



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## ***“MODELAMIENTO Y MONITOREO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN CT2 DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE-L EMPLEANDO EL SOFTWARE ETAP”***

Jessica Fernanda Aguinsaca Aguinsaca  
Carmen Liseth Miranda Jiménez

Mayo, 2015





# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## ***OBJETIVO GENERAL***

“Modelar y monitorear del sistema eléctrico de la cámara de transformación CT2 de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L empleando el software ETAP”





# ***OBJETIVOS ESPECÍFICOS***

- Recopilar información de las características técnicas y estructura de la red a ser analizada.
- Modelar el circuito de la cámara de transformación CT2 empleando el software eléctrico ETAP.
- Implementar el protocolo de comunicación entre el equipo de medición y la PC.
- Monitorear en tiempo real las variables eléctricas de la cámara de transformación CT2.
- Determinar la calidad de la energía eléctrica entregada por el transformador T2.





# ***Electrical Transient Analyzer Program (ETAP)***

- Es una herramienta de análisis y control para el diseño, simulación y operación de SEP de generación, distribución e industriales. ETAP aseguran que los sistemas de potencia estén diseñados para óptima seguridad, confianza y uso eficiente de la energía.







# Monitoreo Avanzado en Tiempo Real

- Proporciona monitoreo intuitivo e integrada en tiempo real a través de una interfaz gráfica inteligente con el usuario, diagrama unifilar.





# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

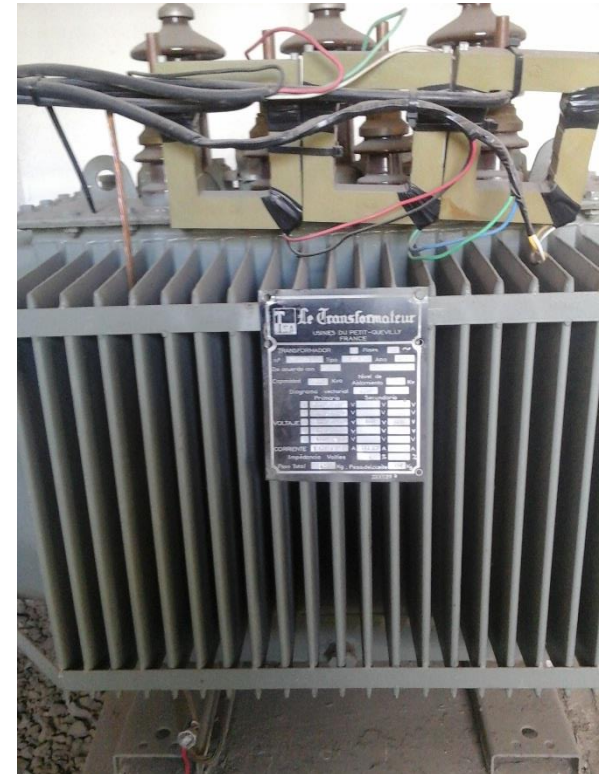
## ***SELECCIÓN***





# Selección del Medidor de Energía Eléctrica

Características técnicas del transformador	
Tipo de Red	3Ø
Tipo de Transformador	Reductor
Frecuencia	60 Hz
Conexión	Dyn5
Potencia	100 kVA
Nivel de Aislamiento	38 kV
Impedancia Voltios	4%
Voltaje Primario	13.5 kV
Voltaje Secundario	215 V
Posición Tap	2





## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

### CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

<b>Tipo de medida</b>	RMS real hasta el armónico 15 en sistema trifásico (trifásico, trifásico+N)
<b>Tipo de sistema de distribución</b>	Trifásico de 3 o 4 hilos con 1,2 o 3 TC, de dos fases o de una sola
<b>Valor nominal de los transformadores de intensidad</b>	Primario de 1 a 32767 A Secundario de 5 o 1A
<b>Tensión</b>	Primario de 3.276.700 Vmax Secundario de 100, 110, 115, 120
<b>TENSIÓN DE ENTRADA</b>	
<b>Tensión medida</b>	10 a 480 V CA (L-L directa) 10 a 277 V CA (L-N directa) 0a 1,6 MV CA (con TP externo)
<b>Rango de frecuencia</b>	45 a 65 Hz
<b>INTENSIDAD DE ENTRADA</b>	
<b>Intensidad nominal del primario TC</b>	Ajustable de 1 A a 32767 A
<b>Intensidad nominal del secundario TC</b>	5 A o 1 A
<b>Rango de entradas de mediciones</b>	10 mA a 6ª
<b>ALIMENTACIÓN</b>	
<b>CA</b>	100 a 415 ±10% V CA, 5VA, 50 a 60 Hz
<b>CC</b>	125 a 250 ±20% V CC, 3W
<b>COMUNICACIONES</b>	
<b>RS485</b>	2 hilos
<b>Protocolo de comunicación</b>	MODBUS RTU
<b>Dirección de comunicaciones</b>	De 1 a 247
<b>Velocidad en baudios (velocidad de comunicaciones)</b>	1400, 4800, 9600, 19200 baudios
<b>Paridad</b>	Ninguna, par, impar

# PM 710 Schneider Electric



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



# ZigBee



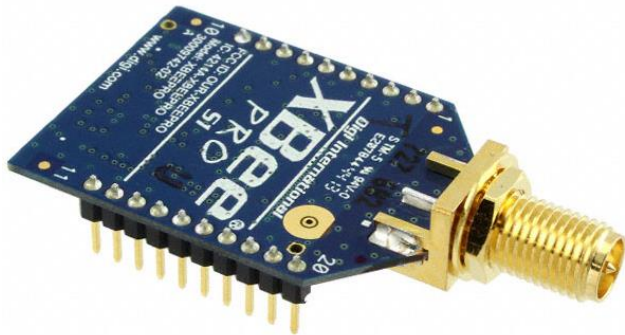
- Tecnología de alto nivel con radiodifusión digital de bajo consumo y fácil integración, creada por ZigBee Alliance, basado en el estándar IEEE 802.15.4 de WPAN.



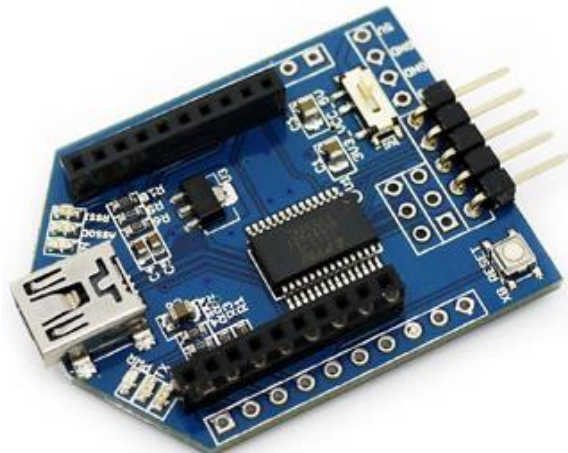




# Módulos XBEE PRO S1



Este tipo de antena es omnidireccional, tiene una potencia de 60mW (+18dBm), viene adicionada a la tarjeta





# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

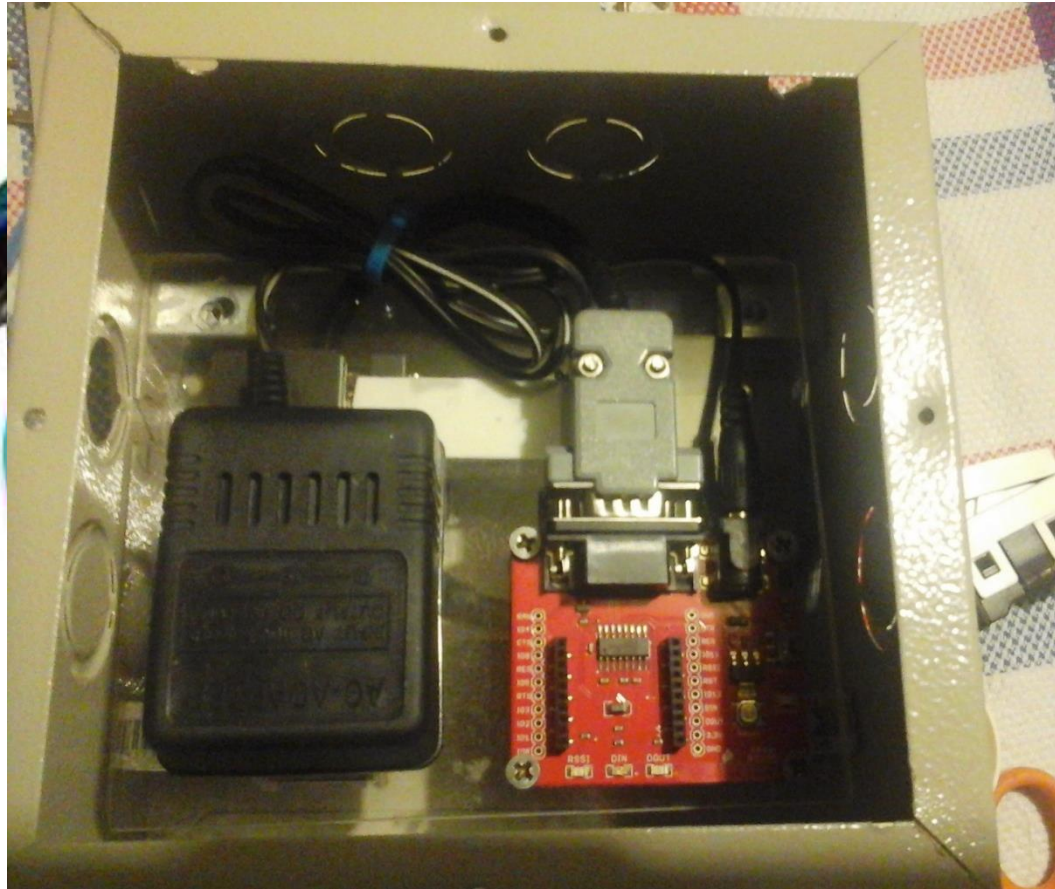
## ***IMPLEMENTACIÓN***





# Montaje del Sistema de Comunicación

←  
PM710



Cargador  
5Vcc



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





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



# Estructura de la Red de Comunicación



Elemento	Función
PM 710	Fuente
Xbee Pro S1 TX	Transmisor
Aire	Sistema de Transmisión
Xbee Pro S1 RX	Receptor
Computadora	Destino







