_n + C_i + W_{p.g}}{2} = 143.57 \text{ kN} = 32.27 \text{ kip}$$

En este caso como los dos carros testers soportan la carga, y debido a que cada carro tester se compone de 2 ruedas extremas, la carga en cada rueda es:

$$C_{rueda} = \frac{143.57}{2} \text{ kN} = \frac{14.49}{2} \text{ kip}$$

$$C_{rueda} = 71.78 \text{ kN} = 16.13 \text{ kip}$$

2.7.13.5 Cuando el polipasto está en posición extrema

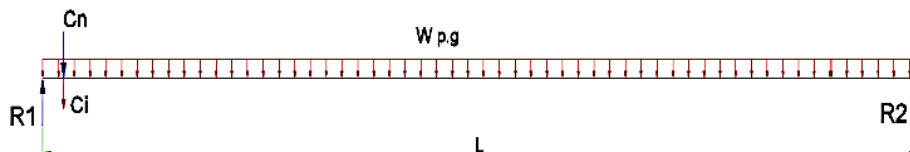


Figura 2.161: Cargas verticales cuando el polipasto ejerce la carga en posición extrema

En este caso R1 es la carga crítica que actúa en la viga carrilera, y es igual a:

$$R1 = C_n + W_{P.G}/2 + C_i = 213.64 \text{ kN} = 48.03 \text{ kip}$$

R2 de manera aproximada, considerando que Cn y Ci se aplican directamente en el extremo de R1, resultaría:

$$R2 = W_{P.G}/2 = 73.5 \text{ kN} = 16.52 \text{ kip}$$

En este caso la carga crítica en la rueda viene dada por R1. Además, en este caso R1 es soportada por las 2 ruedas del carro testero, entonces la carga crítica de la rueda viene a ser:

$$C_{rueda} = \frac{213.64}{2} \text{ kN}$$

$$C_{rueda} = 106.82 \text{ kN} = 24.01 \text{ kip}$$

2.7.13.6 Empuje lateral C_{ss}

Considerando los factores establecidos, se tiene por tanto la correlación entre el empuje lateral y la carga vertical de diseño para la viga de carga:

$$C_{ss} = 10\%C_{vs}$$

(Ec. 2.4)

Considerando la carga crítica vertical para el diseño de la viga de carga determinada anteriormente:

$$C_{ss} = 0.1 * 287.14 \text{ kN}$$

$$C_{ss} = 28.71 \text{ kN} = 6.45 \text{ kip}$$

La ubicación de la carga de empuje lateral requiere que tanto la dimensión del riel como el perfil de la viga carrilera sean conocidos. La viga carrilera, como se observa es el primer parámetro a determinar, y su diseño se presentará más adelante.

Como se puede observar en la Figura 2.153, se expone la aplicación de la carga de empuje lateral en el riel (a) y en el patín de la viga carrilera pero recalculada como una carga efectiva (b).

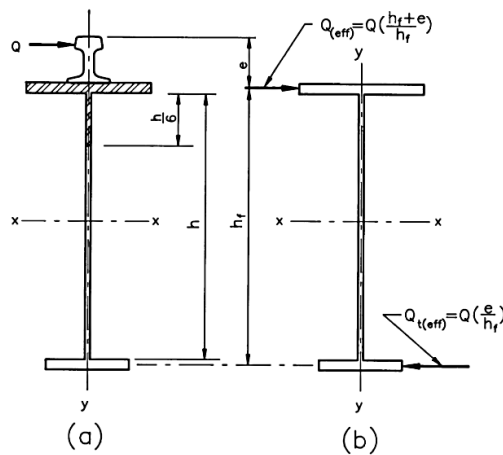


Figura 2.162: Empuje lateral efectivo y área efectiva resistente en vigas de sección abierta

2.7.13.7 Empuje axial C_{is}

Se ha mencionado previamente que el empuje axial está relacionado con la carga que soporta la rueda conductora. Previamente, para las dos posiciones del polipasto analizadas (en el medio y al extremo), se determinó la carga sobre la rueda conductora, resultando una carga crítica de 73.5 kN cuando el polipasto está ubicado en uno de los extremos. Por tanto:

$$C_{is} = 10\%C_{rueda}$$

(Ec. 2.5)

$$C_{is} = 0.1 * 106.82 \text{ kN}$$

$$C_{is} = 10.68 \text{ kN} = 2.40 \text{ kip}$$

2.7.13.8 Carga de impacto en los fines de carrera C_{bs}

Se la define como una fuerza longitudinal ejercida en la viga carrilera por el movimiento del puente grúa, debido a los choques cuando todo el puente en conjunto llega a sus fines de carrera. Para esta carga se toma en cuenta el peso del

puente grúa sin carga, además, se usa el factor de impacto como máquina pesada de 1.5, teniendo entonces:

$$C_{bs} = 1.5 * \text{Capacidad P.G}$$

(Ec. 2.6)

$$C_{bs} = 1.5 * 10000 \text{ kg}$$

$$C_{bs} = 147 \text{ kN} = 33.04 \text{ kip}$$

2.7.13.9 Resumen de las cargas que rigen el puente grúa

Tabla 2.20: Cargas del puente grúa

Tipo de carga	Simbología	kN	kip
Carga de operación	C_n	28.64	127.4
Impacto vertical	C_i	12.74	2.86
Carga vertical para la viga carrilera	C_{vs}	287.14	64.55
Carga vertical en las ruedas	C_{rueda}	106.82	24.01
Empuje lateral	C_{ss}	28.71	6.45
Empuje axial	C_{is}	10.68	2.4
Carga de impacto en los fines de carrera	C_{bs}	147	33.04

2.7.14 Análisis del puente grúa mediante software

Al analizar los parámetros determinados anteriormente, se realiza el análisis estructural de los componentes de la nave industrial. Se hace uso de la teoría y ecuaciones expuestas para este fin. Se define en primer lugar la perfilería a usar, buscando aquellos elementos que presenten un índice de trabajo seguro para la construcción, pero que de manera adicional no sobredimensionen a la estructura elevando su costo. Finalmente, se fundamenta en el análisis del diseño mediante el

uso de paquetes informáticos tales como el SAP2000 y el AutoCAD, combinados con el desarrollo del cálculo manual, con el fin de esquematizar un proceso de cálculo eficiente y veraz.

2.7.14.1 Diagrama de cuerpo libre y resultados del carro testero.

Se muestra a continuación el diagrama del cuerpo libre planteado, ver figura 2.163:

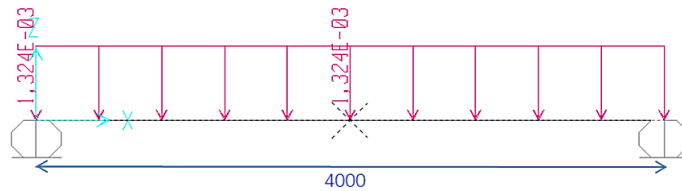


Figura 2.163: Diagrama del cuerpo libre del carro testero

Mediante el software AutoCAD, realizamos el cálculo del momento de inercia de la sección de la viga carrilera, ver figura 2.164.

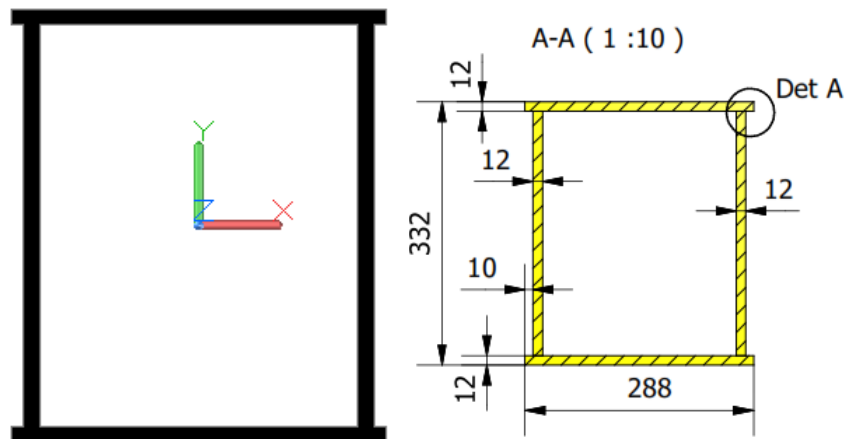


Figura 2.164: Sección del carro testero

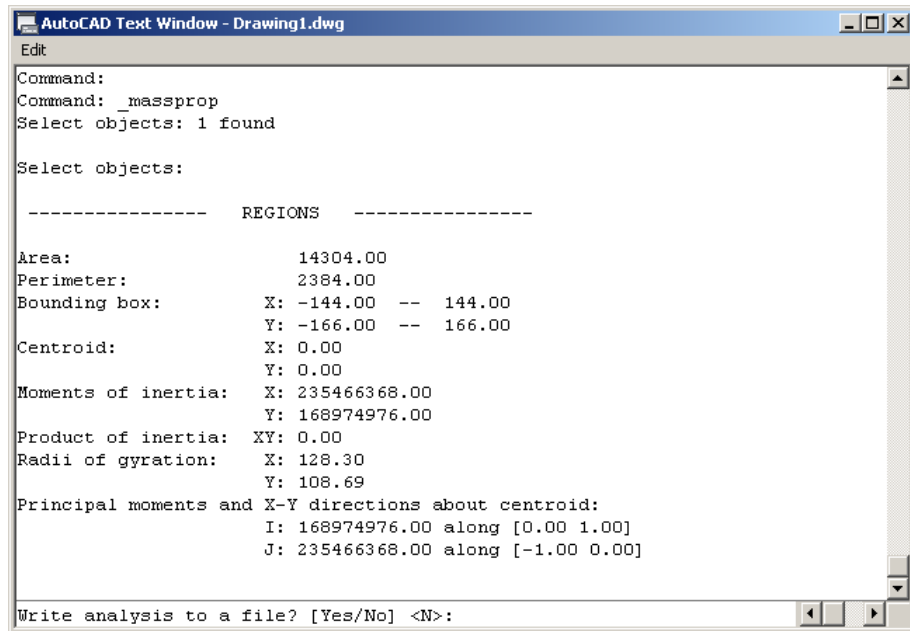


Figura 2.165: Momento de inercia de la sección del carro testero

Con los datos establecidos se introduce la información en SAP 2000 para obtener los siguientes resultados:

