



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Servidor Web Embebido en Controlador Lógico Programable para la Supervisión y Análisis remoto de datos de proceso del Sistema de Secado Hood y motores eléctricos de la Máquina de Papel MP5 de la empresa Productos Familia Sancela del Ecuador S.A.

Bustillos Calvachi, Luis Felipe

Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia Tecnológica

Centro de Estudios de Posgrado

Maestría en Electrónica y Automatización Mención Redes Industriales

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del Título de Magíster en Electrónica y

Automatización Mención Redes Industriales

Ing. Galarza Zambrano, Eddie Egberto

21 de enero del 2022

Latacunga



PROYECTO DE TITULACION FELIPE BUSTILLOS V10.docx

Scanned on: 20:53 January 12, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	415
Words with Minor Changes	91
Paraphrased Words	204
Ommited Words	0



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA
CENTRO DE POSGRADOS**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**SERVIDOR WEB EMBEBIDO EN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PARA LA SUPERVISIÓN Y ANÁLISIS REMOTO DE DATOS DE PROCESO DEL SISTEMA DE SECADO HOOD Y MOTORES ELÉCTRICOS DE LA MÁQUINA DE PAPEL MP5 DE LA EMPRESA PRODUCTOS FAMILIA SANCELTA DEL ECUADOR S.A**”, fue realizado por el señor **Bustillos Calvachi, Luis Felipe**, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 21 de enero del 2022

Firmado
digitalmente por
EDDIE EGBERTO
GALARZA
ZAMBRANO

Ing. Galarza Zambrano, Eddie Egberto

C.C: 1303128514



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

CENTRO DE POSGRADOS

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Bustillos Calvachi, Luis Felipe**, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“SERVIDOR WEB EMBEBIDO EN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PARA LA SUPERVISIÓN Y ANÁLISIS REMOTO DE DATOS DE PROCESO DEL SISTEMA DE SECADO HOOD Y MOTORES ELÉCTRICOS DE LA MÁQUINA DE PAPEL MP5 DE LA EMPRESA PRODUCTOS FAMILIA SANCEL DEL ECUADOR S.A”**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas. Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, 21 de enero del 2022

Una firma manuscrita en tinta que dice 'Luis Bustillos'.

Bustillos Calvachi, Luis Felipe

C.C: 0502655228



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA**

CENTRO DE POSGRADOS

AUTORIZACIÓN

Yo, **Bustillos Calvachi, Luis Felipe**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el presente trabajo de titulación: **“SERVIDOR WEB EMBEBIDO EN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PARA LA SUPERVISIÓN Y ANÁLISIS REMOTO DE DATOS DE PROCESO DEL SISTEMA DE SECADO HOOD Y MOTORES ELÉCTRICOS DE LA MÁQUINA DE PAPEL MP5 DE LA EMPRESA PRODUCTOS FAMILIA SANCELA DEL ECUADOR S.A”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 21 de enero del 2022

Una firma manuscrita en tinta que dice "Luis Bustillos".

Bustillos Calvachi, Luis Felipe

C.C: 0502655228

Dedicatoria

A Dios por permitirme formar parte de su creación; a mis padres, Teresa y Mauricio, por la educación que me brindaron y por inculcarme la disciplina, dedicación y responsabilidad que me han permitido alcanzar la mayoría de objetivos que me he trazado a lo largo de la vida.

A mis hijos, Cristina y Felipe, por ser el motivo de mi constante superación espiritual, personal y profesional, porque me enseñaron a valorar el esfuerzo y sacrificio que un padre puede hacer por ver triunfar a sus hijos.

A las personas que forman parte de mi vida, que me han apoyado y respaldado a lo largo de los años, que a pesar de las circunstancias han decidido quedarse a mi lado.

Luis Felipe Bustillos Calvachi

Agradecimiento

En el cumplimiento de un objetivo personal, siempre existirán personas e instituciones que nos brindaron su apoyo incondicional.

Agradezco a la empresa Productos Familia Sancela del Ecuador S.A y a los Ingenieros Ángel Cárdenas y Fausto Tapia, por el auspicio en la realización de mis proyectos de tesis de pregrado y posgrado; por el respaldo, motivación, exigencia y confianza durante estos 8 años, que me han permitido desarrollarme profesionalmente.

Al Ingeniero Eddie Galarza por el acompañamiento y la guía durante la realización de este proyecto de titulación y a mis profesores por su compromiso en la transmisión de sus conocimientos.

Familiares, amigos, compañeros, muchas gracias.

Luis Felipe Bustillos Calvachi

Tabla de Contenidos

Carátula.....	1
Reporte de Verificación de Contenido	2
Certificación.....	3
Autoría de Responsabilidad	4
Autorización.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento	7
Tabla de Contenidos	8
Índice de Figuras.....	14
Índice de tablas	20
Resumen	21
Abstract.....	22
Introducción.....	23
 Título del Proyecto de Titulación	23
 Antecedentes.....	23
 Proceso de secado de la Máquina de Papel MP5.....	25
 Líneas de investigación	27
 Sub líneas de investigación.....	27
 Área de influencia	27
 Planteamiento del problema.....	27
 Estudios relacionados	29
 Justificación, importancia y alcance del proyecto	31

Objetivo general del proyecto	32
Objetivos específicos del proyecto.....	32
Hipótesis de investigación	33
Categorización de las variables de investigación.....	33
Marco Teórico.....	35
Sistema de Control de Procesos PCS7	35
<i>Sistema de Ingeniería.....</i>	<i>35</i>
<i>Sistema de Operación.....</i>	<i>36</i>
<i>Sistema de Automatización</i>	<i>40</i>
<i>Redes de Comunicación Industrial en PCS7.....</i>	<i>46</i>
<i>Red Industrial Ethernet.....</i>	<i>46</i>
<i>Red Profibus DP.....</i>	<i>48</i>
Red Industrial Profibus DP	51
<i>Introducción</i>	<i>51</i>
<i>Versiones de Profibus.....</i>	<i>51</i>
<i>Profibus DP.....</i>	<i>52</i>
Periferia Descentralizada ET200M.....	55
<i>Introducción</i>	<i>55</i>
<i>Integración de la ET 200M en Redes Profibus DP.....</i>	<i>57</i>

	10
<i>Montaje de la ET 200M</i>	<i>59</i>
Variadores de Frecuencia Sinamics	61
<i>Introducción</i>	<i>61</i>
<i>Variadores de Frecuencia Sinamics G.....</i>	<i>62</i>
<i>Integración de los Variadores Sinamics G en Redes Profibus DP</i>	<i>64</i>
<i>Bloque de Función para CFC FB1905 - FBDRIVE</i>	<i>71</i>
Red Industrial Ethernet.....	73
<i>Introducción</i>	<i>73</i>
<i>Tipos de Cables para Industrial Ethernet.....</i>	<i>75</i>
<i>Propiedades de la Red de Comunicación Ethernet Industrial.....</i>	<i>78</i>
<i>Componentes Activos y Pasivos en la Red de Comunicación</i>	<i>79</i>
<i>Redundancia y Tolerancia a Fallos.....</i>	<i>80</i>
<i>Topologías de Red</i>	<i>82</i>
<i>Industrial Ethernet variantes en la capa de Transporte.....</i>	<i>84</i>
Protocolo de Comunicación UDP.....	87
<i>Introducción</i>	<i>87</i>
Tipos de Configuración del Protocolo UDP en Simatic S7.....	88
<i>Propiedades del Protocolo UDP.....</i>	<i>88</i>
<i>Estructura de la trama UDP</i>	<i>89</i>

<i>Instrucciones para la recepción de datos en el PLC S7 1500</i>	91
<i>Instrucción para el Envío de datos en el PLC S7 400</i>	91
Servidor Web Embebido en PLC S7 - 1500.....	92
<i>Introducción</i>	92
<i>Tipos de Servidores WEB.....</i>	92
<i>Componentes de un Servidor Web a nivel de Software</i>	92
<i>Componentes de un Servidor Web a nivel de Hardware</i>	93
<i>Web Server integrado en el PLC S7 1500 y ET 200SP</i>	94
Lenguajes de Programación para páginas Web	95
<i>Lenguaje de Programación HTML.....</i>	95
<i>Lenguaje de Programación CSS</i>	96
<i>Lenguaje de Programación Javascript.....</i>	96
Configuración de Redes Industriales.....	97
Comunicación Profibus DP entre la ET 200M y el PLC S7 400	97
Comunicación entre VFD Sinamics y el PLC principal de máquina S7 400	101
Programación de los VFD Sinamics en el Software Starter	101
<i>Programación de la Estación de Automatización S7 400.....</i>	114
Comunicación Industrial Ethernet entre el PLC S7 - 1500 y el S7-400.	124
<i>Programación en la Estación de Automatización S7 – 400.....</i>	124

<i>Configuración de la red UDP en el PLC S7 - 1500</i>	131
Programación del Servidor WEB en el PLC S7 1500	134
Resultados.....	143
Pruebas de comunicación entre la ET 200 y el PLC S7 – 400	143
Pruebas de comunicación entre los VFD Sinamics y el PLC S7 – 400.....	145
Pruebas de comunicación entre el PLC S7 – 400 y el PLC – S7 1500.	147
Pruebas de comunicación con el Servidor Web	150
Verificación de las pantallas web.....	150
<i>Menú Principal</i>	151
<i>Sistema de Secado Hood</i>	151
<i>Sistema de Secado Hood – Registros HOOD</i>	152
<i>Motores Eléctricos</i>	155
<i>Motores Eléctricos – Registros</i>	156
Análisis de información	159
<i>Motores mal dimensionados</i>	159
<i>Disminución del tiempo de rutas de motores</i>	160
<i>Reducción de tiempos perdidos por caídas de hollín</i>	161
<i>Comprobación de la hipótesis</i>	162
Conclusiones y Recomendaciones.....	167
Conclusiones.....	167

Recomendaciones.....	169
Bibliografía.....	171

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Sistemas de Secado de Papel Máquina MP5</i>	25
Figura 2 <i>Sistema de Secado HOOD Máquina MP5</i>	27
Figura 3 <i>Software de programación PCS7</i>	36
Figura 4 <i>Estación de operación en PCS7</i>	37
Figura 5 <i>Bus de Terminales</i>	38
Figura 6 <i>Interfaz de usuario PCS7</i>	38
Figura 7 <i>Visualización de tendencias</i>	39
Figura 8 <i>Histórico de Alarmas</i>	39
Figura 9 <i>Estaciones de automatización de PCS7</i>	40
Figura 10 <i>Estación de Automatización S7 – 400</i>	41
Figura 11 <i>Simatic PCS 7 AS mec RTX</i>	44
Figura 12 <i>Simatic PCS 7 Box RTX</i>	45
Figura 13 <i>Modelos de CPU S7 – 400</i>	45
Figura 14 <i>Redes Industriales en la Pirámide de Automatización</i>	46
Figura 15 <i>Red Industrial Ethernet</i>	47
Figura 18 <i>Componentes de la Red Industrial Profibus – DP</i>	48
Figura 19 <i>Conector y cable Profibus DP RS485</i>	52
Figura 20 <i>Fibra óptica para Profibus DP</i>	53
Figura 21 <i>Estructura Lógica Profibus DP</i>	54
Figura 22 <i>Periferia descentralizada ET 200</i>	56
Figura 23 <i>Conexión Profibus entre PLC S7 – 400 y ET 200</i>	57
Figura 24 <i>Integración de la ET 200M en una red Profibus DP</i>	58
Figura 25 <i>Vista frontal del módulo IM153 – 2</i>	59
Figura 26 <i>Montaje de la ET 200M y módulos S7 – 300</i>	60

Figura 27 <i>Direccionamiento Profibus DP en la ET 200M.</i>	61
Figura 28 <i>Modelos de Variadores de Frecuencia Sinamics.</i>	62
Figura 29 <i>Modelos de Variadores de Frecuencia Sinamics G.</i>	63
Figura 30 <i>Armarios eléctricos de Variadores de Frecuencia Sinamics.</i>	64
Figura 31 <i>Módulo de Potencia y Unidad de Control Sinamics G.</i>	65
Figura 32 <i>Conector Profibus DP en Unidad de Control Sinamics G.</i>	68
Figura 33 <i>Interruptores de direccionamiento Profibus DP.</i>	69
Figura 34 <i>Bloque de función para CFC FB1905 FBDrive.</i>	71
Figura 35 <i>Componentes de la Red Industrial Ethernet.</i>	74
Figura 36 <i>Cable FC TP de 4 hilos.</i>	76
Figura 37 <i>FastConnect RJ45</i>	76
Figura 38 <i>Cable FC TP de 8 hilos.</i>	77
Figura 39 <i>Redundancia en Industrial Ethernet.</i>	81
Figura 40 <i>Topología Bus en Industrial Ethernet.</i>	82
Figura 41 <i>Topología Estrella en Industrial Ethernet.</i>	83
Figura 42 <i>Topología Anillo en Industrial Ethernet.</i>	84
Figura 43 <i>Red Industrial Ethernet y Profibus en el modelo de capas OSI.</i>	85
Figura 44 <i>Estructura de la trama UDP.</i>	89
Figura 45 <i>Trama UDP para el envío de los diferentes tipos de datos.</i>	90
Figura 46 <i>Instrucción TURCV, recepción de datos en UDP. S7 1500.</i>	91
Figura 47 <i>Instrucción Ag_Long_Send, envío de datos UDP. S7 400.</i>	91
Figura 48 <i>Interfaz de usuraio del Servidor Web S7 1500.</i>	94
Figura 52 <i>Configuración de Hardware PCS7.</i>	98
Figura 53 <i>Referencia ET 200.</i>	98
Figura 54 <i>Insertar ET 200 en la Red Profibus DP.</i>	99
Figura 55 <i>Configuración de parámetros Profibus DP ET 200.</i>	99

Figura 56 <i>Insertar módulo análogo en la configuración de la ET.....</i>	100
Figura 57 <i>Direccionamiento del módulo análogo.</i>	100
Figura 58 <i>Configuración de la entradas análogas.</i>	101
Figura 59 <i>Crear un nuevo proyecto en Starter.</i>	102
Figura 60 <i>Creación de un nuevo accionamiento en Starter.....</i>	102
Figura 61 <i>Incorporación de la Unidad de Control.</i>	103
Figura 62 <i>Creación del accionamiento.</i>	103
Figura 63 <i>Configuración del Módulo de Potencia.</i>	104
Figura 64 <i>Asistente de configuración de Starter.</i>	104
Figura 65 <i>Selección de la clase de aplicación.</i>	105
Figura 66 <i>Configuración de entradas y salidas.</i>	105
Figura 67 <i>Ajustes de las características eléctricas del accionamiento.</i>	106
Figura 68 <i>Selección del tipo de motor.</i>	106
Figura 69 <i>Configuración de las características eléctricas del motor.</i>	107
Figura 70 <i>Configuración de los límites de corriente y velocidad.....</i>	107
Figura 71 <i>Habilitación de la identificación del motor.</i>	108
Figura 72 <i>Resumen de las configuraciones del accionamiento.....</i>	108
Figura 73 <i>Lista de experto.</i>	109
Figura 74 <i>Configuración Profibus DP del accionamiento.</i>	109
Figura 75 <i>Configuración de la dirección Profibus DP en Stater.....</i>	110
Figura 76 <i>Configuración de los datos de envío del accionamiento.....</i>	110
Figura 77 <i>Configuración de los datos de recepción del accionamiento.</i>	111
Figura 78 <i>Configuración de entradas y salidas digitales y análogas.</i>	111
Figura 79 <i>Configuración de entradas y salidas digitales</i>	112
Figura 80 <i>Control por voltaje/frecuencia.</i>	112
Figura 81 <i>Configuración de la consigna principal en CDS 0.</i>	113

Figura 82 <i>Configuración de la consigna principal en CDS 1.</i>	113
Figura 83. <i>Selección de la vista de componentes en PCS7.</i>	114
Figura 84 <i>Configuración de hardware de la Estación de Automatización.</i>	114
Figura 85 <i>Nodos Profibus DP configurados.</i>	115
Figura 86 <i>Incorporación del GSD de la CU en la red Profibus DP.</i>	115
Figura 87 <i>Configuración del archivo GSD de la Unidad de Control.</i>	116
Figura 88 <i>Configuración de la velocidad de transmisión de datos.</i>	116
Figura 89 <i>Incorporación del archivo GSD en la red Profibus DP.</i>	117
Figura 90 <i>Configuración del telegrama de comunicación.</i>	117
Figura 91 <i>Direccionamiento de los datos de envío y recepción.</i>	118
Figura 92 <i>Resumen de la configuración del telegrama de comunicación.</i>	118
Figura 93 <i>Nombres simbólicos de las direcciones.</i>	119
Figura 94 <i>Ingreso a la Vista de Planta en PCS7.</i>	119
Figura 95 <i>Selección del CFC de la Bomba de Pasta 003.</i>	120
Figura 96 <i>Bloque de comunicación FBDrive.</i>	120
Figura 97 <i>Inserción del bloque de comunicación FBDrive en el CFC.</i>	121
Figura 98 <i>Interconexión con la dirección del archivo GSD.</i>	121
Figura 99 <i>Selección del direccionamiento del archivo GSD.</i>	122
Figura 100 <i>Compilación del programa.</i>	122
Figura 101 <i>Generación de los drives posterior a la compilación.</i>	123
Figura 102 <i>Ingreso a la configuración de red.</i>	125
Figura 103 <i>Insertar nuevo enlace de red.</i>	125
Figura 104 <i>Configuración nueva red de tipo UDP.</i>	126
Figura 105 <i>Parámetros UDP de la comunicación.</i>	126
Figura 106 <i>Configuración de direcciones IP.</i>	127
Figura 107 <i>Configuración de envío y recepción UDP.</i>	127

Figura 108 <i>Resumen de la comunicación UDP configurada.</i>	128
Figura 109 <i>Árbol del Multiproyecto, bloques de programa.</i>	128
Figura 110 <i>Creación de un nuevo DB.</i>	129
Figura 111 <i>Creación del DB258.</i>	129
Figura 112 <i>Envío de datos por el bloque de datos de envío DB258.</i>	130
Figura 113 <i>Programación en CFC del bloque de función FC70.</i>	130
Figura 114 <i>Vista de redes en Tia Porta.</i>	131
Figura 115 <i>Agregar nuevo enlace de comunicación UDP.</i>	131
Figura 116 <i>Conexión UDP creada.</i>	132
Figura 117 <i>Configuración de las características UDP.</i>	132
Figura 118 <i>Parámetros de la comunicación UDP.</i>	132
Figura 119 <i>Configuración del puerto de enlace.</i>	133
Figura 120 <i>Descargar nueva configuración de red.</i>	133
Figura 121 <i>Configuración del bloque TURCV.</i>	134
Figura 122 <i>Ingresar a TIA Portal.</i>	134
Figura 123 <i>Creación de un nuevo proyecto en Tia Portal.</i>	135
Figura 124 <i>Árbol de proyecto en Tia Portal.</i>	135
Figura 125 <i>Elección de la referencia y versión de la CPU S7 1500.</i>	136
Figura 126 <i>Configuración del módulo servidor.</i>	136
Figura 127 <i>Descargar la configuración en el PLC S7 1500.</i>	137
Figura 128 <i>Configuración del Servidor Web.</i>	137
Figura 129 <i>Activación del servidor web.</i>	138
Figura 130 <i>Configuración de las características del servidor web.</i>	138
Figura 131 <i>Direccionamiento de los programas HTML, CSS, JS.</i>	139
Figura 132 <i>Ubicación de los programas HTML, CSS, JS.</i>	139
Figura 133 <i>Carga de las páginas HTML programadas.</i>	140

Figura 134 <i>Generación de bloques.</i>	140
Figura 135 <i>Creación de un nuevo bloque de programa.</i>	141
Figura 136 <i>Creación de un bloque de función en Tia Portal.</i>	141
Figura 137 <i>Instrucción WWW.</i>	142
Figura 138 <i>Parámetros de la instrucción WWW.</i>	142
Figura 139 <i>Monitoreo de valores recibidos por el módulo análogo.</i>	144
Figura 140 <i>Monitoreo de datos recibidos en el VFD</i>	146
Figura 141 <i>Monitoreo de señales de habilitación en el VFD.</i>	146
Figura 142 <i>Monitoreo de señales enviadas por el VFD.</i>	147
Figura 143 <i>Monitoreo de datos en el DB258 que son enviados por UDP.</i>	148
Figura 144 <i>Monitoreo de datos enviados por el S7 400 al PLC S7 1500.</i>	149
Figura 145 <i>Verificación del dato enviado por el PLC S7 1500.</i>	150
Figura 146 <i>Menú Principal del Servidor Web.</i>	151
Figura 147 <i>Menú Sistema de Secado Hood.</i>	151
Figura 149 <i>Menú Motores Eléctricos.</i>	155
Figura 150 <i>Tendencias Motores Eléctricos.</i>	157
Figura 151 <i>Corriente de trabajo de bombas por encima de la nominal.</i>	159
Figura 152 <i>Tendencia flujo de combustible al quemador lado seco.</i>	162
Figura 153 <i>Tendencia temperatura quemador lado seco.</i>	162
Figura 154 <i>Tendencia caída de hollín MP5.</i>	165

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Trabajos Relacionados</i>	29
Tabla 2. <i>Operacionalización de las Variables</i>	33
Tabla 3. <i>Tipos de Estaciones de Automatización AS410H/F/FH</i>	41
Tabla 4. <i>Tipos de Estaciones de Automatización AS410e</i>	42
Tabla 5. <i>Tipos de Estaciones de Automatización AS41X</i>	43
Tabla 6. <i>Características Profibus DP</i>	49
Tabla 7. <i>Características CU 230P</i>	66
Tabla 8. <i>Características CU 240B</i>	67
Tabla 9. <i>Características CU 240E</i>	67
Tabla 10. <i>Palabras de entrada y salida Telegrama 1</i>	72
Tabla 11. <i>Palabras de entrada y salida Telegrama 20</i>	73
Tabla 12. <i>Tipos de conectores y cables de Fibra Óptica para IE</i>	78
Tabla 13. <i>Componentes de red activos para Industrial Ethernet</i>	79
Tabla 14. <i>Conexión entre bloques FB109 y FB1854</i>	123
Tabla 15. <i>Representación de valores análogos en Step 7</i>	144
Tabla 16. <i>Reducción de tiempo en rutas de motores</i>	160
Tabla 17. <i>Historial de eventos caída de hollín MP5 2019 - 2021</i>	163

Resumen

En la industria, es cada vez mayor la necesidad de incorporar nuevas tecnologías que permitan el acceso remoto a la supervisión y el monitoreo de los procesos; el avance en el desarrollo de las tecnologías de la información orientadas a la automatización industrial ha permitido el desarrollo de servidores web embebidos en los propios equipos de automatización. En la actualidad los controladores lógicos programables, servidores de operación, interfaces humano - máquina, incorporan entre sus capacidades servidores web que permiten el acceso a la operación y monitoreo remoto de la planta. Por otro lado, las industrias buscan constantemente la reducción de costos de producción y la disminución de tiempos perdidos debido a paros no planeados que les permitan ser más competitivos, siendo necesario la implementación del monitoreo remoto de variables de procesos críticas para la producción, cuyo análisis permite el desarrollo de acciones de mantenimiento. En el presente proyecto de titulación, se realizará la adquisición de los datos de proceso por medio de sensores y transmisores ubicados en el nivel de campo y de variadores de frecuencia conectados por redes industriales a controladores lógicos programables ubicados en el nivel de control; obteniendo de esta manera información de variables como: nivel, presión, temperatura, corriente. Esta información podrá ser supervisada y analizada de manera remota por medio de navegadores web en computadoras conectadas a la intranet de planta mediante la configuración y programación de un servidor web.

Palabras clave:

- **SERVIDOR WEB**
- **MANTENIMIENTO PREDICTIVO**
- **REDES INDUSTRIALES**
- **MONITOREO REMOTO**

Abstract

In industry, there is a growing need to incorporate new technologies that allow remote access to the process supervision and monitoring. The advance in the development of information technologies aimed at industrial automation has allowed the development of embedded web servers in the automation equipment themselves. Currently, programmable logic controllers, operation servers, human-machine interfaces, incorporate among their capability the web services which allow access to the remote operation and monitoring of the plant. On the other hand, industries constantly seek to reduce production costs and to reduce loss time due to unplanned stoppages that allow them to be more competitive, requiring the implementation of remote monitoring of critical process variables for production, whose analysis allows the development of maintenance actions. In this project, process data will be acquired by means of sensors and transmitters located at the field level and frequency inverters connected by industrial networks to programmable logic controllers located at the control level obtaining information on variables such as level, pressure, temperature and current. This information can be monitored and analyzed remotely through web browsers on computers connected to the intranet plant through the configuration and programming of a web server.

Keywords:

- **WEB SERVER**
- **PREDICTIVE MAINTENANCE**
- **INDUSTRIAL NETWORKS**
- **REMOTE MONITORING**

Capítulo I

Introducción

Título del Proyecto de Titulación

SERVIDOR WEB EMBEBIDO EN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PARA LA SUPERVISIÓN Y ANÁLISIS REMOTO DE DATOS DE PROCESO DEL SISTEMA DE SECADO HOOD Y MOTORES ELÉCTRICOS DE LA MÁQUINA DE PAPEL MP5 DE LA EMPRESA PRODUCTOS FAMILIA SANCELA DEL ECUADOR S.A.

Antecedentes

El desarrollo de servidores web embebidos en sistemas de automatización garantiza el flujo oportuno de información de los dispositivos de medición ubicados en nivel de campo de la industria, se han desarrollado proyectos utilizando incluso controladores lógicos programables de gama baja como el Nano-10. Los dispositivos deben contar con un puerto para comunicación ethernet y tener incorporado el servidor, el acceso se lo realiza ingresando la IP en un navegador web, los servidores web embebidos en sistemas de automatización permiten que los datos de información de control se compartan fácilmente en la industria para toma de decisiones rápidas y eficientes (Basanta y Tanmoy, 2015).

Otro de los proyectos desarrollados en relación a servidores web embebidos en sistemas de automatización es el denominado "From Sensor to Web using PLC with Embedded Web Server for Remote Monitoring of Processes", en donde se desarrolla un entorno experimental en línea para supervisar y controlar de manera remota la velocidad del flujo de las partículas en un fluido con el objetivo de determinar las

ventajas y desventajas de la capacidad de control utilizando controladores lógicos programables y servidor web, los resultados obtenidos indican que el monitoreo del sistema pareciera ser en tiempo real aunque no lo es, debido a que internet no está diseñado para este propósito y por lo tanto pueden existir retrasos enormes o pequeños, y que en caso de utilizar este sistema para control se deben mejorar los anchos de banda y utilizar computadoras con grandes capacidades de procesamiento (Subu, Hakon y Lieven, 2003).

En "The importance of PLC in the predictive maintenance of electronic equipment", se indican las ventajas del mantenimiento predictivo utilizando controladores lógicos programables, que pueden ser utilizados para evitar la avería total de equipos industriales, para esto el sistema debe estar compuesto por sensores capaces de medir variables de proceso de manera continua, por parte del controlador lógico programable que tiene la capacidad de monitorear equipos remotos y que por medio de programación puede señalar desviaciones en los datos medidos, además el avance de la tecnología ha permitido que los PLC puedan conectarse a internet, con lo que el monitoreo y análisis de la información pueda ser realiza dentro o fuera de la planta (Sisman, Nicu, Mihai y 2018).

El presente proyecto tiene relación con el documento "Utilization of the PLC as a Web Server for Remote Monitoring of the Technological Process", en donde trata sobre los lenguajes de programación para el desarrollo del entorno en los navegadores web, como por ejemplo: HTML, ASP y Java Script, las variables de procesos se pueden mostrar sobre una computadora independiente del sistema operativo, es solo necesario un navegador web, el sistema presenta ventajas para el monitoreo remoto de lazos de temperatura en procesos de gasificación, accediendo a la información desde varios

equipos remotos en comparación a los sistemas HMI convencionales (Kaýur, Durdán y Laciak, 2013).

Proceso de secado de la Máquina de Papel MP5

La pasta en el inicio del proceso posee un alto nivel de agua el cual es necesario extraer para la formación del papel.

El proceso de secado de papel en la máquina MP5 de la empresa Productos Familia Sancela del Ecuador S.A. posee una serie de sistemas: un sistema de presado en el cual la pasta es conducida por medio de tendidos (malla y fieltro) desde la zona de formación hasta el sistema de secado por vapor, formado por un cilindro metálico denominado yankee que en su interior es calentado por vapor, la cara interna del papel es secado por este cilindro; el secado de la cara externa en cambio se lo realiza por aire caliente que se genera por la combustión de diésel y el uso de ventiladores de suministro, este sistema se lo denomina HOOD y está formado por un quemador lado húmedo y un quemador lado seco que elevan la temperatura del aire aproximadamente a 400 grados centígrados. (Cujano, 2018).

Figura 1

Sistemas de Secado de Papel Máquina MP5



En el presente proyecto de titulación se realizará el monitoreo de las variables de proceso del Sistema de Secado Hood, el mismo que está formado por campanas, una Campana en la Zona Húmeda cuyo valor de Set Point en el controlador de temperatura es fijo a 200 grados centígrados y una Campana en la Zona Seca cuyo valor de Set Point es variable y proviene de un sistema de medición de humedad en la hoja de papel conocido como QCS.

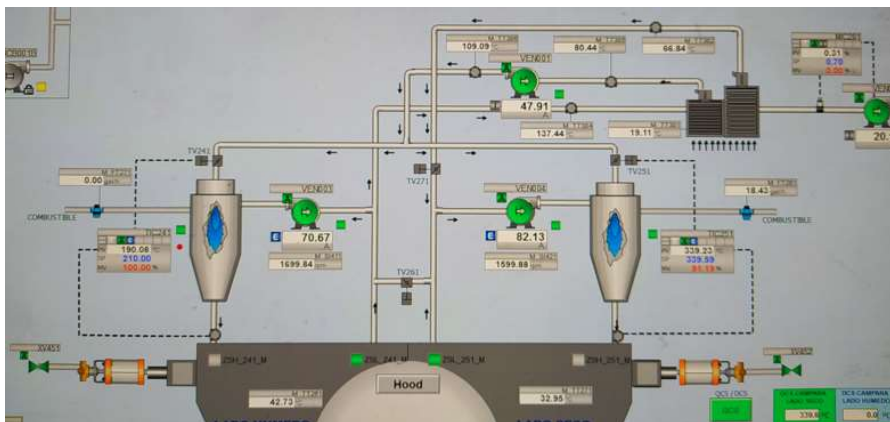
Cada campana del sistema de secado HOOD está formado por un quemador a base de combustible diésel, en cuyo hogar se realiza la mezcla del aire y combustible, la relación de flujos aire/combustible es controlada por una válvula Maxon, el aire de combustión es generado para el quemador en la zona seca y para el quemador en la zona húmeda por el ventilador MP5 - VEN001.

El aire caliente es soplado desde cada uno de los quemadores hacia la zona en donde se encuentra el papel por medio de ventiladores de suministro, MP5 – VEN003 para la zona Húmeda y MP5 – VEN004 para la zona Seca.

Existe además un control de humedad del sistema cuyo actuador es un ventilador de extracción MP5 – VEN002, este ventilador además de controlar la humedad permite extraer partículas generadas por una incorrecta combustión en la zona de quemadores.

Figura 2

Sistema de Secado HOOD Máquina MP5



Líneas de investigación

- Automática y control.
- Tecnologías de Información y Comunicación.

Sub líneas de investigación

- Protocolos de comunicación

Área de influencia

Procesos de producción industrial en la zona central del país.

Planteamiento del problema

Dentro de los planes de mantenimiento industrial, se ha tornado necesario la utilización de herramientas de automatización que permitan la adquisición, tratamiento y análisis de información con el objetivo de desarrollar acciones preventivas y predictivas capaces de detectar daños prematuros en los equipos eléctricos o

desviaciones de valores de proceso, reduciendo los tiempos perdidos debido a paros no planeados y el mejoramiento en la calidad de los productos, consiguiendo de esta manera ser más productivos y rentables dentro del mercado nacional.

En la máquina de papel MP5 de la empresa Productos Familia Sancela del Ecuador S. A, uno de los problemas de calidad que mayormente ha afectado a la producción es la caída de hollín, defecto propio de una mala combustión en los quemadores hood que permiten el secado del papel, el defecto se produce debido a que voluntaria o involuntariamente los datos de procesos como temperatura, presión, flujo, nivel, velocidad de ventiladores, salen de su rango permisible de trabajo: Para evitar esto, se ha decidido realizar el registro de los valores de proceso en cada turno, el registro de los valores se lo realiza de manera manual, es decir el personal de mantenimiento acude al instrumento de medición y toman el valor para posteriormente registrarlo en una hoja de Excel.

Por otro lado, dentro de las actividades de mantenimiento predictivo, se mide con una pinza amperimétrica el valor de la corriente de cada motor eléctrico, el valor es posteriormente registrado en una hoja de Excel, esta ruta de motores se la realiza cada dos meses y en ocasiones no es ejecutada debido a la excesiva carga de trabajo que tiene el personal de turno, lo que imposibilita contar con esta herramienta para tomar acciones de mantenimiento.

La toma de datos de proceso de quemadores y el registro de los valores de corriente de los motores, son acciones que deben ser ejecutadas con el objetivo de detectar anticipadamente problemas de calidad y averías de motores eléctricos; sin embargo, debido a la carga de trabajo del personal, no se las realiza adecuadamente,

por lo que los defectos de calidad y averías de los motores eléctricos se han seguido presentando.

Además, los datos, cuando se los registra, son llevados a hojas de Excel pero no se realiza ningún tipo de análisis de esta información, siendo una herramienta que no ha contribuido para cumplir los objetivos de mantenimiento preventivo y predictivo que busca el departamento de mantenimiento eléctrico.

Estudios relacionados

En función de la investigación a desarrollar se pudo identificar los siguientes trabajos relacionados:

Tabla 1

Trabajos Relacionados

No	ARTÍCULO	AUTOR	AÑO	DESCRIPCIÓN
1	From sensor to web using PLC with embedded web server for remote monitoring processes.	Subu MvlvaPunam, Hikon Waerstad, y LievenC ortvriend	2003	Desarrolla un entorno experimental en línea para supervisar y controlar de manera remota la velocidad del flujo de las partículas en un fluido con el objetivo de determinar las ventajas y desventajas de la capacidad de control utilizando controladores lógicos programables y servidor web.
2	The importance of PLC in the predictive	Sisman George Robert, Nicu Bizon, y	2018	Explica las ventajas del mantenimiento predictivo utilizando controladores lógicos programables, para esto el sistema debe estar compuesto por sensores capaces de

No	ARTÍCULO	AUTOR	AÑO	DESCRIPCIÓN
	maintenance of electronic equipment.	Mihai Oproescu.		medir variables de proceso de manera continua por el controlador lógico programable y que por medio de programación del servidor web puede señalar desviaciones en los datos medidos.
3	Utilization of the PLC as a web server for remote monitoring of the technological process.	Ján KAYUR, Milan DURDÁN, y Marek LACIAK.	2013	Trata sobre los lenguajes de programación para el desarrollo del entorno en los navegadores web, las variables de proceso se pueden mostrar sobre un computadora independiente del sistema operativo, es solo necesario un navegador web.
4	Embedded web PLC: a new advances in industrial control and automation	Basanta Mahato, Tanmoy Maity, y Joby Antony.	2015	Explica que el desarrollo de servidores web embebidos en sistemas de automatización garantiza el flujo oportuno de información de los dispositivos de medición ubicados en nivel de campo de la industria, los dispositivos deben contar con un puerto para comunicación ethernet y tener incorporado el servidor, el acceso se lo realiza ingresando la IP en un navegador web.
5	Condition Monitoring for Predictive Maintenance in the Pulp & Paper	J. Jokinen, C. Postelnicu, B. Zhang, R. Camp M.	2012	El proyecto realiza una comparativa entre dos métodos de monitoreo para un sistema de lubricación de aceite; el primer método se enfoca en el monitoreo centralizado tradicional, mientras que el

No	ARTÍCULO	AUTOR	AÑO	DESCRIPCIÓN
	Industry: Implementations	Two Suhonen, O. Karhumäki, J. y L. Martinez Lastra.		segundo presenta un enfoque remoto basado en servidor web. Ambas soluciones permitieron implantar técnicas de mantenimiento predictivo basado en la condición, además de generar importantes ahorros económicos y de tiempo.