# ***OPC (Ole for Process Control)***

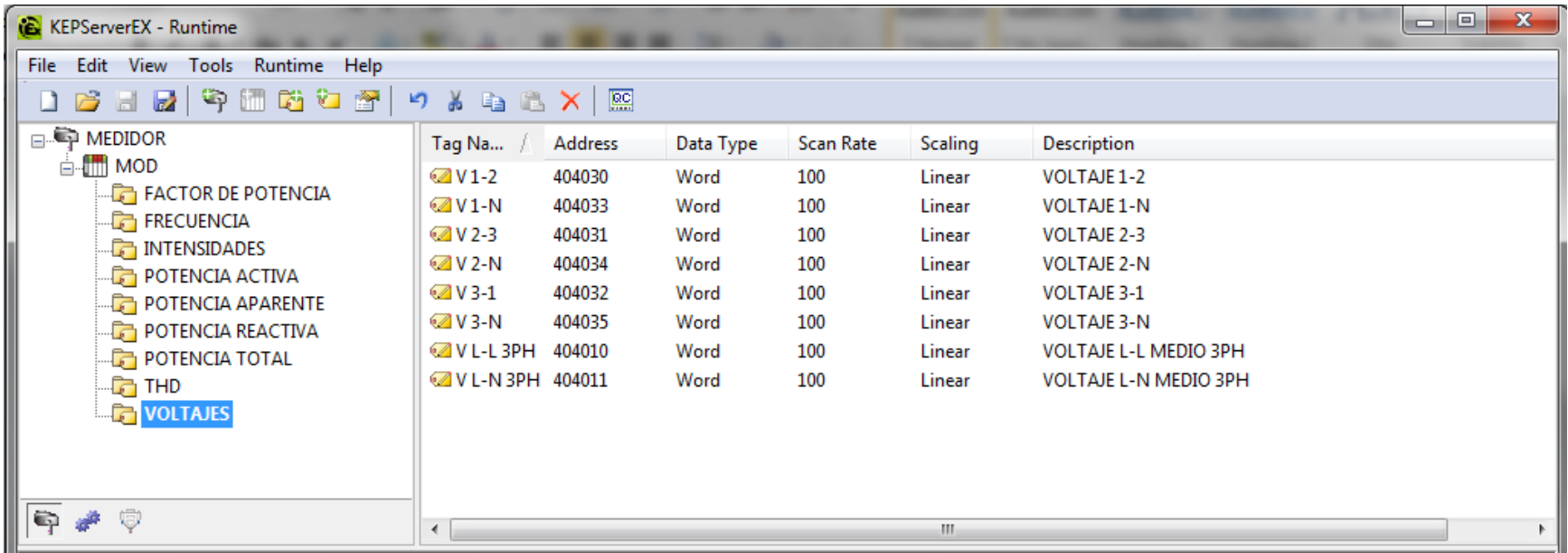
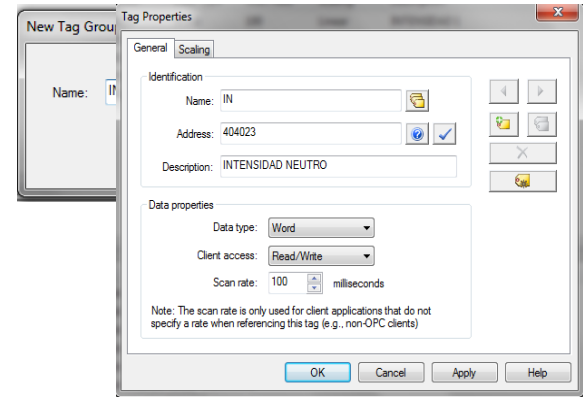
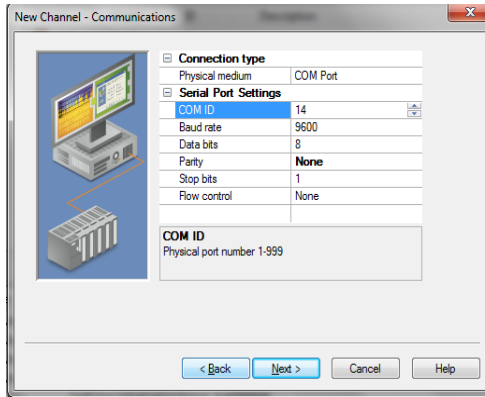
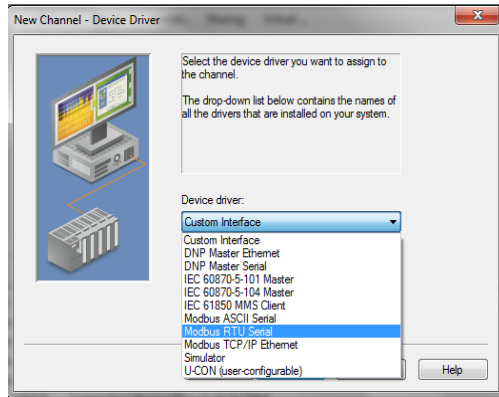
- OPC es el estándar de interoperabilidad para el intercambio seguro y fiable de datos en el espacio de la automatización industrial y en otras industrias.

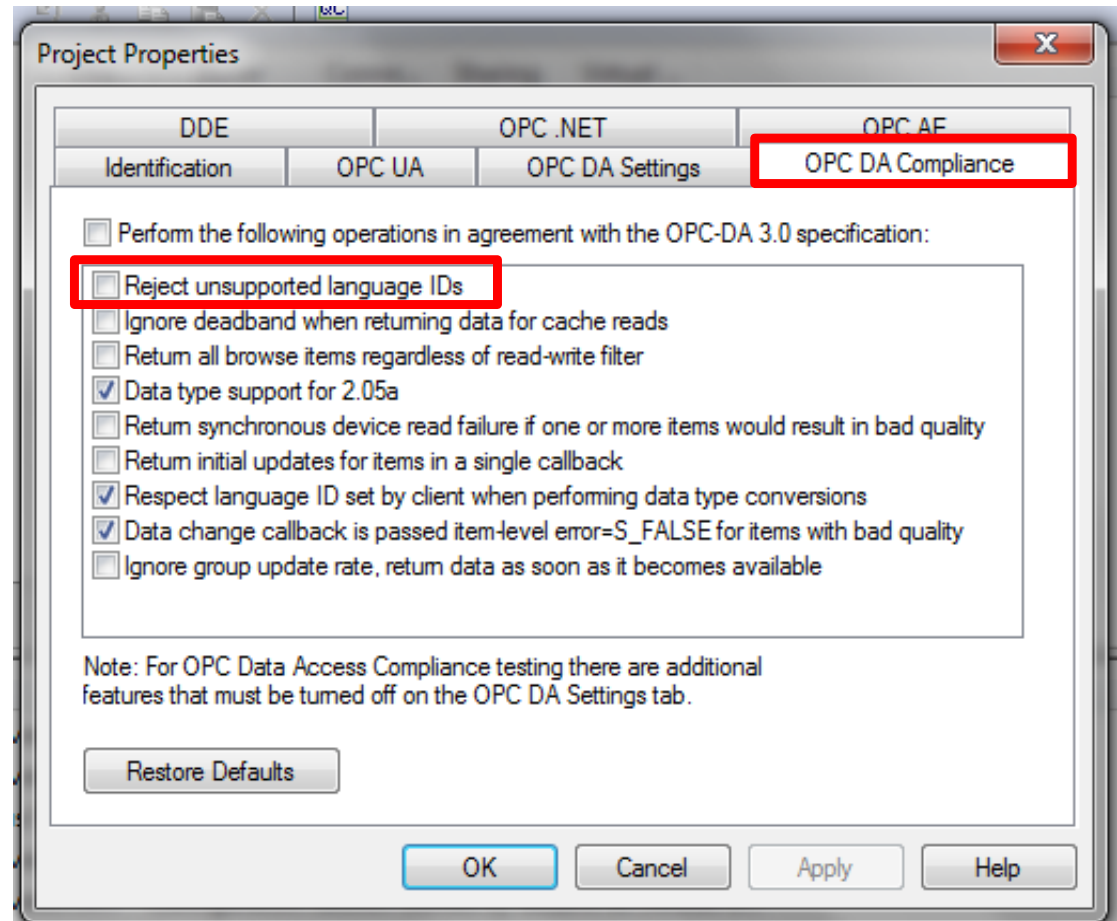
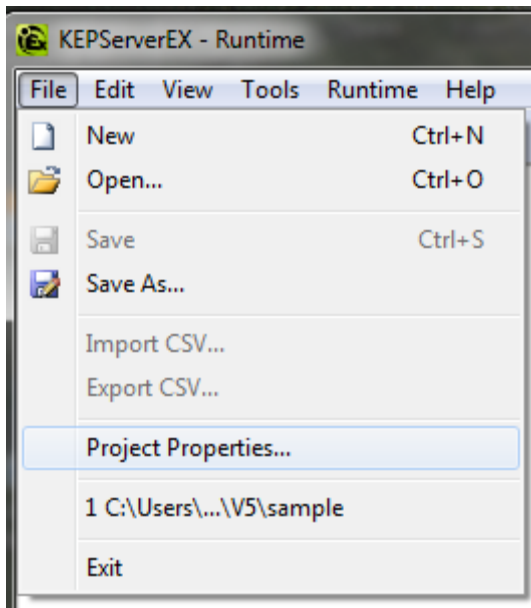


**KEPServerEX**



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

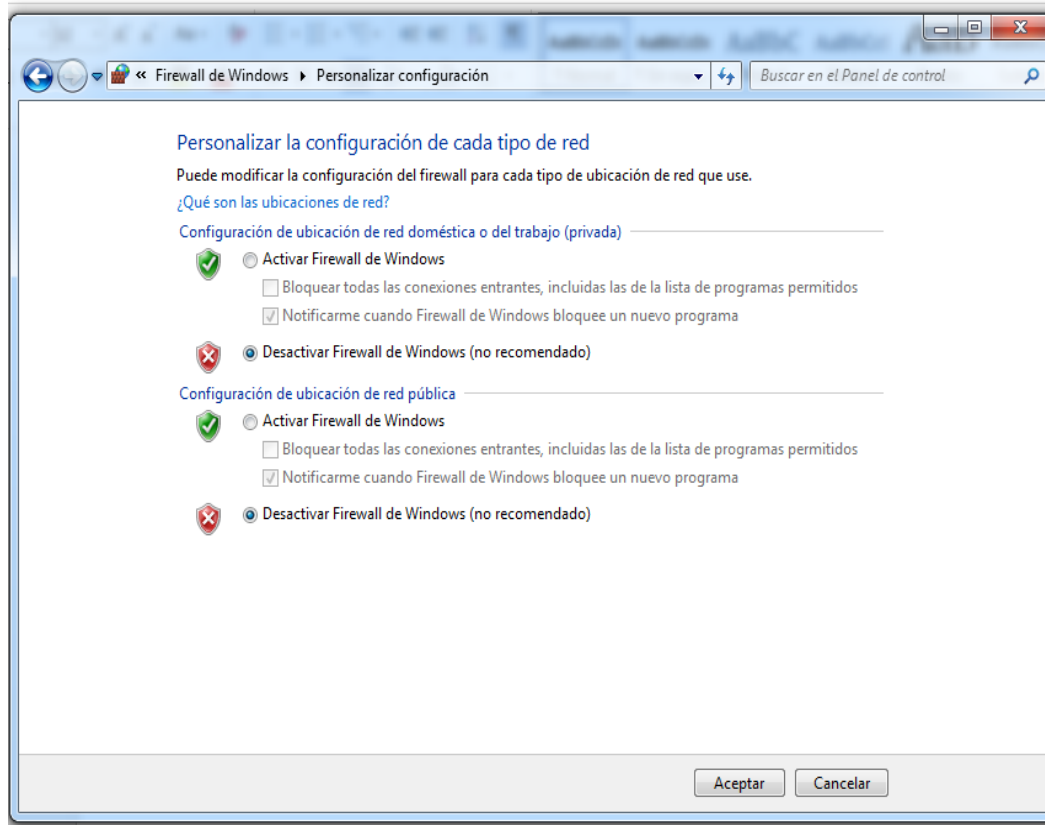






# COM / DCOM

**Crear algunas excepciones en el firewall para que el cliente OPC puede acceder al OpcEnum**





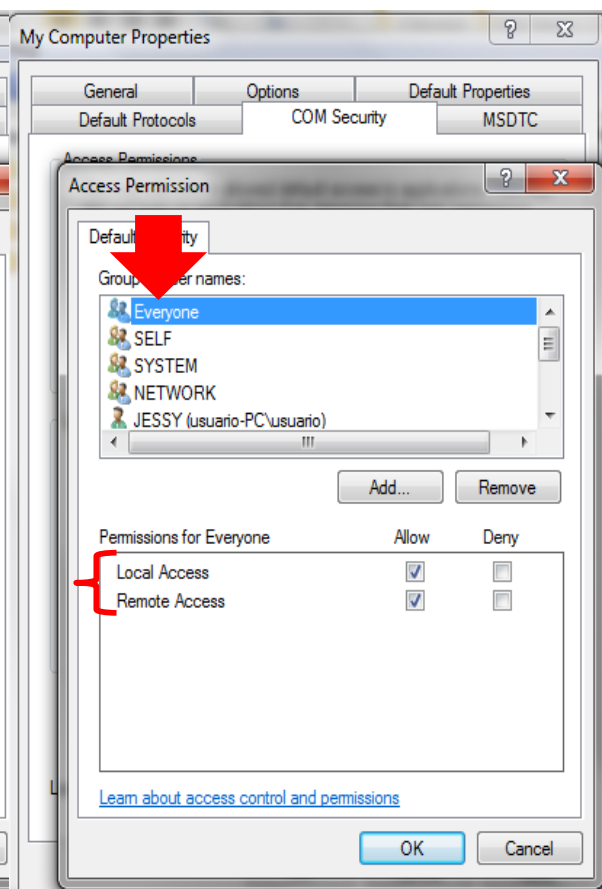
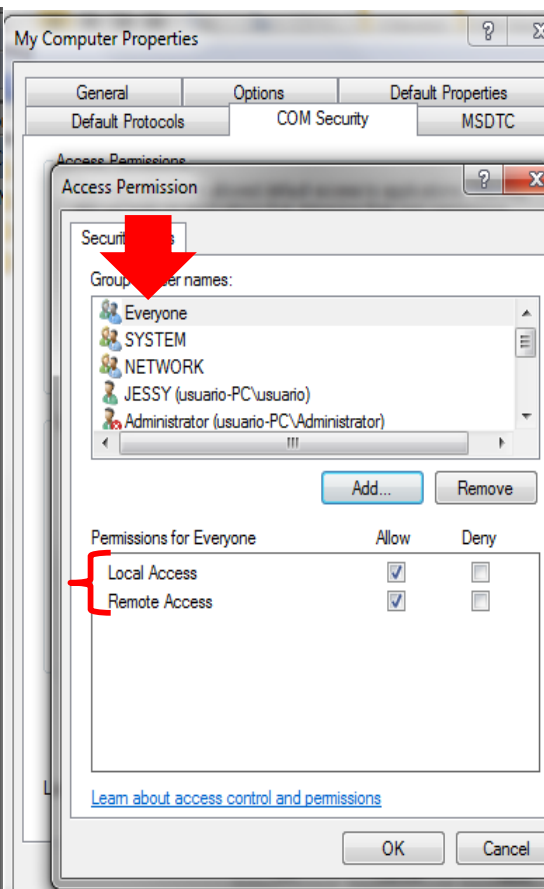
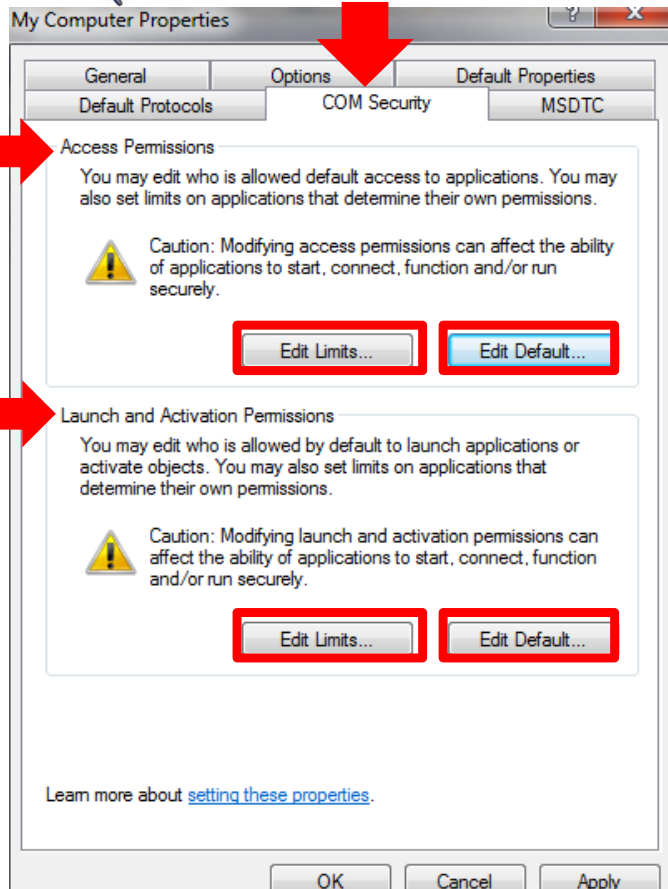
# Establecimiento de las autorizaciones generales del protocolo DCOM para el acceso a la computadora (Mi PC)

The image shows a sequence of steps to configure DCOM protocols:

- Ejecutar:** The 'Run' dialog box is open with 'dcomcnfg' entered in the text field.
- Component Services:** The console tree shows 'Component Services' expanded, with 'My Computer' under 'Computers' highlighted in red.
- My Computer Properties:** The 'My Computer Properties' dialog box is open, with the 'COM Security' tab selected. The 'Options' sub-tab is active, showing 'Enable Distributed COM on this computer' checked. Under 'Default Distributed COM Communication Properties', the 'Default Authentication Level' is set to 'Connect' and the 'Default Impersonation Level' is set to 'Identify'. The 'DCOM Protocols' list contains 'Connection-oriented TCP/IP'.





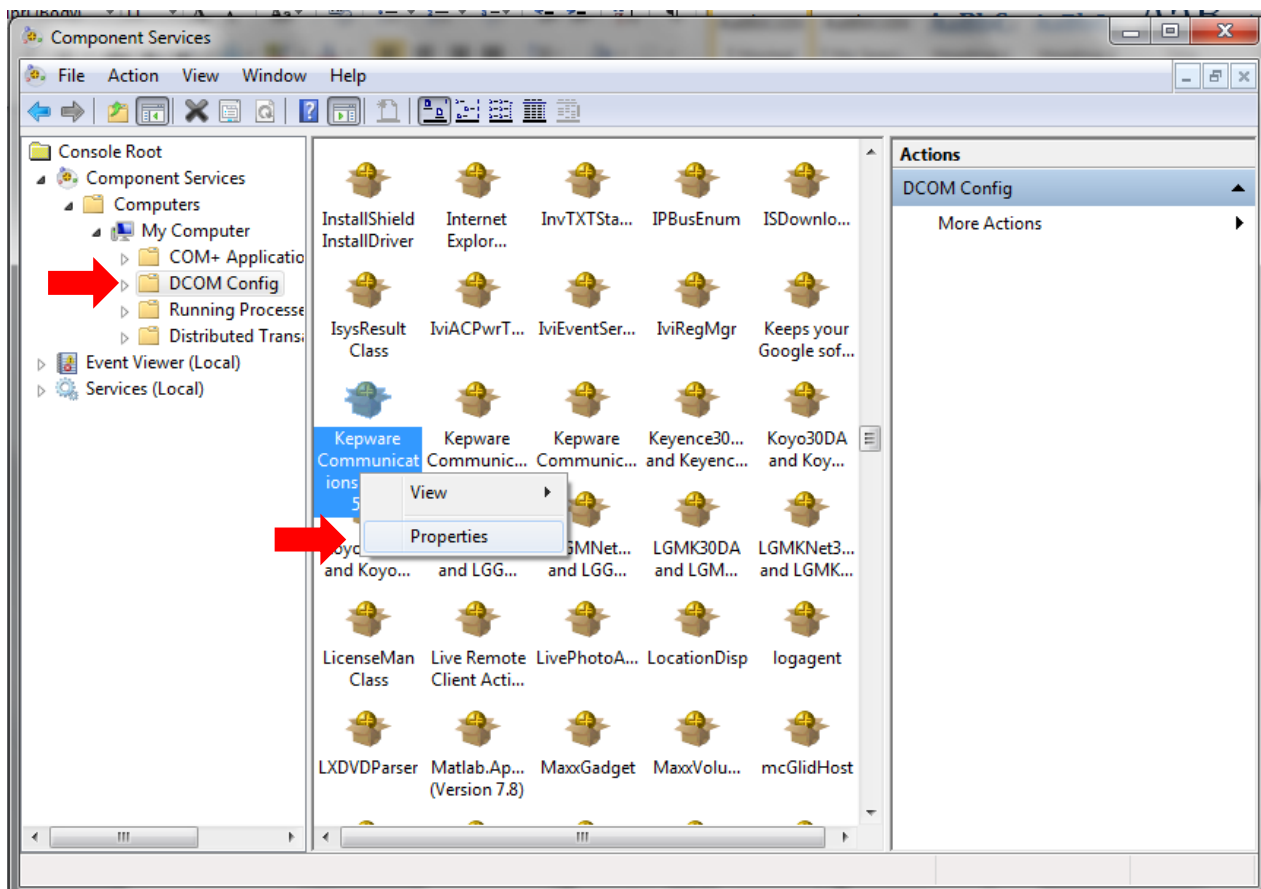


Puede que se requiera otros usuarios como por ejemplo  
“ANONYMOUS LOGON”, “INTERACTIVE”,  
“NETWORK”.





# Configurar los permisos de acceso DCOM para OpcEnum y el servidor OPC





General Location Security Endpoints Identity

General properties of this DCOM application

Application Name: Kepware Communication

Application ID: {B3AF0BF6-4C0C-4804-...}

Application Type: Local Service

Authentication Level: Default

Service Name: Default

None  
Connect  
Call  
Packet  
Packet Integrity  
Packet Privacy

Learn more about [setting these properties](#).

OK

General Location Security Endpoints Identity

The following settings allow DCOM to locate and activate this application. If you make more than one selection, the last applicable one will be used. Client applications may not be able to connect to this application if you do not select the appropriate permissions.

Run application on the computer where this application is located.

Run application on this computer.

Run application on the following computer(s):

Learn more about [setting these properties](#).

OK

General Location Security Endpoints Identity

Launch and Activation Permissions

Use Default

Customize

Access Permissions

Use Default

Customize

Configuration Permissions

Use Default

Customize

Learn more about [setting these properties](#).

OK Cancel

General Location Security Endpoints Identity

DCOM Protocols and endpoints:

Connection-oriented TCP/IP

Add Remove Properties Clear

Description

The set of protocols and endpoints available for use by clients of this DCOM server. The system defaults entry indicates that the default set of DCOM protocols and endpoints for the machine will be used.

Learn more about [setting these properties](#).

OK Cancel Apply

Usuario "EVERYONE"

El proceso se repite para OpcEnum



# Configuración ETConfig

The screenshot displays the ETAP 12.5.0 Sys Monitor (Edit Mode) interface. The 'Tools' menu is open, and the 'ET Config' option is highlighted at the bottom. A red arrow points to the 'Tools' menu header, and another red arrow points to the 'ET Config' option. To the right, a Windows Start menu is visible, with 'ETAP 12.5 RT Server Settings' highlighted and a red arrow pointing to it. The background shows a project editor window with a tree view of 'CT2\_DIAGRAMA\_UNIFILAR' and a schematic diagram with components like 'FORMADOR 10kVA', 'Cable12', and 'Barra\_3'.





ETConfig

System Configuration Overview DB Adv. Console Adv. Server Multi Server Console Control OPC/SLE

Active	Name	Machine	# of Servers	Server #	Console #	PB Cons #	L
<input type="checkbox"/>	Demo	USUARIO-PC	1	1	1	9	C:
<input checked="" type="checkbox"/>	Jessica	USUARIO-PC	1	1	1	9	C:
*							

ETConfig

System Configuration Overview DB Adv. Console Adv. Server Multi Server Console Control OPC/SLE

USUARIO-PC C:\ETAP 1250\  
# of Servers 1 Server # 1 Console # 1 PB Cons # 9

PM Server Snapshot / PB DB Interchange DB

<input checked="" type="checkbox"/> Server 1	USUARIO-PC	USUARIO-PC\CITADEL	USUARIO-PC\CITADEL
<input checked="" type="checkbox"/> Server 2			
<input checked="" type="checkbox"/> Server 3			
<input checked="" type="checkbox"/> Server 4			

Playback USUARIO-PC\CITADEL

Tag file C:\Users\usuario\ESPE-L\TESIS\CIRCUITO\_RT\Test Tags.mdb  
Txt file C:\Users\usuario\ESPE-L\TESIS\CIRCUITO\_RT\LFResults.txt  
SQL data c:\Program Files (x86)\Microsoft SQL Server\MSSQL\1\MSSQL\DATA  
PB SQL c:\Program Files (x86)\Microsoft SQL Server\MSSQL\1\MSSQL\DATA  
SQL Logs c:\Program Files (x86)\Microsoft SQL Server\MSSQL\1\MSSQL\DATA  
PB SQL Logs c:\Program Files (x86)\Microsoft SQL Server\MSSQL\1\MSSQL\DATA

Using C:\ETAP 1250\ETConfig.xml

< Jessica > Copy... Register DLLs Verify Apply

ETConfig

System Configuration Overview DB Adv. Console Adv. Server Multi Server Console Control OPC/SLE

USUARIO-PC C:\ETAP 1250\  
# of Servers 1 Server # 1 Console # 1 PB Cons # 9

PM Server Snapshot / PB DB Interchange DB

<input checked="" type="checkbox"/> Server 1	USUARIO-PC	USUARIO-PC\CITADEL	USUARIO-PC\CITADEL
<input checked="" type="checkbox"/> Server 2			
<input checked="" type="checkbox"/> Server 3			
<input checked="" type="checkbox"/> Server 4			

Playback USUARIO-PC\CITADEL

Tag file C:\Users\usuario\ESPE-L\TESIS\CIRCUITO\_RT\Test Tags.mdb  
Txt file C:\Users\usuario\ESPE-L\TESIS\CIRCUITO\_RT\LFResults.txt  
SQL data c:\Program Files (x86)\Microsoft SQL Server\MSSQL\1\MSSQL\DATA  
PB SQL c:\Program Files (x86)\Microsoft SQL Server\MSSQL\1\MSSQL\DATA  
SQL Logs c:\Program Files (x86)\Microsoft SQL Server\MSSQL\1\MSSQL\DATA  
PB SQL Logs c:\Program Files (x86)\Microsoft SQL Server\MSSQL\1\MSSQL\DATA

```
Registering 'C:\ETAP 1250\psmssvr\psmsxdps.dll'  
Registering 'C:\ETAP 1250\psmssvr\psmsxdps.dll' - succeeded  
Registering 'C:\ETAP 1250\psmssvr\psmsxdvm.dll'  
Registering 'C:\ETAP 1250\psmssvr\psmsxdvm.dll' - succeeded  
Processing C:\ETAP 1250\ETTrend\ETTrend.exe.config  
Applying Playback settings to registry on machine 'USUARIO-PC'  
Processing C:\Users\usuario\ESPE-L\TESIS\CIRCUITO_RT\OnlineViewer\OnlineToolBar.xml
```

< Jessica > Copy... Register DLLs Verify Apply







ETConfig

System Configuration Overview DB Adv. Console Adv. Server Multi Server Console Control OPC/SLE

Machine USUARIO-PC is console 1

Data Consistency

- PSMS Mode

Logon: Normal

Console Settings

MaxLocksPerFile: 0

Tag File

- Transformer Tap Tags are by Percent

Tap Minimum Position Value: 0

Tools

- Always Show Real-Time Toolbars
- Go Directly Online If Server Active
- Create Advanced Online Tools

Override Arguments for Go Online Action:

Accept Activation

- Primary
- ILS
- AGC
- ITS
- SSM
- STLF
- Control

< Jessica >

ETConfig

DB Adv. Console Adv. Server Multi Server Console Control OPC/SLE OPCUA Online Toolbar

OPCUA Server

Console #: 12

View Server Status: \*All\*

Set Server Status: Administrators

View Node: \*All\*

View Tag: \*All\*

Write Tag: \*None\*

UA Server Domain: usuario-PC UA Server Shared Folder Path: \usuario-PC\OTI\_Image

Create Active Certificate/Key Erase Active Certificate/Key Configuration Type:  Server  Console

	Active	Application	Certificate	Key	Required Group	App Location
▶	<input checked="" type="checkbox"/>	UA Server	Available	Available		C:\NETAP 1250\psmssvr\ET
	<input checked="" type="checkbox"/>	UA Eng Client	Available	Available		C:\NETAP 1250\psmssvr\ET
*	<input type="checkbox"/>					

< Jessica > Refresh Local Config Update from UA Server





# ETAP REAL TIME

Services (Local)

**PSMS Server**

[Stop](#) the service  
[Pause](#) the service  
[Restart](#) the service

Name	Description	Status	Startup Type	Log On As
Parental Controls	This service ...		Manual	Local Service
PC Agent Service		Started	Automatic	Local Syste...
Peer Name Resolu...	Enables serv...	Started	Manual	Local Service
Peer Networking ...	Enables mul...	Started	Manual	Local Service
Peer Networking I...	Provides ide...	Started	Manual	Local Service
Performance Cou...	Enables rem...		Manual	Local Service
Performance Logs...	Performanc...		Manual	Local Service
Plug and Play	Enables a c...	Started	Automatic	Local Syste...
PnP-X IP Bus Enu...	The PnP-X ...		Manual	Local Syste...
PNRP Machine Na...	This service ...		Manual	Local Service
Portable Device E...	Enforces gr...		Manual	Local Syste...
Power	Manages p...	Started	Automatic	Local Syste...
Print Spooler	Loads files t...	Started	Automatic	Local Syste...
Problem Reports a...	This service ...		Manual	Local Syste...
Program Compati...	This service ...	Started	Automatic	Local Syste...
Protected Storage	Provides pr...		Manual	Local Syste...
Protexis Licensing ...	This service ...	Started	Automatic	Local Syste...
PSMS Playback			Automatic	Local Syste...
<b>PSMS Server</b>		<b>Started</b>	<b>Automatic</b>	<b>Local Syste...</b>
PSMS UA Server	PSMS UA Se...		Manual	Network S...

Extended Standard







Microsoft Access - Table Tools

Component	DBID	VarName	VarFormat	IO	DCSTag	DCSFormat	FMultiplier	OpenValue	CloseValue	Implement	Point
Multimetrol	82220001,0000	amp	F	I	MEDIDOR.MOI.F		1	0		1 X	
Multimetrol	82220001,0000	Vmag	F	I	MEDIDOR.MOI.F		0,001	0		1 X	
Multimetrol	82220001,0000	freq	F	I	MEDIDOR.MOI.F		1	0		1 X	
Multimetrol	82220001,0000	pf	F	I	MEDIDOR.MOI.F		1	0		1 X	
Multimetrol	82220001,0000	MW	F	I	MEDIDOR.MOI.F		0,001	0		1 X	
Multimetrol	82220001,0000	Mvar	F	I	MEDIDOR.MOI.F		0,001	0		1 X	

Record: 1 of 6

TagDefinitions

Component	DBID	VarName	VarFormat	IO	DCSTag	DCSFormat	FMultiplier	OpenValue	CloseValue
Multimetrol	82220001,0000	amp	F	I	MEDIDOR.MOD.INTENSIDADES.I3 PH	F		1	0
Multimetrol	82220001,0000	Vmag	F	I	MEDIDOR.MOD.VOLTAJES.V L-L3PH	F	0,001		0
Multimetrol	82220001,0000	freq	F	I	MEDIDOR.MOD.FRECUENCIA.FRECUENCIA	F		1	0
Multimetrol	82220001,0000	pf	F	I	MEDIDOR.MOD.FACTOR DE POTENCIA.PF	F		1	0
Multimetrol	82220001,0000	MW	F	I	MEDIDOR.MOD.POTENCIA TOTAL.P TOTAL	F	0,001		0
Multimetrol	82220001,0000	Mvar	F	I	MEDIDOR.MOD.POTENCIA TOTAL.Q TOTAL	F	0,001		0

Microsoft Access - Table Tools

Changed	Server	AccessPath	Action	Limit	ArcFunc	ArcDeviatio	ArcInterval	SumType	MType	MArea	MRegio
C	0			0		0	0			A001	R001
C	0			0		0	0			A001	R001
C	0			0		0	0			A001	R001
C	0			0		0	0			A001	R001
C	0			0		0	0			A001	R001
C	0			0		0	0			A001	R001
C	0			0		0	0			A001	R001





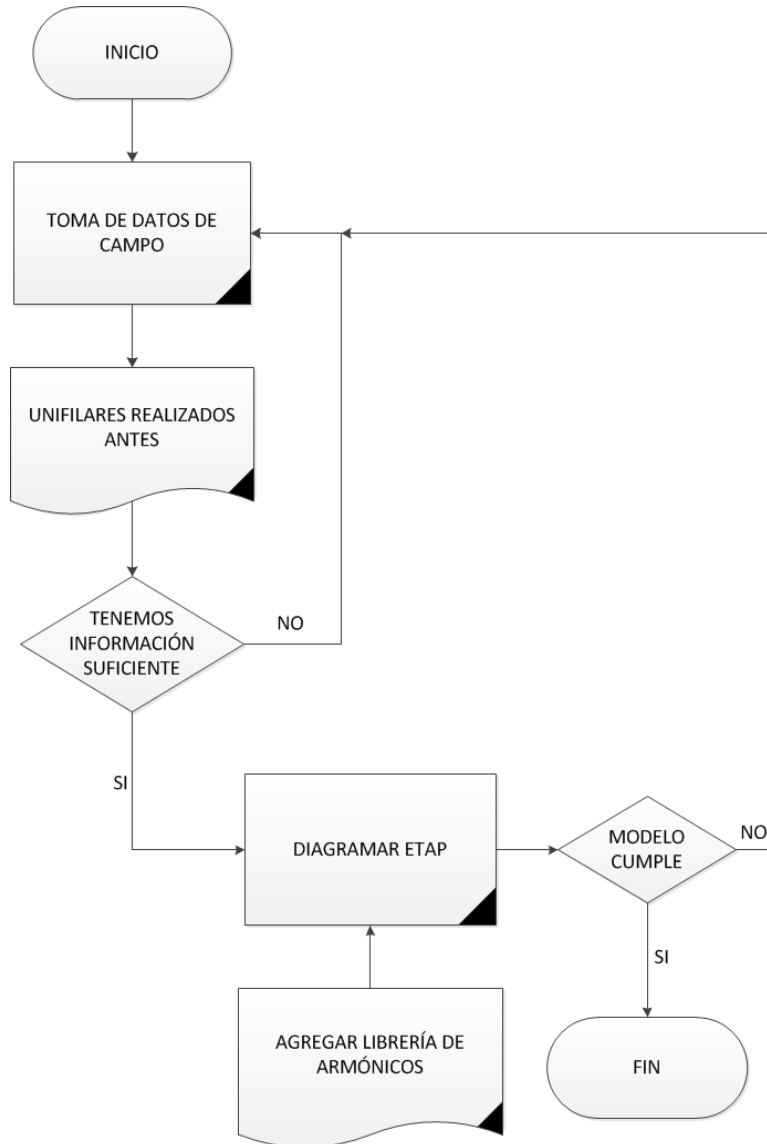
# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## ***MODELACIÓN***





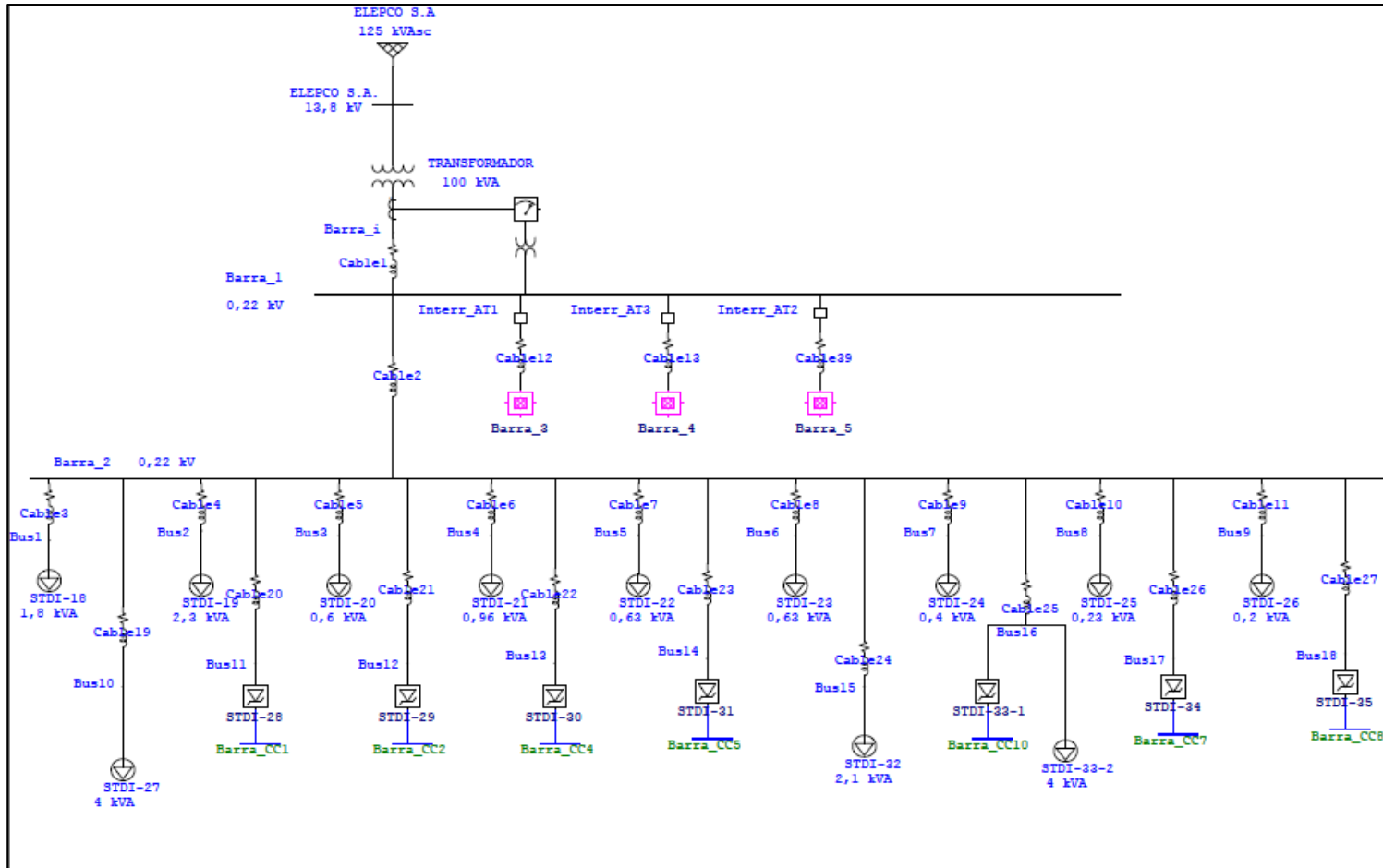


# *Modelamiento del Sistema Eléctrico de Potencia*



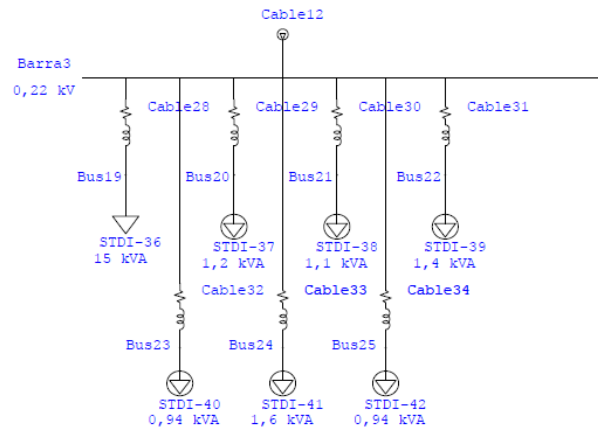


# Diagrama Unifilar

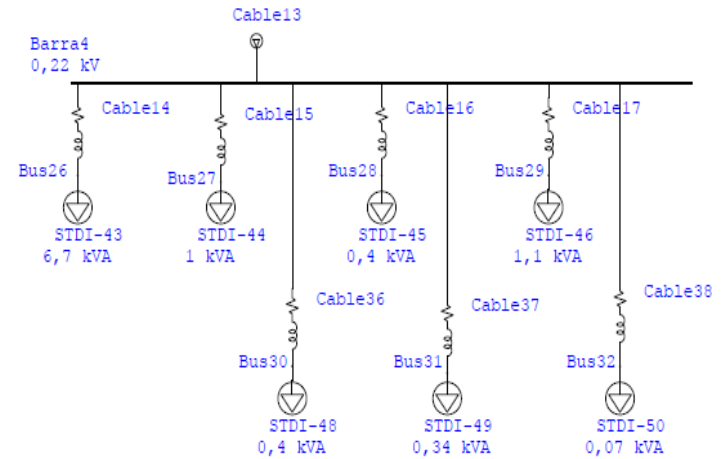




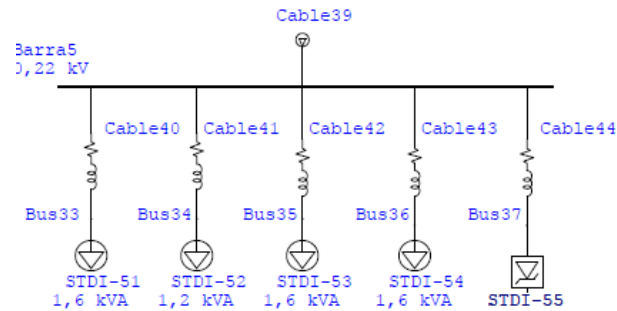
### One-Line Diagram - Sys Monitor=>Barra 3



### One-Line Diagram - Sys Monitor=>Barra 4 (

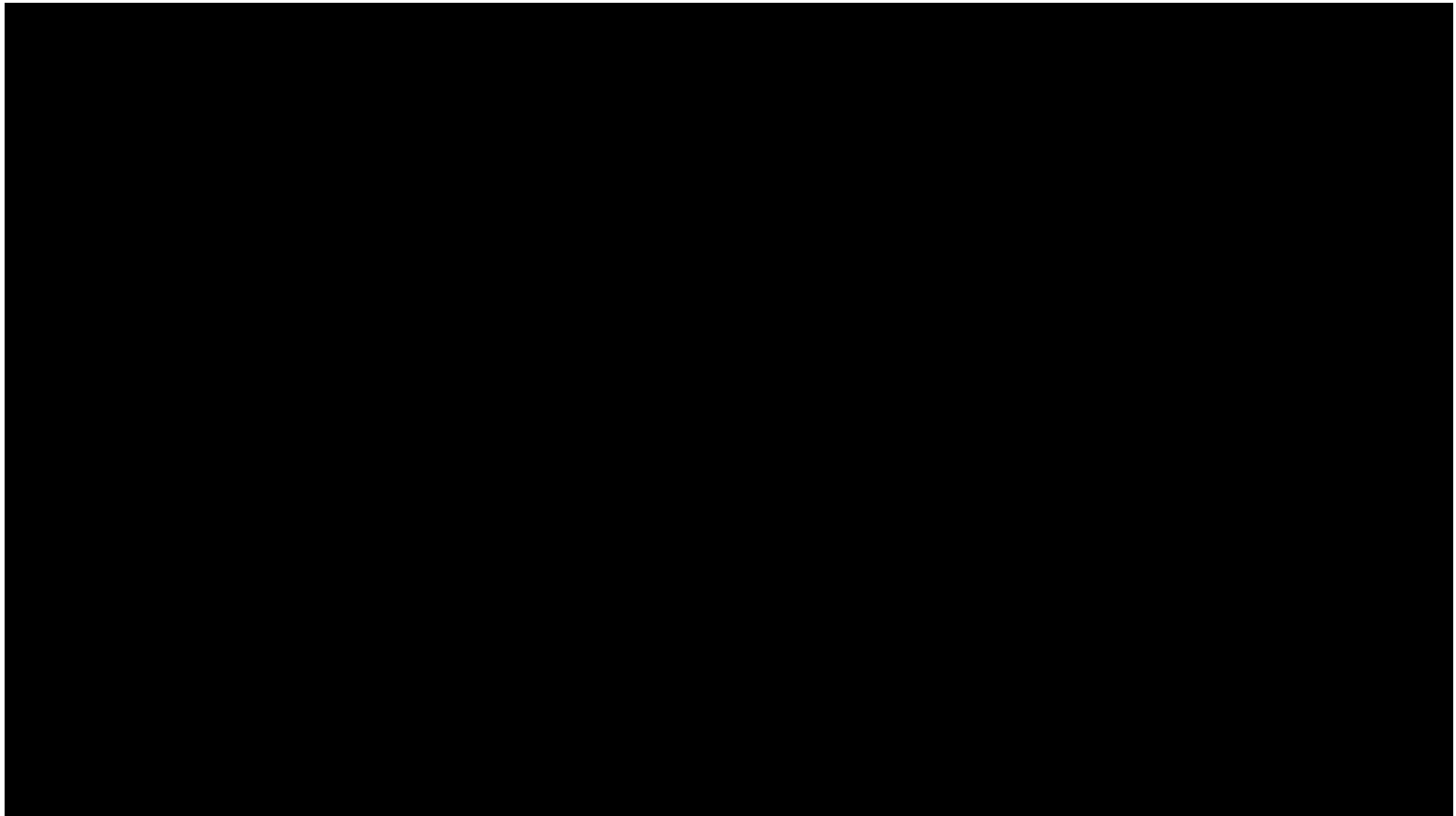


### One-Line Diagram - Sys Monitor=>Barra 5





# *Estudios Realizados en ETAP*



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



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## ***PRUEBAS***

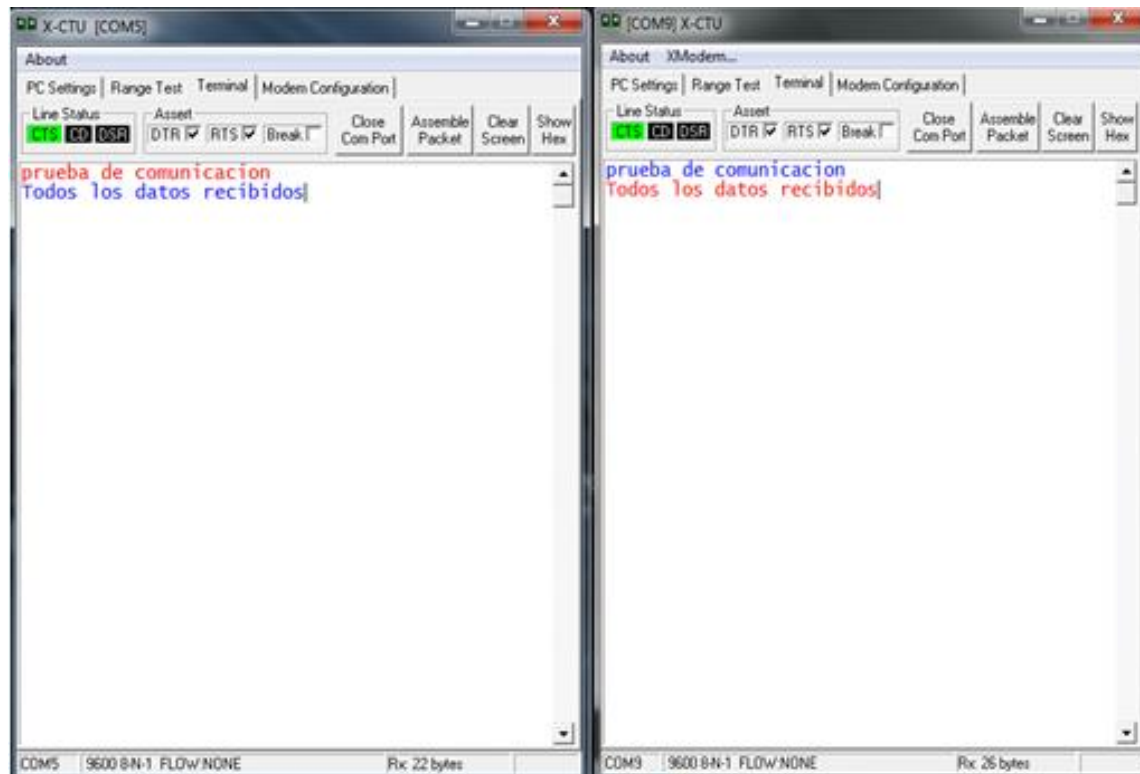






# Pruebas de Transmisión/Recepción de Datos entre los Módulos XBee

Se escribe en color azul el mensaje transmitido y en color rojo el mensaje recibido





## Pruebas de Adquisición de Datos con OPC KEPServer

VARIABLE ELÉCTRICA	PM710	KEPServer
V [V]	219,0	219,90
I [A]	7,0	7,20
P [kW]	1,9	1,90
Q [kVAR]	2,1	2,20
S [kVA]	2,8	2,60
PF [%]	58,0	57,27
F [Hz]	60,03	60,04
THD V1-2 [%]	1,2	1,10
THD V2-3 [%]	1,3	1,20
THD V3-1 [%]	1,3	1,40
THD I1 [%]	104,7	103,40
THD I2 [%]	66,3	65,30
THD I3 [%]	92,7	94,70

## Error porcentual de valores monitoreados entre PM710 y el OPC KEPServer

VARIABLE ELÉCTRICA	Error %
V	0,410
I	2,800
P	5,130
Q	4,880
S	6,900
PF	1,270
F	0,0170
THD V1-2	8,700
THD V2-3	8,000
THD V3-1	7,410
THD I1	1,250
THD I2	1,510
THD I3	2,130





# Pruebas de Compatibilidad del OPC KEPServer y ETAP

A través del cliente ligero de ETAP se puede comprobar que el OPC empleado sea compatible con ETAP.

The screenshot shows a window titled "Kepware.KEPServerEX.V5 - FactorySoft OPC Client". The window has a menu bar with "File", "OPC", "View", and "Help". Below the menu bar is a toolbar with a question mark icon. The main area contains a table with the following data:

Tag	Value	Time
MEDIDOR.MOD.FACTOR DE POTENCI...	10	03/10/15 08:50:09.542
MEDIDOR.MOD.FACTOR DE POTENCI...	10	03/10/15 08:50:09.542
MEDIDOR.MOD.POTENCIA TOTAL.P T...	19.5	03/10/15 08:51:15.142
MEDIDOR.MOD.VOLTAJES.V L-L 3PH	214.9	03/10/15 08:51:15.142

The status bar at the bottom left of the window displays "Ready".





# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## ***ANÁLISIS DE RESULTADOS***





# Flujos de Potencia

- Datos del transformador registrados en ETAP

PARÁMETRO	VALOR	PARÁMETRO	VALOR
V (V)	218,9	S (KVA)	55,0
I (A)	148,2	PF (%)	88,7

- Datos del T2 obtenidos con registrador de energía FLUKE.

PARÁMETRO	VALOR	PARÁMETRO	VALOR
V (V)	217,86	S (KVA)	58,00
I (A)	168,40	PF (%)	89,60

- Error porcentual del Flujo de Potencia

PARÁMETRO	E%
V	0,46
I	12,76
S	5,61
PF	1,01







# Cargas Futuras

- Características de Cargas Futuras y Voltaje barras principales

NOMBRE	TIPO DE CARGA	S (KVA)	PF (%)	MODELO ARMÓNICO
Carga1	Estática	5	80	-----
Carga2	Estática	10	85	-----
Carga3	Cargador	3	85	Computadora
Carga4	Cargador	4	85	Computadora

ELEMENTO	V (%)
Barra_1	97,38
Barra_2	95,63%

- Valores en conductores con incremento de carga

ELEMENTO	PF (%)	CORRIENTE MAX	CORRIENTE CARGA	ESTADO
Cable1	85,3	155,40	195,0	Sobrecarga
Cable2	89,5	76,20	85,3	Sobrecarga
Cable12	77,6	57,56	54,0	Normal
Cable13	73,7	85,12	26,4	Normal
Cable39	98,8	129,72	15,9	Normal





# Flujo Online

- Valores Offline de Flujos de Potencia

ELEMENTOS	V (%)	ELEMENTOS	A	PF (%)
ELEPCO S.A	100	Cable 1	148,3	88,7
Barra_1	98,02	Cable 2	54,5	91,7
Barra_2	96,85	Cable 12	54,2	77,5
Barra3	97,92	Cable 13	25,4	73,7
Barra4	97,92	Cable 39	15,9	98,8
Barra 5	97,59			

- Valores Online de Flujos de Potencia

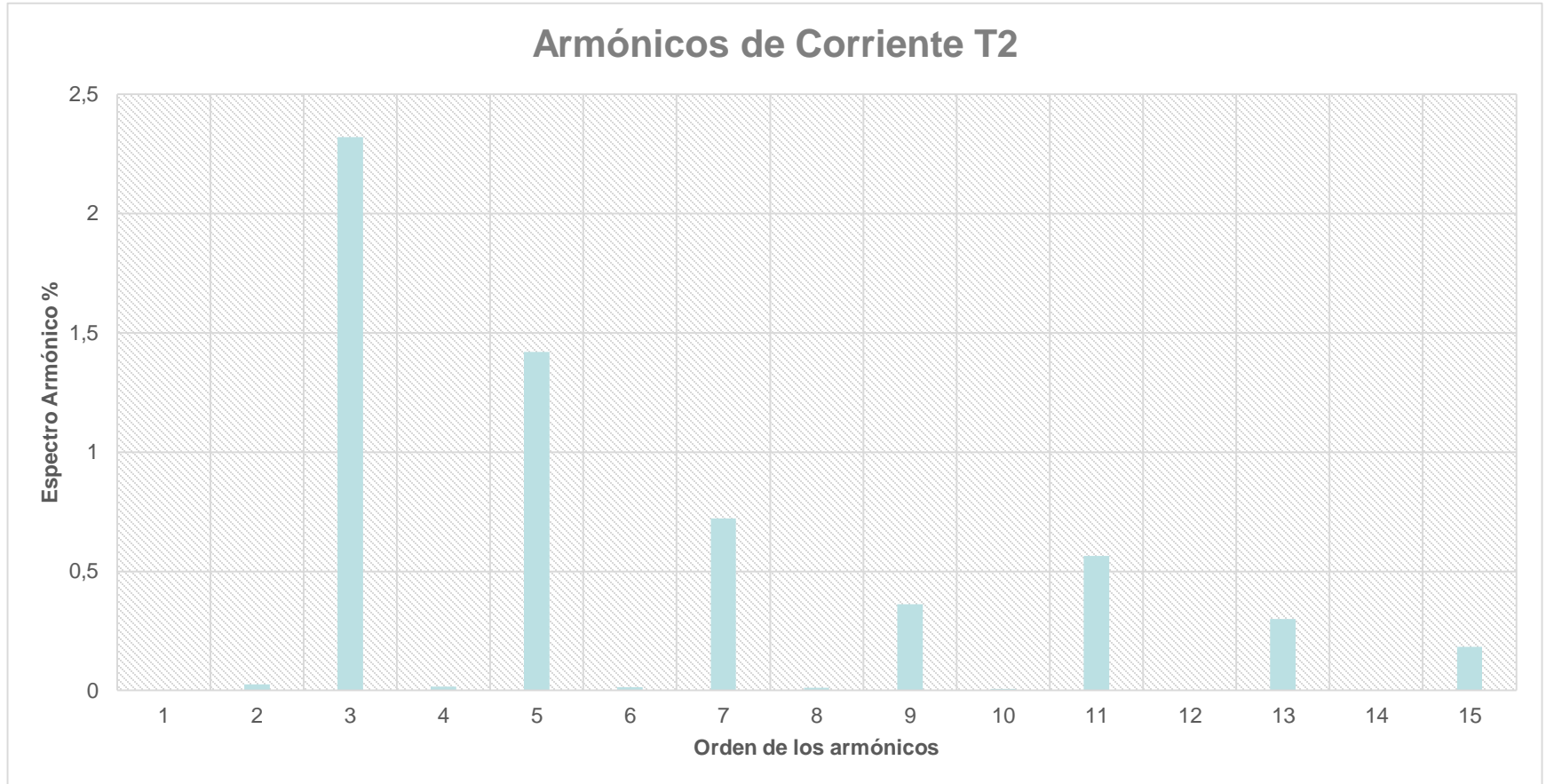
ELEMENTOS	V (%)
ELEPCO S.A	98,86
Barra_1	98,95
Barra_2	98,95
Barra3	98,95
Barra4	98,64
Barra 5	98,41

ELEMENTOS	$\Delta V$ (%)
ELEPCO S.A	1,14
Barra_1	0,93
Barra_2	2,13
Barra3	1,03
Barra4	0,72
Barra 5	0,82





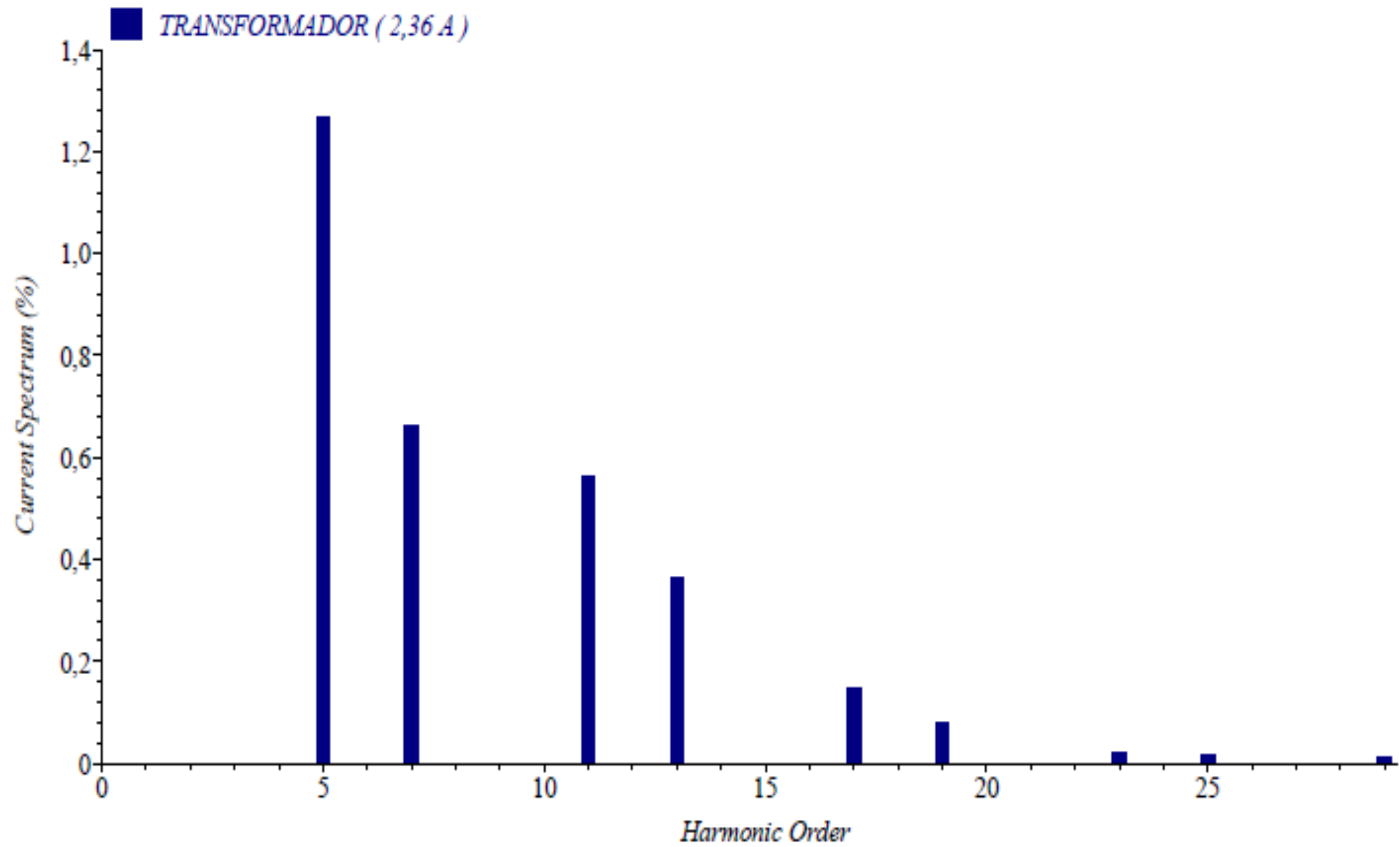
# Estudio de armónicos





## HARMONIC LOAD FLOW ANALYSIS

### Spectrum





- Medianas de Corriente N

Corriente N Min	Corriente N Med	Corriente N Max
16,882	17,536	18,818
$\bar{X} = 17,75$		

- Porcentaje de Error en armónicos de Voltaje del T2

Orden del armónico	Valores Registrados	Valores Obtenidos	Error Porcentual
2	0,03	0,00	2,0
3	2,32	0,00	2,0
4	0,02	0,00	2,0
5	1,42	1,28	10,3
6	0,01	0,00	2,0
7	0,72	0,70	2,8
8	0,01	0,00	2,0
9	0,36	0,00	2,0
10	0,01	0,00	2,0
11	0,56	0,56	5,3
12	0,00	0,00	0,0
13	0,30	0,34	12,5
$\bar{X}$ Error			3,74







# Comparación con la norma IEC 61000-4-7

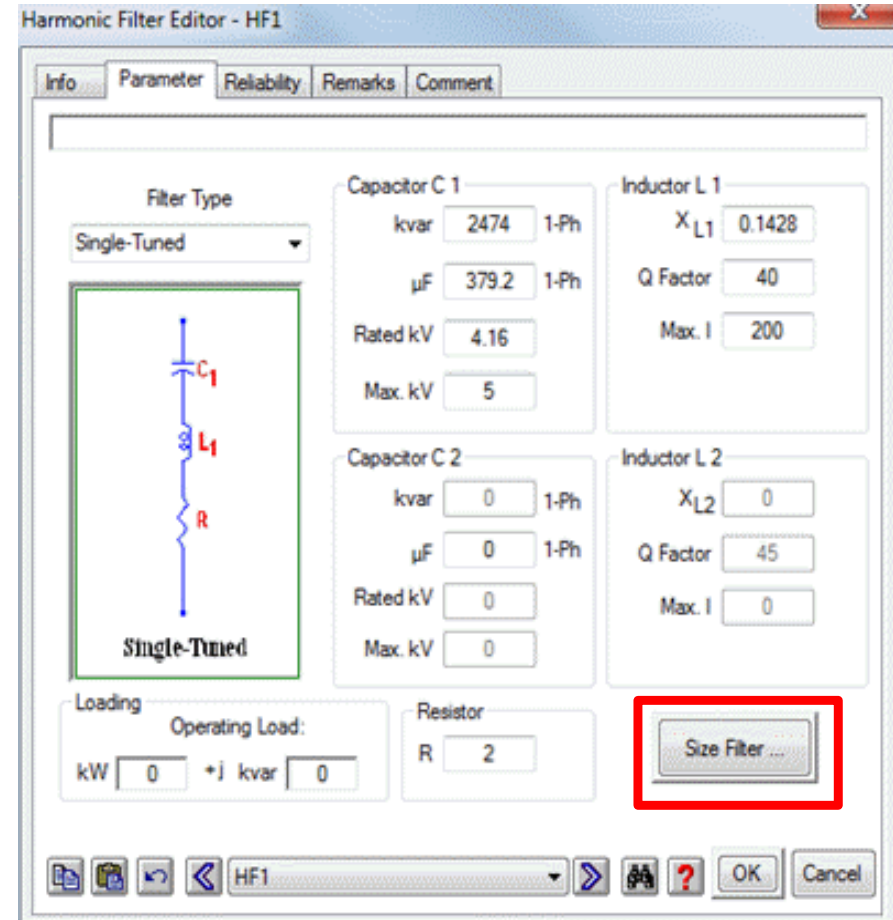
Orden del armónico	Valores Registrados	Valores Obtenidos	Tolerancia % V
2	0,03	0,00	2,0
3	2,32	0,00	5,0
4	0,02	0,00	1,0
5	1,42	1,28	6,0
6	0,01	0,00	0,5
7	0,72	0,70	5,0
8	0,01	0,00	0,5
9	0,36	0,00	1,5
10	0,01	0,00	0,5
11	0,56	0,56	3,5
12	0,00	0,00	0,2
13	0,30	0,34	3,0





# Filtro de armónicos

PARÁMETRO	ESTUDIO	VALOR
ORDEN ARMÓNICO	Armónicos	5°
PF	Flujo de potencia	91%
CORRIENTE	Flujo de potencia	54,2 A
POTENCIA APARENTE	Flujo de potencia	20 kVA





- Valores del flujo de potencia con filtro armónico

ELEMENTOS	V (%)	ELEMENTOS	A	PF (%)
ELEPCO S.A	100,00	Cable 1	142,5	89,3
Barra_1	98,19	Cable 2	50,9	98,2
Barra_2	97,18	Cable 12	54,3	77,5
Barra3	98,02	Cable 13	26,3	73,7
Barra4	98,02	Cable 39	15,9	98,8
Barra 5	97,86			

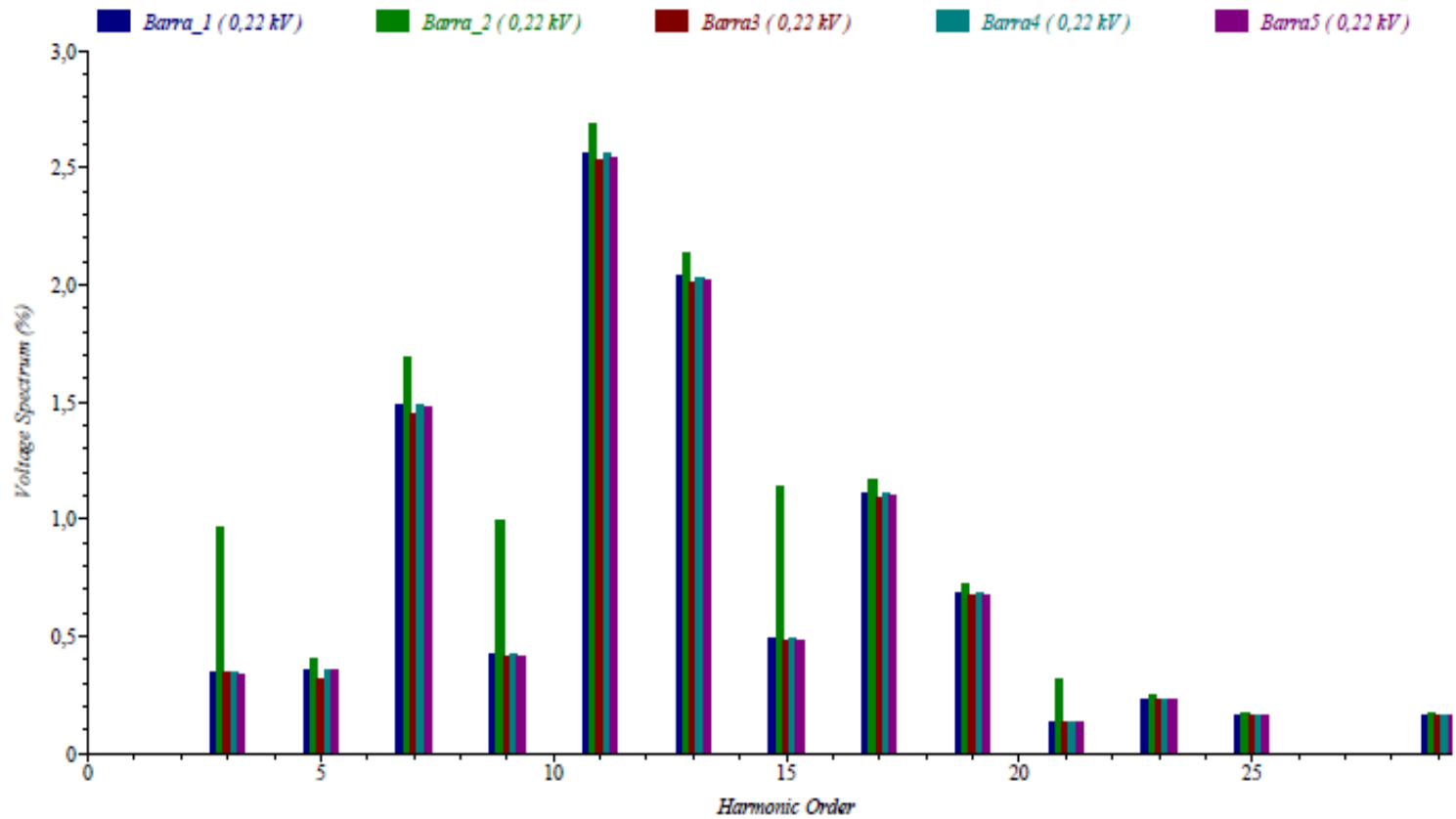
- Valores del flujo de potencia con filtro armónico

ELEMENTOS	V (%)	ELEMENTOS	A	PF (%)
ELEPCO S.A	0,00	Cable 1	5,8	0,6
Barra_1	0,17	Cable 2	3,6	6,5
Barra_2	0,33	Cable 12	0,1	0,00
Barra3	0,10	Cable 13	0,9	0,00
Barra4	0,10	Cable 39	0,00	0,00
Barra 5	0,27			



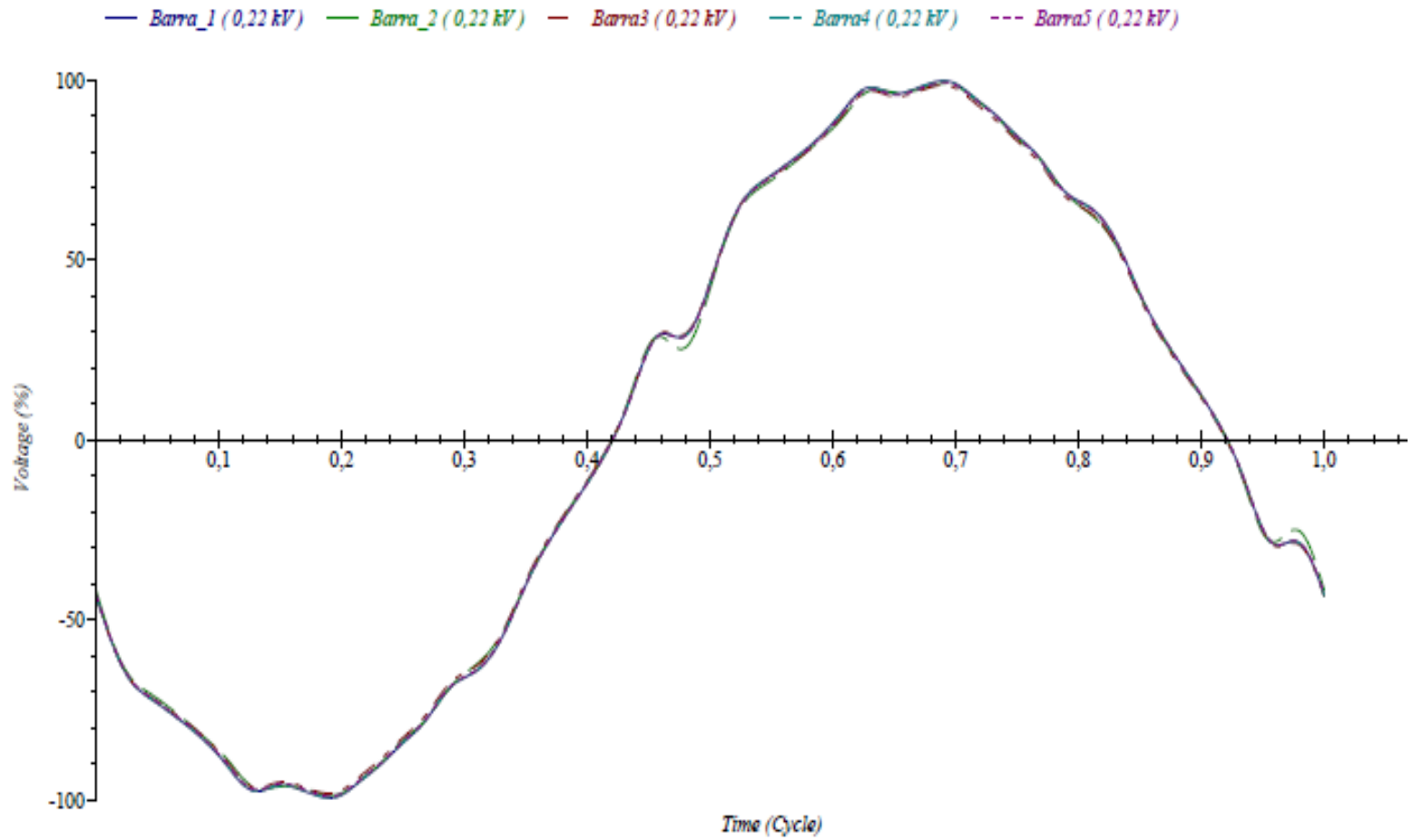


### Spectrum





### waveform





# Modelamiento en Tiempo Real

- Datos online de la central de medida en ETAP
- Parámetros del T2 registrados con el PM710

PARÁMETROS	VALOR
V (V)	219
I (A)	22,2
P (kW)	7,9
Q (kVAR)	4,5
PF (%)	93,51
F (Hz)	59,99

PARÁMETROS	VALOR
V (V)	218,00
I (A)	22,90
P (kW)	8,30
Q (kVAR)	4,90
PF (%)	94,10
F (Hz)	59,96

- Error porcentual de valores monitoreados

PARÁMETROS	E %
V	0,45
I	3,12
P	4,94
Q	8,5
PF	0,63
F	0,05







# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## ***CONCLUSIONES***





- Se amplió la información de la red eléctrica correspondiente a la carga conectada al transformador de 100kVA denominado T2 con respecto a los unifilares realizados en proyectos de tesis anteriores además se verificó su localización y designación.
- Para el modelamiento del sistema eléctrico del T2 realizado en ETAP se consideró a las cargas con mayor generación de armónicos como estáticas, las restantes fueron consideradas dinámicas. Por tanto el modelo estimado del circuito es válido logrando obtener valores que no sobrepasan un error del 0.46% en voltaje, el 1.68% en el factor de potencia, sin embargo al comparar los valores de corriente y potencia aparente se obtiene un incremento en el error del 12,76% y del 5.61% respectivamente, que se debe a que en la simulación se consideró como si todas las computadoras del cuarto piso Bloque B y C estuvieran conectas al mismo tiempo así como todas las maquinas del laboratorio de soldadura.





MODBUS RTU es el protocolo de comunicación óptimo para ser empleado en la red de comunicación entre la central de medida PM710 y la Portátil instalada en el laboratorio Multiplataforma, debido a que satisface las necesidades de velocidad y fiabilidad durante la adquisición de los valores de las variables eléctricas monitoreadas.

- Se optó por las comunicaciones inalámbricas ZIGBEE debido a su bajo consumo, fácil integración y a la fiabilidad que ofrece, debido a que la red se organiza y repara de manera automática además es la solución ideal a un cableado de más de 150m por ductos y canaletas saturados.
- Las variables eléctricas monitoreadas en tiempo real en el software eléctrico ETAP tienen un error que no sobrepasa el 3,5% en comparación con los registrados por la central de medida PM710, este porcentaje de error se debe a que para la transmisión de datos se empleo tarjetas XBEE PRO S1, dichos dispositivos son de baja velocidad y teóricamente tiene un alcance de 1.6 km en línea de vista, el alcance y velocidad de transmisión se reducen por la presencia de equipos de transmisión inalámbrica como wifi, bluetooth, etc., que trabajan a en la misma banda de 2.4 GHz. Por lo que, los datos llegan a la PC con un retraso de alrededor de 900ms.





- La calidad de energía en, cuanto a niveles de voltaje se refiere, es óptima ya que no existe una caída de voltaje superior al 5%, sin embargo el valor del factor de potencia está en un rango de 0.5-0.35 por debajo de lo permitido como consecuencia de las fluctuaciones de cargas durante el transcurso del día así como la naturaleza de las mismas, siendo el intervalo entre las 20:50 y las 7:20 el rango de tiempo en el que más cae el FP.
- El contenido de armónicos obtenido en el estudio realizado en el programa presenta un porcentaje elevado del contenido armónico 5° y 7° mientras que en los datos registrados hay una presencia importante del 3°. 5° y 7° armónico, porque no permite simular el tercer armónico ni sus múltiplos en el transformador.
- Los rangos de voltaje obtenidos en el estudio de flujos de potencia realizado evidencian que a cada carga llega un nivel de voltaje óptimo, dentro del rango de variación de +/-5% con respecto al nominal.





# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## ***RECOMENDACIONES***





- Impulsar trabajos futuros de tesis empleando el software Electrical Transient Analyzer Program (ETAP) para poder implementar un sistema SCADA y lograr una interfaz más amigable con el usuario.
- Acordar normas y horarios de uso del laboratorio multiplataforma, donde se encuentran las computadoras con el programa ETAP instalado, menos restrictivos y burocráticos para los estudiantes y docentes quienes se encuentren interesados en aprovechar los recursos y beneficios brindados en la licencia académica adquirida.
- Es necesario un aumento en el calibre de los conductores principales del sistema eléctrico si se incrementa carga al transformador de 100kVA T2, ya que los conductores actuales se saturarían, lo que provocará fallas importantes en el SEP y una disminución en la calidad de energía.







**GRACIAS POR SU  
ATENCIÓN.....**



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