

**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**

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

**AUTOR: MOREANO ABATA, ALEX RUBEN**

**DIRECTOR: ING. SÁNCHEZ OCAÑA, WILSON EDMUNDO**

**2019**



# *Planteamiento del Problema*

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.

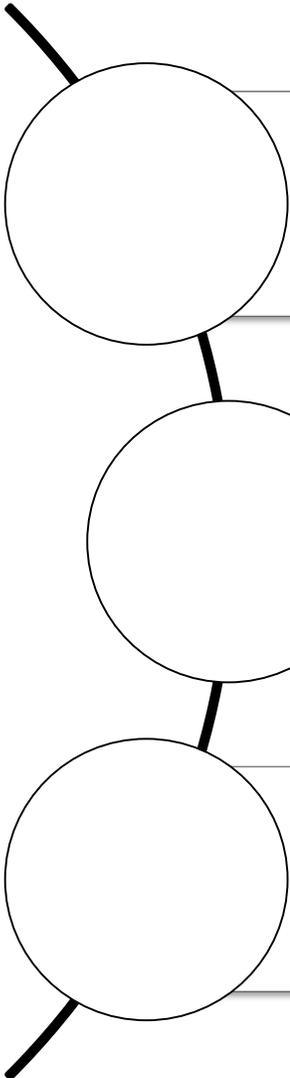


# *Objetivo General*

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.



# Objetivos Específicos



**Realizar el Monitoreo y Control de Sistemas Distribuidos empleando Protocolos de Comunicación Industrial.**

**Obtener datos multivariables en Tiempo Real en un Sistema SCADA con la ayuda de WIN-CC.**

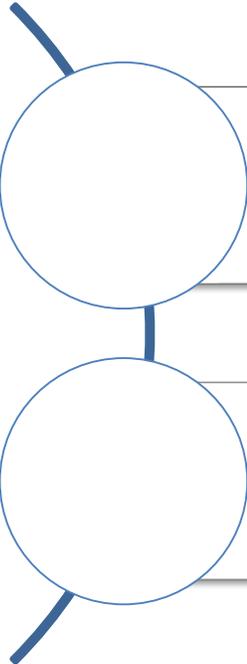
**Realizar una interfaz gráfica que sea accesible y amigable con el usuario desde cualquier dispositivo, fijo o móvil con acceso a la WEB.**



# 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 en tiempo real y en cualquier lugar con un dispositivo fijo o móvil, con acceso a Internet.

## 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.



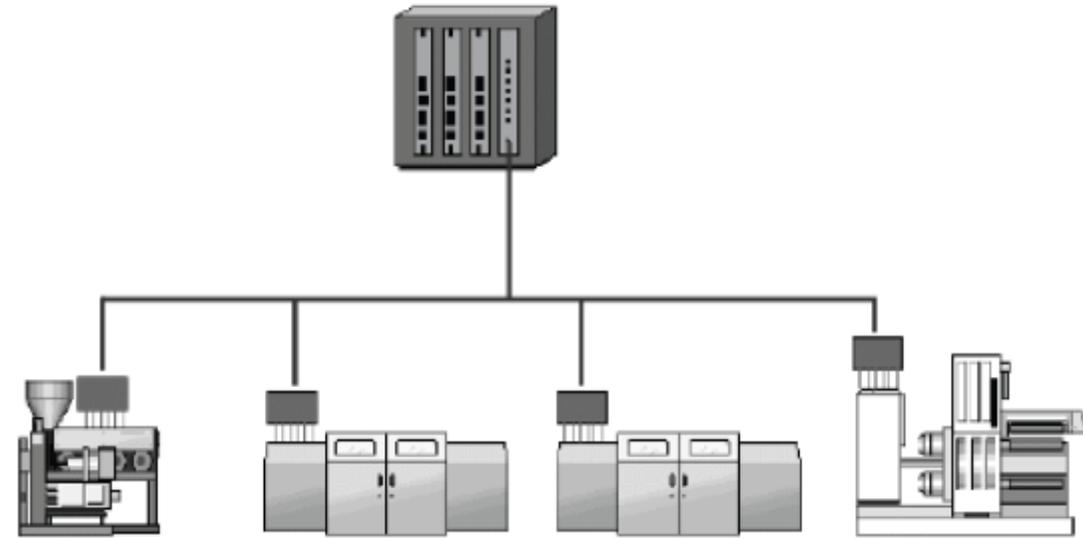
# Introducción

## SISTEMA DISTRIBUIDO

Aplicado para el control de procesos industriales complejos

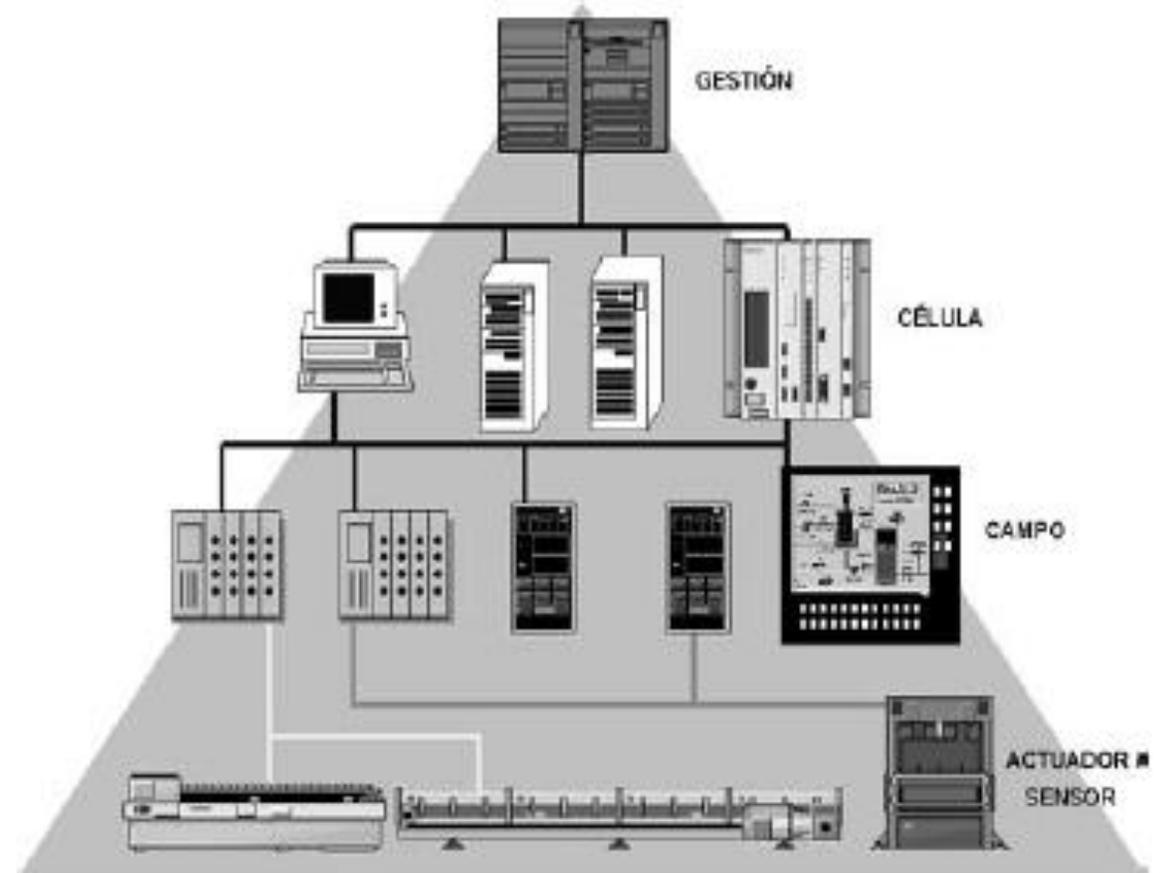
Conformados por una gran variedad de procesadores dependiendo su arquitectura

Se caracterizan por ser flexibles, fiables y robustos



# Introducción

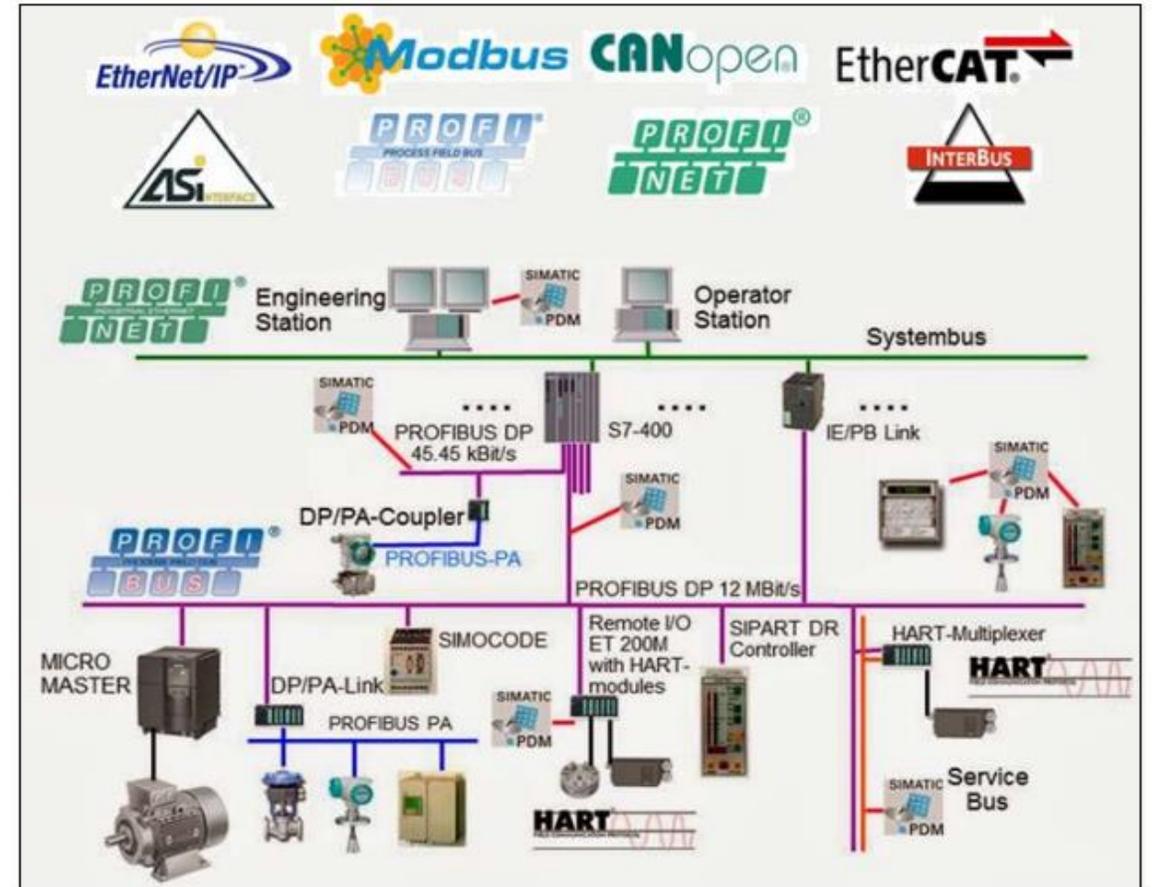
## PIRÁMIDE DE AUTOMATIZACIÓN - CIM



# Introducción

## REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

Son la parte esencial de los procesos de producción de las Empresas, debido a que transfieren información entre varios equipos de un proceso determinado