Nota. Trabajos relacionados con el proyecto de titulación

Justificación, importancia y alcance del proyecto

Con el presente proyecto, se pretende monitorear y analizar de manera remota en navegadores web, tanto las variables que intervienen en el sistema de secado hood, como los valores de corriente y velocidad de los motores eléctricos de la Máquina de Papel MP5 de la Empresa Productos Familia Sancela del Ecuador S.A.

Los datos del sistema de secado hood serán obtenidos mediante sensores y transmisores ubicados en campo y que envían señales de 4 a 20mA a equipos de periferia descentralizada que se comunican por red Profibus DP con el Controlador Lógico Programable principal de la máquina S7 - 400; mientras que la información de corriente y velocidad de los motores eléctricos será transmitida por los variadores de frecuencia que los controlan mediante comunicación industrial Profibus DP, finalmente se realizará la configuración y programación del servidor web que permitirá observar la información desde navegadores web instalados en diferentes computadoras que integran la red industrial.

El proyecto, por un lado, reducirá la carga de trabajo en el personal de turno encargado actualmente de tomar estos datos de manera manual y también permitirá que la información adquirida del sistema de secado hood y de los motores eléctricos sea fiable y en tiempo real.

Permitiendo realizar un análisis eficiente de la información, coordinando actividades de mantenimiento preventivo y predictivo que contribuyan a la reducción de costos por tiempos perdidos debido a paros no planeados y al mejoramiento de la calidad del producto.

Objetivo general del proyecto

- Supervisar y analizar en forma remota los datos de proceso del sistema de secado hood y motores eléctricos de la Máquina de Papel MP5 de la empresa Productos Familia Sancela del Ecuador S.A. mediante un servidor web embebido.

Objetivos específicos del proyecto

- Conocer la manera de instalar y configurar los dispositivos de automatización.
- Obtener en los dispositivos de periferia descentralizada ET200M la información de los sensores y transmisores del sistema de secado Hood.
- Configurar la comunicación industrial Profibus DP entre los esclavos y maestro de la red.
- Obtener los datos de proceso del sistema de secado Hood y motores eléctricos en el PLC S7 - 400.

- Realizar la conexión y configuración para establecer la comunicación S7 mediante red industrial ethernet entre los Controladores Lógicos Programables.
- Configurar y programar el servidor y clientes web en los dispositivos.
- Realizar pruebas de funcionamiento del entorno y análisis de resultados.

Hipótesis de investigación

El monitoreo remoto de variables de proceso, disminuye los defectos de calidad y aumenta la disponibilidad en la Máquina de Papel MP5 de la Empresa Productos Familia Sancela del Ecuador S.A.

Categorización de las variables de investigación

En consecuencia, de la hipótesis planteada se identifican tres variables:

- **Variable Independiente:** Monitoreo de variables de proceso.
- **Variable Dependiente 1:** Defectos de calidad del producto.
- **Variable Dependiente 2:** Disponibilidad de máquina.

Tabla 2.

Operacionalización de las Variables

VARIABLE	TIPO	DEFINICIÓN	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES
		CONCEPTUAL	OPERACIONAL		
Monitoreo de variables de proceso.	Independiente	Revisión de la información medida por instrumentos industriales.	Información de proceso de secado y motores eléctricos, obtenida por instrumentos y	- Sistema de secado Hood (temperatur	- Porcentaje de información obtenida y analizada.

VARIABLE	TIPO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
			analizada de manera remota en navegadores web.	a, nivel, presión). - Motores eléctricos (corriente, velocidad).	
Defectos de calidad del producto.	Dependiente	No conformidad de características de calidad de un producto, que puede provocar insatisfacción del cliente.	Generación de hollín en el papel que genera producto no conforme.	- Nivel hollín. - Humedad.	- Índice de reducción de defectos de calidad.
Disponibilidad de máquina.	Dependiente	Probabilidad de que la máquina se encuentre operativa cuando sea requerida.	Capacidad de la máquina para no generar tiempos perdidos por paros no planificados.	- Paros no planeados. - Indicadores de mantenimiento	- Porcentaje de aumento de disponibilidad de máquina.

Nota. Operacionalización de las variables

Capítulo II

Marco Teórico

Sistema de Control de Procesos PCS7

El Sistema de Control de procesos desarrollado por la empresa Alemana Siemens es un conjunto de componentes de hardware y software desarrollado para aplicaciones en industrias de procesos continuos. PCS 7 engloba todos los componentes que deben ser instalados en los diferentes niveles de la pirámide de automatización, desde el nivel de campo hasta el nivel de gestión. (Siemens, 2013).

Sistema de Ingeniería

El sistema tiene componentes de hardware y software que permiten la programación de Controladores Lógicos Programables, estaciones de operación, instrumentación y redes de campo.

Los equipos de automatización y computadoras que integran el sistema poseen procesadores de alta gama con grandes capacidades de memoria. Para la programación de los equipos se utiliza el software Simatic PCS7 que engloba funcionalidades para la programación de PLC, HMI, redes Industriales e instrumentos de campo (Siemens, 2014).

Figura 3

Software de programación PCS7



Nota. Gráfica del software de programación del PCS7. Tomado de Siemens, 2014. El sistema de control de procesos SIMATIC PCS7.

Además, PCS7 ofrece los siguientes software para la programación de funciones especiales.

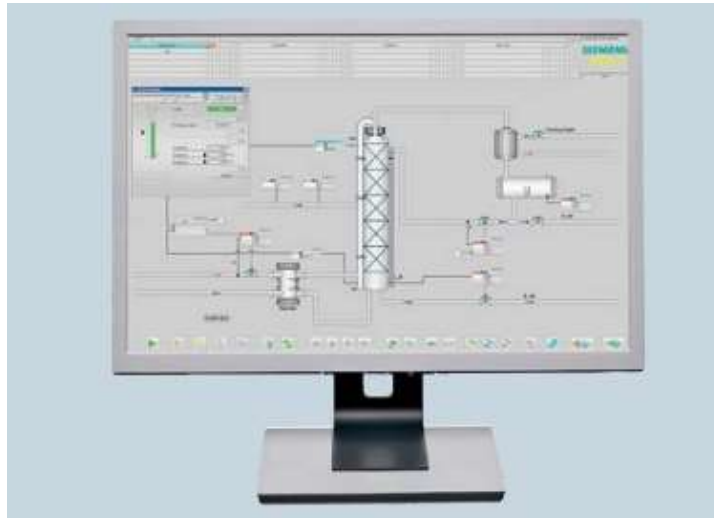
- ✓ SIMATIC Version Cross Manager
- SIMATIC PCS 7 Advanced Engineering System (AdvES)
- ✓ Asistente de importación-exportación de SIMATIC PCS 7
- ✓ Engineering Process
- ✓ SIMATIC Route Control Engineering
- ✓ SIMATIC PCS 7 TeleControl OS Engineering
- ✓ SIMATIC PCS 7 PowerControl (Siemens, 2013).

Sistema de Operación

El sistema de operación permite al operador, controlar e inspeccionar el proceso mediante la visualización de los diferentes elementos de campo y el análisis de datos en tendencias de los diferentes instrumentos, además la programación de alarmas permite mantener las variables dentro de rangos de trabajo específico, las opciones son sistemas monopuesto (Single Stations) y multipuesto (Arquitectura cliente - servidor).

Figura 4

Estación de operación en PCS7



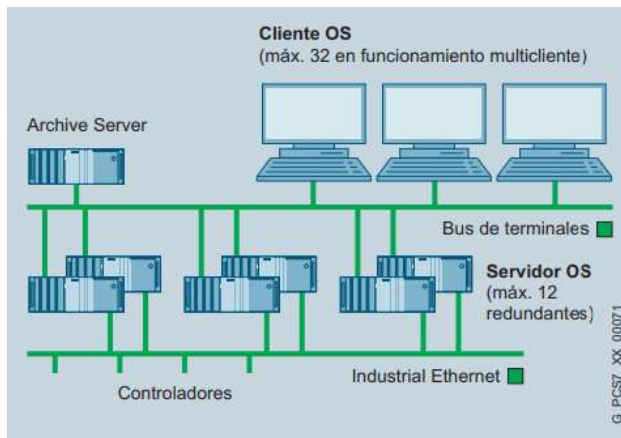
Nota. Gráfico de una estación de operación industrial. Tomado de Siemens, 2014. El sistema de control de procesos SIMATIC PCS7.

✓ **Monopuesto**

En este sistema las funciones de control y supervisión de la planta están integradas en una sola estación, la comunicación de la OS con las estaciones de automatización se realiza por medio del bus de planta.

✓ **Multipuesto**

En el sistema multipuesto, servidores suministran toda la información: datos, alarmas, tendencias a los clientes, la comunicación entre servidores y clientes se realiza por medio del bus de terminales. El bus de planta y terminales utilizad la red de comunicación Industrial Ethernet.

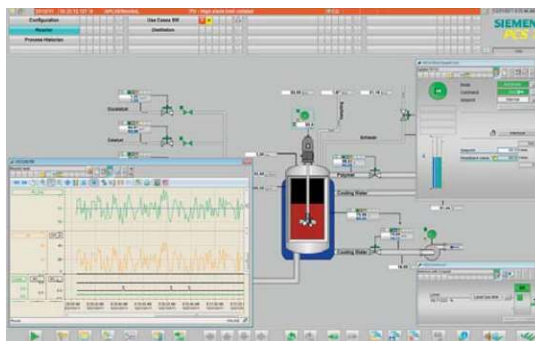
Figura 5*Bus de Terminales*

Nota. Gráfico que representa los dispositivos que se conectan al bus de terminales. Tomado de Siemens, 2014. El sistema de control de procesos SIMATIC PCS7.

El software de programación utilizado para las estaciones de operación es WinccExplorer que se ejecuta en el sistema de Ingeniería. (Siemens, 2013).

Algunas de las funcionalidades que presentan las estaciones de operación son:

- ✓ Interfaz de usuario multilingüe, ergonómico, ordenado, y claramente estructurado.

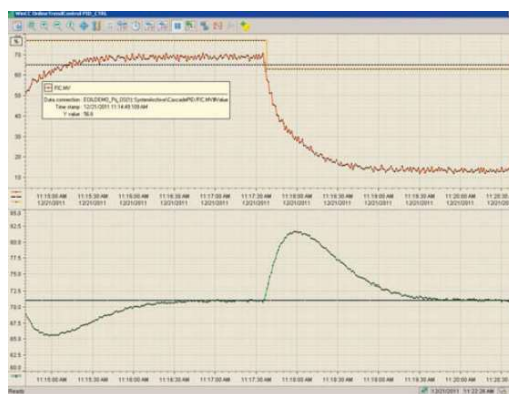
Figura 6*Interfaz de usuario PCS7*

Nota. Gráfico que indica las interfaces que pueden ser desplegables en las estaciones de operación. Tomado de Siemens, 2014. El sistema de control de procesos SIMATIC PCS7.

- ✓ TrendControls para la visualización de tablas y curvas.

Figura 7

Visualización de tendencias.



Nota. Interfaz de visualización de tendencias de variables. Tomado de Siemens, 2014. El sistema de control de procesos SIMATIC PCS7.

- ✓ AlarmControl para visualización y procesamiento de avisos.

Figura 8

Histórico de Alarmas

The screenshot shows the AlarmControl interface, which displays a detailed table of alarm history. The table has multiple columns, including 'Alarm Name', 'Description', 'Status', 'Priority', and 'Time'. The rows are color-coded: yellow for active or pending alarms, red for critical alarms, and purple for acknowledged alarms. The interface includes a search bar at the top and a Siemens PCS7 logo in the top right corner.

Nota. Representación de alarmas en las estaciones de operación. Tomado de Siemens, 2014. El sistema de control de procesos SIMATIC PCS7.

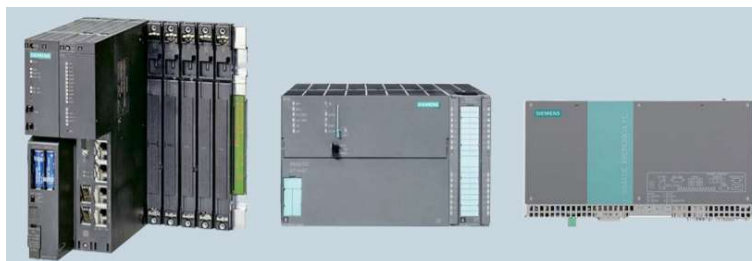
- ✓ Sistema de informes de configuración y operativos.
- ✓ Gestión central de usuarios, controles de acceso y firma electrónica.
- ✓ Vigilancia de señales de vida.
- ✓ Archivo de datos.

Sistema de Automatización

Existen tres diseños para las estaciones de automatización en PCS 7.

Figura 9

Estaciones de automatización de PCS7.



Nota. Diferentes modelos de equipos que pueden ser utilizados como estaciones de automatización. Tomado de Siemens, 2014. El sistema de control de procesos SIMATIC PCS7.

Los controladores ofrecidos se pueden clasificar del siguiente modo:

PLC Modulares de la Serie S7 – 400.

Sistemas S7 400 basados en bastidor y módulos, existen diferentes versiones de hardware con funcionalidades de seguridad, alta disponibilidad y estándar. (Siemens, 2014).

Figura 10

Estación de Automatización S7 – 400.



Nota. Modelo de estación de automatización S7 - 400. Tomado de Siemens, 2014. El sistema de control de procesos SIMATIC PCS7.

Los PLC S7-400 se caracterizan por altas capacidades de procesamiento de datos y comunicación.

- ✓ Controladores AS 410 para plantas nuevas, potencia de las CPU de uso universal escalable según la cantidad de objetos de proceso.

Tabla 3.

Tipos de Estaciones de Automatización AS410H/F/FH.

TIPO DE AS	CARACTERÍSTICAS
AS 410S/H/F/FH	CPU 410-5H Automatización de procesos, interfaces: 1PN/IE (2 puertos), 1DP. Sistema Estándar, sistema de seguridad y alta disponibilidad.

TIPO DE AS	CARACTERÍSTICAS
<p><i>Nota.</i> Características de la estación de automatización AS410. Tomado de Siemens, 2014. El sistema de control de procesos SIMATIC PCS7.</p>	
✓	<p>Sistemas complementarios S7-400, para uso en instalaciones con SIMATIC PCS 7, alternativa a AS 410, principalmente en instalaciones con SIMATIC PCS 7 V7.0/V7.1, escalables con tipos de CPU de distintas potencias. (Siemens, 2013).</p>

Tabla 4.

Tipos de Estaciones de Automatización AS410.e.

TIPO DE AS	CARACTERÍSTICAS (SISTEMA ESTÁNDAR)
AS 414-3	CPU estándar, interfaces: 1MPI/DP, 1DP. 1 módulo DP enchufable opcional.
AS 414-3IE	CPU estándar, interfaces: 1PN/IE (2 puertos), 1MPI/DP. 1 módulo DP enchufable opcional.
AS 416-2	CPU estándar, interfaces: 1MPI/DP, 1DP.
AS 416-3	CPU estándar, interfaces: 1MPI/DP, 1DP. 1 módulo DP enchufable opcional.
AS 416-3 IE	CPU estándar, interfaces: 1PN/IE (2 puertos), 1MPI/DP. 1 módulo DP enchufable opcional.

TIPO DE AS	CARACTERÍSTICAS (SISTEMA ESTÁNDAR)
AS 417-4	CPU estándar, interfaces: 1MPI/DP, 1DP. 2 módulos DP enchufable opcional.

Nota. Características de la estación de automatización AS410e. Tomado de Siemens, 2014. El sistema de control de procesos SIMATIC PCS7.

Tabla 5.

Tipos de Estaciones de Automatización AS41X.

TIPO DE AS	CARACTERÍSTICAS (SISTEMAS DE SEGURIDAD Y ALTA DISPONIBILIDAD)
AS 412H/F/FH	H-CPU (1 o 2), interfaces: 1PN/IE (2 puertos), 1MPI/DP, 1DP.
AS 414H/F/FH	H-CPU (1 o 2), interfaces: 1PN/IE (2 puertos), 1MPI/DP, 1DP.
AS 416H/F/FH	H-CPU (1 o 2), interfaces: 1PN/IE (2 puertos), 1MPI/DP, 1DP.
AS 417H/F/FH	H-CPU (1 o 2), interfaces: 1PN/IE (2 puertos), 1MPI/DP, 1DP.

Nota. Nota. Características de la estación de automatización AS41X. Tomado de Siemens, 2014. El sistema de control de procesos SIMATIC PCS7.

Sistemas Embebidos

- ✓ Sistemas embebidos con controlador por software, controlador mEC, controlador Microbox. Dentro de los sistemas embebidos PCS7 ofrece sistemas económicos y compactos para aplicaciones de planta reducidas.
- ✓ El modelo PCS 7 AS mEC RTX que está basado en el diseño del S7 300, en los que se puede instalar hasta 8 módulos por RACK y ser integrado en redes industriales de campo mediante la utilización de módulos ET (Siemens, 2014).

Figura 11

Simatic PCS 7 AS mec RTX



Nota. Modelo de estación de automatización mec RTX. Tomado de Siemens, 2014. El sistema de control de procesos SIMATIC PCS7.

- ✓ SIMATIC PCS 7 AS RTX - Diseño de Microbox - Interfaz PROFIBUS DP con capacidad de enrutamiento para conectar estaciones de E/S remotas ET 200M, ET 200iSP, ET 200S y ET 200pro descentralizadas, y aparatos de campo / procesos inteligentes en PROFIBUS DP/PA.

Figura 12

Simatic PCS 7 Box RTX



Nota. Modelo de estación de automatización Box RTX. Tomado de Siemens, 2014. El sistema de control de procesos SIMATIC PCS7.

Estaciones de Automatización.

Las estaciones de automatización están basadas en los diseños del S7 400, pueden ser suministrados a modo de componentes sueltos dependiendo del propio diseño de planta o sistemas completos con módulos pre instalados y verificados.

Las Estaciones de Automatización vienen con la licencia de 100 objetos de proceso y pueden ser ampliados para 1000 ó 10000 PO. (Siemens, 2014).

Figura 13

Modelos de CPU S7 – 400.



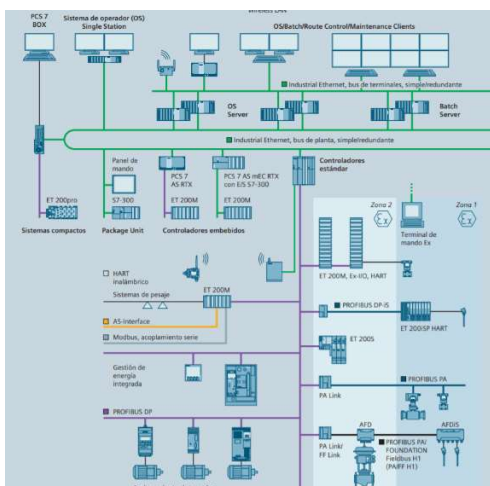
Nota. Lista de modelos S7 - 400 con sus características. Tomado de Siemens, 2014. El sistema de control de procesos SIMATIC PCS7.

Redes de Comunicación Industrial en PCS7

Simatic NET es un conjunto de redes industriales utilizados en aplicaciones de procesos industriales que cumplen los estándares internacionales, Simatic NET permite el intercambio seguro de datos entre los componentes de red y los diferentes niveles de la pirámide de automatización, las redes industriales están diseñadas para la utilización en ambientes industriales y permiten la correcta transmisión de información en ambientes: con campos electromagnéticos, zonas expuestas a líquidos y vapores, esfuerzos mecánicos y con peligros de explosión.

Figura 14

Redes Industriales en la Pirámide de Automatización.



Nota. Redes industriales de Siemens que pueden ser configuradas en PCS7. Tomado de Siemens, 2014. El sistema de control de procesos SIMATIC PCS7.

Red Industrial Ethernet

En el Sistema de Control de Procesos la red Industrial Ethernet se utiliza para conectar dispositivos en sistemas multipuesto cliente/servidor y estaciones de

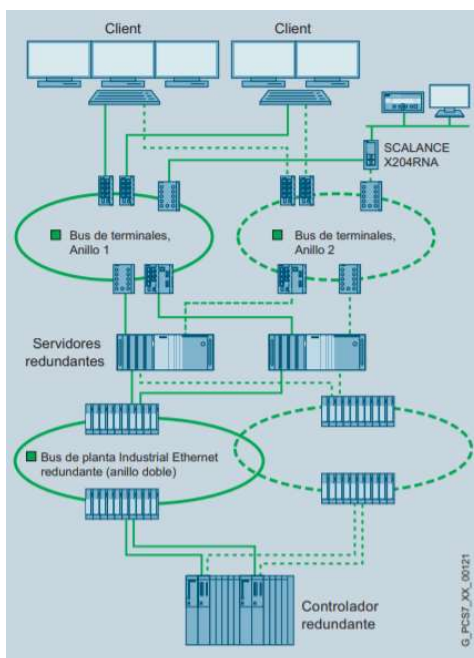
automatización, esta red industrial utiliza tecnología Gigabit y FastEthernet con topologías tipo anillos con capas físicas de fibra óptica y topologías bus, estrella, árbol utilizando cable de cobre y conectores RJ45, con la tecnología Switching se pueden alcanzar velocidades de transmisión de hasta 1 Gbit/s. (Siemens, 2016).

Las características de Industrial Ethernet son:

- ✓ Diseñado para ambientes industriales.
- ✓ Conexión rápida con FastConnect mediante la utilización de conectores RJ45.
- ✓ Permite la posibilidad de configuraciones redundantes.

Figura 15

Red Industrial Ethernet.



Nota. Dispositivos y buses que pueden ser configurados en la red industrial Ethernet.

Tomado de Siemens, 2014. El sistema de control de procesos SIMATIC PCS7.

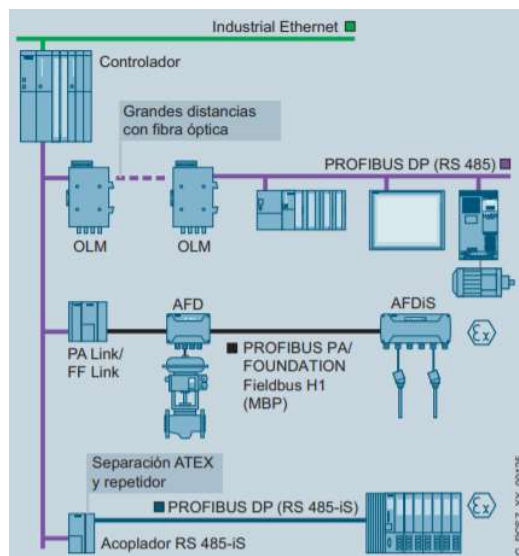
Red Profibus DP

Esta red de comunicación industrial desarrollada por Siemens está diseñada para la comunicación de elementos ubicados en el nivel de campo y control, Profibus DP comunica: periféricas descentralizadas ET, transmisores, accionamientos, variadores de frecuencias, controladores lógicos programables. Los dispositivos utilizando Profibus DP se comunican en tiempo real, la red Profibus DP permite:

- ✓ Transmisión cíclica de valores de proceso.
- ✓ Transferencia acíclica de información de diagnóstico y alarmas.

Figura 18

Componentes de la Red Industrial Profibus – DP.



Nota. Dispositivos que pueden ser incorporados y configurados en la red industrial profibus. Tomado de Siemens, 2014. El sistema de control de procesos SIMATIC PCS7.

Profibus DP que utiliza una topología tipo bus y árbol, puede instalarse en zonas seguras y en zonas de peligro de explosión, la integración puede realizarse con equipos de diferentes fabricantes.

Las ventajas de Profibus DP son:

- ✓ Bajos costos de instalación y tiempos rápidos de puesta en marcha.
- ✓ Precisión de los datos transmitidos.
- ✓ Poco tiempo requerido para el diagnóstico.
- ✓ Gestión óptima del ciclo de vida gracias al procesamiento y evaluación de la información de estado y diagnóstico con la Maintenance Station.

Tabla 6.

Características Profibus DP.

Transmisión de datos	RS485	RS485 -iS	Fibra Óptica
Velocidad de transferencia	9,6 kbits.... 12 Mbits/s	9,6 kbits.... 1,5 Mbits/s	9,6 kbits.... 12 Mbits/s
Cable	2 hilos apantallado	2 hilos apantallado	Plástico y fibra de vidrio multimodo o monomodo.
Modo de protección	No aplica	EEx(ib)	No aplica.
Topología	Línea, árbol.	Lineal.	Anillo, estrella, lineal.
Estaciones por segmento	32	32	No aplica.
Estaciones por red	126	126	126

Transmisión de datos	RS485	RS485 -iS	Fibra Óptica
Repetidoras	9	9	No aplica
Longitud del cable por segmento en función de la velocidad de transmisión	1200 m a máx. 93,75 kbits/s 1000 m a 187,5 kbits/s 400 m a 500 kbits/s 200 m a 1,5 Mbits/s 100 m a 12 Mbits/s	1 000 m a 187,5 kbits/s 400 m a 500 kbits/s 200 m a 1,5 Mbits/s	Máx. 80 m (plástico) 2 ... 3 km (fibra de vidrio multimodo) >15 km a 12 Mbits/s (fibra óptica monomodo)

Nota. Características Profibus DP. Tomado de Siemens, 2014. El sistema de control de procesos SIMATIC PCS7.

Otras redes industriales muy comunes en el Sistema de Control de Procesos de PCS7 son:

- ✓ Hart
- ✓ Profibus PA.
- ✓ FOUNDATION Fieldbus H1.
- ✓ AS Interface.
- ✓ Modbus.

Red Industrial Profibus DP

Introducción

Profibus es un estándar de red digital de campo, desarrollada en 1987 por las firmas alemanas Bosch, Klöckner Möeller y Siemens, actualmente es uno de los buses de campo de mayor utilización a nivel industrial.

PROFIBUS es un bus de campo estandarizado bajo la norma EN 50170, por lo que puede ser implementado en equipos de cualquier empresa que fabrique sistemas de automatización.

Versiones de Profibus

PROFIBUS PA

- Fabricada para automatizar procesos.
- Permite la comunicación de instrumentos sensores y actuadores en una topología bus.
- Permite la comunicación de datos y energía en un par de cables.

PROFIBUS DP

- Diseñado para altas velocidades de comunicación.
- Conexiones de equipos fáciles y poco costosas.
- Utilizada para la comunicación de controladores lógicos programables y equipos de periferia descentralizada.

PROFIBUS FMS

- Diseñada para la comunicación de equipos a nivel de célula.
- Flexible.
- Para aplicaciones de comunicación compleja.

Profibus DP

MEDIO FÍSICO

El medio físico de mayor utilización es RS485 que comprende la utilización de cable par trenzado apantallado y conectores DB9, al utilizar el estándar RS485 es necesario la utilización de resistencias terminadoras en los extremos del bus con el objetivo de evitar reflexiones en las señales y pérdida de la información, en la mayoría de conectores la resistencia terminadora viene ya incorporada.

Figura 19

Conector y cable Profibus DP RS485.



Nota. Cable profibus DP y conectores RS485 con terminación de bus. victor-fuzzylogic.blogspot.com, (2014). Comunicaciones Industriales. Profibus DP. [Por: Victor].

Con este medio físico se pueden alcanzar velocidades desde 9,6 Kbit/s hasta 12 Mbits/s, las velocidades de transmisión depende de la longitud total de la red.

Profibus DP también utiliza fibra óptica como medio físico para instalaciones con interferencias electromagnética, la fibra óptica además permite aumentar la velocidad y la longitud del segmento de red. Los conductores de fibra óptica pueden ser: plástico para distancias de 50 metros y vidrio para distancias de 1 Km.

Figura 20

Fibra óptica para Profibus DP.



Nota. Cable y conectores de fibra óptica para red Profibus DP. victor-fuzzylogic.blogspot.com, (2014). Comunicaciones Industriales. Profibus DP. [Por: Victor].

TOPOLOGÍA

Generalmente la topología de Profibus DP es bus, sin embargo, es posible la configuración de topologías tipo árbol con la utilización de repetidores. El número máximo de nodos en el bus puede ser de 127.

ELEMENTOS EN UNA RED PROFIBUS DP

Principalmente se reconocen dos elementos.

Elementos activos, que son los encargados de controlar el bus, dentro de este tipo de elementos se encuentran los maestros de red.

Elementos pasivos, generalmente son los nodos esclavos, estos no poseen control del bus y simplemente responden cuando un maestro así lo solicita.

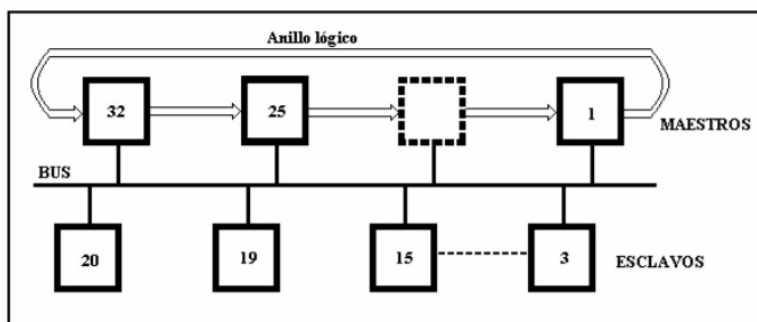
Pueden existir también otro tipo de elementos como extensores y repetidores que amplifican y acondicionan los niveles de voltaje y que además permiten configuraciones de topologías diferentes a la topología tipo bus.

ESTRUCTURA LÓGICA

En Profibus DP las estaciones activas toman el mando del bus por medio del paso del testigo, las estaciones pasivas actúan como esclavos, la estructura hace que un solo nodo activo participe en la red, por lo que Profibus DP es una red de tipo maestro/esclavo; la gestión de la red la realiza el Maestro quién envía información y solicita información de los nodos esclavos mediante el paso del testigo (Siemens, 2013).

Figura 21

Estructura Lógica Profibus DP.



Nota. Representación de la estructura lógica en Profibus DP. Monografías.com, (2014).
Electiva sistemas distribuidos. Profibus DP. [Por: Juan Pablo Ferrari].

VERSIONES DEL PROTOCOLO PROFIBUS DP

Hasta la actualidad se han desarrollado tres versiones en Profibus DP.

DP-V0: Esta versión define las funciones que permiten el intercambio de datos cíclicos entre el maestro y los esclavos.

DP-V1: Ampliación de la versión 0, define la manera del intercambio de datos cíclicos y también acíclicos.

DP-V2: Esta versión además incluye comunicación entre esclavos y modo de comunicación isócrono.

Periferia Descentralizada ET200M

Introducción

En Sistemas de Control Distribuido la ubicación de sensores, transmisores y actuadores generalmente se encuentran en lugares distantes a la ubicación de la estación de automatización, debido a estas largas distancias el cableado puede ser complicado y las perturbaciones electromagnéticas pueden afectar a la fiabilidad.

La ET 200M es la tecnología de periferia descentralizada creada por Siemens para suplir estos inconvenientes, la ET 200M es un sistema de periferia modular que permiten conectar las señales de proceso a un controlador ubicado en un nivel superior de la pirámide de automatización mediante redes industriales como Profibus o Profinet.

Figura 22

Periferia descentralizada ET 200.



Nota. Conexión de módulos utilizando la ET200M. Tomado de Siemens, 2015. Sistema de periferia descentralizada, Instrucciones de servicio

Algunas de las características de la ET 200M son:

- Admite todos los módulos de entradas y salidas del sistema S7 – 300.
- Permite la integración del equipo a redes Profibus DP y Profinet mediante módulos de interfaz IM.
- La configuración se la realiza con el software de programación Step7.
- Sistema modular con protección IP 20, con velocidades de transmisión en Profibus DP de hasta 12 Mbit/s.
- En caso de fallo de un módulo, el mismo puede ser sustituido durante el funcionamiento bajo tensión (en caliente).
- Uso en atmósferas potencialmente explosivas hasta zona 2; sensores y actuadores hasta zona 1.
- Permite configuraciones redundantes.
- Instalación de hasta 12 módulos por rack.

Figura 23

Conexión Profibus entre PLC S7 – 400 y ET 200.



Nota. Conexión profibus DP entre una estación de automatización S7 400 y una ET 200M. Tomado de Siemens, 2015. Sistema de periferia descentralizada, Instrucciones de servicio

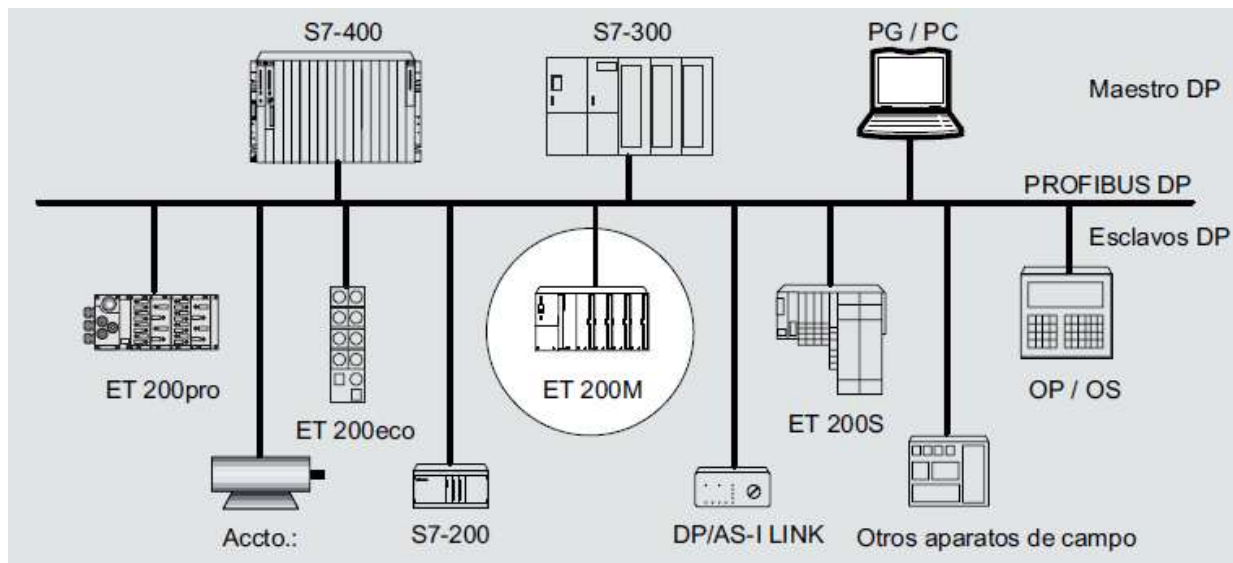
Integración de la ET 200M en Redes Profibus DP

Para la integración un controlador lógico programable actúa como Maestro DP e intercambia los datos de proceso con las ET200 M que son sistemas de periferia descentralizada que actúan como esclavos en la red Profibus DP. Las ET200 M capturan las señales de los instrumentos y sensores montados en campo y los transmiten a los PLC mediante la utilización de la red Profibus DP.

La siguiente figura muestra la configuración típica de una red PROFIBUS DP utilizando un PLC S7 400 como maestro y los diferentes nodos esclavos que pueden ser integrados entre ellos la ET200M, la topología es de tipo bus.

Figura 24

Integración de la ET 200M en una red Profibus DP.



