



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

**TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DISTRIBUIDO
EMPLEANDO PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL
ENFOCADO A LOS OBJETOS (IIoT), PARA EL CONTROL Y
MONITOREO REMOTO EN TIEMPO REAL (RT) A TRAVÉS DE LA WEB
EN EL LABORATORIO DE HIDRÓNICA Y NEUTRÓNICA DE LA
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE EXTENSIÓN
LATACUNGA**

AUTOR: MOREANO ABATA, ALEX RUBEN

DIRECTOR: ING. SÁNCHEZ OCAÑA, WILSON EDMUNDO

LATACUNGA

2019



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DISTRIBUIDO EMPLEANDO PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL ENFOCADO A LOS OBJETOS (IIoT), PARA EL CONTROL Y MONITOREO REMOTO EN TIEMPO REAL (RT) A TRAVÉS DE LA WEB EN EL LABORATORIO DE HIDRÓNICA Y NEUTRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA”** realizado por el señor **Moreano Abata, Alex Ruben**, 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 teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 25 de enero del 2019

Ing. Sánchez Ocaña, Wilson Edmundo

C.C.: 0501529937

DIRECTOR DE PROYECTO



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Moreano Abata, Alex Ruben**, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DISTRIBUIDO EMPLEANDO PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL ENFOCADO A LOS OBJETOS (IIoT), PARA EL CONTROL Y MONITOREO REMOTO EN TIEMPO REAL (RT) A TRAVÉS DE LA WEB EN EL LABORATORIO DE HIDRÓNICA Y NEUTRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA”**, 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.

Latacunga, 25 de enero del 2019

Moreano Abata, Alex Ruben

C.C.: 050408898-0



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, **Moreano Abata, Alex Ruben**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DISTRIBUIDO EMPLEANDO PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL ENFOCADO A LOS OBJETOS (IIoT), PARA EL CONTROL Y MONITOREO REMOTO EN TIEMPO REAL (RT) A TRAVÉS DE LA WEB EN EL LABORATORIO DE HIDRÓNICA Y NEURÓNICA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA”**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 25 de enero del 2019



Moreano Abata, Alex Ruben

C.C.: 050408898-0

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico principalmente a Dios, por bríndame la vida, salud y sabiduría necesaria para cumplir uno de los objetivos más anhelados en mi vida.

A mis queridos padres, Luis Rubén y Lucita Ofelia por llenar mi vida de amor, alegría, y sobre todo de valiosos consejos.

A mi querida hermana Lucita Anabel por brindarme su tiempo y un hombro para descansar. A mi querida abuelita María Georgina, y mi querido tío Aníbal, quienes forman parte importante en mi vida y siempre han estado pendientes de mí.

Está proyecto y todo lo que logre hacer será gracias a su fortaleza, virtudes y valores inculcados en mi persona.

Alex

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi gratitud principalmente a Dios, quien, con su bendición llena siempre de amor, fortaleza, sabiduría mi vida y la de toda mi familia. A mis padres, Luis Rubén y Lucita Ofelia quienes, con su esfuerzo, trabajo y sobre todo sus buenos consejos han sembrado en mí una persona llena de principios y valores, al igual que han sabido darme su ejemplo de perseverancia y a nunca darme por vencido en las metas que me propongo. A mi hermanita, Luz Anabel por su apoyo incondicional en todo momento. De igual manera mis agradecimientos a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, a toda la Carrera de Ingeniería Electromecánica, a mi asesor de tesis, el Ing. Wilson Sánchez, quién me ha brindado la confianza, ayuda y buena voluntad para la elaboración de este trabajo. A mis profesores, quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional. Finalmente expreso el agradecimiento a todos mis compañeros de clase, en especial a mis amigos del grupo C-308, con quienes compartimos buenos y malos momentos a lo largo de nuestra trayectoria universitaria.

Gracias a todos.

Alex

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA

CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xviii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT.....	xx

CAPÍTULO I

PROBLEMÁTICA

1.1. Planteamiento del Problema.....	1
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Justificación e Importancia	4
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. Objetivo General.....	5
1.4.2. Objetivos Específicos	5

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Redes de comunicación industrial	6
2.1.1. Sistemas de control distribuido.....	7

2.1.2.	Pirámide de Automatización CIM.....	8
a)	Nivel de gestión	8
b)	Nivel de célula	9
c)	Nivel de Campo	9
d)	Nivel Actuador/Sensor	9
2.2.	Buses de campo	10
2.2.1.	Profibus	10
a)	Profibus DP (Decentralized Periphery)	10
b)	Profibus PA (Process Automation)	10
c)	Profibus FMS (Fieldbus Message Specification)	11
2.2.2.	Ethernet Industrial.....	11
2.2.3.	Profinet	11
2.2.4.	Modbus.....	12
a)	Modbus RTU.....	13
b)	Modbus TCP/IP	14
2.3.	Modelo OSI.....	16
a)	Capa Física	17
b)	Capa de Enlace de datos	17
c)	Capa de Aplicación.....	18
2.4.	Sistemas SCADA.....	18
2.4.1.	Arquitectura general de un Sistema SCADA	19
2.4.2.	Funciones de un Sistema SCADA	20
a)	Supervisión remota de procesos	20
b)	Control de procesos remotamente.....	20

c)	Procesamiento de información	21
d)	Almacenamiento de datos	21
2.4.3.	Interfaz Hombre – Máquina (HMI)	21
2.5.	Controlador Lógico Programable – PLC	22
2.5.1.	PLC Simatic S7 – 1500.....	23
2.5.2.	PLC Simatic S7 – 1200.....	23
2.6.	Software Totally Integrated Automation Portal – TIA Portal V14	24
2.7.	Industria 4.0.....	25
2.8.	Internet de las Cosas (IoT)	26
2.9.	Internet Industrial de las Cosas (IIoT).....	27
2.9.1.	Características de la IIoT	28
2.9.2.	Beneficios de la IIoT	29
a)	Flexibilidad.....	29
b)	Herramientas	29
c)	Ahorro.....	29
2.10.	Arquitectura IoT	30
2.11.	Protocolos IoT.....	31
2.11.1.	WiFi	31
2.11.2.	Bluetooth	31
2.11.3.	LoRaWAN.....	32
2.11.4.	SigFox	33
2.11.5.	OPC UA.....	34
2.11.6.	HTTP (REST/JSON).....	35
2.11.7.	MQTT	36

2.11.8. CoAP	36
2.11.9. SSH – Secure SHell	37
2.11.10. Características de Protocolo SSH	38
2.12. Datos en IoT	38
2.12.1. El Little Data	38
2.12.2. El Big Data.....	39
2.13. Interfaces de Programación de Aplicaciones – API.....	39
2.14. Diseño UI.....	40
2.15. Plataformas IoT	40
2.15.1. Plataformas de Conectividad – M2M	40
2.15.2. Propiedades de una Plataforma IoT	41
2.15.3. Tipos de Plataformas en la Nube.....	42
a) Freeboard.io	42
b) Ubidots	42
c) Fred Sensetecnic.....	43
2.16. Plataformas Informáticas	43
2.16.1. PuTTY	43
2.16.2. Windows PowerShell	44
2.16.3. JSON	45
2.16.4. Node-JS.....	45
2.16.5. Node-RED	46
2.17. Red Local (Localhost).....	47
2.17.1. Importancia del Localhost.....	48
2.18. Dispositivo Siemens IoT 2040	48

2.19.	Hipótesis.....	49
2.19.1.	Variables de Investigación.....	49

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1.	Antecedentes Investigativos	50
3.2.	Modalidad de Investigación	53
3.2.1.	Método Bibliográfico Documental	53
3.2.2.	Método Inductivo – Deductivo	53
3.2.4.	Método Analítico	54
3.3.	Tipo de investigación	54
3.3.1.	Investigación Descriptiva	54
3.3.2.	Investigación Fundamental.....	55
3.3.3.	Investigación Exploratoria.....	55
3.4.	Diseño de la Investigación.....	55
3.5.	Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	56
3.5.1.	Fuentes de Información	56
3.5.2.	Instrumentos de la Investigación	56
3.5.3.	Métodos de Recolección de datos.....	57
3.6.	Validez y confiabilidad del instrumento de recolección.....	58
3.7.	Procesamiento y análisis de la información.....	59
3.7.1.	Análisis de la información	59

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1.	Análisis de Módulo didáctico con protocolo Modbus	60
4.1.1.	Equipos utilizados.....	62
a)	Medidor de Energía Siemens SENTRON PAC 3200.....	62
b)	Variador de Frecuencia – DELTA VFD007E23A	62
c)	Convertidor Modbus TCP/IP – RTU, IFD9507	63
d)	Pantalla HMI DOP – B03E211	64
4.1.2.	Variables manejadas	65
a)	Datos de SENTRON PAC 3200.....	65
b)	Registros de Variador de Frecuencia Delta	66
4.2.	Estación compacta de trabajo – Sistema Multivariable.....	66
4.2.1.	Sensores utilizados.....	69
4.2.2.	Variador de Frecuencia SINAMICS V20.....	71
4.2.3.	Variables manejadas	71
a)	Nivel.....	72
b)	Caudal	73
4.3.	Módulo de Control Proporcional HYD &PNEU	74
4.3.1.	Variables manejadas	74
4.4.	Comprobación de hipótesis	74
4.5.	Planteamiento de hipótesis.....	75
4.6.	Viabilidad del proyecto.....	75

CAPÍTULO V

PROPUESTA

5.1.	Datos Informativos.....	76
5.1.1.	Beneficiarios	76
5.2.	Objetivos.....	77
5.2.1.	Objetivo General.....	77
5.2.2.	Objetivos Específicos	77
5.3.	Justificación de la Propuesta	77
5.4.	Fundamentación Propuesta.....	78
5.5.	Diseño de la Propuesta	79
5.5.1.	Resumen	79
5.5.2.	Obtención de datos.....	80
5.5.3.	Arquitectura del Proyecto	82
5.6.	Criterio de Selección del equipo	83
5.6.1.	Selección de Módulo IoT	83
a)	Análisis de elección del equipo.....	84
b)	Implementación del módulo IoT.....	84
5.7.	Configuración y creación de Proyecto en TIA Portal V14	84
5.7.1.	Configuración de dispositivos	85
5.7.2.	Configuraciones iniciales de cada PLC	88
5.8.	Elaboración de SCADA del Sistema Distribuido en TIA Portal V14.....	89
5.8.1.	Configuración del módulo didáctico con protocolo Modbus.....	89
5.8.2.	Configuración del Estación de Trabajo Multivariable (Nivel & Caudal)	95
5.8.3.	Configuración del Sistema de Control Proporcional HYD & PNEU.....	98
5.8.4.	Configuración del PLC Maestro	99

5.8.5.	Elaboración de Interfaz gráfica del SCADA en WinCC.....	100
5.9.	Instalación y Configuración de Node-RED en Windows.....	100
5.9.1.	Instalación y configuración de paquetes adicionales en Node-RED.....	102
5.9.2.	Configuración de Nodos S7 en Node-RED.....	103
5.9.3.	Configuración de Nodos de visualización DASHBOARD en Node-RED	106
5.9.4.	Programación para agregar imágenes desde GitHub hacia Dashboard.....	108
5.9.5.	Compilación y visualización de Programa en Dashboard.....	108
5.9.6.	Guardar proyecto de Node-RED.....	110
5.10.	Instalación de imagen en Tarjeta MicroSD	110
5.10.1.	Colocación de Tarjeta de memoria en el Dispositivo IoT 2040.....	112
5.11.	Configuración del Dispositivo IoT 2040	113
5.11.1.	Configuración del Software Putty.....	113
5.11.2.	Cambio de dirección IP del IoT 2040.....	115
5.11.3.	Inicio de Node-RED e instalación de paquetes	117
5.12.	Configuración de alojamiento en una Plataforma WEB.....	118
5.12.1.	Visualización de Interfaces gráficas en la WEB.....	122
CAPÍTULO VI		
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		
6.1.	CONCLUSIONES.....	124
6.2.	RECOMENDACIONES.....	125
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		126
ANEXOS		133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de comunicaciones industriales	6
Figura 2. Sistemas de Control Distribuido – DCS	7
Figura 3. Pirámide CIM	8
Figura 4. Esquema de una Red Modbus	13
Figura 5. Arquitectura Maestro - Esclavo en Modbus RTU	13
Figura 6. Esquema Modbus TCP/IP	15
Figura 7. Esquema básico de un Sistema SCADA	19
Figura 8. Arquitectura básica de un Sistema SCADA	19
Figura 9. Dispositivos HMI Siemens	22
Figura 10. PLC Siemens S7-1500	23
Figura 11. PLC Siemens S7-1200	24
Figura 12. Software TIA Portal V14	25
Figura 13. Esquema de la evolución industrial	26
Figura 14. Esquema Representativo de Internet de las Cosas	27
Figura 15. Internet de las Cosas Industrial	28
Figura 16. Arquitectura IoT	30
Figura 17. Estructura de Red LoRaWAN	33
Figura 18. Estructura de Red Sigfox	33
Figura 19. Esquema comparativo entre OPC Clásico y OPC UA	34
Figura 20. Esquema Protocolo HTTP	35
Figura 21. Esquema Protocolo MQTT	36
Figura 22. Esquema de Red MQTT y CoAP	37
Figura 23. Esquema del Protocolo SSH	38
Figura 24. Esquema representativo del Big Data	39
Figura 25. Interfaz de Visualización de datos en Freeboard	42
Figura 26. Interfaz de Visualización de datos en Ubidots	43
Figura 27. Interfaz de configuración en PuTTY	44
Figura 28. Interfaz gráfica PowerShell	45

Figura 29. Logo NodeJs	46
Figura 30. Logo Node-RED	46
Figura 31. Interfaz gráfica Node-RED.....	47
Figura 32. Siemens IoT 2040.....	48
Figura 33. Módulo didáctico con protocolo abierto Modbus.....	60
Figura 34. Esquema de red Modbus TCP/IP – Modbus RTU	61
Figura 35. SENTRON PAC 3200.....	62
Figura 36. Variador de Frecuencia DELTA VFD007E23A	63
Figura 37. Convertidor IFD 9507	64
Figura 38. Pantalla HMI DOP – B03E211.....	64
Figura 39. Registros de SENTRON PAC3200.....	65
Figura 40. Registros de VFD – DELTA.....	66
Figura 41. Estación de trabajo compacta – Planta Multivariable	67
Figura 42. Plano P&ID	68
Figura 43. Sensor ultrasónico UB800-18GM40	69
Figura 44. Sensor de flujo YF-S201.....	70
Figura 45. Sensor de Presión Danfoss MBS33M	70
Figura 46. Sensor de Temperatura PT100 de tres hilos	71
Figura 47. Variador de frecuencia SINAMICS V20	71
Figura 48. P&ID para el lazo de control de nivel.....	72
Figura 49. P&ID para el lazo de control de caudal.....	73
Figura 50. Sistema de Control Proporcional PNEU/HYD.....	74
Figura 51. Voltaje de Línea – SENTRON PAC.....	81
Figura 52. Corrientes de Línea – SENTRON PAC	81
Figura 53. Potencias Totales del Sistema – SENRON PAC.....	82
Figura 54. Arquitectura del Proyecto	82
Figura 55. Software TIA Portal V14	85
Figura 56. Creación de un nuevo proyecto en TIA Portal V14.....	85
Figura 57. Agregar dispositivos al Proyecto.....	86
Figura 58. Determinar dispositivo en Línea	86

Figura 59. Detectar PLC en la Red.....	87
Figura 60. Dispositivo agregado correctamente al Proyecto.....	87
Figura 61. Vista de Topológica de Redes.....	88
Figura 62. Activación de marcas de sistema y de ciclo	88
Figura 63. Activación de PUT/GET	89
Figura 64. Selección de Bloque MB_CLIENT	90
Figura 65. Bloque MB_CLIENT para comunicación Modbus.....	91
Figura 66. Agregar Bloque de Datos	91
Figura 67. Deshabitar del Acceso optimizado al bloque	92
Figura 68. Base de Datos SENTRON PAC 3200	92
Figura 69. Selección de Bloque TSEND_C	93
Figura 70. Configuración de Parámetros de Conexión TSEND_C	94
Figura 71. Configuración de Parámetros de Bloque TSEND_C	94
Figura 72. Bloques TSEND_C & TRCV_C	95
Figura 73. Recepción y Acondicionamiento de señales - Planta Multivariable	95
Figura 74. Bloques PID - Planta Multivariable	96
Figura 75. Habilitar Modo de Operación como Dispositivo IO	96
Figura 76. Selección Áreas de Transferencia.....	97
Figura 77. Configuración de las Áreas de Transferencia.....	97
Figura 78. Acondicionamiento de señales de entrada - Control Proporcional	98
Figura 79. Bases de Datos – PLC Maestro.....	99
Figura 80. Programación pantalla HMI Comfort Panel	100
Figura 81. Windows PowerShell – Instalación de Node-RED.....	101
Figura 82. Instalación de Librerías S7 en Node-RED	102
Figura 83. Nodo S7 instalado	103
Figura 84. Agregar nuevo dispositivo PLC en Node-RED	104
Figura 85. Configuración de Parámetros de conexión del PLC en Node-RED.....	104
Figura 86. Agregar variables de PLC Maestro en Node-RED.....	105
Figura 87. Asignar variable a nodos S7	105
Figura 88. Nodos de Visualización – DASHBOARD.....	106

Figura 89. Conexión de Nodos en Node-RED	107
Figura 90. Configuración de Nodos de Visualización	107
Figura 91. Nodos para visualización de Imágenes de Node-RED en Dashboard.....	108
Figura 92. Código de Programación para visualización de Imagen en Dashboard ...	108
Figura 93. Compilar y selección ítem DASHBOARD en Node-RED.....	109
Figura 94. Interfaz Gráfica - Node-RED.....	109
Figura 95. Exportar a Bloc de Notas el proyecto de Node-RED	110
Figura 96. Instalación de Imagen en Tarjeta MicroSD	111
Figura 97. Archivos Instalados en la MicroSD - EFI	111
Figura 98. Particiones realizadas en la MicroSD	112
Figura 99. Colocación de Tarjeta MicroSD en Dispositivo IoT 2040.....	112
Figura 100. Puertos Ethernet - Dispositivo IoT 2040	113
Figura 101. Asignar dirección IP al ordenador (TCP/IPv4)	114
Figura 102. Ventana CMD realizando PING a IoT 2040.....	114
Figura 103. Ingreso de dirección IP en Putty.....	115
Figura 104. Ventana de comandos Putty.....	115
Figura 105. Cambio de dirección IP de IoT, en la interfaz Putty	116
Figura 106. Asignación de nuevo IP (TCP/IPv4), con nueva subred.....	117
Figura 107. Node-RED inicializado en Putty.....	117
Figura 108. Interfaz Gráfica Node-RED desde IoT 2040	118
Figura 109. Registro en Fred Sensetecnic	119
Figura 110. Alojamiento de Node-RED en Plataforma	119
Figura 111. Nodos de Comunicación con la Nube.....	120
Figura 112. Configuración de Nodos Fred.....	120
Figura 113. Configuración de Nodos Fred en el Servidor WEB.....	121
Figura 114. Nodos Fred conectados hacia el Servidor WEB.....	121
Figura 115. Nodos Fred conectados desde el Servidor WEB.....	122
Figura 116. Interfaces gráficas IoT [1]	123
Figura 117. Interfaces gráficas IoT [2]	123

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Características Modbus RTU	14
Tabla 2	Características Modbus TCP	15
Tabla 3	Capas del Modelo OSI	16
Tabla 4	Lista de dispositivos de la Red Modbus TCP-IP/RTU	61
Tabla 5	Características de dispositivos Siemens IoT	83

RESUMEN

El presente trabajo de titulación se basa en el diseño e implementación de un sistema distribuido empleando protocolos de comunicación industrial enfocado a los objetos, encaminado a la nueva era de la industria 4.0 gracias a tecnologías emergentes de la Internet de las Cosas (IoT). El sistema distribuido está conformado por diferentes procesos didácticos industriales que emplean comunicaciones Modbus TCP/IP, Modbus RTU y Profinet con dispositivos SIEMENS y DELTA que son controlados y monitoreados a través de un Sistema SCADA que centraliza todo el proceso obteniendo los datos de cada una de las variables. Toda la información se almacena en Bases de Datos creadas en el PLC Maestro a través del Software TIA Portal. Las configuraciones de conexiones son mediante PowerShell y PuTTY, la programación se realiza mediante la herramienta informática Node-Red, la cual permite realizar la lectura y escritura de cada dato almacenado en el PLC empleando conjuntamente una Red local y un Dispositivo exclusivo para IoT que tiene la capacidad de enviar la información a través de internet, permitiendo controlar y monitorear de manera remota el sistema en tiempo real con una interfaz gráfica intuitiva con el usuario, empleando un servidor WEB que aloja a Node-RED en la Nube.

PALABRAS CLAVE:

- **INTERNET DE LAS COSAS**
- **REDES INDUSTRIALES**
- **SISTEMAS DISTRIBUIDOS**
- **INDUSTRIA 4.0**
- **NODE-RED**

ABSTRACT

This research project is based on the design and implementation of a distributed system using object-focused industrial communication protocols, aimed at the new era of industry 4.0 thanks to emerging technologies of the Internet of Things (IoT). The distributed system is formed by different industrial didactic processes that use Modbus TCP/IP, Modbus RTU and Profinet communications with SIEMENS and DELTA devices that are controlled and monitored through a SCADA System that centralizes the whole process obtaining the data of each one of the variables. All the information is stored in Databases created in the Master PLC through the TIA Portal Software. The configurations of connections are through PowerShell and PuTTY, the programming is done through the computer tool Node-Red, which allows the reading and writing of each data stored in the PLC using together a local network and an exclusive device for IoT that has the ability to send information over the Internet, allowing to control and monitor remotely the system in real time with an intuitive graphical interface with the user, using a WEB server that hosts Node-RED in the Cloud.

KEYWORDS:

- **INTERNET OF THINGS**
- **INDUSTRIAL NETWORKS**
- **DISTRIBUTED SYSTEMS**
- **INDUSTRY 4.0**
- **NODE-RED**

CAPÍTULO I

1. PROBLEMÁTICA

1.1. Planteamiento del Problema

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga es una Institución de Educación Superior que se caracteriza por ser la principal líder en la gestión de conocimiento y tecnología en el Ecuador, la misma que posee laboratorios especializados en cada una de las áreas de conocimiento, tal es el caso del Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica donde se encuentra una variedad de procesos didácticos industriales para el aprendizaje de los estudiantes. El problema está centrado en la falta de implementación de tecnologías emergentes enfocados al desarrollo de la nueva era de la digitalización industrial; el desarrollo y avance de estudios para la transformación digital en cuanto a comunicación industrial para empresas, pone en contexto la necesidad de mejorar y estar a la vanguardia de la tecnología en lo que refiere al manejo de datos, supervisión y control, empleando Protocolos de Internet Industrial.

Al no encontrarse implementadas este tipo de tecnologías en los laboratorios, los estudiantes que se encuentran en la formación del área de Redes y Comunicaciones Industriales conjuntamente con PLC's, no están en las capacidades de realizar prácticas de laboratorio enfocadas a este tipo de temas nacientes en la industria, por lo que el trabajo de investigación pretende dar solución a este tipo de problemáticas; implementando un sistema de control y monitoreo remoto de procesos industriales en tiempo real con la ayuda de la Internet Industrial de las Cosas (IIoT).

En la actualidad la mayor parte de empresas especialmente las industrias desconocen de la nueva era de la Industria 4.0, es por ello que tampoco cuentan con un sistema de información que permita tener procesos productivos altamente eficientes, los mismos se deben a la falta de manejo de información y datos en tiempo real que les permita tomar acciones preventivas y evitar así pérdidas tanto económicas como en producción.

1.2. Antecedentes

Actualmente el nuevo camino orientado a las comunicaciones Industriales se torna importantes al desarrollo de una nueva era en los procesos de producción para las empresas. Las tecnologías de la comunicación e información forman un papel importante en la nueva revolución industrial, o generalmente conocido como la Industria 4.0, ofreciendo una nueva manera de organizar los procesos de producción, permitiendo cada vez más que las empresas respondan de manera inmediata a las necesidades de los clientes (Valle, 2017). Es por ello que en la elaboración del presente trabajo de investigación se tomarán referencias de estudios previamente realizados, los mismos que serán un pilar fundamental en el proyecto.

En el primer antecedente mencionaremos a (Dol & Bhinge, 2018), ellos destacan que la industria 4.0 presenta lo que se denomina “fábrica inteligente”, en las cuales los sistemas tecnológicos de hardware-software monitorean y controlan procesos físicos de los centros de producción, toman decisiones y acciones descentralizadas. Los sistemas distribuidos de un determinado proceso se comunican entre sí y a la vez con los seres

humanos en tiempo real a través de las redes de comunicación inalámbrica, transformándose en Internet de las cosas.

(Sasajima, Ishikuma , & Hayashi, 2015), en su documento ‘Últimas tendencias de estandarización en la automatización industrial’, manifiestan que gracias a Internet y los ordenadores en el futuro se introducirá una nueva sociedad con un Sistema Físico Cibernético (CPS) en los entornos IIoT, denominado como la cuarta generación de la revolución industrial. Este enfoque estratégico tiene como objetivo la creación de nuevos modelos de negocio para la realización de una sociedad de fabricación más inteligente en el futuro.

En la Publicación del artículo de (Mumtaz, et al., 2017), enfatizan una visión general del desarrollo y estandarizaciones de acuerdo a la conectividad de las tecnologías IIoT y plataformas con el potencial de impulsar al desarrollo de la próxima revolución industrial, abordando los principales retos pendientes para alcanzar todo el potencial de la IIoT, es decir, lograr una conectividad segura en el sistema.

Según (Fernández & Fraga Lamas, 2018), las fábricas inteligentes se definen como fábricas flexibles debido a que todos sus sistemas de producción se encuentran conectados mediante redes e identificadas mediante etiquetas únicas de comunicación que pueden ser identificadas remotamente, capaces de manejar flujos constantes de datos de las operaciones e información de la empresa gracias a la Tecnología de la Internet Industrial de las Cosas (IIoT).

Finalmente, en la investigación de (Domova & Dagnino, 2017), destaca que en los últimos años la IIoT sigue ganando terreno con la introducción de oportunidades prometedoras para construir sistemas potentes y aplicaciones con nuevos beneficios para la industria. Sin embargo, como los sistemas industriales se vuelven más complejos, la seguridad de las operaciones debe aumentar con una gestión de alarmas asegurando así la fiabilidad y confiabilidad de las operaciones industriales.

1.3. Justificación e Importancia

La IoT tiene una amplia aplicación en diferentes sectores y ámbitos que aún no se han explorado, como en el campo de la industria, especialmente en la automatización y control de procesos, en la cual es indispensable conocer nuevas formas de monitoreo y supervisión de los mismos, es por ello que es importante conocer métodos que empleen la WEB y la IoT para controlar dispositivos y analizar los datos generados por ellos mismo.

Dentro de los objetivos que tiene la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE se encuentra la formación integral de profesionales de excelencia con enfoque investigativo, con la capacidad de solucionar problemas en el entorno en el que se desarrollen, es por eso que el presente proyecto busca mejorar la manera de llevar a cabo el monitoreo y supervisión de Sistemas Distribuidos del laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE Latacunga, en tiempo real de manera remota, empleando Internet Industrial de las Objetos (IIoT), visualizando así sus datos en cualquier lugar del mundo con un dispositivo, ya sea un ordenador o un equipo móvil, siempre y cuando los mismos tengan acceso a Internet.

Además, el presente proyecto puede ser empleado como un aporte importante para el aprendizaje de los estudiantes que se formen en el área de Redes de Comunicación Industrial en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga, debido a que este tipo de tecnologías son emergentes cada vez más en el sector industrial, y es esencial tener conocimientos de la denominada Industria 4.0.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar e Implementar un Sistema Distribuido empleando Protocolo de Comunicación Industrial enfocado a los Objetos (IIoT), para el control y monitoreo remoto en tiempo real (RT) a través de la WEB en el Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Realizar el Monitoreo y Control de Sistemas Distribuidos empleando Protocolos de Comunicación Industrial.
- Obtener datos multivariantes en Tiempo Real en un Sistema SCADA con la ayuda de WIN-CC.
- Realizar una interfaz gráfica que sea accesible y amigable con el usuario desde cualquier dispositivo, fijo o móvil con acceso a la WEB.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Redes de comunicación industrial

Las redes de comunicación industrial (véase Figura 1) forman parte esencial de los procesos de producción de las Empresas, debido a que transfieren información entre varios equipos de un sistema determinado, es así que las comunicaciones de tipo industrial deben tener en cuenta muchos aspectos particulares para satisfacer las necesidades que requieren las empresas en el ámbito de la intercomunicación de equipos y procesos en tiempo real, cabe destacar que las mismas deben ser resistentes a ambientes desfavorables, como las condiciones ambientales severas y el ruido electromagnético que se genera en áreas industriales. (Hurtado Torres, s.f.)

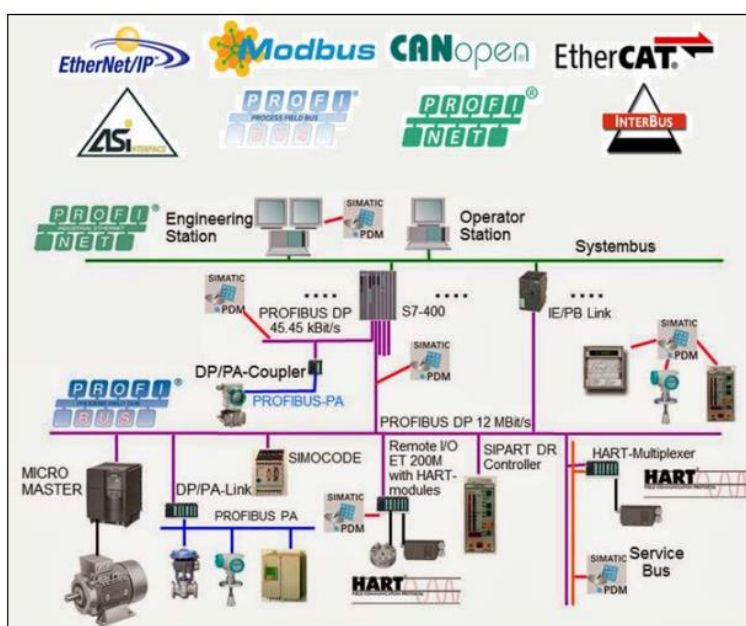


Figura 1. Esquema de comunicaciones industriales

Fuente: (Hurtado Torres, s.f.)

Es así que resumidamente las comunicaciones industriales se encargan fundamentalmente de la transferencia de información entre circuitos y sistemas electrónicos, que son empleados para ejecutar tareas de control y supervisión de procesos industriales. (Mandado, Marcos, Fernández, & Armesto, 2009)

2.1.1. Sistemas de control distribuido

Los sistemas de control distribuido o conocido como DCS (Figura 2), es un sistema de control que es empleado y aplicado para el control de procesos industriales que poseen un alto nivel de complejidad, ejecutan el control de funciones mediante una sucesión de equipos de control automático, conformados por una gran variedad de procesadores dependiendo su arquitectura; los cuales cada uno de ellos controla y supervisa una unidad de proceso en particular, en el caso de un fallo, el sistema en general no será afectado por completo; estos sistemas se caracterizan por ser flexibles, fiables y robustos, permitiendo comunicaciones a distancias grandes sin que las señales e información se pierdan por diferentes razones. (Corrales, 2007)

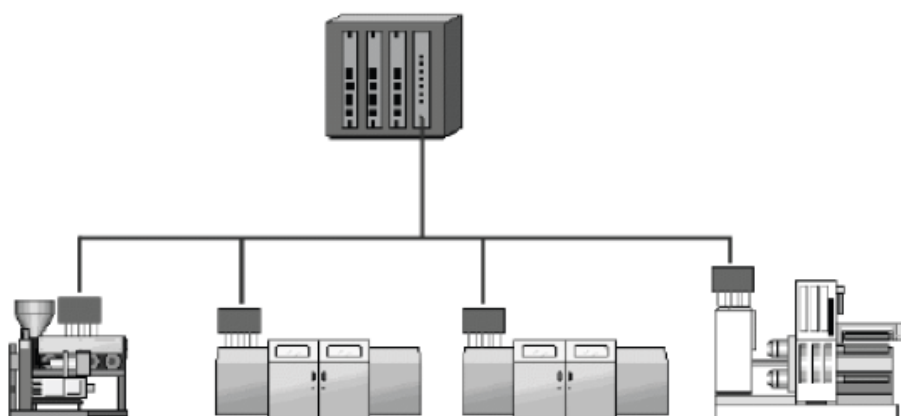


Figura 2. Sistemas de Control Distribuido – DCS

Fuente: (Rodríguez Penin, 2013)

2.1.2. Pirámide de Automatización CIM

El modelo CIM, o Manufactura Integrada por Computadora, tiene como objetivo resumir la estructuración de los sistemas de comunicación a nivel industrial, mediante un esquema gráfico que representa una pirámide (Figura 3) y está relacionada con el modelo OSI. (Rodríguez Penin, 2013)

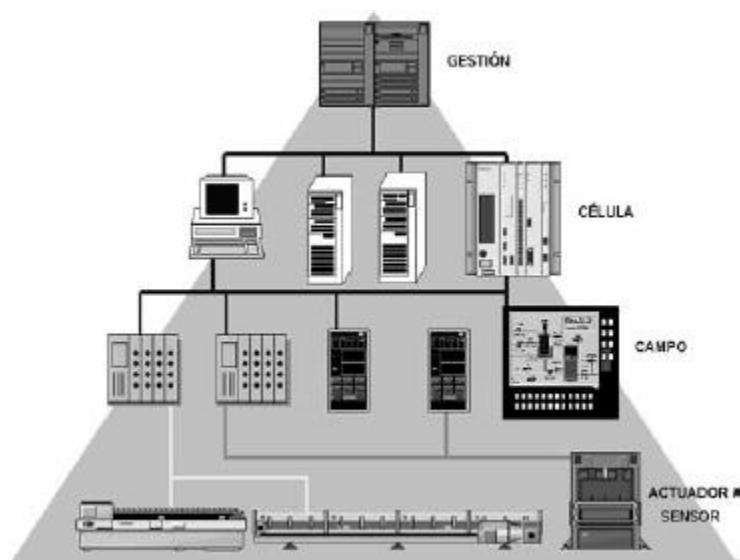


Figura 3. Pirámide CIM
Fuente: (Rodríguez Penin, 2013)

El esquema gráfico CIM se divide de acuerdo a la información que se intercambia, y a continuación se enlista los cuatro niveles de la pirámide CIM.

a) Nivel de gestión

Este nivel es el encargado de administrar y transmitir la información de todo el proceso, debido a que desde este nivel se tiene acceso a todo el sistema mediante la red. Las estaciones de trabajo son grandes equipos informáticos al igual los

computadores personales, desde aquí es posible tener acceso al exterior mediante redes de internet. (Rodríguez Penin, 2013)

b) Nivel de célula

Está conformado por los Equipos de Visualización HMI, ordenadores y Controladores Lógicos Programables, tiene como objetivo procesar cada una de las tareas que conforma el proceso de automatización, actualmente lo fundamental de este nivel es la seguridad del envío de datos, mas no la velocidad de transmisión de los mismos. (Rodríguez Penin, 2013)

c) Nivel de Campo

La función elemental de este nivel es permitir la comunicación entre los equipos o dispositivos de control que se ubican en el Nivel de célula y las instalaciones o maquinarias de campo, la transmisión de información debe ser eficiente y con la capacidad de trabajar en ambientes industriales. (Rodríguez Penin, 2013)

d) Nivel Actuador/Sensor

Este nivel es el más bajo jerárquicamente, pero no menos importante de la pirámide de automatización CIM, está conformado por sensores, pulsadores, pilotos, selectores. La gestión es relativamente simple debido a que la información manejada en bits es poca dentro del sistema de producción automatizado. (Rodríguez Penin, 2013)

2.2. Buses de campo

Un bus de campo es el sistema encargado de la transmisión de información que tiene como objetivo simplificar la instalación y operación de equipos industriales que conforman un proceso de producción, sustituyendo las conexiones punto a punto entre los equipos de campo y los dispositivos de control y supervisión empleando el conocido bucle de corriente de 4 – 20 mA. Es decir, un ‘Bus de campo’ es el nombre correspondiente a un protocolo de red industrial empleado para el control distribuido en tiempo real (Salazar & Correa, 2011).