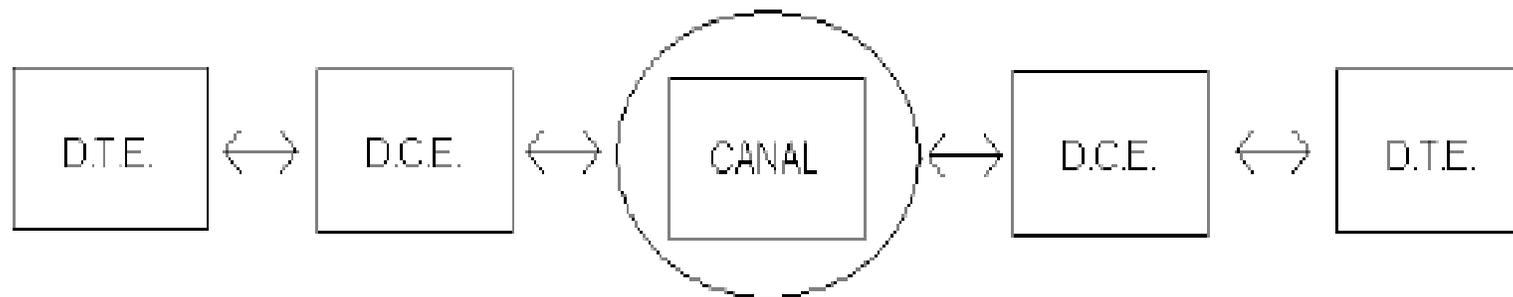
# Introducción

## PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

Es un conjunto de reglas que permiten la transferencia e intercambio de información

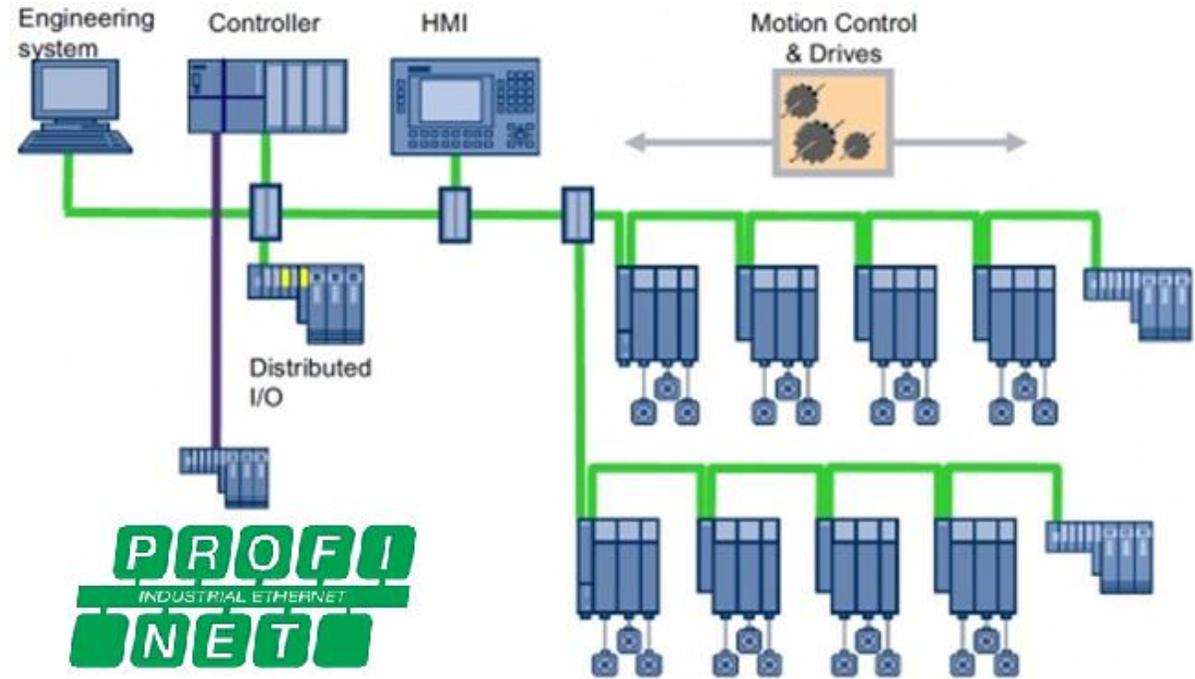
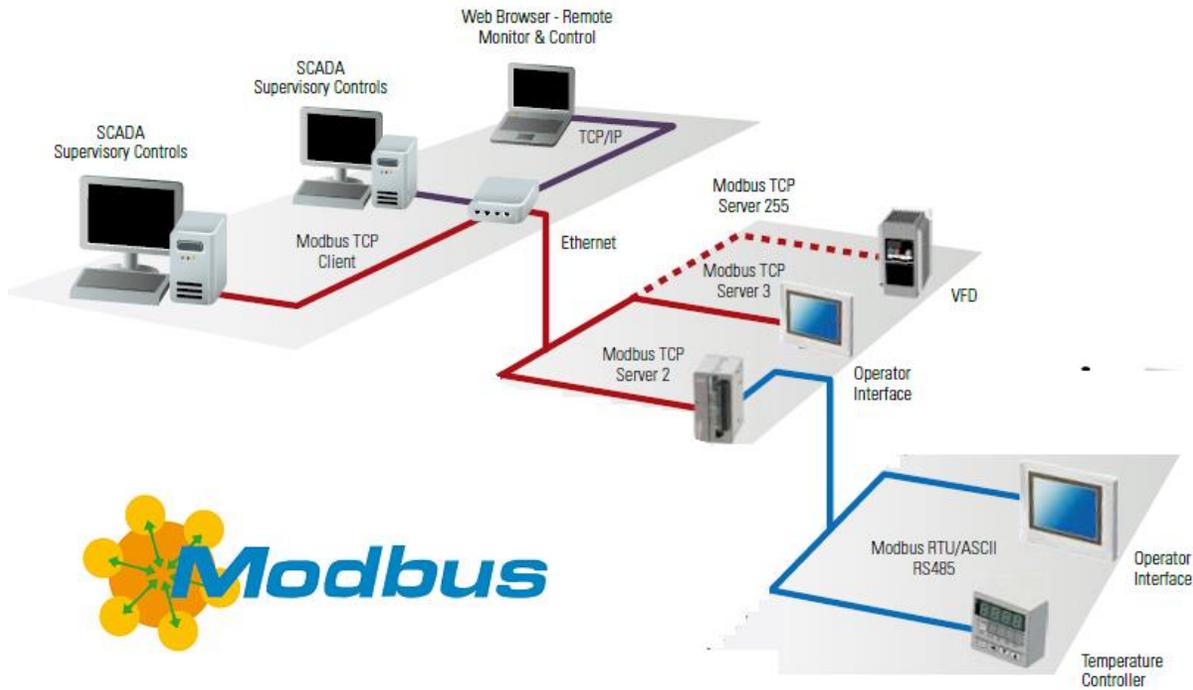
El objetivo es poder conectar y mantener el diálogo entre dos Equipos Terminales de Datos (DTE)

Permiten que la información pueda fluir entre ambos con seguridad (sin fallos).