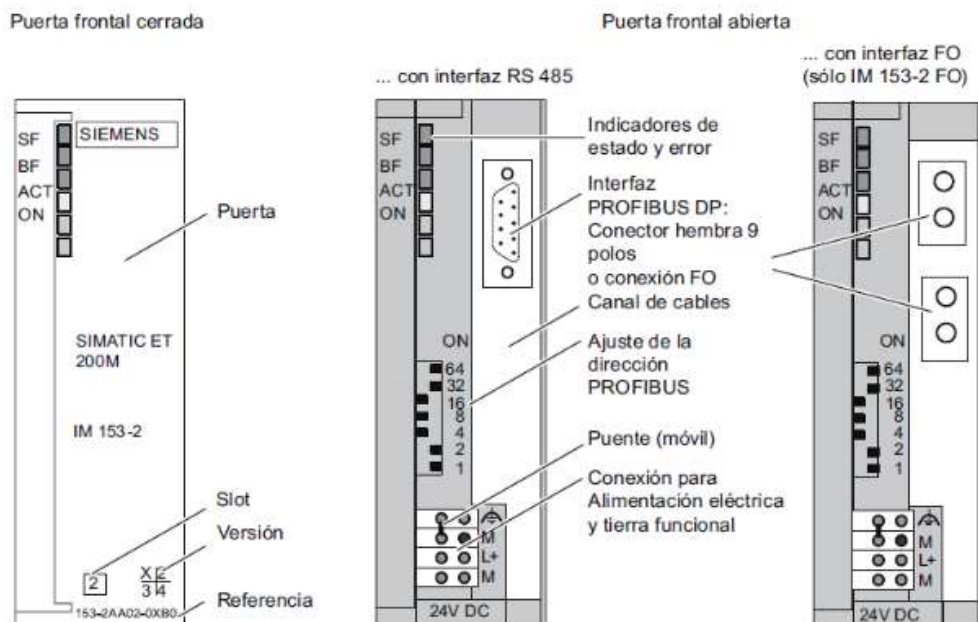
Nota. Integración de la ET 200M en una red Profibus DP. Tomado de Siemens, 2015. Sistema de periferia descentralizada, Instrucciones de servicio

Los IM 153-x son módulos de interfaz para módulos de señales (SM), módulos de función (FM) y procesadores de comunicaciones (CP). Disponen de una interfaz RS 485 o de cable de fibra óptica para poderse integrar dentro de redes industriales y ofrecen una serie de funciones escalonadas.

Lo módulos de interfaz que permiten integrar la periferia descentralizada ET200M a la red de bus de campo Profibus DP son los de las series IM 153-1 y el IM 153-2. En la Figura, se puede observar el tipo de conexión en capa física de las IM 153, se puede realizar conexiones con interfaz RS 485 y también con fibra óptica.

Figura 25

Vista frontal del módulo IM153 – 2.



Nota. Características físicas e interruptores de configuración Profibus DP de la ET 200M. Tomado de Siemens, 2015. Sistema de periferia descentralizada, Instrucciones de servicio

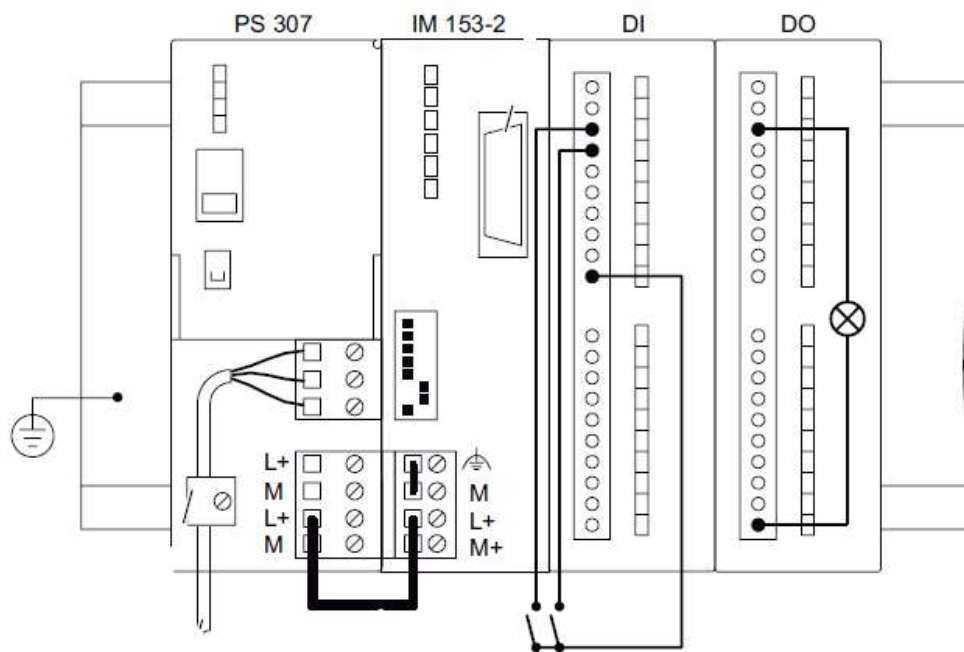
Montaje de la ET 200M

El montaje de la ET 200M se lo debe realizar de la siguiente manera:

- Montaje del perfil soporte S7 – 300 dentro del armario eléctrico.
- Conexión de los componentes, es necesario respetar el siguiente orden de izquierda a derecha: fuente de alimentación PM, módulo de interfaz IM 351, módulos de entradas y salidas.

Figura 26

Montaje de la ET 200M y módulos S7 – 300.

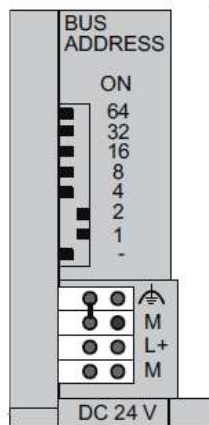


Nota. Conexión eléctrica de la ET200M y módulos S7 300. Tomado de Siemens, 2015. Sistema de periferia descentralizada, Instrucciones de servicio

- El ajuste de la dirección Profibus DP debe ser realizado en el equipo como se indica en la figura y en la configuración de Hardware en el software de programación Step 7. (Siemens, 2012).

Figura 27

Direccionamiento Profibus DP en la ET 200M.



Nota. Localización de interruptores para la asignación de la dirección Profibus DP en la ET200M. Tomado de Siemens, 2015. Sistema de periferia descentralizada, Instrucciones de servicio

Variadores de Frecuencia Sinamics

Introducción

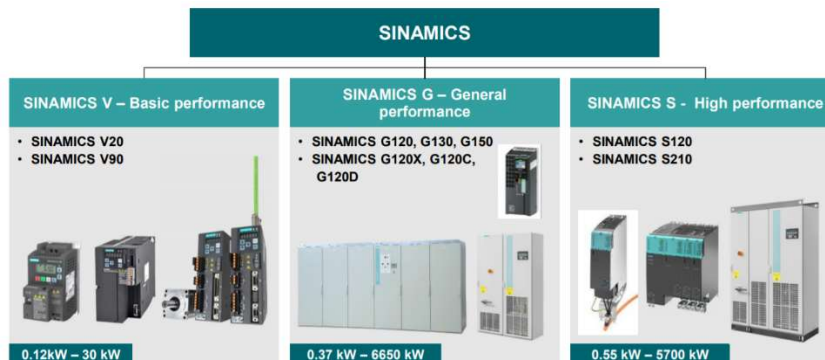
Siemens ofrece tres modelos de variadores de frecuencia que permiten el control de la velocidad en motores de AC, que van desde aplicaciones básicas hasta aplicaciones de control de movimiento.

Estos tres modelos son: Sinamics V para aplicaciones básicas, Sinamics G para aplicaciones de propósito general y Sinamics S para aplicaciones de alto desempeño como los requeridos en control de movimiento.

El Sinamics V es un equipo compacto, mientras que los Sinamics serie G y S son modulares.

Figura 28

Modelos de Variadores de Frecuencia Sinamics.



Nota. Representación de los modelos de los variadores de frecuencia Sinamics de Siemens. Tomado de SINAMICS, 2018. Comunicación, Manual de funciones.





Variadores de Frecuencia Sinamics G

- ✓ Los variadores de frecuencia Sinamics modelo G presentan las siguientes características: (Siemens, 2018).
- ✓ Para el control de motores con potencias que van desde los 0,55 Kw hasta los 6600 Kw.
- ✓ Equipos modulares que manejan motores de altas potencias en tamaños que ahorran espacio.
- ✓ Pueden ser alimentados con voltajes de 220 VAC, 440 VAC y 690 VAC.
- ✓ Mediante la correcta selección de la Unidad de Control el variador de frecuencia puede ser incorporado a redes industriales Profibus y Profinet.
- ✓ Permite los algoritmos de control voltaje/frecuencia y control vectorial de velocidad.
- ✓ El software de programación Starter es el utilizado para la configuración, puesta en marcha, monitoreo y diagnóstico de los variadores de frecuencia Sinamics G.

- ✓ Los variadores de frecuencia Sinamics G pueden ser utilizados en las siguientes aplicaciones:
- ✓ Bombas, ventiladores, compresores con alta eficiencia, agitadores, trituradoras, etc.
- ✓ En donde se requiera un eficiente control de la velocidad.
- ✓ Existe una amplia gama de series dentro del modelo G, cuya elección depende de la potencia del motor a controlar y el tipo de aplicación.

Figura 29

Modelos de Variadores de Frecuencia Sinamics G.

General Performance			
			
G120C/G120P/ G120	G110D/G120D	G130/G150	G180
0.37 – 250 kW	0.75 – 7.5 kW	75 – 2.700 kW	2.2 – 6.600 kW
Pumps, fans, compressors, conveyor systems, mixers, crushers, extruders, single-axis positioning applications (G120)	Conveyor systems, single-axis positioning applications (G120D)	Pumps, fans, conveyor belts, compressors, mixers, crushers, extruders	Industry specific e.g. pumps, fans, compressors, extruders, mixers, crushers, kneaders, centrifuges, separators

Nota. Representación de los modelos y características de los variadores de frecuencia Sinamics G de Siemens. Tomado de SINAMICS, 2018. Comunicación, Manual de funciones.

Para cualquier aplicación, este tipo de variadores posee dos componentes básicos:

- ✓ El módulo de potencia o PM en donde se encuentra integrada la etapa de rectificación y la etapa inversora.

- ✓ La Unidad de Control o CU, en donde se cablean todas las conexiones para el control del variador y en donde se ejecuta la lógica de control por medio de su programación y configuración, dependiendo del modelo de la Unidad de Control del Sinamics G puede ser incorporado a redes industriales.
- ✓ Otro de los componentes complementarios y opcionales es la BOP o pantalla de operación, que permite la visualización y la configuración de los parámetros del variador de frecuencia. (Siemens, 2018).

Figura 30

Armarios eléctricos de Variadores de Frecuencia Sinamics.



Nota. Armarios eléctricos de módulos CU, PM, en variadores de frecuencias de altas potencias. Tomado de SINAMICS, 2018. Comunicación, Manual de funciones.

Integración de los Variadores Sinamics G en Redes Profibus DP

Un variador de frecuencia Sinamics está conformado principalmente por un módulo de potencia PM y una unidad de control CU, la unidad de control es la

encargada de vigilar y controlar el módulo de potencia y el motor conectado. (Siemens, 2018).

Figura 31

Módulo de Potencia y Unidad de Control Sinamics G.



Nota. Módulo de potencia y unidad de control de variadores de frecuencia de bajas potencias. Tomado de SINAMICS, 2018. Comunicación, Manual de funciones.

Las unidades de control se diferencian por lo siguiente:

- ✓ Tipos de interfaz para su integración con redes industriales: CanOpen, Profibus DP, Profinet, USS, Modbus RTU, Bacnet.
- ✓ Tipo y alcance de las funciones: número de entradas digitales y análogas, funciones de seguridad, entrada de señales de encoder, etc.
- ✓ Existen tres tipos básicos de unidades de control: CU230P, CU240B y CU240E, en las tablas 2.5, 2.6, 2.7 se detallan las diferentes variantes y características de las unidades de control.

Tabla 7.*Características CU 230P.*

CU 230 P	CARACTERÍSTICAS
Bus de Campo	USS/Modbus RTU, Bacnet MS/ TP/ P1, CANopen, Profibus DP, Profinet.
Funciones tecnológicas.	Modo de ahorro de energía, conexión en cascada, modo de emergencia ampliado, regulador multi zona, bypass.
Entradas digitales.	6
Entradas Análogas.	AI0 y AI1: tensión o corriente; AI2: corriente o sensor de temperatura; AI3: sensor de temperatura.
Salidas digitales.	3
Salidas análogas.	2

Nota. Características CU 230 P. Tomado de SINAMICS, 2018. Comunicación, Manual de funciones.

Tabla 8.*Características CU 240B.*

CU240B – 2....	CARACTERÍSTICAS
Bus de Campo	USS/Modbus RTU, Profibus DP.
Entradas digitales.	4
Entradas Análogas.	1
Salidas digitales.	1
Salidas análogas.	1

Nota. Características CU 240 B. Tomado de SINAMICS, 2018. Comunicación, Manual de funciones.

Tabla 9.*Características CU 240E.*

CU240E – 2	CARACTERÍSTICAS
Bus de Campo	USS/Modbus RTU, Profibus DP, Profnet.
Funciones de seguridad intrínsecas.	STO, SS1, SLS.
Entradas digitales.	6

CU240E – 2	CARACTERÍSTICAS
Entradas Análogas.	2
Salidas digitales.	3
Salidas análogas.	2
Entradas digitales de seguridad.	3

Nota. Características CU 240 E. Tomado de SINAMICS, 2018. Comunicación, Manual de funciones.

Las unidades de control 2DP poseen la capacidad de integrarse a este bus de campo por medio de una interfaz RS485, no existe la variante para fibra óptica, por lo tanto, el medio físico necesariamente tiene que ser par trenzado apantallado.

Figura 32

Conector Profibus DP en Unidad de Control Sinamics G.



Nota. Conexión RS485 que permite incorporar el variador de frecuencia a una red de comunicación Profibus DP. Tomado de SINAMICS, 2018. Comunicación, Manual de funciones.

Además, la unidad de control posee un bloque de interruptores de dirección para configurar la dirección Profibus DP. La dirección además puede ser configurada mediante la configuración del parámetro 918, esto siempre y cuando los interruptores de dirección se encuentren todos en 0 o en 1. El rango de direcciones puede ser configurado entre 1 y 125.

Figura 33

Interruptores de direccionamiento Profibus DP.



Nota. Interruptores que permiten asignar la dirección Profibus DP a un variador de frecuencia Sinamics. Tomado de SINAMICS, 2018. Comunicación, Manual de funciones.

Posterior a esto es necesario la integración del esclavo dentro de las configuraciones de hardware del Maestro de la Red Profibus DP. (Siemens, 2018).

TELEGRAMA Y DATOS DE PROCESO

Mediante la configuración de la unidad de control del accionamiento (Control Unit) se definen los datos de proceso (PZD) que se desean transferir y recibir, hacia y desde el maestro de red.

TELEGRAMAS ESTÁNDAR

PROFIdrive especifica las características de comunicación para el envío y recepción de datos del accionamiento según la configuración del telegrama estándar ajustado.

- ✓ El tipo de telegrama se lo configura en el parámetro P0922.
- ✓ El telegrama 1, permite el envío de 2 datos de proceso tipo Word y la recepción de 2 datos de proceso tipo Word.
- ✓ El telegrama 20, permite el envío de 6 datos de proceso tipo Word y la recepción de 2 datos de proceso tipo Word.
- ✓ El telegrama 350, permite el envío de 4 datos de proceso tipo Word y la recepción de 4 datos de proceso tipo Word.
- ✓ El telegrama 352, permite el envío de 6 datos de proceso tipo Word y la recepción de 6 datos de proceso tipo Word.
- ✓ El telegrama 353, permite el envío de 2 datos de proceso tipo Word y la recepción de 2 datos de proceso tipo Word, además el envío y la recepción de los valores de 4 parámetros.
- ✓ El telegrama 354, permite el envío de 6 datos de proceso tipo Word y la recepción de 6 datos de proceso tipo Word, además el envío y la recepción de los valores 4 parámetros.

- ✓ El telegrama 999 permite la configuración libre de la cantidad de datos requeridos para el envío y recepción.

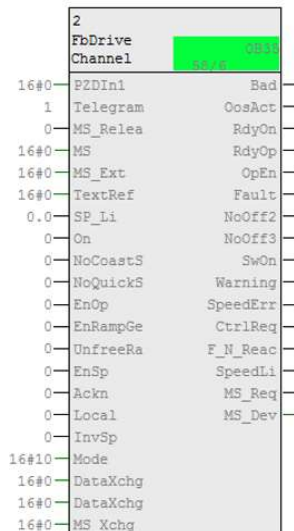
Bloque de Función para CFC FB1905 - FBDRIVE

En los proyectos de automatización modernos, no todos los componentes son suministrados por la misma empresa. A menudo se da el inconveniente de que el proveedor del sistema de control de procesos no es el mismo que el proveedor de los variadores de frecuencia. Además, no todos los clientes necesitan la gama completa y extensa de funciones para los variadores de frecuencia.

Para la integración de accionamientos controlados por frecuencia, Siemens ofrece un bloque de canales moderno, "FbDrive", que forma parte de la biblioteca de procesos avanzada (APL) de PCS 7. El bloque de canales permite integrar accionamientos en PCS 7 que soportan los tipos de telegramas estándar 1 o 20.

Figura 34

Bloque de función para CFC FB1905 FBDrive.



Este bloque de función también puede ser utilizado para el manejo de variadores de frecuencia de la serie Sinamics. La gama completa de funciones de supervisión y control de PCS 7 está disponible mediante interconexiones del bloque de canal "FbDrive" con el bloque de función APL "MotSpdCL".

- **TELEGRAMA ESTÁNDAR TIPO 1**

El tipo de telegrama estándar 1 contiene 2 palabras tipo word de entrada y 2 palabras tipo word de salida, representado en el bloque de canales "FbDrive" por las entradas PZDIn1, PZDIn2 y salidas PZDOut1, PZDOut2. (Siemens, 2018).

Tabla 10.

Palabras de entrada y salida Telegrama 1.

WORD	OUTPUT WORD	INPUT WORD
1	Control Word.	Palabra de estado.
2	RPM setpoint.	RPM.

Nota. Telegrama 1 Sinamics. Tomado de SINAMICS, 2018. Comunicación, Manual de funciones.

- **TELEGRAMA ESTÁNDAR TIPO 2**

Además de las palabras de entrada y salida del telegrama estándar tipo 1, estándar, el tipo de telegrama 20 contiene 4 palabras de salida adicionales (PZDIn3 a PZDIn6), que proporcionar los mensajes de corriente, par, potencia y Namur del motor.

Tabla 11.

Palabras de entrada y salida Telegrama 20.

WORD	OUTPUT WORD	INPUT WORD
1	Control Word.	Palabra de estado.
2	RPM setpoint.	RPM.
3		Corriente.
4		Torque.
5		Potencia.
6		Configurable.

Nota. Nota. Telegrama 20 Sinamics. Tomado de SINAMICS, 2018. Comunicación, Manual de funciones.

Red Industrial Ethernet

Introducción

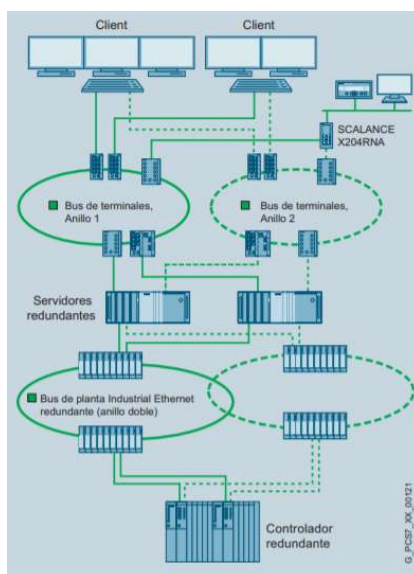
Industrial Ethernet es un protocolo de comunicación desarrollado por Siemens basado en las características del estándar Ethernet IEEE 802.3 que garantiza la comunicación de datos entre equipos instalados en ambientes industriales. Este protocolo ofrece. (Siemens, 2016).

- ✓ Transmisión de datos determinista: tiempos de respuesta y velocidades de datos garantizados.

- ✓ Protección contra fallas de componentes.
- ✓ Topologías varias: bus, árbol, estrella.
- ✓ Redundancia.
- ✓ Los componentes deben cumplir los siguientes requisitos: Equipos diseñados para la industria, por ejemplo, contactos de señalización, cables y conectores protegidos.
- ✓ Capacidad de trabajar en ambientes industriales garantizando el correcto desempeño de la red.

Figura 35

Componentes de la Red Industrial Ethernet.



Nota. Dispositivos y topologías configurables en la red de comunicación Industrial Ethernet. Tomado de Siemens, 2014. El sistema de control de procesos SIMATIC PCS7.

Tipos de Cables para Industrial Ethernet

El cableado para red Ethernet según la norma ISO IEC 11801/EN 50173 describe el cableado de tipo arborescente en edificios para funciones de la tecnología de la información.

El sistema de montaje rápido FastConnect (FC) para Industrial Ethernet (IE), transforman en cableado del ámbito de oficina en una solución para el uso industrial, además puede conectarse y desconectarse de forma fácil y rápida. Con esto RJ45 está disponible en versión industrial mediante un cable estructurado (cable patch, panel de distribución, cables de instalación, terminales). El Cable FC IE permite. (Siemens, 2016).

- ✓ Minimizar el tiempo necesario para la conexión de equipos terminales gracias al pelado de la cubierta exterior del cable y de la malla de la pantalla en una sola operación.
- ✓ Sistema de conexión simple para cables de par trenzado de cobre de 4 (Cat5) y 8 hilos (Cat6).
- ✓ Construcción sencilla del conector para ambos tipos de cables gracias a la herramienta (FC Stripping Tool).
- ✓ Contacto de pantalla y alivio de tensión fiables.

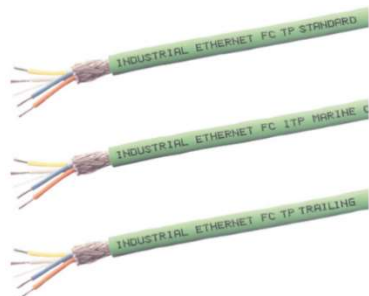
Cables para 10/100 Mb/s

Los cables FC de 4 hilos con certificado UL y Cat5 Plus están disponibles en las versiones:

- ✓ Cable estándar de aplicación universal FC TP Standard Cable.
- ✓ Cable para servicios móviles para partes móviles de máquina FC TP Trailing Cable.

Figura 36

Cable FC TP de 4 hilos.



Nota. Tipos de cables de comunicación Ethernet de cobre. Tomado de Siemens, 2014.

El sistema de control de procesos SIMATIC PCS7.

Estos cables deben ser instalados a los conectores FastConnect RJ45 Plug 180 y Plug 90 que permiten conexiones rápidas y fáciles en campo, la robusta caja metálica apta para la rama industrial, protege eficazmente la comunicación industrial contra interferencia.

Figura 37

FastConnect RJ45



Nota. Conector para capa física en Industrial Ethernet y Profinet. Tomado de Siemens, 2014. El sistema de control de procesos SIMATIC PCS7.

Cables para 10/100/1000 Mbits/s

- ✓ Debido a las crecientes velocidades de transmisión en Ethernet, Simatic NET implementa un sistema de cableado de 8 hilos.
- ✓ Al igual que el sistema de 4 hilos este considera las condiciones del sector de la automatización industrial. Los cables existentes son:
- ✓ Tipo estándar para tendido fijo FC Standar Cable.
- ✓ Tipo flexible para aplicación en cadenas portacables FC Trailing Cable.

Figura 38

Cable FC TP de 8 hilos.



Nota. Modelo de cable FC TP 8 hilos de cobre. Tomado de Siemens, 2014. El sistema de control de procesos SIMATIC PCS7.

En la tabla 12 se especifica los componentes existentes para el armado del medio físico con fibra óptica en Industrial Ethernet.

Tabla 12.

Tipos de conectores y cables de Fibra Óptica para IE.

CONECTOR	CABLE
SC Rj plug ISO/IEC 61754-24	POF FO cable (Fibra óptica de plástico) ISO/IEC 60793-2-40 PCF FO cable (Fibra de plástico revestida) ISO/IEC 60793-2-30
BFOC (Conector de fibra óptica tipo bayoneta) ISO/IEC 60874-10	Fibra de vidrio multimodo (62.5/125um) ISO/IEC 60793-2-10
SC plug ISO/IEC 60874-14	Fibra de vidrio multimodo (50/125um) ISO/IEC 60793-2-10

Nota. Características conector de fibra óptica para capa física en Industrial Ethernet y Profinet. Tomado de Siemens, 2014. El sistema de control de procesos SIMATIC PCS7.

Propiedades de la Red de Comunicación Ethernet *Industrial*

Ya que Ethernet fue desarrollado para aplicaciones está limitado a ciertas restricciones específicamente para ser instalado en ambientes industriales. Industrial Ethernet suple dichas eficiencias para ser aplicado en el ambiente industrial, entre ellas: (Siemens, 2016).

- ✓ Dispositivos de red para ambientes industriales.
- ✓ Conexiones rápidas.
- ✓ Conectores FastConnect RJ-45 y M12.
- ✓ En la capa física diferentes tipos de fibra óptica POF, PCF y MM.

- ✓ Velocidades transmisión de datos de 100 Mbps y 1000 Mbps.
- ✓ Transmisión de datos en tiempo real por Ethernet.
- ✓ Seguridad integrada en los datos.
- ✓ Alta disponibilidad de las redes gracias a la funcionalidad redundante, por ejemplo, anillo redundancia y fuente de alimentación redundante.

Componentes Activos y Pasivos en la Red de Comunicación

En Industrial Ethernet pueden existir dos tipos de componentes denominados componentes activos y componentes pasivos.

- ✓ Los componentes de red activos son, por ejemplo, conmutadores, puntos de acceso, módulos de cliente, convertidores de medios y módulos de enlace.
- ✓ Los componentes de red pasivos son, por ejemplo, cables de alimentación y conectores enchufables.

La tabla 13 indica una selección de componentes de red para PROFINET / Industrial Ethernet. (Siemens, 2016).

Tabla 13.

Componentes de red activos para Industrial Ethernet.

MEDIO	COMPONENTE	FUNCIÓN
Eléctrico	SCALANCE switches	X Para la conexión de componentes a la red Industrial y diseño de topologías.
	PN/IO Link	Para acoplar redes Profinet a Profibus.

MEDIO	COMPONENTE	FUNCIÓN
	SCALANCE S	Módulos de seguridad, para proteger a la red de accesos no autorizados.
Fibra Óptica	SCALANCE X	Para la conexión de componentes a la red Industrial y diseño de topologías.
Radio (wireless)	SCALANCE W	Componente para la transmisión de información por wireless.
	IWLAN/PB Link PN IO	Pasarela de wireles a Profibus DP.
	SCALANCE M	Router Industrial Inalámbrico.

Nota. Características dispositivos Industrial Ethernet. Tomado de Siemens, 2014. El sistema de control de procesos SIMATIC PCS7.

Redundancia y Tolerancia a Fallos

Los sistemas tolerantes a fallas están diseñados para reducir el tiempo de inactividad de la producción, lo sistema redundantes en Industrial Ethernet se caracterizan por la presencia de múltiples componentes de automatización. Esto permite que cuando falla un componente redundante, el procesamiento del programa no

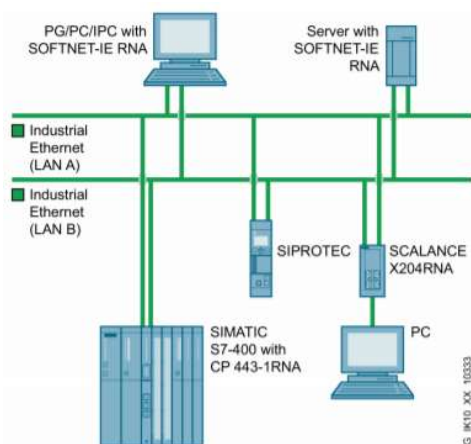
se interrumpe. La redundancia se logra duplicando los componentes de automatización como CPU, componentes de red, módulos de comunicación CP, etc. (Siemens, 2013).

Los mecanismos de seguimiento y sincronización garantizan que si la conexión activa falla, la ruta de conexión previamente pasiva (redundante) se hace cargo de la comunicación automáticamente.

La figura 39 ilustra el principio de alta disponibilidad basado en una red redundante. La topología completa del cable existe dos veces, en representado como "LAN A" y "LAN B". Los componentes conectados deben ser adecuados para funcionamiento redundante. Cada componente está conectado a ambas redes y todos los datos se transportan al mismo tiempo. Si uno de las rutas de transmisión se interrumpe, la comunicación a través de la red paralela no se ve afectada.

Figura 39

Redundancia en Industrial Ethernet.



Nota. Representación de una red industrial ethernet redundante. Tomado de Siemens, 2014. El sistema de control de procesos SIMATIC PCS7.

Topologías de Red

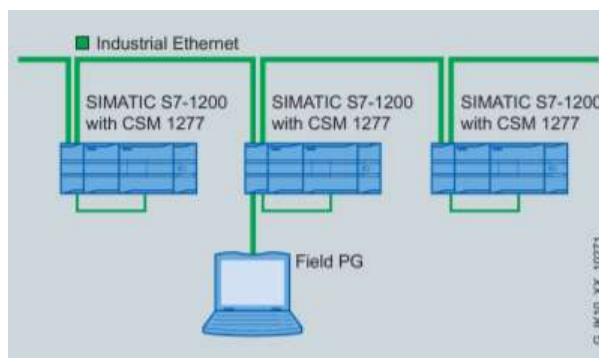
Las topologías más comunes incluyen estructuras de bus, estrella y anillo. En la práctica, las plantas suelen constar de estructuras mixtas. Los componentes se interconectan mediante cables de 4 u 8 hilos trenzados y que cuentan con diferentes tipos de apantallamiento para reducir el efecto de las interferencias electromagnéticas, en Industrial Ethernet también se utilizan cables de fibra óptica. Los cables de fibra óptica de vidrio se utilizan para largas distancias, para distancias cortas, se puede utilizar cables de fibra óptica de plástico. (Siemens, 2013).

Topología Bus

El bus lineal es la estructura de red más simple. Se caracteriza por una red troncal en donde los nodos individuales están conectados directamente o a una rama.

Figura 40

Topología Bus en Industrial Ethernet.



Nota. Configuración de dispositivos industrial ethernet en topología bus. Tomado de Siemens, 2014. El sistema de control de procesos SIMATIC PCS7.

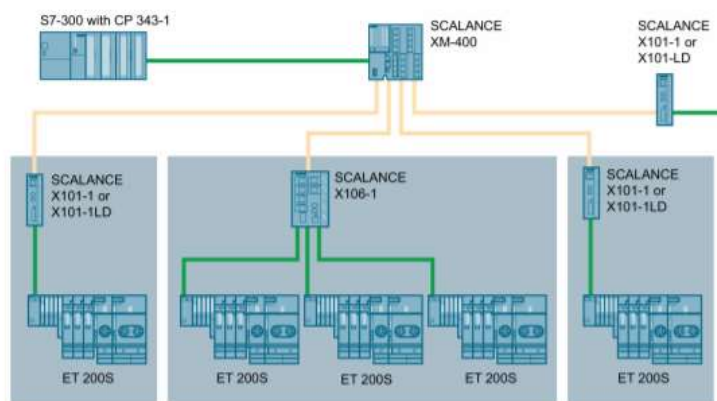
Estructura Estrella

La diferencia entre la topología en estrella y la topología de bus es que un switch funciona como el nodo central desde el cual los nodos individuales se ramifican. Los nodos de la red, por lo tanto, tienen enlaces punto a punto con el componente activo o switch.

El efecto inmediato es que los mensajes se ejecutan directamente entre el nodo remitente y el nodo destinatario, en otras palabras, el rendimiento de la red mejora significativamente porque varios nodos pueden comunicarse al mismo tiempo.

Figura 41

Topología Estrella en Industrial Ethernet.



Nota. Configuración de dispositivos industrial ethernet en topología estrella. Tomado de Siemens, 2014. El sistema de control de procesos SIMATIC PCS7.

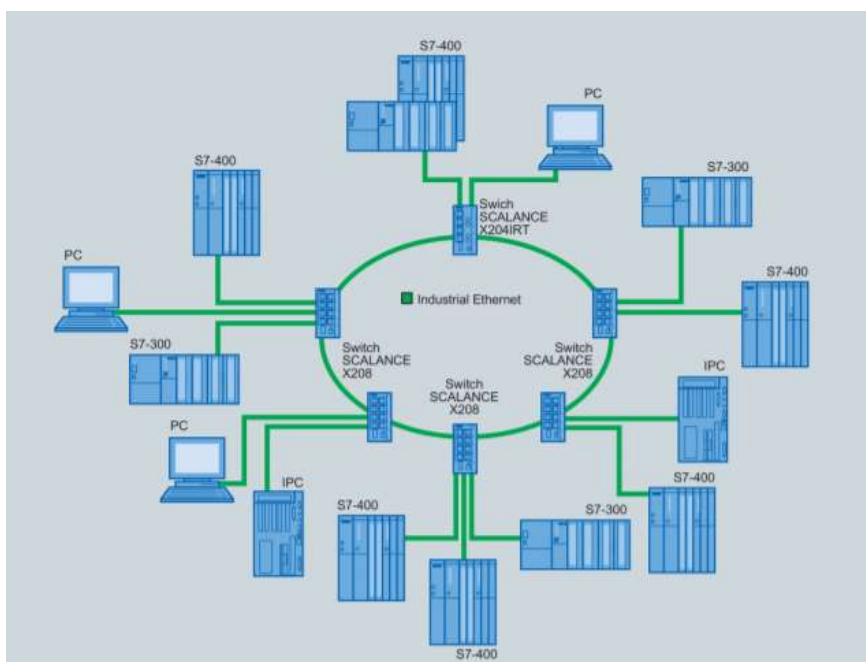
Estructura Anillo

Si los extremos de un bus están conectados a través de una conexión adicional, esto da como resultado una estructura en anillo. Un mecanismo de redundancia

especial asegura que la estructura del anillo siga siendo un bus lógico si una sección del anillo falla, en este caso el mecanismo rápidamente hace que una ruta sustituta esté disponible y que el mensaje viaje por el camino más largo a través de la sección de red intacta en lugar de la ruta directa interrumpida. (Siemens, 2013).

Figura 42

Topología Anillo en Industrial Ethernet.



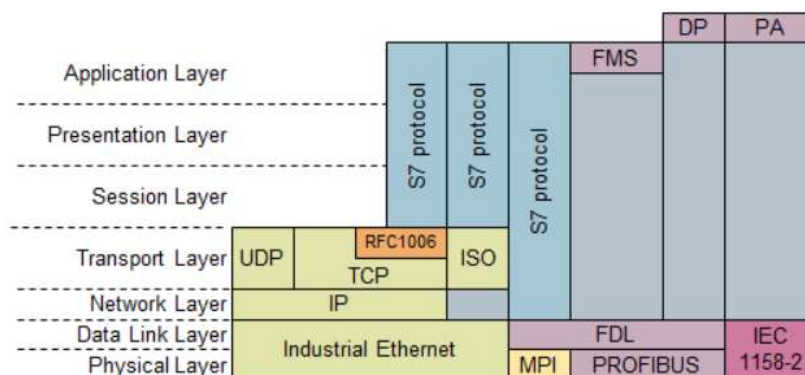
Nota. Configuración de dispositivos industrial ethernet en topología anillo. Tomado de Siemens, 2014. El sistema de control de procesos SIMATIC PCS7.

Industrial Ethernet variantes en la capa de Transporte

En la gráfica 43 se especifican las características de la red Industrial Ethernet en cada una de las capas del modelo OSI.

Figura 43

Red Industrial Ethernet y Profibus en el modelo de capas OSI.



Nota. Modelo OSI de los protocolos que utiliza industrial ethernet. Tomado de Siemens, 2014. El sistema de control de procesos SIMATIC PCS7.

Específicamente en la Capa de Transporte se tiene tres variantes cuyas características se exponen a continuación.

Protocolo TCP

Si se transmiten datos con el protocolo TCP, dicha transferencia se realiza en forma de flujo de datos. No se transmite ni la información sobre la longitud ni sobre el comienzo y el final del mensaje.