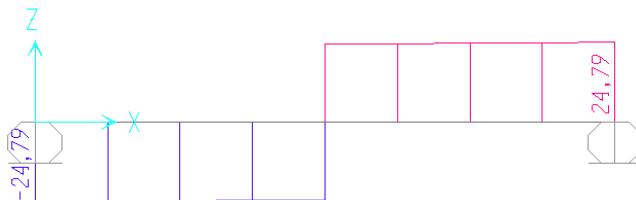


Figura 2.166: Diagrama de cortante del carro testero (Kip)

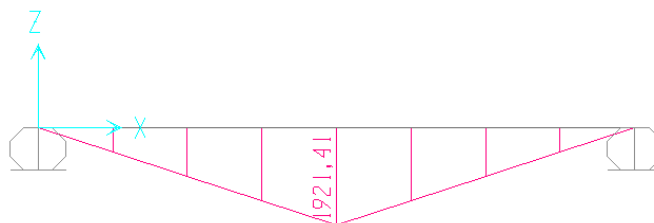


Figura 2.167: Diagrama de momento flector del carro testero (Kip-In)

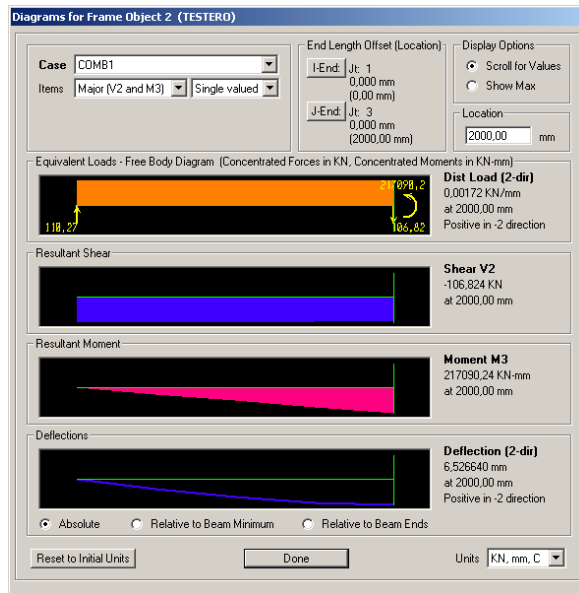


Figura 2.168: Resultados de los diagramas de cortante y momento flector para la sección 0 – 2 m en donde se registra el mayor valor del cortante.

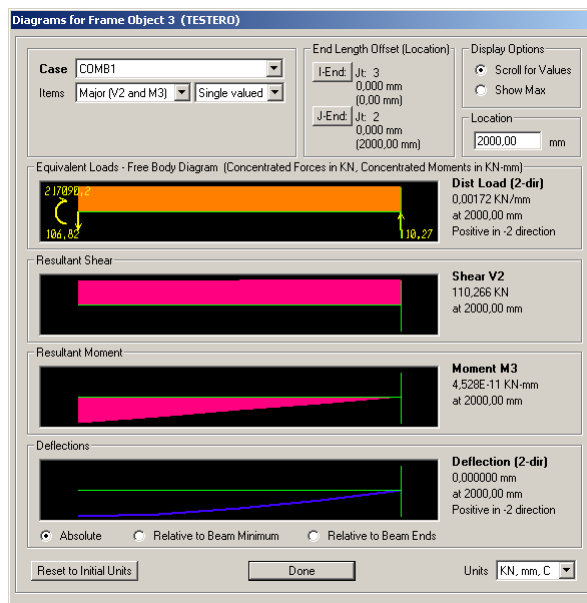


Figura 2.169: Resultados de los diagramas de cortante y momento flector para la sección 2 – 4 m en donde se registra el mayor valor del cortante.

Steel Stress Check Information (AISC-ASD89)

Frame ID: 2 Analysis Section: TESTERO
 Design Code: AISC-ASD89 Design Section: TESTERO

COMBO ID	STATION LOC	---MOMENT RATIO	INTERACTION CHECK =	AxL + B-MAJ + B-MIN	---MAJ-SHR---MIN-SHR---	RATIO	RATIO
COMB1	0,00	0,000 (T)	=	0,000 + 0,000 + 0,000		0,139	0,000
COMB1	500,00	0,236 (T)	=	0,000 + 0,236 + 0,000		0,138	0,000
COMB1	1000,00	0,471 (T)	=	0,000 + 0,471 + 0,000		0,137	0,000
COMB1	1500,00	0,703 (T)	=	0,000 + 0,703 + 0,000		0,136	0,000
COMB1	2000,00	0,934 (T)	=	0,000 + 0,934 + 0,000		0,135	0,000

Modify/Show Overwrites: Overwrites Display Details for Selected Item: Details Display Complete Details: Tabular Data

Strength Deflection OK Cancel Stylesheet: Default Table Format File

Figura 2.170: Resultados numéricos de los diagramas de cortante y momento flector para la sección 0 – 2 m en donde se registra el mayor valor del cortante.

Actualmente la AISC, ha desarrollado dos tipos de enfoques diferentes para el diseño de estructuras de acero:

- Allowable stress design (ASD)
- Load and resistance factor design (LRFD)

Cualquiera de las 2 teorías son válidas para el diseño; sin embargo, se recomienda que ambos métodos no deben mezclarse.

En una etapa preliminar del diseño se debe escoger bajo que especificación se va a diseñar ya que las ecuaciones y su aplicación son diferentes, así como las combinaciones de carga.

Los siguientes resultados se seguirá las especificaciones AISC-ASD 8va edición²⁵ (Diseño por Esfuerzos Admisibles), los mismos que también se lleva a cabo en la AISE 2003. Esta establece que los esfuerzos admisibles de un elemento o conexión no deben ser sobrepasados por las cargas de trabajo. A las teorías de esfuerzos admisibles se incorpora el factor de seguridad mínimo de 1.3, el 30% del factor típico de estructuras metálicas.

²⁵ AISC; Manual of Steel Construction; 8va Ed.; págs. 2-51 y 2-52

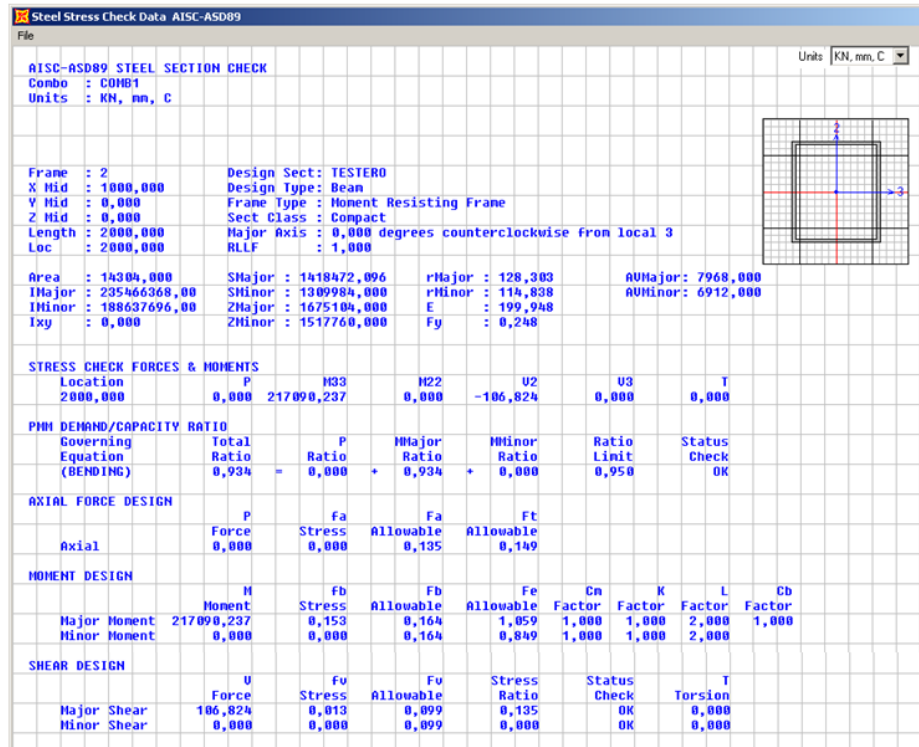


Figura 2.171: Resultados de los esfuerzos admisibles del carro testero

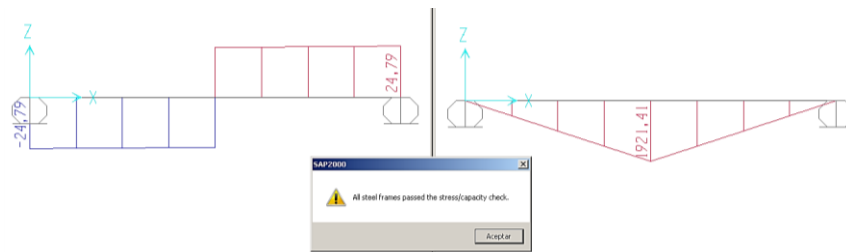


Figura 2.172: Verificación de la capacidad de esfuerzos con las condiciones de acero establecidas.