# Introducción

## BUSES DE CAMPO

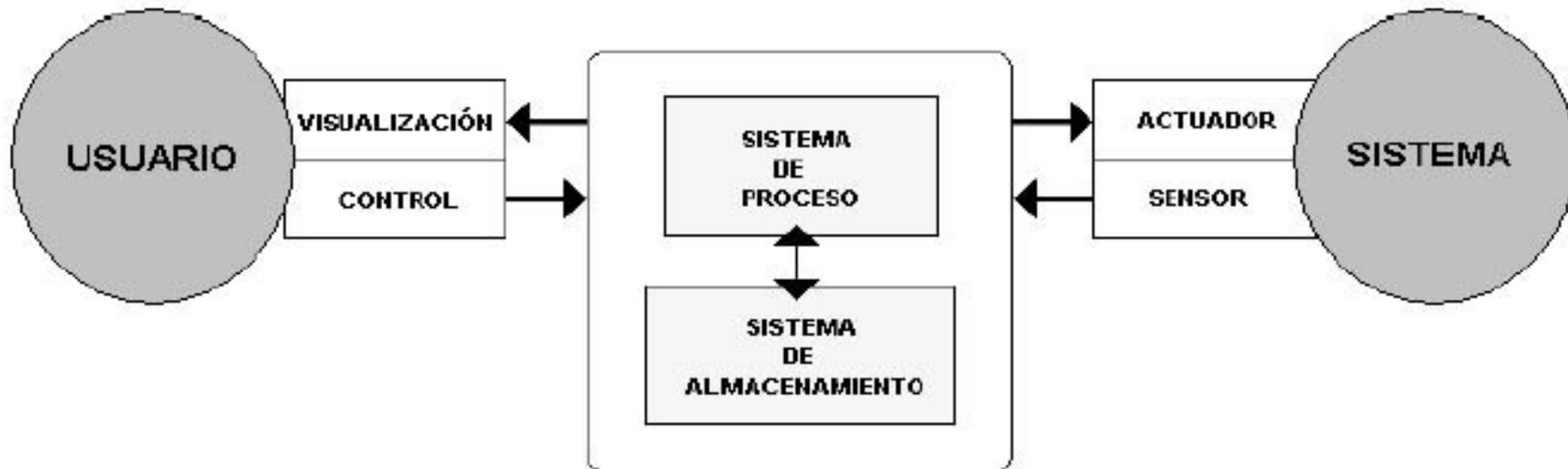


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# Introducción

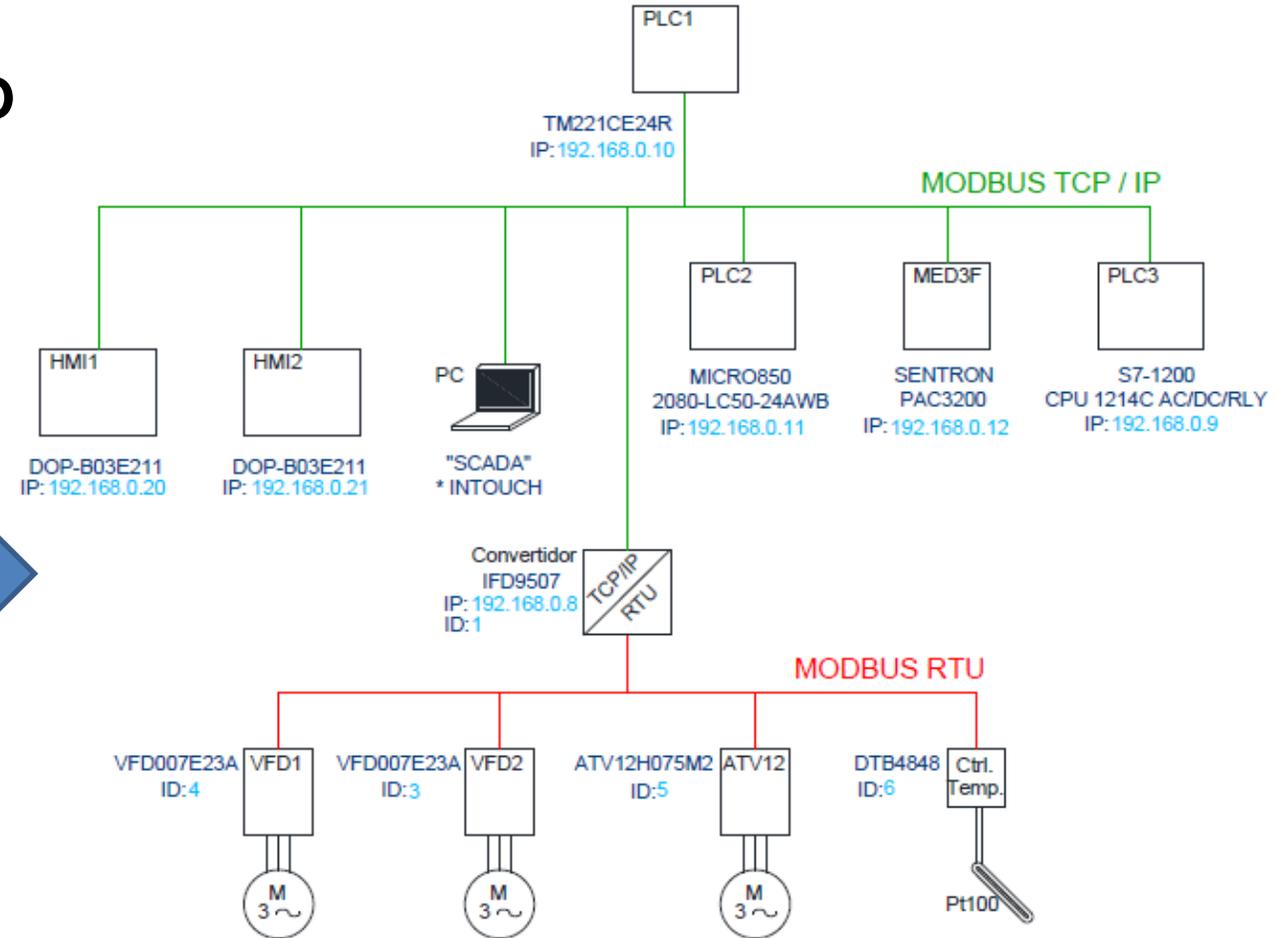
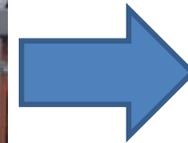
## SISTEMAS SCADA

Permite monitorear un proceso o una planta por medio de una estación central que actúa como una estación maestra, hacia una o varias estaciones remotas



# Resultados de la investigación

## MÓDULO CON PROTOCOLO ABIERTO MODBUS EN EL LABORATORIO



# Resultados de la investigación

## REGISTROS DE COMUNICACIÓN

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

### MEDIDOR DE ENERGÍA

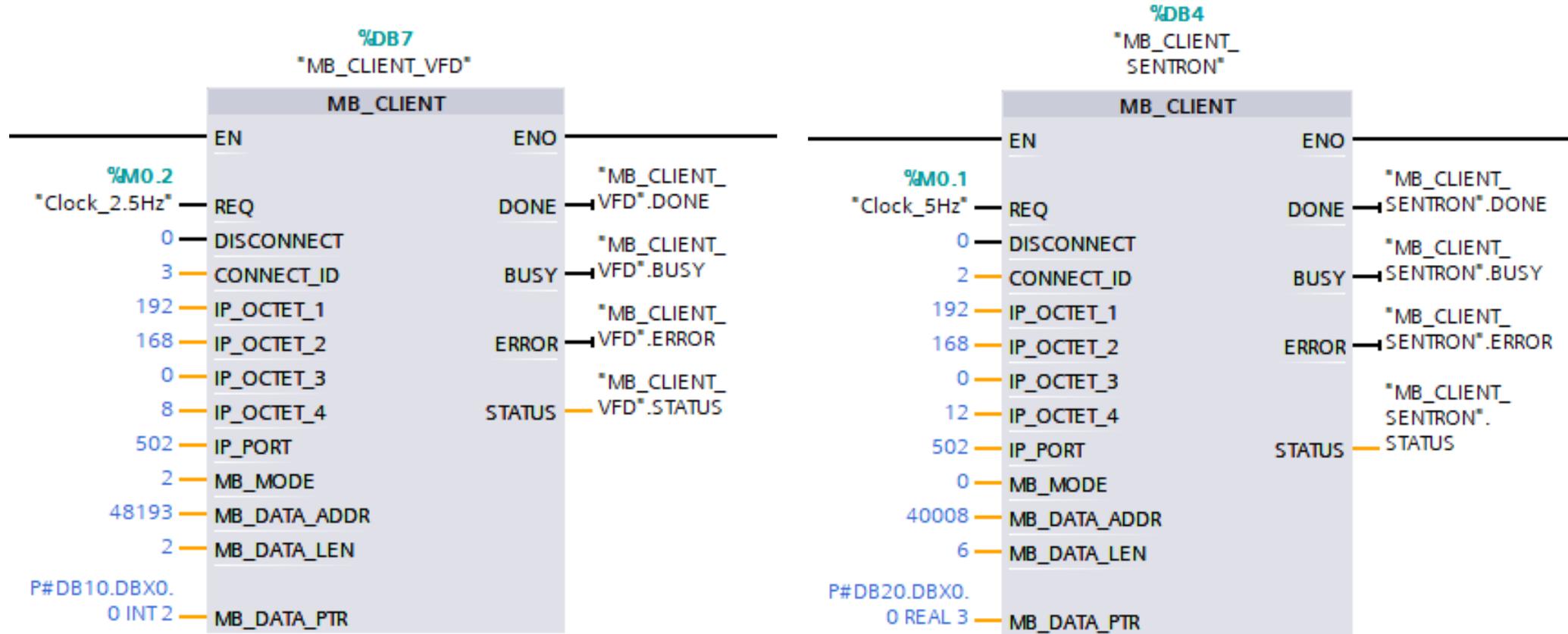
Contenido	Dirección	Función	
Parámetros del variador de frecuencia para motores de CA	GGnnH	GG significa el grupo de los parámetros, nn significa la cantidad de parámetros, por ejemplo, la dirección de Pr 04.01 es 0401H. Para obtener la función de cada parámetro consulte el capítulo 5. Al leer el parámetro 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		

### VARIADOR DE FRECUENCIA



# Resultados de la investigación

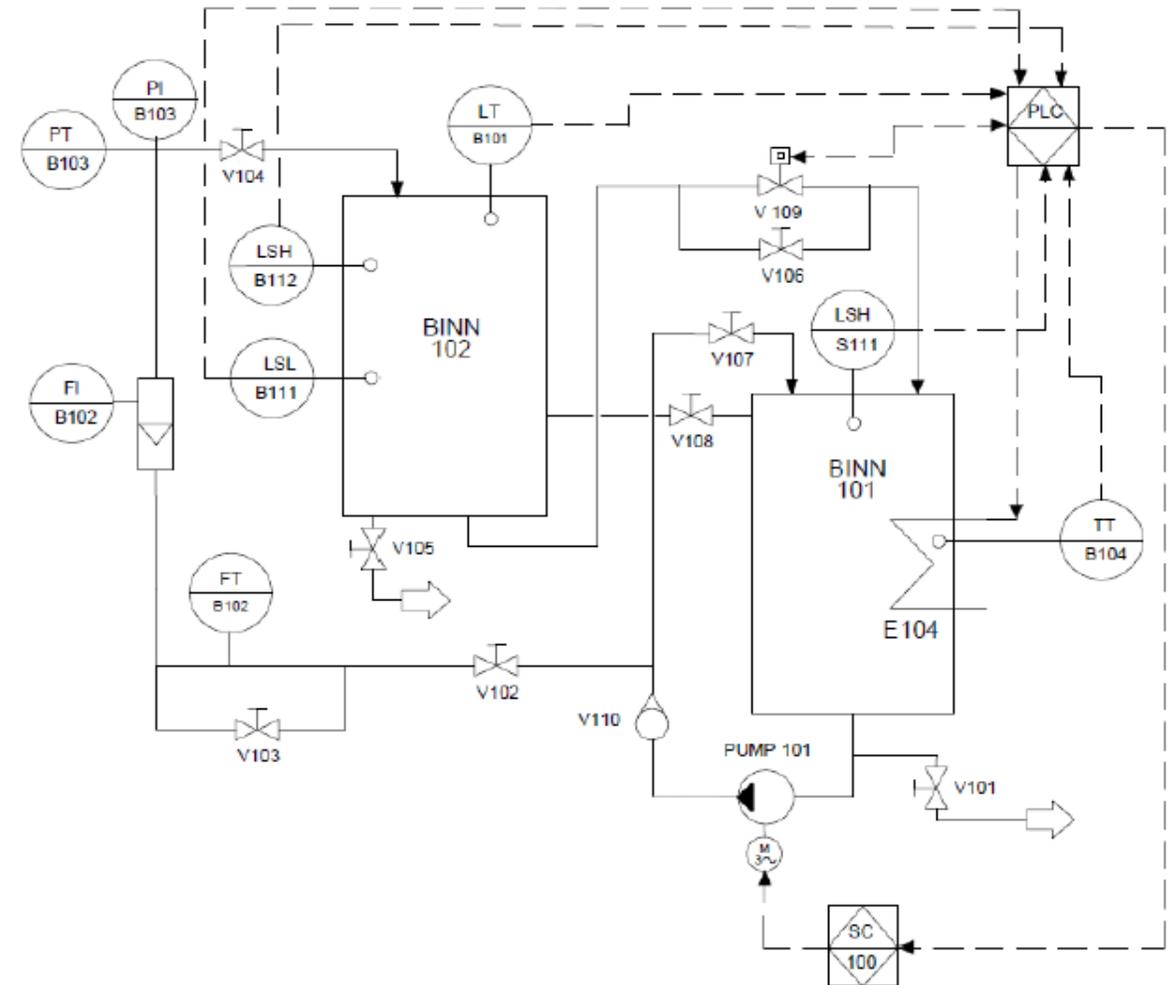
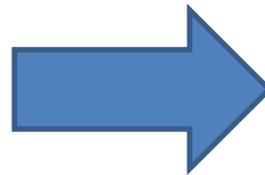
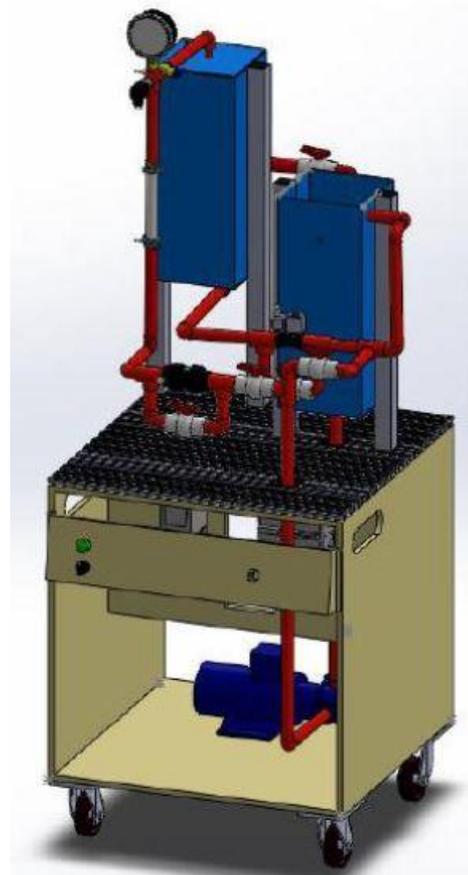
## BLOQUES DE COMUNICACIÓN MODBUS EN TIA PORTAL





