



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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 NEURÓNICA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA

AUTORES:

López Salazar Roberto Carlos

Mora Ledesma Erik Anthony

Latacunga, 2017

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Diseñar e implementar 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 Neutrónica de la ESPE Extensión Latacunga.

OBJETIVOS

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar las características de funcionamiento de las Tramas de comunicación del protocolo Modbus RTU y TCP/IP.
- Análisis y determinación del medio, enlace, protocolo y registros del Protocolo Modbus.
- Implementar en la Red de Comunicación Industrial RTU, variadores, controladores de variables físicas dedicados.
- Implementar en la Red de Comunicación Industrial TCP/IP, controladores y dispositivos I/O multimarcas.
- Interconectar la red de comunicación industrial Ethernet en TCP/IP con una Serial RTU, mediante la configuración de un módulo de conversión.
- Controlar y monitorear mediante un HMI local y remoto, los dispositivos conectados en TCP/IP y RTU.

AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

TECNOLOGÍAS

Controladores programables
Sistemas de identificación
Procesos continuos
Motores eléctricos
Manipulación
Neumática
Sensores
M.E.S.
Vacío

Comunicaciones industriales
Control de movimiento
Cuadros eléctricos
Visión artificial
SCADA/HMI
Hidráulica
Robótica
E.R.P.



RED MODBUS

- Protocolo abierto utilizado para establecer comunicaciones Maestro-Esclavo (RTU) y Cliente-Servidor (TCP/IP).
- Establece intercambio de mensajes de forma ordenada y con detección de errores entre dispositivos que utilizan el protocolo como: PLC, HMI, SENSORES, ACTUADORES, ETC.
- Puede implementarse por distintos fabricantes con sus respectivos software de aplicación.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA RED MODBUS

- Es un software libre y disponible para la mayoría de fabricantes.
- Este protocolo no impone demasiadas restricciones en el manejo de datos.
- Las mejoras de este protocolo (Modbus Plus) solo pertenecen a la marca Schneider Electric, por lo tanto cuesta.
- Posee restricciones al conectar algunos elementos ya que por ejemplo en Modbus RTU tenemos únicamente dos hilos expuestos a ruido eléctrico, por lo tanto se debe hacer pruebas para comprobar su funcionalidad correcta.

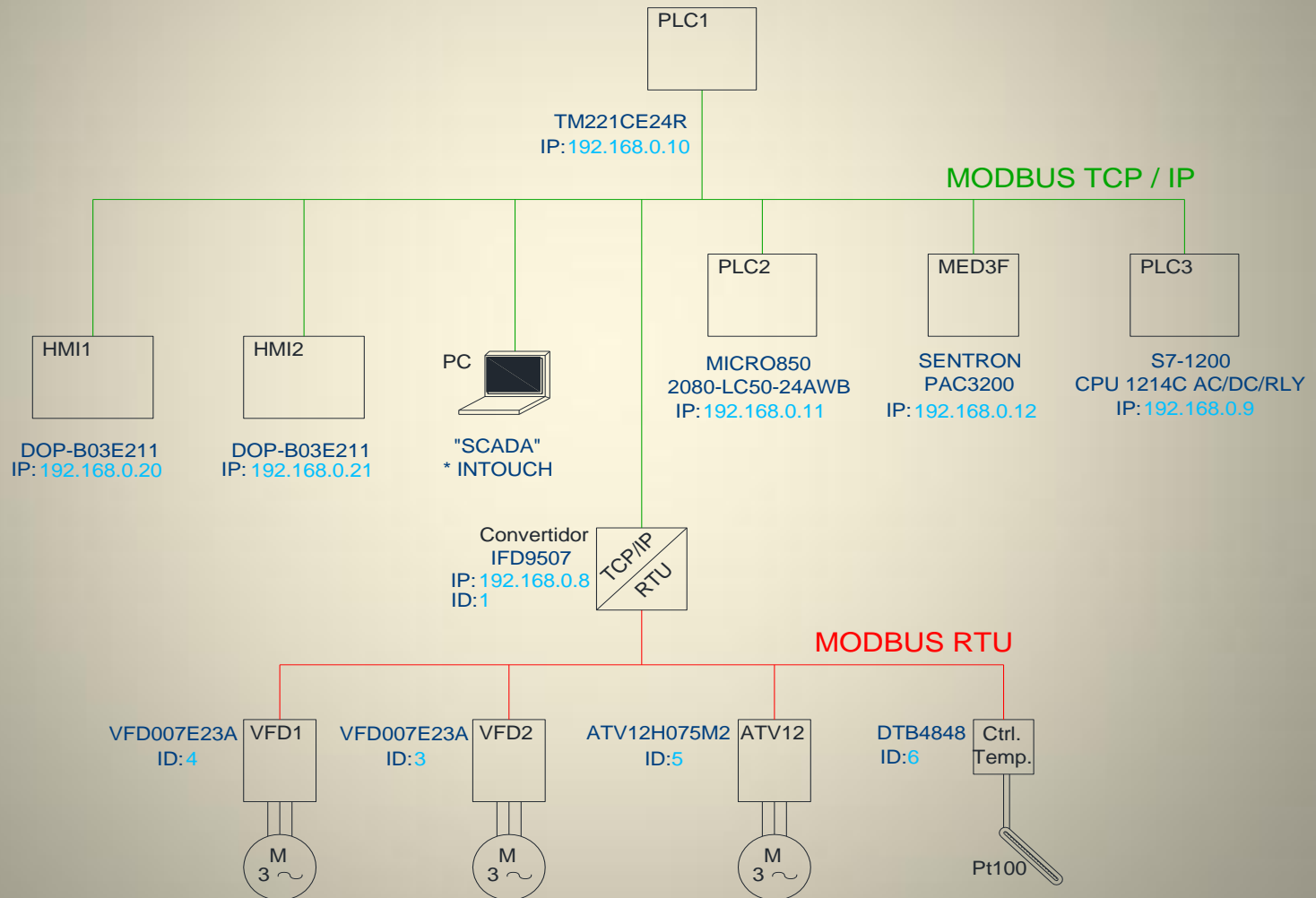
MODBUS RTU

- Utiliza el modo de diálogo Maestro-Esclavo.
- Los bytes se envían en una codificación binaria.
- La línea física puede ser en RS485 (Rx y Tx) mediante un bus half duplex y RS232 en full duplex.
- Velocidades de transmisión desde 300 hasta 38400 bps.
- La trama incluye el tipo de bit, la paridad y el bit de parada.
- Incorpora un código CRC (Check Redundancy Cyclical) para la detección de errores.

MODBUS TCP/IP

- Basado en la red Cliente/Servidor.
- Utiliza códigos de función para escribir y leer datos en los dispositivos de campo.
- Utiliza Ethernet como medio de transmisión de datos.
- Velocidad desde 10 hasta 1000 Mbps.
- Convierte la trama Modbus (RTU) en un segmento TCP.

DISEÑO DE LA RED MODBUS TCP/IP -RTU



LISTA DE ELEMENTOS DE LA RED

| Lista de Elementos de la Red Modbus | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | Controlador Modicon M221 |
| 2 | Controlador Micrologix 850 |
| 3 | Medidor SENTRON PAC3200 |
| 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 |
| 11 | Ordenador |
| 12 | Switch de 8 puertos |

PLC Schneider TM221CE24R



PLC AB MICRO850 2080-LC50-24AWB



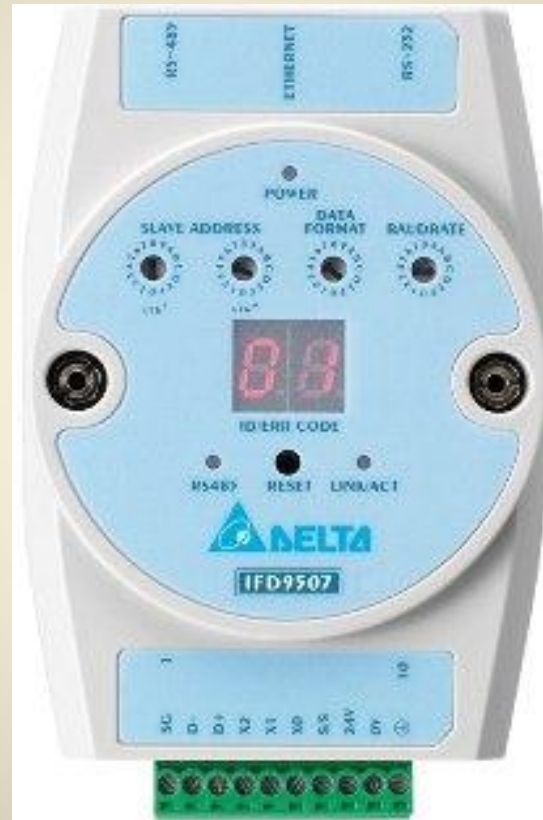
Registrador de Energía SIEMENS SENTRON PAC3200