2.7.14.2 Diagrama de cuerpo libre y resultados de la viga de carga.

Se muestra a continuación el diagrama del cuerpo libre planteado:

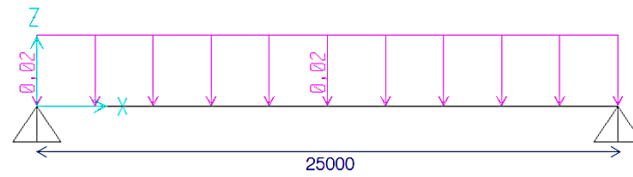


Figura 2.173: Diagrama del cuerpo libre de la viga de carga

Mediante el software AutoCAD, realizamos el cálculo del momento de inercia de la sección de la viga de carga, ver figura 2.174.

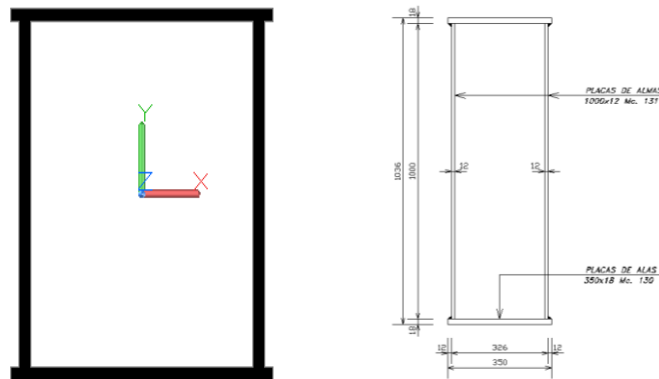


Figura 2.174: Sección de la viga de carga

2.7.14.3 Momento de inercia de la sección de la viga de carga

Con los datos establecidos se introduce la información en SAP 2000 para obtener los siguientes resultados:

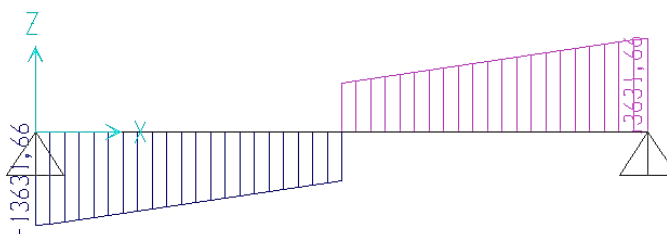


Figura 2.175: Diagrama de cortante de la viga de carga (Kip)

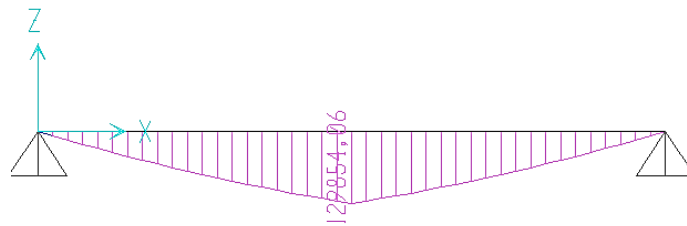


Figura 2.176: Diagrama de momento flector de la viga de carga (Kip-In)

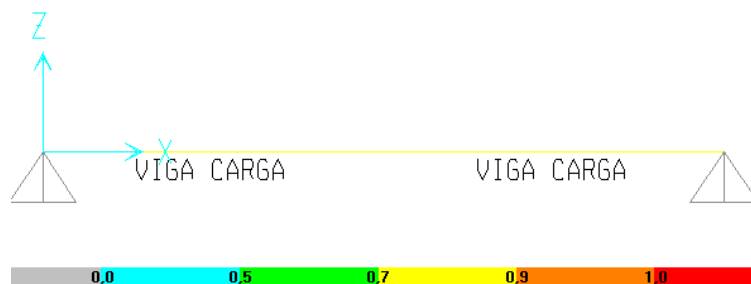


Figura 2.177: Diagrama de colores del momento máximo flector de la viga de carga menor a 1

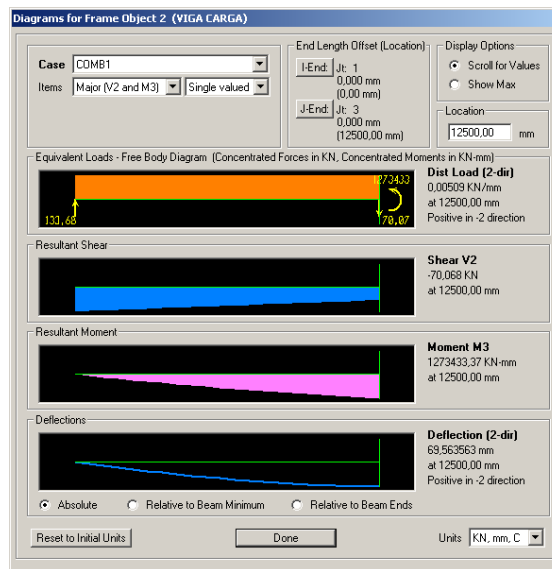


Figura 2.178: Resultados de los diagramas de cortante y momento flector para la sección 0 – 12.5 m en donde se registra el mayor valor del cortante.

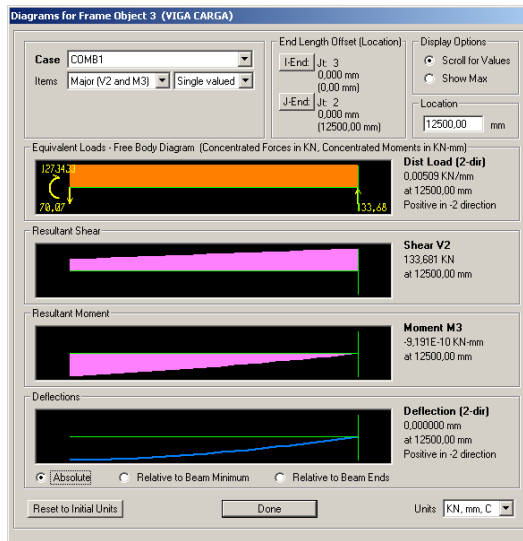


Figura 2.179: Resultados de los diagramas de cortante y momento flector para la sección 12.5 – 25 m en donde se registra el mayor valor del cortante.

Steel Stress Check Information (AISC-ASD89)

Frame ID: 2 | Analysis Section: VIGA CARGA
 Design Code: AISC-ASD89 | Design Section: VIGA CARGA

COMBO ID	STATION LOC	Ratio	MOMENT INTERACTION CHECK	MAJ-SHR RATIO	MIN-SHR RATIO
COMB1	8928,57	0,660 (T)	= 0,000 + 0,660 + 0,000	0,047	0,000
COMB1	9523,81	0,694 (T)	= 0,000 + 0,694 + 0,000	0,045	0,000
COMB1	10119,0	0,728 (T)	= 0,000 + 0,728 + 0,000	0,044	0,000
COMB1	10714,3	0,760 (T)	= 0,000 + 0,760 + 0,000	0,042	0,000
COMB1	11309,5	0,790 (T)	= 0,000 + 0,790 + 0,000	0,041	0,000
COMB1	11904,8	0,820 (T)	= 0,000 + 0,820 + 0,000	0,039	0,000
COMB1	12500,0	0,848 (T)	= 0,000 + 0,848 + 0,000	0,037	0,000

Buttons: Overwrites, Details, Tabular Data, OK, Cancel, Table Format File

Strength Deflection

Figura 2.180: Resultados numéricos de los diagramas de cortante y momento flector para la sección 0 – 12.5 m en donde se registra el mayor valor del cortante.