# Resultados de la investigación

## ESTACIÓN COMPACTA DE TRABAJO

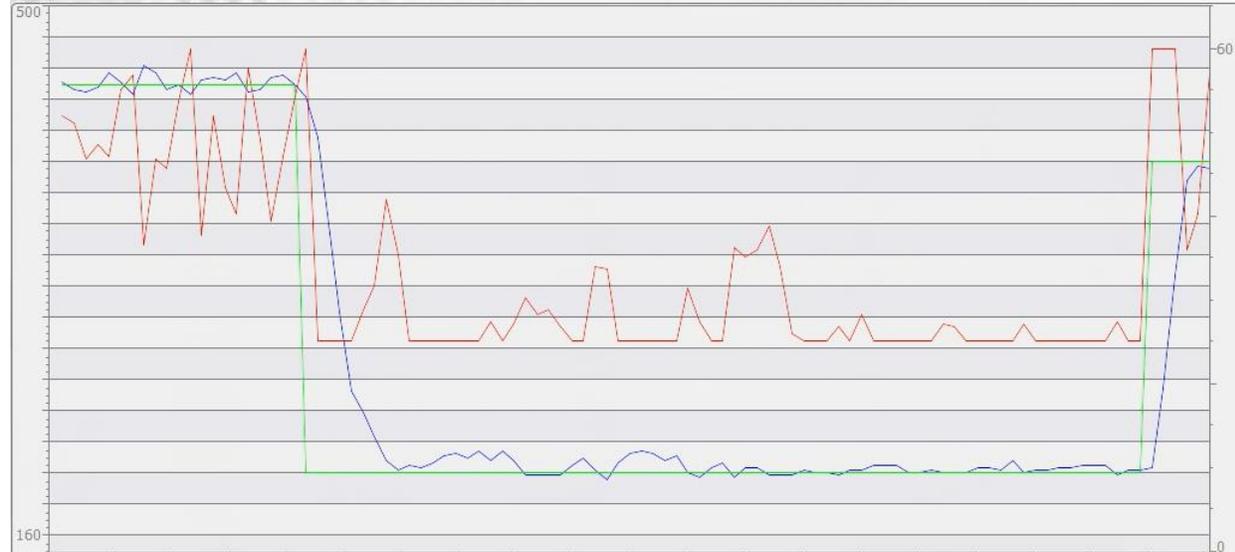


# Resultados de la investigación

## CONTROL PID



NIVEL  
**SALIDA AL ACTUADOR (%)**  
SETPOINT (Lts)  
NIVEL REAL (Lts)



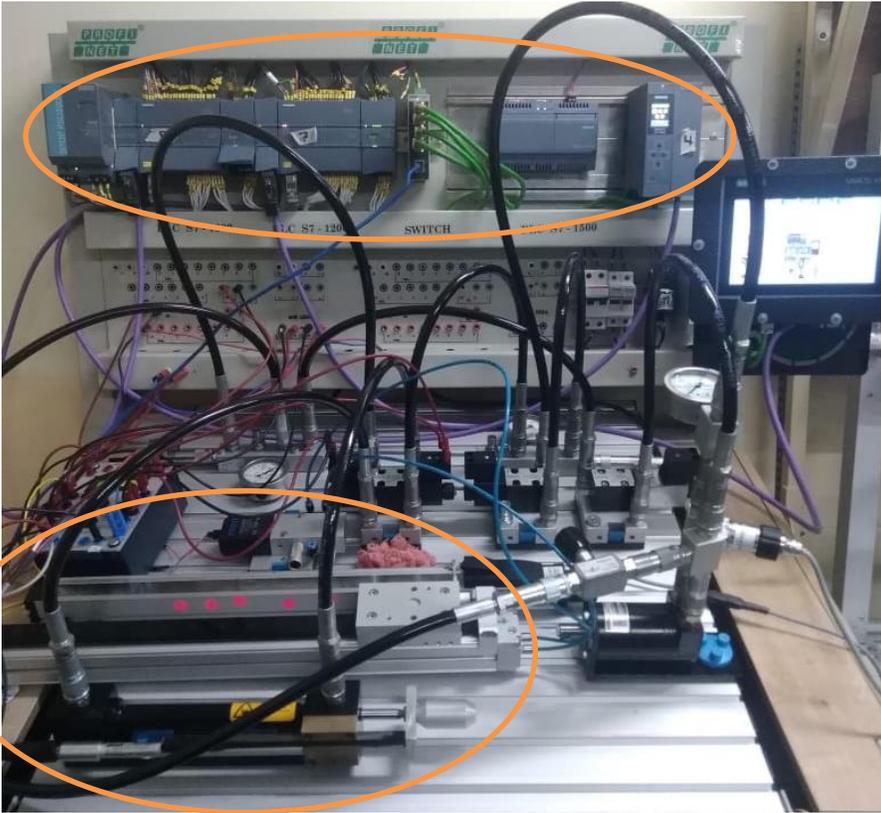
CAUDAL  
**SALIDA AL ACTUADOR (%)**  
SETPOINT (L/h)  
CAUDAL REAL (L/h)



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# Resultados de la investigación

## MÓDULO CONTROL PROPORCIONAL



NEUMÁTICO



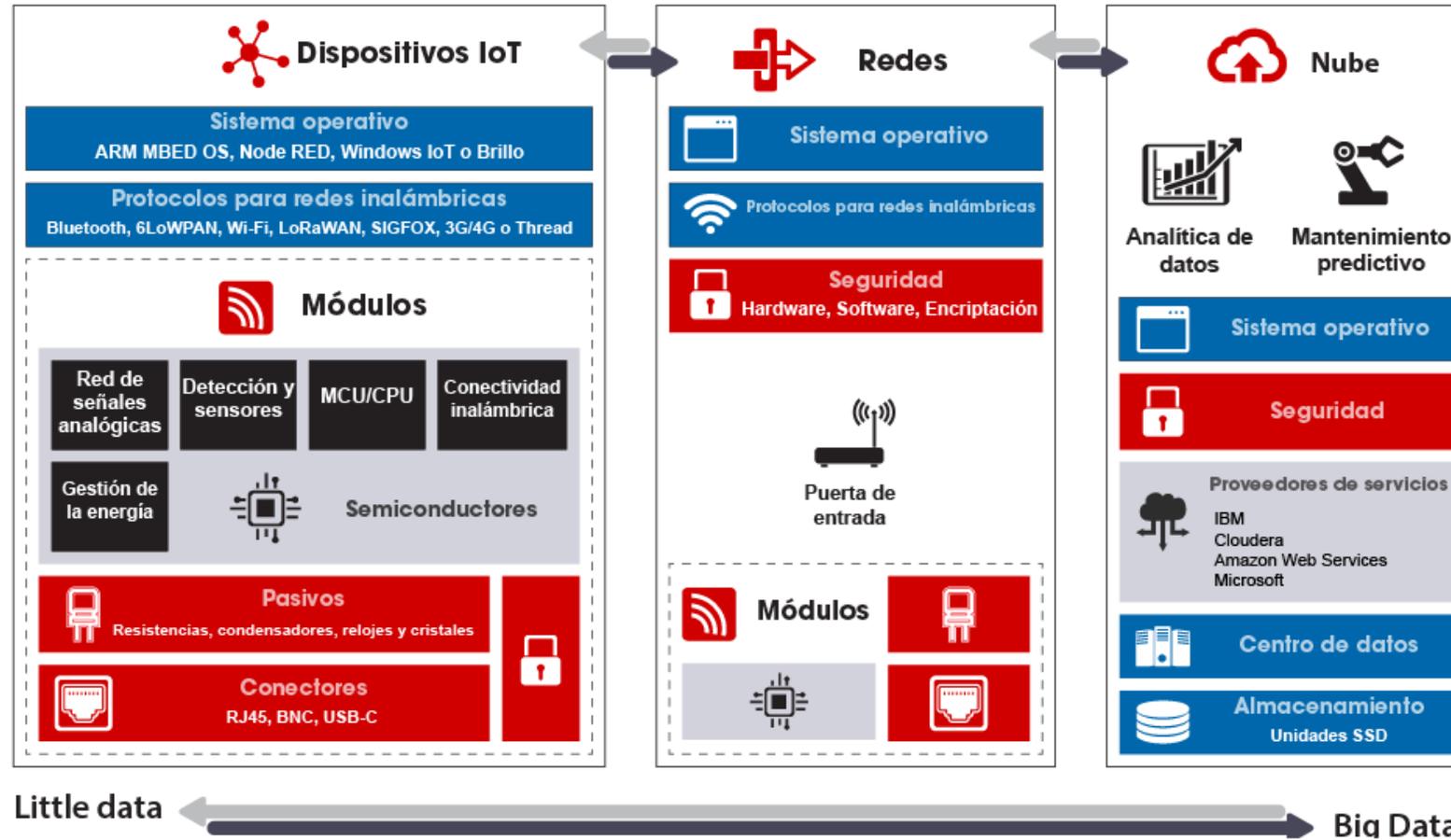
HIDRÁULICO



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# Resultados de la investigación