2.2.1. Profibus

Es un protocolo que actualmente está introducido en todos los niveles del campo de la automatización, es decir, desde el nivel uno de la pirámide de automatización CIM comunicándose directamente con los dispositivos actuadores y sensores hasta sistemas que gestionan grandes cantidades de información y datos. (Rodríguez Penin, 2013)

a) Profibus DP (Decentralized Periphery)

El intercambio de datos es de tipo cíclico y de alta velocidad a nivel de campo. La comunicación se realiza principalmente con dispositivos de campo, como válvulas, sensores, actuadores, etc. (Rodríguez Penin, 2013)

b) Profibus PA (Process Automation)

Es un bus de campo conforme al estándar IEC 61158-2 empleado en tipos especiales de industrias, que suministra alimentación y transmite las comunicaciones digitalmente

entre los sistemas host, como un DCS o PLC, y los instrumentos de campo. (Pepperl Fuchs, 2019)

c) Profibus FMS (Fieldbus Message Specification)

Es un protocolo cuya transmisión de datos es de tipo acíclico es decir controlada por programa, y está orientado al intercambio de grandes cantidades de datos entre autómatas. Tiene amplias funcionalidades, aunque los tiempos de reacción son más lentos.

2.2.2. Ethernet Industrial

Se refiere al uso de protocolos Ethernet con estándar full-duplex y otros métodos para que las colisiones no influyan de forma inaceptable en los tiempos de transmisión para la automatización o el control de procesos. Los componentes utilizados en las áreas de proceso de la planta son diseñados para trabajar en ambientes severos de temperaturas extremas, humedad y vibración que excedan los rangos de los equipos de tecnología de la información destinados a la instalación en ambientes controlados. (Rodríguez Penin, 2013)

2.2.3. Profinet

Es el protocolo Profibus adaptado a Ethernet, siendo el más utilizado en redes de automatización, debido a que acelera procesos, incremental la productividad, permitiendo un intercambio de datos seguro y rápido. Profinet está basado en Ethernet Industrial, TCP/IP y algunos estándares de comunicación pertenecientes al mundo TI. (Incibe-cert, 2017)

La eficiencia de Profinet permite aprovechar al máximo cada uno de los recursos de los que dispone el usuario en la planta. Gracias a su disponibilidad y flexibilidad, ofrece al usuario un máximo de libertad para las tareas de ingeniería y la configuración de la arquitectura de la planta. (Fernandez Perez, 2015)

2.2.4. Modbus

Es un protocolo de comunicación diseñado por la empresa MODICON en el año 1979, inicialmente Modbus simplemente era un solo protocolo construido en base a comunicación serial; con el tiempo se desarrolló e implemento el protocolo TCP/IP con el objetivo de manejar diferentes unidades de datos de aplicaciones. (National Instruments, 2014)

El tipo de comunicación siempre se produce en pares, es decir el maestro o cliente debe iniciar una interacción o solicitud y posteriormente esperar alguna respuesta del esclavo o servidor respectivamente; el dispositivo que inicia la comunicación es un Sistema SCADA o una Interfaz HMI, y el que recibe la comunicación es el esclavo que generalmente es un PLC o cualquier dispositivo actuador. El contenido de las solicitudes – respuestas, y las capas de red por medio el cual se envía la información son definidas por las distintas capas del protocolo de comunicación. (National Instruments, 2014)

(Vester Industrial, 2018) manifiesta que, Modbus es una de las redes más sencillas de implementar proporcionando fiabilidad y confiabilidad en ambientes industriales. En la Figura 4, se presenta un esquema representativo de la topología de la Red Modbus.

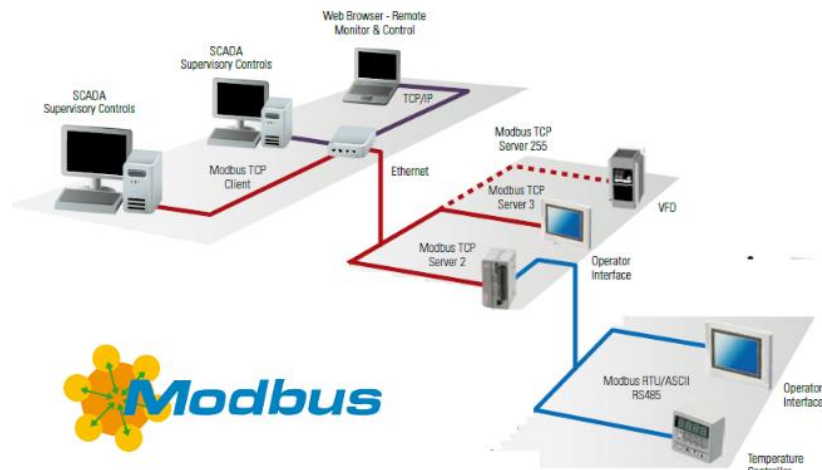


Figura 4. Esquema de una Red Modbus

Fuente: (Vester Industrial, 2018)

a) Modbus RTU

Modbus RTU (Unidad Terminal Remota), es el protocolo que conecta de manera directa los equipos actuadores, controladores, sensores, entre otros dispositivos de campo, es un protocolo serie abierto (RS-232 o RS-485) usado en la mayoría procesos de automatización en la industria, y se basa en la arquitectura maestro – esclavo.

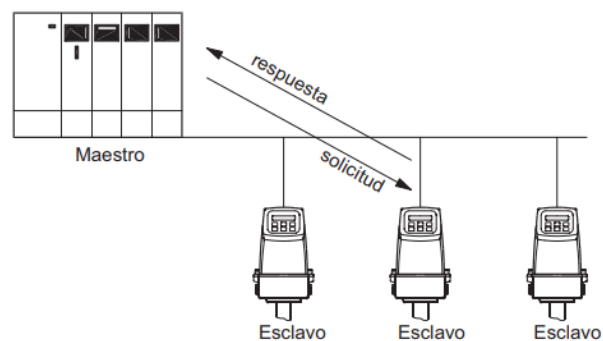


Figura 5. Arquitectura Maestro - Esclavo en Modbus RTU

Fuente: (SIEMENS, 2010)

Los mensajes transmitidos son a través de flujos continuos de caracteres, la ventaja de Modbus RTU es que tiene la capacidad de manejar una mayor cantidad de caracteres

con una velocidad de transmisión óptima para el sistema teniendo mayor rendimiento que el modo ASCII. En la Tabla 1 las características esenciales del protocolo Modbus RTU (López Salazar & Mora Ledesma, 2017)

Tabla 1

Características Modbus RTU

INFORMACIÓN MODBUS RTU	
Tipo de red	Sistema de comunicación simple Maestro/Esclavo
Velocidad de datos	1200, 2400, 4800, 9600, 19200 Baudios
Datos	0-252 por cada estructura
Max. Estaciones	1 maestro, con un máximo de 246 esclavos
Topología	RS-232: Conexión punto a punto entre Maestro y Esclavo. RS-485: Tipo bus con segmentos de hasta 32 dispositivos.
Funciones de red	Red simple Maestro/Esclavo para punto a punto (RS-232) o comunicación multipunto (RS-485)

Fuente: (López Salazar & Mora Ledesma, 2017)

b) Modbus TCP/IP

Es un protocolo de comunicación que emplea una Red Ethernet Industrial para la transmisión de información entre varios dispositivos físicos de campo (Figura 6), como PLC's, Equipos Actuadores, Sensores, entre otros. Está basado en la arquitectura Cliente – Servidor, las comunicaciones mediante Modbus se realizan a través del puerto 502 empleando un tipo de comunicación Half- dúplex. (Logicbus, 2015)

Modbus TCP/IP es un protocolo de transporte que combina una red física con una conexión en red, es importante manifestar que TCP es el Protocolo de Control de Transmisión que tiene como objetivo principal asegurar que todos los paquetes de

información sean recibidos sin problemas, mientras que IP asegura el enrutamiento y dirección de los mensajes transmitidos. (Prosoft Technology, s.f.)

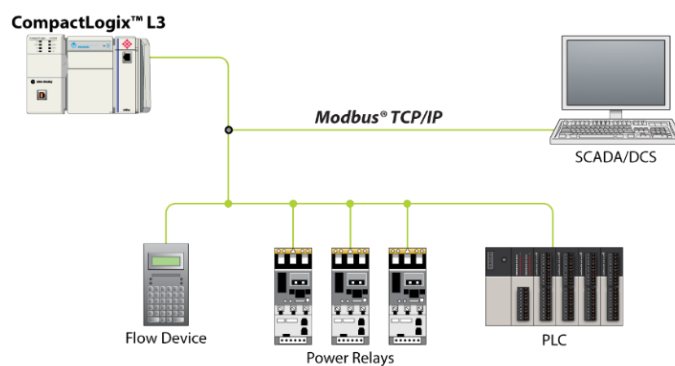


Figura 6. Esquema Modbus TCP/IP

Fuente: (Logicbus, 2015)

Modbus TCP/IP es una puerta esencial para utilizar Ethernet como medio de transmisión de información para aplicaciones de automatización, en la Tabla 2 se muestran algunas de sus características más importantes de este protocolo de comunicación. (Logicbus, 2015)

Tabla 2

Características Modbus TCP

INFORMACIÓN MODBUS TCP

Tipo de red	Ethernet-TCP-/IP basado en la arquitectura Cliente/Servidor
Funciones de red	Red simple Cliente/Servidor basada en tecnología Ethernet estándar y los protocolos TCP/UDP/IP en la capa 3-4
Topología	Muy flexible, con estructuras en estrella, árbol o bus. Todas las tipologías que pueden ser implementadas con la tecnología Ethernet estándar
Velocidad de datos	10, 100 o 1000 Mbit/s

CONTINÚA



Instalación	La tecnología de Ethernet 10, 100 o 1000 Mbit/s estándar basada en alambres de cobre, fibra óptica o accesorios inalámbricos se pueden utilizar
Datos	Desde 1500 Byte por estructura. Total: casi ilimitada
Max. Estaciones	Casi ilimitada

Fuente: (López Salazar & Mora Ledesma, 2017)

2.3. Modelo OSI

La Interconexión de Sistemas Abiertos, comúnmente conocido como OSI (Open System Interconnection) por sus siglas en inglés, fue definido por la Organización Internacional de Normalización ISO en el año 1983, y está conformado por siete niveles o capas como se muestra en la Tabla 3. (Guerrero, Yuste, & Martínez, s.f.)

Elementalmente, cada nivel se comunica con su nivel equivalente del otro sistema al que desea realizar la comunicación, siendo las capas inferiores intermediarias del proceso, creando una serie de canales que codifican y decodifican, para el envío y recepción respectivos de datos. (Rodríguez Penin, 2013)

Tabla 3

Capas del Modelo OSI

Nivel	Capa	Función
1	Física (Physical Layer)	Establece el medio físico de transporte de información, pose características eléctricas y mecánicas
2	Enlace de Datos (Date Link Layer)	Es un método de acceso, el cual detecta errores y los corrige, además controla la transmisión de bits.
3	Red (Network Layer)	Realiza el respectivo direccionamiento mediante de los controles de flujo

CONTINÚA 

4	Transporte (Transport Layer)	Garantiza el enlace fiable entre terminales: Se encarga de la formación y gestión de los paquetes de información.
5	Sesión (Session Layer)	Controla las sesiones de comunicación (inicio, transcurso y final)
6	Presentación (Presentation Layer)	Realiza la conversión de datos a un formato que sea capaz de ser interpretado por todos los equipos
7	Aplicación (Application Layer)	Realiza las funciones de usuario y servicios de comunicación

Fuente: (Rodríguez Penin, 2013)

Cabe destacar que, en comunicaciones industriales las capas más empleadas son las siguientes:

a) Capa Física

La función esencial del Nivel 1 del Modelo OSI, es la de establecer el medio físico de transporte por el que va a viajar la información, como la fibra óptica o cables de conexión como el RS485 o RS232, también establece la codificación de los dígitos binarios en señales, al igual que la velocidad de transmisión de datos. (UNID México D.F., s.f.)

b) Capa de Enlace de datos

La presente capa se encarga de instaurar una comunicación correcta entre dos o más equipos garantizando la transmisión de datos de manera confiable a través del vínculo físico, en la que los errores no existan; en esta capa la información se transforma en los denominados paquetes y tramas que se transmiten a las capas de nivel superior. (Ingesor, 2016)

Es decir, esta capa traduce los datos provenientes de las capas superiores para ser enviados a la capa física y del mismo modo descomprime la información proveniente

desde la capa física, esta es responsable de la captura y compensación de errores que se generan en la capa del nivel 1. (Ingesor, 2016)

c) Capa de Aplicación

La última capa del modelo OSI es la más cercana al usuario, la misma se encarga de coordinar el acceso a la red del software que se ejecuta en un ordenador o en un dispositivo en particular, es decir este nivel es el responsable de brindar una interfaz de visualización y de transmisión de mensajes desde los hosts de origen y de destino de todas las capas del modelo OSI. (Taller-BIT, 2012)

2.4. Sistemas SCADA

El Sistema SCADA “Supervisory Control And Data Acquisition” por sus siglas en inglés, es un sistema de Control con Supervisión y Adquisición de Datos (Figura 7), que permite monitorear un proceso o una planta por medio de una estación central que actúa como una estación maestra o Unidad Terminal Maestra (MTU) y una o varias unidades remotas, por medio de las cuales se realiza la supervisión, control y adquisición de datos desde el campo donde se encuentran los dispositivos remotos. (Corrales, 2007)

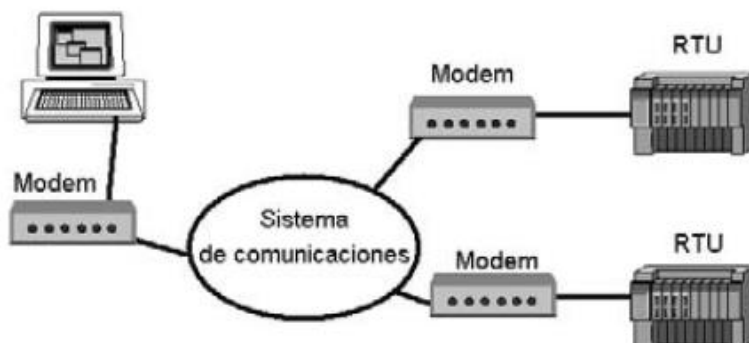


Figura 7. Esquema básico de un Sistema SCADA
Fuente: (Rodríguez Penin, 2013)

2.4.1. Arquitectura general de un Sistema SCADA

De acuerdo (Rodríguez Penin, 2013), “en la automatización industrial, el control desde la PC hacia la planta de procesos está dividido en tres bloques principales: Sistemas de Adquisición de datos, Comunicaciones y Software SCADA (véase Figura 8).

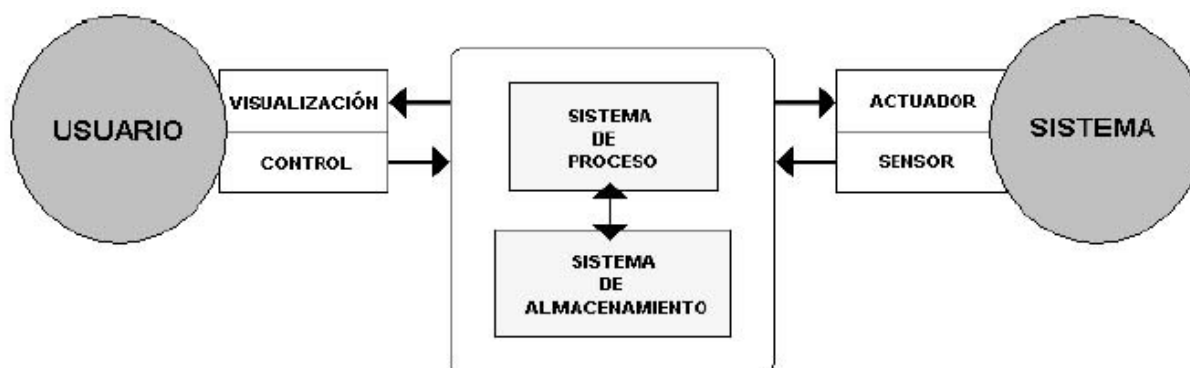


Figura 8. Arquitectura básica de un Sistema SCADA
Fuente: (Rodríguez Penin, 2013)

El usuario, a través de interfaces de visualización tiene acceso al Sistema, por lo general es un ordenador donde se encuentra instalada la aplicación de control y supervisión (sistema servidor), La comunicación entre estos dos sistemas por lo general

se realiza mediante redes de comunicaciones corporativas como el Ethernet. (Rodríguez Penin, 2013)

El Sistema de Proceso capta el estado del Sistema a través de los elementos de campo, como los sensores e informa su estado al usuario a través de las herramientas de visualización. De acuerdo a las acciones realizadas por el usuario, ya sean por comandos, el Sistema de Proceso inicia las acciones requeridas para así mantener el control respectivo del proceso mediante los dispositivos o equipos de campo. (Rodríguez Penin, 2013)

2.4.2. Funciones de un Sistema SCADA

(Chavarría Meza, 2007) en su documento manifiesta que, las funciones esenciales de un sistema SCADA en un proceso industrial específico deben garantizar su trabajo, cumpliendo con los siguientes parámetros:

a) Supervisión remota de procesos

Monitorea el estado de los dispositivos de campo, mediante señales recibidas de los mismos, para así planificar trabajos de mantenimiento.

b) Control de procesos remotamente

Maneja de forma remota de un determinado proceso, en las que permita activar o desactivar elementos actuadores desde una pantalla HMI u Ordenador.

c) Procesamiento de información

Los datos que son adquiridos mediante cada uno de los dispositivos actuadores o de campo, permiten analizar y realizar comparaciones con datos anteriores con el objetivo de tener como resultado información importantemente confiable y válida.

d) Almacenamiento de datos

Los datos e información receptada son almacenadas en un disco duro de un ordenador, para posteriormente ser objeto de análisis.

2.4.3. Interfaz Hombre – Máquina (HMI)

HMI “Human Machine Interface” por sus siglas en inglés, es la interfaz que interviene entre los operadores y el proceso. Es la herramienta principal con la cual los supervisores de la línea de producción coordinan y controlan los procesos industriales (Figura 9). (Cobo, 2016)

Por lo general, estos sistemas consistían en paneles de control conformados por varios elementos indicadores, como pulsadores, interruptores, selectores, luces piloto, registradores, etc., que están interconectados con el proceso de producción. En la actualidad, dado que las máquinas y procesos en general incluyen dispositivos electrónicos, y herramientas informáticas dedicadas a la programación y configuración de interfaces de visualización es posible encontrar con sistemas de HMI más versátiles y eficaces con una conexión más económica y relativamente simple con un determinado proceso. (Cobo, 2016)



Figura 9. Dispositivos HMI Siemens

Fuente: (SIEMENS-HMI, 2018)

2.5. Controlador Lógico Programable – PLC

Según (Moreno, 2015), Un Controlador Lógico Programable es un dispositivo electrónico que posee una memoria accesible a la programación, la misma que almacena instrucciones, las mismas permiten implementar una variedad de funciones como lógicas, temporizadas, secuenciales, con el principal objetivo de controlar máquinas y procesos industriales.

Esencialmente los PLC, son parte fundamental de la industria, debido a que reducen costos de producción principalmente en la automatización de procesos. La mayor parte de los Controladores emplean un lenguaje denominado lógica de escalera para su respectiva programación, cada tipo de PLC dependiendo del fabricante emplean diferentes programas informáticos para su programación. (Cherrez Guayta & Galabay Gualotuña, 2018)

2.5.1. PLC Simatic S7 – 1500

De acuerdo a (SIEMENS S7-1500, 2013), el S7-1500 de Siemens (Figura 10) es la versión desarrollada y perfeccionada de los sistemas Simatic S7-300 y S7-400, este dispositivo integra una gran variedad de características de rendimiento, las mismas son:

- Rendimiento mayor en el sistema
- Conectividad PROFINET IO IRT
- Funcionalidad Motion Control Integrada
- Pantalla integrada para el diagnóstico del sistema a pie de máquina
- Lenguaje STEP 7 innovado, manteniendo las funciones tradicionales



Figura 10. PLC Siemens S7-1500

Fuente: (SIEMENS S7-1500, 2013)

2.5.2. PLC Simatic S7 – 1200

El controlador lógico S7-1200 (Figura 11), ofrece grandes ventajas al ser un dispositivo de gran flexibilidad para controlar un número variado de equipos o dispositivos que ejecuten distintas tareas en el campo de la automatización, la CPU de este

Controlador incluye un microprocesador, además de una fuente de alimentación integrada, al igual que circuitos de entrada y salida de señales.

La CPU de este dispositivo vigila cada una de las entradas y dependiendo de la lógica del programa del usuario cambia el estado de sus salidas; la programación puede estar conformada por lógica booleana, instrucciones de temporizadores o conteo, funciones matemáticas complejas, al igual que la comunicación con otros dispositivos inteligentes. (SIEMENS S7-1200, 2009)



Figura 11. PLC Siemens S7-1200

Fuente: (SIEMENS S7-1200, 2009)

2.6. Software Totally Integrated Automation Portal – TIA Portal V14

La herramienta informática que permite programar para dispositivos Siemens se denomina TIA Portal (Figura 12), el mismo que permite configurar de manera eficiente e intuitiva todos lo referente a procesos de producción al igual que planificación, garantiza una interfaz completamente unificada para las tareas de control, accionamiento y visualización. (SIEMENS TIA-PORTAL, 2017)

Este software ideal para programación de dispositivos industriales incluye nuevas versiones de herramientas informáticas SIMATIC Step7, WinCC y Startdrive para la programación, parametrización y diagnóstico de los controladores SIMATIC, al igual que pantallas de visualización y accionamiento para la correcta planificación de proyectos, con un enfoque primordial a procesos más productivos con calidad, eficiencia y consistencia de todo el proceso de producción. (SIEMENS TIA-PORTAL, 2017)



Figura 12. Software TIA Portal V14

Fuente: (SIEMENS TIA-PORTAL, 2017)

2.7. Industria 4.0

La actual revolución industrial está en desarrollo con las tecnologías nacientes de la Industria 4.0, y consiste en la digitalización de procesos industriales, con el objetivo de optimizar recursos enfocado en la creación de efectivas metodologías comerciales. (LogicBus, 2018)

El concepto de industria 4.0 fue desarrollado por el gobierno alemán desde el año 2010 para describir una visión de todos los procesos interconectados entre sí y la red a través de la tecnología emergente IoT en las empresas. La Internet de las Cosas y todo

el entorno de producción conectado, tiene como objetivo ayudar a las empresas y Asus clientes o consumidores a proporcionar una mayor comunicación y monitoreo, junto con el autodiagnóstico y nuevos niveles de análisis para proporcionar una verdadera productividad (Paradiso, 2018). La evolución a nivel industrial está en camino a la generación 4.0, en la Figura 13 se detalla un esquema resumido de este proceso evolutivo en las Industrias del Mundo.

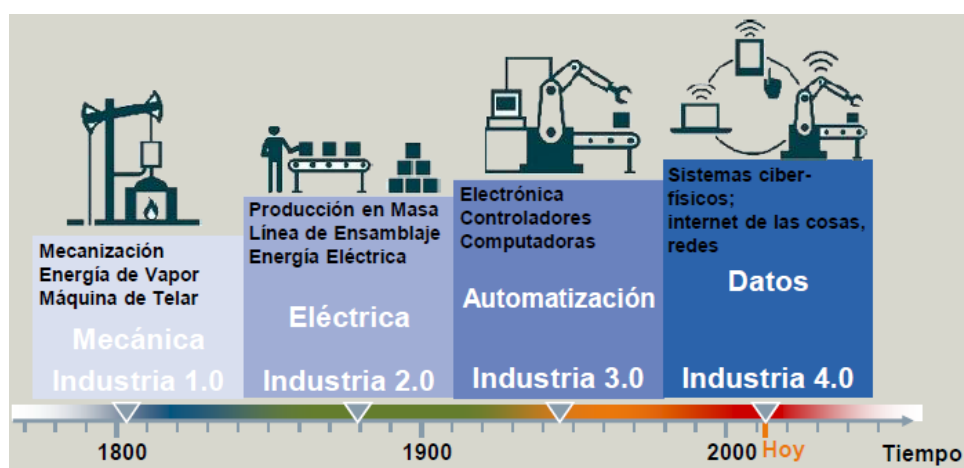


Figura 13. Esquema de la evolución industrial

Fuente: (SIEMENS IoT, 2017)

2.8. Internet de las Cosas (IoT)

El término IoT (Figura 14), hace referencia a todos aquellos dispositivos u objetos del ámbito cotidiano que se encuentran conectados a internet, y que cuentan con algún tipo de inteligencia, esto permite que cualquier objeto pueda comunicarse con otro y llevar a cabo una determinada función (Fundación CTIC, 2016). Es decir, los objetos que nos rodean de forma cotidiana mediante electrónica integrada recolectan información la cual es intercambiada entre dispositivos similares o mediante un servidor, el cual tiene la

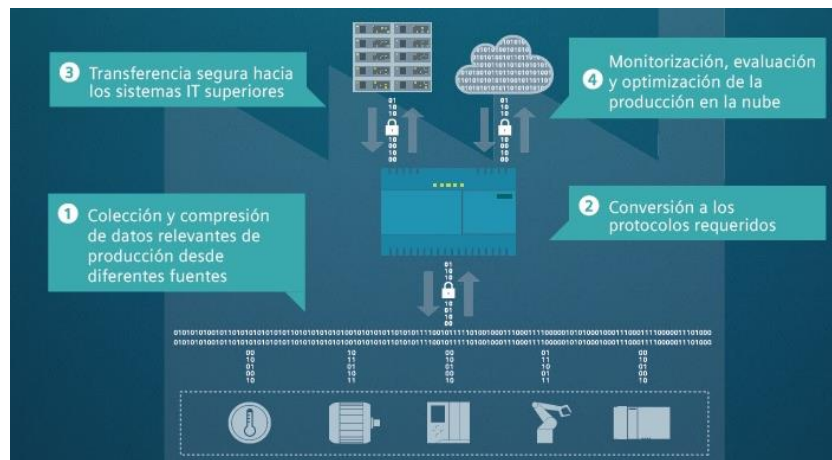


Figura 15. Internet de las Cosas Industrial
Fuente: (SIEMENS IoT, 2017)

2.9.1. Características de la IIoT

- La inteligencia es una de las características esenciales, debido a que es posible interconectar una gran variedad de dispositivos de un determinado proceso en entidades inteligentes con capacidad de autoorganización, y actuar de forma independiente de acuerdo a las circunstancias que se encuentren. (Optical Networks, 2018)
- Es un sistema complejo, esto es a que se produce una gran cantidad de enlaces e interacciones de un gran número de agentes autónomos, es decir se considera compleja su estructura cuando se trata de semi bucles, cabe destacar que un entorno global será mayor la cantidad de semi-bucles que independientemente interactúan. (Optical Networks, 2018)

2.9.2. Beneficios de la IIoT

a) Flexibilidad

Flexibilidad en los sistemas interconectados entre sí, debido a que pueden adaptarse a situaciones inesperadas, contribuyendo a la mejora y aumento de la producción. (Optical Networks, 2018)

b) Herramientas

El sistema del IIoT es tiene la capacidad de generar un flujo regular de información muy superior al que podría disponerse si se usarán esquemas, estrategias logísticas, y modos de producción más tradicionales. Además, estas informaciones pueden ser intercambiadas muy rápidamente, tanto internamente, por comunicación Intranet o a través de internet si es a nivel externo, generando posibilidades de permitir adaptaciones a situaciones cambiantes, tanto a nivel interno de la planta industrial o cadena de producción, como a nivel general. (Optical Networks, 2018)

c) Ahorro

Uno de los objetivos clave de la IIoT, es el ahorro de recurso como la energía, al igual que en recursos humanos. permitiendo mejoras y ganancias para la productividad, así como en la economía. Con un sistema organizado sobre la base de una red de comunicaciones y de intercambio instantáneo y permanente de información, se estará mucho mejor preparado para hacer que esta gestión sea mejor y mucho más eficaz, en correspondencia con las necesidades y disponibilidades de cada elemento del sistema. (Optical Networks, 2018)

2.10. Arquitectura IoT

Según (RS Online, 2018), existen tres elementos fundamentales que normalmente se indican en la arquitectura IoT (véase Figura 16).

- **Dispositivos IoT:** Los Dispositivos IoT son aquellos que se pueden conectar mediante cable o a través de manera inalámbrica a una red, pequeña o amplia; estos dispositivos pueden ser motores, elementos actuadores o sensores.
- **Redes:** Cumplen la función de un router, es decir se encargan de ser las puertas de enlace a la red, o la nube con otros dispositivos conectados a la red.
- **Nube:** Son centros de datos que se alojan en servidores web remotos que almacenan y consolidan la información con seguridad.

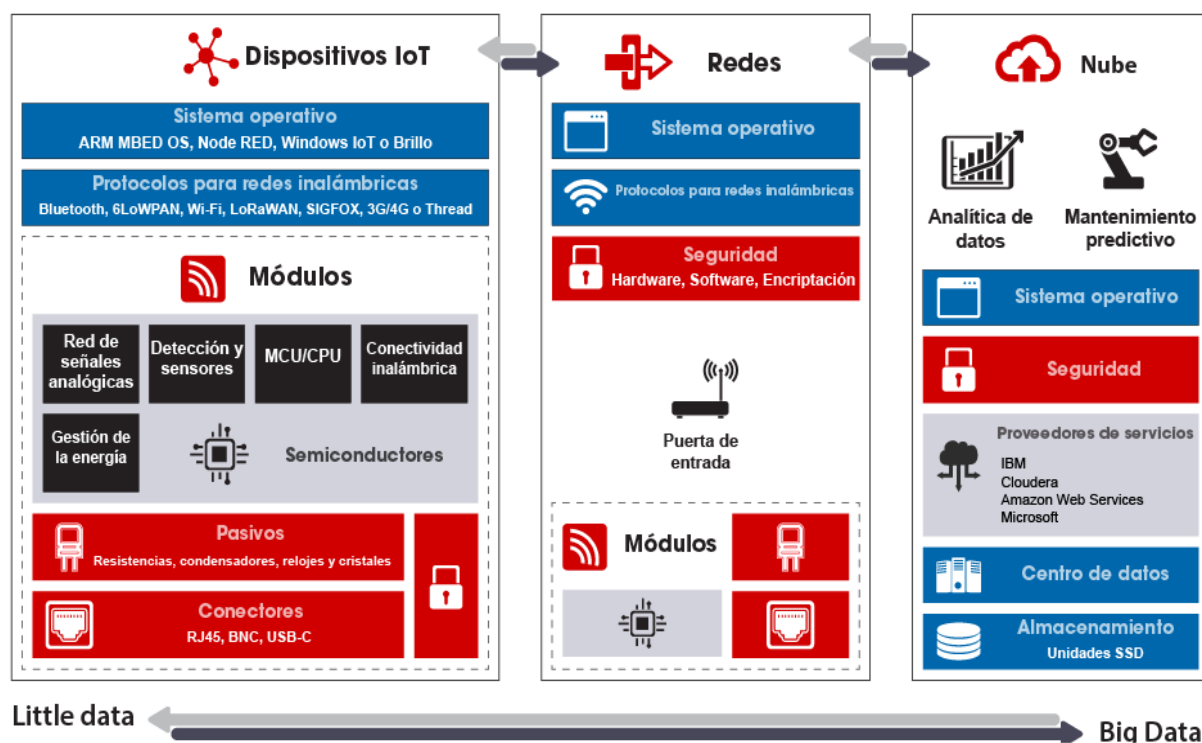


Figura 16. Arquitectura IoT

Fuente: (RS Online, 2018)

2.11. Protocolos IoT

La tecnología emergente IoT impulsa a la aparición de nuevos lenguajes y protocolos que se adapten al IoT, cada uno es ideal para la utilidad que se requiera y depende de varios factores, como: velocidad de transferencia de datos, consumo de energía, rangos de distancias a nivel local, entre otras. Tomando en consideración los factores descritos; a continuación, se enlista algunos de los protocolos más utilizados en la tecnología IoT. (RS Online, 2018)

2.11.1. WiFi

Comúnmente la conectividad WiFi es la más empleada en entornos domésticos y comerciales, con la capacidad de transferir información con rapidez y a la vez permite manejar grandes cantidades de datos. Actualmente, el standard WiFi más habitual utilizado en los hogares y en muchas empresas es el 802.11n, ofreciendo un rendimiento significativo en un rango de cientos de megabits por segundo. (RedeWeb Electrónica, 2016)

2.11.2. Bluetooth

El Bluetooth es una de las tecnologías para transmisión de datos más establecidas de corto alcance. En la actualidad se encuentra en desarrollo el Bluetooth LE – Smart, es otro protocolo importante para desarrollar aplicaciones IoT. Se caracteriza por ofrecer un alcance similar al de la tecnología Bluetooth normal, pero con un consumo de energía significativamente reducido. Es importante destacar que las versiones actuales permiten conectarse directamente a internet mediante IPv6/6LoWPAN. Esto facilita el utilizar la

infraestructura IP existente para gestionar dispositivos Bluetooth Smart basado en “EDGE Computing”. (RedeWeb Electrónica, 2016)

2.11.3. LoRaWAN

(RedeWeb Electrónica, 2016) manifiesta que, LoRaWAN permite implementar redes de área amplia (WAN) que tienen la capacidad de soportar comunicaciones móviles, económicas y seguras.

Es un protocolo de red (Figura 17) que usa la tecnología LoRa para comunicar y administrar dispositivos LoRa, se compone de dos partes principalmente: gateways y nodos, los primeros son los encargados de recibir y enviar información a los nodos y los segundos, son los dispositivos finales que envían y reciben información hacia el Gateway, poseen configuraciones específicas para soportar este tipo de comunicaciones, es una de las opciones para aplicaciones IoT, M2M y aplicaciones industriales. (Sabas, 2017)

(RedeWeb Electrónica, 2016), destaca que este protocolo posee velocidades de transferencia de datos que van desde 0,3 kbps hasta 50 kbps, y es optimizado para bajo consumo de energía.

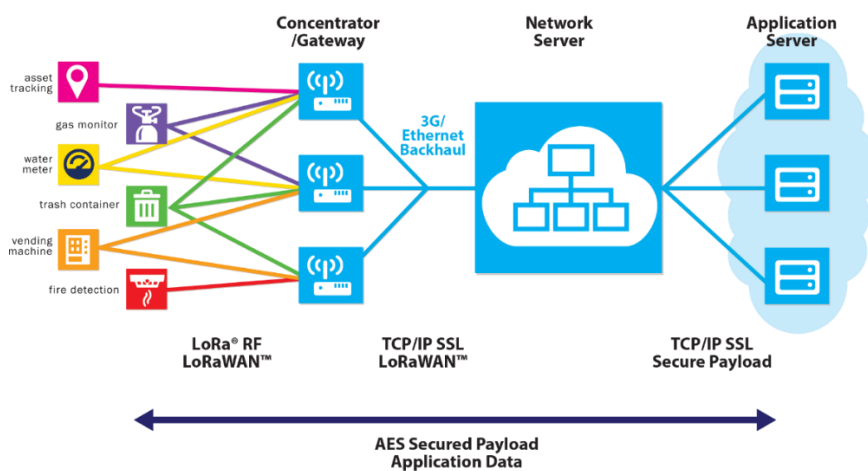


Figura 17. Estructura de Red LoRaWAN

Fuente: (Sabas, 2017)

2.11.4. SigFox

Sigfox (Figura 18) emplea una tecnología denominada Ultra Narrow Band (UNB) creada para funcionar con bajas velocidades de transferencias de 10 a 1.000 bits por segundo, es importante manifestar que este protocolo responde a muchos requerimientos de aplicaciones M2M, que trabajan con transferencias de datos menores. (RedeWeb Electrónica, 2016)

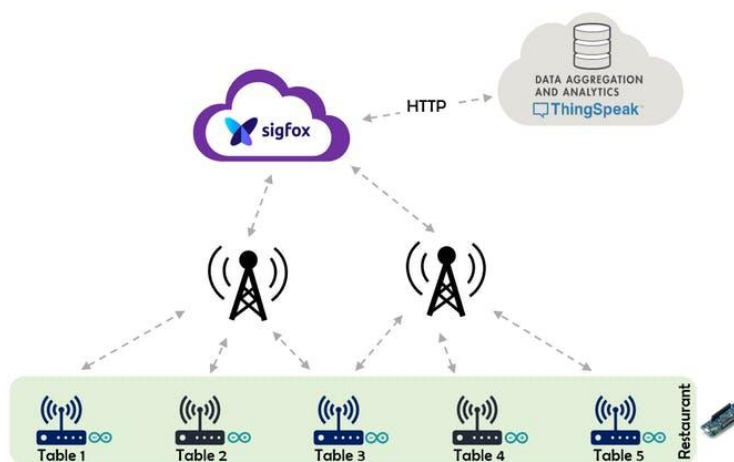


Figura 18. Estructura de Red Sigfox

Fuente: (Jecrespom, 2018)

2.11.5. OPC UA

Arquitectura Unificada OPC, es el estándar de nueva generación que le sigue a OPC clásico (Figura 19); El OPC clásico es bien conocido en la industria y provee una interfaz estándar para comunicarse con los controladores lógicos programables. La arquitectura definida OPC UA es un protocolo cliente/servidor y pretende expandir la compatibilidad de OPC al nivel de los dispositivos y de las empresas. Los clientes tienen la accesibilidad a conectarse, navegar, leer y escribir al equipamiento industrial. UA define la comunicación desde la aplicación hacia la capa de transporte, lo que lo hace muy compatible. (Revista AADECA, 2016)

OPC UA tiene una amplia base instalada en el mundo industrial, además este protocolo es tiene un alto grado de seguridad, empleando mensajes bidireccionales firmados y encriptados para transporte. Es una buena solución para conectar información de sensores y PLC en aplicaciones industriales ya existentes como sistemas MES (sistema de ejecución de manufactura) y SCADA, en donde la conectividad OPC y OPC UA ya estén disponibles. (Revista AADECA, 2016)

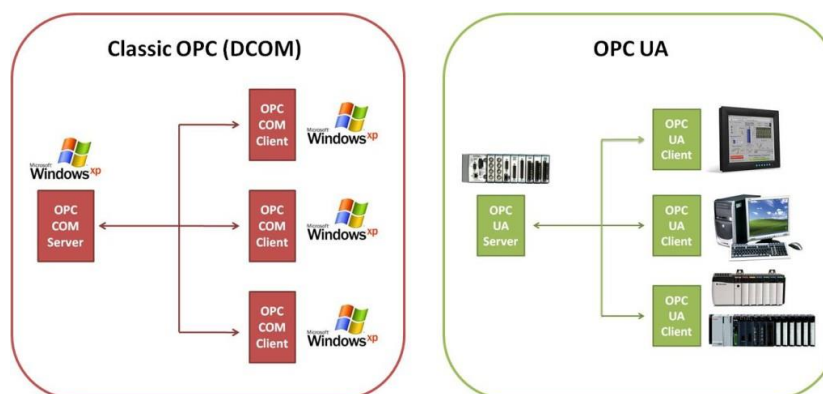


Figura 19. Esquema comparativo entre OPC Clásico y OPC UA

Fuente: (Rodríguez, 2016)

2.11.6. HTTP (REST/JSON)

Protocolo de Transferencia de hipertexto o generalmente conocido como HTTP (Figura 20), es un protocolo cliente/servidor sin conexión extendido en TIC y en la web, el enfoque de HTTP en IoT está en torno a la Transferencia de Estado Representacional (REST), debido a que es un modelo sin estados previos donde los clientes pueden acceder a recursos en el servidor a través de pedidos. Hay una variedad de software abierto que emplean HTTP, al igual que las bibliotecas HTTP son muy accesibles. En la mayoría de los casos, un recurso es un dispositivo y la información que el dispositivo o equipo contiene. (Revista AADECA, 2016)

(Revista AADECA, 2016) indica que, HTTP provee transporte, pero no define la presentación de la información. Así, un requerimiento HTTP puede contener HTML, JavaScript, JSON (JavaScript Object Notation), XML, y demás. En la mayoría de los casos, IoT está estandarizando JSON para HTTP.

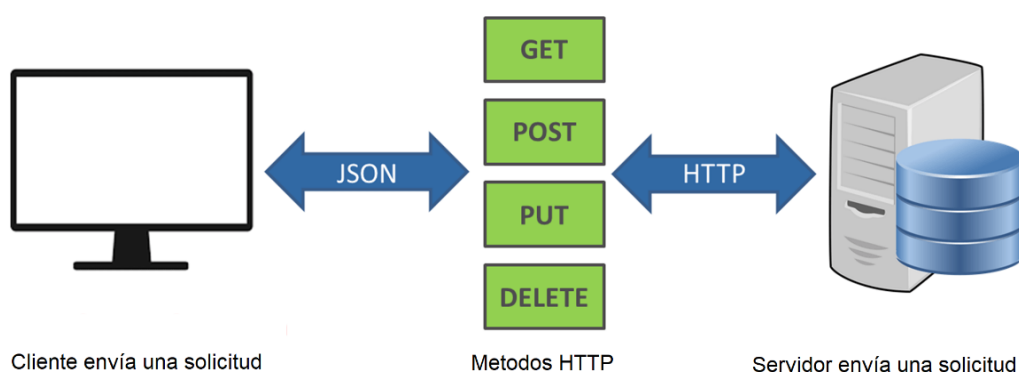


Figura 20. Esquema Protocolo HTTP

Fuente: (Benharosh, 2018)

2.11.7. MQTT

La Cola de mensajes de telemetría y transporte mejor conocido como MQTT (Figura 21), es un protocolo publicar/suscribir diseñado para SCADA y redes remotas. Para los dispositivos IoT, la conexión a Internet es un requisito indispensable porque permite que los dispositivos trabajen entre sí y con servicios de backend. MQTT se ha convertido en el patrón para las comunicaciones del IoT. (Yuan, 2017)

Es un protocolo de sistema de mensajes asíncrono separa al emisor y al receptor del mensaje tanto en el tiempo como en el espacio y, por lo tanto, es escalable en ambientes de red que no sean de confianza. Pese a su nombre, no tiene nada que ver con colas de mensajes; en realidad, utiliza un modelo de publicación y suscripción. (Yuan, 2017)



Figura 21. Esquema Protocolo MQTT
Fuente: (Yuan, 2017)

2.11.8. CoAP

El Protocolo de Aplicación Restringida CoAP (Figura 22), fue creado para proveer la compatibilidad HTTP con una mínima carga, es similar a HTTP, pero utiliza UDP/multicast en lugar de TCP. Este protocolo emplea Seguridad en la Capa de Transporte DTLS para

brindar seguridad en las comunicaciones. Las plataformas IoT lo emplean como tercer protocolo después de HTTP y MQTT. (Revista AADECA, 2016)

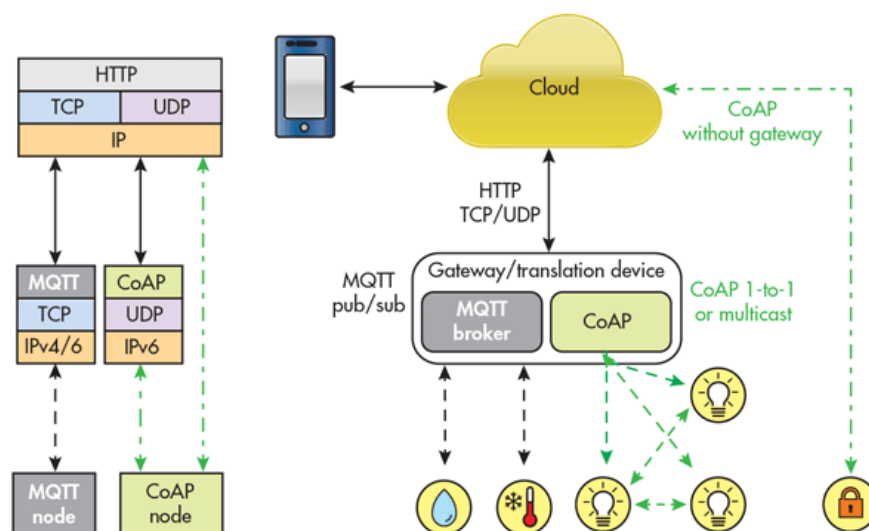


Figura 22. Esquema de Red MQTT y CoAP

Fuente: (Electronic Design, 2015)

2.11.9. SSH – Secure SHell

SSH o Secure Shell, es un protocolo de administración remota que permite a los usuarios controlar y modificar sus servidores remotos a través de la WEB (Figura 23). El servicio se creó como un reemplazo seguro para el Telnet sin cifrar y utiliza técnicas criptográficas para garantizar que todas las comunicaciones hacia y desde el servidor remoto sucedan de manera encriptada y sin problemas. Proporciona un mecanismo para autenticar un usuario remoto, transferir entradas desde el cliente al host y retransmitir la salida de vuelta al cliente. En Windows se ejecuta PuTTY como cliente SSH. (Hostinger, 2017)

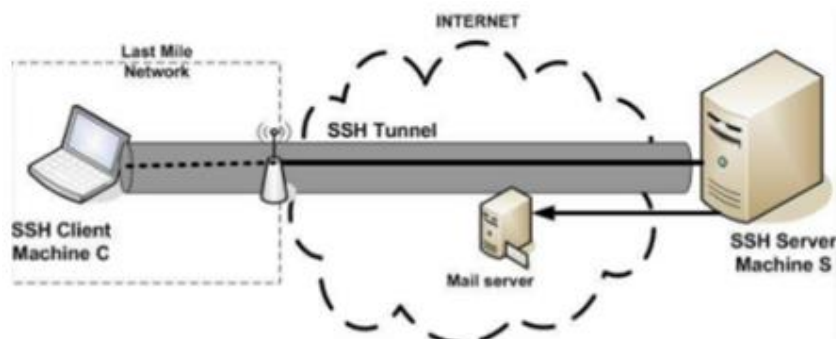


Figura 23. Esquema del Protocolo SSH

Fuente: (Massachusetts Institute of Technology, 2017)

2.11.10. Características de Protocolo SSH

De acuerdo a (Massachusetts Institute of Technology, 2017), el protocolo SSH proporciona los siguientes tipos de defensa o protección:

- Después de la conexión inicial, el cliente puede verificar que se está conectando al mismo servidor al que se conectó anteriormente.
- El cliente transmite su información de autenticación al servidor usando una encriptación robusta de 128 bits.
- Todos los datos enviados y recibidos durante la sesión se transfieren por medio de encriptación de 128 bits, lo cual los hacen extremadamente difícil de descifrar y leer. (Massachusetts Institute of Technology, 2017)

2.12. Datos en IoT

2.12.1. El Little Data

Según (RS Online, 2018), los dispositivos IoT en una red a nivel local generan datos relativamente pequeños, como pueden ser bytes de datos simples, los mismos que representan los registros de la información manejada, como la temperatura, humedad,

desarrolladores emplean para la creación de ciertas aplicaciones que interactúen con sistemas operativos diferentes. (ABC Tecnología, 2015)

2.14. Diseño UI

Se define como la nueva tendencia en el diseño de páginas web, enfocado en Interfaces gráficas entre las personas y los diferentes dispositivos digitales. UI tiene como función contener la interacción entre elementos hardware y software, ya que se refiere al contacto que el usuario genera a través de un ordenador o un dispositivo móvil. En sí el objetivo primordial de un diseño UI es mejorar la interacción entre el usuario y el dispositivo en cualquier sitio web. (Paredro, 2013)

2.15. Plataformas IoT

Una Plataforma IoT, se define como una base primordial para que los dispositivos estén interconectados, generando un ecosistema propio de los dispositivos que lo conforman, Es decir es el Software que conecta Hardware, puntos de acceso y redes de datos que por lo general suelen ser la aplicación de la que el usuario disfruta. El mercado de las nuevas tecnologías en lo que respecta a Plataformas IoT está en continuo desarrollo y expansión. (Cárdenas, 2016)

2.15.1. Plataformas de Conectividad – M2M

Estas plataformas se centran principalmente en la conectividad de los dispositivos conectados a través de redes de telecomunicaciones, es decir el concepto M2M se refiere a la comunicación y transferencia de datos entre dos máquinas remotas y brindan

comunicación al servidor, el mismo que se encarga de gestionar el envío y recepción de información. (Clemares, 2017)

La maquinaria M2M tiene la capacidad de intercomunicarse con otras máquinas para transmitir o recibir información y conllevar a una acción determinada, todo esto gracias a las tarjetas SIM que permiten estos procesos y minimizan significativamente la complejidad de la instalación, distribución y despliegue de soluciones M2M. (Clemares, 2017)

2.15.2. Propiedades de una Plataforma IoT

- **Conectividad y normalización:** con diferentes protocolos y diferentes formatos de datos en una interfaz de software, garantizando la transmisión segura de datos e interacción con otros dispositivos. (Cárdenas, 2016)
- **Gestión de dispositivos:** corrobora que los dispositivos conectados estén correctamente funcionando. (Cárdenas, 2016)
- **Base de Datos:** Almacenamiento escalable de datos del dispositivo basados en la nube, basados en parámetros de volumen de datos, velocidad y variedad. (Cárdenas, 2016)
- **Procesamiento y gestión de la acción:** Aporta datos basados en reglas de acción, que permitan la ejecución de las acciones denominadas 'inteligentes' basadas en datos obtenidos por los dispositivos de campo. (Cárdenas, 2016)
- **Analítica:** Tiene como objetivo realizar un análisis complejo de la agrupación de datos básicos y aprendizaje automático. (Cárdenas, 2016)

2.15.3. Tipos de Plataformas en la Nube

a) Freeboard.io

Es una de las plataformas técnicamente menos sofisticada para el manejo de Internet de las Cosas, debido que posee un panel web sencillo y es posible visualizar los datos conectados a la plataforma en tiempo real (Vega, 2018). Freeboard tiene la capacidad de funcionar en un navegador como una aplicación WEB estática sin la necesidad de un emplear un servidor. Cabe destacar que es un proyecto desarrollado en base a JavaScript, lo que lo hace más atractivo e intuitivo para el usuario, en la **Figura 25** se muestra la interfaz gráfica de esta plataforma. (Vega, 2018)

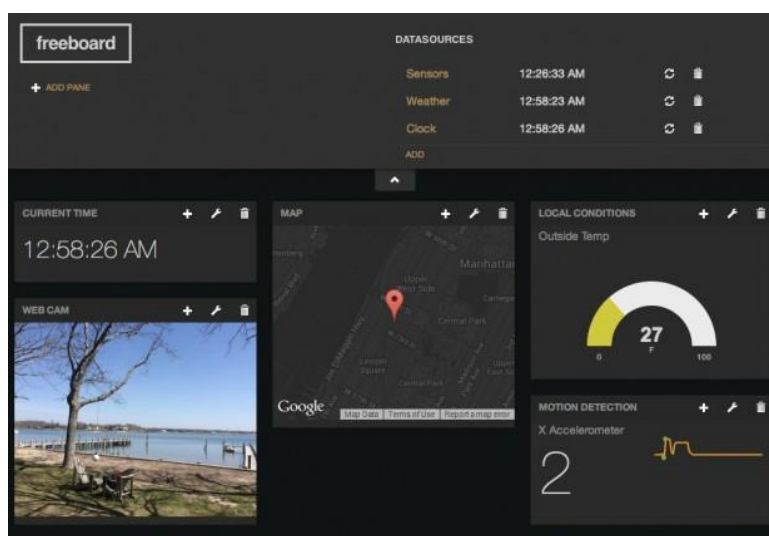


Figura 25. Interfaz de Visualización de datos en Freeboard
Fuente: (Vega, 2018)

b) Ubidots

Esta plataforma es una muy buena opción y solución para la aplicación del Internet de las Cosas, al igual que Freeboard permite crear vistosos paneles de visualización

dashboards (Figura 26), técnicamente admite que cualquier tipo de dispositivo realice el envío de información de manera simple, y su API de envío y recepción de datos es muy sencilla se lo realiza a través de vía HTTP, TCP, UDP y MQTT. (PDA Control, 2018)



Figura 26. Interfaz de Visualización de datos en Ubidots
Fuente: (PDA Control, 2018)

c) Fred Sensetecnic

Fred es un servicio Node-RED alojado en la nube, es una plataforma muy versátil, que administra las instancias de Node-RED para múltiples usuarios en la Nube, y es diseñado para optimizar el desarrollo de aplicaciones IoT. (Sensetecnic, 2018)

La interfaz gráfica de programación al igual que la visualización es similar a la de Node-RED que se ejecuta en una red local.

2.16. Plataformas Informáticas

2.16.1. PuTTY

Según (Internet LAB, 2010), PuTTY (Figura 27) proviene de las siglas Pu: Port Unique, y TTY: Terminal Type, y significa Puerto único de tipo terminal.

PuTTY, es una herramienta informática que ofrece una interfaz gráfica de configuración muy sencilla e integra múltiples opciones, actuando como emulador gratuito de código abierto que soporta SSH y muchos otros protocolos, es muy útil en el momento de conectar a un servidor Unix o Linux a través de SSH. (Internet LAB, 2010)



Figura 27. Interfaz de configuración en PuTTY

Fuente: (Internet LAB, 2010)

2.16.2. Windows PowerShell

PowerShell es una herramienta avanzada de configuración y control de un sistema basado en Windows; es decir, es una consola de sistema, específicamente es un terminal mucho más avanzado y completo que CMD o MS-DOS, desde el que podremos configurar completamente un equipo informático basado en Windows. (Velasco, 2013)

Handles	Private	Private	Working	Working	Private	Private	Id	ProcessName
	(KB)	(KB)	(KB)	(KB)	(KB)	(KB)		
36	5	2152	3824	44	0,00	1220	cmd	
43	5	2128	3812	44	0,02	1540	cmd	
77	5	2116	1140	44	0,03	2084	cmd	
36	5	2128	3804	44	0,02	2100	cmd	
47	8	2644	5400	60	0,74	1536	conhost	
31	5	1152	820	20	0,02	1576	conhost	
446	11	2164	2116	46	0,78	784	csrss	
249	11	2368	2596	44	3,41	424	csrss	
72	7	1896	1876	54	0,11	1560	dmoc	
779	46	28164	26766	276	7,48	1620	explorer	
8	8	124	124	8	0,00	0	Idle	
65	10	1176	2880	28	0,02	1480	smsservice	
700	23	4428	4956	43	13,06	520	lsass	
141	7	2588	1716	21	0,06	520	lsass	
247	23	63844	46720	570	0,76	872	powershell	
275	23	52844	27220	570	0,76	1576	powershell	
352	22	63084	58472	570	0,30	1840	powershell	
522	22	68876	57544	570	0,79	2640	powershell	
157	25	28176	5776	515	0,44	1880	PresentationFontCache	
643	31	13240	18704	110	2,23	5472	SearchIndexer	
202	13	4084	8868	40	2,14	512	services	
33	2	536	536	15	0,05	792	smss	
287	17	6588	2816	80	0,80	1144	spoolsv	
43	5	852	1208	21	0,05	1316	svchost	
564	24	18484	12948	84	1,19	336	svchost	
361	14	4216	4836	57	2,56	620	svchost	
335	43	66988	26416	136	413,34	676	svchost	
251	15	3900	3960	26	0,43	752	svchost	
576	26	17788	12476	115	0,76	880	svchost	
498	26	8120	4744	72	0,75	880	svchost	
292	30	2764	1764	361	4,52	880	svchost	
944	42	21524	21544	489	7,77	912	svchost	
312	13	1768	714	67	1,00	1176	svchost	
356	28	8356	6904	95	0,70	1272	svchost	
376	26	18928	8120	83	2,92	2944	svchost	
551	8	136	868	5	0,13	1444	System	
200	10	8300	5080	84	0,16	680	TaskHost	
114	7	2792	2840	26	0,16	680	TaskHost	
99	10	2544	1576	24	0,08	2280	Umsvc	
88	10	1644	1868	47	0,13	412	wininit	
111	7	2152	880	56	0,72	464	winlogon	
455	31	11688	10948	150	1,06	2584	wmpruhk	

Figura 28. Interfaz gráfica PowerShell

Fuente: (Velasco, 2013)

2.16.3. JSON

JSON es un formato de texto para la serialización de datos estructurados, deriva de los Objetos Literales de JavaScript, puede representar cuatro tipos primitivos como: cadenas, números, booleanos, valores nulos y está definido en la tercera edición del estándar de Lenguaje de programación ECMAScript [ECMA]. (Sánchez, 2014)

2.16.4. Node-JS

Node-JS (Figura 29), es un código abierto de JavaScript que está diseñado para generar aplicaciones web de forma altamente optimizada, desde su creación se ha convertido en un icono importante dentro del desarrollo web, en otras palabras Node.js es un entorno de JavaScript basado en eventos. (NET Consulting, 2015)



Figura 29. Logo NodeJs
Fuente: (NET Consulting, 2015)

2.16.5. Node-RED

Node-RED (Figura 30), es una importante herramienta que permite realizar la programación para interconectar dispositivos de hardware, API y diferentes servicios de formas nuevas e interesantes, además proporciona un editor que se basa en la ejecución de un navegador que facilita la conexión de flujo a través de una gama amplia y variada de nodos que se incluyen la paleta de su interfaz gráfica. (Node-RED, 2018)



Figura 30. Logo Node-RED
Fuente: (Node-RED, 2018)

Node-RED proporciona un editor de flujo basado en navegador que facilita la conexión de flujos mediante el amplio rango de nodos en la paleta (Figura 31). Los flujos se pueden

implementar en el tiempo de ejecución con un solo clic. Una biblioteca incorporada le permite guardar funciones, plantillas o flujos útiles para reutilizarlos. (Node-RED, 2018)

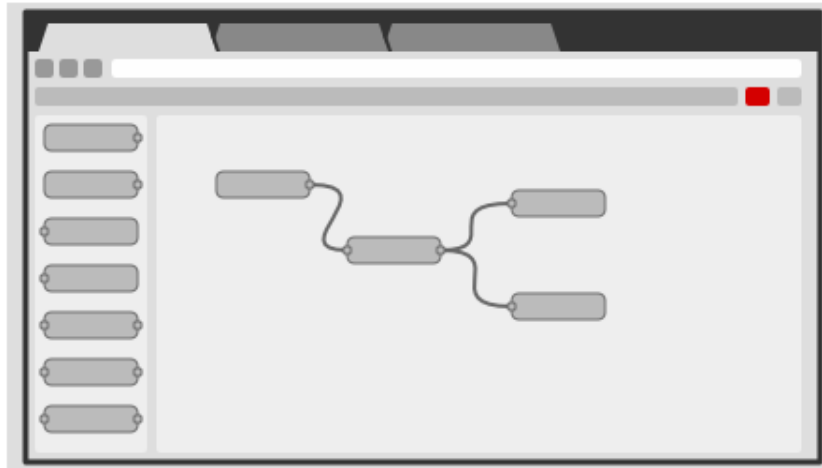


Figura 31. Interfaz gráfica Node-RED

Fuente: (Node-RED, 2018)

2.17. Red Local (Localhost)

El servicio localhost tiene beneficios muy interesantes, especialmente si se va a crear una página web, o si se está a cargo de una red local. Localhost es el nombre que se emplea para designar el ordenador o dispositivo que se utilice en un momento determinado, denominándolo correctamente como dispositivo local o servidor local. (Pascual, 2016)

Todo localhost tiene asignada la dirección IP 127.0.0.1, también llamada dirección IP de loopback o bucle reverso. Se llama así porque permite utilizar ciertas herramientas TCP/IP (relacionadas con páginas web) apuntando a sí misma, es decir, en modo local, sin necesidad de conectarse a Internet y sin salir del ordenador. (Pascual, 2016)

2.17.1. Importancia del Localhost

Gracias a la ayuda del localhost el ordenador puede ser empleado como un servidor web, debido a que nos permite ingresar a la página web que esté almacenado localmente, como si la misma estuviese publicada a internet sin la necesidad de tener una conexión a internet y sin que ningún otro usuario pueda acceder a nuestra página, esto es de gran utilidad, ya que si se crea una página WEB se puede realizar modificaciones antes de subirla a la Red. (Pascual, 2016)

2.18. Dispositivo Siemens IoT 2040

SIMATIC IOT2040 es la plataforma confiable abierta para el almacenamiento, procesamiento y transferencia de datos en los entornos industriales. Constituye la pasarela idónea entre La Nube, los interconectados de producción. Como interface, puede ser utilizado en la transferencia de información en ambos sentidos. La posibilidad de utilizar distintos protocolos de comunicación, así como la utilización de distintos lenguajes de programación de alto nivel, permite soluciones personalizadas y eficaces en base a la necesidad del cliente. (SIEMENS IoT, 2017)



Figura 32. Siemens IoT 2040
Fuente: (SIEMENS IoT, 2017)

2.19. Hipótesis

Con la implementación de un sistema de supervisión remoto por medio de IIoT para el control de Sistemas Distribuidos se podrá monitorear y controlar constantemente el funcionamiento de los mismos, con la obtención de datos en tiempo real, la cual podrá ser visualizado y analizado en cualquier lugar con un dispositivo fijo o móvil, con acceso a Internet.

2.19.1. Variables de Investigación

- **Variable Independiente:** Implementación de Sistemas Distribuidos empleando Protocolo de comunicación de Internet Industrial enfocado a los objetos IIoT.
- **Variable dependiente:** Control y Monitoreo remoto en tiempo real de datos multivariantes, a través de la WEB.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Antecedentes Investigativos

La Industria actualmente está atravesando grandes cambios en el aspecto de desarrollo tecnológico en lo que se refiere a la digitalización de procesos en la denominada Industria 4.0, que promete ser parte importante en el desarrollo de las empresas en el manejo de datos en tiempo real con ayuda de la WEB y la IIoT.

Con el importante avance de la Internet de las Cosas (IoT) e Internet Industrial de las Cosas (IIoT) surge la necesidad de tecnologías y estudios que se alineen con la expectativa del usuario o cliente, para que sus plantas y procesos de producción sean más inteligentes, eficientes y posean comunicación entre ellos de forma inalámbrica. (Dol & Bhinge, 2018)

Los últimos estudios estadísticos realizados señalan que la Internet Industrial de los Objetos (IIoT) comprenderá alrededor de 10.000 millones de dispositivos para el próximo año 2020. Esto gracias a sus grandes requerimientos que han sido únicos, los mismos que han presentado una innovación increíble, de la misma forma en la actualidad se están estableciendo técnicamente los conceptos nacientes correspondientes a la Industria 4.0 y SmartGrid (Red Eléctrica Inteligente), cabe destacar que con varios estudios acerca de las grandes facilidades que nos brinda la herramienta de la Internet de las Cosas, tanto

a nivel cotidiano como industrial se puede establecer un control de datos y estadísticas del funcionamiento de una Empresa o Planta de Producción. (Masek, et al., 2018)

Según la investigación de (Khakimov, Muthanna, Kirichek, Koucheryavy, & Muthanna, 2017), en su trabajo de métodos de control remoto IoT con dispositivos basados en plataformas y la nube con diferentes protocolos de interacción, destaca estudios basados en la interacción entre un elemento denominado Smart Home Gateway, el mismo que asegura la conexión de varios sensores y actuadores dentro de un proyecto de una casa inteligente. La gestión se lleva a cabo sobre la base de una aplicación especializada empleando un ordenador, Raspberry Pi 3 y sensores, los mismos que se comunican mediante una tecnología denominada BLE.

La investigación estima la operación de múltiples aplicaciones para el control remoto de la gestión de los actuadores y sensores empleados en el proyecto, utilizando Framework AllJoyn. El trabajo se centra en componentes del Software AllJoyn: protocolos HTTP, que es uno de los más comunes para el intercambio de datos entre Smart Home Gateway y aplicaciones remotas. (Khakimov, Muthanna, Kirichek, Koucheryavy, & Muthanna, 2017)

Uno de los artículos científicos de la Universidad Tecnológica de la República de El Salvador, abarca un resumen de los resultados que fueron obtenidos a partir de la elaboración de la proyecto investigativo sobre la Internet de los Objetos (IoT) y sus diferentes aplicaciones para la supervisión de un Sistema de generación eléctrica con paneles solares fotovoltaicos, en la investigación elaborada se busca sustentar la

importancia de la creación de sistemas ciber-físicos que tengan la capacidad de intercambiar información y contenido relevante y primordial con otros usuarios o sistemas, a través de la WEB ya que hoy en día es más factible el acceso a internet a través de un sinfín de dispositivos. (Flores Cortez & Rosa, 2017)

La investigación resalta la importancia de disponer de una base de datos, que contengan datos de consumo de energía eléctrica y generación del Sistema Fotovoltaico del Laboratorio de Electrónica de la Universidad Tecnológica de la República de El Salvador, obteniendo como resultado un prototipo electrónico funcional que permite que los datos referentes al voltaje de un panel solar del sistema de generación fotovoltaico instalado en el Laboratorio de Electrónica de la UTEC, sea capaz de enviar a un sitio web de forma automática y periódica sus valores de voltaje durante su operación, los mismos que pueden ser visualizados de forma gráfica en la página WEB de supervisión del sistema. (Flores Cortez & Rosa, 2017)

El Ecuador también se encuentra en investigaciones referentes a IoT, como el trabajo de titulación de (Paroli, 2017) que consiste en el 'Diseño e implementación de un Sistema de Control Integrado en el hogar basado en el IoT' de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, el mismo que consiste en el diseño e implementación de un sistema de automatización para el hogar justificado en la tecnología de Internet de las cosas Industriales (IIoT), el mismo es un innovador concepto que se encuentra ligado al conocido Internet de las Cosas y tiene como objetivo la interconexión entre objetos mediante la Internet, los mismos que son parte de un proceso de control y automatización,

a través de una red de control basada en TCP/IP con arquitectura distribuida y comunicación de tipología punto-a-punto.

3.2. Modalidad de Investigación

3.2.1. Método Bibliográfico Documental

El objetivo de este método es obtener información relevante acerca de la gran importancia y utilidad que sobrelleva el control y monitoreo remoto de un sistema distribuido mediante la conexión a internet y empleando redes de comunicación industrial conjuntamente con un Sistema SCADA, las cuales el usuario tiene acceso directo a la supervisión del sistema; es fundamental tomar en cuenta los resultados que se obtienen con respecto a aplicaciones y métodos de conexión comúnmente tradicionales empleados en la industria.

3.2.2. Método Inductivo – Deductivo

Por medio de este método se va a realizar la programación de un Sistema SCADA de un Sistema Distribuido con una interfaz gráfica que sea visualizada en una página web, la misma que es programada en base a lenguaje de Java Script, con la ayuda de Node-JS, y Node-RED, el mismo tiene como objetivo controlar y monitorear cada una de las diferentes variables de los diferentes procesos, esta interfaz debe ser intuitiva y amigable con el usuario identificando fácilmente cada uno de los procesos que conforman el sistema.

3.2.3. Método Experimental

Con la ayuda de esta metodología se manejará cada una de las variables que conforman cada módulo tanto en lazo cerrado, como lazo abierto, empleando protocolos de comunicación industrial Modbus TCP/IP, Modbus RTU y Profinet posteriormente su conexión con la WEB mediante el dispositivo IoT empleado conjuntamente con el software Node-RED, con sus respectivas librerías para conexión con el PLC Maestro del Sistema.

3.2.4. Método Analítico

La información y datos obtenidos serán objeto de análisis técnico, de tal forma que los mismos tengan coherencia y puedan entenderse de manera estructurada y tengan relación a la investigación realizada.

3.3. Tipo de investigación

3.3.1. Investigación Descriptiva

Esta investigación se llevará a cabo con el principio esencial de conocer los beneficios que brinda el empleo de redes de comunicación industrial con las nuevas tecnologías como la Internet Industrial de las Cosas (IIoT) gracias a la ayuda de la WEB y la nube, donde el usuario tendrá acceso al monitoreo y manejo de datos en tiempo real de un determinado proceso. Uno de los objetivos principales de esta investigación es la introducir nuevas tecnologías en el ámbito de la comunicación industrial, al igual que una forma de aprendizaje para el desarrollo estudiantil, teniendo en cuenta que estas

tecnologías en unos años serán de alta demanda en las empresas, debido al beneficio que las mismas conllevan.

3.3.2. Investigación Fundamental

Con la ayuda de Node-RED se desarrollará una interfaz gráfica en la WEB amigable con el usuario, cabe destacar que estos métodos de comunicación poco a poco tienen aceptación en la industria debido a que sus aplicaciones son más accesibles y con costos reducidos para el usuario, reemplazando así a métodos tradicionales con ciertas limitaciones y costos elevados.

3.3.3. Investigación Exploratoria

El trabajo investigativo se elaborará en función a los tradicionales métodos de comunicación entre hombre-máquina, los mismos que serán de gran ayuda para la implementación mediante la tecnología de la Internet de las Cosas, la cual está basada en la programación en Java Script con Node-JS y Node-RED, de esta forma se podrá controlar y monitorear un determinado proceso multivariable, incentivando nuevas formas de comunicación en la industria.

3.4. Diseño de la Investigación

La elaboración del trabajo investigativo se rige a un diseño metodológico establecido en primera instancia en investigación descriptiva y consecutivamente por el método experimental, debido a que es necesario evaluar en primera instancia los diferentes procesos que intervienen en la comunicación hombre – máquina con cada una de sus variables de estudio.

Posteriormente se recolectará información empleando los diversos equipos del laboratorio para corroborar la eficacia de estas metodologías de comunicación, la misma que se necesita para su respectivo análisis de la problemática de estudio, es por ello que inmediatamente se realizará una investigación exploratoria, la misma que nos permitirá obtener datos de carácter cuantitativo que serán de gran utilidad para instaurar vínculos entre las formas de comunicación y a la vez planear el método que sea de mayor eficacia con una visión importante de mejorar las formas de comunicación, monitoreo y control de un determinado proceso, solventando así la problemática trazada en el trabajo investigativo.

3.5. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Fuentes de Información

En el actual proyecto investigativo se obtendrá información relevante de fuentes primarias y secundarias; esencialmente de fuentes primarias, las cuales contienen información actualizada y nueva, resultado de trabajos intelectuales de parte de otros autores alrededor del mundo; los documentos primarios hacen referencia a libros, artículos científicos, documentos oficiales, informes técnicos; de la misma forma se tomará información de fuentes secundarias, las mismas que abarcan contenido organizado y elaborado, producto del respectivos análisis de fuentes primarias.

3.5.2. Instrumentos de la Investigación

Para la elaboración del trabajo investigativo se emplearán una variedad de técnicas y fuentes que contengan información y datos relacionados a la investigación, a la vez que

permitan expresar una opinión relevante acerca del tema. Conjuntamente, se empleará la información que se obtenga de artículos científicos, libros, trabajos de titulación, informes técnicos, al igual que normativas vigentes que ayudarán a plantear conclusiones en referencia a la problemática planteada, intuyendo de mejor manera los parámetros técnicos para la investigación.

Simultáneamente, como parte de instrumento de este proyecto investigativo es necesario conocer las necesidades de los estudiantes para el aprendizaje de este tema de gran importancia, garantizando un guía didáctica y cómoda para el desarrollo de las prácticas en el laboratorio de tal manera que agrupen un grupo de preguntas relacionadas a un tema de análisis específico, sobre el cual el estudiante obtenga información, estandarizando e integrando el proceso de obtención de datos; dado a que un trabajo, o diseño mal elaborado no permite recolectar información completa y adecuada.

Por tal motivo, en este proyecto de investigación se incluirán las guías de laboratorio para las respectivas prácticas en las que incluye información de cómo se va a realizar la instalación de cada uno de los programas informáticos que se requieren, al igual de como manipular y controlar cada una de las variables en un Sistema SCADA de los procesos incluidos en el estudio.

3.5.3. Métodos de Recolección de datos

Para la obtención y recolección de datos en este proyecto de investigación se empleará la técnica de observación de tipo experimental, la misma que es determinada como una herramienta de investigación para recolectar datos de las variables a ser

estudiadas con la utilización de equipos e instrumentos de laboratorio mediante un Sistema SCADA, los mismos que previamente ya son programados para la respectiva obtención de información, permitiendo así utilizarlas para el análisis e interpretación de las mismas, y así corroborar la fiabilidad de la comunicación, la misma información será de gran utilidad para la elaboración de esquemas gráficos donde se interpretan los valores de cada una de las variables que conforman el proceso.

3.6. Validez y confiabilidad del instrumento de recolección

La información obtenida en cada prueba de laboratorio será analizada de manera absoluta y relativa con la ayuda de gráficos que permitirán interpretar de mejor forma cada una de las variables del Sistema; conjuntamente las bases teóricas, efectuando los objetivos de nuestro proyecto.

El análisis se efectuará interpretando los valores de las variables que conforman el sistema distribuido, las mismas que fueron programadas y sincronizadas previamente para lograr una obtención correcta de datos del sistema.

La fiabilidad de los equipos e instrumentos que se emplearan en el laboratorio son dispositivos que cumplen con requisitos técnicos como las normas establecidas de calibración de sensores, los instrumentos previamente fueron aprobados por el personal encargado del laboratorio de Hidrónica y Neutrónica; consecutivamente se realizó el sistema SCADA, implementando la Interfaz gráfica en la WEB donde se puede monitorear y controlar de manera remota el Sistema Distribuido que es objeto de estudio.

3.7. Procesamiento y análisis de la información

La información será obtenida mediante pruebas de laboratorio; en el trabajo investigativo será analizada de una forma estructurada de acuerdo a como se encuentre implicada en cada una de las entidades a causas y efectos del problema de la investigación, de tal forma se ha establecido el siguiente régimen:

- Análisis crítico de cada uno de los datos que han sido obtenidos en las pruebas realizadas en el laboratorio, descartando el valor propio o medido de cada variable, ya que no son necesarios en nuestro análisis.
- Sistema de adquisición de datos SCADA, con su respectiva interfaz gráfica del Sistema Distribuido empleado.
- Análisis de los beneficios y desventajas de cada uno de los métodos de comunicación industrial existentes hasta la actualidad.

3.7.1. Análisis de la información

El análisis de la información recolectada estará en función de los siguientes parámetros establecidos:

- El sistema SCADA deberá cumplir con los objetivos planteados en el proyecto.
- La implementación del dispositivo IoT, deberá ser motivación para la realización de futuros proyectos encaminados a la Industria 4.0
- El diseño de la Interfaz gráfica debe ser intuitiva con el usuario, y así cumplir con los objetivos planteados en este proyecto.
- La Hipótesis debe ser verificada, para que los estudios de este tema sigan encaminados a perfeccionamientos en un futuro no tan distante.
- Elaboración de conclusiones y recomendaciones

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Este capítulo presenta los resultados alcanzados luego de la investigación, permitiendo analizarlos para posteriormente ser usados en el desarrollo del proyecto, como en la selección y configuración de protocolos de comunicación industrial, junto con ello el procedimiento a realizar para el envío y recepción de datos proveniente de sistemas industriales hacia la nube en la WEB, además de tener una idea generalizada de los procesos industriales sobre los que se llevará a cabo el proyecto. Es importante conocer el funcionamiento y los componentes que conforman uno de los sistemas en los que se va a realizar el proyecto.

4.1. Análisis de Módulo didáctico con protocolo Modbus

Se emplea el módulo didáctico (Figura 33) desarrollado por (López Salazar & Mora Ledesma, 2017), el cual es un sistema que posee un protocolo de comunicación abierto Modbus TCP/IP y Modbus RTU, que permite la transmisión de datos entre los dispositivos conectados a la red y el Ordenador.



Figura 33. Módulo didáctico con protocolo abierto Modbus
FUENTE: (López Salazar & Mora Ledesma, 2017)

En la Figura 34, se visualiza el esquema correspondiente a la red Modbus del módulo didáctico.

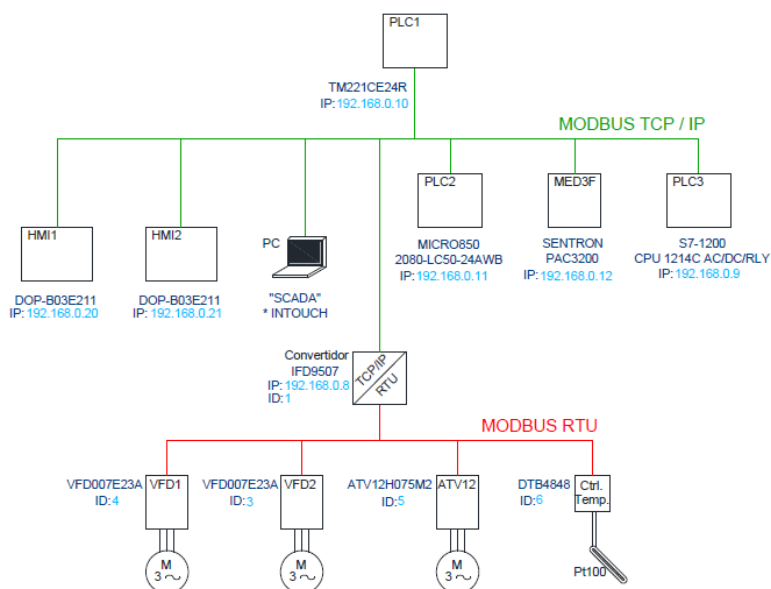


Figura 34. Esquema de red Modbus TCP/IP – Modbus RTU
FUENTE: (López Salazar & Mora Ledesma, 2017)

Los equipos que conforman la Red Modbus elaborado por (López Salazar & Mora Ledesma, 2017) se enlistan a continuación en la Tabla 4.

Tabla 4

Lista de dispositivos de la Red Modbus TCP-IP/RTU

Lista de dispositivos de la Red Modbus	
1	Controlador Modicon M221
2	Controlador Micrologix 850
3	Medidor SIEMENS SETRON PAC 3200
4	Pantalla DOP – B03E211
5	Pantalla DOP – B03E211
6	Convertidor Modbus TCP/IP – RTU, IFD9507
7	Variador de Frecuencia ATV12H075M2
8	Variador de Frecuencia VFD007E23A
9	Variador de Frecuencia VFD007E23A
10	Controlador de Temperatura DTB4848

CONTINÚA 

11 Ordenador

12 Switch Ethernet de 8 puertos

Fuente: (López Salazar & Mora Ledesma, 2017)

4.1.1. Equipos utilizados

a) Medidor de Energía Siemens SENTRON PAC 3200

El SENTRON PAC 3200 (Figura 35), es un instrumento que permite la visualización de los parámetros de red más relevantes, monitoreo, diagnóstico y servicio técnico de variables eléctricas, un contador de energía activa (Kwh) y reactiva (Kwhr), a partir de medir los valores de magnitudes eléctricas como tensiones y corrientes, permite también medir la potencia aparente, reactiva, efectiva y valores de energía del sistema al que se encuentre conectado. (López Salazar & Mora Ledesma, 2017)



Figura 35. SENTRON PAC 3200

Fuente: (López Salazar & Mora Ledesma, 2017)

b) Variador de Frecuencia – DELTA VFD007E23A

El variador de velocidad VFD007E23A (véase Figura 36) de motores de corriente alterna es un equipo que funciona con alimentación trifásica, perteneciente a la marca Delta, caracterizada por la facilidad de manejo de sus equipos y su bajo costo relativo a

otros equipos que realizan el mismo trabajo, posee comunicación con protocolo Modbus RS-485, el cual mediante los terminales de salida se conecta a un motor trifásico. Es fundamental realizar las configuraciones respectivas en el Teclado (BOP) del VFD, para una correcta comunicación mediante Modbus. (López Salazar & Mora Ledesma, 2017)



Figura 36. Variador de Frecuencia DELTA VFD007E23A

Fuente: (López Salazar & Mora Ledesma, 2017)

c) Convertidor Modbus TCP/IP – RTU, IFD9507

El convertidor Modbus TCP-IP/ Modbus RTU (Figura 37) actúa como puente de comunicación en esta red industrial, es un módulo de comunicación Ethernet el cual puede convertir Modbus a Ethernet y viceversa. Posee tres puertos que son: Ethernet, serial RS232 y serial RS485. (López Salazar & Mora Ledesma, 2017)

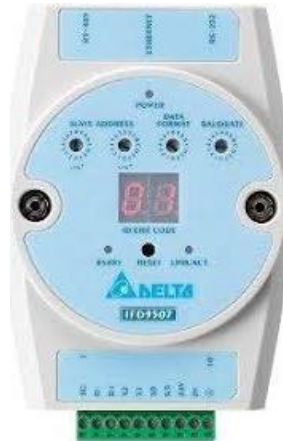


Figura 37. Convertidor IFD 9507

Fuente: (López Salazar & Mora Ledesma, 2017)

d) Pantalla HMI DOP – B03E211

La pantalla HMI DOP-B03E211 de 4.3 pulgadas (Figura 38), posee una se utilizará para crear el interfaz humano-máquina (HMI), alimentada con 24 V DC, tiene un interfaz amigable con el usuario y posee varias ventajas como la monitorización y el control eficiente en tiempo real, permite que los equipos se puedan comunicar mediante puerto serie o el puerto Ethernet. (López Salazar & Mora Ledesma, 2017)



Figura 38. Pantalla HMI DOP – B03E211

Fuente: (López Salazar & Mora Ledesma, 2017)

4.1.2. Variables manejadas

Las variables manipuladas en este proceso, se dividen en dos secciones, que corresponden al Medidor de Energía SENTRON PAC 3200 y al Variador de Frecuencia.

a) Datos de SENTRON PAC 3200

Los datos proporcionados por el medidor de energía SENTRON PAC 3200, se obtienen de acuerdo a los cada uno de los protocolos que se incluyen en el manual del dispositivo (Figura 39) correspondientes a cada magnitud que se desee leer, como son: Voltajes de línea, Corrientes del sistema, Potencias Totales, Factor de Potencia, Frecuencia y los THD-R-I del sistema. Todos estos datos indistintamente el valor que se obtenga permitirán verificar la correcta comunicación industrial y realizar el monitoreo remoto empleando el dispositivo Siemens IoT 2040 (Figura 32).

Offset	Número de registros	Nombre	Formato	Unidad	Rango admitido	Acceso
7	2	Tensión U_{L1-L2}	Float	V	-	R
9	2	Tensión U_{L2-L3}	Float	V	-	R
11	2	Tensión U_{L3-L1}	Float	V	-	R
13	2	Corriente L1	Float	A	-	R
15	2	Corriente L2	Float	A	-	R
17	2	Corriente L3	Float	A	-	R
49	2	THD-R en corriente L1	Float	%	0 ... 100	R
51	2	THD-R en corriente L2	Float	%	0 ... 100	R
53	2	THD-R en corriente L3	Float	%	0 ... 100	R
55	2	Frecuencia	Float	Hz	45 ... 65	R
63	2	Potencia aparente total	Float	VA	-	R
65	2	Potencia activa total	Float	W	-	R
67	2	Potencia reactiva total	Float	var	-	R
69	2	Factor de potencia total	Float		-	R

Figura 39. Registros de SENTRON PAC3200

Fuente: (López Salazar & Mora Ledesma, 2017)

b) Registros de Variador de Frecuencia Delta

la primera sección corresponde a los valores de los Registros (Figura 40) empleados para la comunicación Modbus entre el Variador de Frecuencia Delta y el Ordenador, correspondiente al comando de operación y frecuencia del variador de velocidad.

Contenido	Dirección	Función	
Parámetros del variador de frecuencia para motores de CA	GGnnH	GG significa el grupo de los parámetros, nn significa la cantidad de parámetros, por ejemplo, la dirección de Pr 04.01 es 0401H. Para obtener la función de cada parámetro consulte el capítulo 5. Al leer el parámetro utilizando el código de comando 03H, sólo se podrá leer un único parámetro por vez.	
Comando Sólo escritura	2000H	Bit 0-1	00B: Sin función 01B: Detener 10B: Operar 11B: Avance paso a paso + Operar
		Bit 2-3	Reservado
		Bit 4-5	00B: Sin función 01B: HACIA ADELANTE 10B: REVERSA 11B: Modificar la dirección
		Bit 6-7	00B: Comunicación forzó 1ra acel/decel 01B: Comunicación forzó 2da acel/decel
	Bit 8-15	Reservado	
	2001H	Comando de frecuencia	

Figura 40. Registros de VFD – DELTA

Fuente: (López Salazar & Mora Ledesma, 2017)

4.2. Estación compacta de trabajo – Sistema Multivariable

La Estación de Trabajo desarrollada por (Muñoz Valverde & Pérez Guanoluisa, 2016) forma parte de este proyecto, el cual es un módulo didáctico para la regulación de variables de control: caudal, presión, nivel y temperatura en lazo cerrado, a través de un PLC Siemens S7-1200, mediante la manipulación de velocidad de una bomba centrífuga. Su estructura implementada se presenta en la Figura 41.

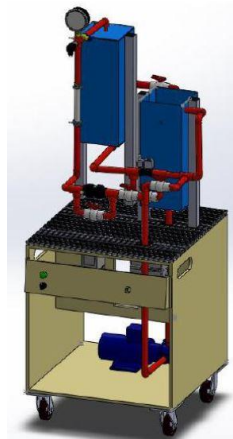


Figura 41. Estación de trabajo compacta – Planta Multivariable

Fuente: (Muñoz Valverde & Pérez Guanoluisa, 2016)

El módulo está conformado por los siguientes elementos, los mismos que se especifican en el diagrama de la Figura 42:

- **BINN 101, BINN 102** Esta nomenclatura corresponde a los tanques uno y dos respectivamente los mismos se utilizan para almacenar el líquido.
- **PUMP 101** Bomba centrífuga que suministra de fluido al sistema, se hará referencia a este elemento en adelante como P101.
- **E104** Elemento calefactor que eleva la temperatura del líquido en el BINN B101.
- **V101, V102, V103, V104, V105, V106, V107 y V108** Válvulas manuales que permiten o cierran el paso del fluido por las tuberías del módulo.
- **V109** Electroválvula 2/2 el cual permite el paso del fluido del BINN B102 hacia el BINN B101.
- **V110** Válvula antirretorno el cual impide el retorno del fluido a la bomba.
- **FT B102** Transmisor de flujo.

- **PI B103** Indicador de presión.
- **PT B103** Transmisor de presión.
- **FI B102** Rotámetro para indicar el nivel de caudal.
- **LT B101** Transmisor de nivel de líquido.
- **LSL B111** Interruptor de líquido de nivel bajo.
- **LSH B112** Interruptor de líquido de nivel alto.
- **LSH S111** Interruptor flotador para de nivel de líquido alto.
- **TT B104** Transmisor de temperatura.

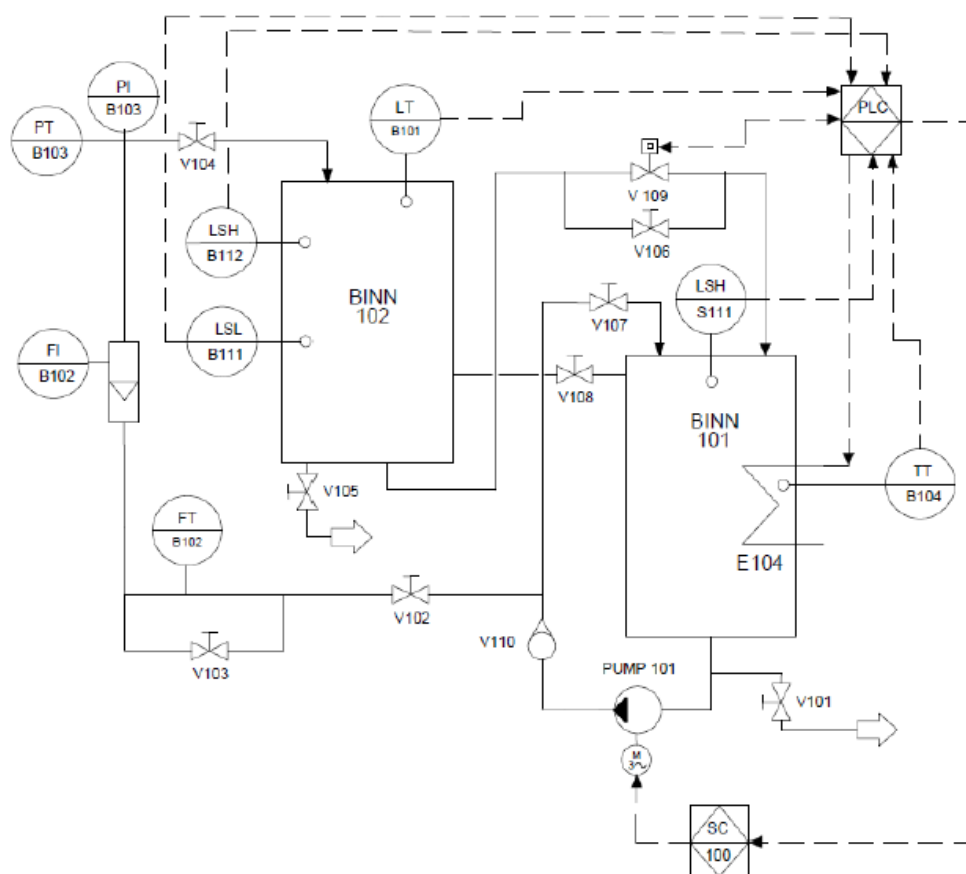


Figura 42. Plano P&ID

Fuente: (Muñoz Valverde & Pérez Guanoluisa, 2016)

4.2.1. Sensores utilizados

La estación de trabajo compacta cuenta con cuatro procesos manejables, los mismos que son: nivel, caudal, presión y temperatura; por lo cual se tiene un sensor de cada tipo en cada uno de los procesos de control. En primera instancia, para detectar el nivel de agua del BINN 102 se emplea un sensor ultrasónico UB800-18GM40 (Figura 43), gracias al cual se realiza el control del lazo de nivel y poder controlar y monitorear dicha variable; el rango de detección máxima es de 800 mm y funciona a un voltaje mínimo y máximo de 10 VDC a 30 VDC respectivamente. (Muñoz Valverde & Pérez Guanoluisa, 2016)



Figura 43. Sensor ultrasónico UB800-18GM40

Fuente: (Muñoz Valverde & Pérez Guanoluisa, 2016)

El segundo proceso es el de caudal, se emplea un sensor de flujo YF-S201 (Figura 44), que mide el flujo de agua que pasa a través de la tubería desde la bomba hasta el BINN 102, que cuenta con un rango de medida amplio y una precisión aceptable. (Muñoz Valverde & Pérez Guanoluisa, 2016)



Figura 44. Sensor de flujo YF-S201

Fuente: (Muñoz Valverde & Pérez Guanoluisa, 2016)

En lo que corresponde al proceso de control de presión, se emplea un sensor de presión DANFOSS MBS33M (Figura 45) que cuenta con un rango de medida y una precisión aceptable en sistema. (Muñoz Valverde & Pérez Guanoluisa, 2016)



Figura 45. Sensor de Presión Danfoss MBS33M

Fuente: (Muñoz Valverde & Pérez Guanoluisa, 2016)

Por último, el proceso de temperatura, para el cual se utiliza un sensor PT100 a tres hilos, como el de la Figura 36. Consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. (Muñoz Valverde & Pérez Guanoluisa, 2016)



Figura 46. Sensor de Temperatura PT100 de tres hilos

Fuente: (Muñoz Valverde & Pérez Guanoluisa, 2016)

4.2.2. Variador de Frecuencia SINAMICS V20

Para controlar las variables correspondientes a este sistema, se emplea una bomba centrífuga, la misma que se controla mediante un Variador de velocidad (Figura 47), el cual manipula la frecuencia de entrada del motor entre los valores de 25Hz a 60Hz, es el intervalo en el cual trabaja el sistema. (Muñoz Valverde & Pérez Guanoluisa, 2016)



Figura 47. Variador de frecuencia SINAMICS V20

Fuente: (Muñoz Valverde & Pérez Guanoluisa, 2016)

4.2.3. Variables manejadas

De los cuatro procesos que conforman el sistema de la estación compacta de trabajo, dos variables (nivel, caudal) serán empleadas para el presente proyecto.

a) Nivel

El proceso de control de nivel es el que presenta un comportamiento más estable, por lo que permite realizar un monitoreo y control en tiempo real, de tal forma se detalla brevemente el proceso de nivel de la planta. En la Figura 48, se puede observar el P&ID del lazo de control de nivel. La bomba P101 distribuye el fluido almacenado en el BINN B101 hacia el BINN B102 por el sistema de tuberías, la señal de retroalimentación que se ingresara al controlador es obtenida del sensor ultrasónico de nivel (LT B101), las señales de perturbación pueden ser generadas mediante la apertura de la válvula manual V108 o controlando la válvula V109, esto para comprobar el funcionamiento y respuesta de los controladores implementados. También se utilizan sensores capacitivos los cuales marcaran el nivel de fluido alto (LSH B112) y bajo (LSL B111). (Muñoz Valverde & Pérez Guanoluisa, 2016)

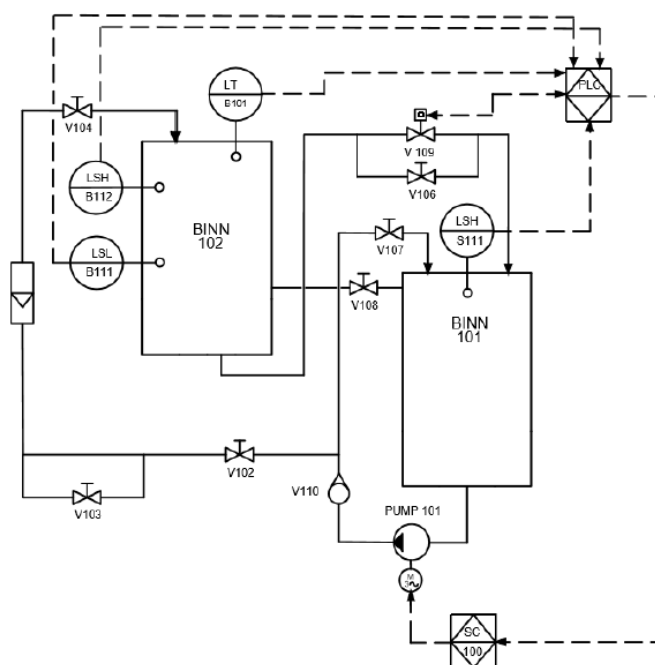


Figura 48. P&ID para el lazo de control de nivel
Fuente: (Muñoz Valverde & Pérez Guanoluisa, 2016)

b) Caudal

El caudal también es una de las variables controlables en este sistema, por lo que es útil para la elaboración de este proyecto. Como se observa en el diagrama (Figura 49) en este lazo interviene el BINN B101 y la bomba PUMP 101, en donde el fluido será impulsado desde la parte inferior del BINN B101 y pasará por el sistema de tuberías pasando por el sensor de flujo (FT B102) y el rotámetro (FI 102) hacia el BINN B102, eventualmente regresará al BINN B101 pasando por las válvulas V108 y V109. La señal de retroalimentación es provista por el sensor de flujo FT B102 y se pueden generar señales de perturbación gracias a la válvula V102. (Muñoz Valverde & Pérez Guanoluisa, 2016)

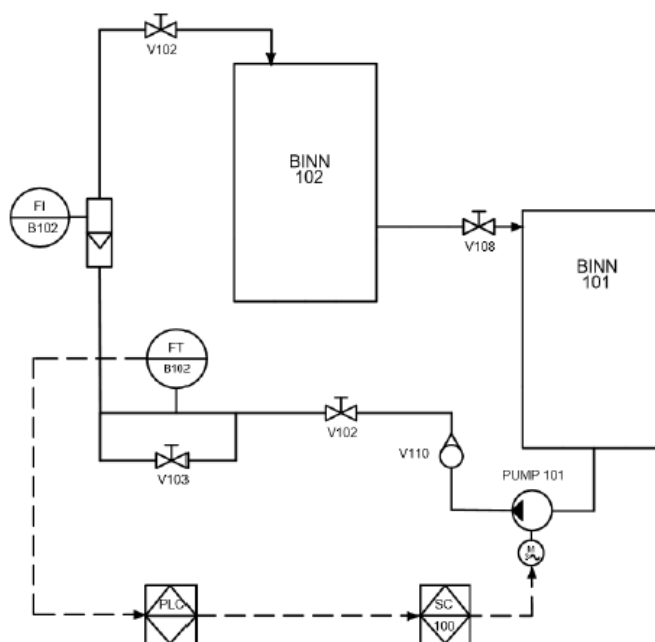


Figura 49. P&ID para el lazo de control de caudal

Fuente: (Muñoz Valverde & Pérez Guanoluisa, 2016)

4.3. Módulo de Control Proporcional HYD &PNEU

Los dispositivos de Control Proporcional hidráulico y Neumático de marca FESTO (Figura 50) se encuentran instalados sobre la estación de trabajo desarrollado por (Huilcamaigua Checa & Viracucha Masabanda, 2016), este módulo cuenta con una red industrial con estándar PROFINET y PROFIBUS, la cual permite realizar de manera óptima la transferencia de información para la elaboración del proyecto.



Figura 50. Sistema de Control Proporcional PNEU/HYD

4.3.1. Variables manejadas

El manejo de posición lineal es la variable principal en el control proporcional, ya sea Neumático o Hidráulico, el envío y recepción de las señales analógicas hacia y desde los dispositivos, se realiza a través de los módulos de entradas y salidas analógicas lo cual permite agregar nuevas funciones a la CPU del PLC S7 – 1200.

4.4. Comprobación de hipótesis

Para la comprobación de la hipótesis se analizan todos los resultados que se obtuvieron anteriormente, logrando así verificar que, al controlar y monitorear los datos e

información de un sistema en tiempo real, es posible analizar el estado de funcionamiento de los procesos industriales de manera remota con acceso a internet.

4.5. Planteamiento de hipótesis

Con la implementación de un sistema de supervisión remoto por medio de IIoT para el control de Sistemas Distribuidos se podrá monitorear y supervisar constantemente el funcionamiento de los mismos, con la obtención de datos en tiempo real, la cual podrá ser visualizado y analizado en cualquier lugar con un dispositivo fijo o móvil, con acceso a Internet, utilizando los procesos didácticos industriales situados en el Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.

4.6. Viabilidad del proyecto

Una vez realizado el análisis, obtenemos el resultado, garantizando la viabilidad del proyecto, permitiendo iniciar con el diseño de la red de comunicación industrial entre varios procesos, posteriormente la programación e implementación del sistema IoT, con su respectiva interfaz gráfica intuitiva con el usuario para el monitoreo y control remoto en tiempo real a través de la WEB.

CAPÍTULO V

5. PROPUESTA

Diseño e implementación de un Sistema Distribuido empleando Protocolo de Comunicación industrial enfocado a los objetos (IIoT), para el control y monitoreo remoto en tiempo real (RT) a través de la WEB en el Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE Extensión Latacunga.

5.1. Datos Informativos

Nombre de la Institución: Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE Extensión Latacunga.

Dirección: Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Calle Quijano y Ordoñez y Hermanas Páez, Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica.

Tipo de empresa: Educación

Tamaño de la Institución: Grande

5.1.1. Beneficiarios

Estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica, en el campo de Automatización y Redes de Comunicación Industrial.

5.2. Objetivos

5.2.1. Objetivo General

Diseñar e Implementar un Sistema Distribuido empleando Protocolo de Comunicación Industrial enfocado a los Objetos (IIoT), para el control y monitoreo remoto en tiempo real (RT) a través de la WEB en el Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga, para determinar la fiabilidad y confiabilidad de las nuevas tecnologías de digitalización de la Industria 4.0.

5.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar el Monitoreo y Control de Sistemas Distribuidos empleando Protocolos de Comunicación Industrial Modbus TCP/IP – RTU; manejando correctamente cada una de sus configuraciones.
- Obtener datos multivariantes en Tiempo Real en un Sistema SCADA con la ayuda de WIN-CC en el Software TIA Portal V14.
- Realizar una interfaz gráfica que sea accesible y amigable con el usuario desde cualquier dispositivo, fijo o móvil con acceso a la WEB empleando el Software Node-RED, con un visualizador de IoT en la nube.

5.3. Justificación de la Propuesta

El presente trabajo investigativo, en la que incluye la programación de un Sistema SCADA y la elaboración de una interfaz gráfica para el control y monitoreo remoto en RT busca comprobar la fiabilidad de la supervisión remota en tiempo real de un Sistema

Distribuido, el mismo que se encuentra en el Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE Extensión Latacunga, con el objetivo fundamental de supervisar y controlar de manera continua cada una de las variables que conforman el proceso; además de promover en los estudiantes habilidades nuevas que permitan enriquecer sus conocimientos en el área de las redes de comunicación industrial enfocado al Internet Industrial de las Cosas.

Con la implementación del proyecto se procura que los estudiantes integren nuevos conocimientos acerca de este tipo de tecnología de la digitalización dedicada al manejo de datos en la denominada Industria 4.0; en este caso se monitorea el consumo de energía de un sistema conformado por un variador de frecuencia DELTA mediante Modbus TCP/IP – RTU las cuales ayudan a conocer la cantidad de energía consumida en tiempo real; de igual forma en el aspecto de control, emplearemos un Sistema Multivariable en las que el Caudal y el Nivel del tanque serán las variables a manejar, y por ultimo un sistema Neumático e Hidráulico, en las que el control de posición de cada sistema es fundamental para nuestro trabajo.

5.4. Fundamentación Propuesta

La propuesta que se detalla en el presente capítulo se relaciona fundamentalmente con el diseño e implementación de un Sistema Distribuido empleando Protocolo de Comunicación industrial enfocado a los objetos (IIoT), el mismo que permitirá monitorear y controlar un proceso mediante un Sistema SCADA y también mediante una Interfaz

Gráfica en la WEB, al igual que el almacenamiento de datos correspondientes a cada una de las variables en tiempo real, para su posterior análisis del sistema.

5.5. Diseño de la Propuesta

5.5.1. Resumen

De acuerdo a la propuesta planteada; a continuación, se especifica el tipo de formato considerado.

- **Programación de cada uno de los procesos que conforman el Sistema Distribuido:** Para comenzar con la elaboración del proyecto es fundamental realizar la programación correcta correspondiente a cada proceso, de tal forma que permita obtener datos correctos, como voltajes, corrientes, frecuencias, potencias, nivel de agua, caudal de agua, posición neumática o hidráulica; estos datos serán utilizados para comprobar la correcta comunicación de todo el sistema.
- **Configuración de los protocolos de comunicación correspondientes a cada Proceso:** En este caso, para no tener errores en las comunicaciones de los procesos, es esencial configurar de manera correcta cada uno de los registros de los dispositivos que se van a conectar basado en los manuales de cada equipo en donde especifican el valor de los registros de comunicación; de manera muy particular todas las configuraciones hacia el PLC maestro que será el que comandará todo el Sistema.

- **Obtención de los datos multivariantes que conforman el Sistema Distribuido:** Mediante una correcta configuración de cada uno de los Equipos, se obtiene los datos de cada uno de los sistemas en el PLC maestro Siemens S7-1500, el cual centraliza todo el sistema SCADA incluyendo una interfaz gráfica en la PC gracias a WinCC, y en la pantalla HMI Siemens Comfort Panel.
- **Comunicación de todo el Sistema a la Red LAN mediante Node-RED:** Una vez centralizado el sistema, todos los datos correspondientes al Maestro, deben ser programados en Node-RED, para obtener una interfaz gráfica intuitiva con el usuario.
- **Datos enviados a la Nube mediante un servidor WEB:** Con la ayuda de un Servidor Web, podremos visualizar y controlar todas y cada una de las variables del sistema en RT, ya que una vez subido a la nube los datos pueden ser monitoreados desde cualquier lugar del planeta, siempre y cuando el dispositivo tenga acceso a Internet, cabe destacar que el tiempo de respuesta dependerá de la velocidad de internet del control remoto hacia el sistema.
- **Resultados:** Determinación de la fiabilidad del sistema de monitoreo y control remoto en Tiempo Real con la ayuda de la (IIoT) Internet Industrial de las Cosas.

5.5.2. Obtención de datos

Con una correcta configuración de los registros correspondientes al medidor de energía SENTRON PAC, se obtiene las siguientes gráficas mediante PC-System WinCC.

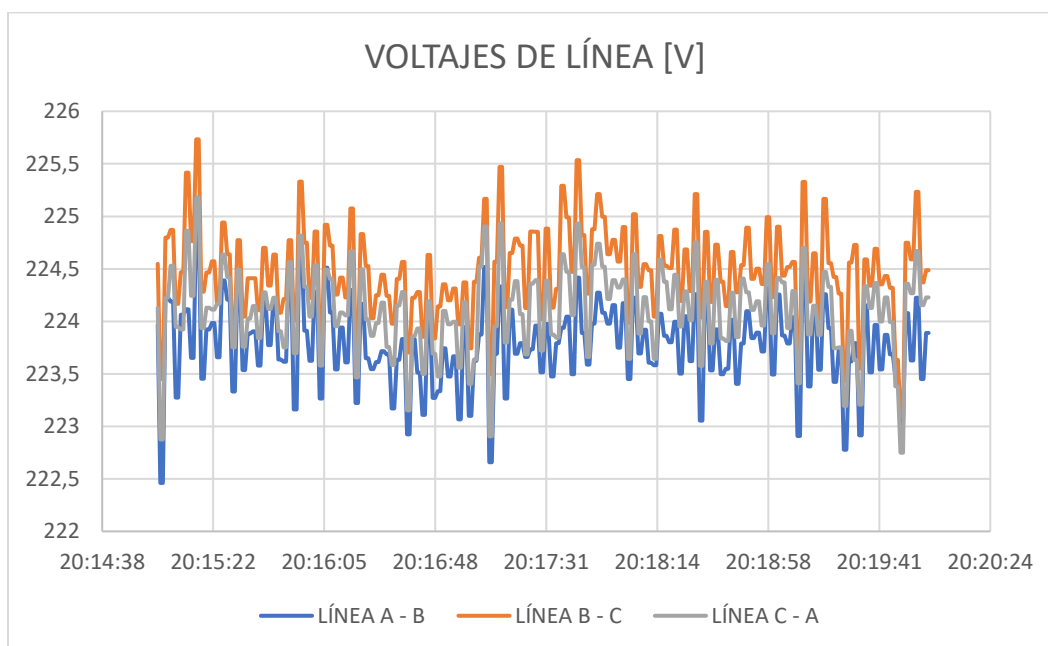


Figura 51. Voltaje de Línea – SENTRON PAC

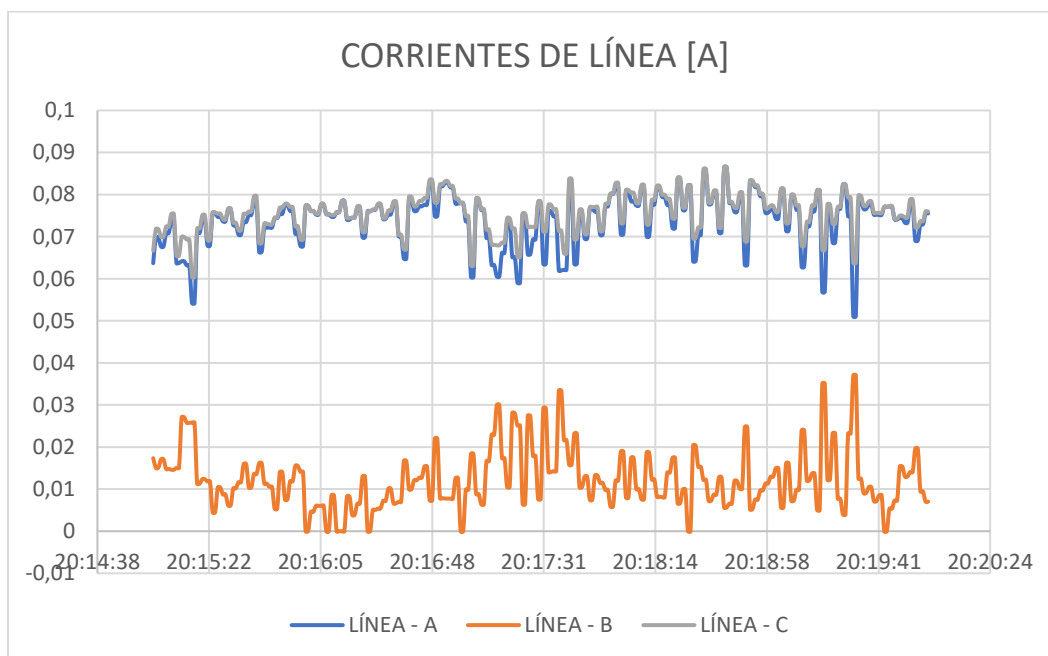


Figura 52. Corrientes de Línea – SENTRON PAC

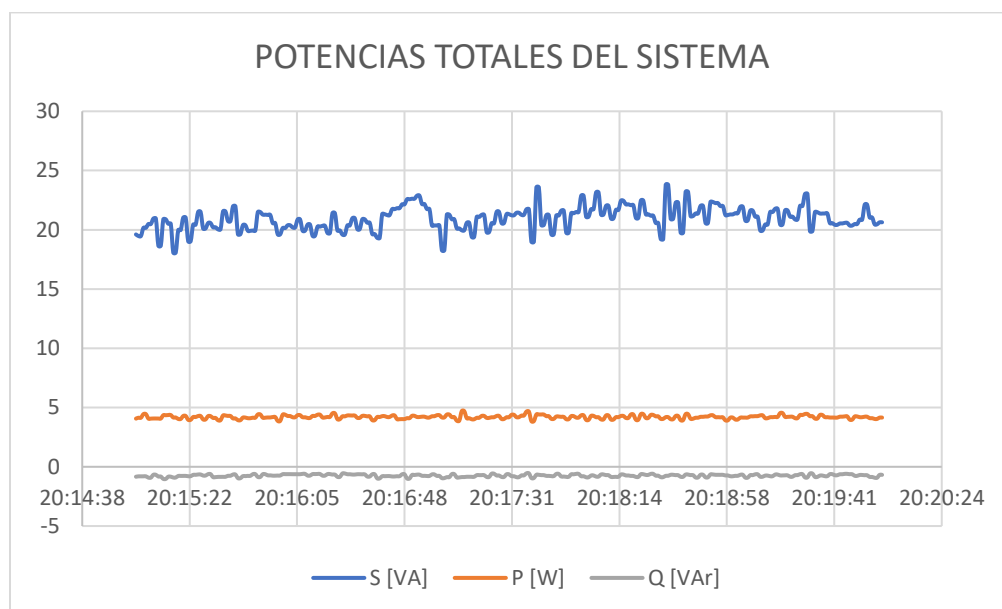


Figura 53. Potencias Totales del Sistema – SENRON PAC

5.5.3. Arquitectura del Proyecto

En la Figura 54, se muestra el esquema en cuanto a la estructura que conforma la implementación del Protocolo de Comunicación Industrial enfocado a los Objetos (IIoT) y el sistema distribuido empleado en este proyecto.

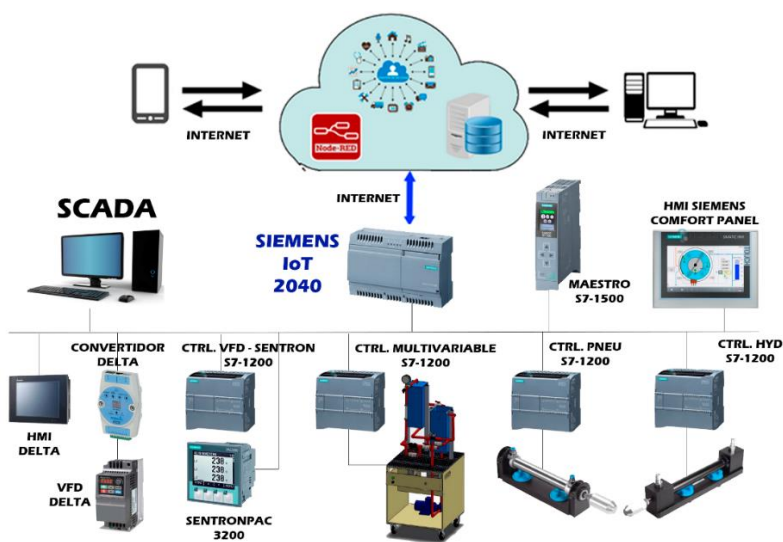


Figura 54. Arquitectura del Proyecto

5.6. Criterio de Selección del equipo



Es importante tener en consideración los aspectos técnicos del equipo a implementar, el mismo debe poseer las características que garanticen la comunicación y manejo de datos a través de la WEB de un sistema de comunicación industrial.

5.6.1. Selección de Módulo IoT

Para la selección del módulo IoT, es importante seleccionar un dispositivo que se acorde con las exigencias del sistema industrial, como garantizar el manejo de datos de un proceso y la comunicación fiable y confiable a internet, en la Tabla 5 se muestra las características de dispositivos IoT.

Tabla 5

Características de dispositivos Siemens IoT

EQUIPO	SIEMENS IoT 2040	SIEMENS IoT 2020
PARÁMETROS		
ALIMENTACIÓN	24V DC	24V DC
PROCESADOR – UPC	Intel Quark X1020 processor	Intel Quark X1000 processor
MEMORIA RAM	1 GB RAM DDR3	512 MB RAM
SISTEMA OPERATIVO	YOCTO Linux	YOCTO Linux
PUERTOS ETHERNET	2 x Ethernet interfaces	1 x Ethernet interface
PUERTOS SERIAL	2x RS232/485 switchable	No disponible
PUERTOS USB	2 (1 Tipo A + 1 mini B)	2 (1 Tipo A + 1 mini B)
RELOJ EN TIEMPO REAL	(RTC) Respaldo por batería	No disponible

Fuente: (SIEMENS IoT, 2017)

a) Análisis de elección del equipo

Para la selección correcta del dispositivo IoT, se toma en consideración las características de cada equipo, como se muestra en la Tabla 5, en las que el equipo IoT que mejor se ajusta a este proyecto, es el Siemens IoT 2040, debido a que posee puertos RS485/RS232 y permite tener conectividad con dispositivos industriales que no dispongan conexión directa a través de puertos RJ-45, además posee un Reloj en Tiempo Real que está respaldado con una batería incluida, al igual que la memoria RAM tiene una capacidad del 50% adicional al IoT 2020.

b) Implementación del módulo IoT

El IoT Siemens 2040, mostrado en la Figura 32 será instalado sobre un riel DIN en el módulo didáctico de control proporcional Hidráulico y Neumático, los mismos que disponen de protocolos de comunicaciones como Profinet y Profibus. El dispositivo estará alimentado mediante una fuente externa SIEMENS de 24V DC, para posteriormente conectarse a la Red Industrial a través de un cable Ethernet RJ-45 por el puerto X1P1 LAN, finalmente la conexión a Internet por el puerto X2P1 LAN hacia el Modem TP-LINK que se encuentra en el Laboratorio.

5.7. Configuración y creación de Proyecto en TIA Portal V14

La herramienta Informática de programación TIA Portal V14 (Figura 55), contiene una variedad de librerías para cada uno de los productos SIEMENS, las mismas que brindan la facilidad de programar un Sistema SCADA, para centralizar el control y monitoreo del Sistema Distribuido empleado en este proyecto de investigación.

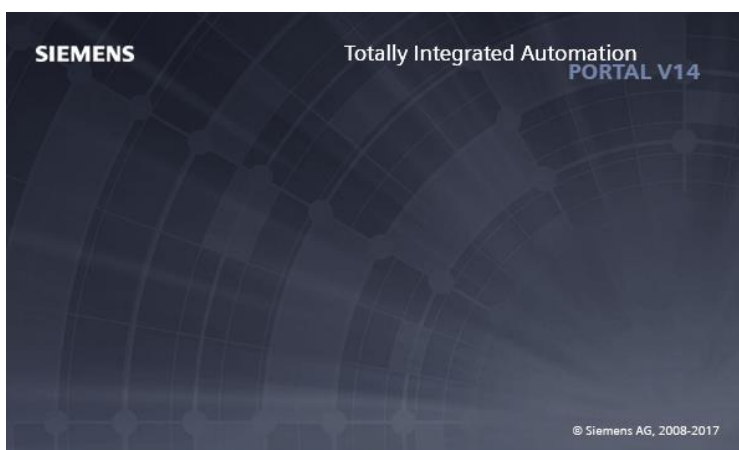


Figura 55. Software TIA Portal V14

5.7.1. Configuración de dispositivos

Para la correcta configuración de dispositivos, es importante crear un nuevo proyecto, o se abre un proyecto ya existente; como se ilustra en la Figura 56.

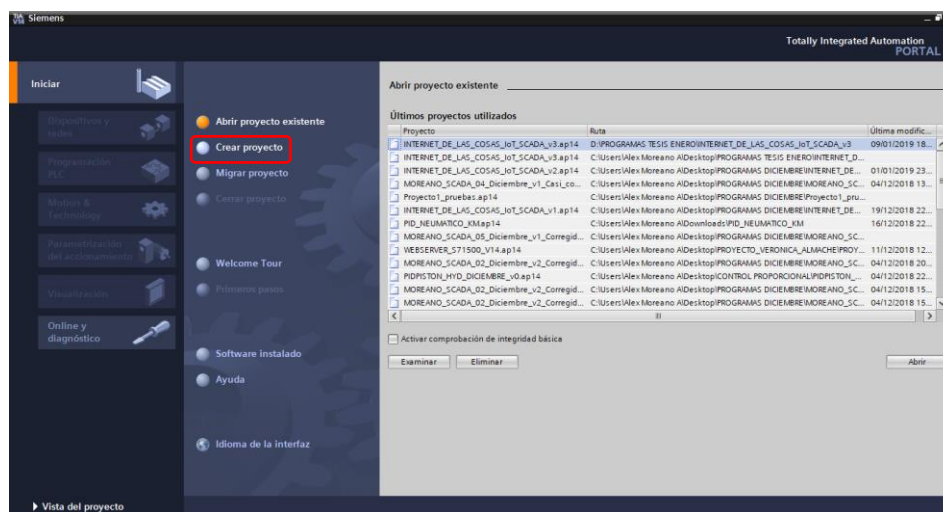


Figura 56. Creación de un nuevo proyecto en TIA Portal V14

Posteriormente se agrega cada uno de los dispositivos que van a conformar el proyecto como se muestra en la Figura 57, se da clic en 'Agregar Dispositivo'; donde es posible agregar controladores, HMI, Sistemas de PC y Accionamientos.

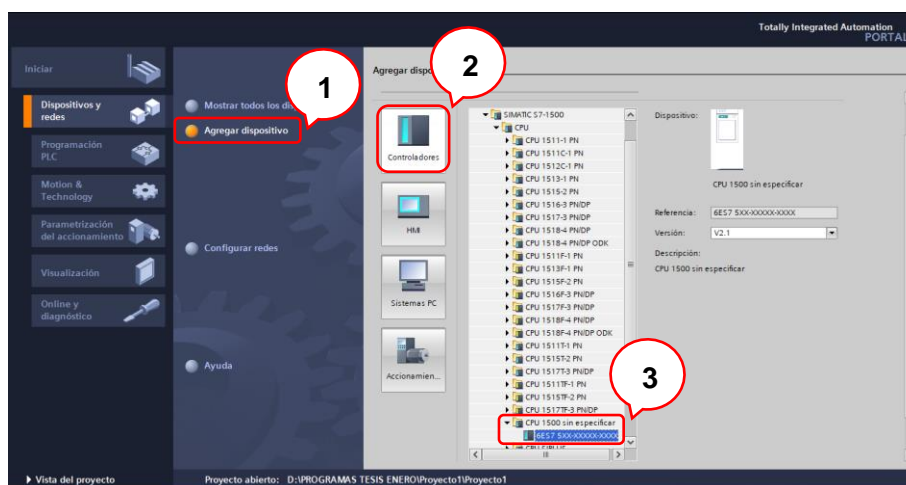
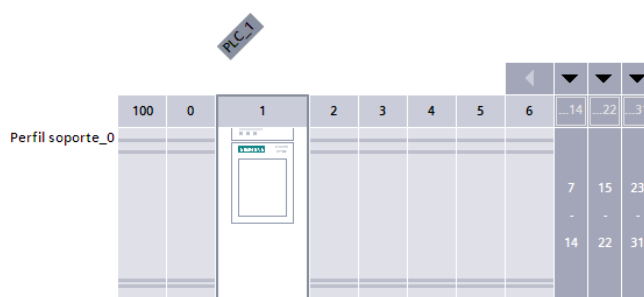


Figura 57. Agregar dispositivos al Proyecto

Para reconocer el dispositivo que se encuentra en línea, dar clic en la opción determinar como se muestra en la Figura 58.



El dispositivo no está especificado.
 → Utilice el [Catálogo de hardware](#) para especificar la CPU
 → o [determinar](#) la configuración del dispositivo conectado.

Figura 58. Determinar dispositivo en Línea

Seleccionar la interfaz PG/PC de acuerdo a la tarjeta de conexión del ordenador, para posteriormente dar clic en Iniciar Búsqueda, y finalmente en 'Detección'; para agregar correctamente el PLC al Proyecto creado.

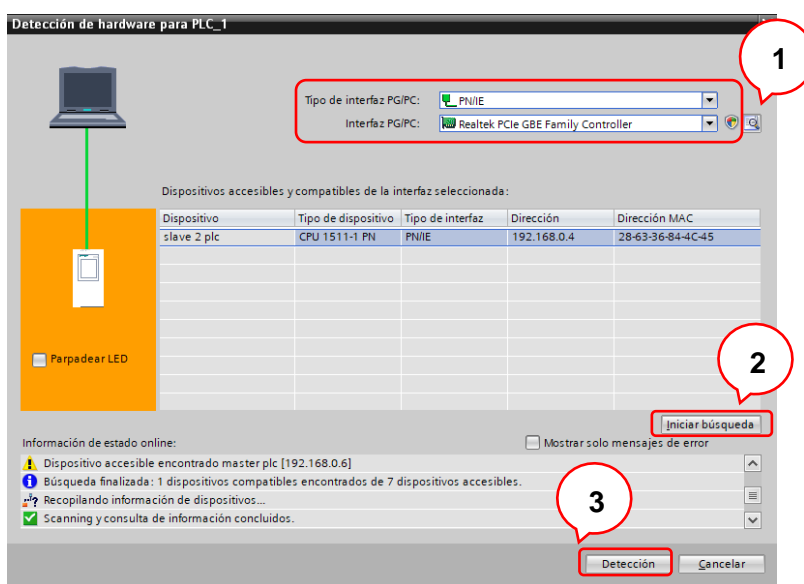


Figura 59. Detectar PLC en la Red

Una vez detectado el dispositivo se agregará correctamente a la ventana de Redes del proyecto (Figura 60); todo el procedimiento realizado anteriormente, se debe realizar con cada uno de los PLC's que conforman el sistema.

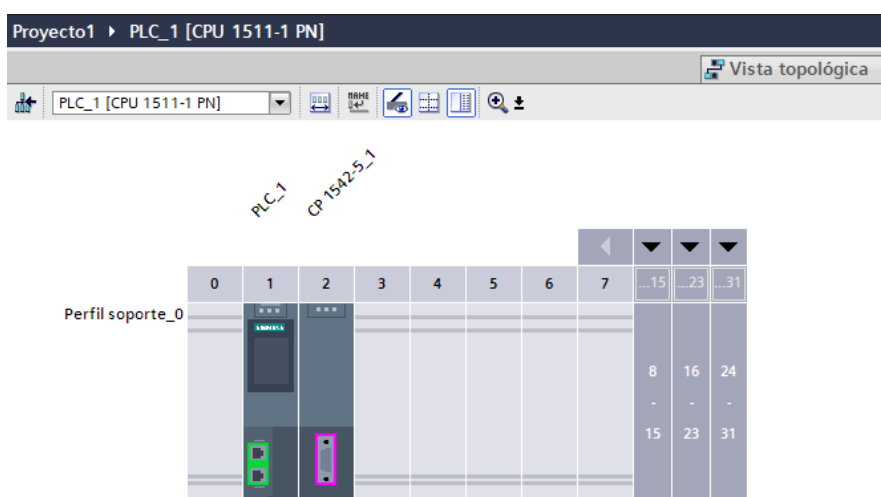


Figura 60. Dispositivo agregado correctamente al Proyecto

Una vez que todos los dispositivos se encuentren agregados correctamente, se da clic a la pestaña 'Vista de Redes', donde se observa todos los equipos conectados a la red (Figura 61).

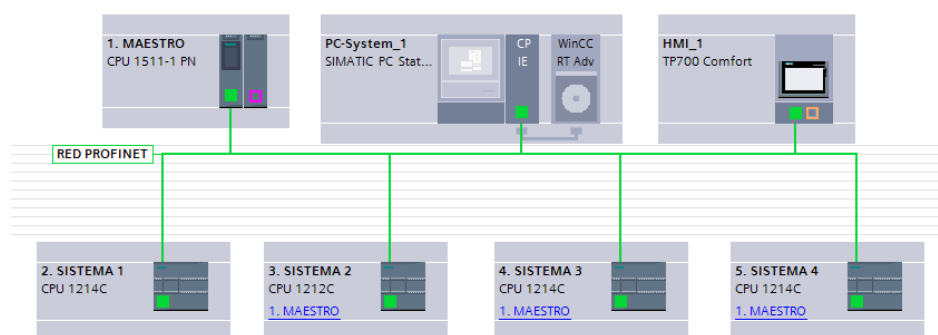


Figura 61. Vista de Topológica de Redes

5.7.2. Configuraciones iniciales de cada PLC

Este paso es importante, debido a que se debe realizar algunas configuraciones en lo que respecta a las propiedades de cada uno de los PLC's, inicialmente activar las marcas de sistema y de ciclo en cada uno de los PLC's, como se indica en la Figura 62.

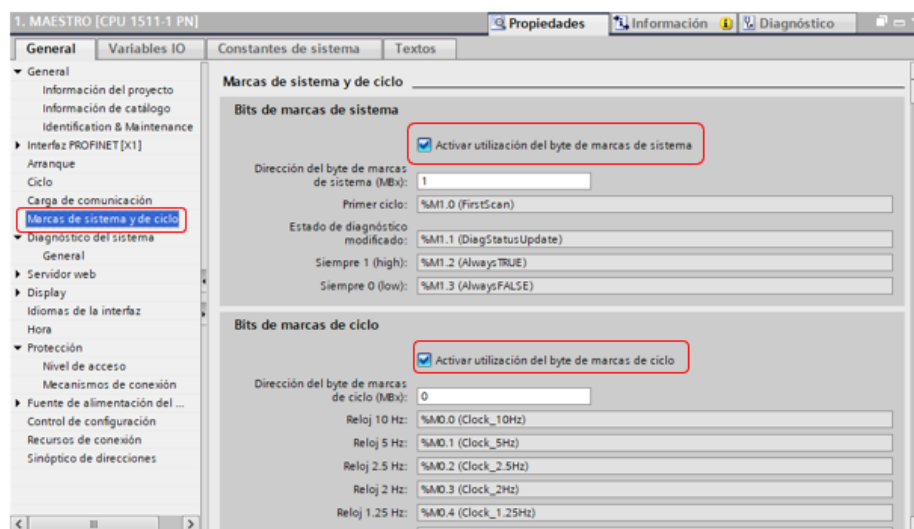


Figura 62. Activación de marcas de sistema y de ciclo

Posteriormente, se da clic en los mecanismos de conexión y se activa la opción: 'Permitir acceso vía comunicación PUT/GET del interlocutor remoto' (Figura 63), esta opción permite tener acceso al PLC desde otro Dispositivo o PLC.

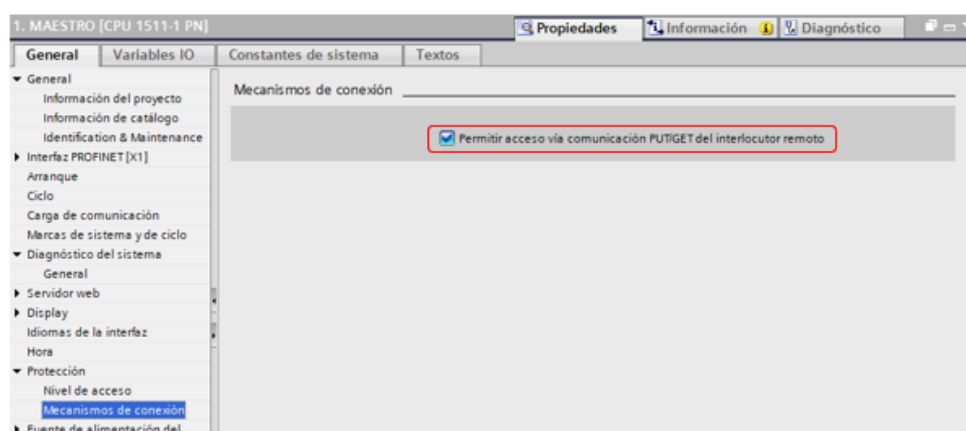


Figura 63. Activación de PUT/GET

5.8. Elaboración de SCADA del Sistema Distribuido en TIA Portal V14

En esta sección, se programará cada uno de los procesos que conforman el Sistema Distribuido del proyecto, tomando en consideración cada uno de los protocolos de comunicación que se emplean en este proyecto.

5.8.1. Configuración del módulo didáctico con protocolo Modbus

En esta sección, se emplea parte del proyecto de módulo didáctico con protocolo abierto Modbus TCP/IP – RTU (Figura 33) realizado por (López Salazar & Mora Ledesma, 2017). Para agregar la comunicación de los dispositivos se ingresa al Proyecto de TIA Portal, en la parte derecha de la Interfaz en la pestaña de COMUNICACIÓN, en la carpeta 'OTROS', y en la subcarpeta 'MODBUS TCP' seleccionar el bloque MB_CLIENT

(Figura 64), el mismo que permitirá la comunicación con el medidor SENTRON-PAC 3200 y el Variador de Frecuencia DELTA.

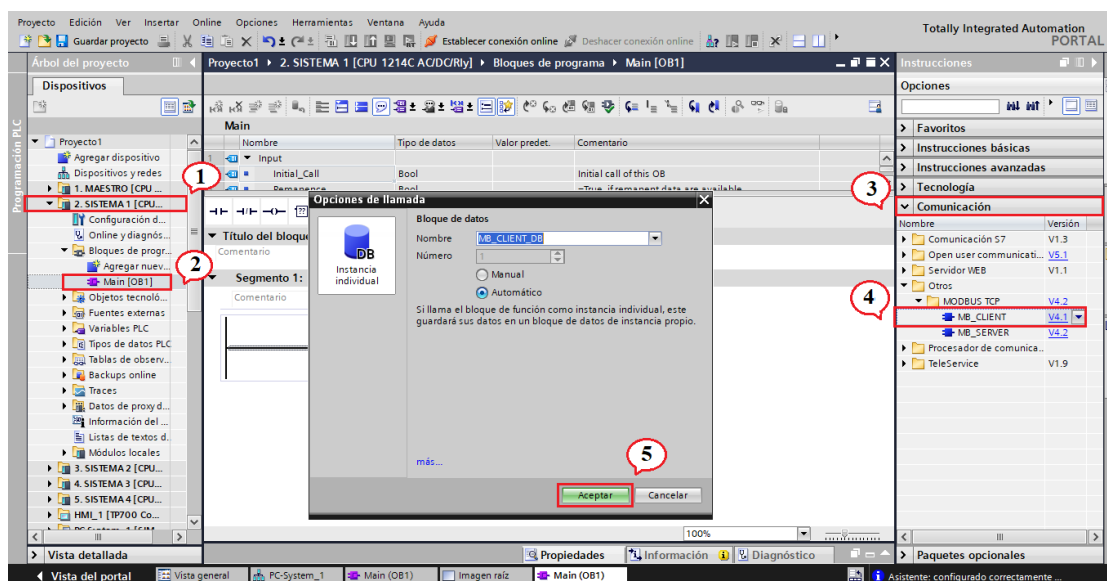


Figura 64. Selección de Bloque MB_CLIENT

Se realiza la configuración deseada cada uno de los parámetros, como los registros correspondientes para el medidor de energía SENTRON PAC 3200 y para el VFD – DELTA, de acuerdo a cada valor que se desee leer y escribir (Figura 65).

Cabe resaltar en el parámetro 'MB_DATA_PTR', se asigna un Puntero correspondiente a la Base de Datos que se crea más adelante; para obtener mayor información de los bloques se recomienda pulsa F1 para obtener información más detallada de cada parámetro.

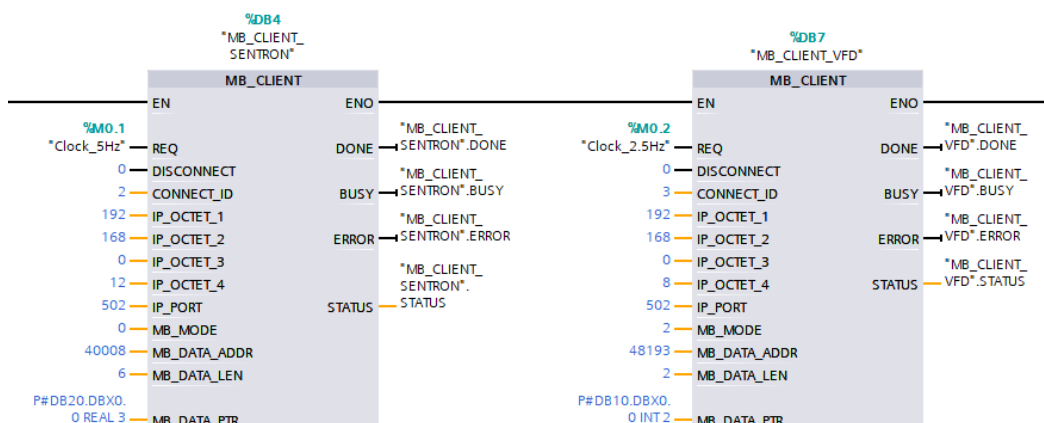


Figura 65. Bloque MB_CLIENT para comunicación Modbus

Para el manejo correcto de datos e información de este sistema, se agrega una Base/Bloque de Datos, como se indica en la Figura 66. En el paso 3, se da clic en 'Manual' y digitar un número de preferencia múltiplo de 10 para evitar confusiones con las demás bases de datos, ya que no será la única DATABASE que será creada en este proyecto.

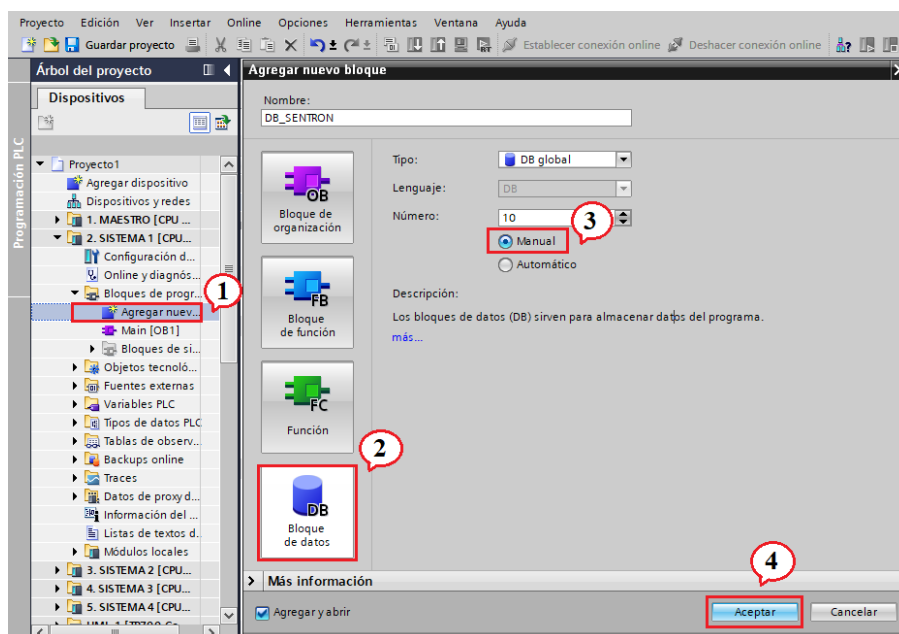


Figura 66. Agregar Bloque de Datos

En el Bloque de Datos creado, dar clic en propiedades, dirigiendo a la Opción 'Atributos' y deshabilitar el Acceso Optimizado al Bloque, esto permitirá direccionar cada uno de los datos que sean leídos o escritos en el Bloque (véase Figura 67).

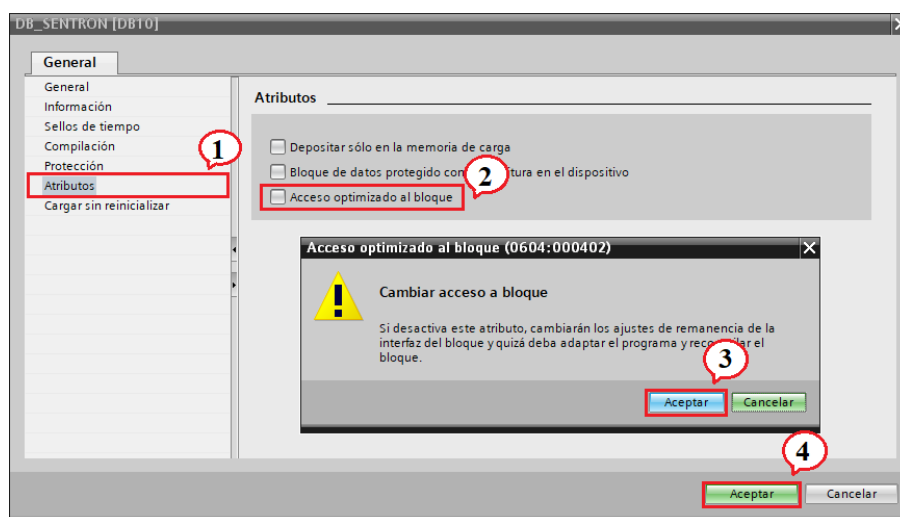


Figura 67. Deshabilitar del Acceso optimizado al bloque

Para leer datos provenientes del medidor de energía, crear un arreglo de valores de tipo REAL (Figura 68), esto dependerá del registro asignado en el Bloque MB_CLIENT.

DB_SENTRON							
Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Valor de observación	Remanen...	Accesible d...	Escrib...
Static							
SENTRON_SEND	Array[1..20] of Real	0.0				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SENTRON_SEND[1]	Real	0.0	0.0	224.356	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SENTRON_SEND[2]	Real	4.0	0.0	225.367	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SENTRON_SEND[3]	Real	8.0	0.0	225.016	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SENTRON_SEND[4]	Real	12.0	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SENTRON_SEND[5]	Real	16.0	0.0	0.00265	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SENTRON_SEND[6]	Real	20.0	0.0	0.0325	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SENTRON_SEND[7]	Real	24.0	0.0	0.076	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SENTRON_SEND[8]	Real	28.0	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SENTRON_SEND[9]	Real	32.0	0.0	88.857	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SENTRON_SEND[10]	Real	36.0	0.0	83.265	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SENTRON_SEND[11]	Real	40.0	0.0	92.351	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SENTRON_SEND[12]	Real	44.0	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SENTRON_SEND[13]	Real	48.0	0.0	59.9215	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SENTRON_SEND[14]	Real	52.0	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SENTRON_SEND[15]	Real	56.0	0.0	20.14	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SENTRON_SEND[16]	Real	60.0	0.0	4.288	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SENTRON_SEND[17]	Real	64.0	0.0	-0.567	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SENTRON_SEND[18]	Real	68.0	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SENTRON_SEND[19]	Real	72.0	0.0	0.213	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SENTRON_SEND[20]	Real	76.0	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 68. Base de Datos SENTRON PAC 3200

Para realizar el envío y recepción correcto de datos desde el 'PLC Sistema 1' al 'PLC Maestro', utilizar los bloques TSEND_C y TRCV_C (Figura 72); mismos que se encuentran en la pestaña de COMUNICACIÓN en la carpeta 'OPEN USER COMMUNICATION' (Figura 69).

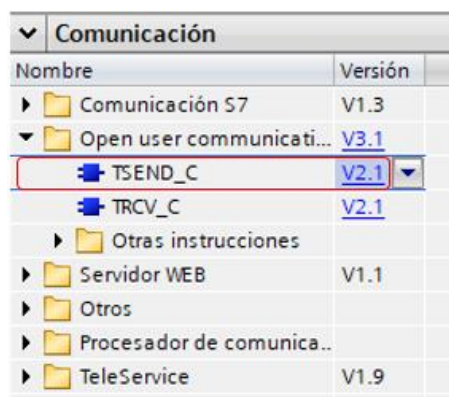


Figura 69. Selección de Bloque TSEND_C

Posteriormente para realizar la correcta configuración de cada uno de los bloques, dar clic en el Icono de 'caja de herramientas' que se encuentra en la parte superior derecha de cada uno de los bloques, luego configurar los Parámetros de conexión y los Parámetros de Bloque.

En el primer caso configurar los Parámetros de Conexión, en los cuales se muestran diferentes aspectos como: el Dispositivo Interlocutor, Direcciones IP, entre otros, que se muestran en la Figura 70

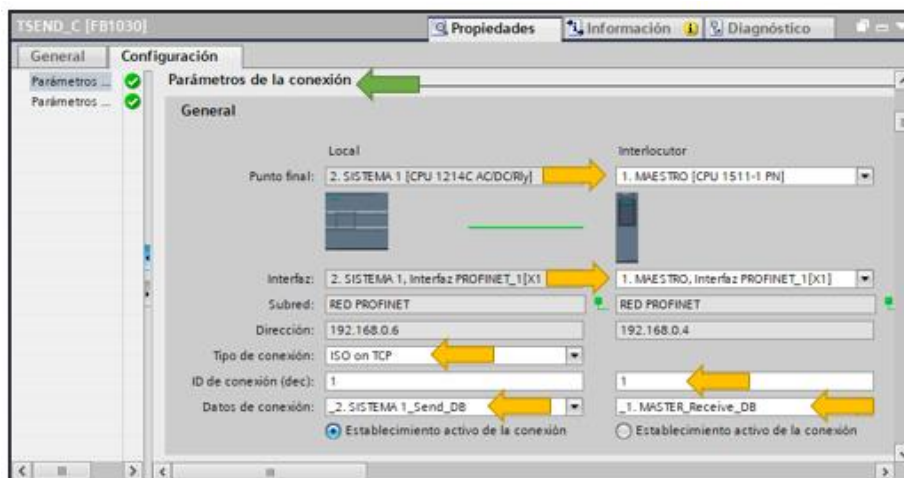


Figura 70. Configuración de Parámetros de Conexión TSEND_C

A continuación, configurar cada parámetro referente a los datos que se deseen compartir al Maestro. En el parámetro DATA se especifica los datos, como: Tipos de Datos, Longitud que van a ser enviados al PLC Interlocutor (Figura 71).

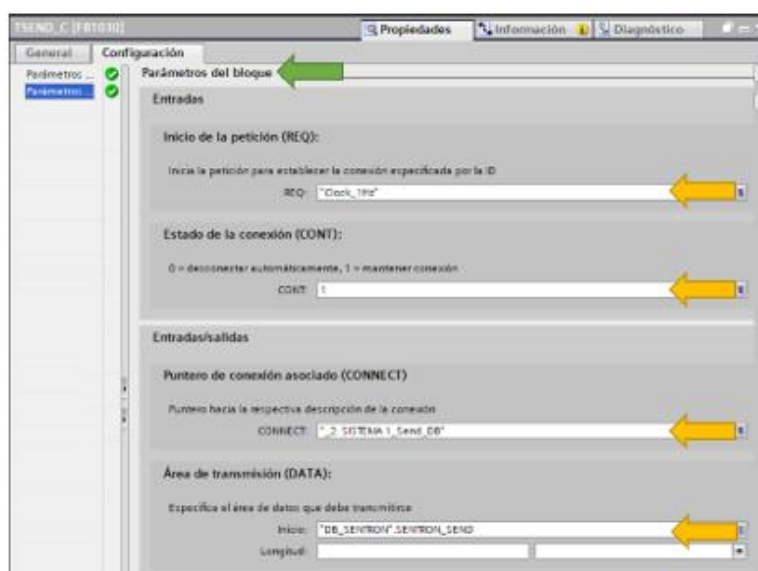


Figura 71. Configuración de Parámetros de Bloque TSEND_C

Una vez finalizado todas las configuraciones de cada parámetro, se observa los bloques TSEND_C & TRCV_C configurados correctamente (Figura 72).

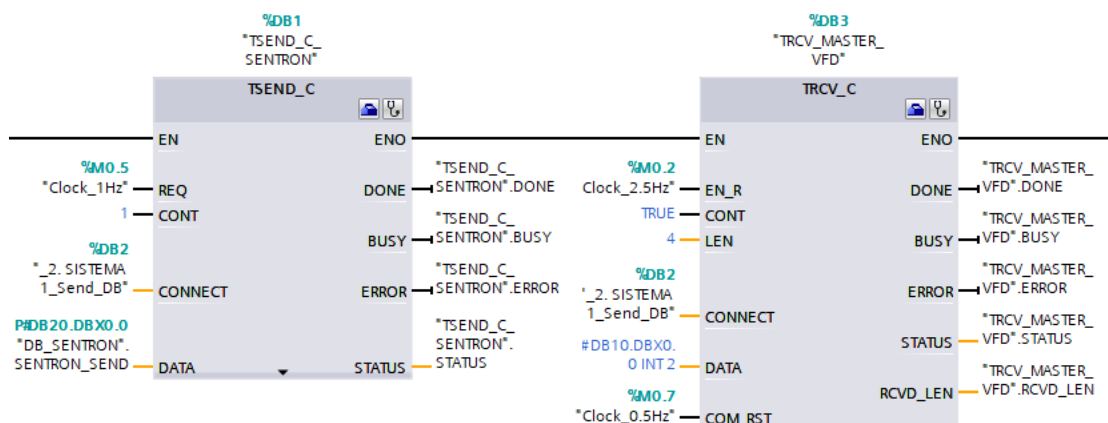


Figura 72. Bloques TSEND_C & TRCV_C

5.8.2. Configuración del Estación de Trabajo Multivariable (Nivel & Caudal)

Para la realización de este ítem, está en base del proyecto elaborado por (Muñoz Valverde & Pérez Guanoluisa, 2016), donde se realizará el control y monitoreo correspondiente al nivel y caudal de agua de la estación de trabajo compacta (véase Figura 41).

En primera instancia, se realiza la recepción de señales provenientes de los sensores de Nivel y Caudal, acondicionando cada una de las señales receptadas por el PLC.

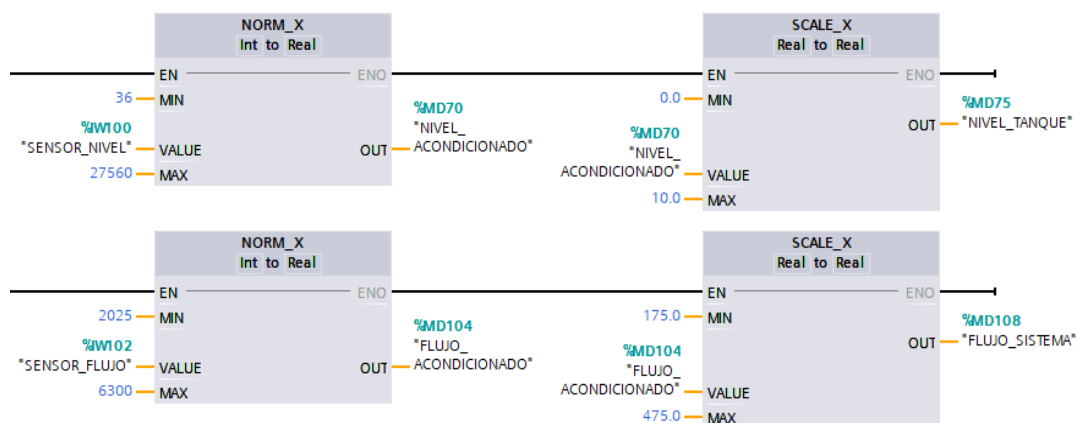


Figura 73. Recepción y Acondicionamiento de señales - Planta Multivariable

Posterior a ello, la programación del bloque PID (Figura 74) y la optimización respectiva para cada una de las variables.

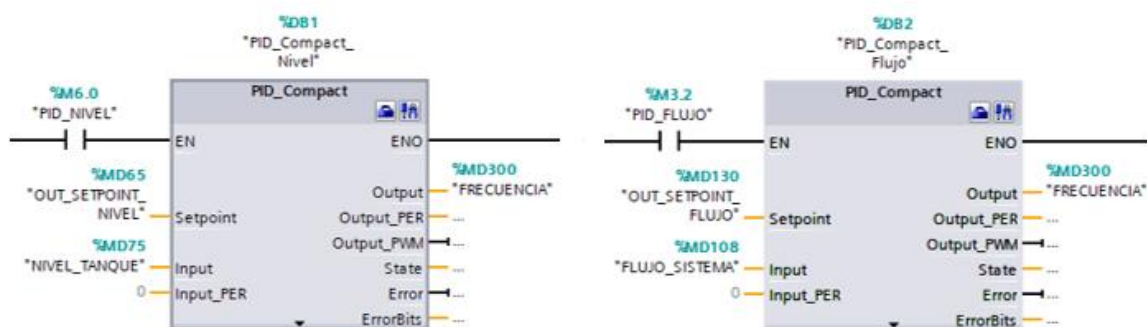


Figura 74. Bloques PID - Planta Multivariable

Para el enlace de comunicación correcta desde la Planta Multivariable hacia el PLC Maestro, habilitar el Modo de Operación de 'Dispositivos IO', asignando al PLC Maestro como Controlador IO (Figura 75), esto permitirá enviar información a otro PLC, mediante memorias previamente asignadas.

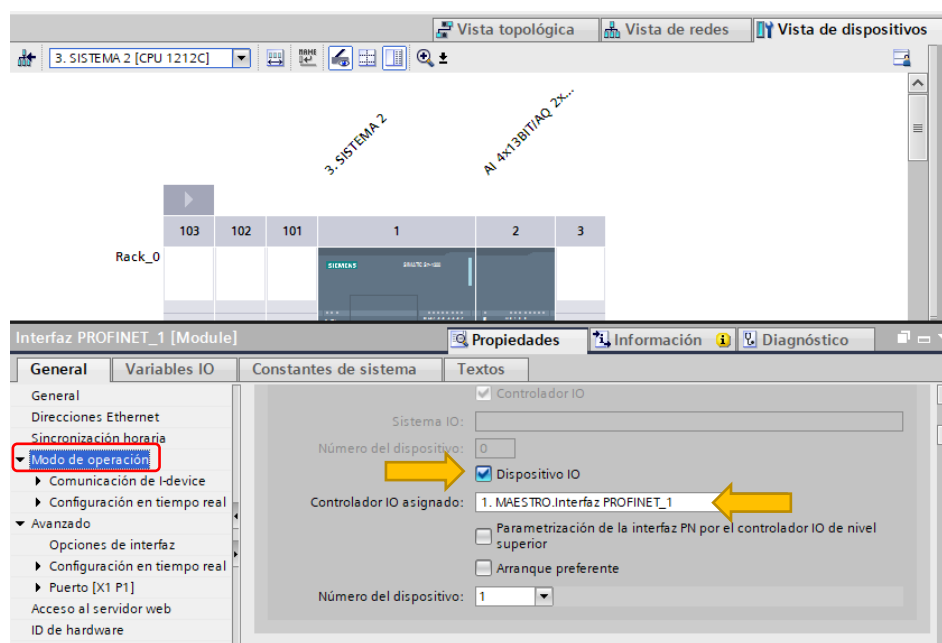


Figura 75. Habilitar Modo de Operación como Dispositivo IO

Posteriormente, asignar las áreas de transferencia para ENTRADAS y SALIDAS en cada uno de los PLC's, en este caso el PLC Maestro que es el Controlador IO, y para el PLC del Sistema Multivariable como Dispositivo IO (Figura 76).

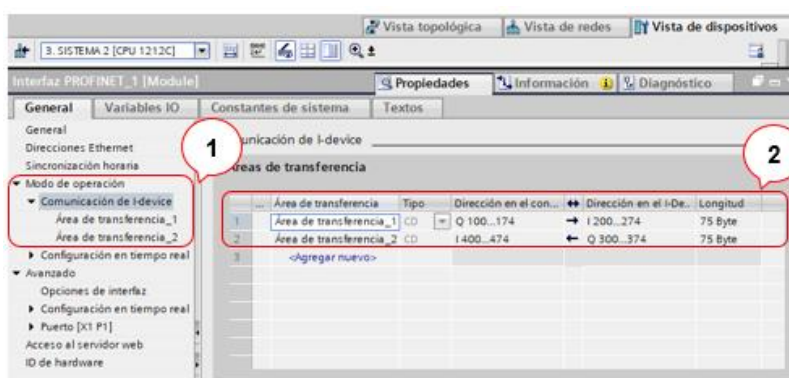


Figura 76. Selección Áreas de Transferencia

La configuración de las áreas de transferencia se realiza al dar clic en el nombre de cada Área de Transferencia, donde aparece con detalle los parámetros a configurar; en donde se especifica el valor de las memorias de las Entradas y Salidas, tanto del PLC local, como del PLC Interlocutor (Figura 77).

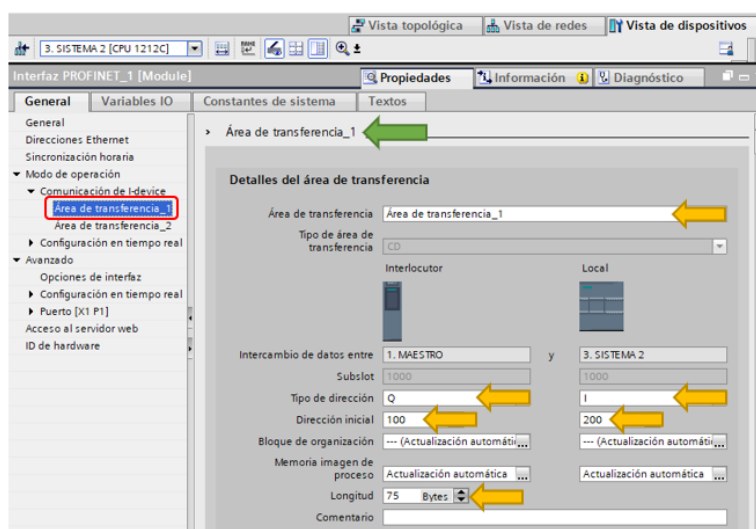


Figura 77. Configuración de las Áreas de Transferencia

Es fundamental tener en cuenta, cada una de las áreas de memoria de los Dispositivos IO, para posteriormente realizar el enlace correcto con el Maestro, para evitar confusión de transmisión de datos.

5.8.3. Configuración del Sistema de Control Proporcional HYD & PNEU

Los equipos a emplear en este sistema, son equipos propios de marca FESTO; Carro Neumático (1) para el control proporcional de posición y el Pistón Hidráulico (2) para el mismo tipo de control, como se indica en la Figura 50.

En este Sistema, se emplea dos PLC's S7 1200 para que cada proceso sea independiente. Para iniciar se realiza la parametrización de los sensores de entrada hacia cada PLC (Figura 78).

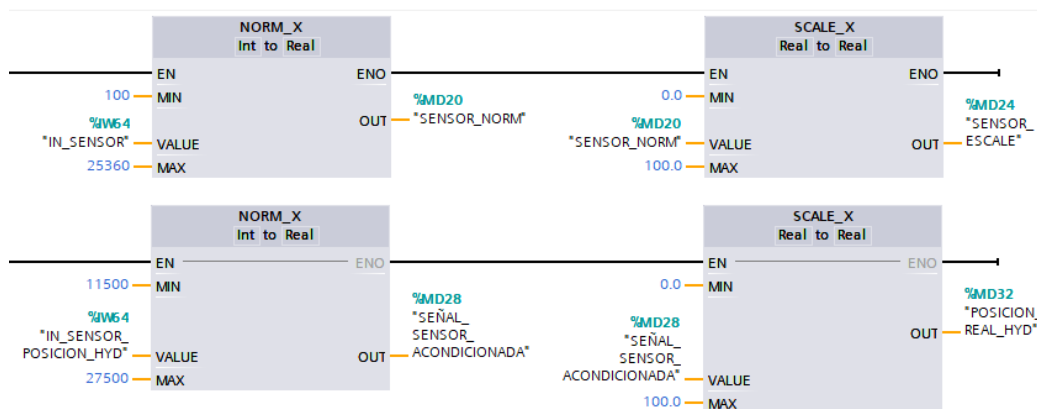


Figura 78. Acondicionamiento de señales de entrada - Control Proporcional

Añadir para cada sistema el bloque PID, para control proporcional de los sistemas, y posterior a ello la optimización correspondiente al igual que el sistema anterior.

En lo que abarca la comunicación hacia el PLC Maestro, se lo realiza habilitando la opción de Dispositivo IO como se muestra en la Figura 75, es decir; al igual que en el sistema anterior.

5.8.4. Configuración del PLC Maestro

Después de realizar la comunicación correcta con cada uno de los PLC's que conforman el Sistema Distribuido, el PLC Maestro es el corazón del SCADA, es importante definir cada una de las variables en el S7 1500 (Maestro) para evitar confusiones con todos los sistemas, es por ello que se debe crear bases de datos correspondientes a cada proceso (Figura 79).

Los datos previamente organizados en una DATA BASE serán enviados a la Nube mediante la plataforma Informática Node-RED, para su posterior control y monitoreo remoto en RT a través de la WEB.

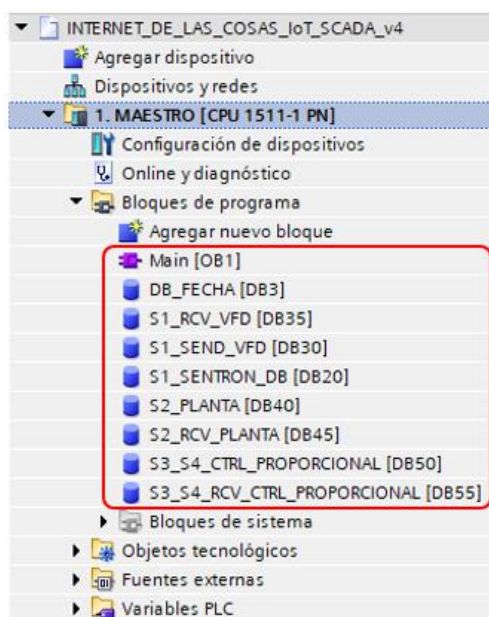


Figura 79. Bases de Datos – PLC Maestro

5.8.5. Elaboración de Interfaz gráfica del SCADA en WinCC

La interfaz gráfica del sistema SCADA, consta de dos partes, la programación en la Pantalla HMI Comfort Panel (Figura 80), y en el PC System, para visualizar desde el ordenador. Es importante realizar la designación de las variables tanto del HMI, como del PC-System hacia las variables única y exclusivamente del PLC Maestro, para tener control desde el PLC S7-1500.

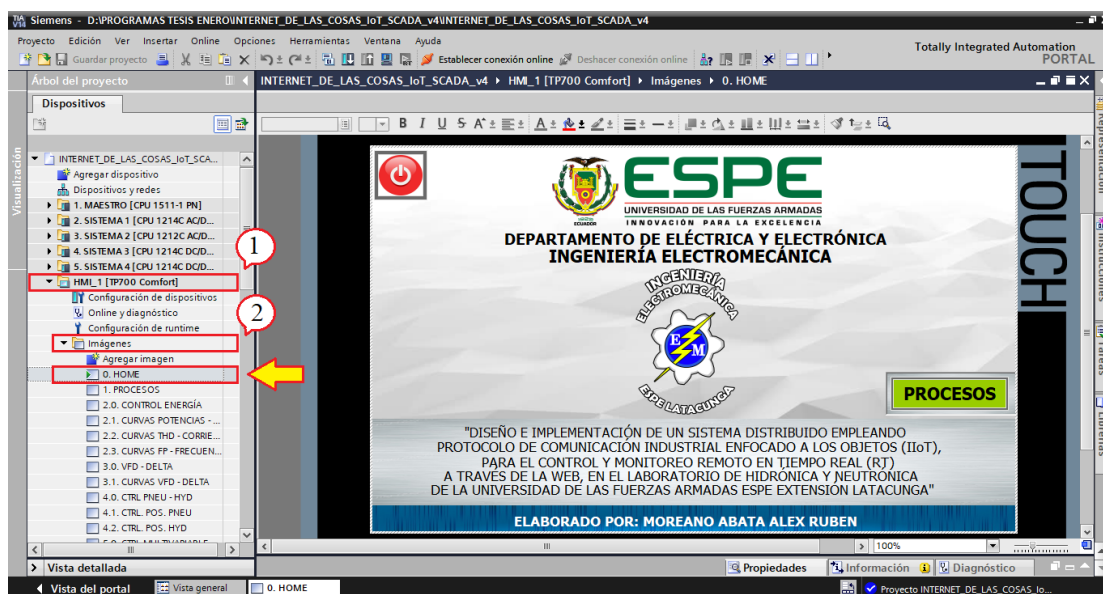


Figura 80. Programación pantalla HMI Comfort Panel

5.9. Instalación y Configuración de Node-RED en Windows

Para la instalación de Node-RED, primero se instala la Instancia Node JS (Figura 29) el mismo que permitirá ejecutar Node-RED desde el ordenador. Inmediatamente ejecutar el Programa Windows PowerShell que por defecto ya viene incluido en los paquetes informáticos de Microsoft, y seguir los siguientes pasos que consisten en digitar los siguientes comandos en la interfaz gráfica de Windows PowerShell (Figura 81):

1. node --version; npm --version

Este paso permite verificar que Node-JS y 'npm', estén correctamente instalado en el sistema operativo.

2. npm install -g --unsafe-perm node-red

Este comando realiza la instalación de Node-RED en el Sistema Operativo. Esperar aproximadamente tres minutos y luego, digitar dos veces el comando 'cd..' y finalmente el comando 'node-red'.

```

node-red
Windows PowerShell
Copyright (C) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

PS C:\Users\Alex Moreano A> node --version; npm --version
v8.9.4
5.6.0
PS C:\Users\Alex Moreano A> npm install -g --unsafe-perm node-red
npm WARN nodemailer@1.11.0: All versions below 4.0.1 of Nodemailer are deprecated. See https://nodemailer.com/status/
npm WARN mailparser@0.6.2: Mailparser versions older than v2.3.0 are deprecated
npm WARN mimelib@0.3.1: This project is unmaintained
npm WARN mailcomposer@2.1.0: This project is unmaintained
npm WARN buildmail@2.0.0: This project is unmaintained
C:\Users\Alex Moreano A\AppData\Roaming\npm\node-red -> C:\Users\Alex Moreano A\AppData\Roaming\npm\node_modules\node-red\red.js
C:\Users\Alex Moreano A\AppData\Roaming\npm\node-red-pi -> C:\Users\Alex Moreano A\AppData\Roaming\npm\node_modules\node-red\bin\node-red-pi
+ node-red@0.19.5
added 1 package, removed 3 packages and updated 13 packages in 81.163s
PS C:\Users\Alex Moreano A> cd..
PS C:\Users> cd..
PS C:\> node-red
21 Jan 00:19:20 - [info]
Welcome to Node-RED
-----
21 Jan 00:19:20 - [info] Node-RED version: v0.19.5
21 Jan 00:19:20 - [info] Node.js version: v8.9.4
21 Jan 00:19:20 - [info] Windows_NT 10.0.17134 x64 LE
21 Jan 00:19:22 - [info] Loading palette nodes
21 Jan 00:19:22 - [warn] rpi-gpio : Raspberry Pi specific node set inactive
21 Jan 00:19:24 - [info] Dashboard version 2.12.2 started at /ui
21 Jan 00:19:24 - [warn] -----
21 Jan 00:19:24 - [warn] [node-red/tail] Not currently supported on Windows.
21 Jan 00:19:24 - [warn] -----
21 Jan 00:19:24 - [info] Settings file : \Users\Alex Moreano A\.node-red\settings.js
21 Jan 00:19:24 - [info] Context store : 'default' [module-memory]
21 Jan 00:19:24 - [info] User directory : \Users\Alex Moreano A\.node-red
21 Jan 00:19:24 - [warn] Projects disabled : editorTheme.projects.enabled=false
21 Jan 00:19:24 - [info] Flows file : \Users\Alex Moreano A\.node-red\flows_ALEX.json
21 Jan 00:19:24 - [info] Server now running at http://127.0.0.1:1880/
21 Jan 00:19:24 - [warn]
-----
Your flow credentials file is encrypted using a system-generated key.

If the system-generated key is lost for any reason, your credentials
file will not be recoverable, you will have to delete it and re-enter

```

Figura 81. Windows PowerShell – Instalación de Node-RED

Listo, Node-RED está apto para ser aplicado en el ordenador, solo con ingresar en el navegador WEB (Google Chrome) al siguiente link: <http://localhost:1880>. Cabe recordar que la ventana de Windows PowerShell no se la debe cerrar mientras se ejecuta Node-RED, es primordial tener acceso a internet.

5.9.1. Instalación y configuración de paquetes adicionales en Node-RED

Node-RED por defecto tiene nodos (librerías) básicos, para instalar nodos correspondientes a la comunicación con dispositivos S7, dirigirse a la parte superior derecha de la Interfaz, dar clic en el icono de las ‘tres barras’ el cual despliega un menú, posteriormente seleccionar ‘Manage Palette’ donde se digita ‘**node-red-contrib-s7**’ y después se lo instala (Figura 82). El mismo procedimiento realizar para instalar ‘**node-red-dashboard**’; este nodo permite programar con una interfaz gráfica, y contiene varios visualizadores de datos.

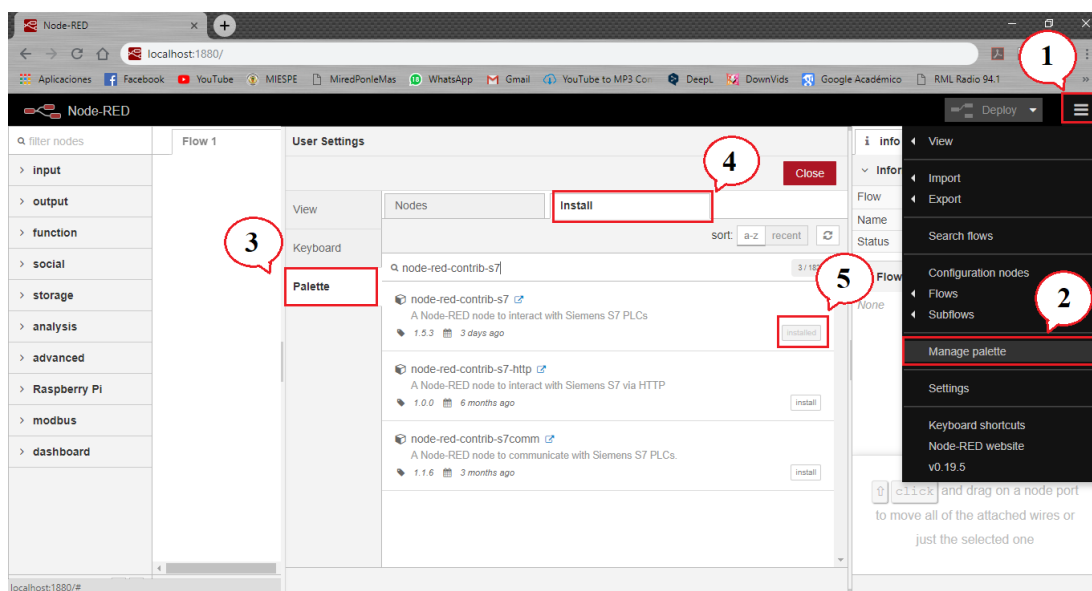


Figura 82. Instalación de Librerías S7 en Node-RED

Dirigirse al panel izquierdo de la interfaz, y se puede observar que el nodo para conexión con el PLC ya está correctamente instalado (Figura 83), tanto en los nodos de ENTRADA y SALIDA, debido a que permite LEER y ESCRIBIR datos respectivamente.

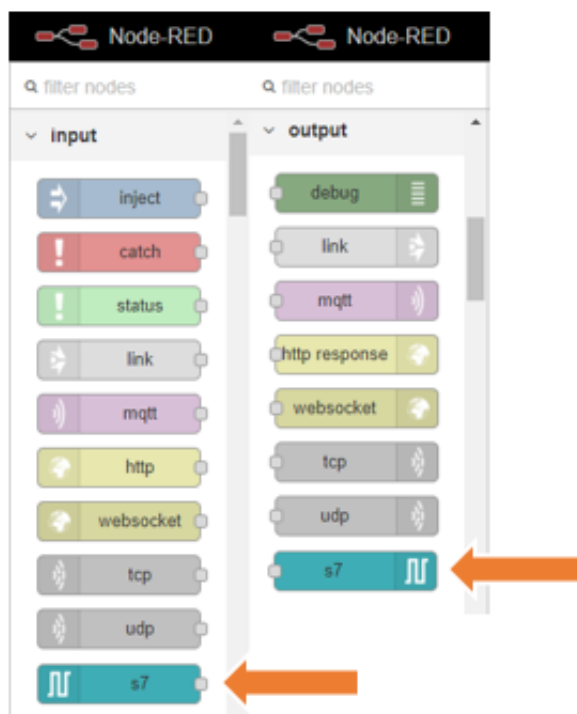


Figura 83. Nodo S7 instalado

5.9.2. Configuración de Nodos S7 en Node-RED

Se coloca el nodo indicado al área de trabajo (input/output); dar doble clic, donde se despliega las propiedades del nodo, luego agregar un nuevo 'endpoint s7' (Figura 84).

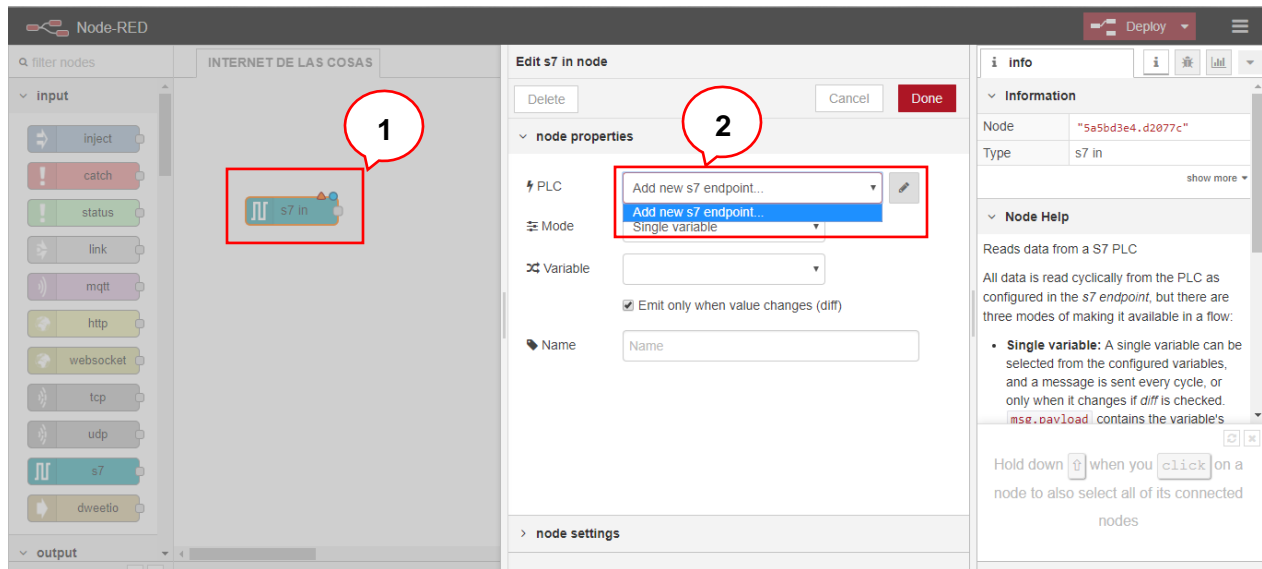


Figura 84. Agregar nuevo dispositivo PLC en Node-RED

En esta sección se edita cada parámetro correspondiente al PLC, como la dirección IP, el número de Rack, Slot y el nombre del PLC (opcional), como se observa en la Figura 85.

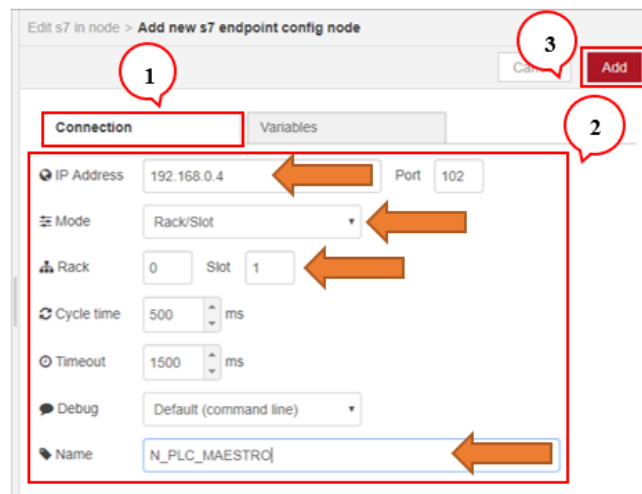


Figura 85. Configuración de Parámetros de conexión del PLC en Node-RED

En el siguiente paso, se configura cada una de las variables del PLC, indistintamente de ENTRADAS y SALIDAS (Figura 86).

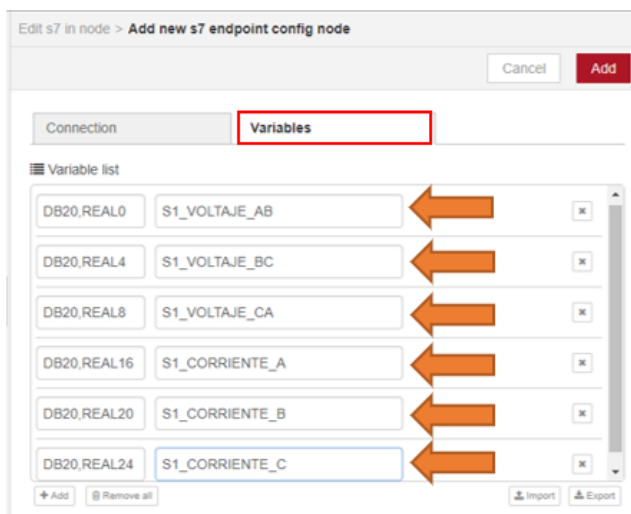


Figura 86. Agregar variables de PLC Maestro en Node-RED

Para asignar una variable al nodo; primero se debe seleccionar el nombre del PLC, y posteriormente en 'Seleccionar Variable', en la que se despliega una lista de todas las variables que han sido agregadas anteriormente en el PLC seleccionado (Figura 87).

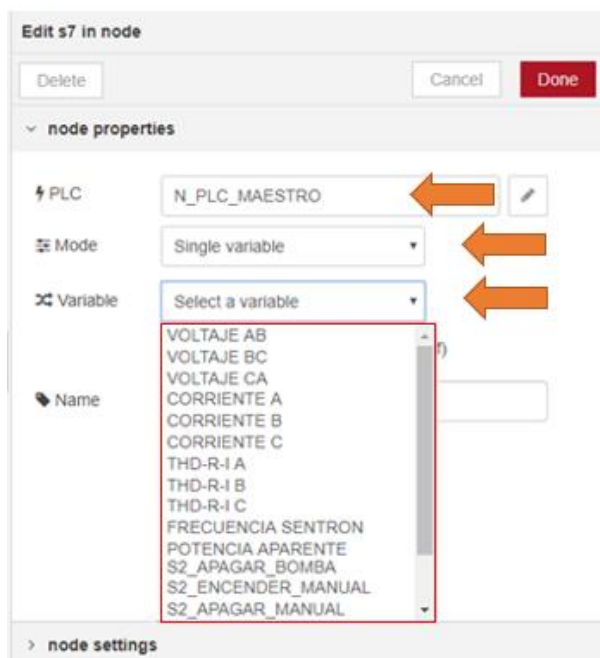


Figura 87. Asignar variable a nodos S7

5.9.3. Configuración de Nodos de visualización DASHBOARD en Node-RED

Posterior se procede a implementar los nodos de la pestaña DASHBOARD, en la cual se encuentran diferentes interfaces de visualización, como: botones, medidores, diagramas, etc.

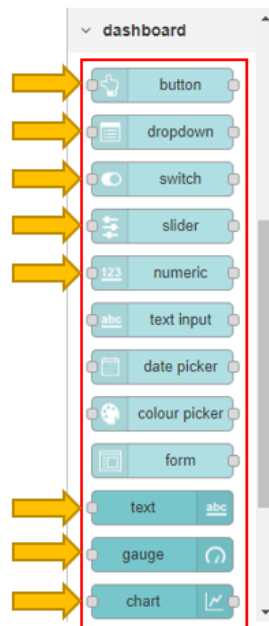


Figura 88. Nodos de Visualización – DASHBOARD

La Figura 89 se conforma de tres segmentos primordiales para la correcta visualización de datos en una interfaz gráfica en Node-RED. La primera se basa de la comunicación correcta con el PLC Maestro, esto a que se puede visualizar los valores provenientes del PLC en los nodos de entrada S7.

El segundo segmento es el empleo de un nodo de función 'N_Float_VOLTAJE_' que permite realizar cualquier tipo de programación, en este caso es empleado para la reducción de decimales provenientes de los nodos 'S7 in'.

El tercer grupo de nodos es la programación correspondiente a la visualización de los valores en una interfaz gráfica, como en este caso en un diagrama de curvas.

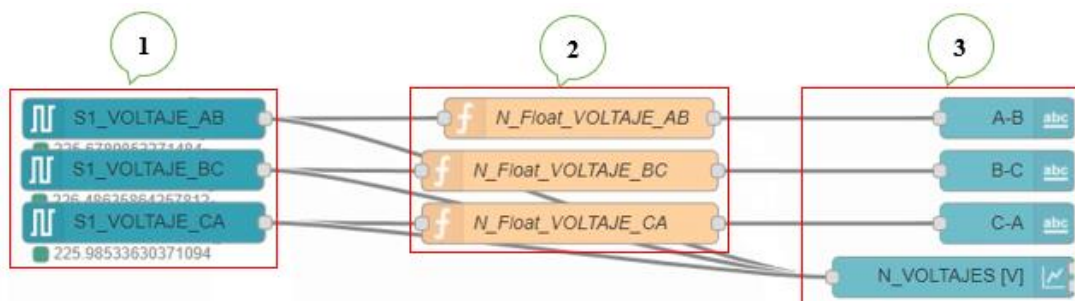


Figura 89. Conexión de Nodos en Node-RED

En la programación de los nodos de visualización consiste en asignar un Grupo, con la respectiva etiqueta, en el cual se desee observar los datos; esto es para que cada uno de los elementos que incluidos se encuentren de una manera organizada. El 'TAB' corresponde a cada página de la Interfaz gráfica Figura 90.

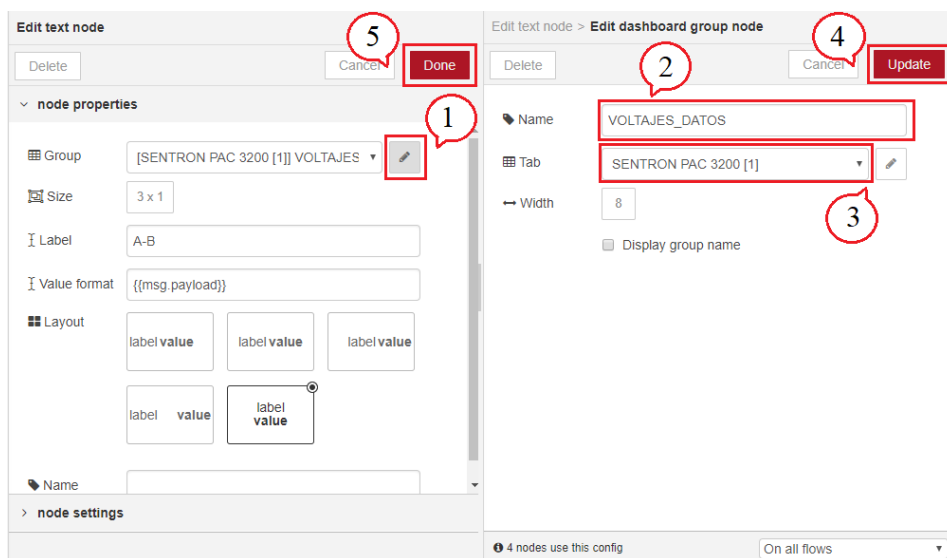


Figura 90. Configuración de Nodos de Visualización

5.9.4. Programación para agregar imágenes desde GitHub hacia Dashboard

En el caso que se desee agregar Imágenes referentes al proyecto en la Interfaz de visualización, como Logotipos, Etiquetas, en fin; se emplea la Plataforma GitHub, el mismo que es un repositorio donde se almacenará todo tipo de imágenes que se desea utilizar en la Interfaz, para ello se emplea los nodos mostrados en la Figura 91.

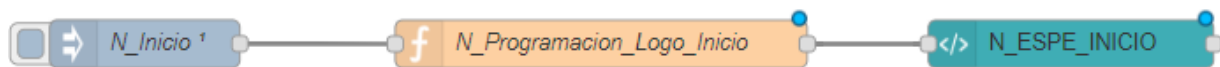


Figura 91. Nodos para visualización de Imágenes de Node-RED en Dashboard

El nodo 'N_Inicio' inicializa al nodo de función 'N_Programacion_Logo_Inicio'. El nodo de función contiene el código (Figura 92), direccionando al repositorio de GitHub donde se encuentra la Imagen que se desea proyectar, y finalmente el nodo 'N_ESPE_INICIO' es el encargado de Proyectar la Imagen en el Tablero Dashboard.

La imagen muestra una ventana de edición de código en Node-RED. El título de la ventana es 'Node-RED' y el contenido es 'Edit function node > JavaScript editor'. En la parte superior derecha hay botones 'Cancel' y 'Done'. El código JavaScript en el editor es:

```

1 var imgUrl = "https://raw.githubusercontent.com/alexmoreano/images_iot/master/1_CARATULA_INICIO_DASHBOARD.png";
2 msg.payload = "<img src='"+imgUrl+"'alt='Logo image not found' />";
3 return msg
4

```

Figura 92. Código de Programación para visualización de Imagen en Dashboard

5.9.5. Compilación y visualización de Programa en Dashboard

Para visualizar la interfaz gráfica programada, primero COMPILAR en 'Deploy', después clic en el icono superior derecho (tres barras), luego seleccionar el ítem Dashboard (Figura 93).

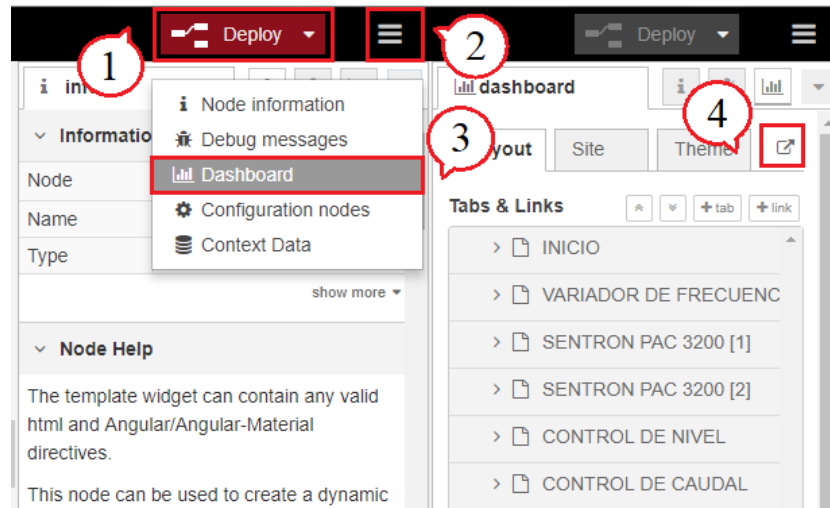


Figura 93. Compilar y selección ítem DASHBOARD en Node-RED

La Interfaz gráfica (Figura 94) se carga automáticamente en una nueva ventana del navegador en el siguiente enlace: <http://localhost:1880/ui/#/0>. Es importante recordar, que la programación es realizada en una Red Local.



Figura 94. Interfaz Gráfica - Node-RED

5.9.6. Guardar proyecto de Node-RED

Para guardar el proyecto realizado en Node-RED, se realiza la exportación del código de los Flujos en un archivo '.txt' como se explica en la Figura 95, el paso (4) es importante para guardar todos los flujos programados.

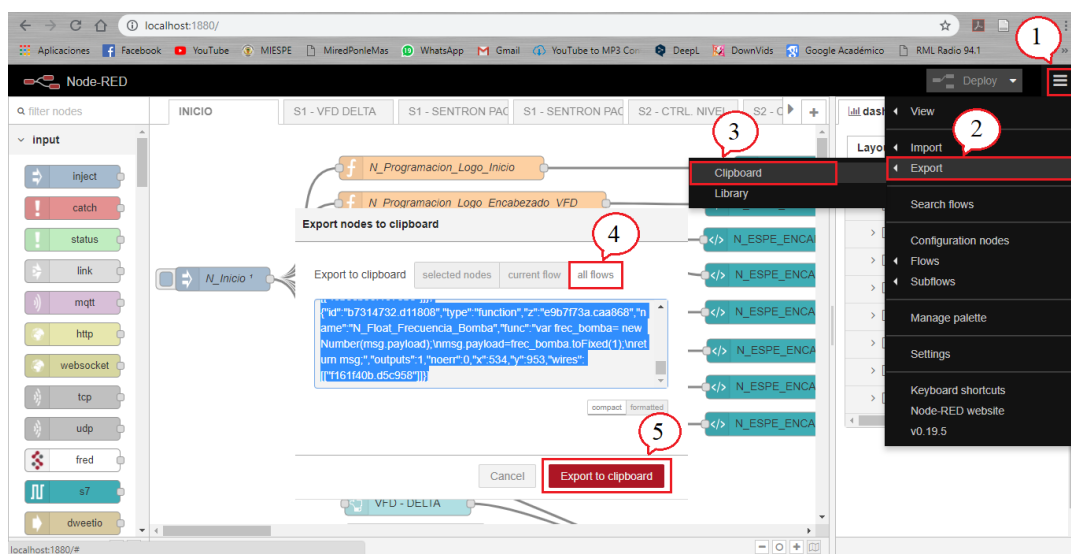


Figura 95. Exportar a Bloc de Notas el proyecto de Node-RED

5.10. Instalación de imagen en Tarjeta MicroSD

Para la Instalación de la imagen, se necesita una tarjeta MicroSD con una capacidad de 8Gb hasta 32Gb de almacenamiento. Con la ayuda de la herramienta informática DiskImager se realiza la instalación del archivo de imagen: 'example-v2.2.0.wic' en la tarjeta MicroSD (Figura 96), el proceso toma alrededor de cinco minutos aproximadamente.

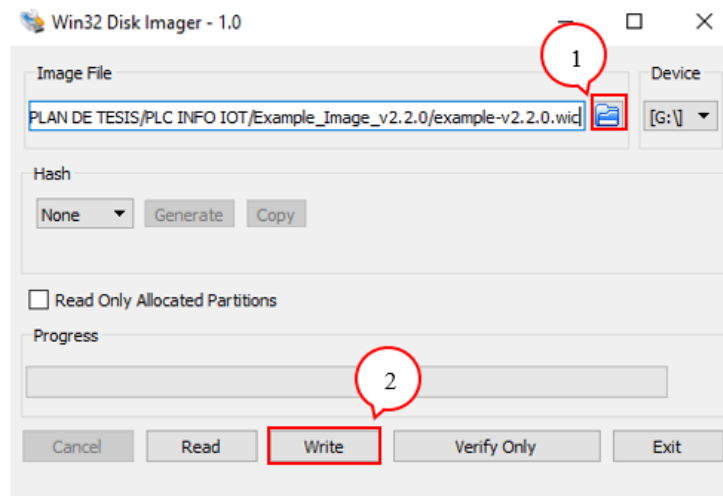


Figura 96. Instalación de Imagen en Tarjeta MicroSD

Posteriormente una vez que la instalación de la imagen ha finalizado se puede observar que la tarjeta MicroSD cambio de nombre a 'efi' y en ella se encuentra un archivo y dos carpetas (Figura 97).

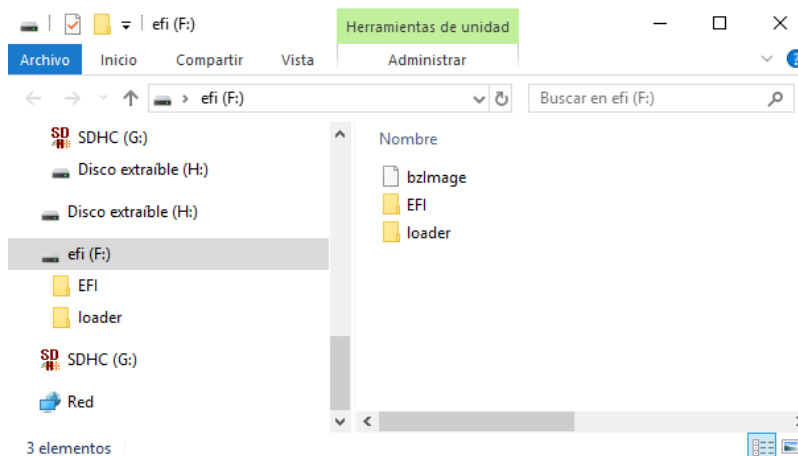


Figura 97. Archivos Instalados en la MicroSD - EFI

Para asegurar la correcta instalación de la imagen, se debe ingresar al 'Administrador de Discos' en donde se puede observar cada una de las particiones realizadas en la MicroSD (véase Figura 98).

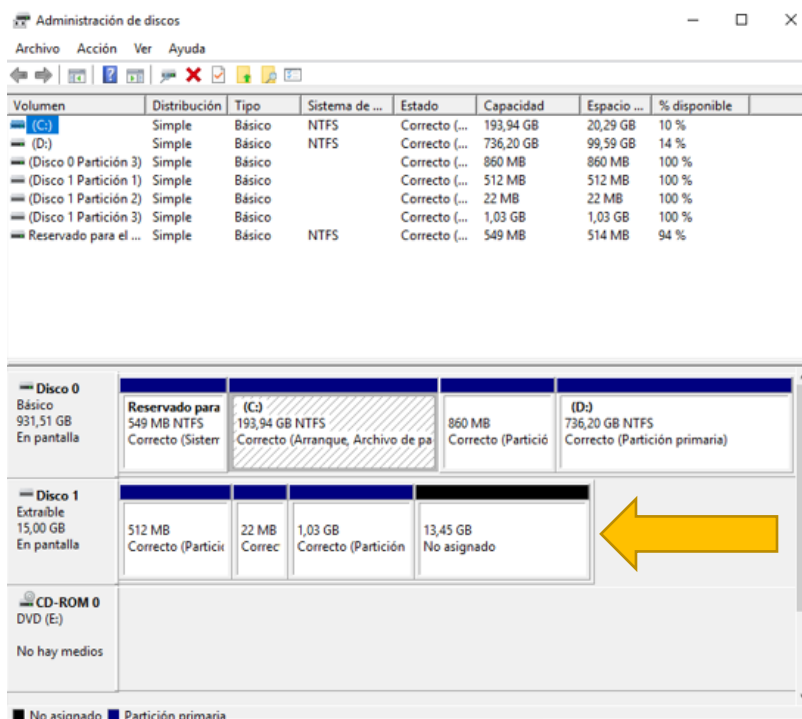


Figura 98. Particiones realizadas en la MicroSD

5.10.1. Colocación de Tarjeta de memoria en el Dispositivo IoT 2040

Abrir la tapa que se encuentra en el lado derecho del dispositivo, posteriormente se desliza hacia abajo el seguro, luego Insertar la tarjeta MicroSD en la ranura indicada, después deslizar hacia arriba el seguro, como se muestra en la Figura 99.

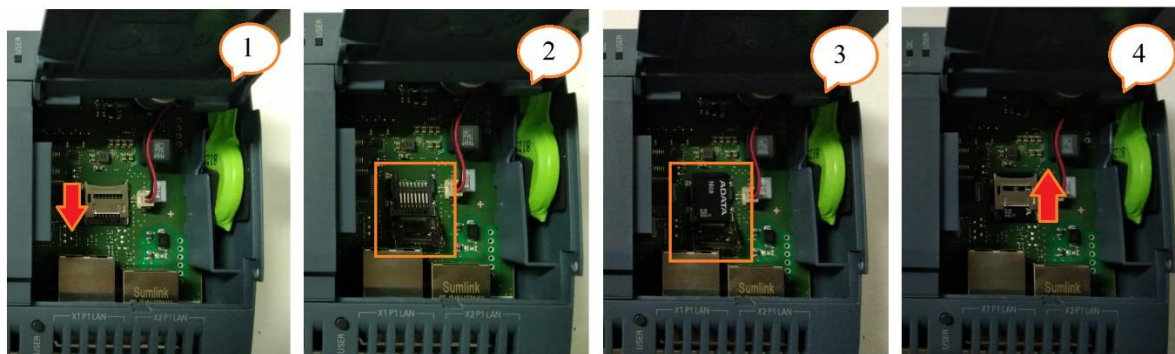


Figura 99. Colocación de Tarjeta MicroSD en Dispositivo IoT 2040

5.11. Configuración del Dispositivo IoT 2040

Una vez insertada la MicroSD, el dispositivo debe ser alimentado por una fuente de 24 voltios DC en el puerto X80, posterior a ello conectarlo a la Red Industrial por medio de cable Ethernet RJ-45 a través del puerto X1P1 LAN, y para conectarlo a internet por medio del puerto X2P1 LAN (Figura 100).

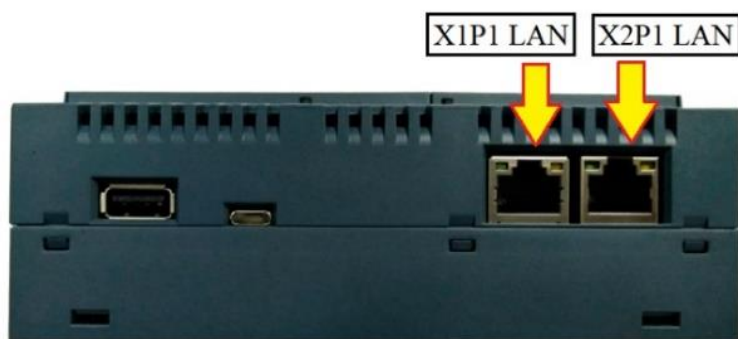


Figura 100. Puertos Ethernet - Dispositivo IoT 2040

5.11.1. Configuración del Software Putty

Para configurar correctamente el Software Putty, hay que tener en cuenta que el Dispositivo por defecto tiene preestablecido el IP: 192.168.200.1, por lo tanto, se debe asignar una IP estática al computador con la misma subred, es decir introducir una dirección IP que se encuentre en el rango 192.168.200.2 – 192.168.200.254, con la máscara de subred 255.255.255.0 Figura 101.

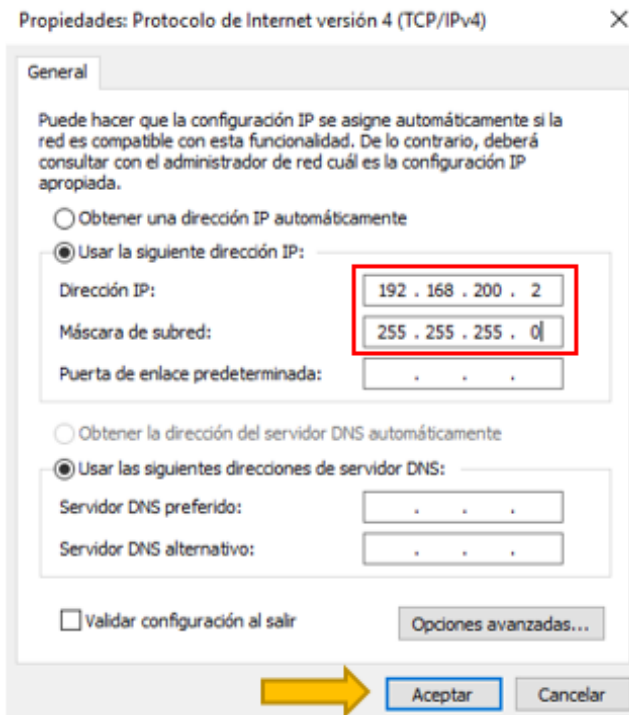


Figura 101. Asignar dirección IP al ordenador (TCP/IPv4)

De inmediato, se ejecuta el CMD de Windows y realizar 'ping' A la dirección IP 192.168.200.1 con el fin de detectar al IoT 2040 (Figura 102).

```

Microsoft Windows [Versión 10.0.17134.523]
(c) 2018 Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\Alex Moreano A>ping 192.168.200.1

Haciendo ping a 192.168.200.1 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.200.1: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.200.1: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.200.1: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.200.1: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.200.1:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
              (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 1ms, Máximo = 2ms, Media = 1ms

C:\Users\Alex Moreano A>

```

Figura 102. Ventana CMD realizando PING a IoT 2040

Una vez realizado las pruebas anteriores se ejecuta el Software Putty. Se digita la dirección IP del IoT, en este caso es la dirección 192.168.200.1; el puerto 22, Tipo de Conexión SSH; por último, dar clic en 'Open' (Figura 103).

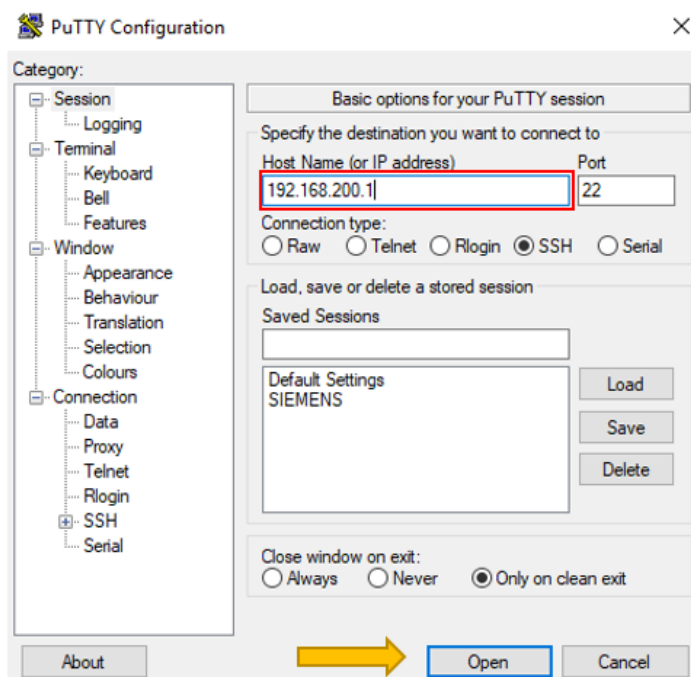


Figura 103. Ingreso de dirección IP en Putty

5.11.2. Cambio de dirección IP del IoT 2040

En la ventana de comandos de Putty, se digita el comando 'root', y luego el comando 'iot2000setup', para ingresar a las configuraciones del IoT (Figura 104).

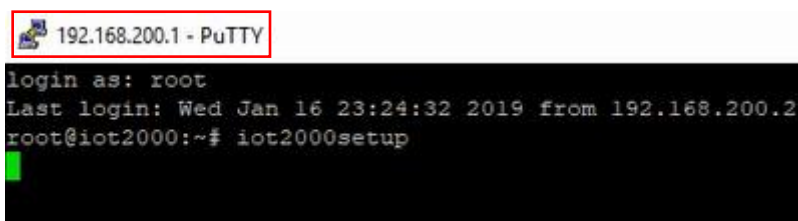


Figura 104. Ventana de comandos Putty

Se despliega una nueva ventana con un fondo color azul, dar clic en 'Networking', después clic en 'Configure Interfaces', donde se puede asignar una dirección IP diferente a la preestablecida, se cambia de dirección IP a: 192.168.0.62, como se indica en la Figura 105.

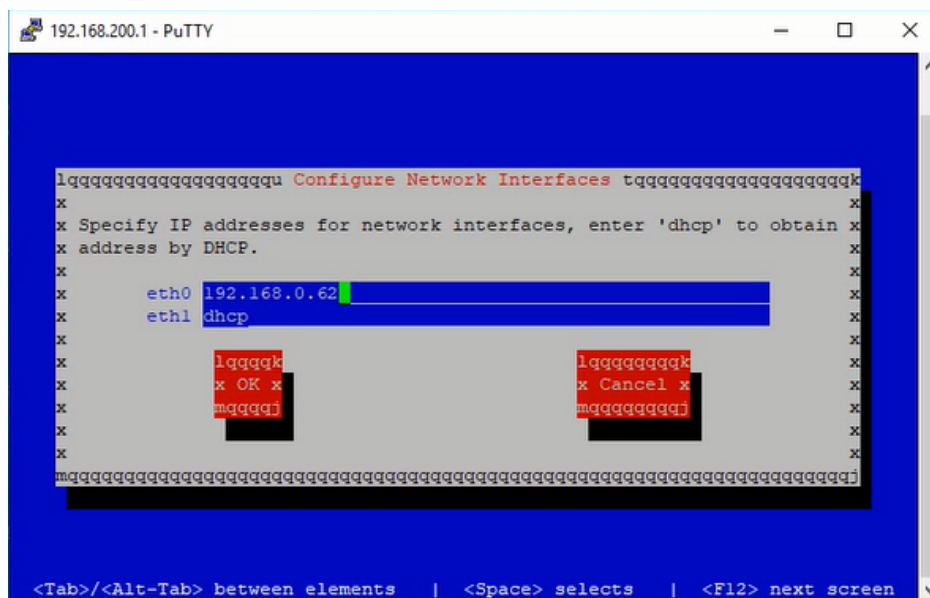


Figura 105. Cambio de dirección IP de IoT, en la interfaz Putty

Después de realizar el cambio de la IP del IoT, también es importante realizar el cambio de IP del ordenador con la misma dirección de subred, incluyendo los servidores DNS (Figura 106), los mismos se encuentran en la ventana de los Detalles de Conexión de red. Esto es importante realizar para no perder la conexión a internet si se asigna una dirección IP estática.

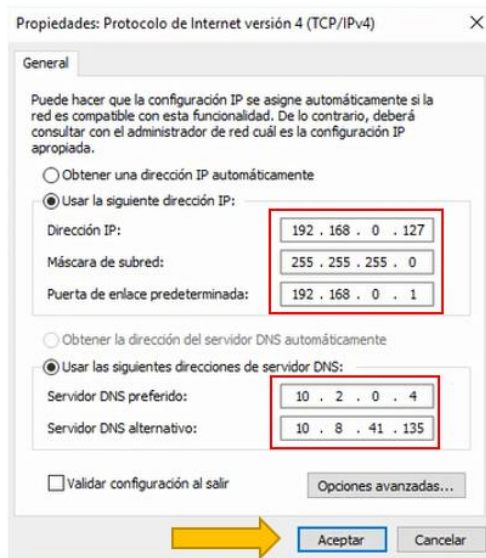


Figura 106. Asignación de nuevo IP (TCP/IPv4), con nueva subred

5.11.3. Inicio de Node-RED e instalación de paquetes

Iniciar el Putty con la nueva dirección IP: 192.168.0.62 desde el paso correspondiente a la Figura 103, luego digitar el comando 'root', para después inicializar Node-RED con el comando: 'node /usr/lib/node_modules/node-red/red &' (Figura 107).

```

192.168.0.62 - PuTTY
root@iot2000:~# node /usr/lib/node_modules/node-red/red &
[1] 492
root@iot2000:~# 21 Jan 20:18:34 - [info]
Welcome to Node-RED
-----
21 Jan 20:18:34 - [info] Node-RED version: v0.16.2
21 Jan 20:18:34 - [info] Node.js version: v6.12.3
21 Jan 20:18:34 - [info] Linux 4.4.105-cip15 ia32 LE
21 Jan 20:18:54 - [info] Loading palette nodes
21 Jan 20:20:09 - [info] Dashboard version 2.3.11 started at /ui
21 Jan 20:20:12 - [warn] -----
21 Jan 20:20:12 - [warn] [rpi-gpio] Info : Ignoring Raspberry Pi specific node
21 Jan 20:20:12 - [warn] -----
21 Jan 20:20:12 - [info] Settings file : /home/root/.node-red/settings.js
21 Jan 20:20:12 - [info] User directory : /home/root/.node-red
21 Jan 20:20:12 - [info] Flows file : /home/root/.node-red/flows_iot2000.js
n
21 Jan 20:20:12 - [info] Creating new flow file
21 Jan 20:20:13 - [info] Server now running at http://127.0.0.1:1880/
21 Jan 20:20:13 - [info] Starting flows
21 Jan 20:20:13 - [info] Started flows

```

Figura 107. Node-RED inicializado en Putty

Para visualizar Node-RED, se ingresa desde cualquier navegador WEB de preferencia Google Chrome, a la siguiente dirección <http://192.168.0.62:1880>, en donde se puede programar al igual que en la red local (Local Host). La interfaz de trabajo es igual a la que se configuró en una red local (localhost) (Figura 108).

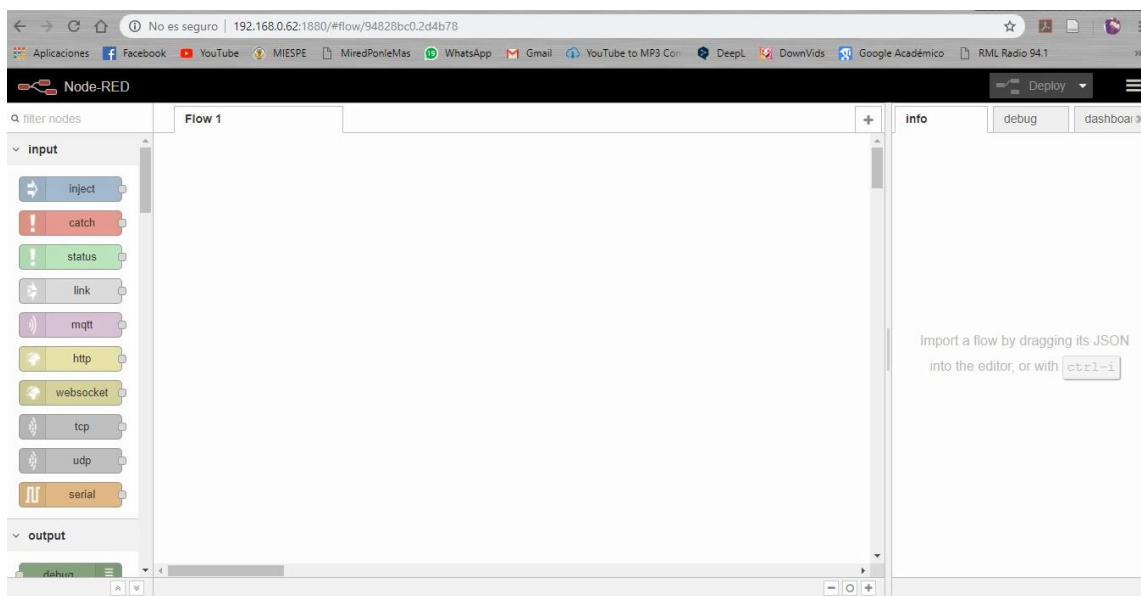


Figura 108. Interfaz Gráfica Node-RED desde IoT 2040

Finalmente se importa el código de nodos realizado en el programa con el Local Host, para posteriormente visualizar en Dashboard. En esta interfaz también es necesario instalar nodos adicionales que no se incluyen por defecto, como los es el 'nodo de comunicación S7'.

5.12. Configuración de alojamiento en una Plataforma WEB

Es importante seleccionar una Plataforma acorde a la compatibilidad de Software empleado en la programación, en este caso se empleará la Plataforma Fred Sensetecnic ya que aloja Node-RED en la nube. Para iniciar, es necesario registrarse (Figura 109).

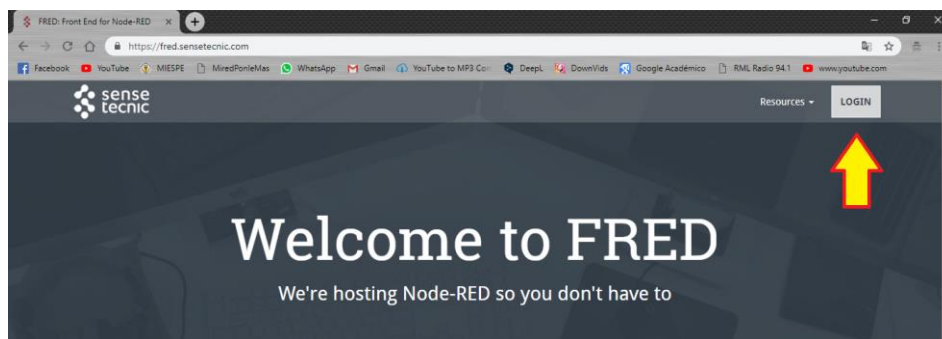


Figura 109. Registro en Fred Sensetecnic

Posteriormente, direcciona automáticamente a una interfaz de visualización, donde se puede observar los nodos y los flujos correspondientes a Node-RED (Figura 110).

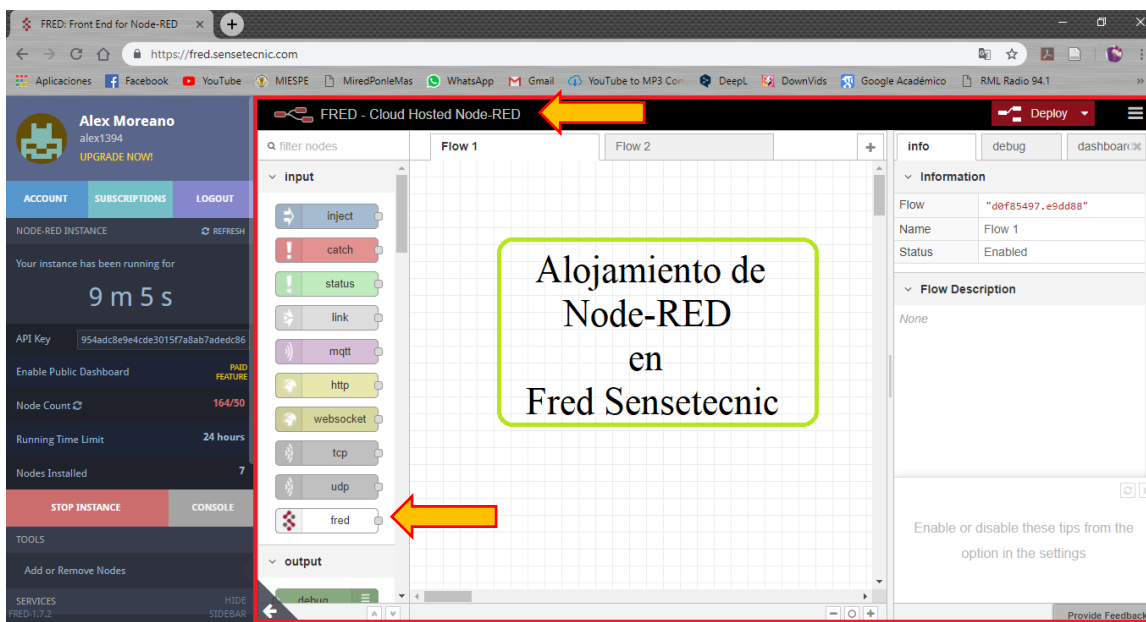


Figura 110. Alojamiento de Node-RED en Plataforma

Al igual que en los ítems anteriores, se debe instalar un nuevo nodo denominado Fred (Figura 111) en Node-RED Local y del dispositivo IoT, debido a que es el nodo que permite la transmisión de información hacia y desde la nube del servidor Sensetecnic.



Figura 111. Nodos de Comunicación con la Nube

Una vez instalado los nodos de comunicación con la Nube, se procede a realizar las respectivas configuraciones en los nodos Fred a emplearse. Primero se asigna un nombre al 'Endpoint', luego se digita el Nombre de Usuario de la Página Fred Sense Tecnic, en este caso es 'alex1394', después seleccionar 'Send/Recive payload', finalmente se actualiza y guarda los cambios (Figura 112).

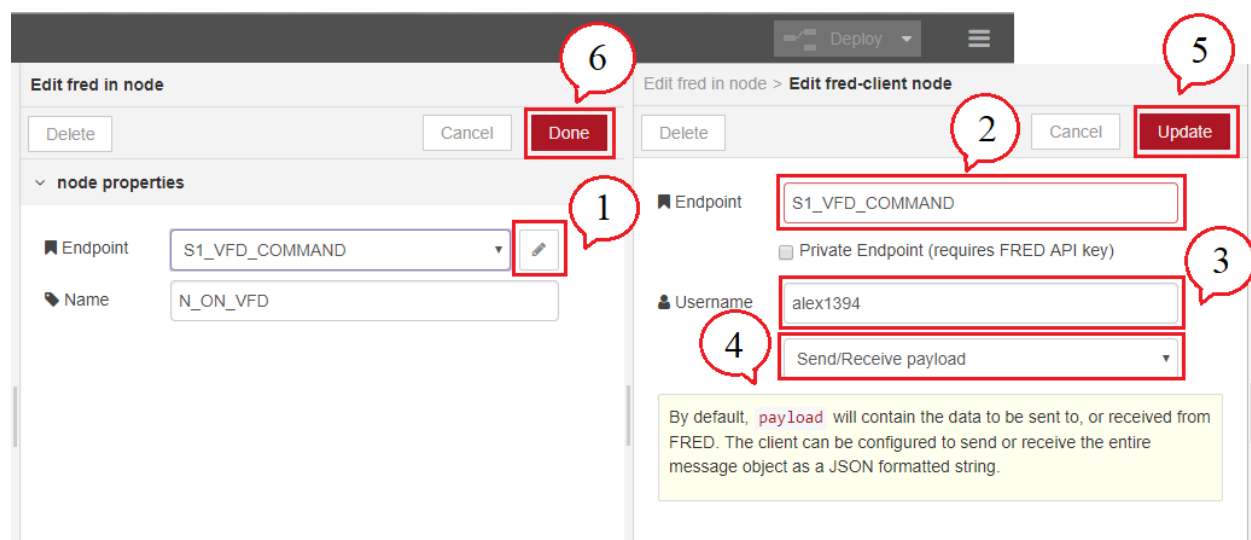


Figura 112. Configuración de Nodos Fred

De igual forma se procede a realizar la configuración en el Servidor WEB, es importante digitar el mismo nombre del 'Endpoint', para que la información transmitida se dirija al nodo indicado, en el paso tres, es importante que se encuentre con la misma selección de la configuración local realizada anteriormente ().

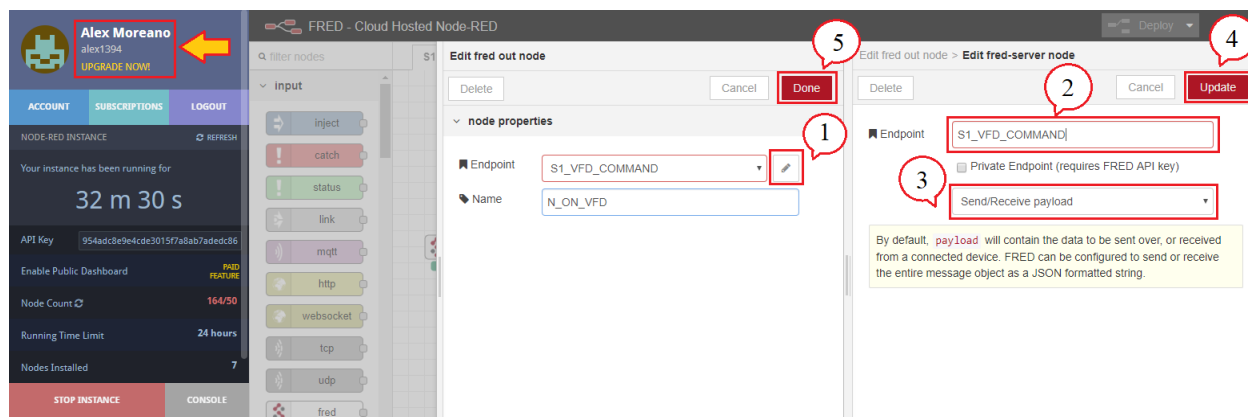


Figura 113. Configuración de Nodos Fred en el Servidor WEB

Terminada la configuración, se compila el programa, tanto en Node-RED local, como en Node-RED en el servidor WEB, En la Figura 114 se puede observar que la comunicación desde el Dispositivo IoT con los hacia la WEB se realizó satisfactoriamente.

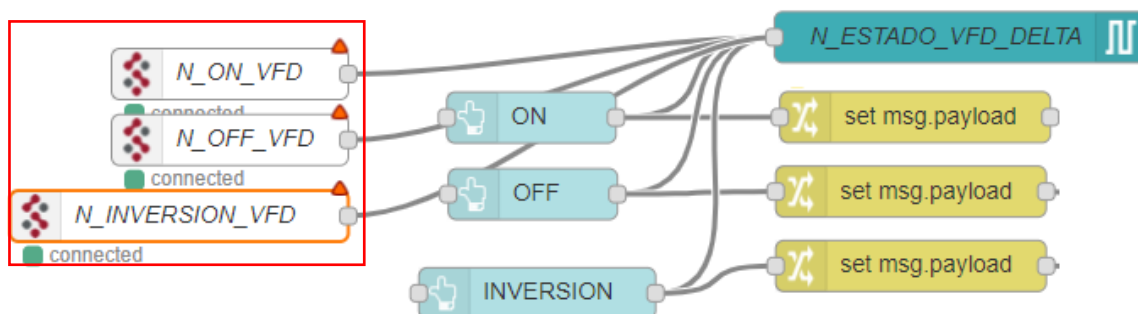


Figura 114. Nodos Fred conectados hacia el Servidor WEB

Como se puede observar en la Figura 115, la comunicación entre ambos ha sido exitosa. De igual forma se da clic en el comando Dashboard para visualizar la interfaz gráfica en una página WEB.

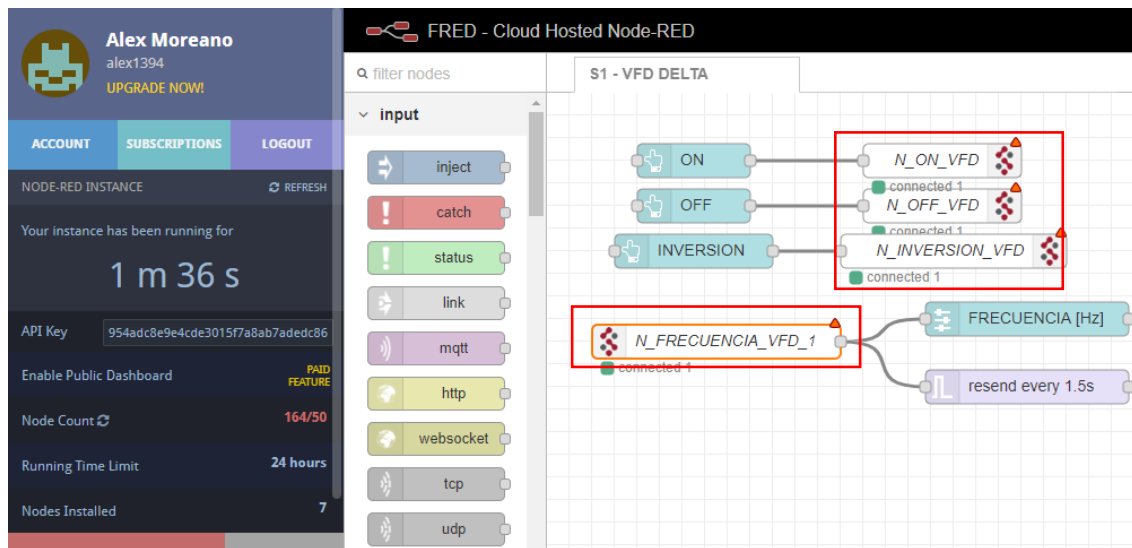


Figura 115. Nodos Fred conectados desde el Servidor WEB

5.12.1. Visualización de Interfaces gráficas en la WEB

A continuación, se proyecta cada una de las interfaces gráficas intuitivas con el usuario programadas y configuradas a través de Node-RED del Dispositivo IoT y Node-RED alojado en la nube o plataforma IoT (Figura 116 y Figura 117), las mismas que permiten monitorear y controlar el sistema distribuido en tiempo real a través de la WEB.



Figura 116. Interfaces gráficas IoT [1]



Figura 117. Interfaces gráficas IoT [2]

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- Para el monitoreo y control de los sistemas distribuidos, se empleó diferentes protocolos de comunicación, como Modbus RTU, Modbus TCP, Profinet, cada uno con sus diferentes configuraciones de registros de conexiones para la lectura y escritura de datos; estos protocolos son los más empleados en las industrias por su gran robustez, fiabilidad y confiabilidad.
- Los datos del Sistema obtenidos permiten corroborar la correcta configuración de conexión de los dispositivos en el sistema SCADA, la información es almacenada en el ordenador en tiempo real, la misma que posteriormente puede ser objeto de análisis, en este caso son los datos del medidor de energía.
- La interfaz gráfica fue realizada gracias a las facilidades que brinda la herramienta informática Node-RED, al igual que la configuración de cada uno de los nodos, que permiten realizar una correcta comunicación desde el sistema hacia un Servidor Web conocido como plataformas IoT y viceversa. Estas plataformas están en continuo desarrollo para brindar mejores servicios en el mundo de la Internet de la Cosas.

- Cada plataforma cuenta con diferentes nodos de comunicación específicos para la conexión correcta con la nube.

6.2. RECOMENDACIONES

- Para una mejor variedad de dispositivos y buses de comunicación, se recomienda realizar el control y monitoreo incluyendo una mayor cantidad de equipos y redes industriales. De igual manera es importante tener en cuenta cada una de las configuraciones para evitar problemas en la transmisión de información
- Es importante definir cada una de las variables que se desea obtener en el archivo de almacenamiento. Para la obtención correcta de datos, es recomendable tener instalado las herramientas de informáticas adecuadas.
- Para realizar las configuraciones necesarias del Dispositivo IoT, es fundamental seguir cada uno de los pasos, debido a que emplea comandos especiales para la ejecución del Programa Node-RED. De igual forma el dispositivo IoT ofrece grandes prestaciones, es digno aprovechar las grandes funciones y beneficios que brinda este dispositivo, es por tal motivo que se recomienda implementar las Shields respectivas para una mejor experiencia y bondades en la IoT.
- Se recomienda investigar y emplear más plataformas con beneficios nuevos y más recursos para el uso de esta tecnología emergente en las empresas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABC Tecnología. (16 de 02 de 2015). *ABC Tecnología*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2018, de ABC Tecnología:
<https://www.abc.es/tecnologia/consultorio/20150216/abci--201502132105.html>
- Benharosh, J. (31 de 07 de 2018). *Phpenthusiast*. Recuperado el 03 de Octubre de 2018, de Phpenthusiast: <https://phpenthusiast.com/blog/what-is-rest-api>
- Cárdenas, A. (28 de 11 de 2016). *Secmotic*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2018, de Secmotic: <https://secmotic.com/plataforma-iot/>
- Cdigitalit. (09 de 03 de 2017). *Cdigitalit*. Recuperado el 23 de Noviembre de 2018, de Cdigitalit: <http://www.cdigitalit.com/internet-de-las-cosas-en-dos-anos/>
- Ceuta Actualidad. (2017). *Ceuta Actualidad*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2018, de Ceuta Actualidad:
<https://www.ceutaactualidad.com/articulo/comunicados/salidas-laborales-estudiar-big-data/20180705160005068522.html>
- Clemares, L. (17 de 02 de 2017). *Tendencias 21*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2018, de Tendencias 21: https://www.tendencias21.net/telefonica/Que-es-la-comunicacion-M2M_a801.html
- Cobo, R. (2016). *El ABC de la Automatización*. Recuperado el 21 de Septiembre de 2018, de El ABC de la Automatización:
<http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/hmi.pdf>
- Corrales, L. (12 de 2007). *Biblioteca Digital Escuela Politécnica Nacional - Ecuador*. Recuperado el 09 de Agosto de 2018, de Biblioteca Digital Escuela Politécnica Nacional - Ecuador:
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10020/2/PARTE%202.pdf>
- Chavarría Meza, L. (13 de 10 de 2007). Recuperado el 17 de Diciembre de 2018, de <https://www.aiu.edu/applications/DocumentLibraryManager/upload/SCADA%20System%C2%B4s%20&%20Telemetry.pdf>
- Cherrez Guayta, H., & Galabay Gualotuña, R. (2018). *Diseño e implementación de un sistema SCADA para el control de carga y el monitoreo de la energía eléctrica obtenida por un generador híbrido (eólico-solar), en el Laboratorio de Fuentes*

- Alternativas de Energía de la Universidad de las Fuerzas Armadas - E.* Tesis de Pregrado. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/15425>
- Dol, S., & Bhinge, R. (2018). *SMART motor for industry 4.0.* Artículo científico. doi:10.1109/ETECHNXT.2018.8385291
- Domova , V., & Dagnino, A. (2017). *Towards intelligent alarm management in the Age of IIoT.* Artículo Científico. doi:10.1109/GIOTS.2017.8016234
- Electronic Design. (07 de 10 de 2015). *Electronic Design.* Recuperado el 15 de Octubre de 2018, de Electronic Design: <https://www.electronicdesign.com/iot/mqtt-and-coap-underlying-protocols-iot>
- Fernandez Perez, G. (28 de 10 de 2015). *Informe Profinet.* Recuperado el 23 de Septiembre de 2018, de Informe Profinet: <http://informefebrerotanquehidraulico828826.blogspot.com/2015/10/profinet.html>
- Fernández, T., & Fraga Lamas, P. (2018). *A Review on Human-Centered IoT-Connected Smart Labels for the Industry 4.0.* Artículo científico. doi:10.1109/ACCESS.2018.2833501
- Flores Cortez, O., & Rosa, V. (2017). *Monitoreo remoto usando internet de las cosas.* Artículo científico. doi:10.1109/CONCAPAN.2017.8278466
- Fundación CTIC. (25 de 04 de 2016). *Fundación CTIC.* Recuperado el 22 de Octubre de 2018, de Fundación CTIC: <https://www.fundacionctic.org/sat/articulo-que-es-el-internet-de-las-cosas>
- Guerrero, V., Yuste, R., & Martínez, L. (s.f.). *COMUNICACIONES INDUSTRIALES.*
- Hostinger. (07 de 09 de 2017). *Tutoriales Hostinger.* Recuperado el 13 de Septiembre de 2018, de Tutoriales Hostinger: <https://www.hostinger.es/tutoriales/que-es-ssh>
- Huilcamaigua Checa, E., & Viracucha Masabanda, L. (2016). *Análisis e implementación de una red Ethernet industrial bajo estándar abierto Profinet para centralizar procesos de control hidráulico proporcional con el módulo FESTO TP 702, utilizando PLC's y una pantalla HMI, para el laboratorio de hidrónica y neutró.* Tesis de Pregrado. Recuperado el 01 de Diciembre de 2018, de <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/11929>

- Hurtado Torres, J. (s.f.). *Info-PLC*. Recuperado el 12 de Agosto de 2018, de Info-PLC: http://www.infoplcn.net/files/documentacion/comunicaciones/infoPLC_net_introduccion3b3n-a-las-redes-de-comunicacion3b3n-industrial.pdf
- Incibe-cert. (16 de 02 de 2017). *Incibe-cert*. Recuperado el 21 de Septiembre de 2018, de Incibe-cert: <https://www.incibe-cert.es/blog/caracteristicas-y-seguridad-profinet>
- Ingesor. (24 de 05 de 2016). *El Ingesor*. Recuperado el 03 de Enero de 2019, de El Ingesor: <https://www.elingesor.com/introduccion-al-modelo-osi/>
- Internet LAB. (01 de 02 de 2010). *Internet LAB*. Recuperado el 13 de Enero de 2019, de Internet LAB: <https://www.internetlab.es/post/891/que-es-putty-y-para-que-sirve/>
- Jecrespom. (05 de 03 de 2018). *Aprendiendo Arduino*. Recuperado el 17 de Enero de 2019, de Aprendiendo Arduino: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2018/03/05/demo-mkrfox1200/>
- Khakimov, A., Muthanna, A., Kirichek, R., Koucheryavy, A., & Muthanna, M. (2017). *Investigation of methods for remote control IoT-devices based on cloud platforms and different interaction protocols*. Artículo científico. doi:10.1109/EIConRus.2017.7910518
- Logicbus. (2015). *Logicbus*. Recuperado el 14 de Diciembre de 2018, de Logicbus: <http://www.logicbus.com.mx/Modbus.php>
- LogicBus. (2018). *LogicBus*. Recuperado el 21 de Diciembre de 2018, de LogicBus: <http://www.logicbus.com.mx/que-es-la-industria-4-0.php>
- López Salazar, R., & Mora Ledesma, E. (2017). *Diseño e implementación de un módulo didáctico para una red de comunicación industrial utilizando protocolo abierto Modbus RTU - TCP /IP para monitoreo, control local y remoto de la estación de multivariables físicas, en el Laboratorio de Hidrónica y Neut*. Tesis de Grado. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/13436>
- Mandado, E., Marcos, J., Fernández, C., & Armesto, J. (2009). *AUTÓMATAS PROGRAMABLES Y SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN*. México D.F.: Alfaomega-Marcombo.
- Masek, P., Hudec, D., Krejci, J., Ometov, A., Hosek, J., Andreev, S., . . . Koucheryavy, Y. (2018). *Advanced Wireless M-Bus Platform for Intensive Field Testing in Industry 4.0-Based Systems*. Artículo científico.

- Massachusetts Institute of Technology. (2017). *Massachusetts Institute of Technology*. Obtenido de Massachusetts Institute of Technology: <https://goo.gl/12AXfB>
- Moreno, M. (2015). *Automación Micromecánica s.a.i.c*. Obtenido de Automación Micromecánica s.a.i.c: <http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual061ControladorLgicoProgramablePLC.pdf>
- Mumtaz, S., Alshaily, A., Pang, Z., Rayes, A., Tsang, K., & Rodríguez, J. (2017). *Massive Internet of Things for Industrial Applications: Addressing Wireless IIoT Connectivity Challenges and Ecosystem Fragmentation*. Artículo científico. doi:10.1109/MIE.2016.2618724
- Muñoz Valverde, P., & Pérez Guanaluiza, C. (2016). *Diseño e implementación de una estación de trabajo compacta para la regulación de variables de control: nivel, caudal, presión y temperatura en lazo cerrado para el Laboratorio de Hidráulica y Neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas extensión L*. Tesis de Pregrado. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/11939>
- National Instruments. (16 de 10 de 2014). *National Instruments*. Obtenido de National Instruments: <http://www.ni.com/white-paper/52134/es/#toc5>
- NET Consulting. (30 de 09 de 2015). *NET Consulting*. Recuperado el 14 de Enero de 2019, de NET Consulting: <https://www.netconsulting.es/blog/nodejs/>
- Node-RED. (2018). *Node-RED*. Recuperado el 05 de Enero de 2019, de Node-RED: <https://nodered.org/#features>
- Optical Networks. (09 de 08 de 2018). *Optical Networks*. Recuperado el 14 de Enero de 2019, de Optical Networks: <https://www.optical.pe/internet-industrial-de-las-cosas-iiot/>
- Paradiso. (2018). *Paradiso*. Recuperado el 03 de Diciembre de 2018, de Paradiso: <https://paradiso-fp7.eu/industria-40/>
- Paredro. (25 de 09 de 2013). *Paredro*. Recuperado el 22 de Diciembre de 2018, de Paredro: <https://www.paredro.com/que-es-el-diseno-ui/>
- Paroli, M. (2017). *Diseño e implementación de un sistema de control integrado en el hogar basado en el concepto del Internet de las cosas industriales para un*

departamento tipo suite. Tesis de Pregrado. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/12917>

Pascual, J. (17 de 07 de 2016). *ComputerHoy*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2018, de ComputerHoy: <https://computerhoy.com/noticias/internet/que-es-localhost-ip-127001-que-utiliza-48046>

PDA Control. (03 de 03 de 2018). *PDA-Control*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2018, de PDA-Control: <http://pdacontroles.com/tutorial-plataforma-iot-ubidots-esp8266-sensor-dht11/>

Pepperl Fuchs. (23 de 01 de 2019). *PROFIBUS PA*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2018, de PROFIBUS PA: https://www.pepperl-fuchs.com/global/es/classid_272.htm

Prosoft Technology. (s.f.). Introduction to Modbus TCP/IP.

RedeWeb Electrónica. (03 de 04 de 2016). *RedeWeb*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2018, de RedeWeb: <https://www.redeweb.com/articulos/software/11-redes-inalambricas-fundamentales-para-internet-de-las-cosas/>

Revista AADECA. (10 de 2016). *EDITORES - SRL*. Obtenido de EDITORES - SRL: https://www.editores-srl.com.ar/sites/default/files/aa2_semle_protocolos_ilot.pdf

Rodríguez Penin, A. (2013). *Sistemas SCADA* (Vol. Tercera). México D.F.: Alfaomega-Marcombo. Recuperado el 12 de Agosto de 2018, de <https://goo.gl/44paZ3>

Rodríguez, M. (22 de 02 de 2016). *Revista Digital*. Obtenido de Revista Digital: <https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/protocolo-opc-ua-caracteristicas-y-aplicaciones/>

Rouse, M. (2017). *Internet Industrial de las Cosas, IIoT*. Obtenido de Internet Industrial de las Cosas, IIoT: <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Internet-Industrial-de-las-Cosas-IIoT>

RS Online. (2018). *RS Online*. Recuperado el 11 de Diciembre de 2018, de RS Online: https://es.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=i%2Fiot-internet-of-things&fbclid=IwAR1ejGUn8fihgFOn6otUSZ_1ZsD9jf0pEknsx_tL3RBLXGgtq_-poakMDIk

- Sabas. (25 de 09 de 2017). *Medium Tech*. Recuperado el 14 de Diciembre de 2018, de Medium Tech: <https://medium.com/beelan/haciendo-iot-con-lora-cap%C3%ADtulo-1-qu%C3%A9-es-lora-y-lorawan-8c08d44208e8>
- Salazar, C., & Correa, L. (2011). Buses de campo y protocolos en redes industriales. 27.
- Sánchez, J. (26 de 07 de 2014). *FrontEnd Labs*. Recuperado el 11 de Octubre de 2018, de FrontEnd Labs: <https://frontendlabs.io/1490--json-que-es-json-parse-json-stringify>
- Sasajima, H., Ishikuma , T., & Hayashi, H. (2015). *Notice of RemovalFuture IIOT in process automation — Latest trends of standardization in industrial automation, IEC/TC65*. Artículo científico. doi:10.1109/SICE.2015.7285569
- Sensetecnic. (2018). *Sensetecnic*. Recuperado el 29 de Noviembre de 2018, de Sensetecnic: <http://sensetecnic.com/>
- SIEMENS. (2010). *SIEMENS MODBUS RTU*. Recuperado el 11 de Octubre de 2018, de SIEMENS MODBUS RTU: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/906/44880906/att_70367/v1/USMII_MODBUS_AOM_OI_ES_es-ES.pdf
- SIEMENS IoT. (2017). *SIMATIC IoT2040 La pasarela inteligente para soluciones industriales IoT*. Obtenido de https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/PC_industriales/Documents/170928%20SIMATIC%20IoT%20Flyer%20oferta.pdf
- SIEMENS S7-1200. (2009). *S7 Controlador programable S7-1200*.
- SIEMENS S7-1500. (2013). *Sistema de automatización S7 -1500*.
- SIEMENS TIA-PORTAL. (2017). *Software TIA Portal*. Obtenido de https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/sce_educacion/soluciones/Documents/314%20SCE%20-%20CF%20-%20TIA%20Portal.pdf
- SIEMENS-HMI. (2018). *SIEMENS ESPAÑA*. Recuperado el 04 de Enero de 2019, de SIEMENS ESPAÑA: https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/hmi/pages/pantalla_shmi.aspx

- Taller-BIT. (21 de 03 de 2012). *El taller del BIT*. Recuperado el 22 de Diciembre de 2018, de El taller del BIT: <http://eltallerdelbit.com/capa-7-osi-capa-de-aplicacion/>
- UNID México D.F. (s.f.). *Mi materia en Línea - UNID*. Recuperado el 14 de Diciembre de 2018, de Mi materia en Línea - UNID: <https://goo.gl/UQHZZ9>
- Valle, A. (12 de 10 de 2017). *Fierros Industrial*. Recuperado el 25 de Mayo de 2018, de Fierros Industrial: <https://fierrosindustrial.com/noticias/ofrece-la-industria-4-0/>
- Vega, R. (2018). *RICVEAL*. Recuperado el 21 de Enero de 2019, de RICVEAL: <https://ricveal.com/blog/freeboard-io/>
- Velasco, R. (20 de 08 de 2013). *RedesZone*. Recuperado el 14 de Enero de 2019, de RedesZone: <https://www.redeszone.net/2013/08/20/aprende-a-usar-powershell-en-windows/>
- Vester Industrial. (29 de 06 de 2018). *Vester Industrial Training*. Recuperado el 12 de Enero de 2018, de Vester Industrial Training: <https://vestertraining.com/redes-industriales-modbus/>
- Yuan, M. (05 de 12 de 2017). *IBM Developer Works*. Recuperado el 10 de Enero de 2019, de IBM Developer Works: <http://www.ibm.com/developerworks/ssa/library/iot-mqtt-why-good-for-iot/index.html>

ANEXOS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el señor Moreano Abata, Alex Ruben.

En la ciudad de Latacunga, a los veinticinco días del mes de enero del 2019.

Aprobado por:

Ing. Wilson Sánchez Ocaña
DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Katya Torres Vasquez
DIRECTORA DE CARRERA



Dr. Rodrigo Vaca
SECRETARIO ACADÉMICO