El receptor no puede reconocer dónde finaliza un mensaje en forma de flujo de datos y dónde comienza el siguiente. Por eso, el emisor debe fijar una estructura de mensaje que pueda interpretar el receptor. La estructura del mensaje se puede construir, por ejemplo, a partir de los datos y con un carácter de control final como el "retorno de carro", a través del cual se puede señalar el final de dicho mensaje. El protocolo TCP se basa en la mayoría de los casos en IP (protocolo de Internet), por eso

normalmente se habla de "protocolo TCP/IP". Está basado en el nivel 4 del modelo de referencia ISO-OSI.

Protocolo ISO-on-TCP

La gran ventaja de este protocolo es la transmisión de los datos orientada a mensajes, lo cual simplifica la elaboración de los datos en el sistema de automatización. Debido a que el protocolo de transporte ISO no tiene la implementación de la capa 3, no se puede hacer un direccionamiento de la red y no es posible hacer routing. Debido a la buena disponibilidad de la transmisión de datos, el protocolo de transporte ISO es adecuado para sistemas de alta disponibilidad, a diferencia del protocolo TCP. También es posible realizar conexiones con sistemas S5 utilizando este protocolo.

La transmisión de datos orientada a paquetes es la principal ventaja del protocolo de transporte ISO. Pero la falta de la funcionalidad de routing en las conexiones de red es su principal desventaja.

Como el protocolo TCP sí que tiene la capacidad de routing en Internet, se ha intentado combinar las ventajas de ambos protocolos. En la ampliación RFC 1006 (RFC = Request of Comments) "ISO on top of TCP", también conocido como ISO-on-TCP se describe la creación de las propiedades del protocolo de transporte sobre el protocolo TCP. El protocolo ISO-on-TCP también está colocado en la capa 4 del modelo de referencia ISO-OSI y define el puerto 102 como puerto por defecto para la transmisión de datos. Este protocolo está integrado en los módulos actuales de SIMATIC S7 y SIMATIC PC, y también se puede utilizar en el CP 1430 TCP de la familia SIMATIC S5.

Protocolo UDP

El protocolo UDP se ha desarrollado para transmitir datos de manera rápida y sencilla. El protocolo UDP está colocado en la capa 4 (Transport Layer) del modelo de referencia ISO-OSI y por tanto sobre la capa IP (Layer 3). El receptor de los datos se direcciona con ayuda de direcciones IP. El paquete de datos a enviar sólo aumenta una mínima información de gestión, de manera que el tráfico de datos es superior a los protocolos TCP e ISO-on-TCP. El protocolo UDP permite que se transmitan datos más rápidamente, pero sólo dispone de funciones básicas. Por lo tanto, se pueden transmitir pocos datos entre los interlocutores de comunicación. El protocolo UDP no dispone de mecanismos de seguridad, como ocurre con el protocolo TCP o el protocolo ISO-on-TCP. El protocolo UDP no necesita conexión y es adecuado para aplicaciones en tiempo real. Debido a que no existe garantía para la transferencia correcta de los datos, no es un protocolo fiable. (Siemens, 2013).

Protocolo de Comunicación UDP

Introducción

El protocolo UDP es una de las opciones para la transmisión de datos que utiliza Industrial Ethernet, este protocolo permite una transferencia de información de una manera más rápida y sencilla. UDP se encuentra localizada en el nivel 4 del modelo de referencia ISO OSI, en la capa 3 utiliza el protocolo IP, por lo tanto, el receptor y emisor utilizan direcciones IP. UDP permite un rendimiento de datos mayor, el paquete de datos que se envía se agrega únicamente información de administración, por lo que resulta un medio más eficiente en comparación con los protocolos TCP o ISO sobre TCP.

Tipos de Configuración del Protocolo UDP en Simatic S7

CONEXIÓN UDP ESPECIFICADA

- ✓ Los nodos de comunicación, emisor y receptor son configurados permanentemente.
- ✓ El nodo receptor puede estar ubicado dentro o fuera del proyecto de Step7.

CONEXIÓN UDP NO ESPECIFICADA

- ✓ Solo se especifica el nodo local en la conexión.
- ✓ El nodo remoto se direcciona a través del puerto y l dirección IP durante la llamada del bloque.

BROADCAST

- ✓ El nodo activo transmite los datos a todos los otros nodos de la red.

MULTICAST

- ✓ Un nodo activo envía datos a un grupo configurado de nodos.

Propiedades del Protocolo UDP

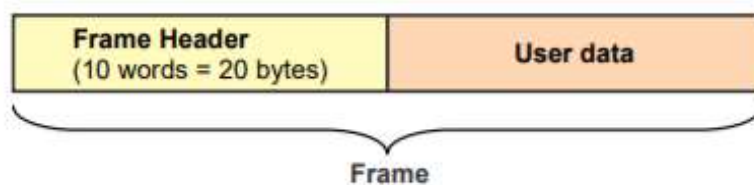
- ✓ Transmisión de datos rápida.
- ✓ El protocolo se puede utilizar de forma flexible y con terceros.
- ✓ Puede ser utilizado en transmisión de tipo multicast o broadcast.
- ✓ La transmisión de información máxima es de 2048 bytes.
- ✓ Al utilizar protocolo UDT los paquetes de datos perdidos no se vuelven a enviar.
- ✓ No es posible predecir la secuencia de llegada de los paquetes al receptor.
- ✓ La función de transmisión solo se puede utilizar en la dirección de envío.

Estructura de la trama UDP

La trama que se envía se forma de una trama de encabezado de 20 bytes y los datos de usuario.

Figura 44

Estructura de la trama UDP.



Nota. Estructura de la trama UDP. Tomado de Siemens, 2014. El sistema de control de procesos SIMATIC PCS7.

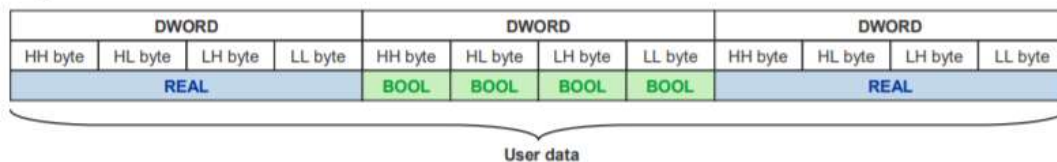
La trama de los datos de usuario se transfiere como tipos de datos estructurados. Al utilizar tipos de datos estructurados, es decir utilizando bloques de datos DB en el sistema de automatización PCS7 se deben observar las siguientes reglas.

No existe ninguna consideración en caso de enviar únicamente datos de tipo REAL.

Las variables de BOOL siempre deben configurarse en bloques de cuatro bytes, esto se debe a que siempre el tipo de dato enviado es de tipo Dword.

Figura 45 Trama UDP para el envío de los diferentes tipos de datos.

Estructura de la trama UDP para el envío de los diferentes tipos de datos.



Nota. Estructura de la trama para el envío de diferentes tipos de datos. Tomado de Siemens, 2014. El sistema de control de procesos SIMATIC PCS7.

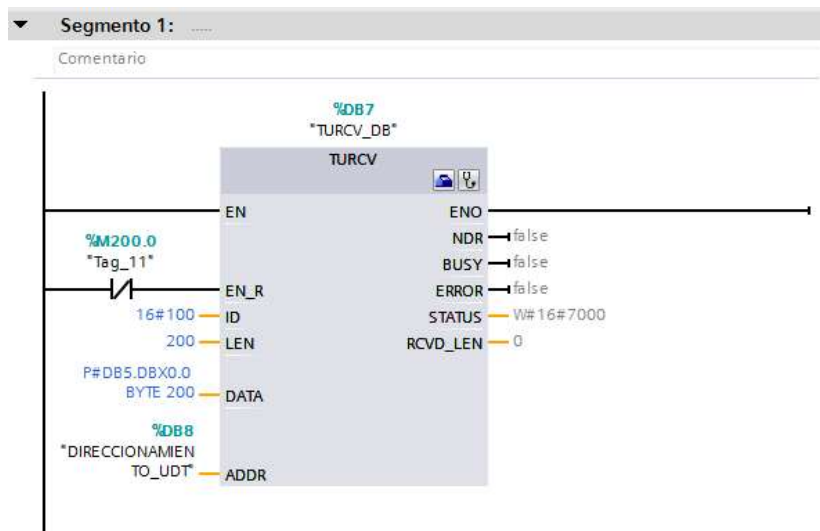
Hay que considerar que el envío y recepción de datos en UDP no está garantizado. Este protocolo tiene las características siguientes:

- ✓ Comunicaciones rápidas.
- ✓ Para tramas pequeñas y medianas (hasta 1472 bytes).
- ✓ Con una trama menos compleja que TCP, lo que permite niveles bajos de overheads.
- ✓ Flexible para aplicaciones en donde se encuentran instalados dispositivos de diferentes fabricantes.
- ✓ Apto para routing.
- ✓ Es necesario programar la gestión de datos debido a la interfaz de programación SEND / RECEIVE UDP soporta la comunicación Broadcast..

Instrucciones para la recepción de datos en el PLC S7 1500

Figura 46

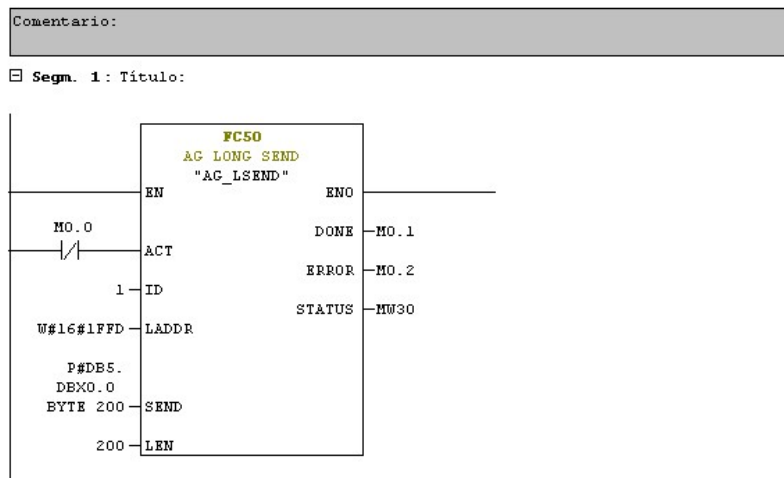
Instrucción TURCV, recepción de datos en UDP. S7 1500.



Instrucción para el Envío de datos en el PLC S7 400

Figura 47

Instrucción Ag_Long_Send, envío de datos UDP. S7 400.



Servidor Web Embebido en PLC S7 - 1500

Introducción

Un servidor web es un componente de software que facilita la comunicación entre el servidor que almacena la información solicitada por un cliente que generalmente es una computadora, la comunicación puede ser unidireccional y bidireccional, en la computadora deberá estar instalada una página web que son los encargados de traducir los códigos y presentar de manera intuitiva la información (Siemens, 2014).

Tipos de Servidores WEB

Los servidores web pueden ser: (Siemens, 2014).

- ✓ Estáticos, que son computadoras con información y un servidor HTTP que responde a los protocolos solicitados.
- ✓ Dinámicos, que además de los servicios de los servidores estáticos, poseen software que actualizan constantemente la información antes de enviarla al cliente.

Componentes de un Servidor Web a nivel de Software

- **SISTEMA OPERATIVO**

Hace que el hardware funcione e interactúe con los servicios que se ejecutan en el sistema.

- **SISTEMAS DE ARCHIVOS**

Permite ubicar y ordenar datos en los discos de almacenamiento, con el objetivo de modificarlos.

- **SOFTWARE SERVIDOR HTTP**

Servidores web utilizados para el envío del contenido vía web.

- **DESPACHO DE FICHEROS ESTÁTICOS Y DINÁMICOS**

Que permiten el manejo y la visualización de archivos: JPG, GIF, PNG, BMP, CSS, TXT, HTML, Javascript, MP3 y MP4..

- **SISTEMA DE SEGURIDAD**

Restringe el acceso a IP específicas, gestiona el acceso a archivos y URLs; manejo de contraseñas; da soporte para despachar información cifrada con certificados de seguridad SSL vía HTTPS.

Componentes de un Servidor Web a nivel de Hardware

- **RACK Y GABINETE**

Lugar destinado para la instalación de los servidores.

- **CPU**

Unidad Central del procesamiento de la información.

- **MEMORIA RAM**

Utilizados para almacenar información temporal.

- **UNIDADES DE ALMACENAMIENTO**

Discos duros que almacenan información del sistema operativo, los servicios de sistema, y los datos cargados por el usuario.

- **PUNTO DE RED**

Que le permite al servidor ser conectado a una red industrial y recibir y enviar información a otros dispositivos.

Web Server integrado en el PLC S7 1500 y ET 200SP

El servidor web de la CPU S7-1500 y de la ET 200SP permite la visualización de los datos de un proceso industrial mediante páginas web, además del acceso a datos de diagnóstico e información de la CPU.

El servidor web integrado en el S7 1500 y ET 200 permite el monitoreo de la CPU acoplada a una red, todas estas características pueden ser visualizadas mediante la instalación de un servidor web en una computadora.

Figura 48

Interfaz de usuario del Servidor Web S7 1500.



Nota. Modelo de estación de automatización S7 - 400. Tomado de Simatic, 2014. S7 - 1500. Servidor Web, Manual de funciones.

El servidor web ofrece las siguientes funciones de seguridad:

- ✓ Utiliza el protocolo de transferencia seguro "https".
- ✓ Configuración de listas de usuarios para el acceso.

Acceso a la siguiente información de la CPU:

- ✓ Información general de la CPU.
- ✓ Diagnóstico y capacidad de las memoria.
- ✓ Información del módulo.
- ✓ Avisos.
- ✓ Comunicaciones.
- ✓ Observar la topología de red
- ✓ Estado de variables.
- ✓ Tablas de observación.
- ✓ Páginas de usuario.
- ✓ Explorador de archivos.
- ✓ DataLogs.
- ✓ Lectura de datos de servicio.
- ✓ Páginas web básicas, programadas en lenguaje HTML, CSS y Javascript.

Lenguajes de Programación para páginas Web

Lenguaje de Programación HTML

HTML es el lenguaje de programación básico de los servidores web, y que posteriormente fue complementada con CSS y JavaScript, este lenguaje utiliza etiquetas para identificar los tipos de contenidos para la página web, dichas etiquetas

tienen nombres intuitivos, existen etiquetas de encabezado, de párrafo, para imágenes, etc.

Cada etiqueta identifica cada tipo de contenido en la página web, por ejemplo, para escribir un párrafo se debe escribir `<p>`. Toda etiqueta posee corchetes abiertos y una letra en su interior que le especifica la acción que realiza, la letra `p`, por ejemplo, significa que se está abriendo un párrafo, debe además configurarse el cierre de la etiqueta de la siguiente manera `</p>`, todo el contenido que se encuentre entre el inicio y el cierre es parte de esa etiqueta.

Lenguaje de Programación CSS

Con el objetivo de cambiar el diseño de las páginas web se desarrolló el lenguaje de Hojas de Estilo de Cascada o CSS, este lenguaje especifica la presentación que tendrán los elementos HTML en la página web, CSS por lo tanto ayuda a diseñar el contenido HTML para que pueda ser visualizado de una manera intuitiva por los usuarios.

Lenguaje de Programación Javascript

JavaScript aporta funcionalidad a los elementos HTML de la página web, es un lenguaje de programación más avanzado que HTML y CSS, es compatible con todos los navegadores web actuales, JavaScript se utiliza por ejemplo, para creación de contraseñas, formularios de verificación, juegos, animaciones y efectos, es utilizado para la creación de aplicaciones móviles y basadas en servidor.

Capítulo III

Configuración de Redes Industriales

El capítulo describe la configuración de los equipos que se encuentran dentro de la red industrial propuesta.

En el nivel de campo de la máquina de papel MP5 se configura una red Profibus DP compuesta por nodos esclavos que son variadores de frecuencia del modelo Sinamics de Siemens configurados con el telegrama 20 para el envío y recepción de datos, además de equipos de periferia descentralizada ET 200 a cuyas entradas análogas se conectan transmisores que envían señales de 4 – 20 mA, el maestro de la red Profibus DP es un Controlador Lógico Programable de la serie S7 400 de la marca Siemens, este es el PLC principal de máquina.

En el nivel de Control se instala y configura un PLC S7 1500 de la marca Siemens el mismo que adquiere los datos del PLC principal de máquina S7 400 mediante la configuración de una red Industrial Ethernet que utiliza el protocolo UDP para la recepción de datos.

Los datos que son recibidos por el PLC S7 1500 son datos de corriente y velocidad de los motores eléctricos así como también los datos de proceso del sistema de secado HOOD, en el PLC S7 1500 se configura el servidor web, que permite visualizar los datos de proceso en páginas web.

Comunicación Profibus DP entre la ET 200M y el PLC S7 400

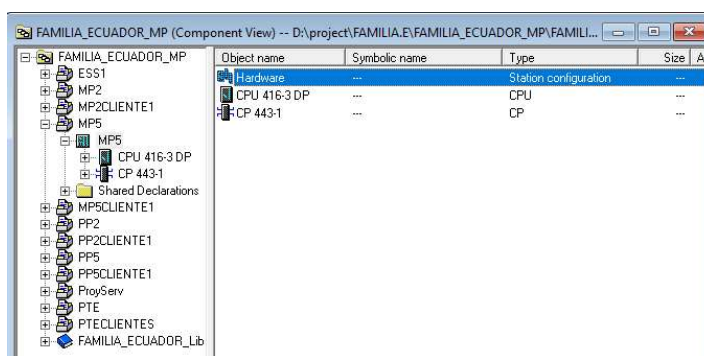
EL equipo de periferia descentralizada ET 200 recibe las señales de proceso mediante transmisores que envían señales de 4 – 20 mA, la ET 200 forma parte de la

red Profibus DP de la máquina MP5 y actúa como nodo esclavo, a continuación se describen los pasos realizados para la configuración de la ET 200 en el software de programación STEP7.

- ✓ En el árbol del Multiproyecto ingresar a Component View y seleccionar configuración de hardware.

Figura 52

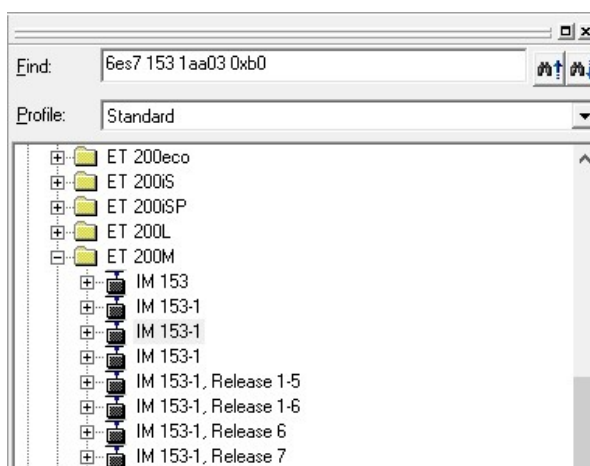
Configuración de Hardware PCS7.



- ✓ En el catálogo buscar la referencia de la ET200 instalada.

Figura 53

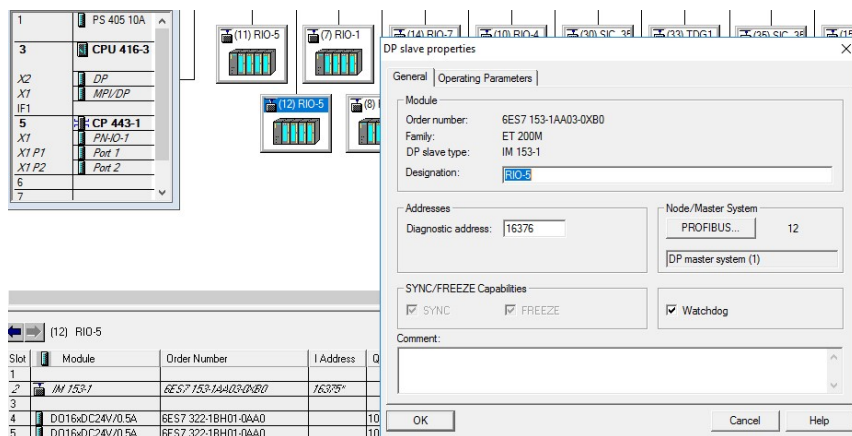
Referencia ET 200.



- ✓ Insertar el módulo seleccionado en el bus Profibus DP de configuración.

Figura 54

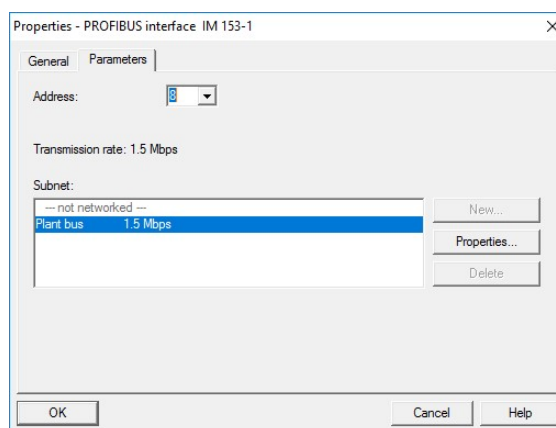
Insertar ET 200 en la Red Profibus DP.



- ✓ Configurar la dirección Profibus DP y la velocidad de transmisión con el nodo maestro.

Figura 55

Configuración de parámetros Profibus DP ET 200.



- ✓ Buscar las referencias de los módulos análogos y digitales que forman parte del hardware de la ET 200 instalada, en el proyecto se introdujo un módulo de entradas análogas.

Figura 56

Insertar módulo análogo en la configuración de la ET.

Slot	Module	Order Number	I Address	Q Address
1				
2	IM 153-1	6ES7 153-1AA03-0AB0	163...3*	
3				
4	DD16xDC24V/0.5A	6ES7 322-1BH01-0AA0		86...87
5	DD16xDC24V/0.5A	6ES7 322-1BH01-0AA0		88...89
6	DI16xDC24V	6ES7 321-1BH02-0AA0	84...85	
7	DI16xDC24V	6ES7 321-1BH02-0AA0	86...87	
8	AO4x12Bit	6ES7 332-5HD01-0AB0		144...151
9	AO4x12Bit	6ES7 332-5HD01-0AB0		152...159
10	AI8x12Bit	6ES7 331-7KF02-0AB0	176...191	
11	AI8x12Bit	6ES7 331-7KF02-0AB0	192...207	

- ✓ Configurar el direccionamiento del módulo.

Figura 57

Direccionamiento del módulo análogo.

Properties - AI8x12Bit - (R-/S11)

General | Addresses | Inputs

Inputs

Start: 192 Process Image: OB1 PI HW Interrupt Triggers: OB 40

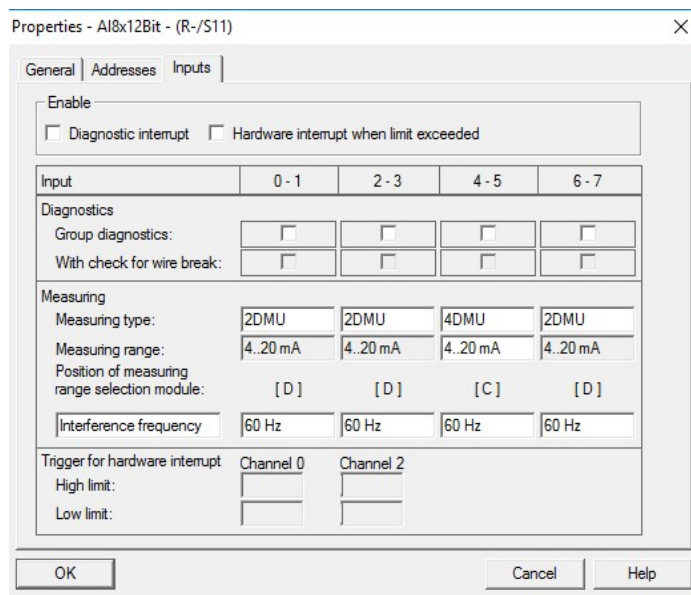
End: 207

OK Cancel Help

- ✓ Configurar el tipo de señal análoga que ingresará en los bornes del módulo, en el proyecto se utilizan señales de 4 – 20 mA, enviadas por transmisores de temperatura y presión diferencia.

Figura 58

Configuración de las entradas análogas.



- ✓ Cargar la configuración de Hardware.

Comunicación entre VFD Sinamics y el PLC principal de máquina S7 400

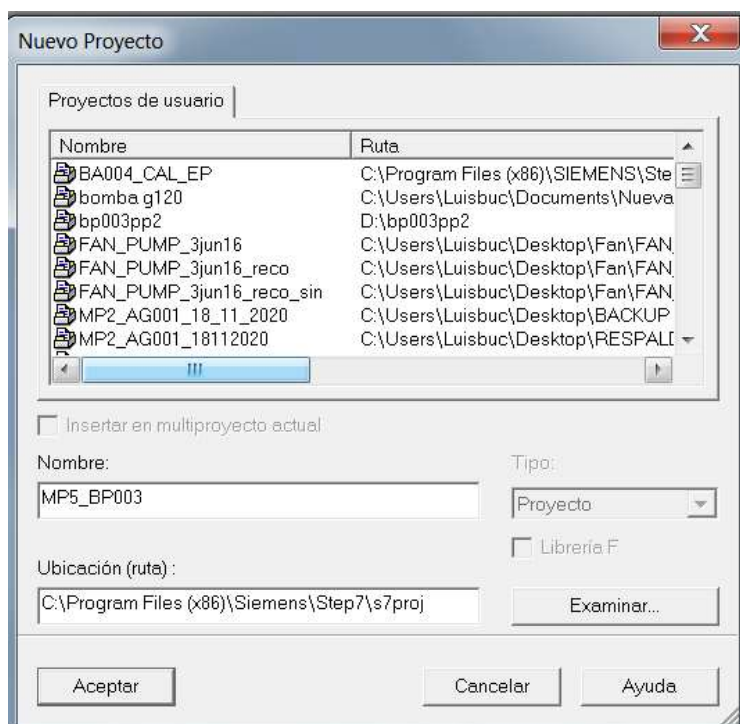
Los variadores de frecuencia Sinamics comandan los motores de la máquina de papel MP5 que tienen la capacidad de variar su velocidad, estos variadores de frecuencia actúan como esclavos en la red Profibus DP, su configuración se describe a continuación y es realizada en el software de programación Starter, el telegrama de comunicación Profibus DP es el número 20, el mismo que debe ser configurado en el variador y en el programa del PLC.

Programación de los VFD Sinamics en el Software Starter

- ✓ Abrir el software de programación Starter y crear un nuevo proyecto.

Figura 59

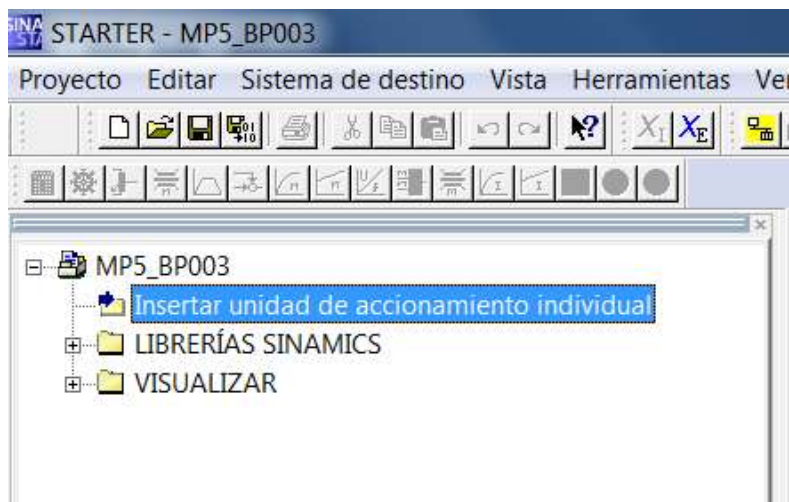
Crear un nuevo proyecto en Starter.



- ✓ Dar doble clic sobre Insertar Unidad de accionamiento Individual.

Figura 60

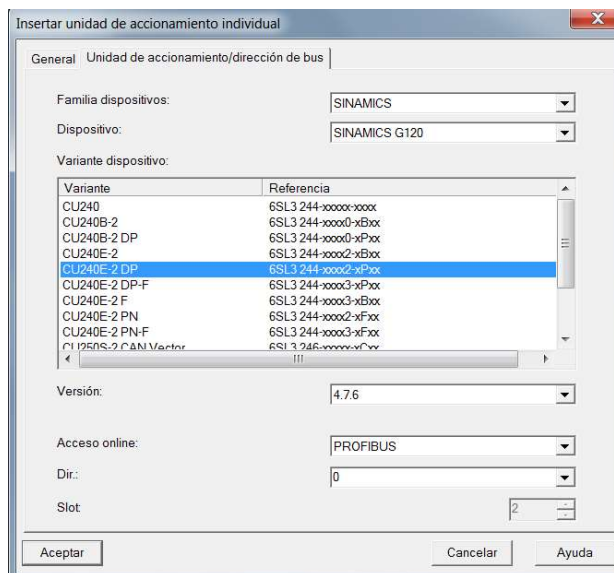
Creación de un nuevo accionamiento en Starter.



- ✓ Elegir la serie y la versión de la Unidad de Control.

Figura 61

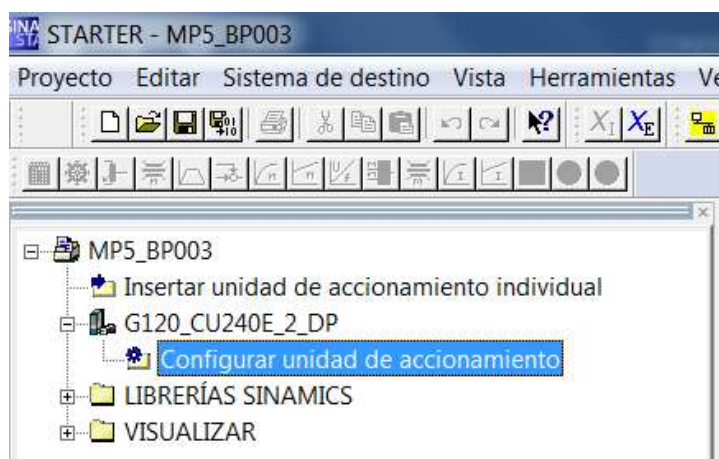
Incorporación de la Unidad de Control.



- ✓ Dar doble clic en Configurar la unidad de accionamiento.

Figura 62

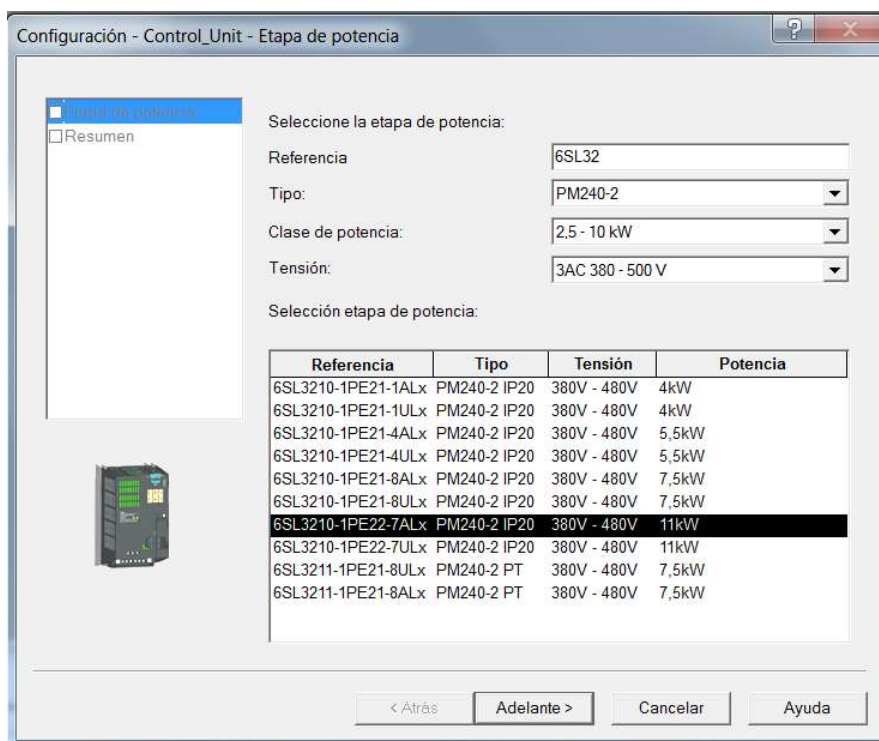
Creación del accionamiento.



- ✓ Seleccionar la serie y la versión del Módulo de Potencia PM a ser utilizado en la aplicación.

Figura 63

Configuración del Módulo de Potencia.



✓ Dar doble clic en Control_Unit y seleccionar asistente.

Figura 64

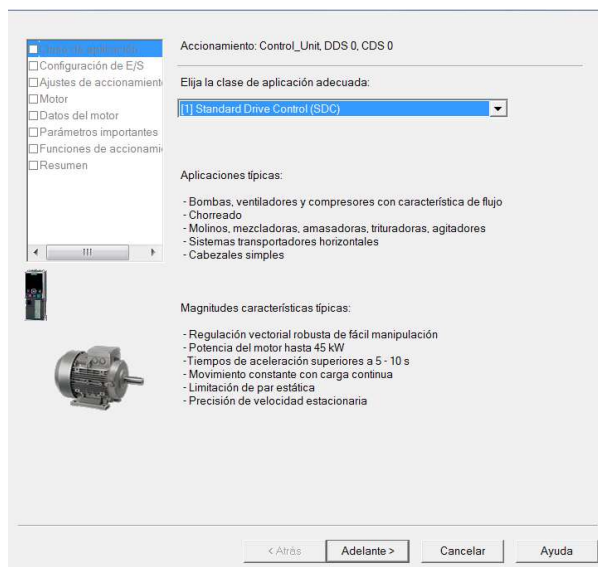
Asistente de configuración de Starter.



- ✓ Seleccionar la clase de aplicación.

Figura 65

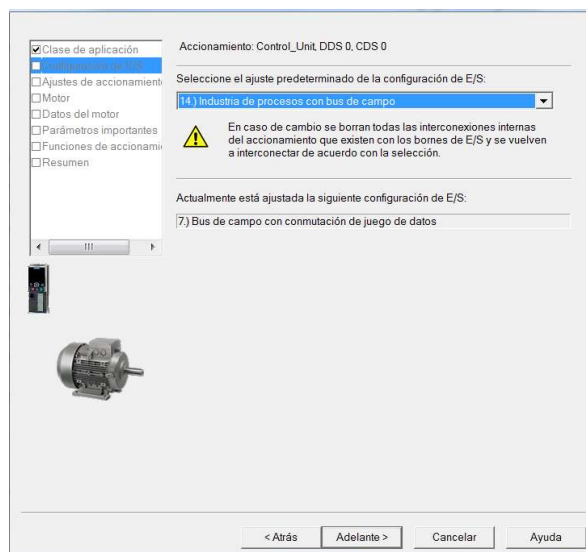
Selección de la clase de aplicación.



- ✓ En Configuración de entradas y salidas seleccionar la Macro 14.

Figura 66

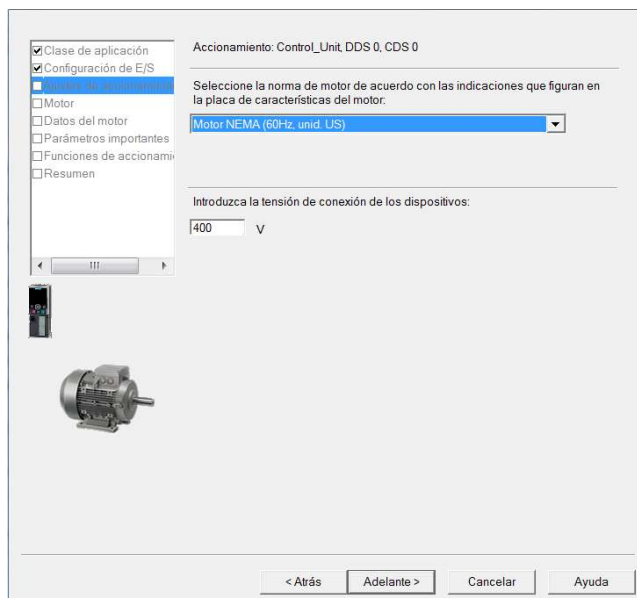
Configuración de entradas y salidas.