## ARQUITECTURA IOT

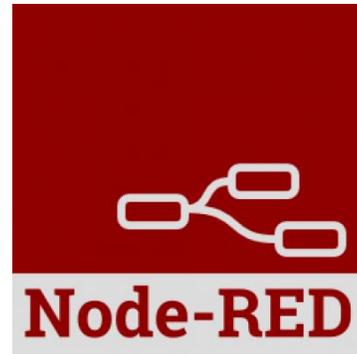


# Resultados de la investigación

## PLATAFORMAS IOT



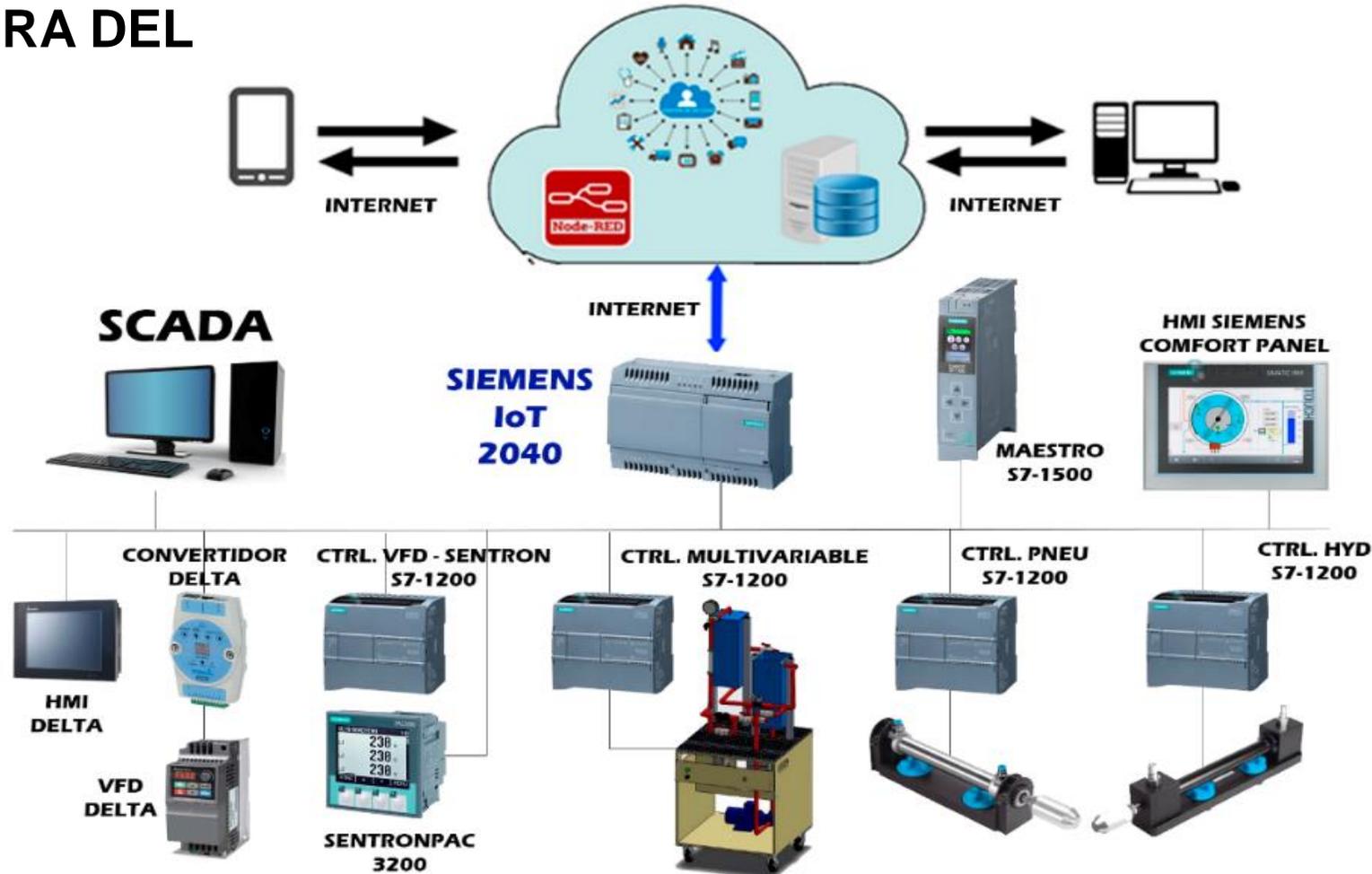
**IBM Cloud**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

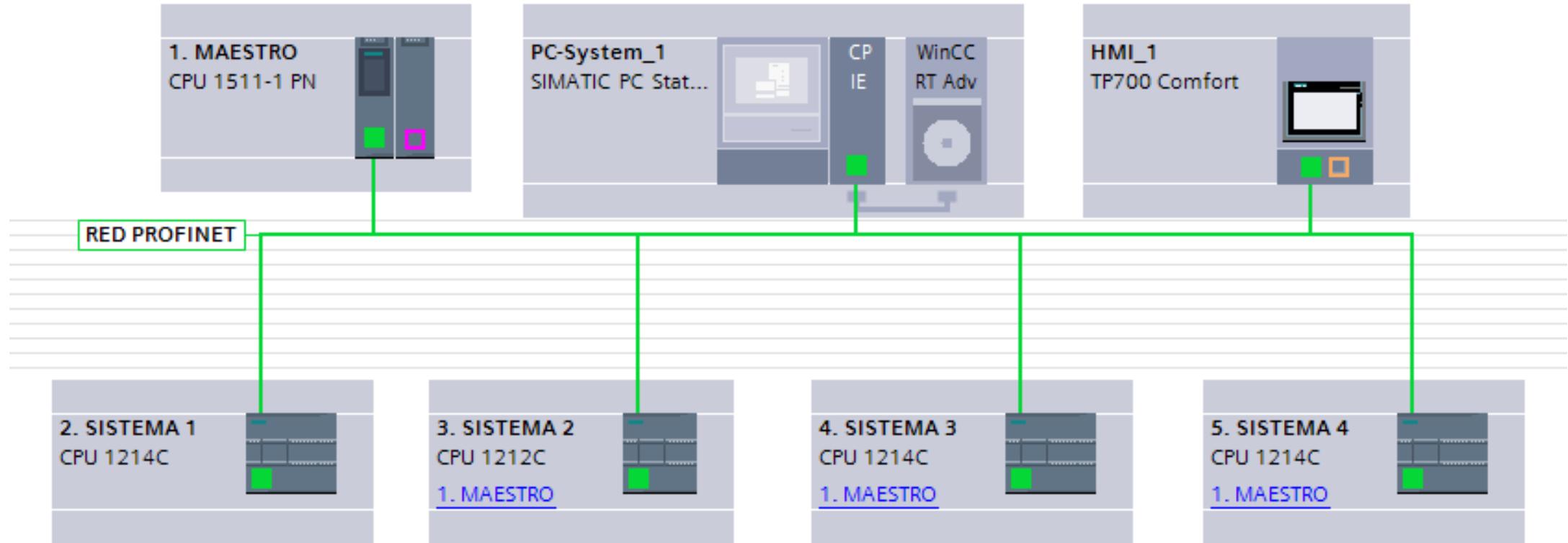
# Diseño de la Propuesta

## ARQUITECTURA DEL PROYECTO



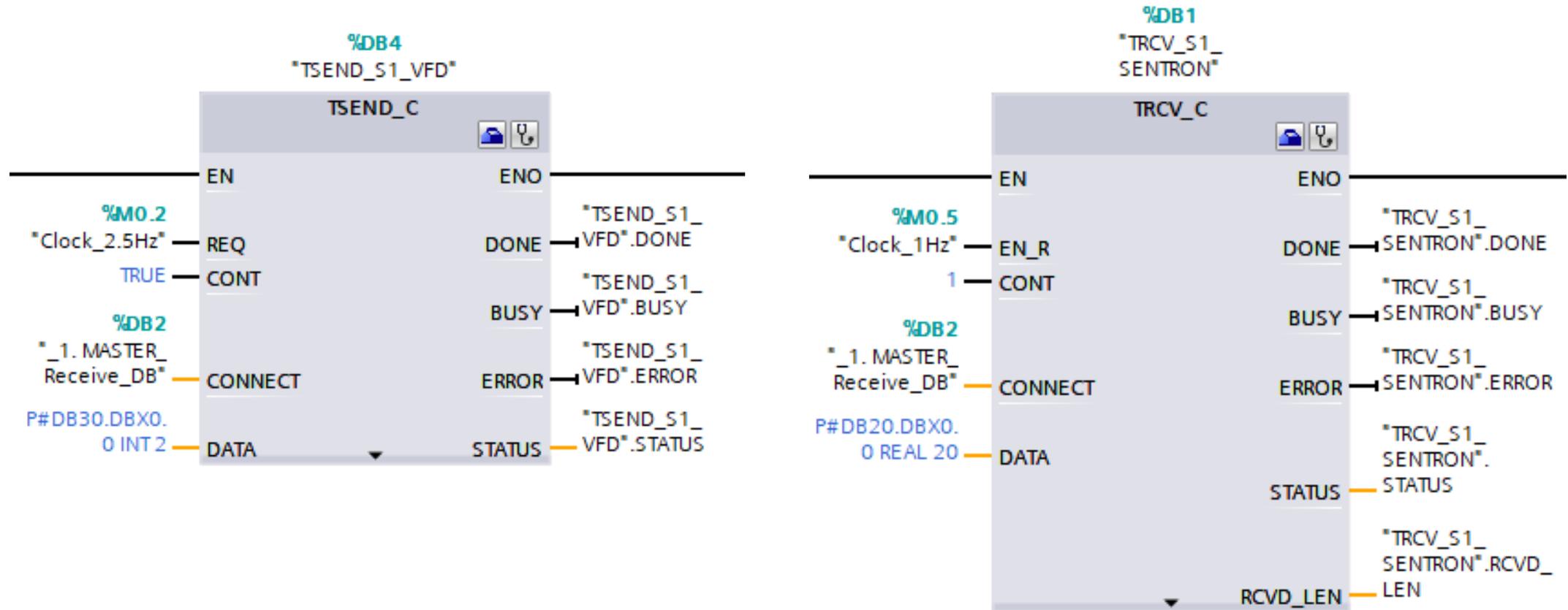
# Diseño de la Propuesta

## RED INDUSTRIAL DEL SISTEMA - SCADA



# Diseño de la Propuesta

## BLOQUES DE COMUNICACIÓN: TSEN\_C & TRCV\_C



# Diseño de la Propuesta

## CONFIGURACIONES DE COMUNICACIONES – ÁREAS DE TRANSFERENCIA

Área de transferencia	Tipo	Dirección en el con...	↔ Dirección en el I-De..	Longitud
Área de transferencia_1	CD	Q 100...174	→ I 200...274	75 Byte
Área de transferencia_2	CD	I 400...474	← Q 300...374	75 Byte

**Detalles del área de transferencia**

Área de transferencia: Área de transferencia\_1

Tipo de área de transferencia: CD

Interlocutor: Local

Intercambio de datos entre: 1. MAESTRO y 3. SISTEMA 2

Subslot: 1000

Tipo de dirección: Q (Interlocutor) / I (Local)

Dirección inicial: 100 (Interlocutor) / 200 (Local)

Bloque de organización: --- (Actualización auto...)

Memoria imagen de proceso: Actualización automá...

Longitud: 75 Bytes

Comentario:

**Detalles del área de transferencia**

Área de transferencia: Área de transferencia\_2

Tipo de área de transferencia: CD

Interlocutor: Local

Intercambio de datos entre: 1. MAESTRO y 3. SISTEMA 2

Subslot: 1001

Tipo de dirección: I (Interlocutor) / Q (Local)

Dirección inicial: 400 (Interlocutor) / 300 (Local)

Bloque de organización: --- (Actualización auto...)

Memoria imagen de proceso: Actualización automá...