Steel Stress Check Data: AISC-ASD89

File Units: Kg, m, C

AISC-ASD89 STEEL SECTION CHECK
 Combo : COMB1
 Units : Kg, m, C

Frame : 2 Design Sect: VIGA CARGA
 X Mid : 6,250 Design Type: Beam
 Y Mid : 0,000 Frame Type: Moment Resisting Frame
 Z Mid : 0,000 Sect Class: Compact
 Length : 12,500 Major Axis : 0,000 degrees counterclockwise from local 3
 Loc : 12,500 RLF : 1,000

Area : 0,036 SHMajor : 0,010 rMajor : 0,377 RHMajor : 0,025
 IMajor : 0,005 SHMinor : 0,005 rMinor : 0,149 RHMinor : 0,013
 IMinor : 8,103E-04 ZMajor : 0,012 E : 28389019158
 Ixy : 0,000 ZMinor : 0,005 Fy : 25310506,541

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	P	M33	M22	U2	U3	T
12,500	0,000	129854,062	0,000	-7144,987	0,000	0,000

PHM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation (BENDING)	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
	0,848	0,000	0,848	0,000	0,950	OK

AXIAL FORCE DESIGN

	P Force	Fa Stress	Fa Allowable	Ft Allowable
Axial	0,000	0,000	3733586,260	15186303,92

MOMENT DESIGN

	H Moment	Fb Stress	Fb Allowable	Fe Allowable	Cn Factor	K Factor	L Factor	Cb Factor
Major Moment	129854,062	12883810,32	15186303,92	23917666,32	1,000	1,000	2,000	1,000
Minor Moment	0,000	0,000	15186303,92	3733586,260	1,000	1,000	2,000	1,000

SHEAR DESIGN

	U Force	Fv Stress	Fv Allowable	Stress Ratio	Status Check	T Torsion
Major Shear	7144,987	289036,711	7736968,609	0,037	OK	0,000
Minor Shear	0,000	0,000	10124202,62	0,000	OK	0,000

Figura 2.181: Resultados de los esfuerzos admisibles de la viga de carga

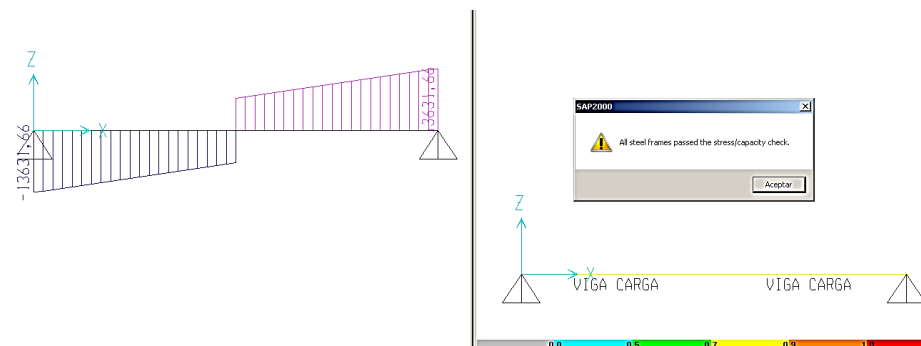


Figura 2.182: Verificación de la capacidad de esfuerzos con las condiciones de acero establecidas.

Del programa SAP2000, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 2.21: Resumen de valores de cortante y momento flector para diferentes puntos de la viga de carga

	0-12.5 m	12.5 m – 25 m
V (kip)	-15.752	30.053
M (kip - in)	11270.83	-8.13e-12

Por tanto, siendo los valores de diseño los máximos, se tiene que:

$$|V_{max}| = 3631.66 \text{ kip}$$

$$|M_{max}| = 129854.06 \text{ kip} - \text{in}$$

Los valores máximos de momento flector y cortante registrados son por tanto los parámetros máximos establecidos.

CAPÍTULO III

PRUEBAS, RESULTADOS Y OPERACIÓN.

3.1. Pruebas del controlador.

NOVACERO S.A. Planta Lasso implementó dos puentes grúa con una capacidad de 10 toneladas para carga y descarga en las naves de almacenamiento de producto terminado. Dichos puentes grúa realizan movimientos y desplazamientos en los ejes longitudinales mediante vigas carrileras acopladas y carros testeros los cuales dan el movimiento principal del puente grúa, variando su velocidad mediante variadores de frecuencia, además de un sistema eléctrico o polipasto acoplado a la viga de carga permite desplazamientos en el eje transversal, y movimientos arriba-abajo del gancho.

El sistema de control y seguridades para el puente grúa consiste en la operación del controlador inalámbrico, el cual posee 8 botones, uno para cada zona, se pulsa a la zona deseada de operación y recibe señales el punto de acceso activando los movimientos del puente grúa hasta recibir la señal de los sensores inductivos que detienen el puente grúa en el lugar deseado.

Una vez realizada la instalación de los equipos tanto el controlador como el punto de acceso en el puente grúa se ejecutaron las siguientes pruebas.

- Prueba de monitoreo de datos.
- Tiempo de respuesta para la activación de movimientos y paro de emergencia.
- Prueba de protección para el puente grúa.

3.2. Pruebas de comunicación inalámbrica.

3.2.1. Prueba del HMI monitoreo de datos.

Para realizar un monitoreo se realiza un control en el HMI del panel móvil, esto consiste en visualizar los datos enviados desde el controlador hacia el punto de acceso ubicado en el puente grúa y viceversa.

Los datos enviados desde el panel móvil, son los movimientos que realizará el puente grúa, es decir a la zona establecida; los datos de ubicación del puente grúa son visualizados en la pantalla del HMI, esta señal se activará por los sensores inductivos colocados en el puente grúa, el diseño de esta interfaz se realizó en el software WinCC Advanced propio del controlador, el cual se muestra en la figura 3.1.



Figura 3.1: HMI Controlador del puente grúa

Además se puede apreciar la señal emitida por el pulsador de paro de emergencia del controlador, en señal de alarma como se puede mostrar en la figura 3.2, y la desactivación del mismo, para el correcto funcionamiento del controlador es importante mantener desactivado el paro de emergencia, se puede observar a continuación el mensaje y alarma presentado.



Figura 3.2: Señal de paro de emergencia – HMI controlador del puente grúa

Después de haber conectado el panel móvil, Mobile Panel 277F IWLAN, el Loader arrancará automáticamente.

- El panel móvil cuenta con cinco LED's que muestran los estados de Panel móvil y la comunicación, esta prueba de comunicación del panel móvil y el Scalance es la más importante para ejecutar el proceso, como se observa en la figura 3.3.

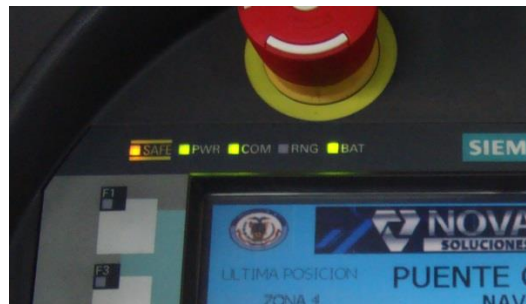


Figura 3.3: Led's indicadores de estado y comunicación

Si el "LED COM" no se enciende, se debe revisar la "Configuración de WLAN" y comprobar el estado de la Configuración WLAN.

- Dependiendo de la configuración, el proyecto se inicia automáticamente o se inicia el operador del proyecto con el botón "Start" en el Loader. Se establece la comunicación PROFIsafe. Si bien este establecimiento de la conexión no es completado, el panel móvil no se integra en el programa de seguridad de la CPU. La acción se cancela mediante el botón "Yes". Volverá al usuario de escritorio Windows CE interfaz

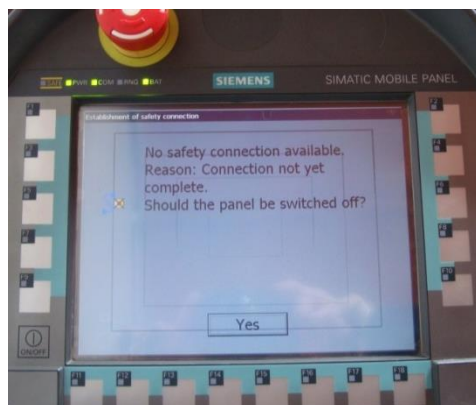


Figura 3.4: Establecimiento de conexión de seguridad

- El panel móvil está integrado en la seguridad del programa del F-CPU. Esta operación tarda un cierto tiempo, ver figura 3.5. El operador debe confirmar con las teclas de validación hasta que se alcance la posición de "pánico".

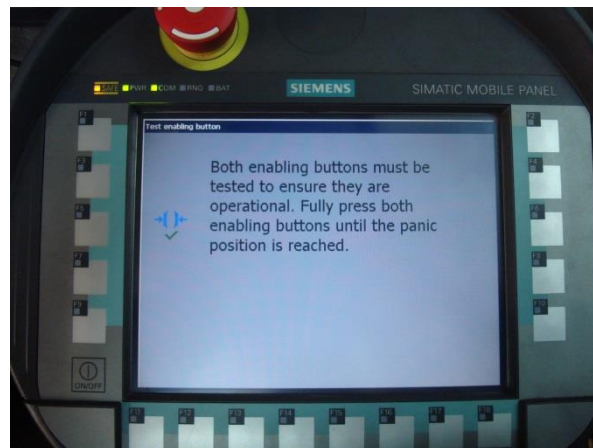


Figura 3.5: Confirmación de seguridad con teclas de validación

- Después de que el operador confirme la conexión en modo seguro del panel operador, aparece la pantalla de inicio configurada del software creado, ver figura 3.6.