Pantalla táctil HMI DELTA DOP-B03E211



Convertidor Modbus RTU-TCP/IP DELTA IFD9507



Variador de Frecuencia DELTA VFD007E23A



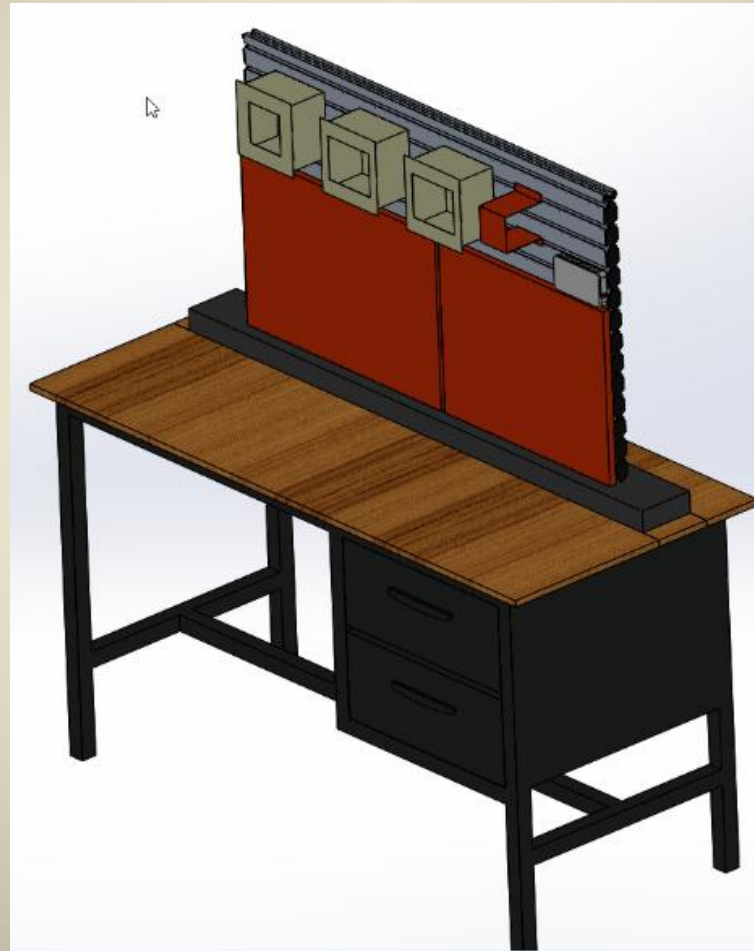
Variador de Frecuencia Schneider ATV12H075M2



Controlador de Temperatura DELTA DTB4848



ESTRUCTURA DEL MÓDULO DE COMUNICACIÓN MODBUS



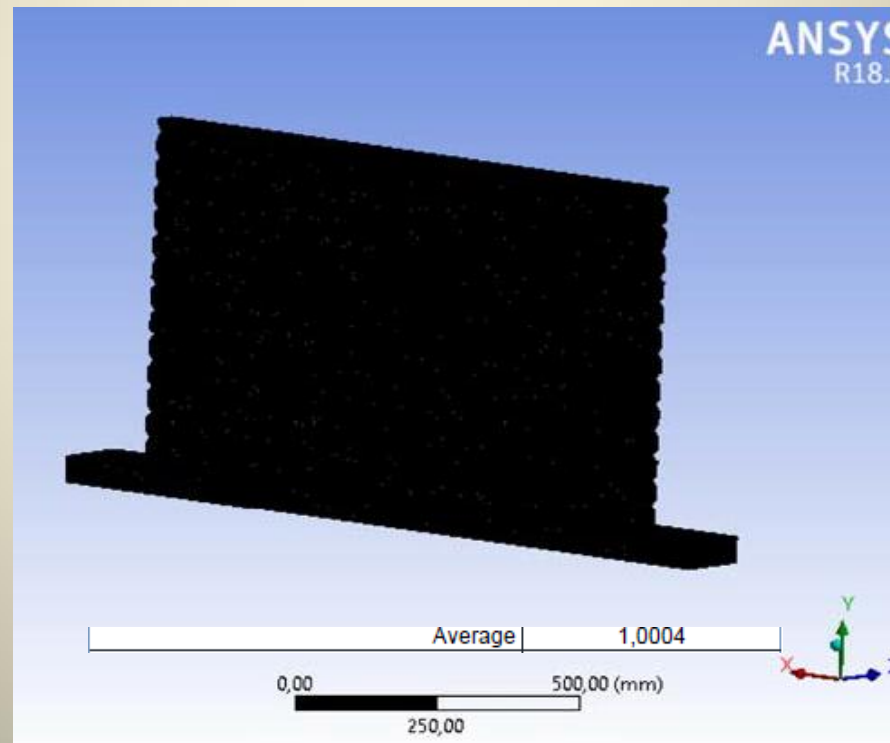
DISTRIBUCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL MÓDULO DE COMUNICACIÓN MODBUS