Longitud: 75 Bytes

Comentario:



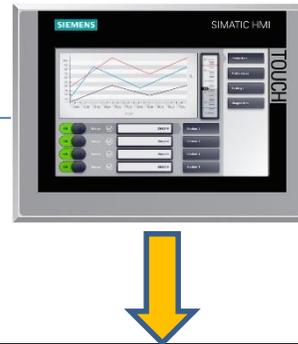
# Diseño de la Propuesta

## VISUALIZACIÓN DE DATOS EN DISPOSITIVOS HMI

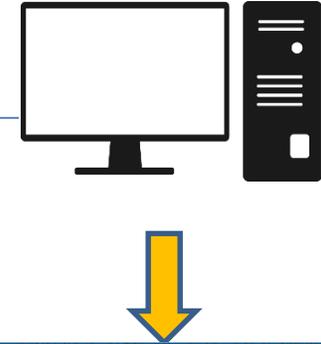
HMI DELTA DOP – B03E211



SIEMENS COMFORT PANEL



ORDENADOR



VOLTAJE L-L [V]		FRECUENCIA [Hz]	CORRIENTES [A]	
A-B	123,45	123,45	A	123,45
A-B	123,45		B	123,45
A-B	123,45		C	123,45
THD-R I [%]		POTENCIAS		
A	123,45	HOME	S [VA]	123,45
B	123,45	VFD-DELTA	P [W]	123,45
C	123,45	POWER FACTOR	Q[Var]	123,45
		123,45		

VOLTAJES DE LÍNEA [V]		CORRIENTES [A]	
VOLTAJE A-B	000,00	LÍNEA - A	000,00
VOLTAJE B-C	000,00	LÍNEA - B	000,00
VOLTAJE C-A	000,00	LÍNEA - C	000,00
FRECUENCIA:	000,00 [Hz]	F. DE POTENCIA:	000,00
THD - R CORRIENTES [%]		POTENCIAS TOTALES	
LÍNEA - A	000,00	APARENTE:	000,00 [VA]
LÍNEA - B	000,00	ACTIVA:	000,00 [W]
LÍNEA - C	000,00	REACTIVA:	000,00 [VAR]

MEDIDOR DE ENERGÍA - SENTRON PAC 3200			
VOLTAJES DE LÍNEA [V]			
VOLTAJE A-B	225,17		
VOLTAJE B-C	226,08	CORRIENTES [A]	
VOLTAJE C-A	224,77		
THD - R CORRIENTES [%]		FRECUCENCIA [Hz]	
LÍNEA - A	87,03		
LÍNEA - B	88,08	FACTOR DE POTENCIA	
LÍNEA - C	83,65		
POTENCIAS TOTALES			
APARENTE [VA]			21,26
ACTIVA [W]			4,47
REACTIVA [VAR]		-0,75	

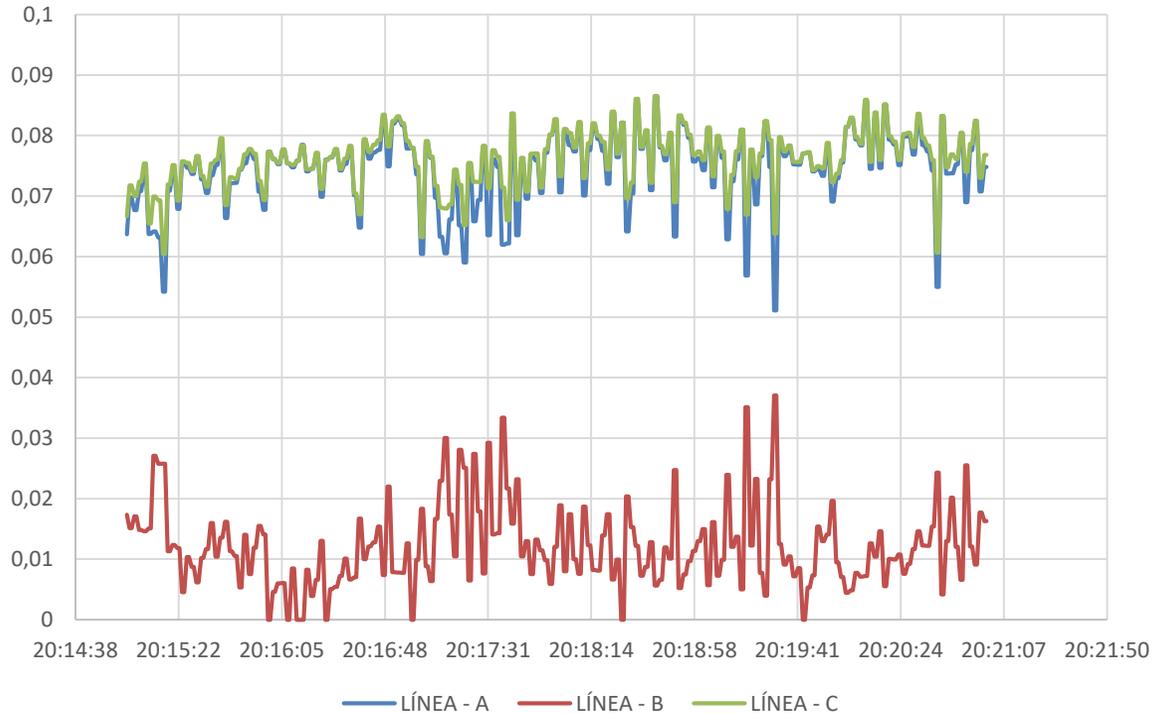


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

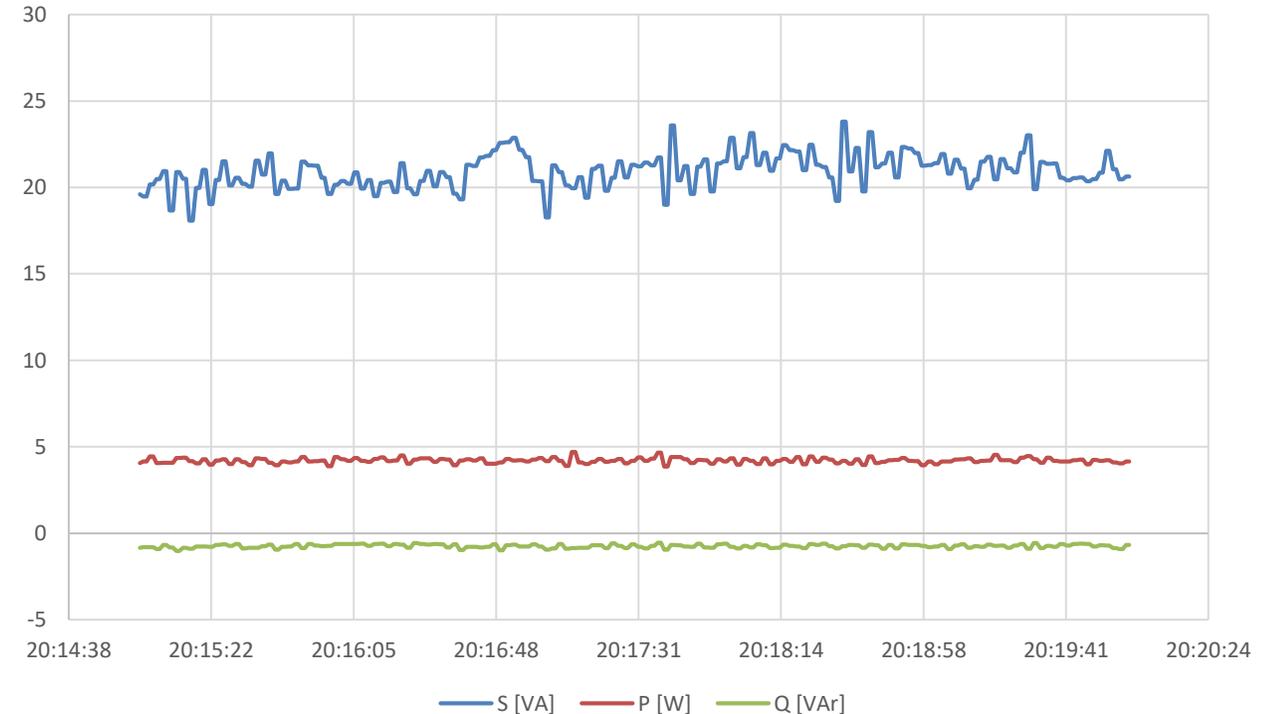
# Diseño de la Propuesta

## DATOS OBTENIDOS DEL MEDIDOR DE ENERGÍA

CORRIENTES DE LÍNEA [A]