- ✓ En Ajustes del motor, seleccionar Motor NEMA (60 Hz).

Figura 67

Ajustes de las características eléctricas del accionamiento.

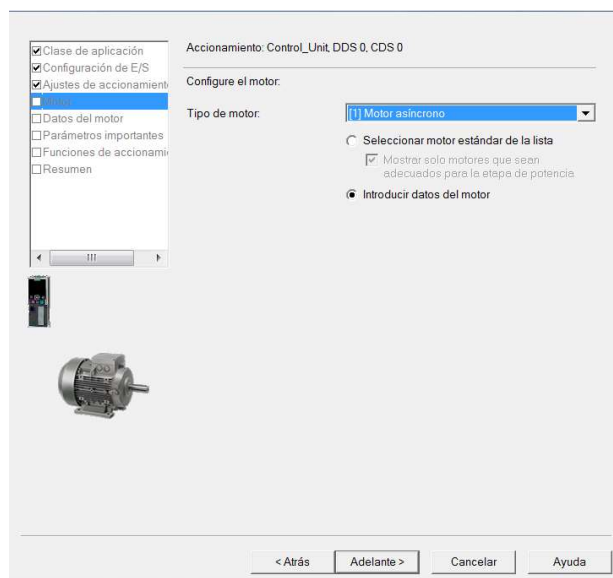


The screenshot shows a software window titled 'Accionamiento: Control_Unit, DDS 0, CDS 0'. On the left is a navigation menu with the following items: 'Clase de aplicación' (checked), 'Configuración de E/S' (checked), 'Ajustes de accionamiento' (checked and highlighted), 'Motor', 'Datos del motor', 'Parámetros importantes', 'Funciones de accionamiento', and 'Resumen'. The main area contains the following text: 'Seleccione la norma de motor de acuerdo con las indicaciones que figuran en la placa de características del motor.' Below this is a dropdown menu with 'Motor NEMA (60Hz, unid. US)' selected. Underneath is a text input field labeled 'Introduzca la tensión de conexión de los dispositivos:' with the value '400' and a unit 'V'. At the bottom of the window are four buttons: '< Atrás', 'Adelante >', 'Cancelar', and 'Ayuda'. A small image of a motor is visible in the lower-left corner of the main area.

- ✓ Seleccionar el tipo de motor.

Figura 68

Selección del tipo de motor.



The screenshot shows the same software window as Figure 67, but now the 'Ajustes de accionamiento' menu item is selected. The main area is titled 'Configure el motor:'. It features a dropdown menu for 'Tipo de motor:' with 'Motor asincrono' selected. Below this are two radio button options: 'Seleccionar motor estándar de la lista' (which is unselected) and 'Introducir datos del motor' (which is selected). Under the 'Seleccionar motor estándar de la lista' option, there is a checked checkbox for 'Mostrar solo motores que sean adecuados para la etapa de potencia'. At the bottom of the window are the same four buttons: '< Atrás', 'Adelante >', 'Cancelar', and 'Ayuda'. A small image of a motor is visible in the lower-left corner of the main area.

- ✓ Configurar los datos del motor según placa de datos.

Figura 69

Configuración de las características eléctricas del motor.

Accionamiento: Control_Unit, DDS 0, CDS 0

Elija el tipo de conexión de su motor y el funcionamiento a 87 Hz:

Estrella

Introduzca los siguientes datos del motor:

Parámetro	Texto del parámetro	Valor	Unidad
p305[0]	Intensidad asignada del motor	435.0	Aef
p307[0]	Potencia asignada del motor	386.0	kW
p311[0]	Velocidad de giro asignada del motor	1190	1/min

Los siguientes datos del motor están predefinidos y pueden modificarse en caso necesario:

Parámetro	Texto del parámetro	Valor	Unidad
p304[0]	Tensión asignada del motor	480	Vef
p310[0]	Frecuencia asignada del motor	60.00	Hz
p335[0]	Tipo de refrigeración del motor	[0]	Ref

< Atrás Adelante > Cancelar Ayuda

- ✓ Configurar los parámetros del accionamiento.

Figura 70

Configuración de los límites de corriente y velocidad.

Accionamiento: Control_Unit, DDS 0, CDS 0

Defina los valores para los parámetros principales:

Lím. intensidad: 89.00 Aef

Velocidad mín. rotación: 0.000 1/min

Velocidad máx. rotación: 1200.000 1/min

Tiempo acelerac.: 10.000 s

Tiempo decelerac.: 10.000 s

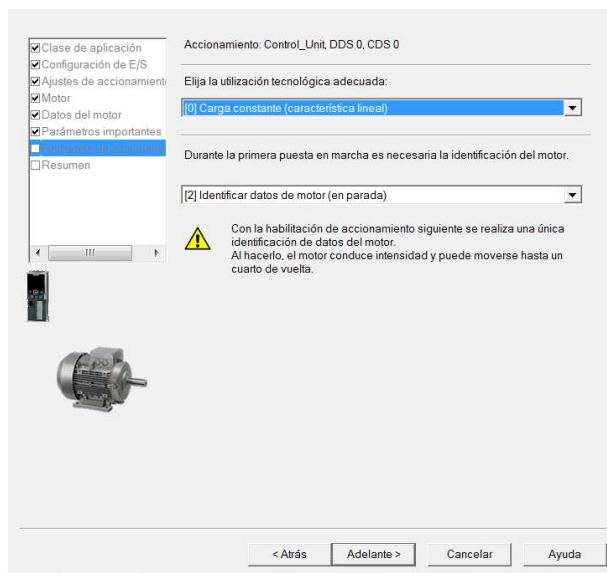
Tiempo de deceleración DES3: 0.000 s

< Atrás Adelante > Cancelar Ayuda

- ✓ Configurar las Funciones del accionamiento.

Figura 71

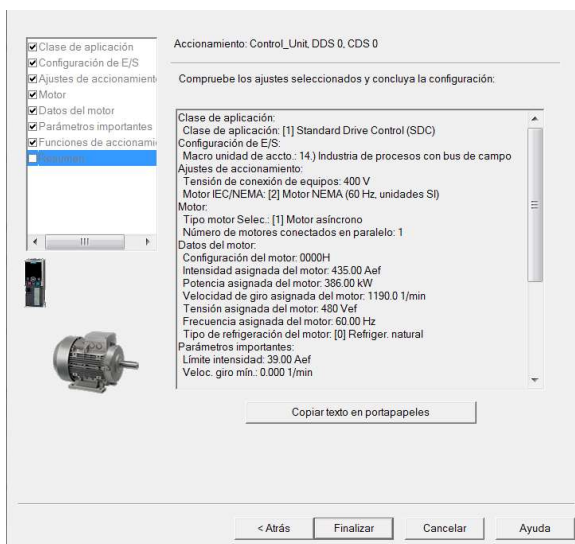
Habilitación de la identificación del motor.



- ✓ Verificar las configuraciones y finalizar.

Figura 72

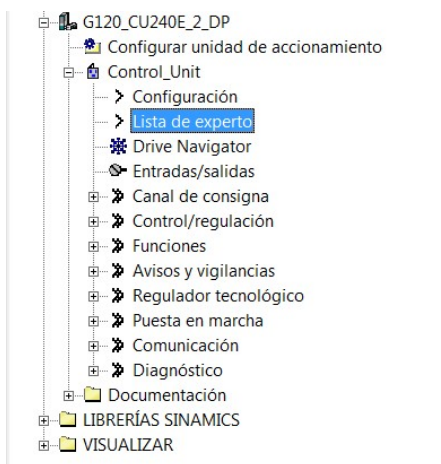
Resumen de las configuraciones del accionamiento.



- ✓ Abrir el Menú Control_Unit y dar doble clic en Lista de Experto.

Figura 73

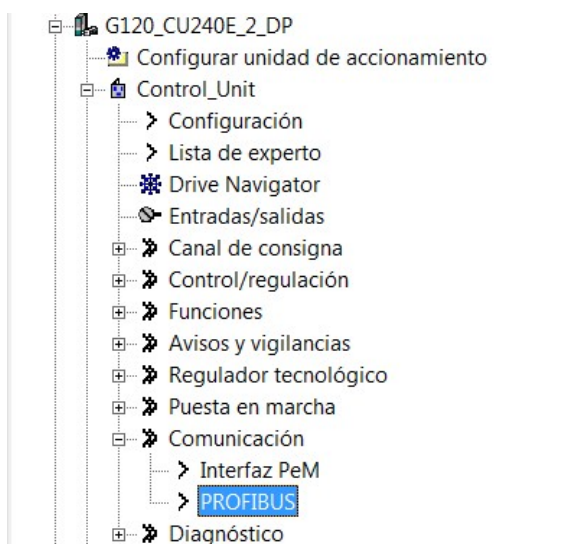
Lista de experto.



- ✓ En el navegador del proyecto seleccionar comunicación y dar doble clic en Profibus.

Figura 74

Configuración Profibus DP del accionamiento.



- ✓ Dar clic en la pestaña configuración y cambiar la dirección Profibus DP según diseño de la red.

Figura 75

Configuración de la dirección Profibus DP en Stater.

- ✓ Verificar el cambio de la configuración a Telegrama 20, para esto dar clic en la pestaña, Sentido de recepción, Sentido de envío.

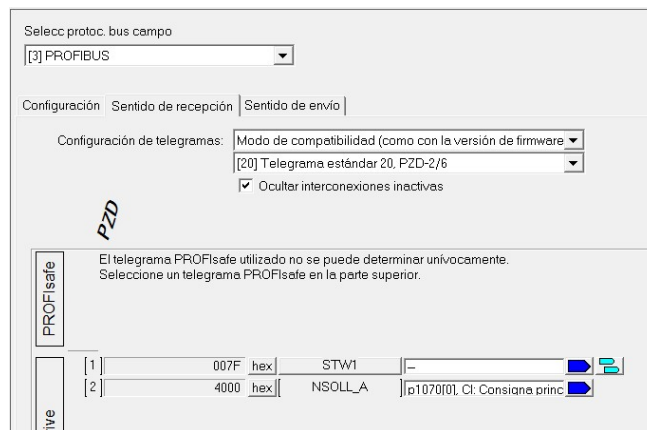
Figura 76

Configuración de los datos de envío del accionamiento.

PROFIsafe	Descripción	Variable	Valor	Formato	Índice
	r2089[0]: CO: Convertidor bi	ZSW1	EB58	hex	[1]
	r63[1]: CO: Velocidad real, f	NIST_GLATT	0000	hex	[2]
	r68[1]: CO: Intensidad real, f	IAIST_GLATT	000B	hex	[3]
	r80[1]: CO: Par real, Filtrado	MIST_GLATT	0000	hex	[4]
	r82[1]: CO: Potencia activa, f	PIST_GLATT	0000	hex	[5]
PROFIdrive	r3113: CO/BO: Bits señaliz.	MELD_NAMUR	0000	hex	[6]

Figura 77

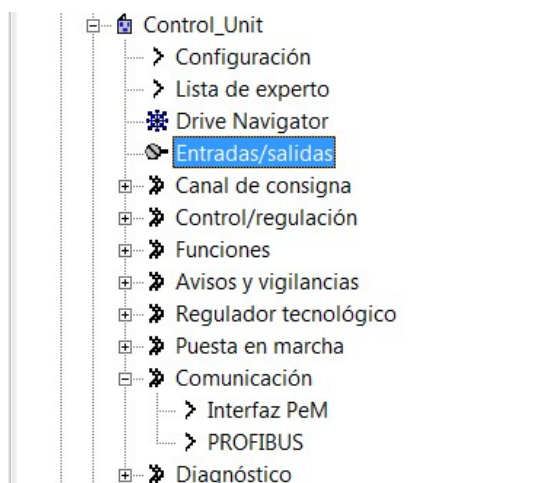
Configuración de los datos de recepción del accionamiento.



- ✓ De esta manera se encuentra configurado el Variador de Frecuencia para establecer comunicación con el maestro de red.
- ✓ En los siguientes pasos se describe la manera de configurar el trabajo del variador en modo manual (con habilitación mediante muletilla y referencia de velocidad fija) y automático (en donde la habilitación y la referencia ingresan por red Profibus DP). En el Navegador del Proyecto, dar doble clic en Entradas/Salidas.

Figura 78

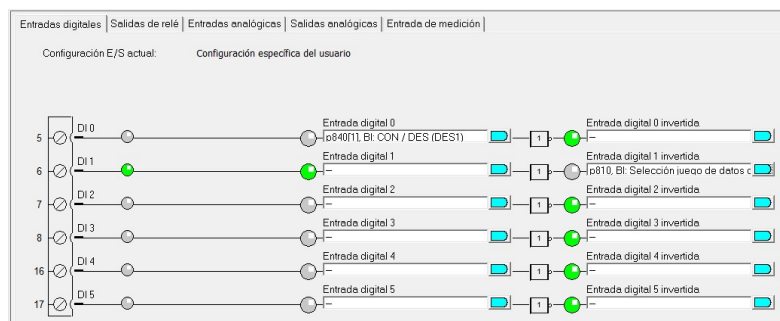
Configuración de entradas y salidas digitales y análogas.



- ✓ Configurar la Entrada Digital 0 con el parámetro p840(1) esta entrada digital permite la habilitación del Variador de frecuencia en modo manual; en la Entrada Digital 1 en la sección negada configurar el parámetro p810, este parámetro permite el cambio del CDS 0 (automático) al CDS 1 (manual).

Figura 79

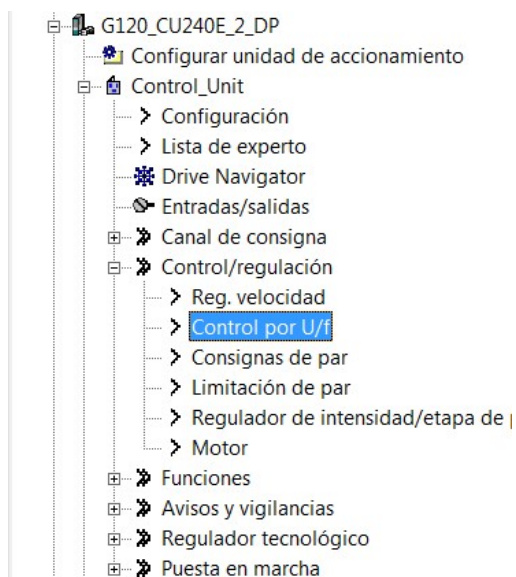
Configuración de entradas y salidas digitales



- ✓ En el Navegador del proyecto abrir el Menú Control/Regulación y dar doble clic en Control por U/f.

Figura 80

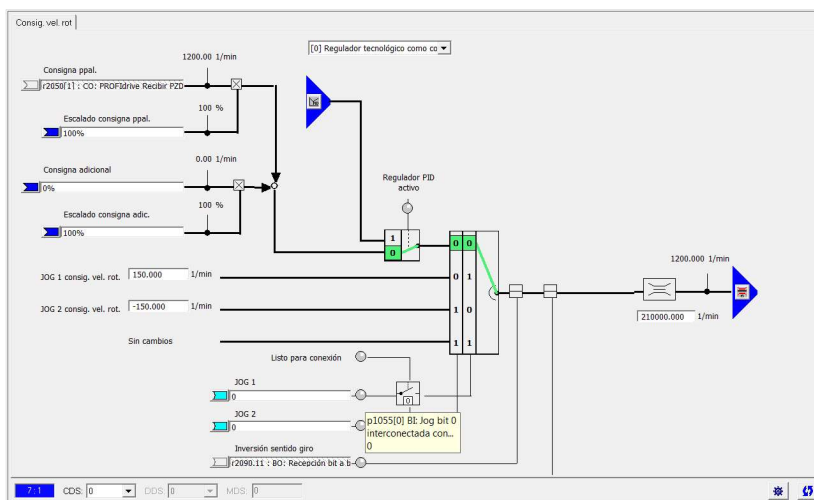
Control por voltaje/frecuencia.



- ✓ Seleccionar el CDS 0 y en la consigna principal verificar que la referencia este configurada en Profibus DP.

Figura 81

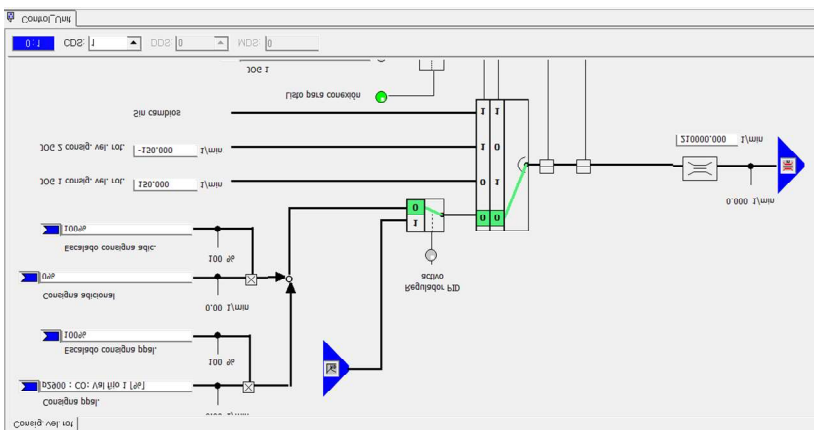
Configuración de la consigna principal en CDS 0.



- ✓ Seleccionar el CDS 1 y configurar la consigna de velocidad con el Parámetro 2900, Referencia Fija.

Figura 82

Configuración de la consigna principal en CDS 1.



- ✓ Compilar y descargar el programa en el variador de frecuencia.

Programación de la Estación de Automatización S7 400

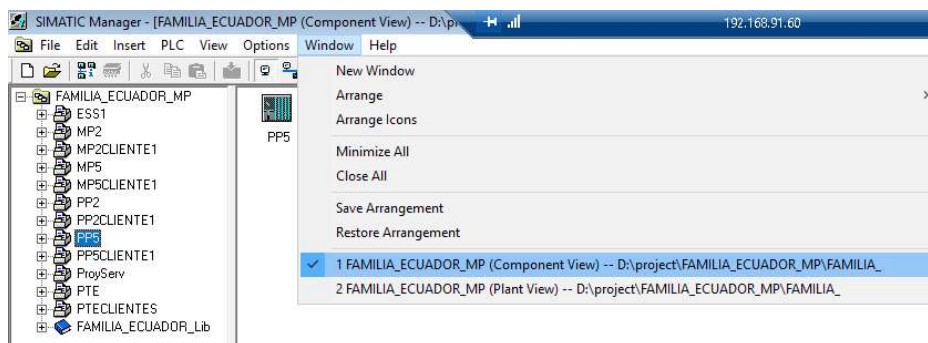
La programación de los variadores de frecuencia tiene que ser realizado en el equipo como también en el nodo que actúa como nodo maestro de red Profibus DP.

Para nuestra aplicación el nodo maestro es el PLC S7 400, los pasos de configuración se describen a continuación, la programación es desarrollada en la configuración de Hardware del software Step7.

- ✓ En Step7 abrir el proyecto e ingresar a Component View.

Figura 83.

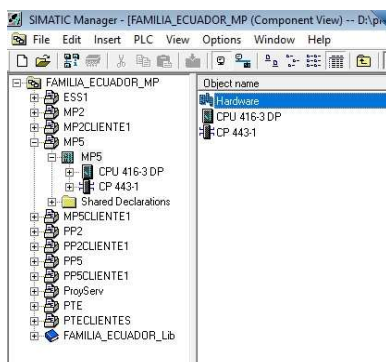
Selección de la vista de componentes en PCS7.



- ✓ Ingresar a la configuración de hardware.

Figura 84

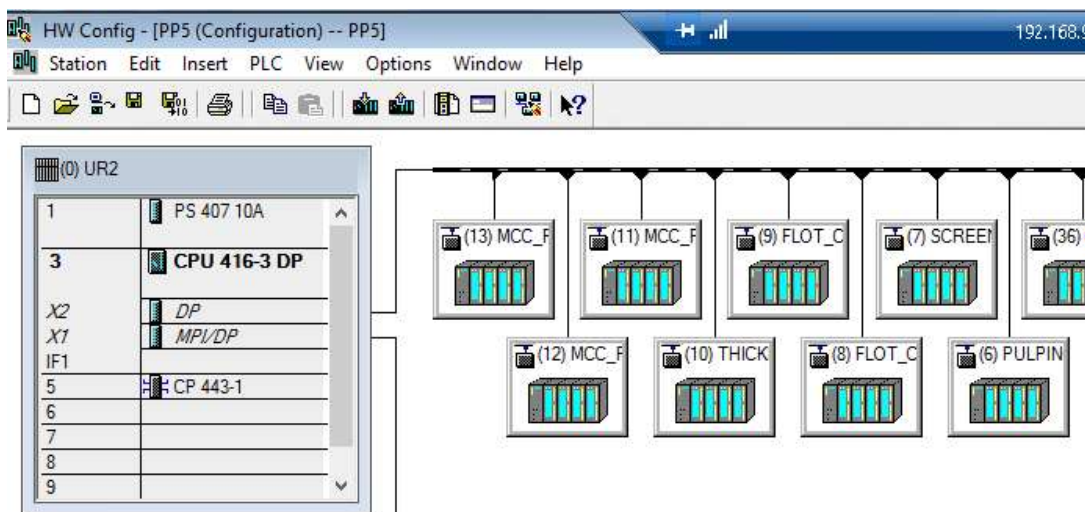
Configuración de hardware de la Estación de Automatización.



- ✓ Insertar el archivo GSD de la CU del Variador de frecuencia Sinamics, dentro de la red Profibus DP.

Figura 85

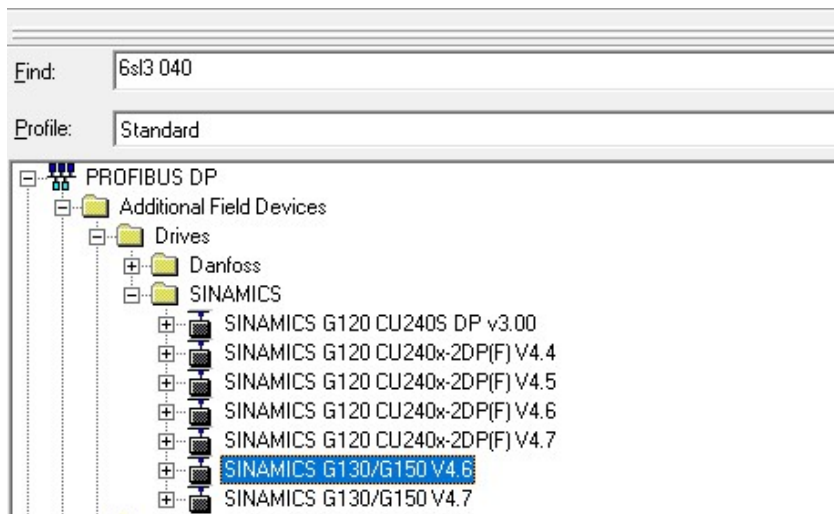
Nodos Profibus DP configurados.



- ✓ Dentro del catálogo ingresar la referencia de la Unidad de Control del Variador de Frecuencia Sinamics.

Figura 86

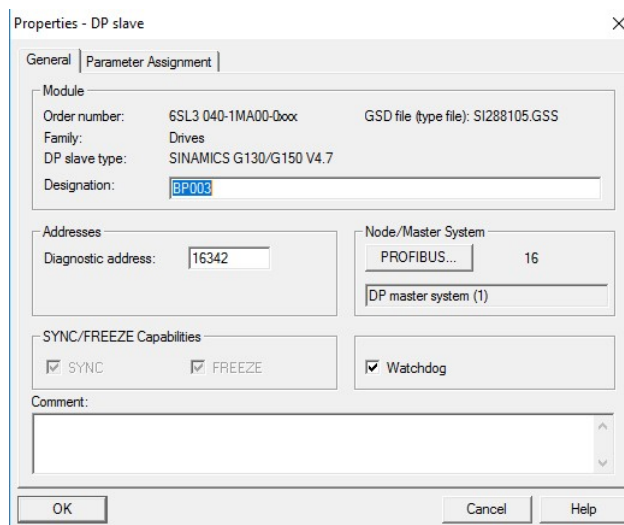
Incorporación del GSD de la Unidad de Control en la red Profibus DP.



- ✓ Arrastrar el archivo GSD a la línea de Profibus DP del PLC. Al abrirse el asistente de configuración, colocar el nombre del equipo.

Figura 87

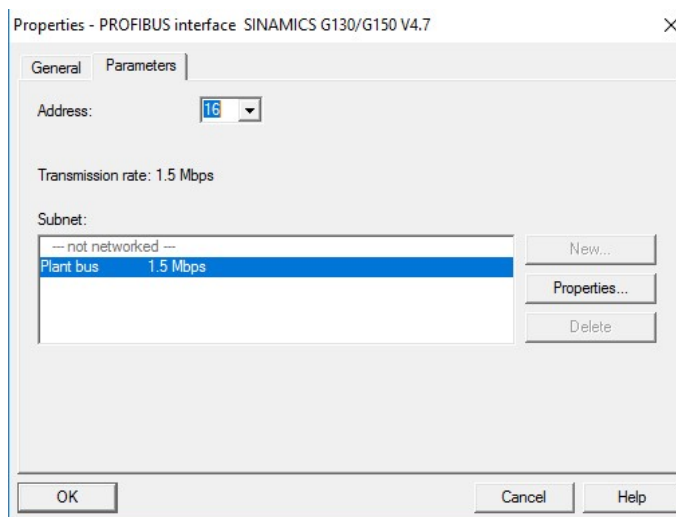
Configuración del archivo GSD de la Unidad de Control.



- ✓ Seleccionar Profibus, seleccionar la dirección y la velocidad de transmisión que deben coincidir con las configuradas en el variador de frecuencia.

Figura 88

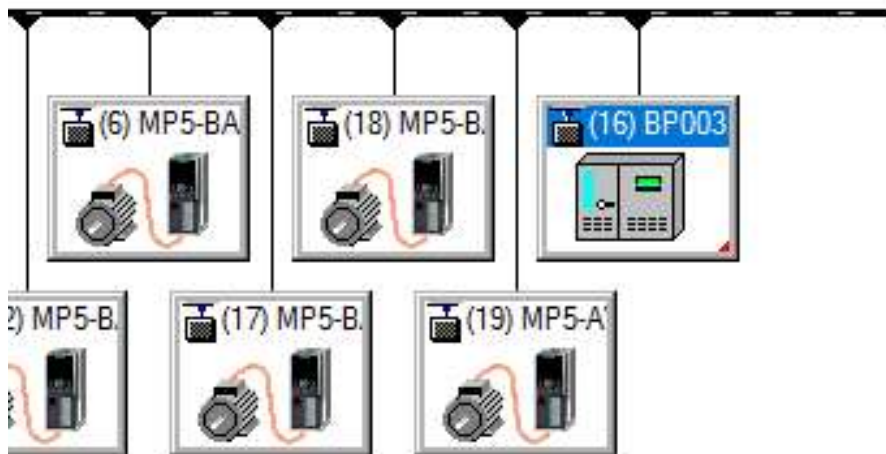
Configuración de la velocidad de transmisión de datos.



- ✓ Verificar que el archivo GSD se encuentre instalado y configurado en la línea de Profibus del Controlador Lógico Programable.

Figura 89

Incorporación del archivo GSD en la red Profibus DP.



- ✓ Seleccionar el tipo de telegrama 20 e insertarlo dentro del slot correspondiente.

Figura 90

Configuración del telegrama de comunicación.

La imagen muestra la interfaz de usuario del software HW Config. En el centro, se visualiza un diagrama de una red Profibus DP master system (1) con un dispositivo SINAMICS conectado. A la izquierda, se muestra la configuración de hardware para un CPU 410-5H, incluyendo puertos DP y X5. A la derecha, se muestra el árbol de dispositivos, donde 'Standard telegram 20' está seleccionado y resaltado con un recuadro rojo. En la parte inferior, se muestra una tabla de configuración de telegramas:

Slot	DP ID	Order Number / Designation	I Address	Q Address	Comment
1	222	Standard telegram 20		512..515	
2	272	Standard telegram 20	512..523		
3					
4					

En la parte inferior derecha, se muestra una descripción del telegrama seleccionado: 'Standard telegram 20 (PZD-2/6) according to PROFIdrive V4. 2 words output and 6 words input.'

- ✓ Configurar las direcciones de entrada y salida de periferia en el Controlador Lógico Programable.

Figura 91

Direccionamiento de los datos de envío y recepción.

Figura 92

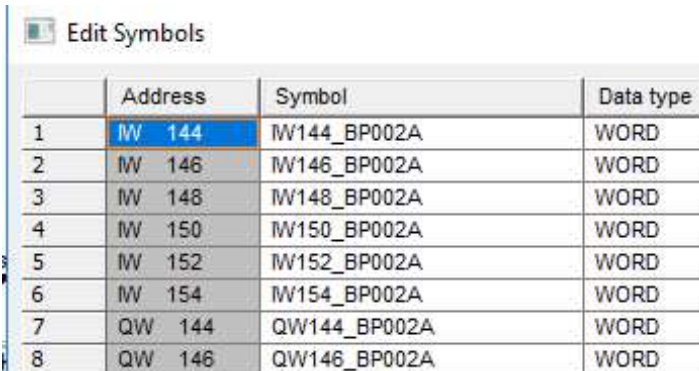
Resumen de la configuración del telegrama de comunicación.

Slot	DP ID	Order Number / Designation	I Address	Q Address
1	195	Standard telegram 20, PZD-2/6	144...155	144...147
2				
3				
4				
5				

- ✓ Colocar nombres simbólicos a las direcciones.

Figura 93

Nombres simbólicos de las direcciones.

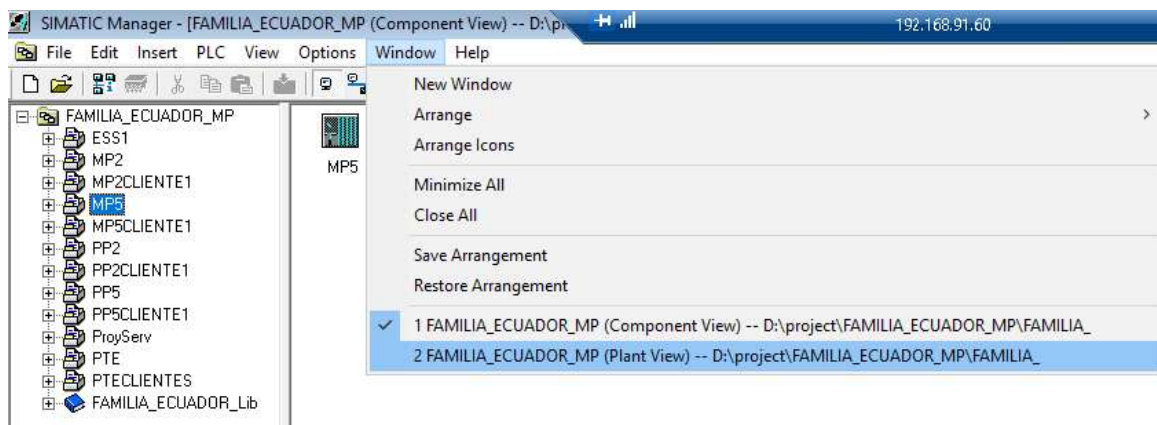


	Address	Symbol	Data type
1	IW 144	IW144_BP002A	WORD
2	IW 146	IW146_BP002A	WORD
3	IW 148	IW148_BP002A	WORD
4	IW 150	IW150_BP002A	WORD
5	IW 152	IW152_BP002A	WORD
6	IW 154	IW154_BP002A	WORD
7	QW 144	QW144_BP002A	WORD
8	QW 146	QW146_BP002A	WORD

- ✓ Compilar y descargar la Configuración de Hardware en el Controlador Lógico Programable.
- ✓ En Step7 abrir el proyecto e ingresar a Plant View.

Figura 94

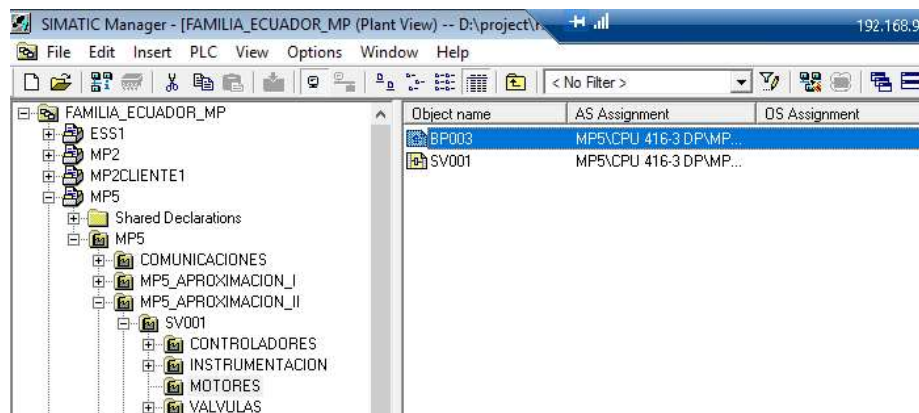
Ingreso a la Vista de Planta en PCS7.



- ✓ En el árbol del proyecto ingresar al CFC correspondiente.

Figura 95

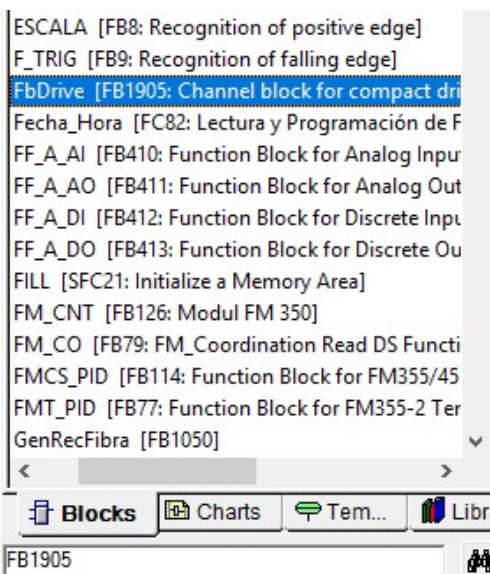
Selección del CFC de la Bomba de Pasta 003.



- ✓ En el catálogo de bloques ingresar el bloque de función FB1905 FbDrive. Este bloque permite el funcionamiento de un Variador de Frecuencia Sinamics G mediante Profibus DP que se encuentre configurado con el telegrama 1 o 20.

Figura 96

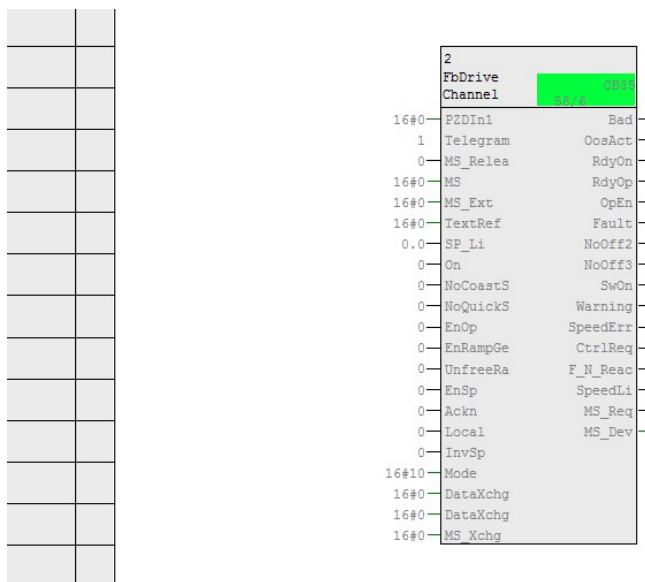
Bloque de comunicación FBDrive.



- ✓ Arrastrar el bloque hacia la página del CFC.