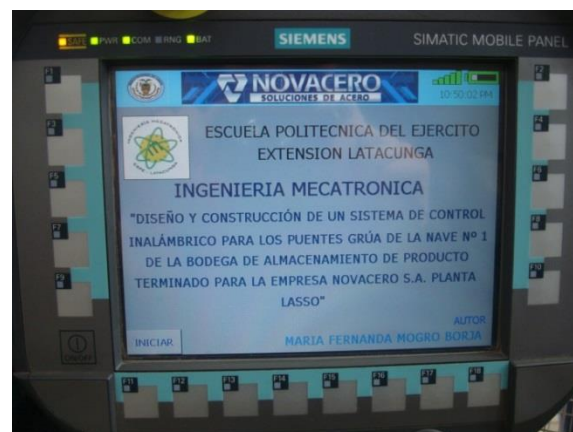


Figura 3.6: Pantalla de inicio del panel móvil

3.2.2. Prueba del PLC monitoreo de datos.

Para realizar pruebas de software, se realiza un monitoreo en línea con el PLC, esto consiste en visualizar estableciendo una conexión online con el PLC, el panel móvil desde el PC, mediante el Scalance, que permite la comunicación entre el panel móvil y el PC.

Se establece una comunicación con los dispositivos de software accesibles, como se muestra en la figura 3.7. En dispositivos accesibles mostrará que dispositivos están conectados al PC, dependiendo de la configuración de software y hardware.

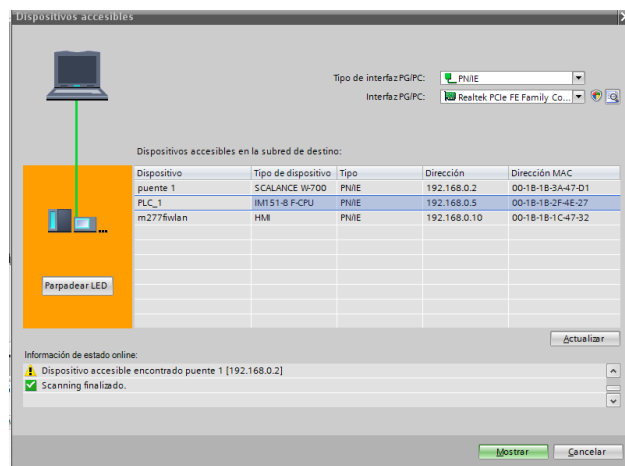


Figura 3.7: Dispositivos accesibles de software

Al seleccionar el dispositivo a enlazar, establecer conexión online y se accederá inmediatamente a cada segmento de programación para verificar señales de los sensores, así como pulsadores, paro de emergencia. El cual permitirá controlar en el software forzando las entradas o con el HMI del panel operador.

Una vez establecida la conexión online, cambiará cada bloque a RUN y cada segmento permitirá verificar su estado de activación o desactivación en líneas verdes o azules respectivamente, como se observa en la figura 3.8.

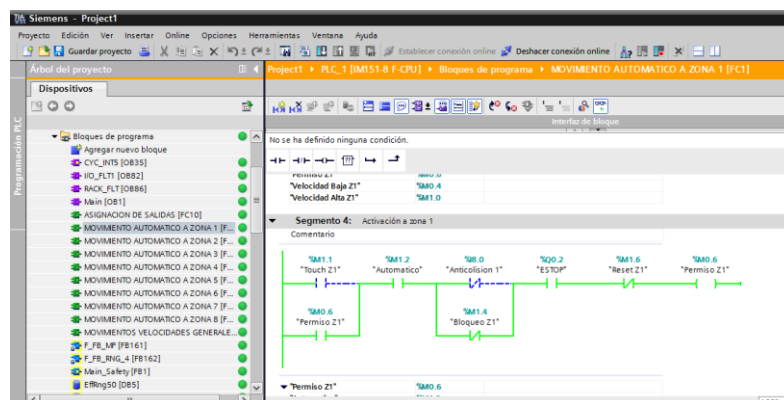


Figura 3.8: Conexión online PLC-PC

Para salir del estado, deshacer conexión online y volverá al estado normal.

3.2.3. Pérdida de alimentación

Cuando la señal de la fuente de 24V DC – 110 AC se desconecta y no alimenta a los dispositivos:

- No se puede establecer una conexión segura entre el Scalance y panel móvil, es decir el panel móvil no funcionará si el Scalance o el PLC se desconecta.
- En el panel móvil, se visualiza un mensaje, ver figura 3.9:

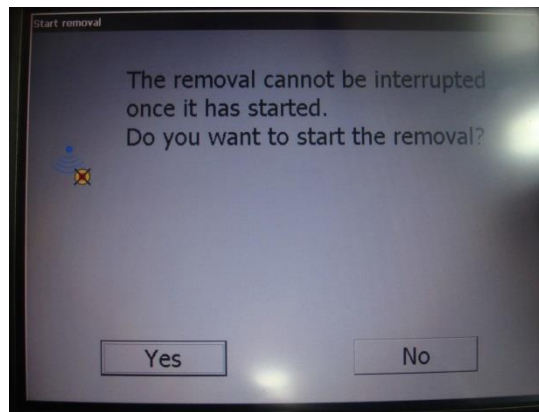


Figura 3.9: Interrupción de conexión.

- El proceso se detiene.

3.2.4. Pérdida de señal

- Cuando el Scalance y el panel móvil no se conectan en modo seguro, o no existe señal suficiente para establecer conexión, el panel móvil se desconectará y mostrará el mensaje de error de comunicación, ver figura 3.10, el aviso de fallo de comunicación hace que el panel móvil vibre continuamente hasta establecer comunicación nuevamente.

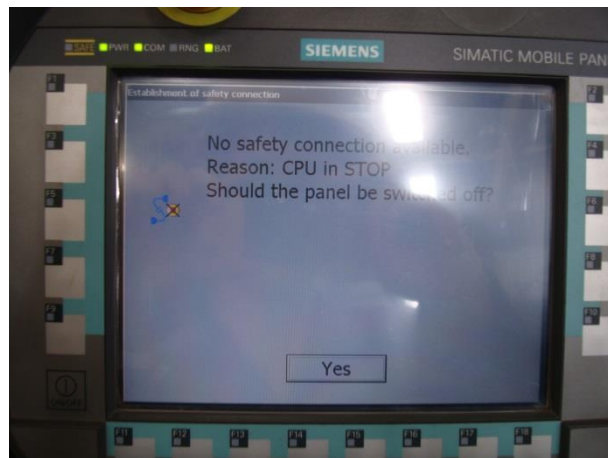


Figura 3.10: Mensaje de pérdida de señal

3.2.5. Tiempo de respuesta para la activación de movimientos y paro de emergencia.

El tiempo de respuesta para la activación de los motores se puede apreciar en la tabla 3.1 y el tiempo de respuesta del paro de emergencia en la tabla 3.2.

Tabla 3.1: Tiempo de respuesta para los movimientos del puente grúa

Distancia	Movimiento del puente grúa	Pulsaciones	Tiempo de Respuesta	Funcionamiento del sistema de control
5 - 80 metros	Puente grúa ESTE	1(Automático)	Instantáneo	Eficaz
	Puente grúa OESTE	1(Automático)	Instantáneo	Eficaz
	Polipasto Norte	1(Continua-Manual)	Instantáneo	Eficaz
	Polipasto Sur	1(Continua-Manual)	Instantáneo	Eficaz
	Gancho Arriba	1(Continua-Manual)	Instantáneo	Eficaz
	Gancho Abajo	1(Continua-Manual)	Instantáneo	Eficaz

Tabla 3.2: Tiempo de respuesta del paro de emergencia

Distancia	Tipo de pulsador	Accionamiento de paro de emergencia	Tiempo de respuesta	Funcionamiento del sistema de control
5 - 90 metros	Accionamiento por pulsación automático en el controlador	ON	Instantáneo	Eficaz

3.3. Pruebas de sincronización de puentes grúas

3.3.1. Prueba de los sensores para protección del puente grúa

La seguridad en los puentes grúa es de vital importancia en el funcionamiento del sistema de control, los sensores para que los puentes grúa trabajen eficientemente dentro de los límites de seguridad se probaron obteniendo los siguientes resultados mostrados en la tabla 3.3:

Tabla 3.3: Prueba en los sensores del puente grúa

Tipo de Sensor	Tiempo de respuesta	Funcionamiento del sistema
Sensor Láser Anticolisión	Instantáneo	Eficaz
Sensores Inductivos	Instantáneo	Eficaz
Sensor de final de carrera	Instantáneo	Eficaz

3.4. Operación del puente grúa.



Figura 3.11: Operador de puente grúa en operación

3.4.1. Análisis de pruebas experimentales

Todo proyecto de investigación y diseño debe ser sometido a una evaluación de resultados, ésta evaluación se realizó en base a los resultados obtenidos en el capítulo III, sección 3.2.