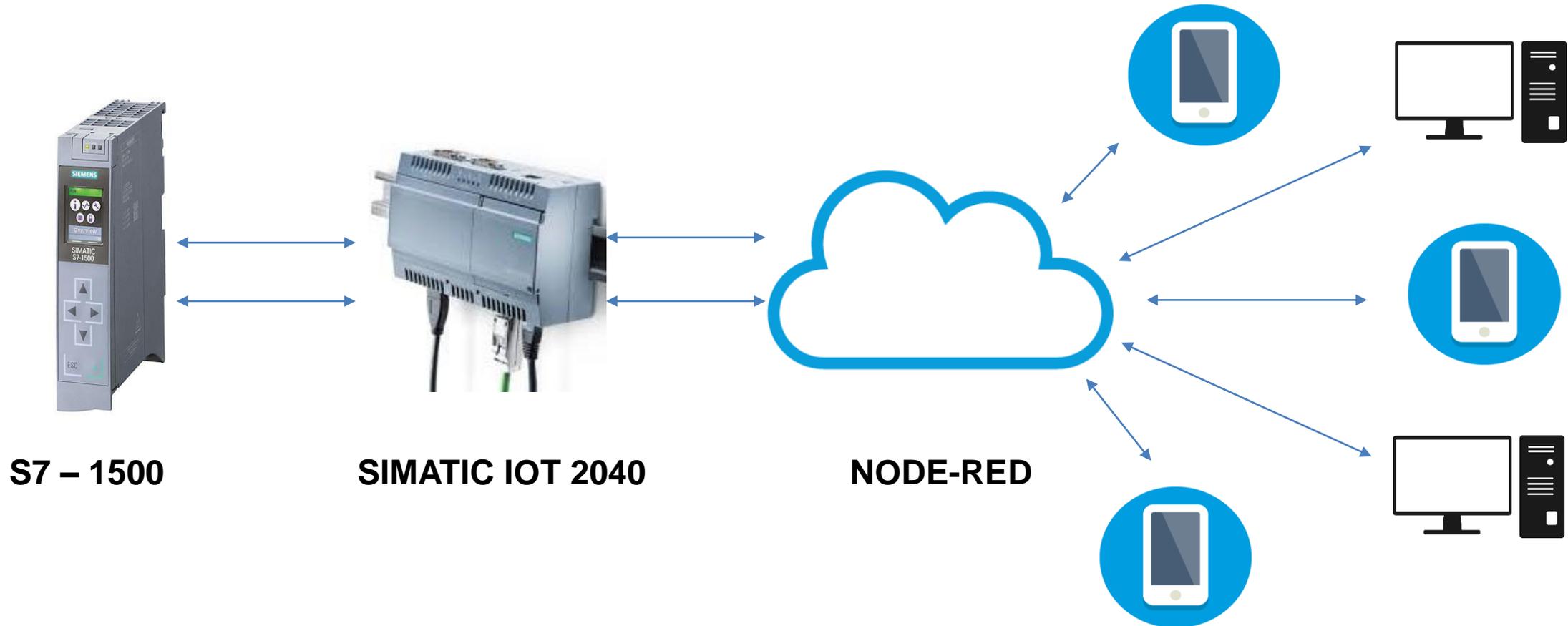


POTENCIAS DEL SISTEMA



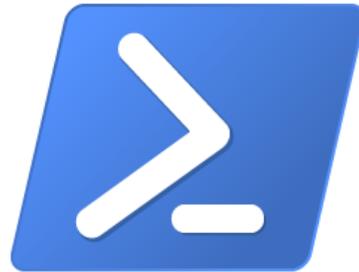
# Diseño de la Propuesta

## ARQUITECTURA IOT



# Implementación

## INSTALACIÓN NODE-RED EN WINDOWS



`node --version; npm --version`

`npm install -g --unsafe-perm 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
```



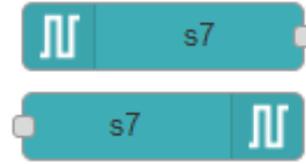
**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# Implementación

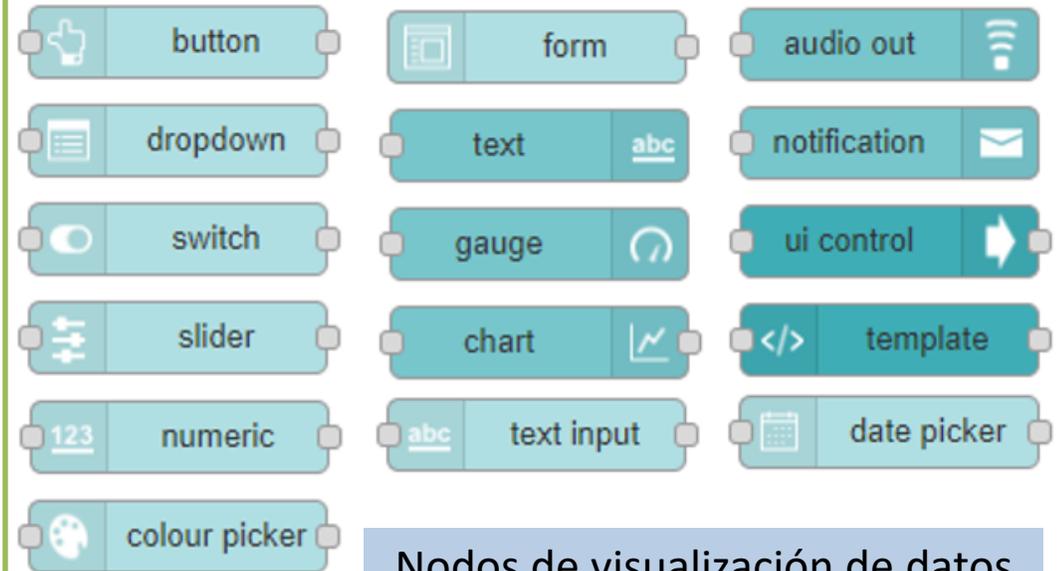
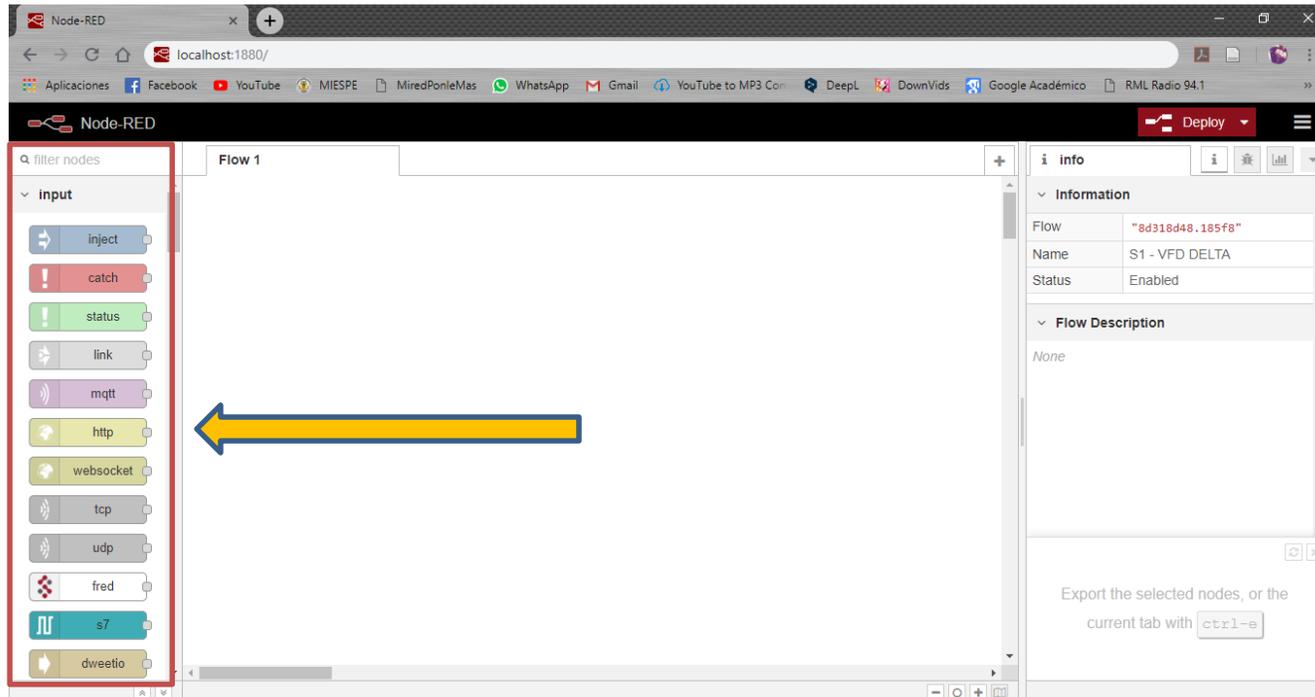
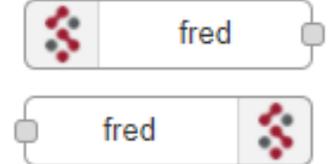
## NODE-RED EN WINDOWS

<http://localhost:1880/>

Nodos de comunicación S7



Nodos de comunicación con la Nube [Fred]



Nodos de visualización de datos en tiempo real



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# Implementación

## CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS DE CONEXIÓN DE PLC EN NODE-RED

The image displays two side-by-side screenshots of the Node-RED PLC configuration interface. The left screenshot shows the 'Connection' tab with the following parameters: IP Address (192.168.0.4), Port (102), Mode (Rack/Slot), Rack (0), Slot (1), Cycle time (500 ms), Timeout (1500 ms), Debug (Default (command line)), and Name (N\_PLC\_MAESTRO). The right screenshot shows the 'Variables' tab with a list of variables: DB20,REAL0 (VOLTAJE AB), DB20,REAL4 (VOLTAJE BC), DB20,REAL8 (VOLTAJE CA), DB20,REAL16 (CORRIENTE A), DB20,REAL20 (CORRIENTE B), and DB20,REAL24 (CORRIENTE C). A red box highlights the variable list in both screenshots. Blue arrows point to the IP Address, Mode, Rack, Name, and variable list entries. A vertical list of variable addresses (DB20,REAL0 to DB20,REAL24) is shown on the right side of the image.

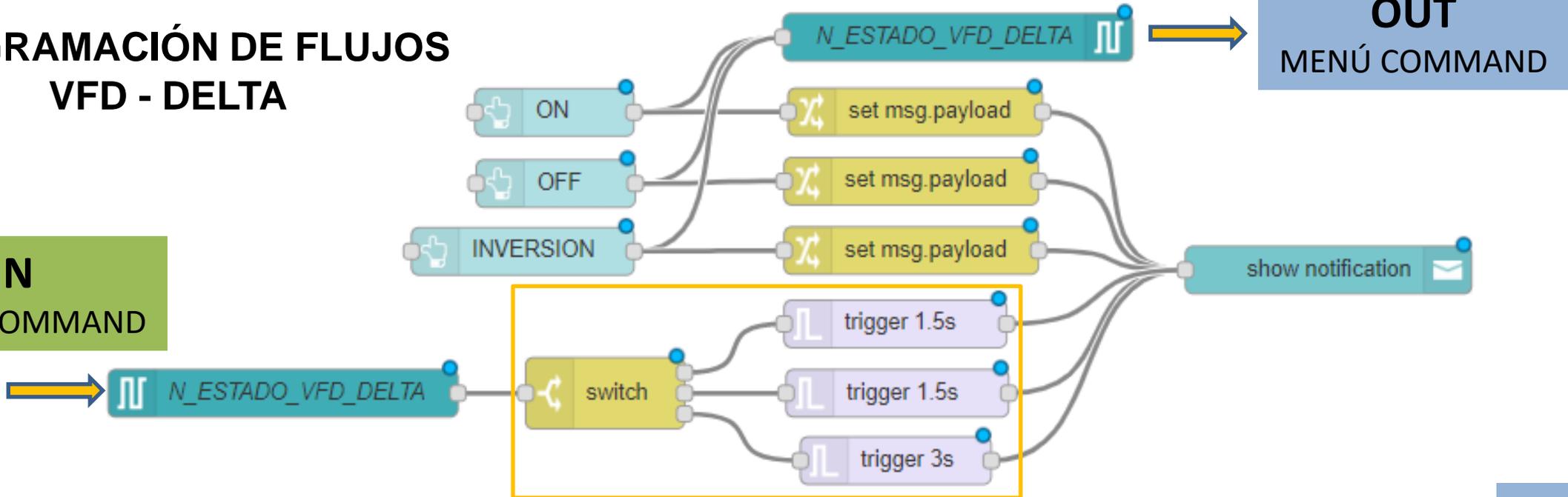
Variable Address	Variable Name
DB20,REAL0	VOLTAJE AB
DB20,REAL4	VOLTAJE BC
DB20,REAL8	VOLTAJE CA