Figura 97

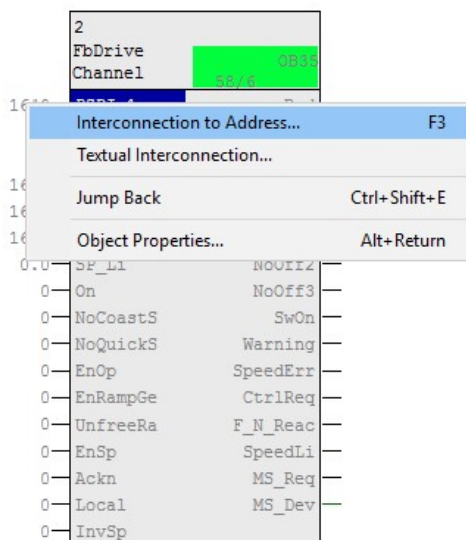
Insertión del bloque de comunicación FBDrive en el CFC.



- ✓ Seleccionar la entrada PZDIn1e Interconexión con una dirección.

Figura 98

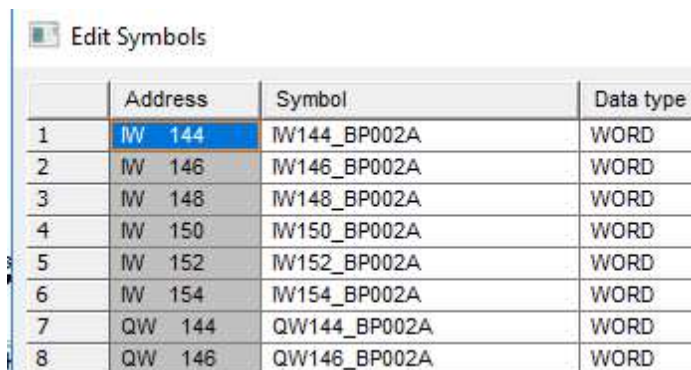
Interconexión con la dirección del archivo GSD.



- ✓ Seleccionar la primera dirección de periferia de entrada que se designó en la configuración de hardware, al instalar el archivo GSD del variador de frecuencia.

Figura 99

Selección del direccionamiento del archivo GSD.

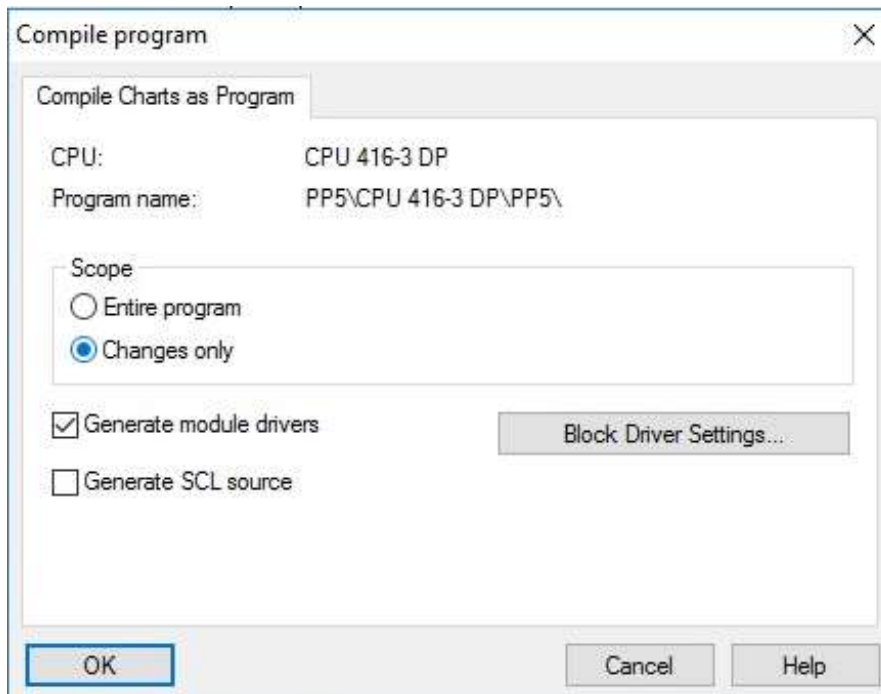


	Address	Symbol	Data type
1	IW 144	IW144_BP002A	WORD
2	IW 146	IW146_BP002A	WORD
3	IW 148	IW148_BP002A	WORD
4	IW 150	IW150_BP002A	WORD
5	IW 152	IW152_BP002A	WORD
6	IW 154	IW154_BP002A	WORD
7	QW 144	QW144_BP002A	WORD
8	QW 146	QW146_BP002A	WORD

- ✓ Compilar el CFC, seleccionar Generar los Drivers del Módulo.

Figura 100

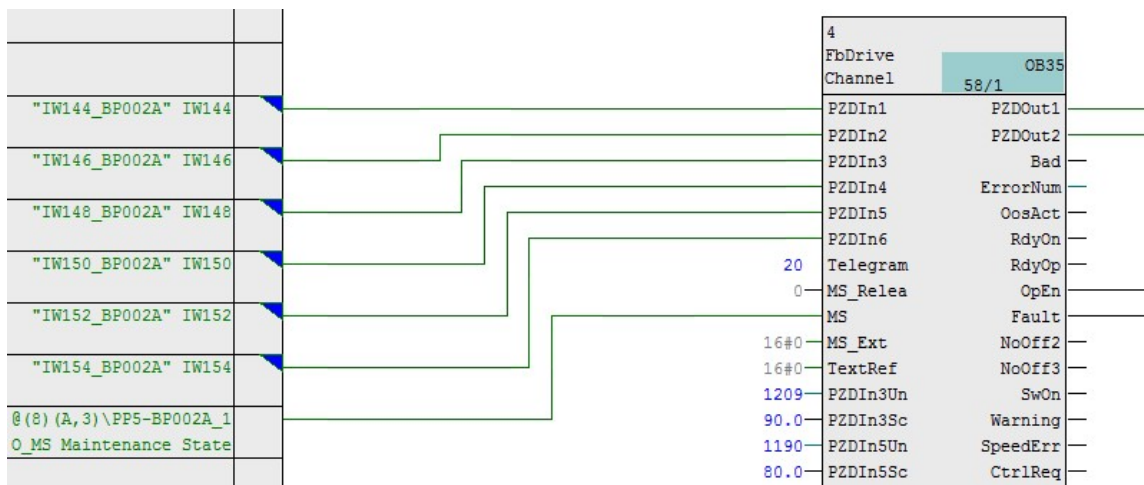
Compilación del programa.



- ✓ Al realizar la compilación automáticamente se interconectan todas las direcciones de entrada y salida.

Figura 101

Generación de los drives posterior a la compilación.



- ✓ El bloque FbDrive permite gestionar los datos que se intercambian con el Variador de Frecuencia Sinamics G mediante red Profibus DP, para el funcionamiento del motor es necesario la conexión de las salidas de este bloque de función con las entradas del bloque de función FB 1854 MotSpdCL. En la Tabla 14 se indican las conexiones entre estos dos bloques para que el motor funcione correctamente.

Tabla 14.

Conexión entre bloques FB109 y FB1854

FB 1905 FbDrive	FB 1854 MotSpdCL
OpEn	FbkFwd
Fault	Trip
CurrentL	Av
Power1Li	UserAna1

FB 1905 FbDrive	FB 1854 MotSpdCL
Power1Un	UA1unit
Power2Li	UserAna2
Power2Un	UA2unit

Nota. Características bloques de programación PCS7.

- ✓ Compilar y cargar el bloque CFC en la estación de ingeniería.
- ✓ Compilar y cargar la Estación de Operación.

Comunicación Industrial Ethernet entre el PLC S7 - 1500 y el S7-400.

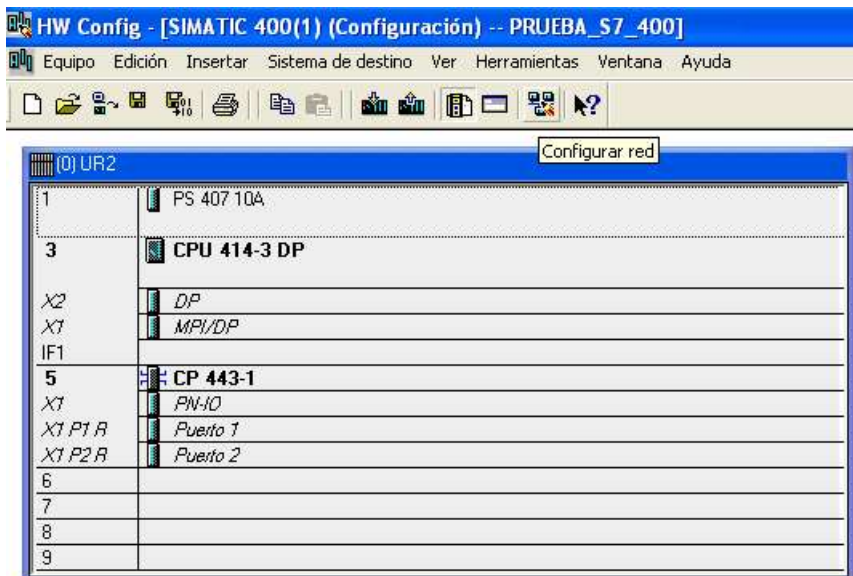
Los datos de corriente y velocidad de los motores eléctricos y los datos de procesos del sistema de secado HOOD, son almacenados en el PLC principal de máquina S7 400 quien comanda la máquina de papel MP5, estos datos son enviados al PLC S7 1500 que actúa como servidor web, la comunicación entre el PLC S7 400 y el PLC S7 1500 se lo realizada mediante la red de Comunicación Industrial Ethernet utilizando el protocolo UDP, a continuación, se describen los pasos de configuración en el PLC S7 400.

Programación en la Estación de Automatización S7 – 400

- ✓ Ingresar a NetPro Configuración de red.

Figura 102

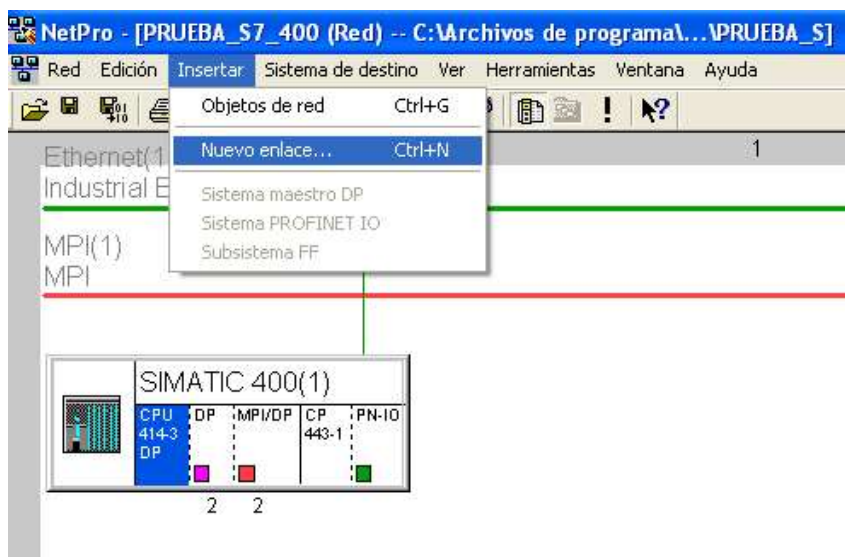
Ingreso a la configuración de red.



- ✓ Seleccionar la CPU, escoger Insertar y elegir Nuevo Enlace.

Figura 103

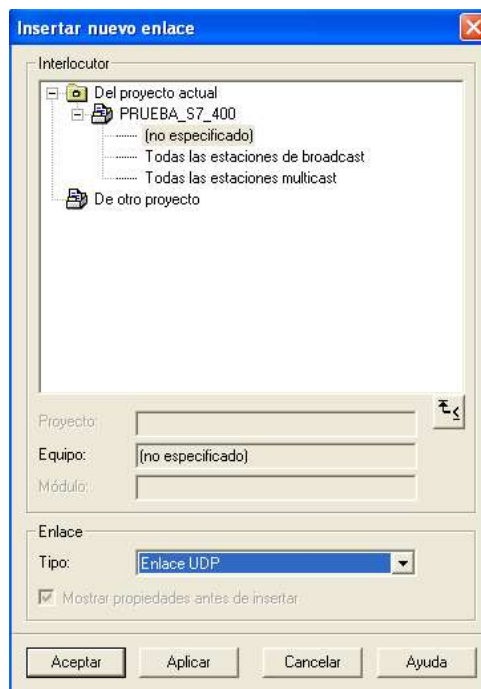
Insertar nuevo enlace de red.



- ✓ Seleccionar una conexión no especificada y en Tipo Enlace UDP.

Figura 104

Configuración nueva red de tipo UDP.



- ✓ Realizar las siguientes configuraciones en la conexión.

Figura 105

Parámetros UDP de la comunicación.

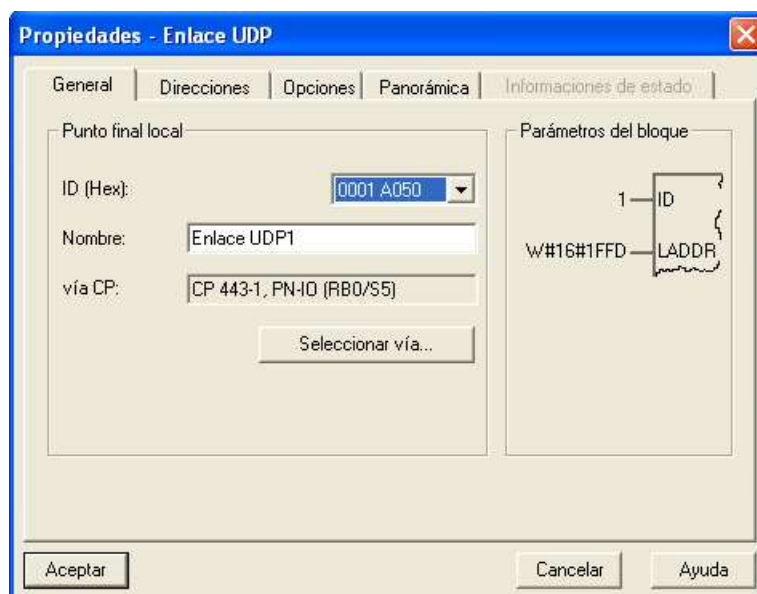
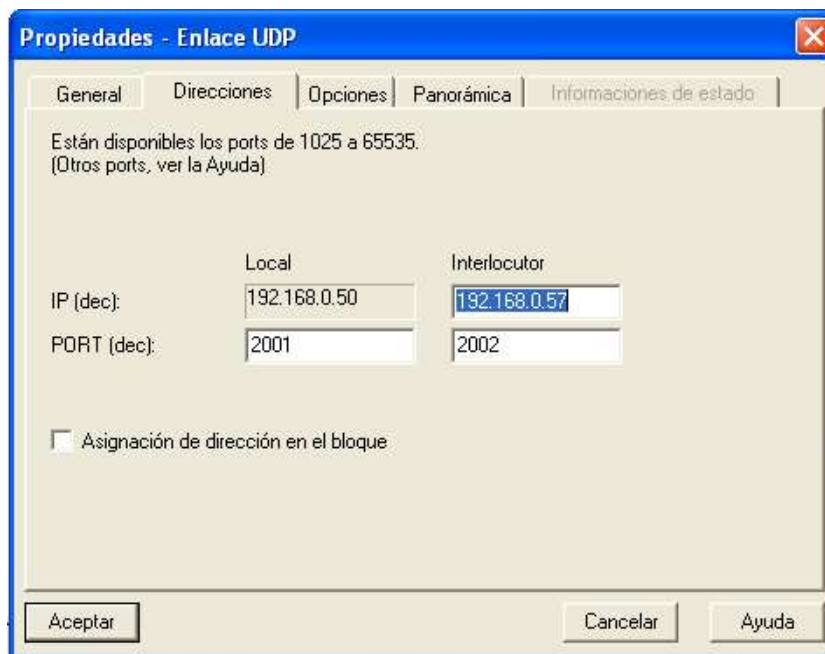
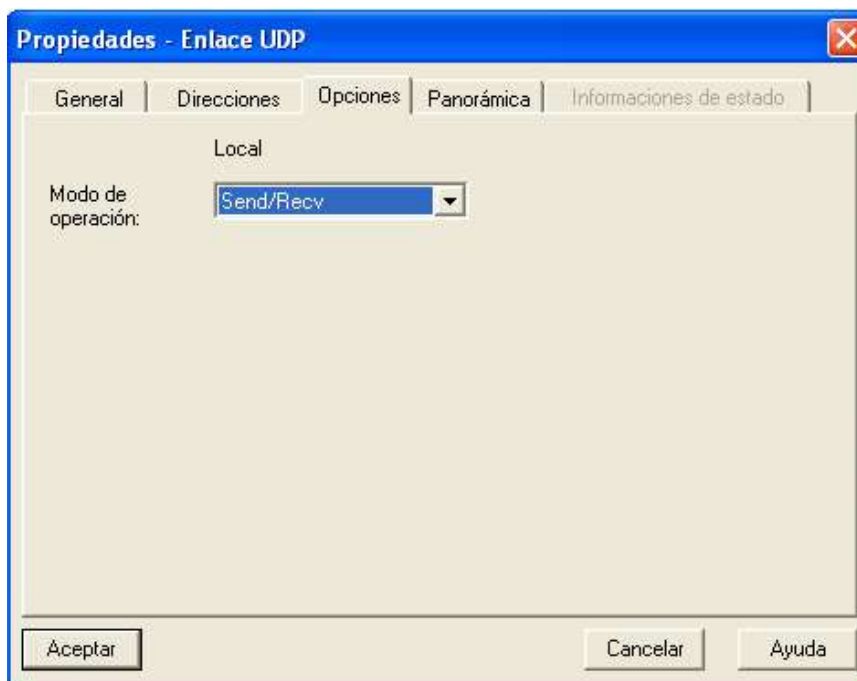


Figura 106

Figura 106 Configuración de direcciones IP.

**Figura 107**

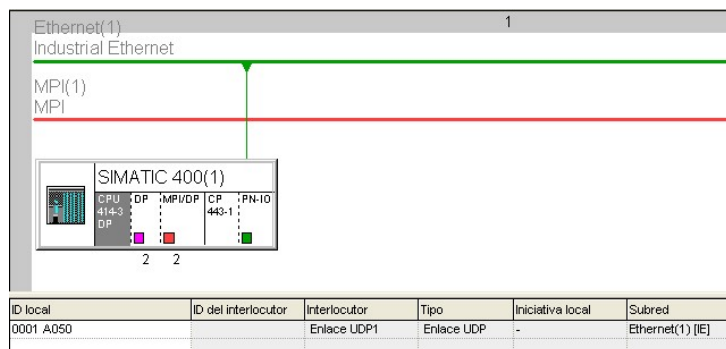
Configuración de envío y recepción UDP.



- ✓ Verificar la creación de la conexión.

Figura 108

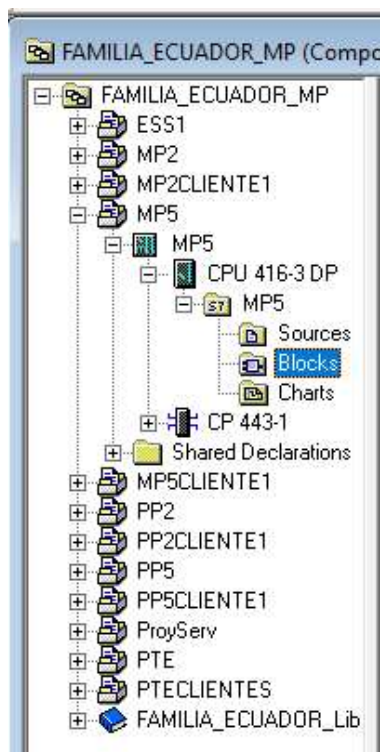
Resumen de la comunicación UDP configurada.



- ✓ Cargar la configuración de la red.
- ✓ En el Multiproyecto ingresar a los bloques del programa.

Figura 109

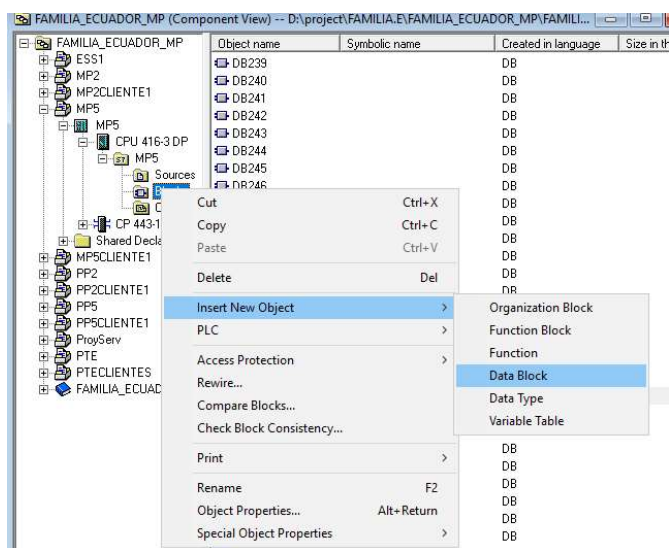
Árbol del Multiproyecto, bloques de programa.



- ✓ Habilitar el Menú emergente y crear el DB 258 de donde se enviarán los datos por UDP.

Figura 110

Creación de un nuevo DB.



- ✓ Crear 50 datos de entrada tipo real en el DB 258.

Figura 111

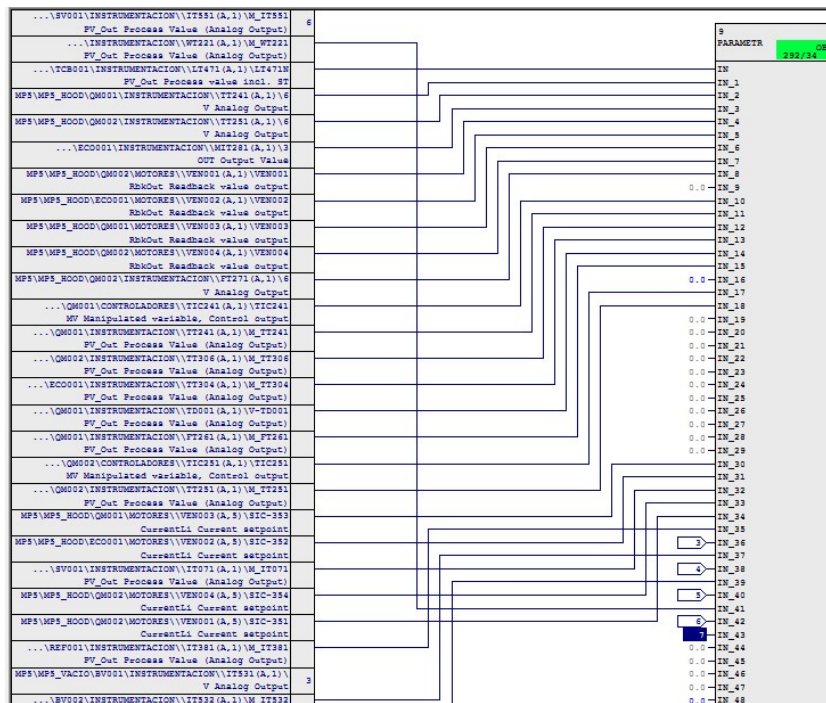
Creación del DB258.

Address	Declaration	Name	Type	Initial value
0.0	in	IN	REAL	0.000000e+000
4.0	in	IN_1	REAL	0.000000e+000
8.0	in	IN_2	REAL	0.000000e+000
12.0	in	IN_3	REAL	0.000000e+000
16.0	in	IN_4	REAL	0.000000e+000
20.0	in	IN_5	REAL	0.000000e+000
24.0	in	IN_6	REAL	0.000000e+000
28.0	in	IN_7	REAL	0.000000e+000
32.0	in	IN_8	REAL	0.000000e+000
36.0	in	IN_9	REAL	0.000000e+000
40.0	in	IN_10	REAL	0.000000e+000
44.0	in	IN_11	REAL	0.000000e+000
48.0	in	IN_12	REAL	0.000000e+000
52.0	in	IN_13	REAL	0.000000e+000
56.0	in	IN_14	REAL	0.000000e+000
60.0	in	IN_15	REAL	0.000000e+000
64.0	in	IN_16	REAL	0.000000e+000
68.0	in	IN_17	REAL	0.000000e+000
72.0	in	IN_18	REAL	0.000000e+000
76.0	in	IN_19	REAL	0.000000e+000
80.0	in	IN_20	REAL	0.000000e+000
84.0	in	IN_21	REAL	0.000000e+000
88.0	in	IN_22	REAL	0.000000e+000
92.0	in	IN_23	REAL	0.000000e+000
96.0	in	IN_24	REAL	0.000000e+000

- ✓ En la programación CFC insertar el DB 258 y conectar en las entradas los datos reales de las señales de los motores eléctricos y sistema de secado HOOD que serán enviados por UDP.

Figura 112

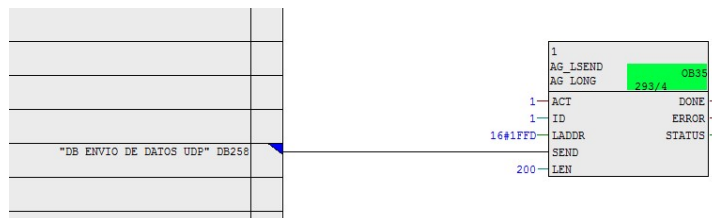
Envío de datos del sistema de secado hood y motores al bloque de datos de envío DB258.



- ✓ En la programación CFC insertar el bloque FC70 AG_LSEND que permite el envío de datos por UDP y realizar la siguiente configuración.

Figura 113

Programación en CFC del bloque de función FC70.



- ✓ Cargar las modificaciones del programa en el PLC.

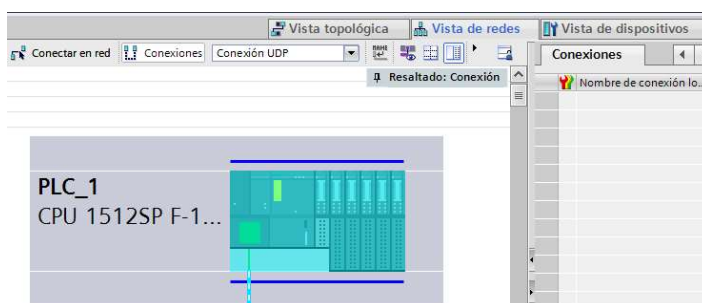
Configuración de la red UDP en el PLC S7 - 1500

En los siguientes pasos se describe el procedimiento para enlazar el PLC S7 1500 en la red Industrial Ethernet y configurar el protocolo UDP para la recepción de datos.

- ✓ Ingresar a la Vista de Redes y en Conexión seleccionar Conexión UDP.

Figura 114

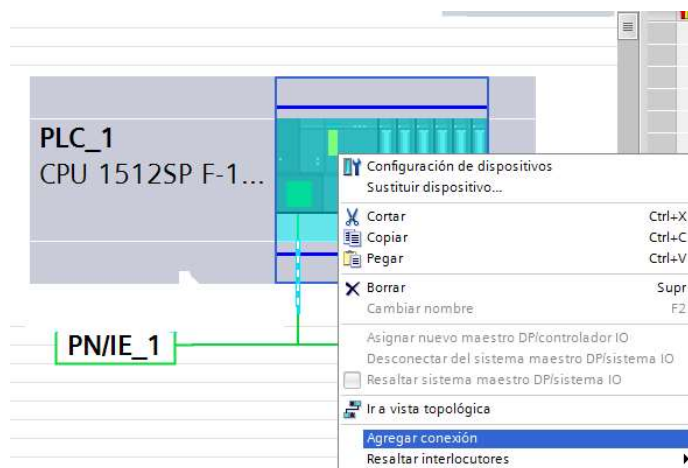
Vista de redes en Tia Porta.



- ✓ Seleccionar la CPU y elegir Agregar Conexión.

Figura 115

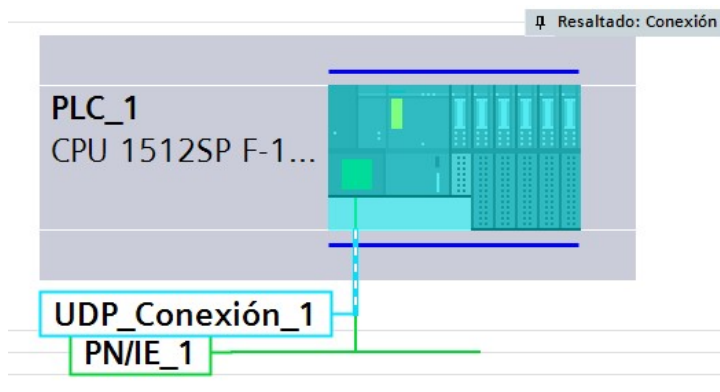
Agregar nuevo enlace de comunicación UDP.



- ✓ Verificar que se ha creado una nueva conexión de tipo UDP.

Figura 116

Conexión UDP creada.



- ✓ Realizar las siguientes configuraciones en la conexión.

Figura 117

Configuración de las características UDP.

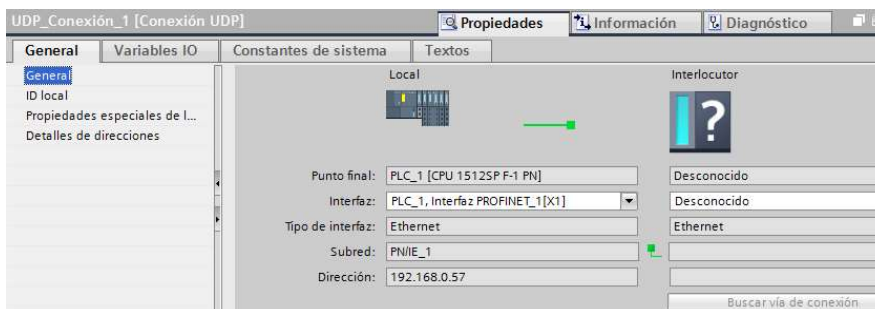


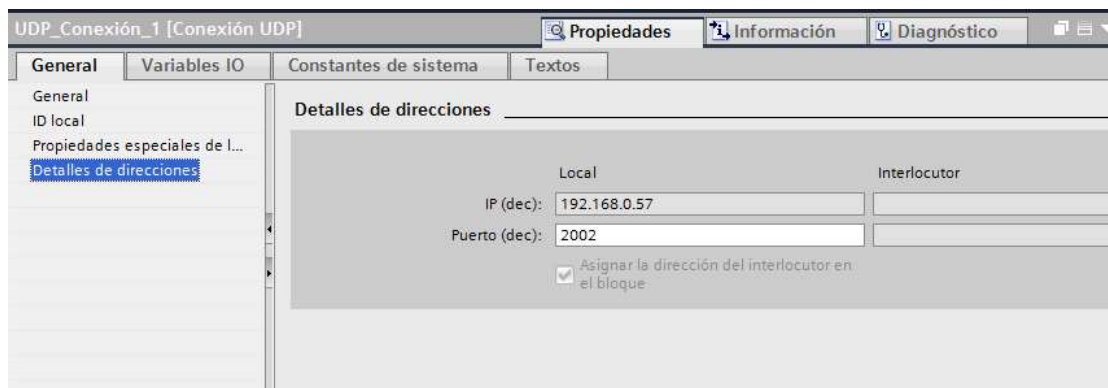
Figura 118

Parámetros de la comunicación UDP.



Figura 119

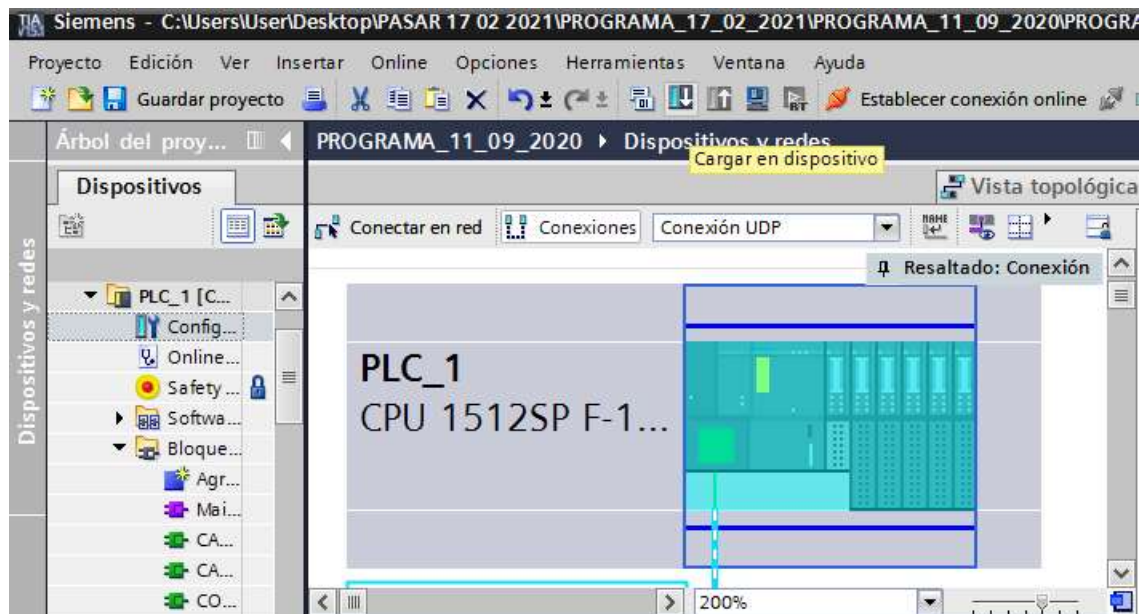
Configuración del puerto de enlace.



- ✓ Cargar la nueva configuración de red.

Figura 120

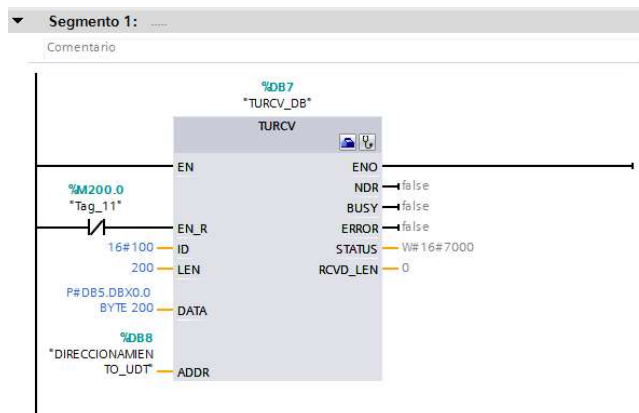
Descargar nueva configuración de red.



- ✓ Ingresar el bloque TURCV y configurarlo de la siguiente manera.

Figura 121

Configuración del bloque TURCV, bloque para la recepción de datos por UDP.



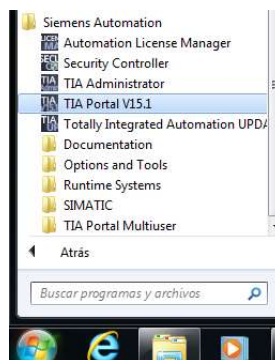
Programación del Servidor WEB en el PLC S7 1500

El PLC S7 1500 tiene incorporado un servidor web que en el presente proyecto fue utilizado para visualizar los datos de proceso en páginas web, a continuación se describen las configuraciones necesarias para habilitar el servidor web y cargar la programación HTML, CSS y JavaScript.

- ✓ Abrir Tia Portal V15.1

Figura 122

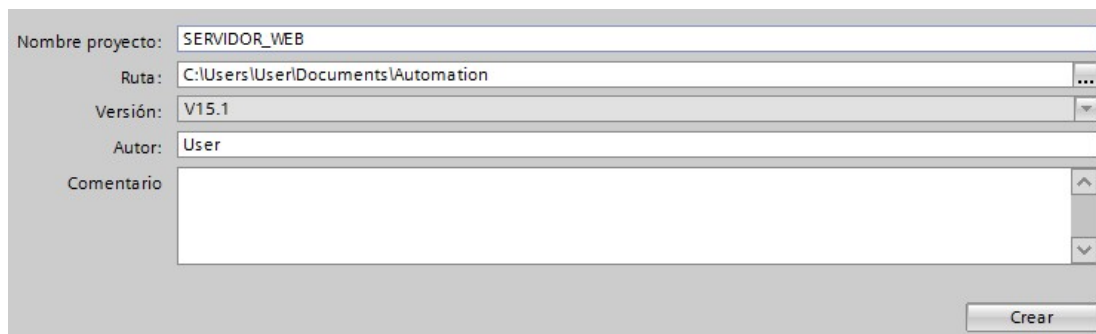
Ingresar a TIA Portal.