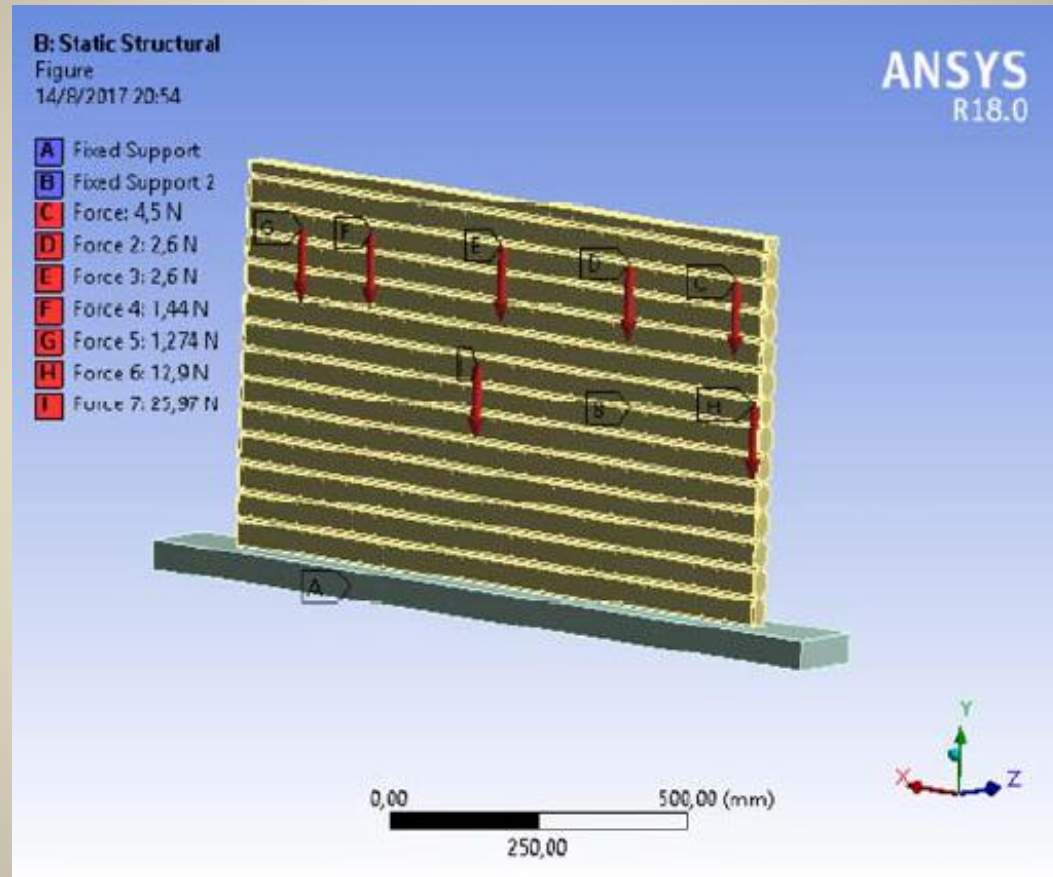
ANÁLISIS ESCTRUCTURAL DEL MÓDULO DE COMUNICACIÓN

- **Parte superior (Perfil de Aluminio)**

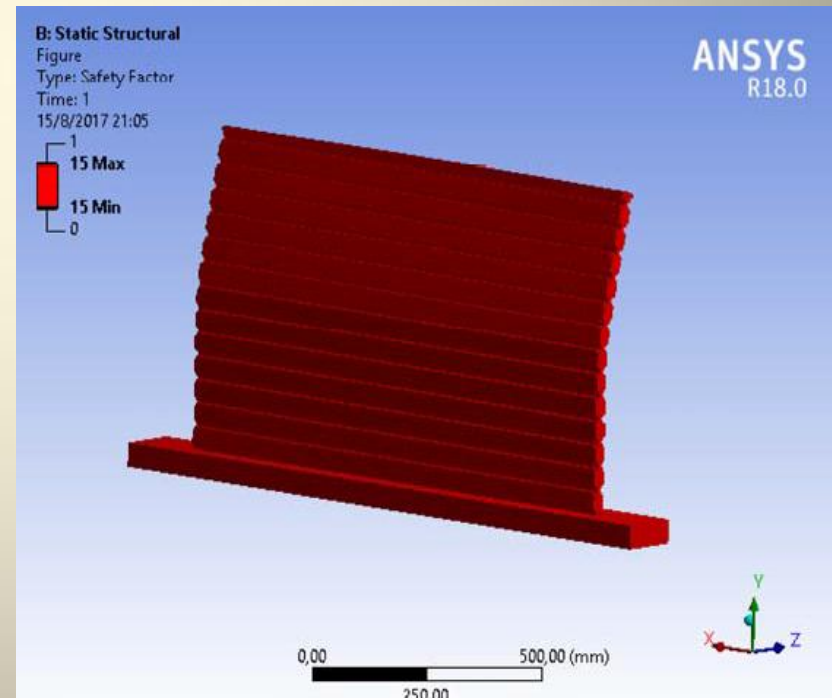
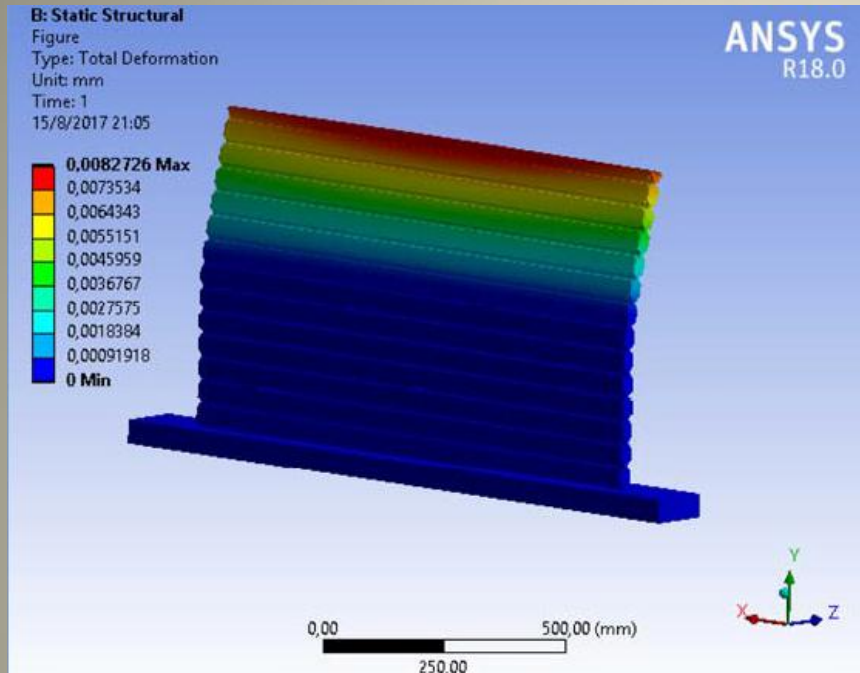
Mallado de la estructura:



Puntos de aplicación de carga:

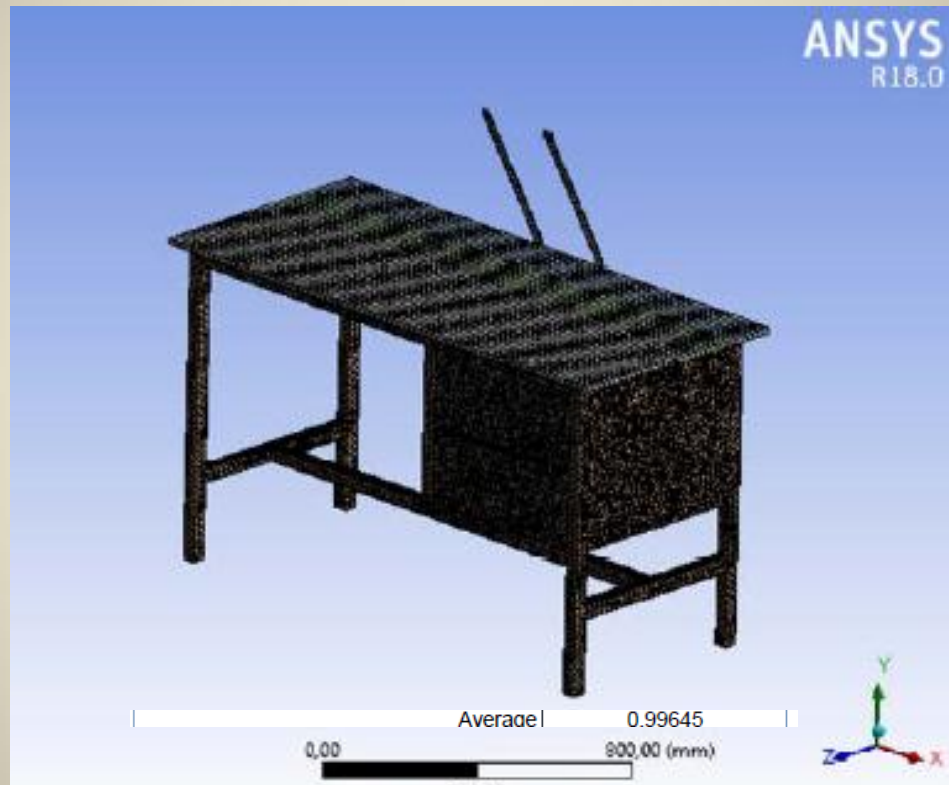


Deformación total y factor de seguridad:

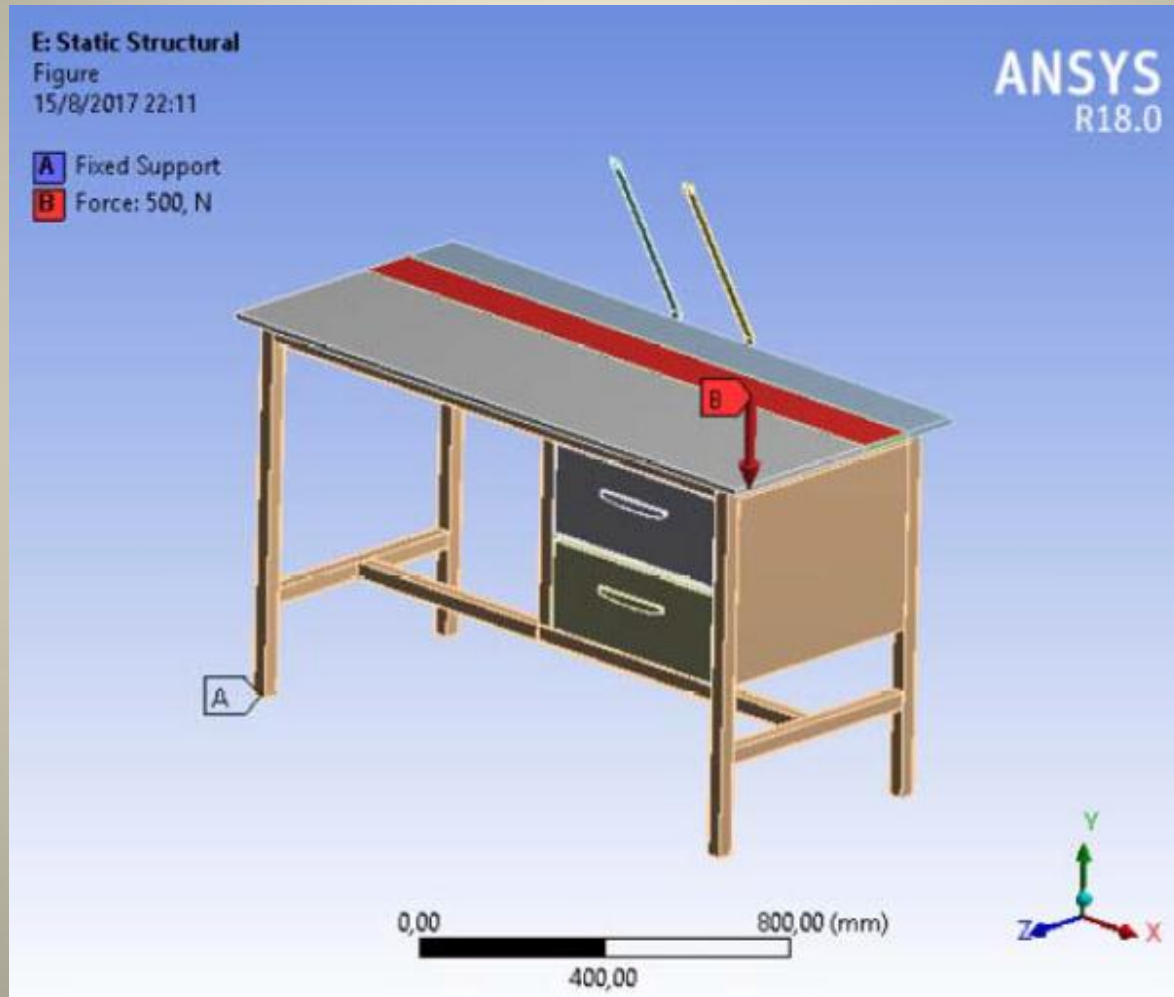


- Parte superior (Mesa base)

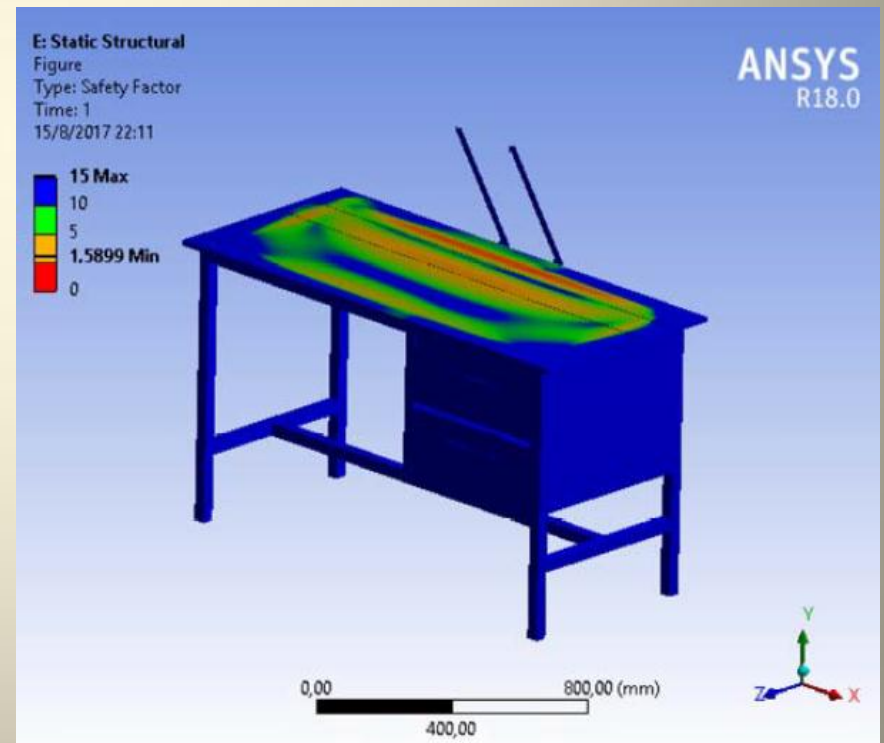
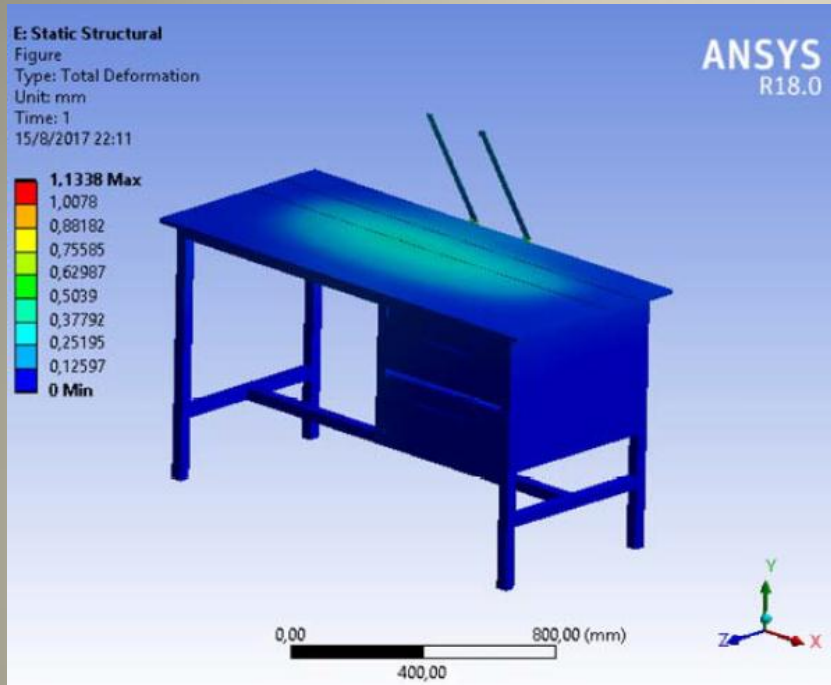
Mallado de la estructura:



Puntos de aplicación de carga:

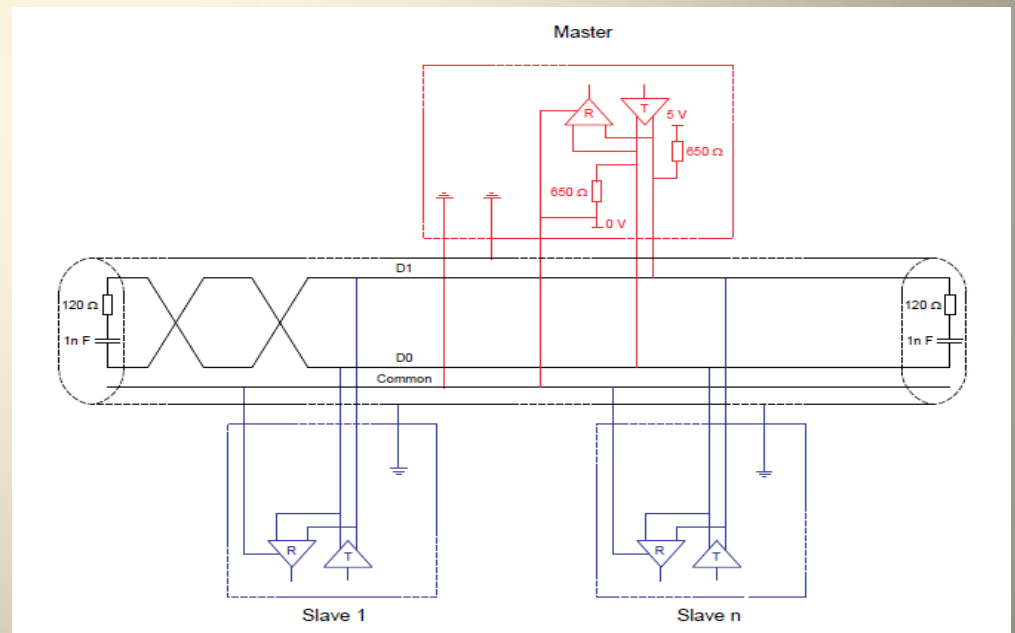


Deformación total y factor de seguridad:



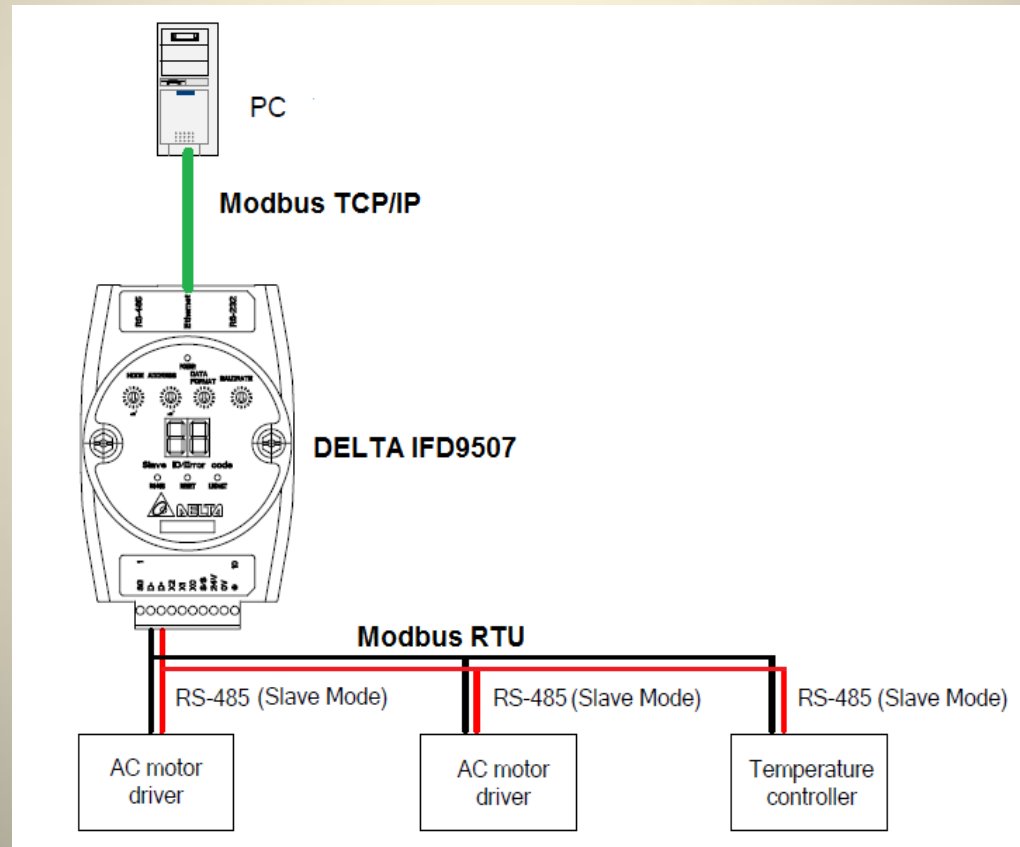
COMUNICACIÓN RTU

- Comunicación Maestro (Convertidor IFD9507) y esclavos (Variador VFD-EL, Variador ATV12, Contrl. Temperatura DTB4848).
- Se realiza mediante cable half duplex RS-485.
- Mensaje de 8 bits.
- Paridad impar.
- 1 Bit de parada.
- Velocidad 9600 bps.
- Topología: árbol.



CONVERTIDOR MODBUS RTU-TCP/IP

- Integra un Bus RS-485 como Maestro
- Intercambia datos por TCP/IP



CONFIGURACIÓN POR EL SOFTWARE DCISOFT

- Modbus RTU (Maestro/Esclavo)
- Cliente Modbus TCP/IP

The screenshot shows the configuration window for the IFD9507 device. The window has several tabs: Overview, Basic, Mail, Monitor, Slave Mode, IP Filter, EtherNet/IP, User Define, and Security. The 'Basic' tab is selected. The configuration is divided into several sections:

- Module Name:** IFD9507
- Master Configuration:** Serial Master
- Network Setup:**
 - IP Configuration: Static
 - IP Address: 192 . 168 . 0 . 8
 - Netmask: 255 . 255 . 255 . 0
 - Gateway: 192 . 168 . 0 . 1
- Communication Parameter:**
 - COM Protocol Setup: Modbus COM2 (RS-485)
 - Baudrate: 9600
 - Data Length: 8
 - Parity: Odd
 - Stop Bits: 1
 - Mode: RTU
 - Station Address: 1
 - Application Protocol: Modbus/TCP
- Timer Setting:**
 - Keep Alive Time (s): 30 (5 - 65535 s)
 - Modbus Timeout (ms): 1000 (5 - 65535 ms)
 - Delay Time (ms): 0 (0 - 65535 ms)

Annotations on the left side of the image point to specific fields:

- Configuración del IFD9507 (points to Module Name)
- Configuración del IP (points to IP Address)
- Puerto conectado del equipo (points to COM Protocol Setup)
- Trama de transporte Modbus (points to Mode)

Buttons at the bottom: Aceptar, Cancelar, Aplicar.

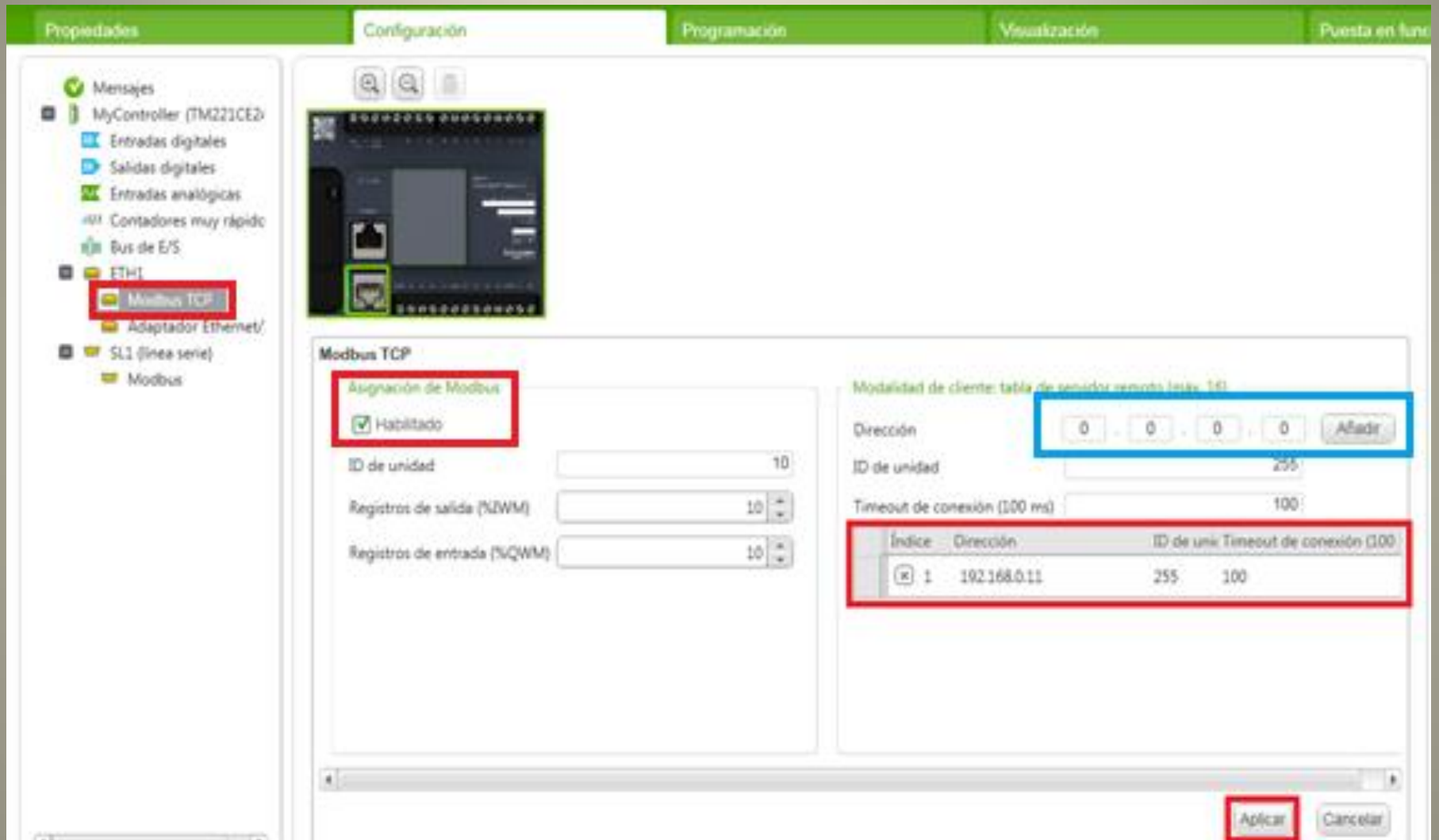
COMUNICACIÓN TCP/IP

- Como Servidor Modbus TCP/IP tenemos al PLC Modicon TM221CE24R.