3.4.2. Análisis del monitoreo de datos, HMI.

Al realizar el monitoreo mediante el HMI realizado en la primera prueba, la cual consistió en la verificación de datos y señales enviadas mediante los sensores; como primera instancia las señales provenientes de los sensores al controlador son completas es decir no se produce pérdida de información ni interferencia alguna que afecte la señal, no afecta la lectura de datos y señales por parte del receptor.

Además no existe pérdida de información como se observa en el HMI, ver figura 3.12, sin embargo depende de la señal recibida en el controlador, se activará los indicadores que se visualizan en la pantalla del controlador.

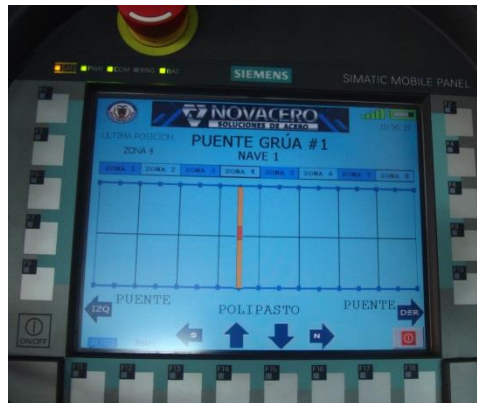


Figura 3.12: Panel Móvil en funcionamiento, activación en zona 4

3.4.3. Análisis del tiempo de respuesta para la activación de movimientos y paro de emergencia

De acuerdo a los datos obtenidos en la tabla 3.2 se comprueba que el funcionamiento del sistema es eficaz, además que los tiempos de respuesta para la activación y desactivación de los motores para los desplazamientos del puente grúa y paro de emergencia son muy rápidos y por cuestiones de seguridad la distancia a la que fueron probados los módulos fue sólo hasta los 30 m, debido a que el operador no puede separarse mucho de la carga que está transportando.

3.5. Alcances y limitaciones.

3.5.1. Alcances

Este panel operador inalámbrico es de alta tecnología sin embargo se pueden utilizar botoneras menos costosas con menor precisión y exactitud, además los sensores inductivos son ideales a la aplicación, sin embargo podrían ser remplazados por sensores laser de mayor alcance, pudiendo llegar a los 300 m de longitud, para lograr mayor precisión, la desventaja de estos sensores es el costo de los mismos que superan los 6000 dólares, y que pueden ser adquiridos en el mercado internacional.

3.5.2. Limitaciones

Para este proyecto se aplicó la mayoría de dispositivos marca SIEMENS, controladores SIMATIC que han sido comprados por la empresa NOVACERO S.A. planta Lasso, para la elaboración del proyecto.

3.6. Validación de la Hipótesis.

El diseño del sistema de control inalámbrico para los puentes grúa de la bodega de almacenamiento de producto terminado, mejora la seguridad del operador, ya que puede moverse con facilidad a cualquier punto de la bodega, alcanza mayor visualización del proceso. Además el tiempo de carga y descarga disminuye relativamente en el proceso, al trasladarse de una zona a otra.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones.

- Se diseñó y construyó un sistema de control inalámbrico para los puentes grúa de la bodega de almacenamiento de producto terminado para la Empresa NOVACERO S.A. Planta Lasso.
- Se diseñó el sistema de control eléctrico en un panel de control de los puentes grúa de la bodega de almacenamiento de producto terminado para la empresa NOVACERO S.A. Planta Lasso.
- Se diseñó el sistema de control de potencia para cada puente grúa en la bodega de almacenamiento de producto terminado para la empresa NOVACERO S.A. Planta Lasso.
- Se programó los PLC's de periferia descentralizada del sistema de control de los puentes grúa utilizando el software TIA PORTAL STEP 7, para gobernar el proceso.
- Se diseñó y programó el panel operador utilizando el software WinCC Advanced para visualizar y controlar el proceso.
- Se configuró una interface humano máquina para supervisar la zonificación de la bodega y la ubicación exacta del puente grúa.
- Se realizó la sincronización entre los puentes grúa de la bodega de almacenamiento de producto terminado para para evitar colisiones.
- Se comprobó que el punto de acceso SCALANCE W786 y su tecnología inalámbrica presenta gran confiabilidad en el proceso sobre todo fiabilidad, robustez y seguridad en el entorno industrial de la empresa NOVACERO S.A. planta Lasso.
- Se comprobó que no existe ningún tipo de interferencia entre paneles móviles, ni puntos de acceso ya que cada dispositivo tiene su propia configuración Profinet y direccionamientos diferentes.

- Se comprobó que el diseño del sistema de control inalámbrico se ajusta a la demanda de un entorno industrial, ya que este permite lograr una comunicación inalámbrica confiable entre el panel móvil y el punto de acceso, además de un tiempo de respuesta rápido.
- Se analizó que la implementación de un sistema de control inalámbrico proporciona gran flexibilidad en tareas de control y seguridad para los operadores, ya que evita riesgos para el personal y mejora los tiempos de carga y descarga de producto terminado.
- Se comprobó también el correcto funcionamiento de los sensores de posicionamiento y protección para los puentes grúa de la bodega de almacenamiento de producto terminado funcionen dentro de los límites de seguridad establecidos.
- Se comprobó que el alcance del control inalámbrico entre el panel móvil y el punto de acceso es de 90 m con línea de vista.
- Se analizó que el diseño de la estructura mecánica de los puentes grúa es ideal para su correcto funcionamiento dentro de la estructura de la bodega de almacenamiento de producto terminado.
- En la configuración de comunicación para el panel móvil y el punto de acceso, la respuesta del sistema es inmediata por lo que se dice que está trabajando en tiempo real, gracias a la acertada selección los dispositivos.

4.2. Recomendaciones.

- Si no existe comunicación entre dispositivos, es preciso revisar el direccionamiento Profinet y ProfiSafe de los dispositivos.
- Antes de que entre en funcionamiento el puente grúa se verificó que el panel móvil, esté en posición automática para movimientos a zonas o manual para movimientos del puente grúa y polipasto.
- Al momento de encender el controlador verificar que no exista ninguna alarma, además que el indicador de batería baja no esté prendido, en

esas condiciones el puente grúa no funcionará eficientemente o podría dejar activado un movimiento no deseado, pudiendo causar accidentes.

- Se recomienda dejar cargando las baterías por un tiempo de aproximadamente 4 a 8 horas para que estas puedan recargarse completamente.
- Si el operador observa que el funcionamiento del puente grúa es irregular comunicar de inmediato al departamento eléctrico para su verificación.
- El controlador no deberá ser abierto por ningún motivo ni utilizado por personal que no esté capacitado para hacerlo, ya que la manipulación incorrecta de los elementos dentro del controlador podrían dañar la comunicación.
- En caso de que el sistema se salga de control o exista una condición de peligro el operador del puente grúa debe presionar inmediatamente el paro de emergencia del controlador para detener inmediatamente el puente grúa.
- Si el operador va a realizar otra actividad donde considere que se va a demorar un cierto tiempo es recomendable apagar el controlador para que no se consuma la batería.
- El operador debe operar el puente grúa a una distancia no mayor a los 15 metros ya que si el control lo hace a una distancia mayor no podrá tener contacto visual con la carga que está llevando y provocar accidentes o choques con otros objetos que se encuentren en el lugar de trabajo.

Bibliografía.

- PILAR MENGUAL, MARCOMBO S.A. 2009, Una manera fácil de Programar PLC de SIEMENS.
- CREUSS JOSÉ ANTONIO, Instrumentación industrial.
- JUAN PEREZ CRUZ, MANUEL PINEDA SANCHEZ, Automatización de Maniobras Industriales.
- PORRAS, A.P. MONTANERO, Autómatas Programables.
- Industrial Instrumentation and Control: William Buchanan, Mark Hutchinson
- Control Systems Engineering: Norman S. Nise; Hardcover
- http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_253.pdf
- <http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/775A941B-AFBA-4A8E-AA9B-8E84507C12C4/145866/GuaPuentesGrua.pdf>
- http://sig.utpl.edu.ec/download/data/PLC_paper.PDF
- http://es.wikipedia.org/wiki/Controlador_1%C3%B3gico_programable
- <http://www.automatica.mex.tl/imagesnew/5/0/1/4/2/PLC%20GUIA%202.pdf>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Variador_de_velocidad
- <http://html.rincondelvago.com/variadores-de-velocidad.html>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Comunicaci%C3%B3n_inal%C3%A1brica
- <http://www.maestrosdelweb.com/editorial/redeswlan/>
- http://www.fing.edu.uy/iimpi/academica/grado/instindustrial/teorico/080306-Instrumentos_caracteristicas_y_diagramas.pdf
- <http://trevinca.ei.uvigo.es/~jrdeiro/Teaching/diu/DIU-Tema1.pdf>
- http://www.infoplcn.net/files/descargas/siemens/infoPLC_net_S71200%20_EasyBook.pdf

- http://www.automation.siemens.com/mcms/infocenter/dokumentencenter/sc/ic/Documentsu20Catalogs/SIMATIC_NET_IKPI_chap_08_Spanish_2012.pdf
- http://www.editoresrl.com.ar/revistas/ic/101/mayor_innovacion_tecnologica_en_sistemas_de_ingenieria_de_siemens_tia_portal

ANEXOS

ANEXO A: Glosario de términos

ANEXO B: Manual de operación

ANEXO C: Planos eléctricos y mecánicos

ANEXO A

Glosario de términos

Glosario de términos.