- ✓ Crear un nuevo proyecto y nombrarlo.

Figura 123

Creación de un nuevo proyecto en Tia Portal.



Nombre proyecto: SERVIDOR_WEB

Ruta: C:\Users\User\Documents\Automation

Versión: V15.1

Autor: User

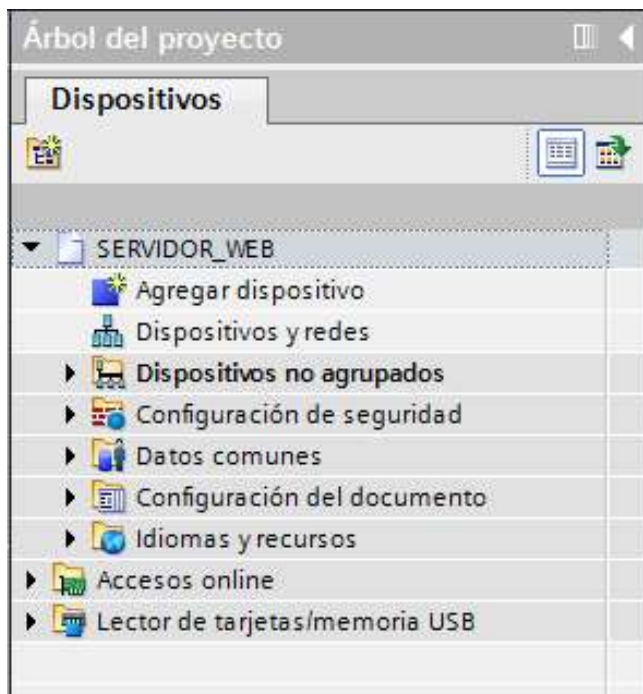
Comentario

Crear

- ✓ Abrir la vista del proyecto.

Figura 124

Árbol de proyecto en Tia Portal.



- ✓ Abrir la configuración de Hardware, y agregar un nuevo dispositivo, Seleccionar la CPU a ser utilizada en el proyecto.

Figura 125

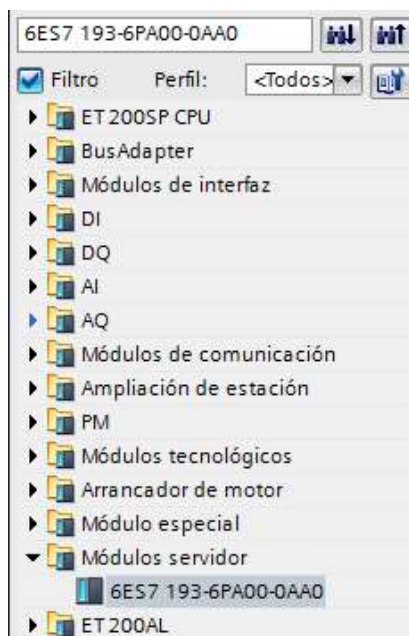
Elección de la referencia y versión de la CPU S7 1500.



- ✓ Insertar el módulo servidor en el rack número 2, el módulo servidor es un cierre eléctrico y mecánico del bus incorporado en el PLC 17 1500, posee mecanismos de diagnóstico y estado de la tensión de alimentación.

Figura 126

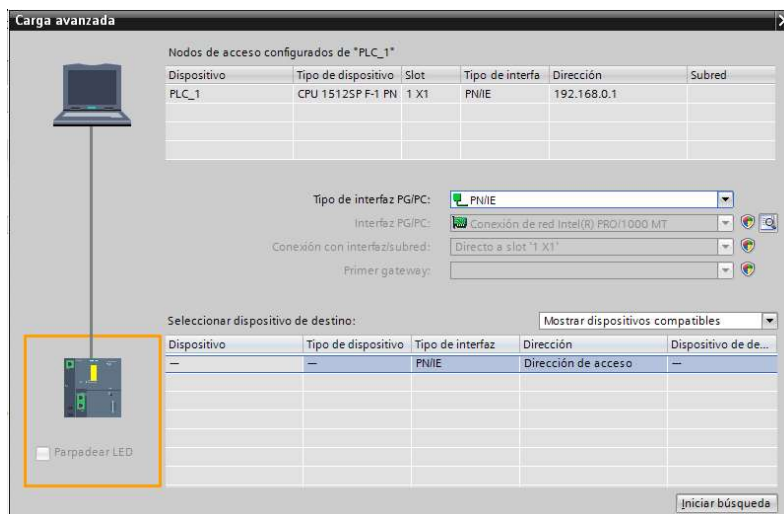
Configuración del módulo servidor.



- ✓ Cargar la configuración de Hardware en el dispositivo.

Figura 127

Descargar la configuración en el PLC S7 1500.



- ✓ En la configuración del dispositivo, seleccionar la opción Servidor Web.

Figura 128

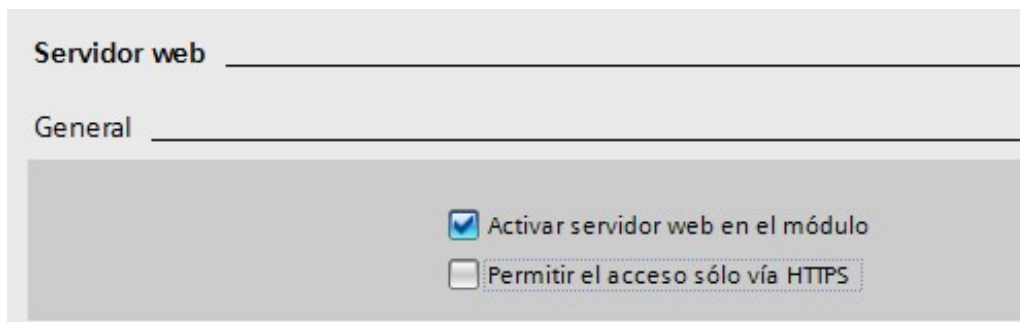
Configuración del Servidor Web.



- ✓ Habilitar la opción, Activar Servidor Web en el módulo.

Figura 129

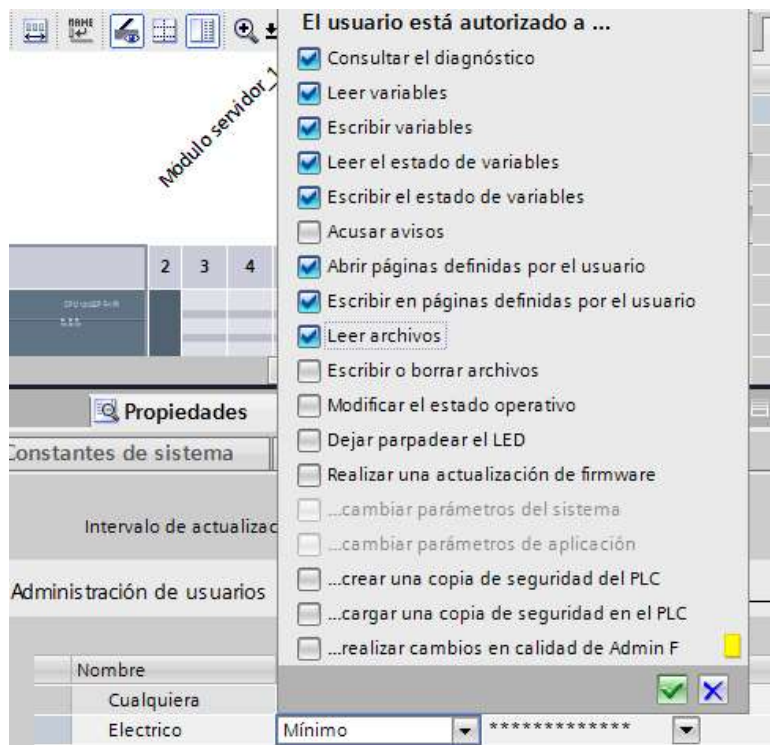
Activación del servidor web.



- ✓ En la opción Administrar Usuarios, crear un usuario con su contraseña y seleccionar las opciones que se habilitarán en el servidor web.

Figura 130

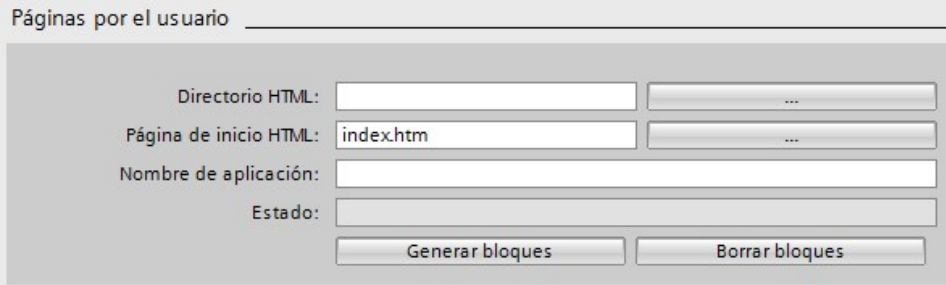
Configuración de las características del servidor web.



- ✓ Una vez se hayan creado las páginas web en codificación HTML, CSS y Javascript es necesario cargarlas dentro de la memoria de la CPU. Para ello, ir al menú Páginas de Usuario.

Figura 131

Direccionamiento de los programas HTML, CSS, JS.



Páginas por el usuario

Directorio HTML: ...

Página de inicio HTML: ...

Nombre de aplicación:

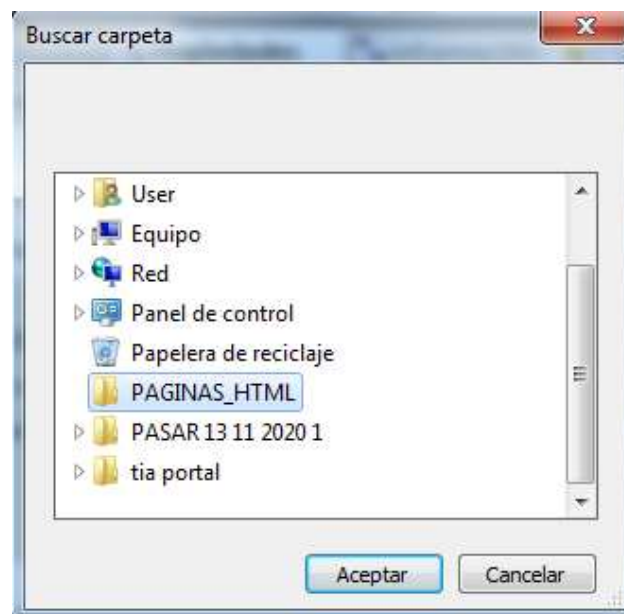
Estado:

Generar bloques Borrar bloques

- ✓ Seleccionar Directorio HTML y elegir la dirección de la carpeta en donde se encuentran almacenadas las páginas HTML.

Figura 132

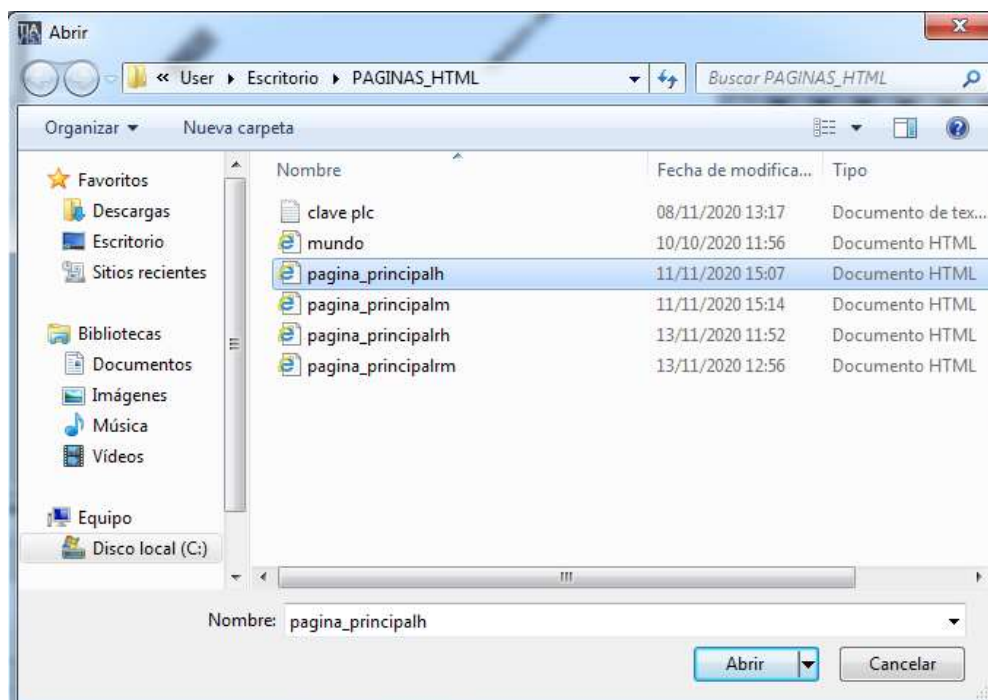
Ubicación de los programas HTML, CSS, JS.



- ✓ Seleccionar la página de inicio HTML, y cargar la página de inicio que se desplegará en el servidor web.

Figura 133

Carga de las páginas HTML programadas.



- ✓ Dar un nombre a la aplicación y seleccionar Generar bloques.

Figura 134

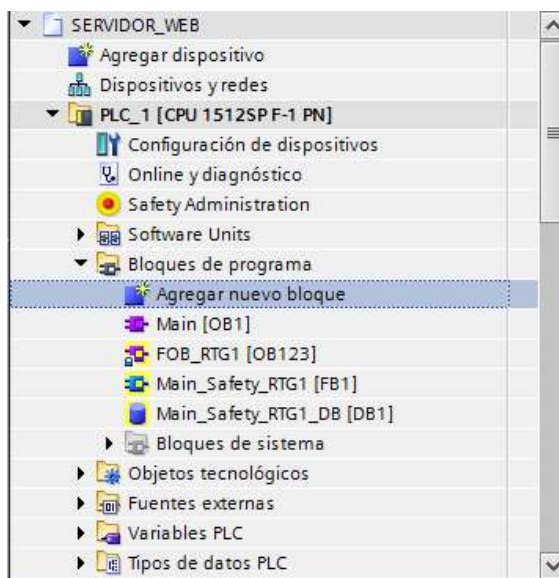
Generación de bloques.



- ✓ Cargar la configuración de hardware al dispositivo.
- ✓ En el menú del programa, Abrir Bloques de Programa y Agregar nuevo bloque.

Figura 135

Creación de un nuevo bloque de programa.



- ✓ Crear un nuevo bloque de función y nombrarlo.

Figura 136

Creación de un bloque de función en Tia Portal.



- ✓ Abrir el bloque de función creado y en el segmento uno insertar la instrucción WWW que permite inicializar el servidor web de la CPU.

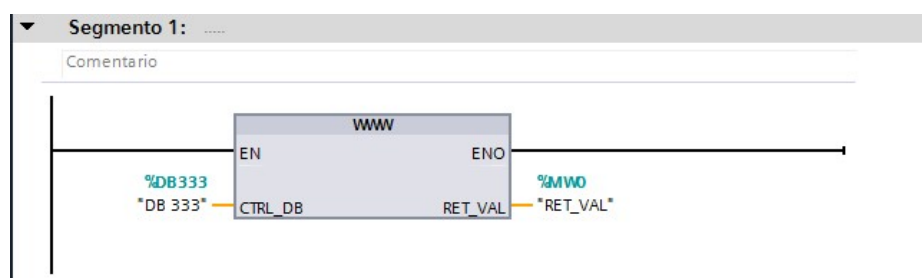
Figura 137

Instrucción WWW.

Comunicación		
Nombre	Descripción	Versión
Comunicació...		V1.3
Open user co...		V6.0
OPC UA		
Servidor WEB		V1.1
WWW	Sincronizar páginas web definidas por el usuario	V1.1
Otros		
Procesador d...		

Figura 138

Parámetros de la instrucción WWW.



- ✓ Cargar la configuración de software en el PLC.

Capítulo IV

Resultados

En el presente capítulo se dan a conocer los resultados de las configuraciones y puesta en marcha de los diferentes equipos de automatización configurados, utilizando el mismo software de programación: Starter, Tia Portal, Step 7; es posible verificar el envío y recepción de los datos enviados y recibidos por los variadores de frecuencia, periferia descentralizada y controladores lógicos programables S7 400 y S7 1500 configurados en este proyecto, verificando de esta manera la correcta parametrización de la red industrial propuesta.

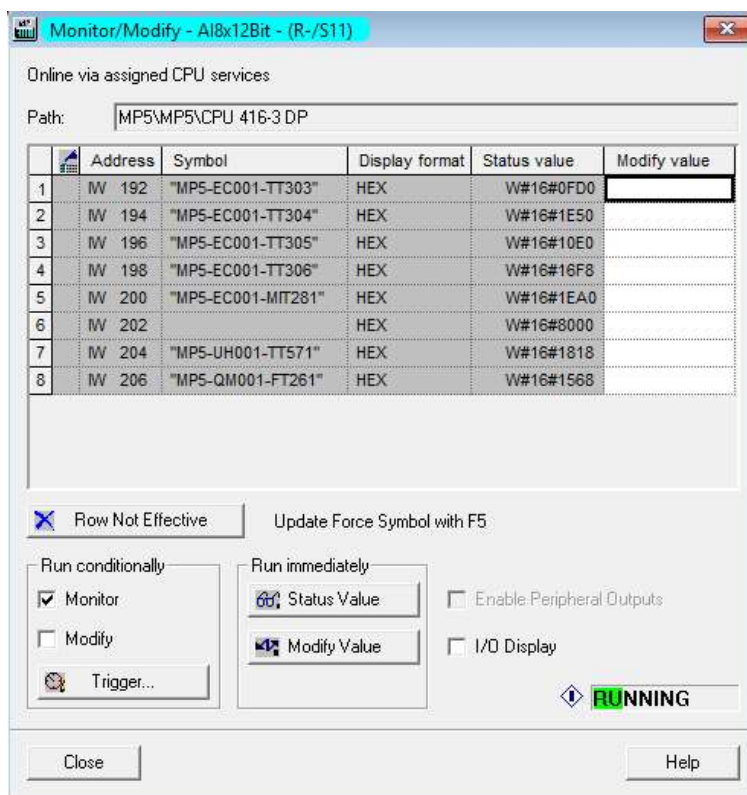
Además, se describen las acciones que se han implementado como resultado del análisis de los datos de las corrientes y velocidades de los motores eléctricos y los datos de procesos del sistema de secado Hood, y cómo estas acciones han minimizado las afectaciones en la calidad del producto y la disminución de tiempos perdidos por caídas de hollín y cambios de motores por averías.

Pruebas de comunicación entre la ET 200 y el PLC S7 – 400

En la gráfica 139 se pueden observar los datos que ingresan el módulo de entradas análogas configurado en el proyecto, las señales provienen de transmisores de temperatura y presión diferencial, el dato es presentado en formato hexadecimal, es también posible observar el dato en formato decimal.

Figura 139

Monitoreo de valores recibidos por el módulo análogo.



En la Tabla 15 se indica la representación de los valores análogos en el programa en el rango de medición de intensidad de 0 a 20 mA y de 4 a 20 mA.

Tabla 15.

Representación de valores análogos en Step 7.

Dec.	Hex.	0 a 20 mA	4 a 20 mA	Observación
32767	7FFF	23,70 mA	22,96 mA	Rebase por defecto
32512	7F00			
32511	7EFF	23,52 mA	22,81 mA	Rango de rebase por exceso

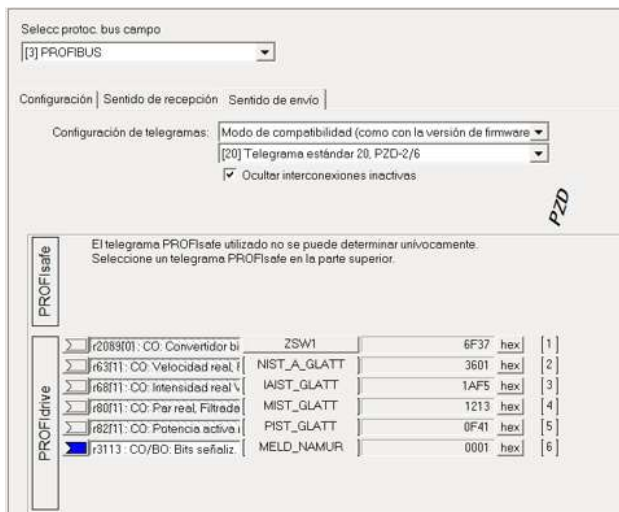
Dec.	Hex.	0 a 20 mA	4 a 20 mA	Observación
27649	6C01			
27648	6C00	20 mA	20 mA	
20736	5100	15 mA	16 mA	
1	1	723,4 nA	4 mA + 578,7 nA	Rango nominal
0	0	0 mA	4 mA	
-1	FFFF			Rango de rebase por defecto
-4864	ED000	-3,52 mA	1,185 mA	
-4865	ECFF			Rebase por defecto
-32768	8000			

Pruebas de comunicación entre los VFD Sinamics y el PLC S7 – 400

En la figura 140 en estado Online del software Stater, se pueden observar los datos enviados desde el variador de frecuencia Sinamics hacia el PLC S7 400, los datos enviados son: velocidad, corriente, potencia y estado.

Figura 140

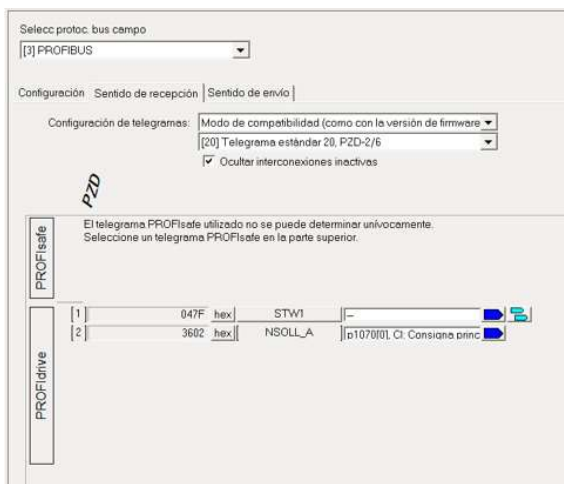
Monitoreo de datos recibidos en el VFD.



Y los datos recibidos desde el PLC S7 – 400, datos relacionados con la señal de habilitación y referencia de velocidad, se pueden observar en la figura 141.

Figura 141

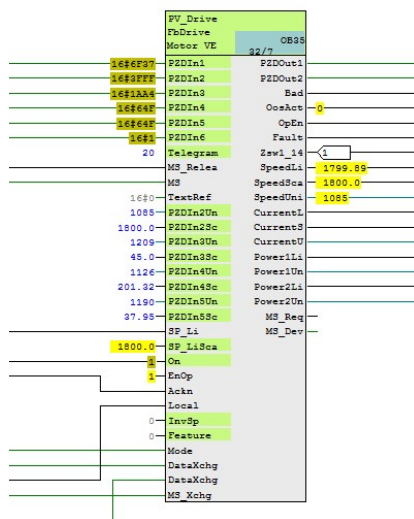
Monitoreo de señales de habilitación en el VFD.



En la figura 142 se pueden observar los datos enviados por el variador de frecuencia Sinamics y recibidos por el bloque de comunicación Profibus DP FB1905 en el PLC S7 – 400.

Figura 142

Monitoreo de señales enviadas por el VFD.



En el bloque FbDrive en las entradas PZDIn se observa en formato hexadecimal los datos de: palabra de estado, velocidad, corriente, torque, estos datos son enviados por el variador de frecuencia Sinamics, de esta manera se verifica la correcta recepción de datos.

Pruebas de comunicación entre el PLC S7 – 400 y el PLC – S7 1500.

El protocolo de comunicación utilizado para el envío de datos desde el S7 400 al S7 1500 es UDP, en el bloque de envío del S7 400 FC70 se especifica el DB que enviará la información para este caso es el DB258, en el bloque de recepción del S7 1500 FC TURCV se especifica el DB en donde se almacenará la información para este caso es el DB5.

En la figura 143 el bloque de datos DB258 en estado Online en donde se cargan los datos que son enviados por UDP por el PLC S7 – 400.

Figura 143

Monitoreo de datos almacenados en el DB258 que son enviados por UDP.

Address	Declaration	Name	Type	Initial value	Actual value
0.0	in	IN	REAL	0.000000e+000	94.50231
4.0	in	IN_1	REAL	0.000000e+000	190.8901
8.0	in	IN_2	REAL	0.000000e+000	342.4177
12.0	in	IN_3	REAL	0.000000e+000	0.247592
16.0	in	IN_4	REAL	0.000000e+000	3599.78
20.0	in	IN_5	REAL	0.000000e+000	1799.921
24.0	in	IN_6	REAL	0.000000e+000	1699.841
28.0	in	IN_7	REAL	0.000000e+000	1599.878
32.0	in	IN_8	REAL	0.000000e+000	0.1736115
36.0	in	IN_9	REAL	0.000000e+000	0.0
40.0	in	IN_10	REAL	0.000000e+000	100.0
44.0	in	IN_11	REAL	0.000000e+000	190.8884
48.0	in	IN_12	REAL	0.000000e+000	106.3368
52.0	in	IN_13	REAL	0.000000e+000	140.3356
56.0	in	IN_14	REAL	0.000000e+000	1.066332
60.0	in	IN_15	REAL	0.000000e+000	19.13654
64.0	in	IN_16	REAL	0.000000e+000	0.0
68.0	in	IN_17	REAL	0.000000e+000	85.82169
72.0	in	IN_18	REAL	0.000000e+000	342.4177
76.0	in	IN_19	REAL	0.000000e+000	0.0
80.0	in	IN_20	REAL	0.000000e+000	0.0
84.0	in	IN_21	REAL	0.000000e+000	0.0
88.0	in	IN_22	REAL	0.000000e+000	0.0
92.0	in	IN_23	REAL	0.000000e+000	0.0
96.0	in	IN_24	REAL	0.000000e+000	0.0









96.0	in	IN_24	REAL	0.000000e+000	0.0
100.0	in	IN_25	REAL	0.000000e+000	0.0
104.0	in	IN_26	REAL	0.000000e+000	0.0
108.0	in	IN_27	REAL	0.000000e+000	0.0
112.0	in	IN_28	REAL	0.000000e+000	0.0
116.0	in	IN_29	REAL	0.000000e+000	0.0
120.0	in	IN_30	REAL	0.000000e+000	73.54102
124.0	in	IN_31	REAL	0.000000e+000	20.42001
128.0	in	IN_32	REAL	0.000000e+000	317.9207
132.0	in	IN_33	REAL	0.000000e+000	82.26709
136.0	in	IN_34	REAL	0.000000e+000	48.0011
140.0	in	IN_35	REAL	0.000000e+000	275.4299
144.0	in	IN_36	REAL	0.000000e+000	411.2748
148.0	in	IN_37	REAL	0.000000e+000	142.3043
152.0	in	IN_38	REAL	0.000000e+000	183.8125
156.0	in	IN_39	REAL	0.000000e+000	149.8969
160.0	in	IN_40	REAL	0.000000e+000	51.93441
164.0	in	IN_41	REAL	0.000000e+000	7.678154
168.0	in	IN_42	REAL	0.000000e+000	49.09208
172.0	in	IN_43	REAL	0.000000e+000	-0.5623804
176.0	in	IN_44	REAL	0.000000e+000	0.0
180.0	in	IN_45	REAL	0.000000e+000	0.0
184.0	in	IN_46	REAL	0.000000e+000	0.0
188.0	in	IN_47	REAL	0.000000e+000	0.0
192.0	in	IN_48	REAL	0.000000e+000	0.0
196.0	in	IN_49	REAL	0.000000e+000	0.0

En la figura 143 el bloque de datos DB258 en estado Online en donde se observan los datos enviados por UDP por el PLC S7 – 400. La configuración de todos los datos es de tipo Real.

Figura 144 Monitoreo de datos enviados por el S7 400 al PLC S7 1500.

Monitoreo de datos almacenados en el DB5 que son enviados por el S7 400 y recibidos por el S7 1500.

DB_CARGAR_DATOS_PCS7					
	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Valor de observación
1	Static				
2	IN	Real	0.0	0.0	94.47338
3	IN_1	Real	4.0	0.0	190.9284
4	IN_2	Real	8.0	0.0	359.1415
5	IN_3	Real	12.0	0.0	0.2409594
6	IN_4	Real	16.0	0.0	3599.78
7	IN_5	Real	20.0	0.0	1799.921
8	IN_6	Real	24.0	0.0	1699.957
9	IN_7	Real	28.0	0.0	1600.11
10	IN_8	Real	32.0	0.0	0.02893518
11	IN_9	Real	36.0	0.0	0.0
12	IN_10	Real	40.0	0.0	100.0
13	IN_11	Real	44.0	0.0	190.9274
14	IN_12	Real	48.0	0.0	106.9155
15	IN_13	Real	52.0	0.0	139.9067
16	IN_14	Real	56.0	0.0	1.041668
17	IN_15	Real	60.0	0.0	20.31586
18	IN_16	Real	64.0	0.0	0.0
19	IN_17	Real	68.0	0.0	88.69032
20	IN_18	Real	72.0	0.0	359.1415
21	IN_19	Real	76.0	0.0	0.0
22	IN_20	Real	80.0	0.0	0.0
23	IN_21	Real	84.0	0.0	0.0
24	IN_22	Real	88.0	0.0	0.0
25	IN_23	Real	92.0	0.0	0.0
26	IN_24	Real	96.0	0.0	0.0
27	IN_25	Real	100.0	0.0	0.0
28	IN_26	Real	104.0	0.0	0.0
29	IN_27	Real	108.0	0.0	0.0
30	IN_28	Real	112.0	0.0	0.0
31	IN_29	Real	116.0	0.0	0.0
32	IN_30	Real	120.0	0.0	73.26416
33	IN_31	Real	124.0	0.0	20.10223
34	IN_32	Real	128.0	0.0	322.0441
35	IN_33	Real	132.0	0.0	81.48779
36	IN_34	Real	136.0	0.0	47.40894
37	IN_35	Real	140.0	0.0	309.942
38	IN_36	Real	144.0	0.0	403.065
39	IN_37	Real	148.0	0.0	142.3239
40	IN_38	Real	152.0	0.0	186.5365
41	IN_39	Real	156.0	0.0	150.263
42	IN_40	Real	160.0	0.0	54.50578

43		IN_41	Real	164.0	0.0	7.02735
44		IN_42	Real	168.0	0.0	49.70298
45		IN_43	Real	172.0	0.0	0.1747344
46		IN_44	Real	176.0	0.0	0.0
47		IN_45	Real	180.0	0.0	0.0
48		IN_46	Real	184.0	0.0	0.0
49		IN_47	Real	188.0	0.0	0.0
50		IN_48	Real	192.0	0.0	0.0

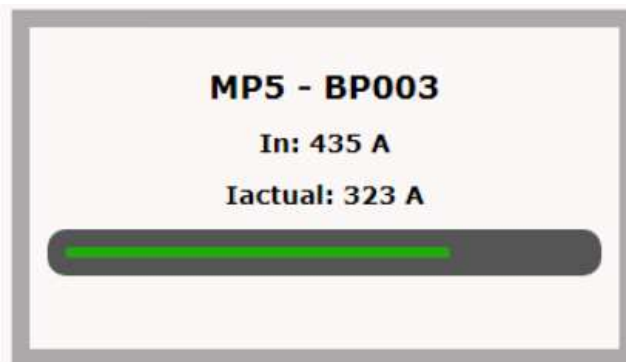
En la figura 144 el bloque de datos DB5 en estado Online en donde se observan los datos recibidos por UDP por el PLC S7 – 1500.

Pruebas de comunicación con el Servidor Web

En la figura 145 se observa el dato de corriente del motor MP5 – BP003 en la página web, en donde la corriente actual es de 323 A, este dato es tomado directamente de la dirección del PLC DB.

Figura 145

Verificación del dato enviado por el PLC S7 1500 y su recepción y presentación en el Servidor Web.



Verificación de las pantallas web

En el servidor WEB se han almacenado las siguientes pantallas.

Menú Principal

Desde donde se puede acceder al monitoreo de los datos de Quemadores, Motores Eléctricos e Indicadores de mantenimiento.

Figura 146

Menú Principal del Servidor Web.



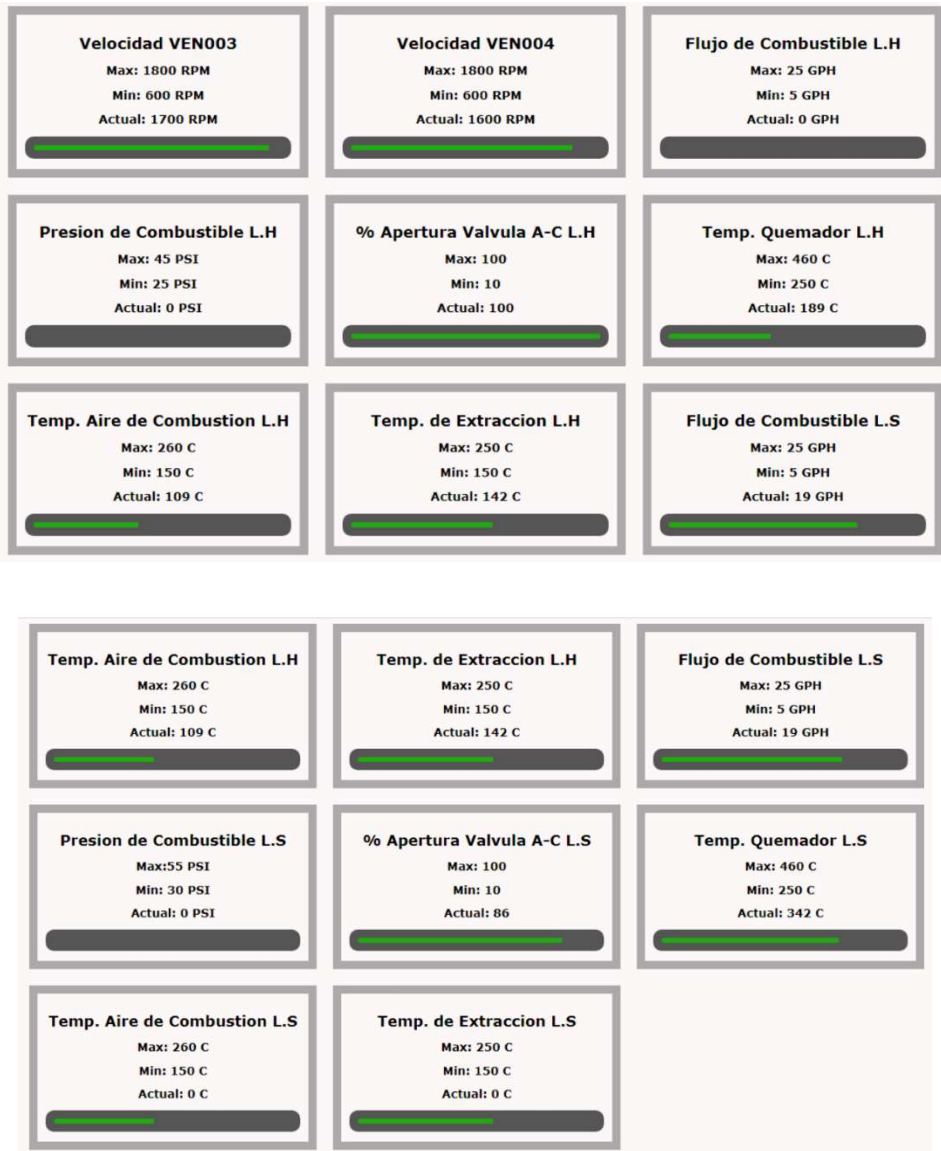
Sistema de Secado Hood

En donde se pueden observar los datos correspondientes al sistema de secado por quemadores de la máquina de papel MP5. Se han programado barras indicadoras considerando el valor máximo del Center Line para para cada variable.