Los clientes TCP/IP de la red son:

- Convertidor Modbus RTU-TCP/IP IFD9507.
- PLC AB Micro850.
- Registrador de energía SIEMMENS Sentron PAC3200.
- Pantallas HMI DELTA B03E211.

PLC MODICON M221



Propiedades Configuración Programación Visualización Puesta en func

Mensajes

- MyController (TM221CE2)
- Entradas digitales
- Salidas digitales
- Entradas analógicas
- Contadores muy rápido
- Bus de E/S
- ETH1
 - Modbus TCP**
 - Adaptador Ethernet
- SL1 (línea serie)
 - Modbus

Modbus TCP

Asignación de Modbus

Habilitado

ID de unidad

Registros de salida (N/QWM)

Registros de entrada (N/QWM)

Modalidad de cliente: tabla de control remoto (solo 16)

Dirección

ID de unidad

Timeout de conexión (100 ms)

| Índice | Dirección | ID de uni | Timeout de conexión (100) |
|--------|--------------|-----------|---------------------------|
| 1 | 192.168.0.11 | 255 | 100 |

- Bloque %WRITEVAR

Propiedades de Write Var

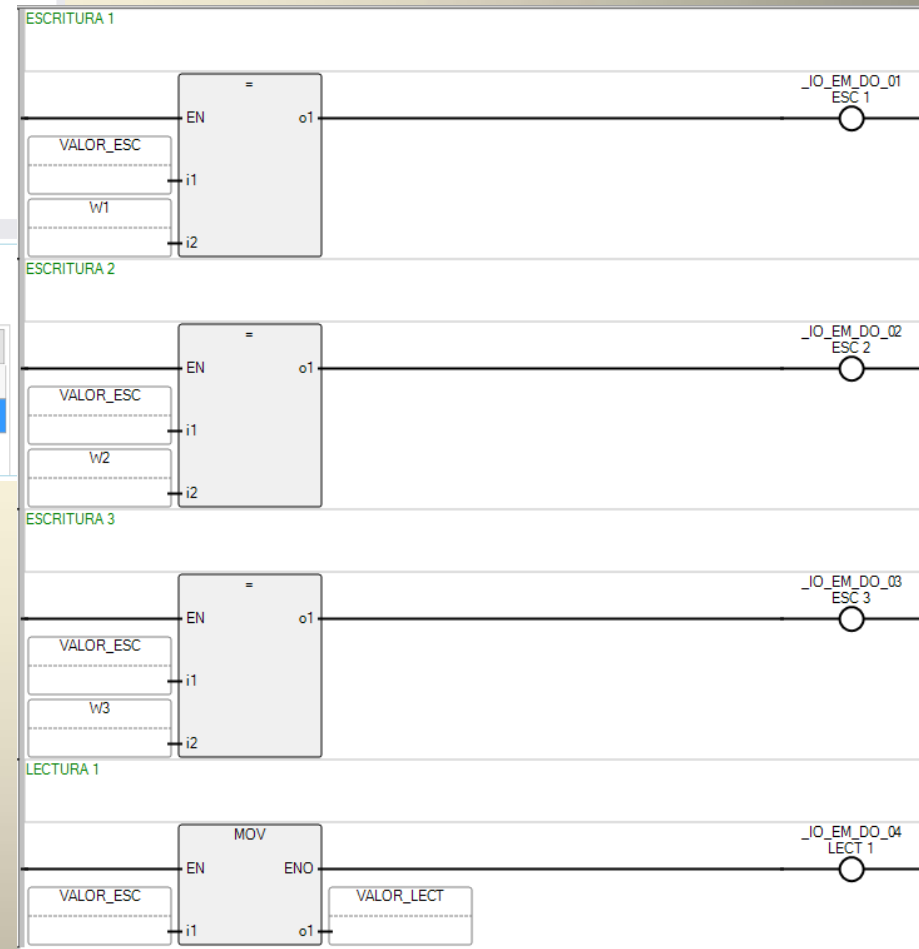
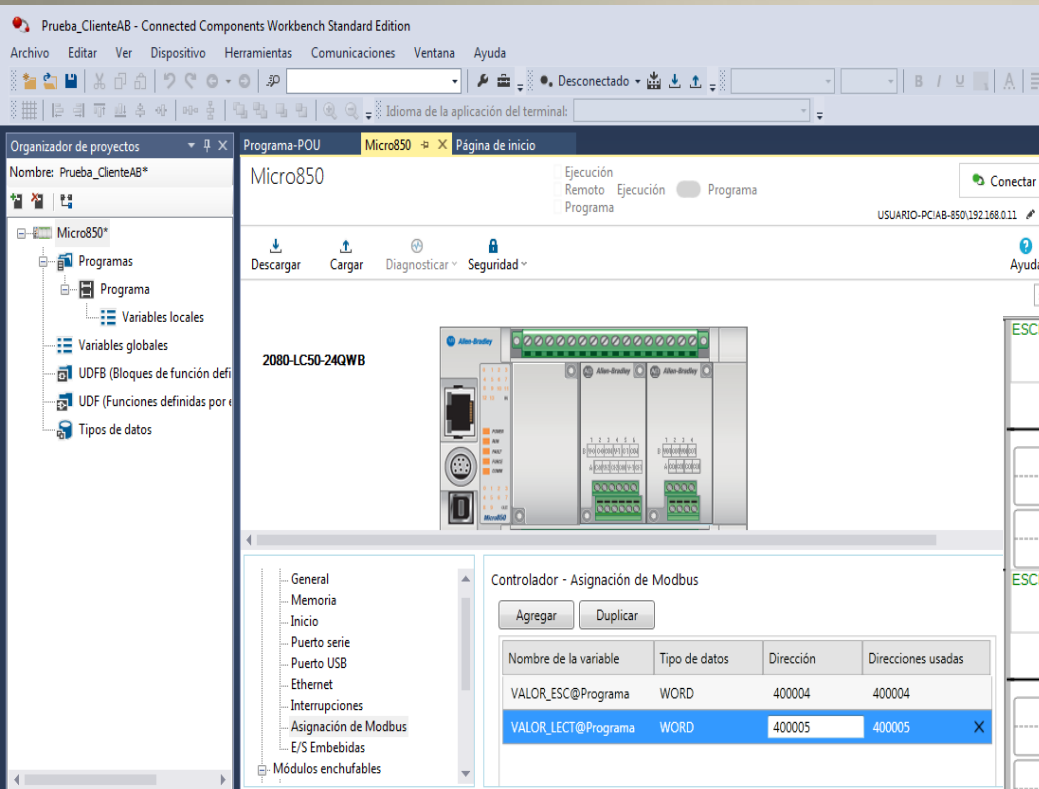
| Utilizado | Dirección | Símbolo | Link | Id | Timeout | ObjType | FirstObj | Quantity | IndexData | Comentario |
|-------------------------------------|-----------|-------------|----------|----|---------|---|----------|----------|-----------|------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | | %WRITE_VAR0 | 3 - ETH1 | 1 | 100 | 0 [Mbs 0x10 - Write mult. words (reg.)] | 1 | 2 | 1 | ESCRITURA |