A

Accionadores

Son equipos acoplados a las máquinas, y que permiten realizar movimientos, calentamiento, ensamblaje, embalaje. Pueden ser

Asincrónica

Literalmente, no sincronizado. Se suele utilizar para referirse a comunicaciones en las que el flujo de datos no va unido a una señal específica de reloj.

Autómata programable o PLC

Dispositivo que mediante programa lógico de contactos o “ladder”, realiza secuencias de múltiples índoles, tales como señales digitales o analógicas, protocolos rs232, Ethernet, profibus.

C

Cobertura Inalámbrica

El concepto de cobertura inalámbrica adquiere significado y, típicamente, es función de la frecuencia utilizada en la transmisión, de la potencia efectiva transmitida, de las características atmosféricas de la zona en cuestión, de las características del medio.

Comunicación inalámbrica

Comunicaciones inalámbricas de datos son un componente esencial de la información móvil. Las distintas tecnologías disponibles difieren en la disponibilidad local, amplia cobertura y el rendimiento.

Confiabilidad

La probabilidad de que un componente, equipo o sistema de manera satisfactoria a cumplir con su función en determinadas circunstancias, como las condiciones medioambientales, las limitaciones en cuanto a tiempo de funcionamiento, y la frecuencia y la minuciosidad de mantenimiento por un período de tiempo especificado.

D

Detectores de proximidad

Son dispositivos que utilizan la capacitancia mutua entre sí y objetos con el fin de detectar su presencia.

E

Elevación

Desplazamiento de materiales hacia arriba, elevación de cargas

Encarrilar

Encaminar, dirigir y enderezar un carro, un coche, etc., para que siga el camino o carril debido.

Ethernet

Ethernet conecta hasta 1,024 nodos a 10 Mbits por segundo sobre un par trenzado, un cable coaxial y una fibra óptica. Red de área local (LAN) desarrollada por Xerox, Digital e Intel. Es el método de acceso LAN que más se utiliza (seguido por Token Ring). Ethernet es una LAN de medios compartidos. Todos los mensajes se diseminan a todos los nodos en el segmento de red.

I

Interfaz Hombre Máquina

La sigla HMI es la abreviación en ingles de Interfaz Hombre Máquina. Los sistemas HMI en computadoras se los conoce también como software HMI (en adelante HMI) o de monitoreo y control de supervisión.

Izar

Se refiere a la acción de subir o levantar un objeto tirando de un cabo del que está suspendida una carga.

M

Mando por radio

Un mando a distancia o control remoto; es un circuito electrónico usado para realizar una operación remota sobre una máquina.

Módulo

Es una pieza o un conjunto unitario de piezas que, en una construcción, se repiten para hacerla más sencilla, regular y económica. El módulo, por lo tanto, forma

parte de un sistema y mantiene algún tipo de relación o vínculo con el resto de los componentes.

Monitoreo

Es la acción y efecto de monitorear, el verbo que se utiliza para nombrar a la supervisión o el control a través de un monitor. Por extensión, el monitoreo es cualquier acción de este tipo, más allá de la utilización de un monitor.

P

Polipasto

Es un sistema de poleas compuesto de dos grupos, uno fijo y otro móvil. Se emplea en la elevación o movimiento de cargas siempre que queramos realizar un esfuerzo menor que el que tendría que hacer levantando a pulso el objeto

Puente Grúa

Los Puentes-Grúa son máquinas para elevación y transporte de materiales, tanto en interior como en exterior, de uso muy común tanto en almacenes industriales, como talleres. Básicamente, se trata de una estructura elevada formada por una o varias vigas metálicas, con un sistema de desplazamiento de 4 ruedas sobre rieles laterales, movidos por uno o más motores eléctricos, con un sistema elevador central mediante polipasto y gancho.

Precisión

La precisión es la necesidad y obligación de exactitud y concisión a la hora de ejecutar algo. Para la ingeniería y la estadística, sin embargo, precisión y exactitud no son conceptos sinónimos.

R

Raíles

Guía o carril por el que corre o se desliza algo:

Red inalámbrica

Es un término que se utiliza en informática para designar la conexión de nodos sin necesidad de una conexión física (cables), ésta se da por medio de ondas electromagnéticas. La transmisión y la recepción se realizan a través de puertos.

S

Sensores inductivos

Los sensores inductivos son una clase especial de sensores que sirven para detectar materiales metálicos ferrosos. Son de gran utilización en la industria, tanto para aplicaciones de posicionamiento como para detectar la presencia o ausencia de objetos metálicos en un determinado contexto

Sincronizados

Flujo de datos que se transmite asociado y a la velocidad de una señal de reloj por ejemplo en las líneas dedicadas.

T

Tecnológicos

Es el conjunto de conocimientos técnicos, ordenados científicamente, que permiten diseñar y crear bienes y servicios que facilitan la adaptación al medio ambiente y satisfacer tanto las necesidades esenciales como los deseos de las personas

Testeros

Vigas laterales del edificio donde van apoyadas las vigas principales.

Traslación del puente

Ejecuta un movimiento en dirección longitudinal a la nave, se realiza mediante un motor que arrastra los rodillos por medio de semiárboles de transmisión.

V

Variadores de velocidad

Son dispositivos que permiten variar la velocidad y la acopla de los motores asíncronos trifásicos, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables.

Vigas

La viga es un elemento constructivo que trabaja a flexión, cuyo esfuerzo genera tensiones de tracción y compresión

W

WLAN

(Wireless Local Area Network) Es un sistema de comunicación de datos inalámbrico flexible muy utilizado como alternativa a la LAN cableada o como una extensión de ésta. Utiliza tecnología de radiofrecuencia que permite mayor movilidad a los usuarios al minimizarse las conexiones cableadas.

ANEXO B

Manual de Operación

MANUAL DE OPERACIÓN

CONTENIDO

- Introducción
- Visión general del Panel móvil 277 FIWLAN
- Guía de usuario
- Alarmas y notificaciones

Introducción

Los paneles de operador sirven para realizar tareas de manejo y visualización en la automatización de los procesos y de la producción. Dichos procesos se representan de forma más clara en las imágenes de la instalación visualizadas en los paneles de operador.

Durante la puesta en servicio, el proyecto se transfiere al panel de operador. Tras concluir la transferencia, los procesos en curso se pueden manejar y visualizar en las imágenes del proyecto durante la fase de control. Las imágenes permiten observar las funciones y procedimientos del panel operador.

Visión general del Panel móvil 277 FIWLAN



Figura 1: Partes importantes del panel móvil.

- ① Pulsador de parada de emergencia
- ② Indicadores LED

- ③ Display con pantalla táctil
- ④ Tecla ON/OFF
- ⑤ Tapas para las guías de las tiras de rotulación
- ⑥ Interruptor de llave (opcional)
- ⑦ Tecla luminosa (opcional)
- ⑧ Teclado de membrana
- ⑨ Volante (opcional)



Figura 2: Compartimientos del panel móvil

- ① Gancho de retención
- ② Tapa del compartimento de conexiones
- ③ Conexión para el alimentador de sobremesa
- ④ Tapa del compartimento de la batería
- ⑤ Contactos para la estación de carga
- ⑥ Puerto USB



Figura 3: Protecciones del panel móvil

- ① Protección antichoque para el pulsador de parada de emergencia
- ② Teclas de validación, dispuestas en ambos lados del panel móvil 277F IWLAN
- ③ Asa

Tabla 1: Significado de los indicadores LED

Función	Color	Significado
Comunicación PROFIsafe SAFE	Amarillo	El LED "SAFE" se enciende si la comunicación PROFIsafe está establecida. Si el LED "SAFE" se enciende, el pulsador de parada de emergencia es efectivo.
Power PWR	Verde	El LED "PWR" sólo se enciende o parpadea cuando el panel de operador está conectado.
Comunicación COM	Verde	El LED "COM" está apagado mientras no haya ninguna red WLAN configurada. El LED "COM" parpadea mientras el panel de operador intenta establecer una conexión con una red WLAN. El LED "COM" está encendido si se ha establecido una conexión entre el panel de operador y una red WLAN.
Rango efectivo RNG	Verde	El LED "RNG" está encendido el panel de operador está dado de alta en el rango efectivo. El LED "RNG" está apagado si el panel de operador está dado de baja en el rango efectivo.
Estado de la batería BAT	Verde / Rojo	El LED "BAT" está apagado en los casos siguientes: • La batería principal está agotada. • La batería principal no está insertada. El LED "BAT" parpadea si la batería principal se está cargando. El LED "BAT" se enciende en color rojo si el estado de carga de la batería principal es inferior al 10 %. El LED "BAT" se enciende en color verde si el estado de carga de la batería principal es como mínimo del 10 %.

Guía de usuario

Después de haber conectado el panel móvil, Mobile Panel 277F IWLAN, el Loader aparece después de arrancar. El frente del panel móvil cuenta con cinco LED que muestran los estados de Panel móvil y la comunicación:

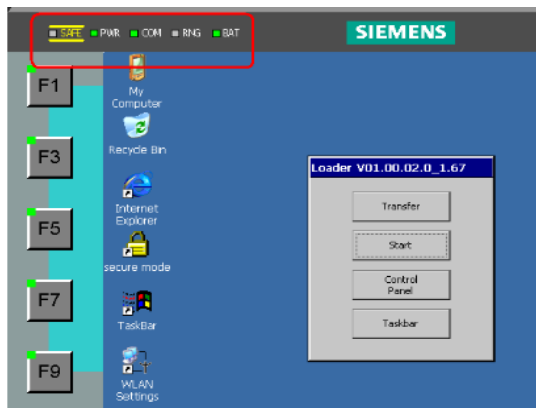


Figura 4: Led's indicadores de estado, Loader

Dependiendo de la configuración, el proyecto se inicia automáticamente o se inicia el operador del proyecto con el botón "Start" en el Loader. Se establece la comunicación PROFIsafe. "Establecimiento de conexión de seguridad" se muestra en el cuadro de diálogo.

Si bien este establecimiento de la conexión no es completado, el panel móvil no se integra en el programa de seguridad de la CPU. La acción se cancela mediante el botón "Yes". Volverá al usuario de escritorio Windows CE interfaz.



Figura 5: Establecimiento de conexión en modo seguro

Después de que el operador confirme la conexión en modo seguro del panel operador, aparece la pantalla de inicio configurada del software creado. El botón de parada de emergencia está activo.

Se pide confirmar con las teclas de validación para continuar con el proceso.

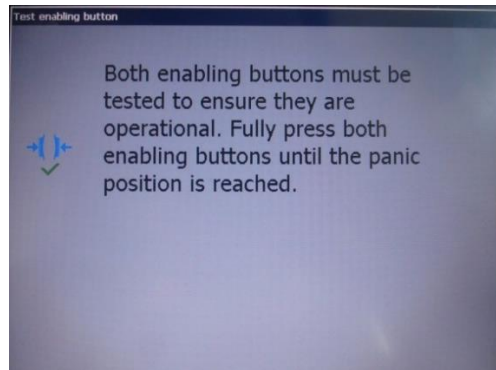


Figura 6: Confirmación de conexión en modo seguro

A continuación aparecerá la pantalla de Inicio del panel móvil. Presione en INICIAR para empezar el proceso de operación de los puentes grúa.



Figura 7: Imagen principal del panel móvil

Seguidamente se mostrará la pantalla de operación del puente grúa. A continuación en la figura 8 se mostrará los iconos y pulsantes de operación del puente grúa.

Para los movimientos del puente grúa en automático, se presiona la tecla AUTO, en la parte inferior izquierda de la pantalla, a continuación se resetea con el RESET de la parte superior derecha para que se habiliten todos los pulsantes de la pantalla táctil.



Figura 8: Pantalla de operación del puente grúa

A continuación se presiona la zona deseada para cargar o descargar el producto y automáticamente se moverá a la zona señalizada en la bodega, tomando en cuenta la distancia de operación de los puentes grúa, no mayor a los 15 m con línea de vista.

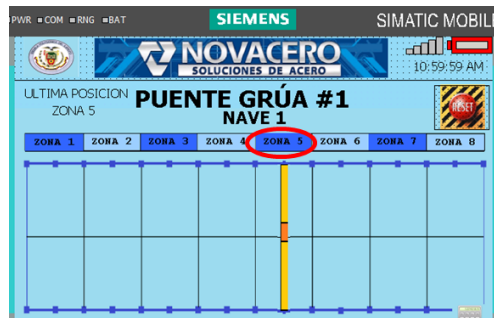


Figura 9: Indicadores y pulsantes de zona

También se puede presionar el pulsante F5 de la pantalla táctil, para el caso de la zona 5, señalizada en el panel móvil.



Figura 9: Pulsantes externos a zonas, movimientos automáticos.

Se puede seleccionar diferentes zonas establecidas en cualquier pulsante o botón para cada zona, cada pulsante llevará a cualquier zona establecida por el operador. Para los movimientos manuales seleccionamos, MAN, en la parte inferior derecha de la pantalla o el acceso rápido, el pulsante MAN.



Figura 10: Movimientos manuales del puente grúa y polipasto.

En pantalla se muestra la ubicación del puente grúa como se observa en la figura, además de un indicador de última posición.

Luego de seleccionar operación en modo manual se puede realizar cualquier movimiento del puente grúa o del polipasto, mediante los pulsantes del panel móvil, que se muestran a continuación:



Figura 11: Movimientos manuales del puente grúa y polipasto

Se puede utilizar STOP, para realizar algún paro rápido del puente grúa cuando se está moviendo en automático.



Figura 12: Paro repentino del puente grúa

Se muestra los iconos de estado, tanto de la batería como de la señal del panel móvil, dependiendo del rango en el que se encuentre, cuando va perdiendo cualquiera de estos indicadores, alertará al operador mediante vibración del panel móvil. Hasta su apagado o desconexión del equipo.

Alarmas y notificaciones

El panel móvil posee un paro de emergencia que se debe presionar cuando suceda algún tipo de emergencia, el cual detendrá el proceso en su totalidad, hasta deshabilitar el paro de emergencia.

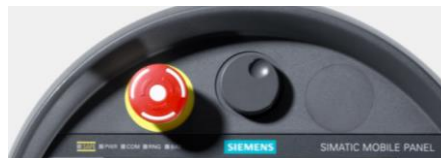


Figura 13: Pulsante de paro de emergencia

En pantalla se mostrará la alerta del paro de emergencia activo.



Figura 14: Alerta de paro de emergencia

Además posee un sistema anticolidión el cual actuará como un paro de emergencia cuando los puentes grúa se encuentren demasiado cerca y puedan colisionar, en pantalla mostrará cuando se activen los sensores anticolidión y se detengan los puentes grúa.

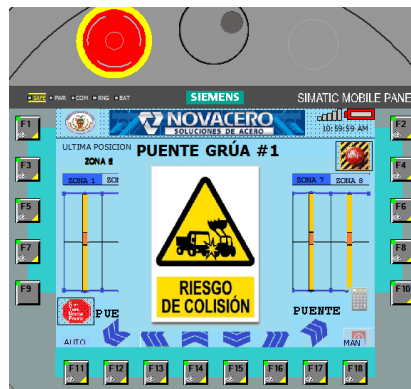


Figura 15: Alerta de riesgo de anticolidión entre puentes grúa

Después de haber ejecutado la función "Runtime Stop", el cuadro de diálogo "Inicio de eliminación" aparece. Seleccione el botón "Yes". Utilice la opción "No" para cancelar la acción.

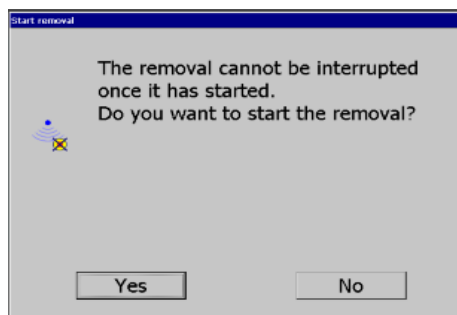


Figura 16: Runtime STOP

Después de confirmar la función con "Sí", el cuadro de diálogo "Confirmar eliminación" es representada. A continuación el led "SAFE" se apaga. El botón de parada de emergencia ya no está activo. Cuando no se utiliza el panel móvil, que debe ser almacenado en un lugar bajo llave.

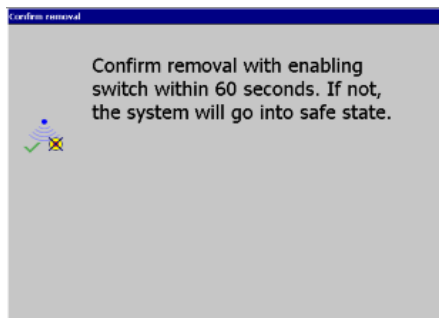


Figura 17: Confirmación para salir del proceso.

Recomendaciones para mantenimiento

- El panel de operador está diseñado de manera que requiere poco mantenimiento. Sin embargo, se recomienda limpiar con regularidad la pantalla táctil y la lámina del teclado.
- Limpie el panel de operador únicamente cuando está desconectado. De esta manera se evita que las funciones se ejecuten de forma inesperada al tocar las teclas.
- No limpie el panel de operador utilizando aire comprimido ni chorros de vapor. No utilice nunca disolventes ni detergentes agresivos.

ANEXO C

Planos eléctricos y mecánicos

Latacunga, Junio de 2013

ELABORADO POR:

MARÍA FERNANDA MOGRO BORJA

C.C: 050319959-8

ING. FAUSTO ACUÑA

DIRECTOR DE CARRERA

ING. RODRIGO VACA

SECRETARIO ACADÉMICO