Figura 147

Menú Sistema de Secado Hood.



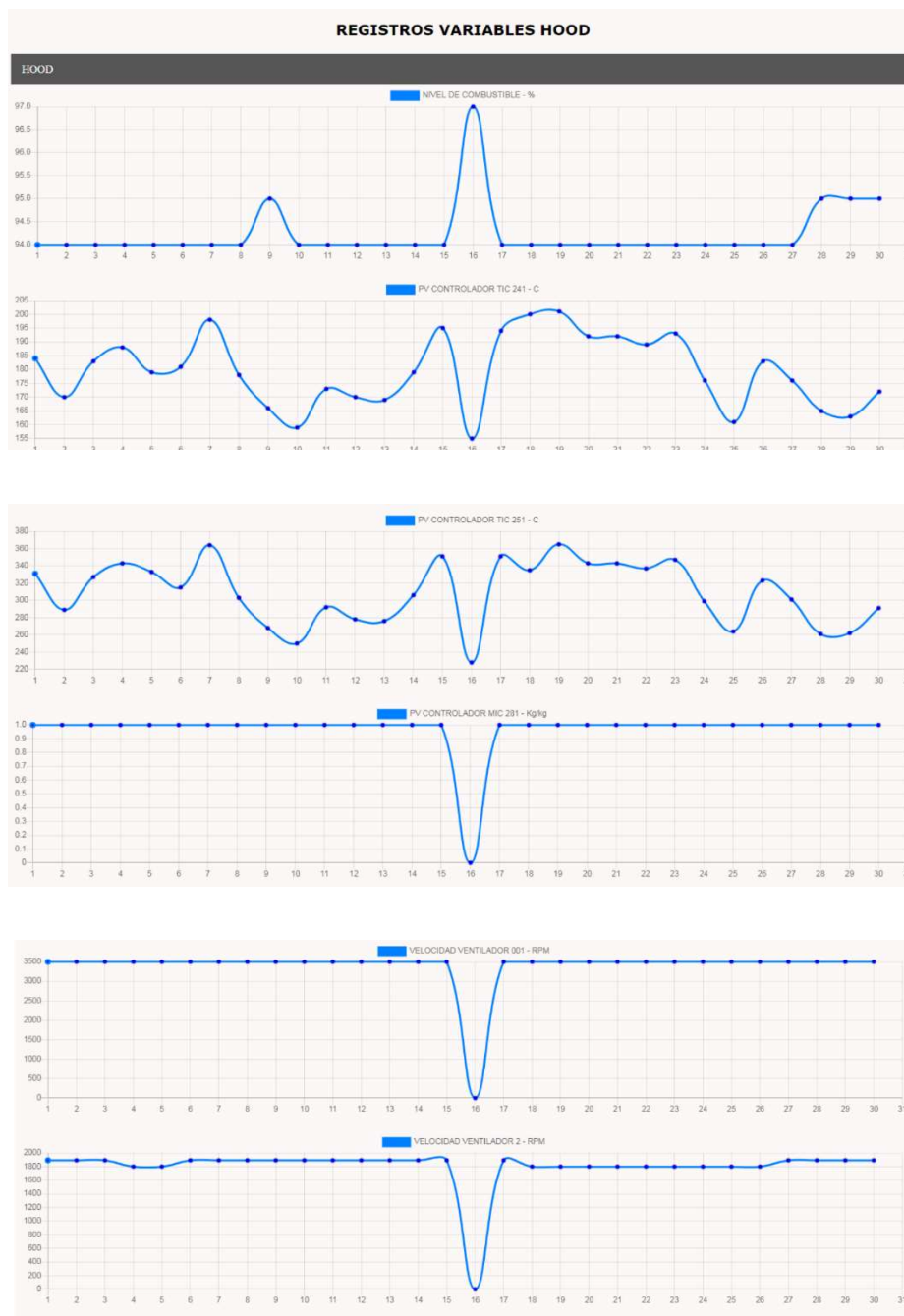


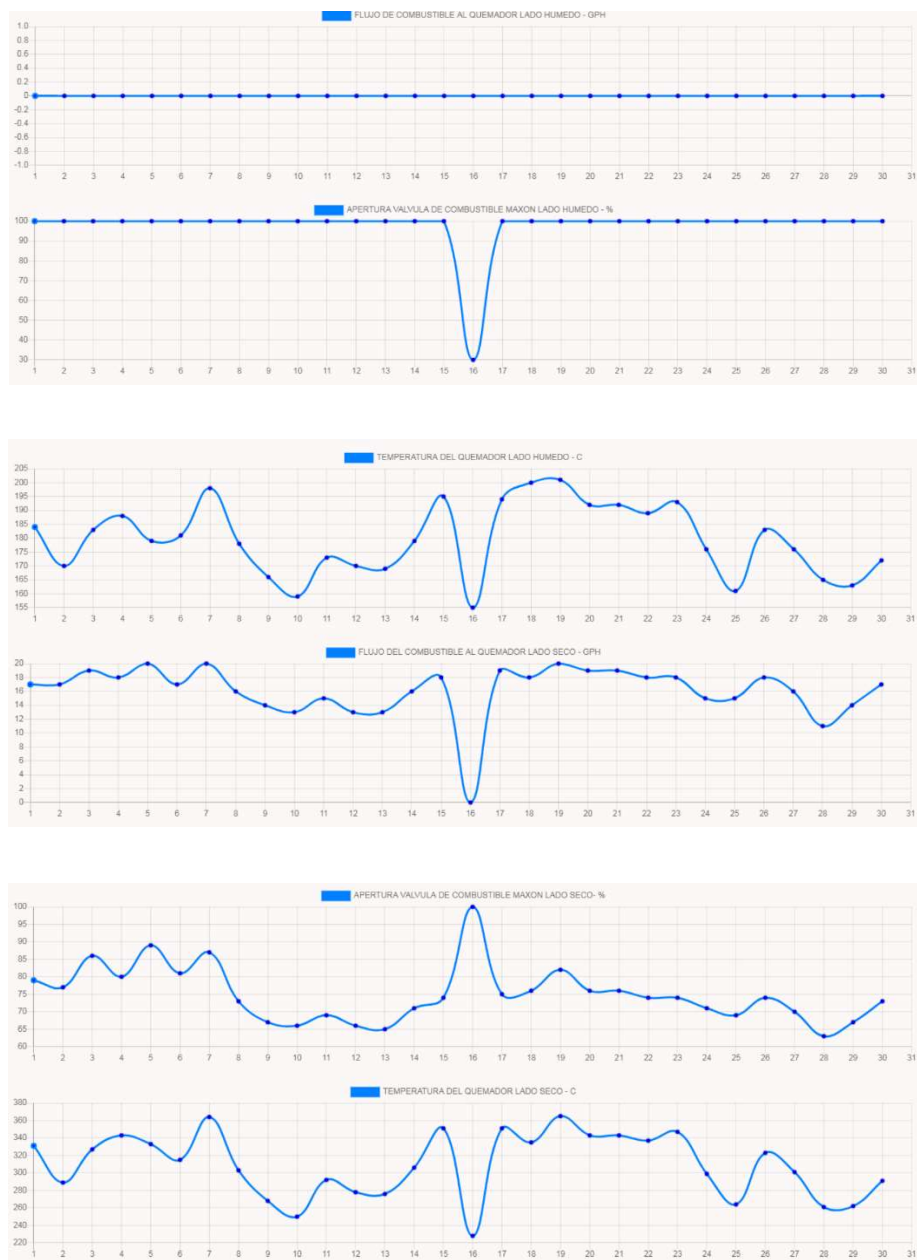
Sistema de Secado Hood – Registros HOOD

Desde esta pantalla, además se puede ingresar a los registros en tendencias de los datos, el registro del dato es almacenado de manera automática cada 8 horas, respetando los tres turnos operativos.

Figura 148

Tendencias Sistema de Secado Hood.





En la figura 148 se puede observar la tendencia de los diferentes parámetros de proceso del sistema de secado HOOD, la tendencia se la configuró con 30 valores, cada valor es tomado automáticamente mediante programación tres veces en un día: 6:00 am, 14:00 pm y 22:00 pm, esto debido a que los turnos de trabajo empiezan en estas horas, en la gráfica de tendencia se puede observar por lo tanto los registros de valores de los últimos 10 días.

Las tendencias de las variables de un proceso permiten conocer los valores máximos, medios y mínimos que pueden tomar sin que la calidad del producto se vea afectada, en caso de que los valores salgan de estos rangos, es decir salgan de especificaciones se deben tomar acciones para retornar las variables a sus estándares.

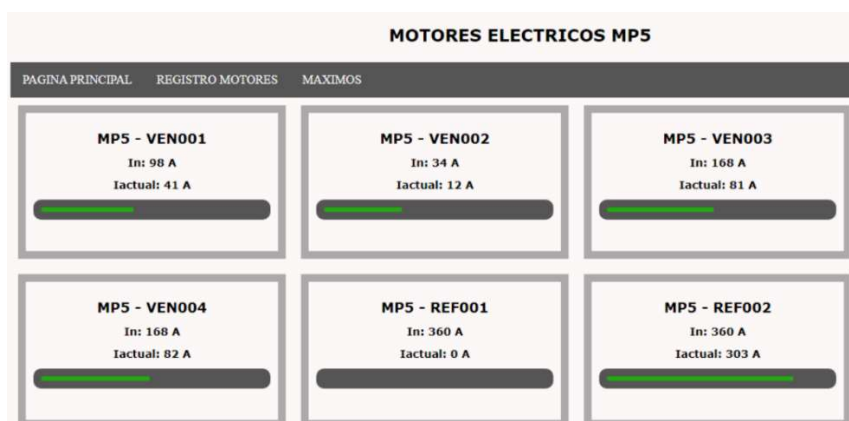
Por ejemplo, si el valor de temperatura del quemador trabaja por encima de los 350 grados centígrados o por debajo de los 200 grados centígrados, es un indicativo de que el sensor de temperatura está defectuoso, de que el lazo de control perdió sintonización, de que la válvula de relación aire/combustible se desajusto, o de que los otros sistemas de secado: vapor, tendidos o prensa succión están trabajando fuera de estándares.

Motores Eléctricos

Desde donde se puede acceder al monitoreo de los datos de corriente de los motores eléctricos de la Máquina de Papel MP5.

Figura 149

Menú Motores Eléctricos.



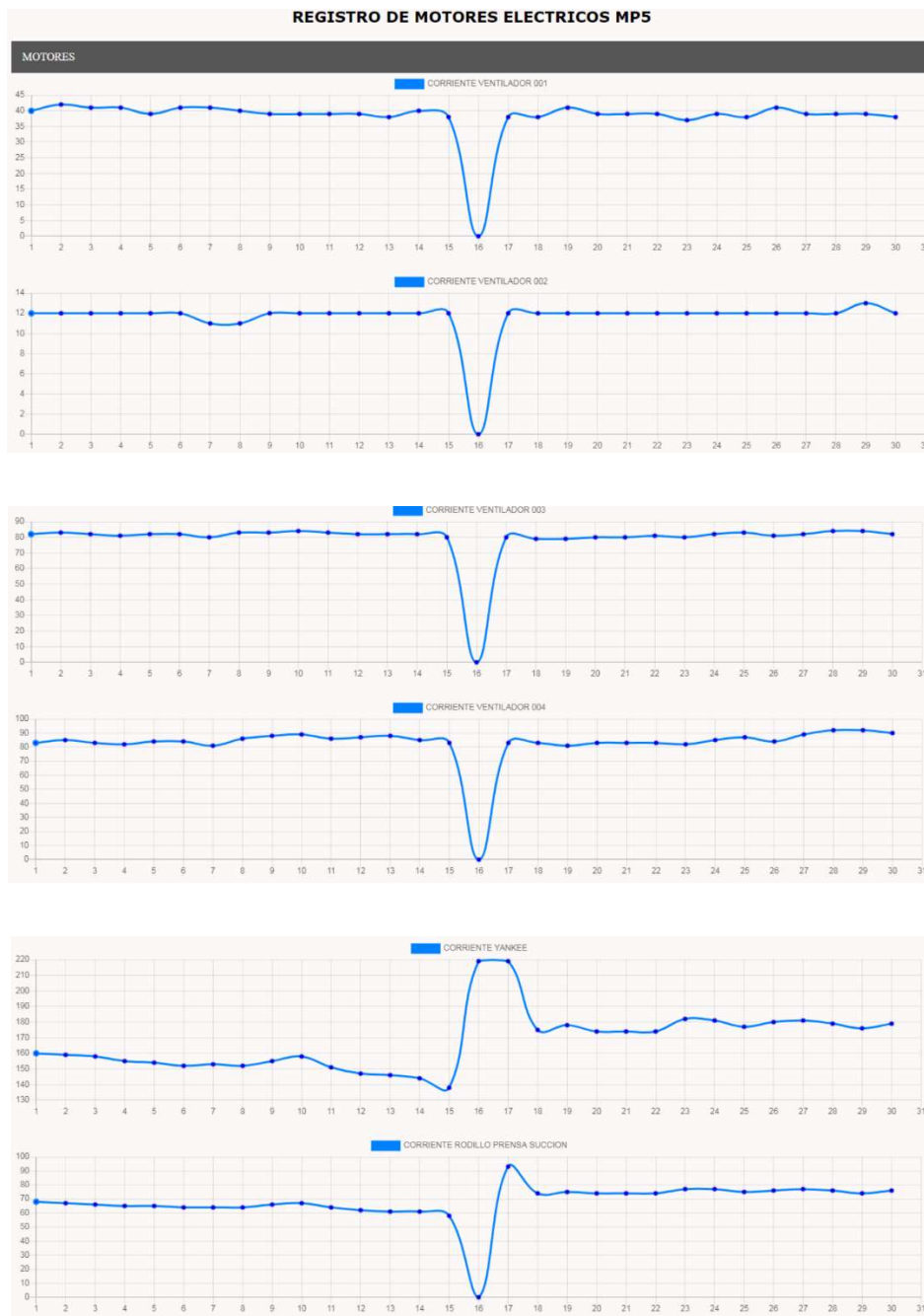


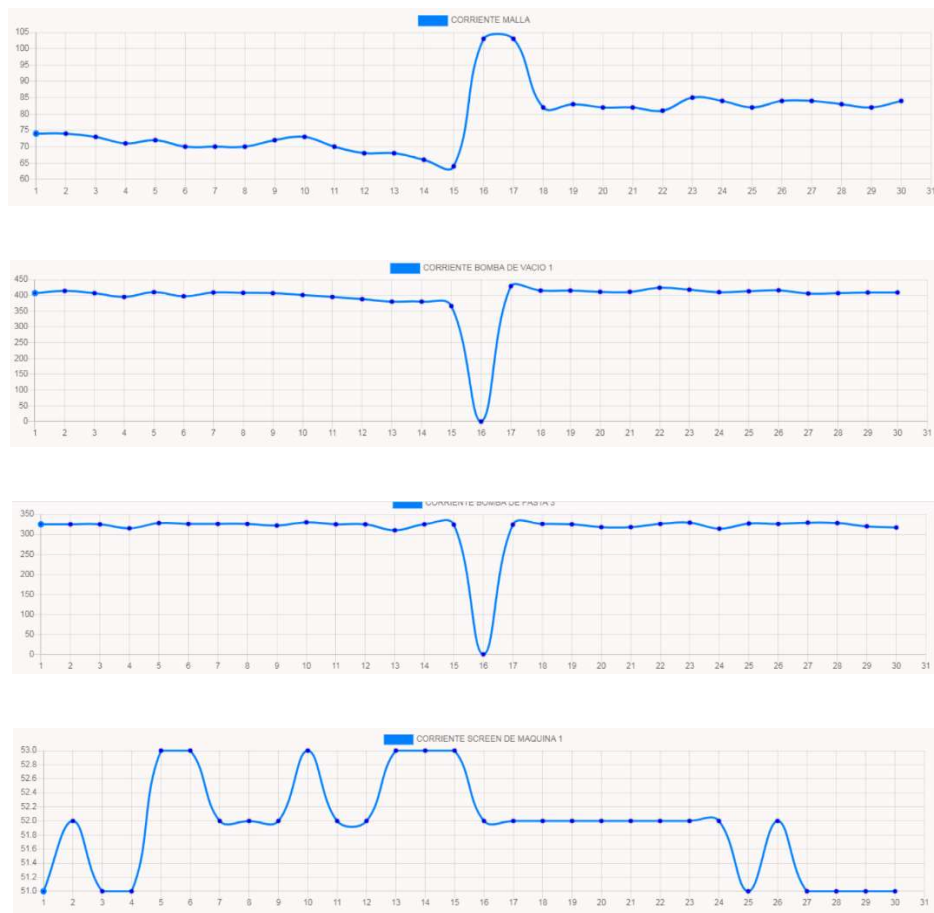
Motores Eléctricos – Registros

Desde esta pantalla, además se puede ingresar a los registros en tendencias de los datos de corrientes de los motores, el registro del dato es almacenado de manera automática cada 8 horas, respetando los tres turnos operativos.

Figura 150

Tendencias Motores Eléctricos.





En la figura 150 se puede observar la tendencia de los valores de corriente de los motores eléctricos comandados por variadores de frecuencia de la máquina de papel MP5, la tendencia se la configuró con 30 valores, cada valor es tomado automáticamente mediante programación tres veces en un día: 6:00 am, 14:00 pm y 22:00 pm, esto debido a que los turnos de trabajo empiezan en estas horas, en la gráfica de tendencia se puede observar por lo tanto los registros de valores de los últimos 10 días.

En el caso de las corrientes de los motores eléctricos, las tendencias nos permiten conocer: variaciones en las cargas mecánicas, si la tendencia se encuentra por encima de la corriente nominal, o si se observa una tendencia ascendente se realiza una revisión de vibraciones y espectros de frecuencia, después de realizar las

respectivas acciones mecánicas y eléctricas y si la tendencia se mantiene se planifica el cambio del motor.

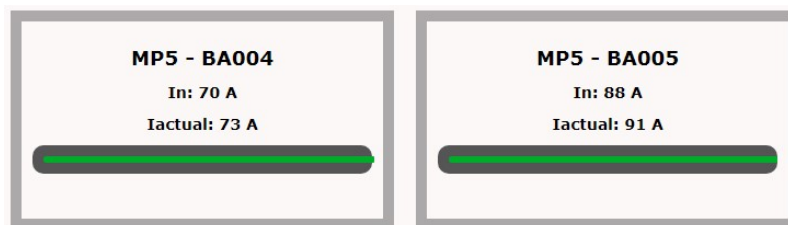
Análisis de información

Motores mal dimensionados

Los primeros resultados obtenidos permitieron identificar motores acoplados a bombas de agua mal dimensionados, la figura 151 representa la corriente de trabajo de los motores de las bombas MP5 – BA004 y MP5 – BA005.

Figura 151

Corriente de trabajo de bombas por encima de la nominal.



Como se puede observar la barra indicadora se encontraba por fuera de la gráfica, indicando que estos motores trabajaban por encima de la corriente nominal.

En los registros de cambios de estos motores se pudo observar que los mismos eran cambiados cada seis meses debido a un sobrecalentamiento en el bobinado del estator.

Al revisar las hojas técnicas de las bombas se pudo evidenciar que los motores acoplados eran de una potencia menor a la requerida por la bomba.

Disminución del tiempo de rutas de motores

Al contar con una herramienta automatizada para el registro de las corrientes de trabajo de los motores de la Máquina de Papel MP5, se ha reducido en un 15% el tiempo de ejecución de la ruta de motores, además durante el desarrollo de este trabajo de titulación se pudo determinar que otras de las variables de motores que pueden ser enviadas desde los variadores de frecuencia hacia las páginas web de una manera automática son temperatura y potencia, lo que permitirá reducir aún más el tiempo de ejecución de las rutas de motores.

En la tabla 16 se indica la reducción del tiempo en las rutas de los motores al tomar el dato de corriente directamente desde el servidor web configurado, actualmente la medición de corriente se la realiza midiendo cada una de las fases del motor, anotándolas en una hoja de registro y posteriormente subiendo esta información a un archivo digital, el tiempo que se tarde en realizar este procedimiento es de 3 minuto por cada uno de los motores.

Tabla 16.

Reducción de tiempo en rutas de motores.

MÁQUINA	FORMATO	CANTIDAD MOTORES	TIEMPO AHORRADO minutos
Motores con VFD MP5	EC-FMTE-05 V6	23	69

Nota. Disminución de tiempo en la ruta de motores de la Máquina MP5 utilizando el servidor web para medir el dato de la corriente de los motores.

El tiempo total de la ruta de motores de la máquina MP5 es de 480 minutos, por lo que la utilización del servidor web para la medición de las corrientes reduce la realización en un 14%.

Reducción de tiempos perdidos por caídas de hollín

El hollín, producido por una mala combustión en los quemadores ha sido uno de los problemas que mayormente han afectado a los indicadores de mantenimiento eléctrico, esto debido a que no solo afecta en el tiempo perdido, si no que ha sido la causa de una cantidad de rechazo considerable de producción, afectando además a otros indicadores como el E – save que relaciona la energía consumida con la producción.

El último evento producido en este año fue en el mes de abril en donde por este defecto se perdió un total de 1300 minutos y 60 toneladas de rechazo. Este evento ha sido el de mayor afectación en los indicadores de mantenimiento eléctrico en lo que va del año.

Desde la puesta en funcionamiento de las páginas web no hemos tenido eventos de caída de hollín, sin embargo el análisis de las tendencias nos han permitido observar el comportamiento de las variables del sistema de secado por quemadores hood en el tiempo, empezando a analizar la variabilidad de cada uno de los parámetros, determinando de esta manera los factores que producen dicha variabilidad para finalmente tomar decisiones que permitan anticiparnos a la aparición de eventos de este defecto de calidad.

En la figura 152 se puede observar, por ejemplo, la variación en el flujo de combustible que ingresa en el quemador.

Figura 152

Tendencia flujo de combustible al quemador lado seco.



Lo que repercute en la variación de temperatura del quemador que se puede observar en la figura 153.

Figura 153

Tendencia temperatura quemador lado seco.



Las páginas web y la gráfica de las tendencias se han convertido en una herramienta que nos permite tomar acciones al observar comportamientos en los datos.

Con las gráficas de tendencia resulta sencillo identificar el momento en que los sistemas sufren perturbaciones y empiezan a trabajar fuera de center lines, el objetivo cuando esto sucede es la toma de acciones para volver los parámetros a sus estándares, evitando así defectos de calidad en el producto.

Comprobación de la hipótesis

La hipótesis a comprobar se cita a continuación: El monitoreo remoto de variables de proceso, disminuye los defectos de calidad y aumenta la disponibilidad en la Máquina de Papel MP5 de la Empresa Productos Familia Sancela del Ecuador S.A.

Para la demostración de la hipótesis se expone a continuación el historial de eventos por caídas de hollín durante los últimos 2 años, información descargada del sistema SAP BW.

En la tabla 17 se observa que desde el año 2019 han existido un total de 19 eventos por causa de caída de hollín con un tiempo perdido de producción de 3780 minutos.

Tabla 17.

Historial de eventos caída de hollín MP5 2019 - 2021

Puesto de trabajo	Día natural	Tipo de Paro	Texto o Comentarios	Tiempo
		PARO MANTENIMIENTO		
MP5	11/7/2019	ELÉCTRICO	Caída de hollín.	10
		PARO MANTENIMIENTO		
MP5	12/7/2019	ELÉCTRICO	Caída de hollín.	13
		PARO MANTENIMIENTO		
MP5	17/7/2019	ELÉCTRICO	Caída de hollín	90
		PARO MANTENIMIENTO		
MP5	17/7/2019	ELÉCTRICO	Caída de hollín	138
		PARO MANTENIMIENTO		
MP5	18/7/2019	ELÉCTRICO	Caída de hollín	53
		PARO MANTENIMIENTO		
MP5	18/7/2019	ELÉCTRICO	Caída de hollín	51
		PARO MANTENIMIENTO		
MP5	19/7/2019	ELÉCTRICO	Caída de hollín	297
		PARO MANTENIMIENTO		
MP5	19/7/2019	ELÉCTRICO	Caída de hollín	240

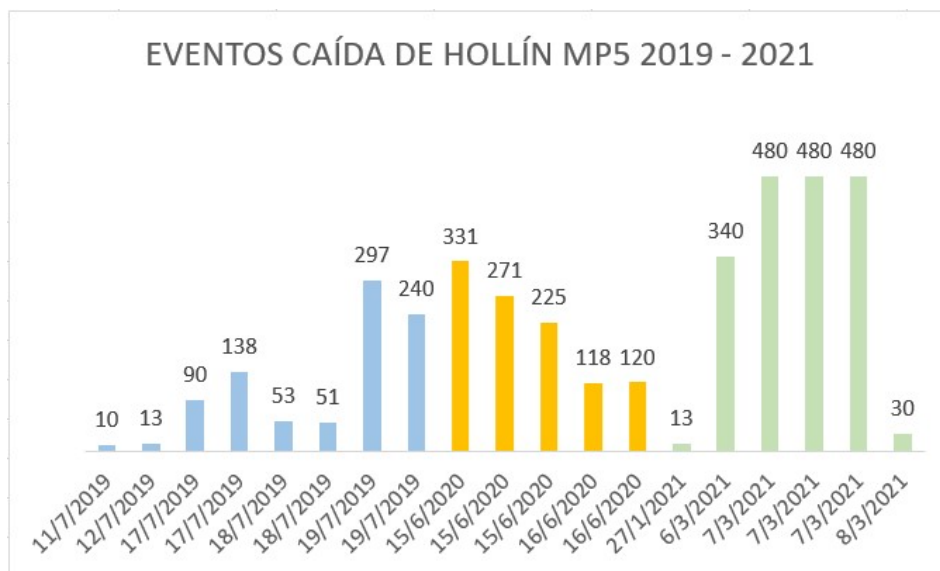
Puesto de trabajo	Día natural	Tipo de Paro	Texto o Comentarios	Tiempo
MP5	15/6/2020	PARO MANTENIMIENTO ELÉCTRICO	Caída de hollín en la hoja de papel	331
MP5	15/6/2020	PARO MANTENIMIENTO ELÉCTRICO	Caída de hollín en la hoja de papel	271
MP5	15/6/2020	PARO MANTENIMIENTO ELÉCTRICO	Caída de hollín en la hoja de papel	225
MP5	16/6/2020	PARO MANTENIMIENTO ELÉCTRICO	Caída de hollín en la hoja de papel	118
MP5	16/6/2020	PARO MANTENIMIENTO ELÉCTRICO	Caída de hollín en la hoja de papel	120
MP5	27/1/2021	PARO MANTENIMIENTO ELÉCTRICO	Seguimiento hollín	13
MP5	6/3/2021	PARO MANTENIMIENTO ELÉCTRICO	Caída de hollín	340
MP5	7/3/2021	PARO MANTENIMIENTO ELÉCTRICO	Caída de hollín	480
MP5	7/3/2021	PARO MANTENIMIENTO ELÉCTRICO	Caída de hollín	480
MP5	7/3/2021	PARO MANTENIMIENTO ELÉCTRICO	Caída de hollín	480
MP5	8/3/2021	PARO MANTENIMIENTO ELÉCTRICO	Caída de hollín	30
			TOTAL	
			TIEMPO (min)	3780

Nota. Tiempo total perdido por el problema de caída de hollín de 2018 a 2021.

En la figura 154 una representación gráfica de los eventos de caída de hollín entre los años 2019 y 2021.

Figura 154

Tendencia caída de hollín MP5.



Los últimos eventos se produjeron en marzo de 2021 con un tiempo perdido de 1780 minutos.

Desde la implementación del monitoreo de las variables del quemador Hood por medio de páginas web, además de la actualización de Center Lines para todas las variables del sistema de secado Hood, no han existido eventos de caída de hollín en el semielaborado, el fácil acceso a las variables que se monitorean en tiempo real permite actuar de una manera ágil cuando un parámetro sale fuera de center line, volviendo los sistemas a condiciones básicas de operación, logrando de esta manera anticiparnos a los problemas de mala combustión y acumulación de hollín en las tuberías del sistema.

Desde la implementación del monitoreo de variables por medio del servidor web, la generación de hollín no ha generado defectos de calidad en el semielaborado ni a afectado el indicador de Eficiencia de Máquina.

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- ✓ La programación de la barra de progreso en los indicadores permitió determinar motores que se encontraban mal dimensionados en relación con la carga que manejaban, de esta manera se redujeron gastos y la disminución de tiempos perdidos relacionados con la avería de estos equipos.
- ✓ La automatización de la captura de información por medio de sensores, transmisores y variadores de frecuencia y la presentación en páginas web de esta información, ha permitido reducir el tiempo de ejecución de las rutas de motores eléctricos y las rutas de quemadores en la Máquina de Papel MP5.
- ✓ Con las gráficas de tendencia resulta sencillo identificar el momento en que los sistemas sufren perturbaciones y empiezan a trabajar fuera de center lines, el objetivo cuando esto sucede es la toma de acciones para volver los parámetros a sus estándares, evitando así defectos de calidad en el producto.
- ✓ La comunicación Industrial Ethernet presenta tres protocolos: TCP, ISO on TCP y UDP; el protocolo de comunicación UDP es el que menor cantidad de información envía en la trama, lo que resulta conveniente para el envío de una gran cantidad de información no crítica para el proceso o los lazos de control, esta información por ejemplo puede ser el envío y recepción de datos de proceso para su posterior análisis, como el realizado en este proyecto de titulación.
- ✓ Los equipos de automatización actuales como el Controlador Lógico Programable S7 – 1500 de Siemens, tienen incorporados Servidores Web, lo que permite el desarrollo de páginas web dedicados no solo a la visualización de información, sino que también presentan capacidades de controlar una planta, sin embargo es

necesario considerar que al utilizar una comunicación no determinista como lo es Ethernet, es conveniente seguir utilizando para el propósito del control por parte del personal de operación, interfaces máquina – humano o estaciones de operación, ya que estos sistemas se conectan a redes industriales deterministas.

- ✓ El servidor web incorporado en el controlador lógico programable S7 1500, admite códigos programados en HTML, CSS y Javascript; con estas funcionalidades es posible leer variables de proceso y también escribir en localidades de memoria del PLC.
- ✓ El servidor presenta otras funcionalidades como: lista de alarmas del PLC, avisos, información sobre comunicaciones, verificación de la topología de red y exploración de archivos, es decir permite la visualización de toda la información que almacena el controlador lógico programable, hay que considerar que no todos los modelos presentan estas características.
- ✓ Dentro de los pilares de la excelencia operacional, se encuentra la generación de estándares para las variables de proceso, una vez determinados estos estándares es necesario mantener las variables dentro de los límites establecidos, el monitoreo remoto permite obtener esta información de una manera automática y un análisis mediante tendencias que facilita la toma de decisiones.
- ✓ Actualmente el seguimiento de Center Line (toma de datos de proceso y análisis), en la máquina MP5 no es llevada de manera correcta por la parte operativa, se ha observado que en muchas ocasiones los datos no son tomados debido a los problemas en máquina que impide que el operador los registre, además el análisis de esta información no es realizado; esto se corrige con el monitoreo remoto de variables mediante la utilización de páginas web.

Recomendaciones

- ✓ En la máquina de papel MP5 la comunicación entre autómatas se realiza por medio del protocolo Industrial Ethernet, la transmisión de estos datos no son críticos para el proceso por lo que es recomendable utilizar el protocolo UDP debido a que la trama de comunicación es pequeña en comparación con protocolos como TCP e ISO on TCP.
- ✓ La programación de tendencias para el análisis de datos brinda una información más detallada sobre el comportamiento de las variables, la tendencia permite observar el comportamiento de variabilidad y si el valor se encuentra dentro de límites establecidos.
- ✓ Es necesario configurar la misma velocidad de transmisión en todos los equipos que se comunican mediante red industrial Ethernet, con el objetivo de evitar colisiones y pérdidas de comunicación.
- ✓ No todos los servidores web que vienen incorporados en los controladores lógicos programables presenten las mismas capacidades, es necesario definir correctamente las funcionalidades y características de la aplicación a desarrollar antes de la adquisición de los equipos de automatización.
- ✓ Para que el monitoreo remoto permita una correcta toma de decisiones es necesario que el dato indicado en las páginas web sea el correcto; por lo tanto, los instrumentos tienen que tener una frecuencia de calibración y ajuste, además es necesario configurar correctamente los escalamientos en los instrumentos y en el controlador lógico programable, así como los tipos de datos y redondeo de variables.
- ✓ Un diseño anticipado de las páginas web permite que la programación en HTML, CCS y Javascript sea fácil y rápida, el cambio en el diseño de la página puede

provocar cambios significativos en la estructura de estos lenguajes de programación.

Bibliografía

- Basanta, M., Tanmoy, M., & Joby, A. (2015, May). Embedded web PLC: a new advances in industrial control and automation. In 2015 Second International Conference on Advances in Computing and Communication Engineering (pp. 156-160). IEEE.
- Cujano Caluña, E.P (2018). Incremento de la productividad en el Molino MP5 de fabricación de papel tissue, de la Empresa Familia Sancela del Ecuador S.A., mediante la teoría de las Restricciones “toc”. [Tesis de Maestría, Escuela Politécnica Nacional].
<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19203?locale=de>
- Ján, K., Milan, D. y Marek, L. (mayo de 2013). Utilización del PLC como servidor web para la monitorización remota del proceso tecnológico. En Actas de la XIV Conferencia Internacional de Control de los Cárpatos (ICCC) (pp. 144-149). IEEE
- Jiménez, V. G., Yuste, R. Y., & Martínez, L. (2012). *Comunicaciones Industriales Siemens*. Marcombo.
- Jokinen, J., Postelnicu, C., Zhang, B., Camp, R., Suhonen, M., Karhumäki, O., & Lastra, J. M. (2012, October). Condition monitoring for predictive maintenance in the pulp & paper industry: Two implementations. In 2012 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC) (pp. 1633-1638). IEEE.
- Monografías.com, (2014). Electiva sistemas distribuidos. Profibus DP. [Por: Juan Pablo Ferrari]. <https://www.monografias.com/trabajos-pdf/sistemas-de-control-distribuido/sistemas-de-control-distribuido2.shtml>

- Sisman, G., Nicu, B., & Mihai, O. (2018, June). The importance of PLC in the predictive maintenance of electronic equipment. In 2018 10th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI) (pp. 1-5). IEEE.
- SIMATIC PCS7. (2013, Abril). The SIMATIC PCS 7 Process Control System, Edición, 1.
- SIMATIC PCS7. (2014, Febrero). Sistema de Control de Procesos SIMATIC PCS7, Componentes del Sistema, Edición, 2.
- SIMATIC PCS7. (2016, Julio). Sistema de Control de Procesos SIMATIC PCS7, Módulos de comunicación, cables estándar para RFID, componentes de red SCALANCE, Edición, 1.
- SIMATIC S.A. (2014, Diciembre). S7 - 1500. Servidor Web, Manual de funciones, Edición, 1.
- SIMATIC S.A. (2015, Abril). ET - 200M. Sistema de periferia descentralizada, Instrucciones de servicio, Edición, 1.
- SINAMICS S.A. (2018, Diciembre). S120. Comunicación, Manual de funciones, Edición, 1.
- SIMATIC S.A. (2012, Enero). Sistema de periferia descentralizada ET 200M, Edición, 1.
- Subu, M., Hikon W., & Lieven, C. (2003, October). From sensor to web using PLC with embedded web server for remote monitoring of processes. In SENSORS, 2003 IEEE (Vol. 2, pp. 966-969). IEEE.
- victor-fuzzylogic.blogspot.com, (2014). Comunicaciones Industriales. Profibus DP. [Por: Victor]. <http://victor-fuzzylogic.blogspot.com/2014/01/profibus-dp.html>