- Bloque %READVAR

Propiedades de Read Var

| Utilizado | Dirección | Símbolo | Link | Id | Timeout | ObjType | FirstObj | Quantity | IndexData | Comentario |
|-------------------------------------|-----------|------------|----------|----|---------|--|----------|----------|-----------|------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | | %READ_VAR0 | 3 - ETH1 | 1 | 100 | 0 [Mbs 0x03 - Read mult. words (holding reg.)] | 3 | 2 | 3 | LECTURA |

PLC AB Micro850

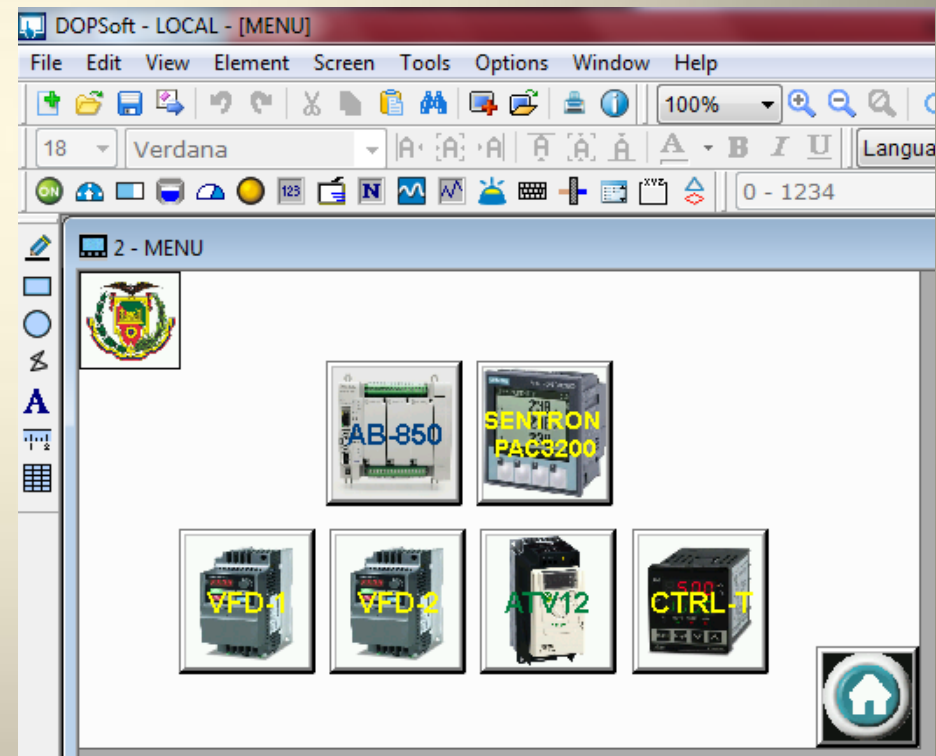
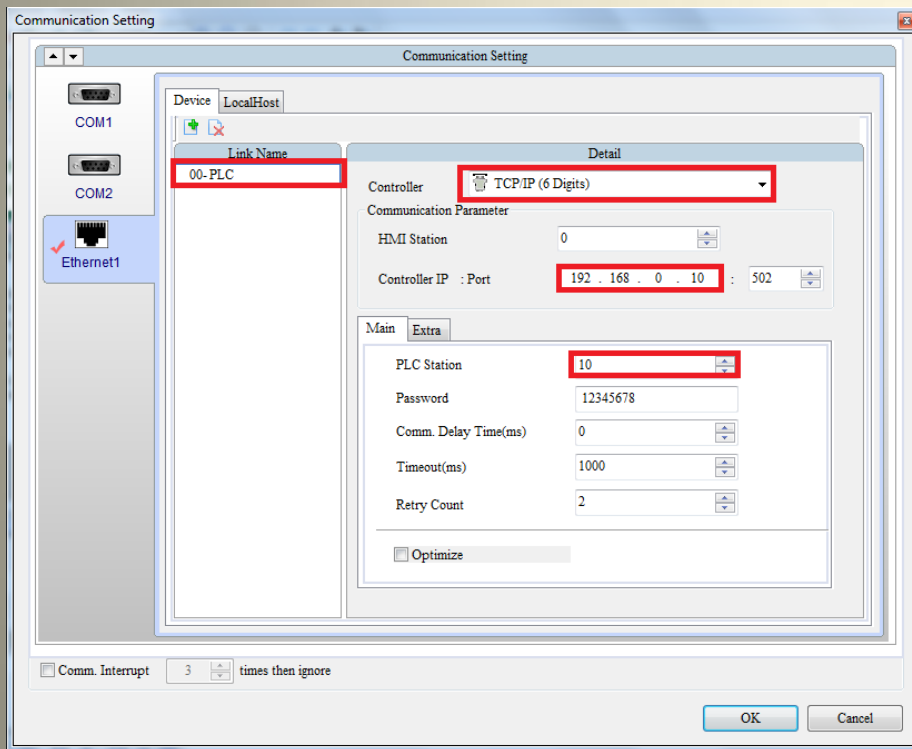


Registrador de Energía SENTRON PAC3200



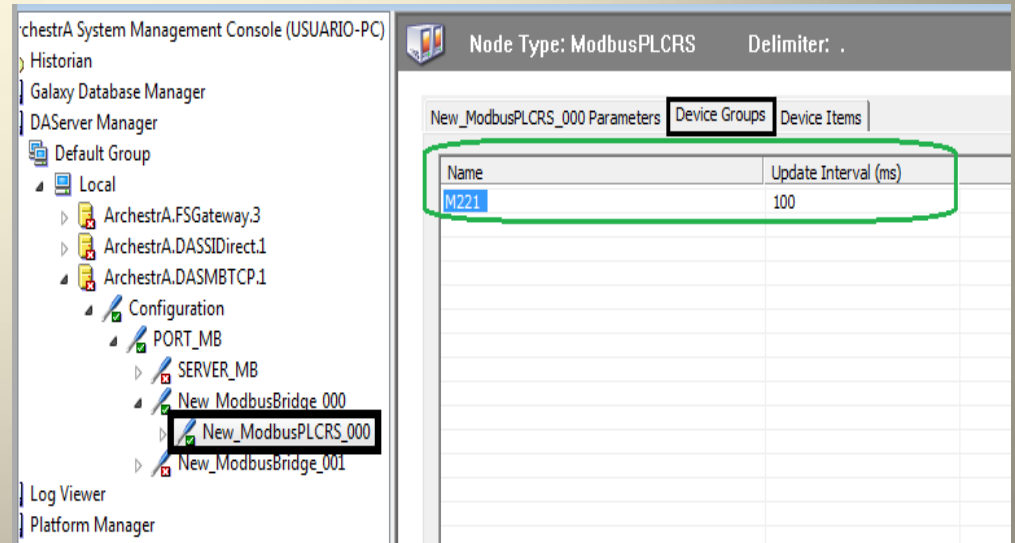
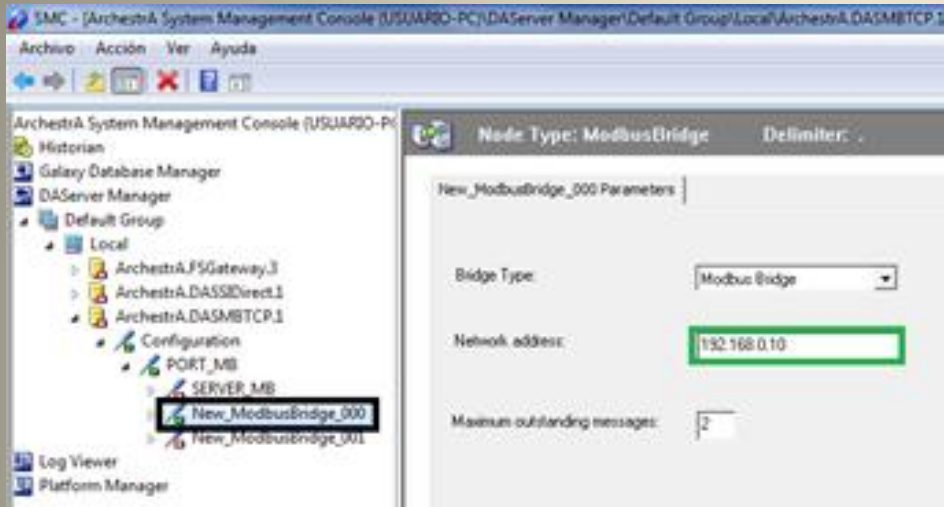
CONTROL LOCAL

- Control y monitoreo desde un cliente Modbus (Pantalla HMI DELTA B03E211)
- Comunicación al Servidor



CONTROL REMOTO

- OPC (SMC)



- Visualización (InTouch)

The screenshot displays the InTouch software interface for a VFD2 control panel. The main window, titled 'VFD2', features a yellow dotted background with the text 'VARIADOR DE FRECUENCIA DELTA' at the top. Below this, the text 'Frec. VFD2' is visible. A section labeled 'COMANDOS:' contains a 3x3 grid of buttons with '#' symbols. To the left of this grid, a list of commands is shown: '2: ARRANQUE', '1: PARADA', '16: GIRO CCW', and '32: GIRO CW'. Other buttons labeled 'RUI', 'STOP', 'REV', and 'MENU' are also present. A 'Project View' pane on the left shows a tree structure with folders for 'Windows' (Caratula, menu, MICRO, SENTRON, VFD1, VFD2, VFD3, VTMP) and 'Scripts'. A 'Runtime' status bar is in the top right corner.

An 'Add Access Name' dialog box is open in the foreground, containing the following fields and options:

- Access: MODICON
- Node Name: (empty)
- Application Name: DASMBTCP
- Topic Name: M221
- Which protocol to use: DDE, SuiteLink, Message Exchange
- When to advise server: Advise all items, Advise only active items
- Enable Secondary Source

Buttons for 'OK', 'Cancel', and 'Failover' are also visible in the dialog box.



Project View

Windows & Scripts

- Unassigned
 - Windows
 - Caratula
 - menu
 - MICRO
 - SENTRON
 - VFD1
 - VFD2
 - VFD3
 - VTMP
 - Scripts

VFD2

Tagname Dictionary

Main **Details** Alarms Details & Alarms Members

New Restore Delete **Save** << Select... >> Cancel Close

Tagname: arranque Type: I/O Real

Group: \$System Read only Read Write

Comment:

Log Data Log Events Retentive Value Retentive Parameters

Initial Value: 0 Min EU: -32768 Max EU: 32767

Deadband: 0 Min Raw: -32768 Max Raw: 32767

Eng Units: Log Deadband: 0 Conversion: Linear Square Root

Access Name: MODICON

Item: 400004 Use Tagname as Item Name

2: ARRANQUE RUN FWD

1: PARADA

16: GIRO CCW STOP REV

32: GIRO CW

MENU

InTouch - WindowViewer - C:\USERS\PUBLIC\WONDERWARE\INTOUCH APPLICATIONS\VARIAD

File Logic Special

VFD1

VARIADOR DE FRECUENCIA DELTA

Frec. VFD1 **20**



COMANDOS:

2

2: ARRANQUE
1: PARADA
16: GIRO CCW
32: GIRO CW

RUN FWD
STOP REV



MENU

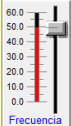
InTouch - WindowViewer - C:\USERS\PUBLIC\WONDERWARE\INTOUCH APPLICATIONS\VARIAD

File Logic Special

VFD3

VARIADOR DE FRECUENCIA SCHNEIDER

Frec. ATV12 **50**

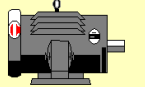


COMANDOS:

15

128: RESET
6: PARADA
15: GIRO CCW
2063: GIRO CW

RESET FWD
STOP REV



MENU

menu

SELECCIONE EL PROCESO



(PROCESO) con Micrologix 850



(Bomba) VFD DELTA 1



(MOTOR 1) VFD DELTA 2



(MOTOR 2) ALTIVAR 12



(TEMPERATURA) DTB 4848



(MEDICIÓN) SENTRON PAC3200

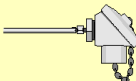
INICIO

InTouch - WindowViewer - C:\USERS\PUBLIC\WONDERWARE\INTOUCH APPLICATIONS\VARIAD

File Logic Special

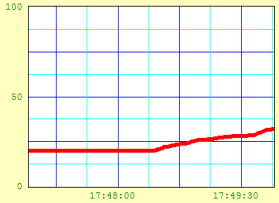
VTMP

CONTROLADOR DE TEMPERATURA DTB4848



PV 32.2 °C
SV 40.0

100 0
UPPER LIMIT LOWER LIMIT




MENU

InTouch - WindowViewer - C:\USERS\PUBLIC\WONDERWARE\INTOUCH APPLICATIONS\VARIAD

File Logic Special

VTMP

MEDIDOR DE ENERGÍA SIMMENS SENTRON PAC 3200



60.00 Hz
230.00 V

0 mA
48 mA
48 mA

MENU

CONCLUSIONES

- Se diseñó e implementó 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 Neutrónica de la ESPE Extensión Latacunga.
- En la red industrial implementada se utilizan los protocolos Modbus RTU y Modbus TCP/IP. El medio en Modbus RTU es por dos cables D+ y D-; el medio en Modbus TCP/IP a través de cable Ethernet (por los cables Tx+, Tx-, Rx+, Rx-) . En el enlace se define la trama de comunicación. Los registros de control y monitoreo de los equipos en RTU están descritos en los manuales, las capas en TCP se pueden editar en la programación adecuándose al usuario.

CONCLUSIONES

- En la trama de comunicación del protocolo Modbus RTU utilizado en el proyecto, los bytes se envían de manera binaria, con comprobación de error CRC, el mensaje tiene 1 bit de inicio, 8 bits de datos, en paridad impar y 1 bit de parada, lo cual se transmite a 9600 baudios por segundo. La trama en Modbus TCP/IP convierte la trama en RTU en la capa de aplicación y enlace del modelo OSI para su transmisión por la capa de transporte utilizando protocolo IP.
- Se Implementó en la Red de Comunicación Industrial RTU tres variadores de frecuencia, un controlador de temperatura en un bus Modbus RTU; todos ellos en diferentes marcas.
- Se implementó en la Red de Comunicación Industrial TCP/IP, dos controladores lógicos programables (PLC), un equipo de medición de energía, un convertidor de protocolo RTU-TCP/IP y dos pantallas HMI; todos ellos en diferentes marcas.

CONCLUSIONES

- Se interconectó la red de comunicación industrial Ethernet en TCP/IP con una Serial RTU mediante un convertidor DELTA IFD9507, el cual se configuró con el software DCISoft; todo ello en protocolo Modbus.
- Se controló y monitoreó la red industrial de manera local a través de dos pantallas HMI Delta y de manera remota a través de un sistema SCADA para computador con el software Wonderware InTouch utilizando un OPC server (DAServer Modicon Modbus TCP).
- Mediante las encuestas realizadas se comprobó el aporte de la red de comunicación industrial a la mejora del proceso de aprendizaje en el área de Automatización industrial en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga.

RECOMENDACIONES

- Tener en cuenta la configuración de los pines de los puertos serie de los elementos dedicados (dispositivos seriales) para su conexión en el bus RS485.
- Comprobar que se utiliza la misma trama de comunicación en el maestro y esclavo Modbus RTU. Tener en cuenta el ID del esclavo al direccionar la comunicación con el maestro.
- Al utilizar un Bus RS485 tener en cuenta la instalación de resistencias y capacitancias terminadoras para evitar interferencia de señal que se produce en este tipo de conexión.
- Al realizar comunicación con equipos por medio de la línea Ethernet, usar el programa CMD del equipo y hacer PING al IP de los equipos conectados, para comprobar la interconexión de equipos.

RECOMENDACIONES

- Al realizar comunicación desde Modbus TCP/IP hacia Modbus RTU, en los dispositivos seriales conectados, puede verse afectada su comunicación; tener en cuenta la teoría de desplazamiento de registros para su control y monitoreo.
- Realizar pruebas de comunicación Modbus con controladores de Alta Gama, como son los Controllogix y Compactlogix mediante la implementación de una tarjeta ProSoft.
- Implementar un sistema MES/ERP en la Red Industrial Modbus RTU-TCP/IP, con el propósito de incorporar los niveles de gestión y planificación de un proceso industrial.
- Implementar pruebas de penetración para determinar la debilidad de seguridad de una Red Industrial.

GRACIAS