DB20,REAL16	CORRIENTE A
DB20,REAL20	CORRIENTE B
DB20,REAL24	CORRIENTE C



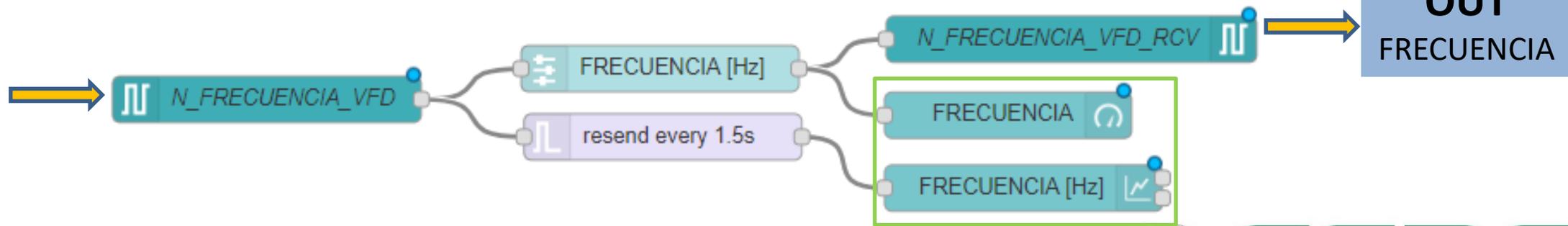
# Implementación

## PROGRAMACIÓN DE FLUJOS VFD - DELTA

IN  
MENÚ COMMAND

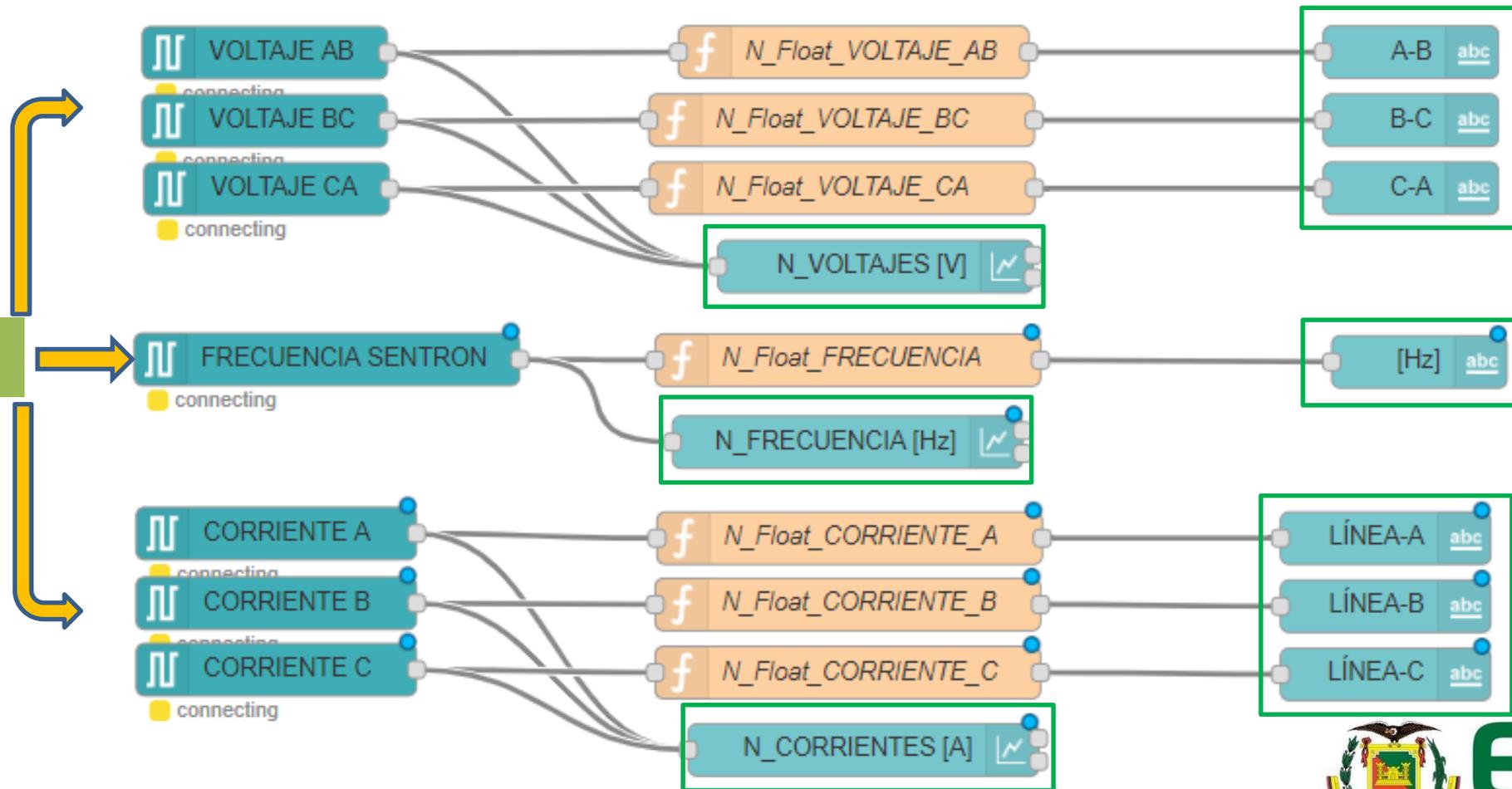


IN  
FRECUENCIA



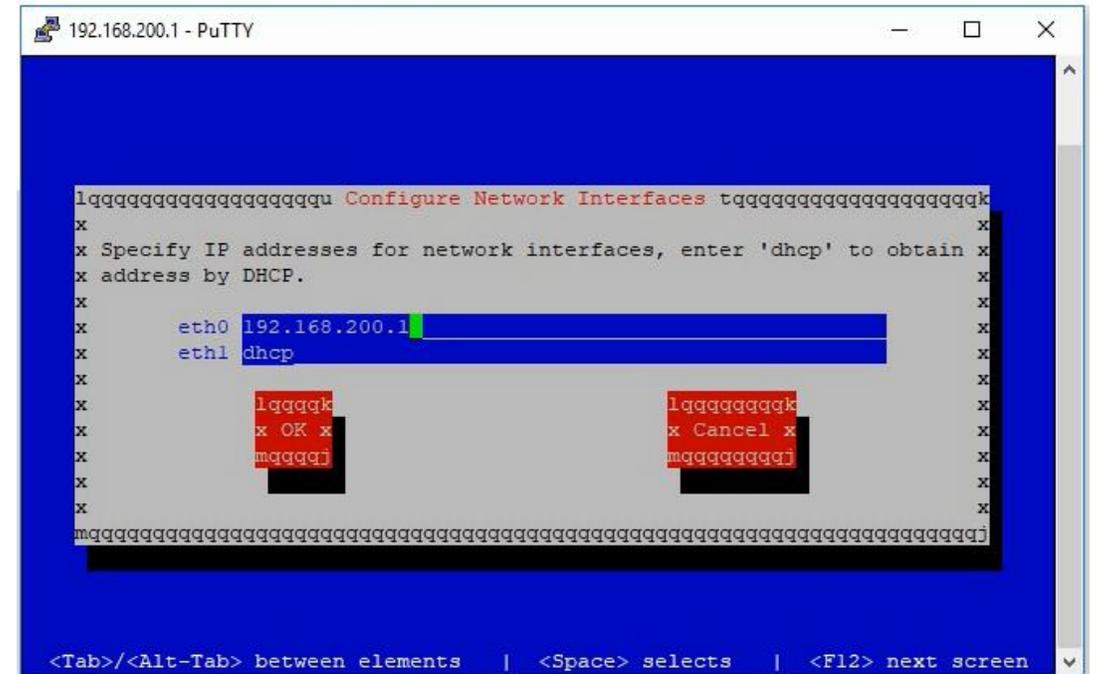
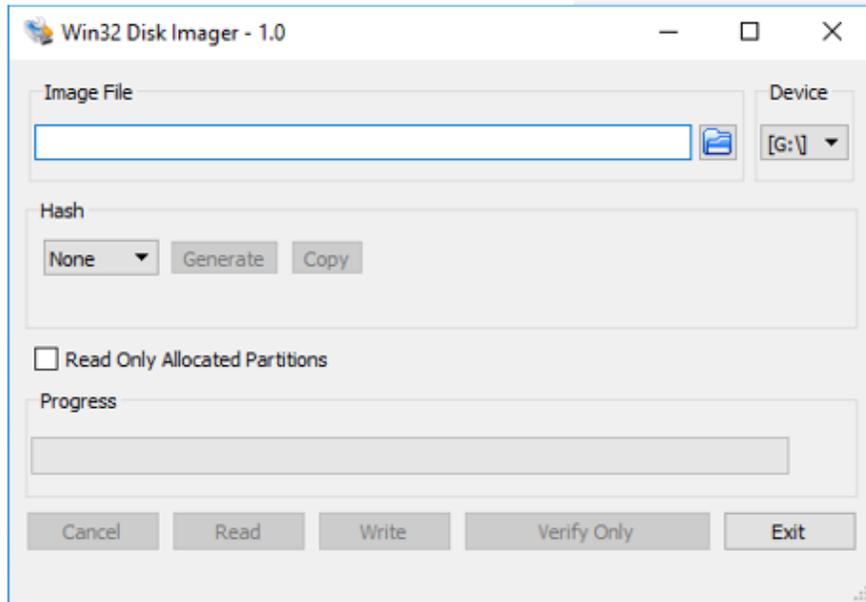
# Implementación

## PROGRAMACIÓN DE FLUJOS MEDIDOR DE ENERGÍA



# Implementación

## CONFIGURACIÓN DE CONEXIÓN SIEMENS IOT 2040





# Pruebas de Funcionamiento

## INTERFACES GRÁFICAS

≡ INICIO ≡ CONTROL DE NIVEL



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

INGENIERÍA  
ELECTROMECÁNICA  
ESPE LATACUNGA

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

ELABORADO POR: ALEX MOREANO A. DIRECTOR: ING. WILSON SÁNCHEZ OCAÑA



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ON INVERSION OFF

FRECUENCIA



50 Hz

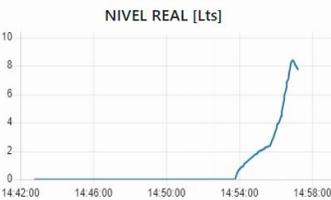
FRECUENCIA [Hz]



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ON SISTEMA RESET OFF SISTEMA

NIVEL REAL [Lts]

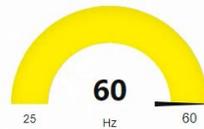


FRECUENCIA [Hz]

CONTROL MANUAL

ON OFF

FRECUENCIA



60 Hz

FRECUENCIA [Hz]

CONTROL PID NIVEL

ON OFF

NIVEL



7.81Lts

SETPOINT NIVEL [Lts]

≡ CORRIENTES [SENTRON] ≡ VOLTAJES DE LÍNEA [SENTRON]



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

LÍNEA A [A] 0.062



LÍNEA B [A] 0.024



LÍNEA C [A] 0.067





**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

LÍNEA AB [V] 228.817



228.817 VOLTIOS

LÍNEA BC [V] 228.969



228.969 VOLTIOS

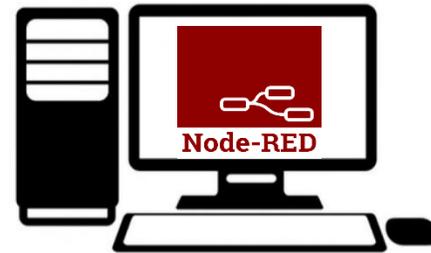
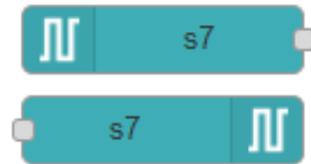
LÍNEA CA [V] 227.940



227.94 VOLTIOS



# RESULTADOS



# 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.



# 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.



**GRACIAS POR SU ATENCIÓN**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA