

CURSO DE PROTECCIONES ELECTRICAS

SIPROTEC

SIEMENS

TABLA DE CONTENIDO

1.	RELES SIPROTEC.....	3
2.	MANEJO DEL DIGSI.....	3
2.1.	CREACIÓN DEL PROYECTO.....	3
2.2.	CREAR CARPETA Y RENOMBRAR LAS CELDAS.....	5
2.3.	CREAR RELE PARA UNA CONEXION FUTURA.....	5
2.4.	DEFINIR EL MFLB DE CADA EQUIPO.....	6
2.5.	INICIALIZAR EL RELE POR PRIMERA VEZ.....	7
2.6.	CONECTARSE POR PRIMERA VEZ CON UN EQUIPO EN SERVICIO.....	8
2.7.	PARAMETRIZACIÓN DEL RELÉ.....	9
2.8.	DATOS DEL SISTEMA DE POTENCIA.....	21
2.9.	SETTING GROUP A.....	23
2.10.	MODULO ANUNCIACIÓN, MEDICIÓN Y OSCILOGRAFIA.....	28
3.	RELES DE DISTANCIA 7SA522.....	29
3.1.	PROTECCIÓN DISTANCIA	30
3.2.	PROTECCION DE OSCILACION DE POTENCIA.....	34
3.3.	PROTECCION DE SOBRECORRIENTE DE EMERGENCIA.....	35
3.4.	PROTECCIÓN DE CIERRE BAJO FALLA.....	37
3.5.	FUNCION DE RECIERRE O REENGANCHE.....	38
3.6.	PROTECCION FALLO INTERRUPTOR.....	39
3.7.	FUNCION DE SINCRONISMO.....	40
4.	RELES DE SOBRECORRIENTE 7SJ63.....	41
4.1.	PROTECCION DE SOBRECORRIENTE.....	42
4.2.	PROTECCION DE SOBRECARGA TERMICA.....	42
4.2.1.	FACTOR K.....	42
4.2.2.	CONSTANTE DE TIEMPO τ	43
4.3.	SUPERVISIÓN DEL CIRCUITO DE DISPARO.....	44
4.3.1.	SUPERVISIÓN CON 2 ENTRADAS BINARIAS.....	44
4.3.2.	SUPERVISIÓN CON 1 ENTRADA BINARIA.....	46
5.	RELES DIFERENCIALES 7UT612.....	46
5.1.	PROTECCION DIFERENCIAL.....	47
5.2.	PROTECCION MASA CUBA DEL TRANSFORMADOR.....	49
6.	GESTION DE PROTECCIONES.....	50
7.	MANTENIMIENTO DE LAS PROTECCIONES.....	51
7.1.	GENERALIDADES.....	51
7.2.	RUTINAS DE PRUEBAS.....	52
7.3.	CAMBIO DE LA BATERIA.....	52
7.4.	FALLAS DEL RELÉ.....	52

1. RELES SIPROTEC

Los relés Siprotec son la última versión de equipos de protección y control - ofrecidos por Siemens, para generadores, motores, transformadores y líneas de transmisión.



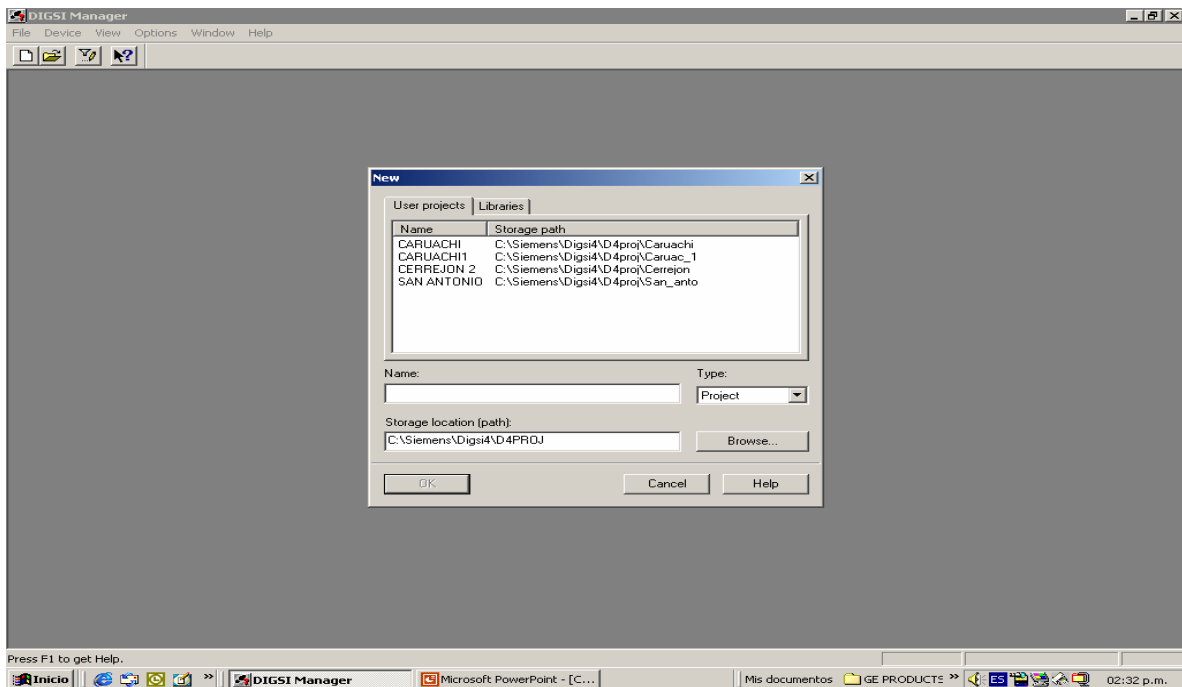
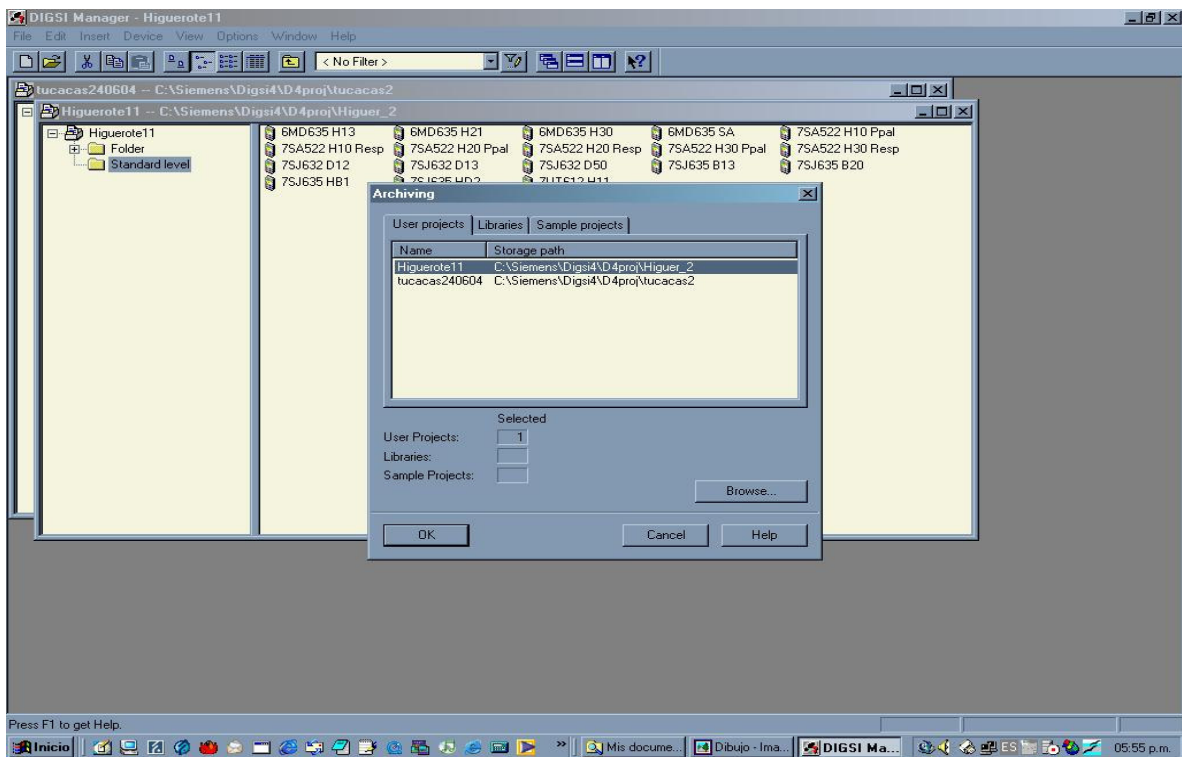
Capaces de ser integrados a través de redes PROFIBUS para la completa automatización de una subestación eléctrica, ofrecen de una manera integrada las funciones de protección y control.

2. MANEJO DEL DIGSI

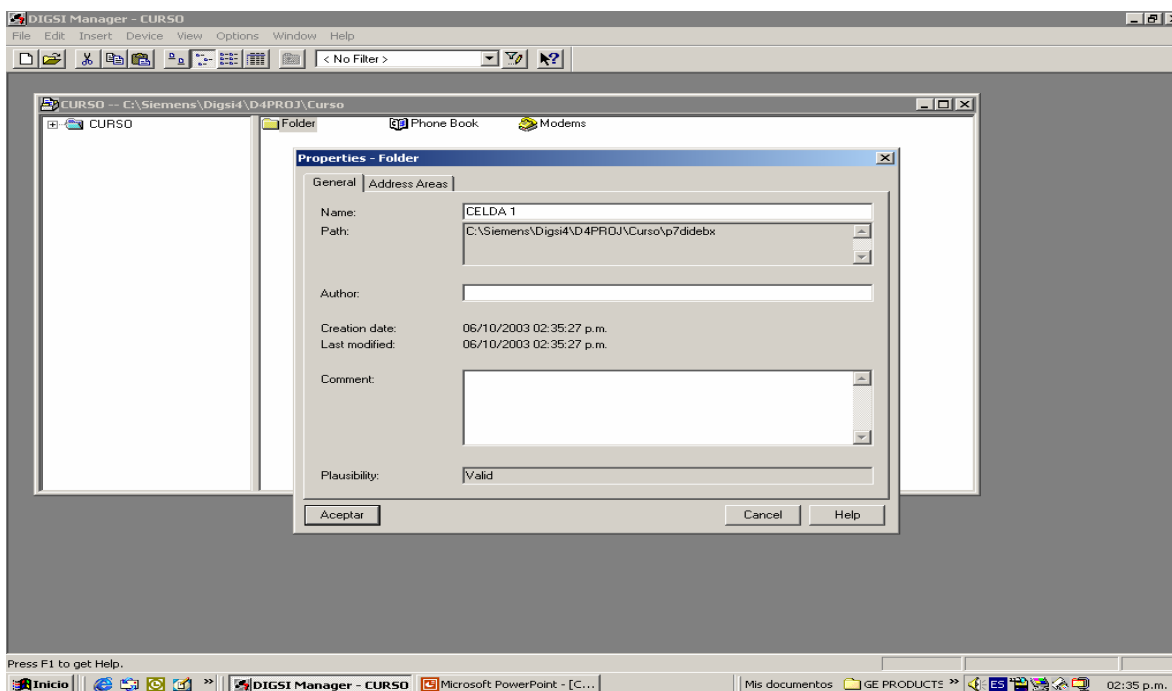
Los relés de protección SIPROTEC se programan a través del software DIGSI, el cual maneja un ambiente Windows, de fácil manejo y comprensión.

2.1. CREACION DEL PROYECTO

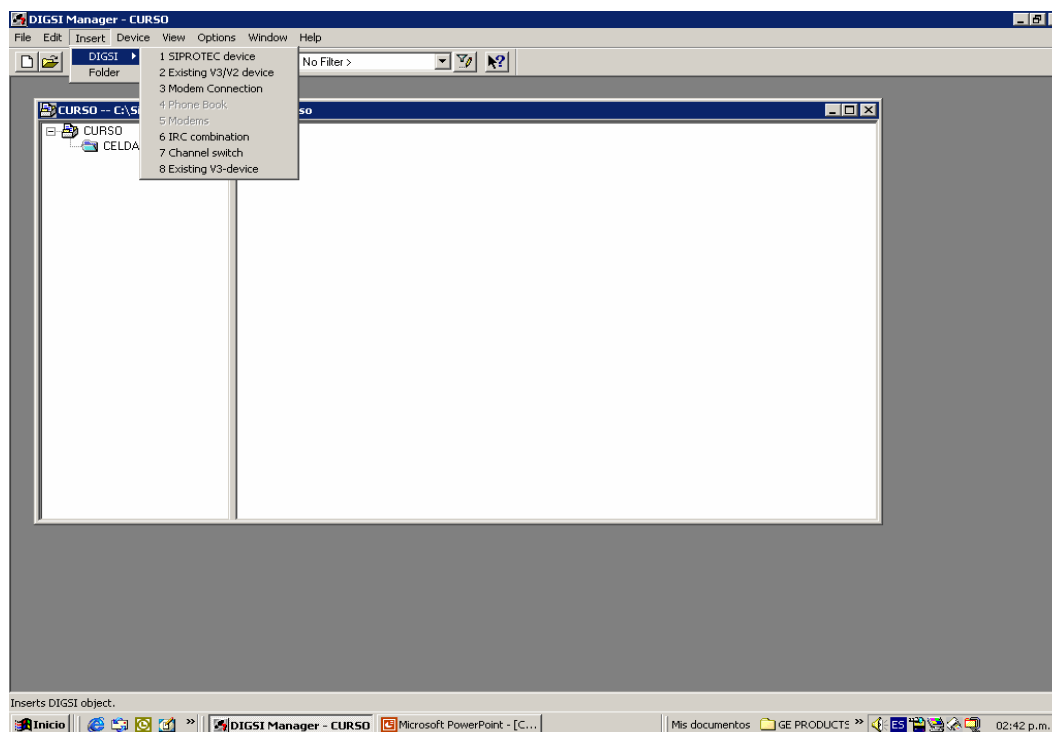
El primer paso para crear un proyecto es darle un nombre, DIGSI se encargará de ubicarlo dentro de la carpeta siemens/d4proj en el disco duro del computador. En caso de que se desee reinstalar el programa DIGSI, es necesario grabar estos proyectos, de lo contrario se borrarán al desinstalar el software. Para esto se puede utilizar la función Archive ubicada en el primer menú, solamente es necesario elegir el programa de compresión que se utilizará, por ejemplo el winzip.

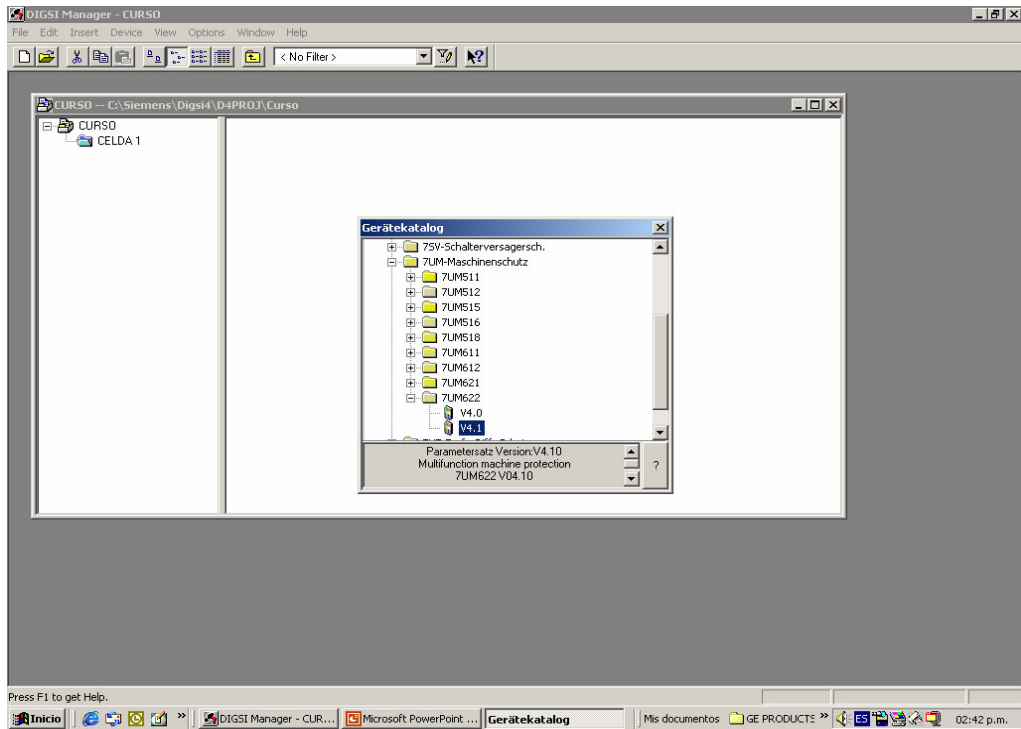


2.2. CREAR CARPETA Y RENOMBRAR LAS CELDAS

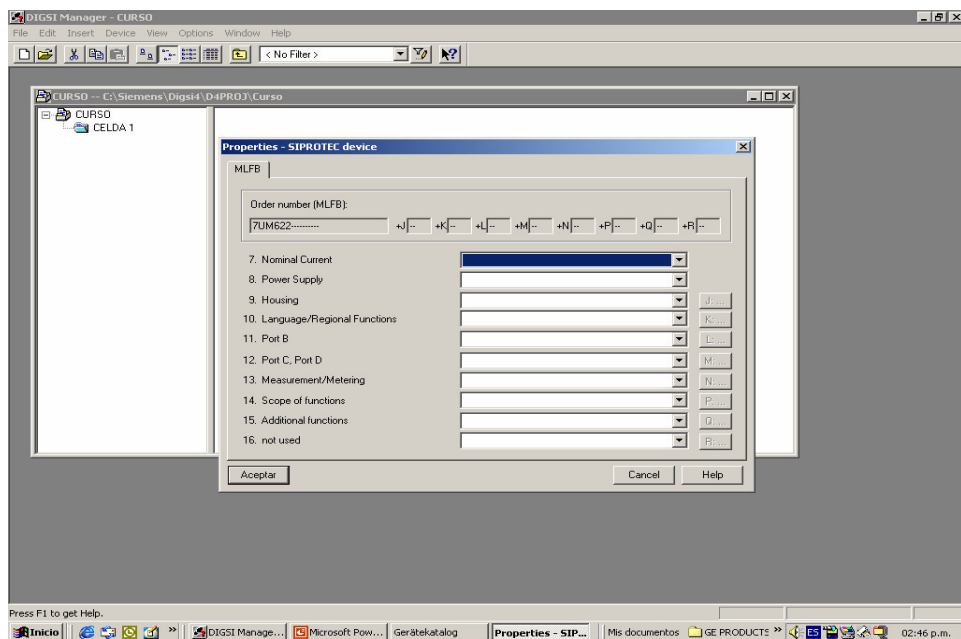


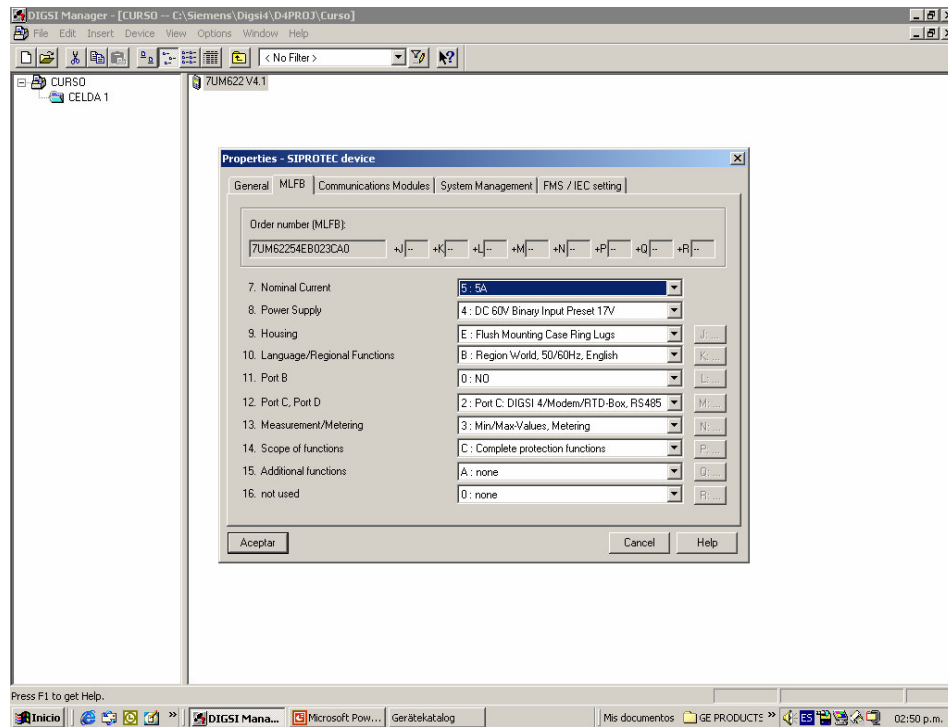
2.3. CREAR RELE PARA UNA CONEXION FUTURA



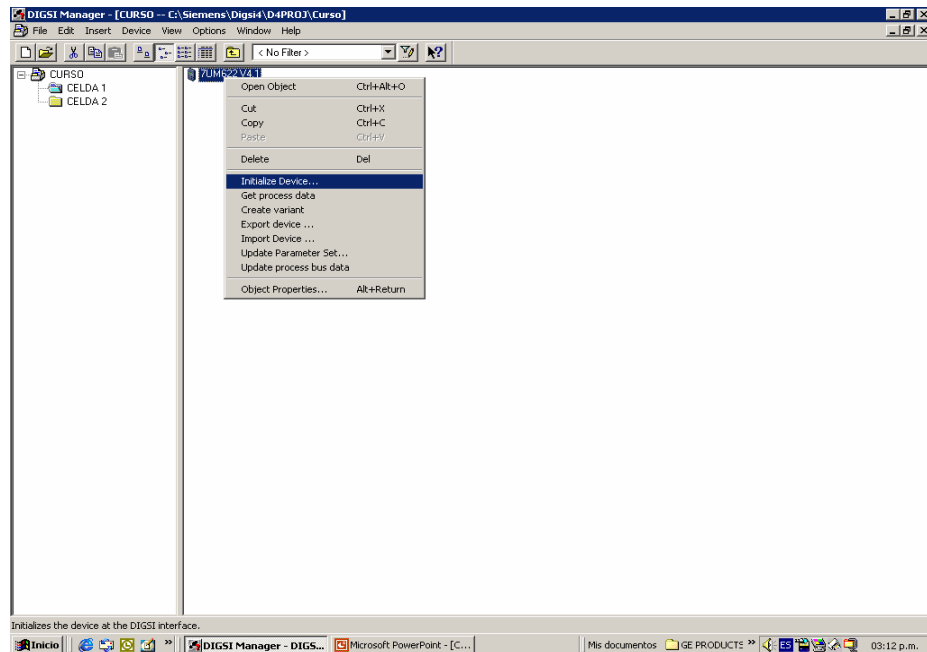


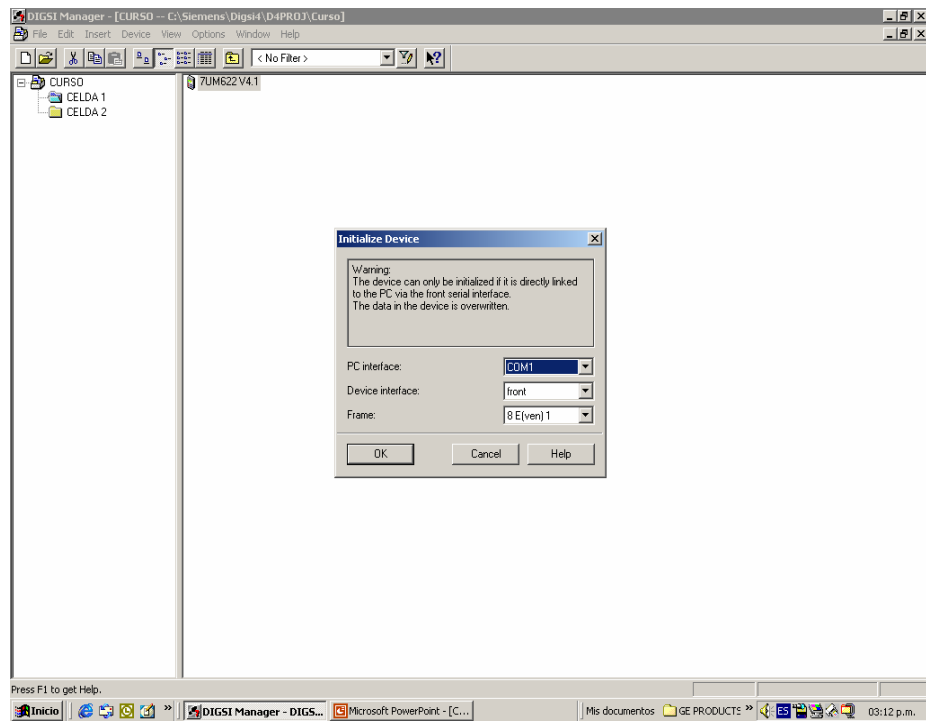
2.4. DEFINIR EL MLFB DE CADA EQUIPO



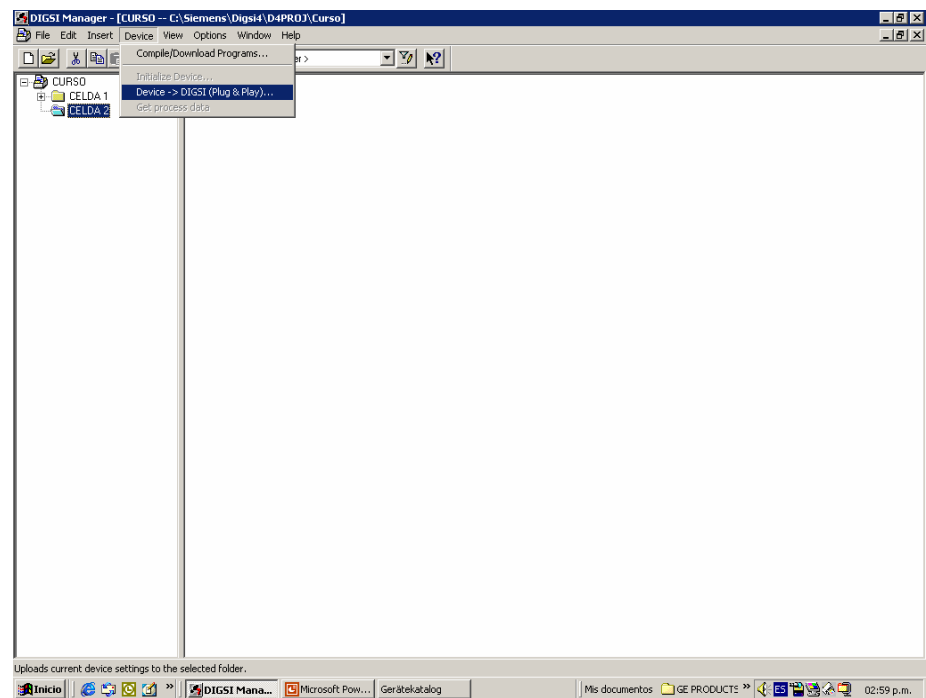


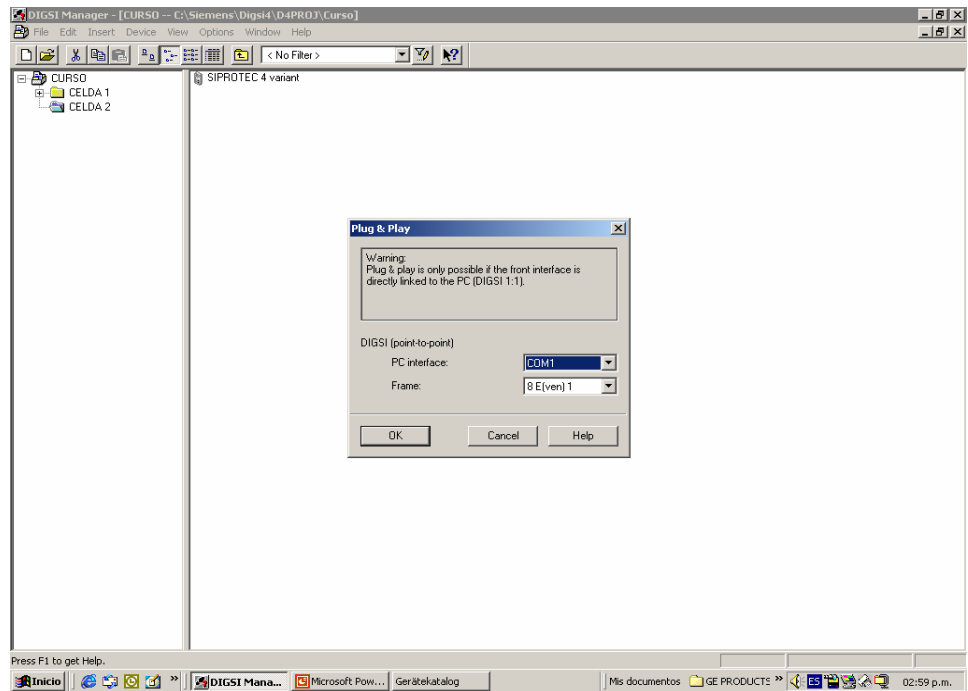
2.5. INICIALIZAR EL RELE POR PRIMERA VEZ



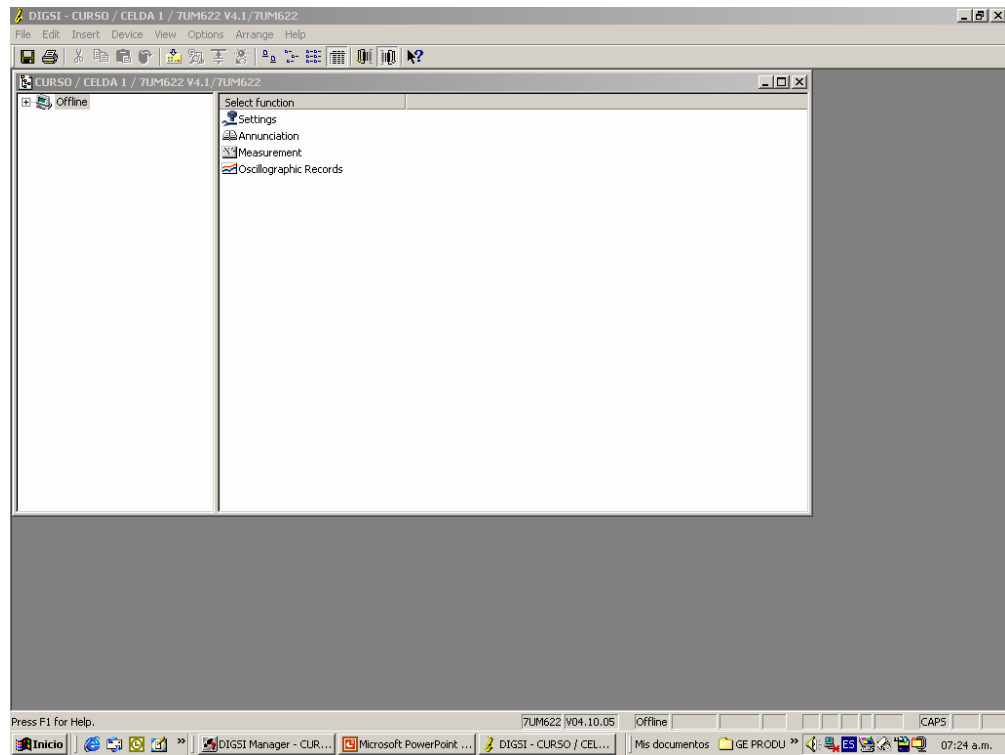


2.6. CONECTARSE POR PRIMERA VEZ CON UN EQUIPO EN SERVICIO

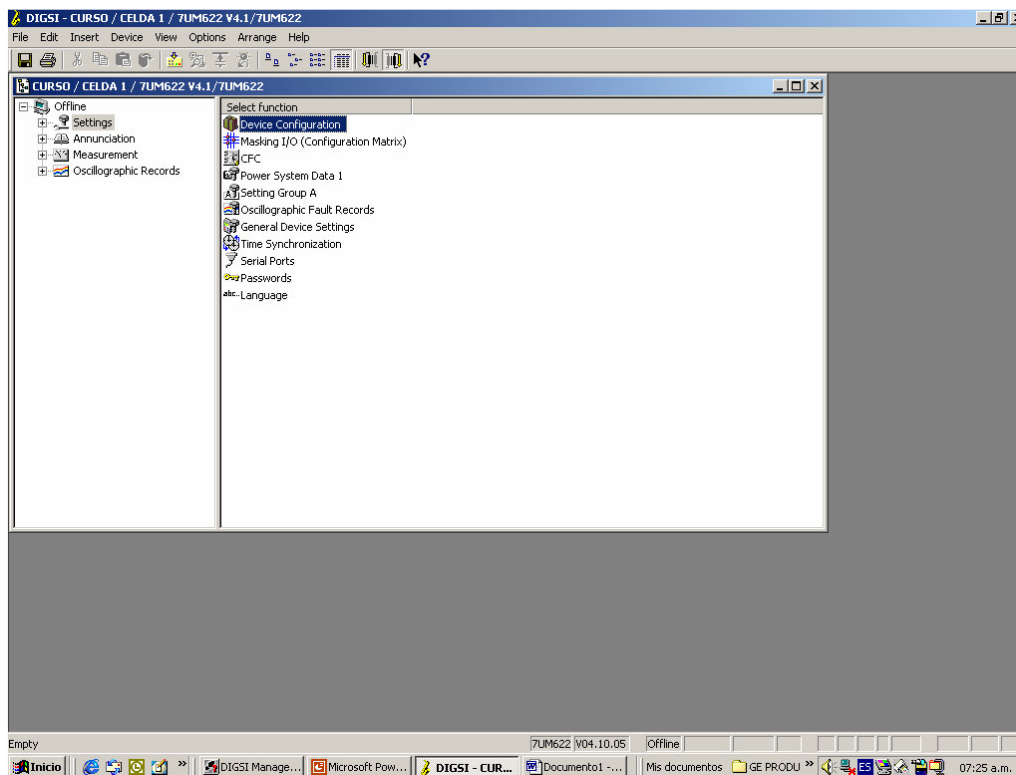




2.7. PARAMETRIZACIÓN DEL RELÉ

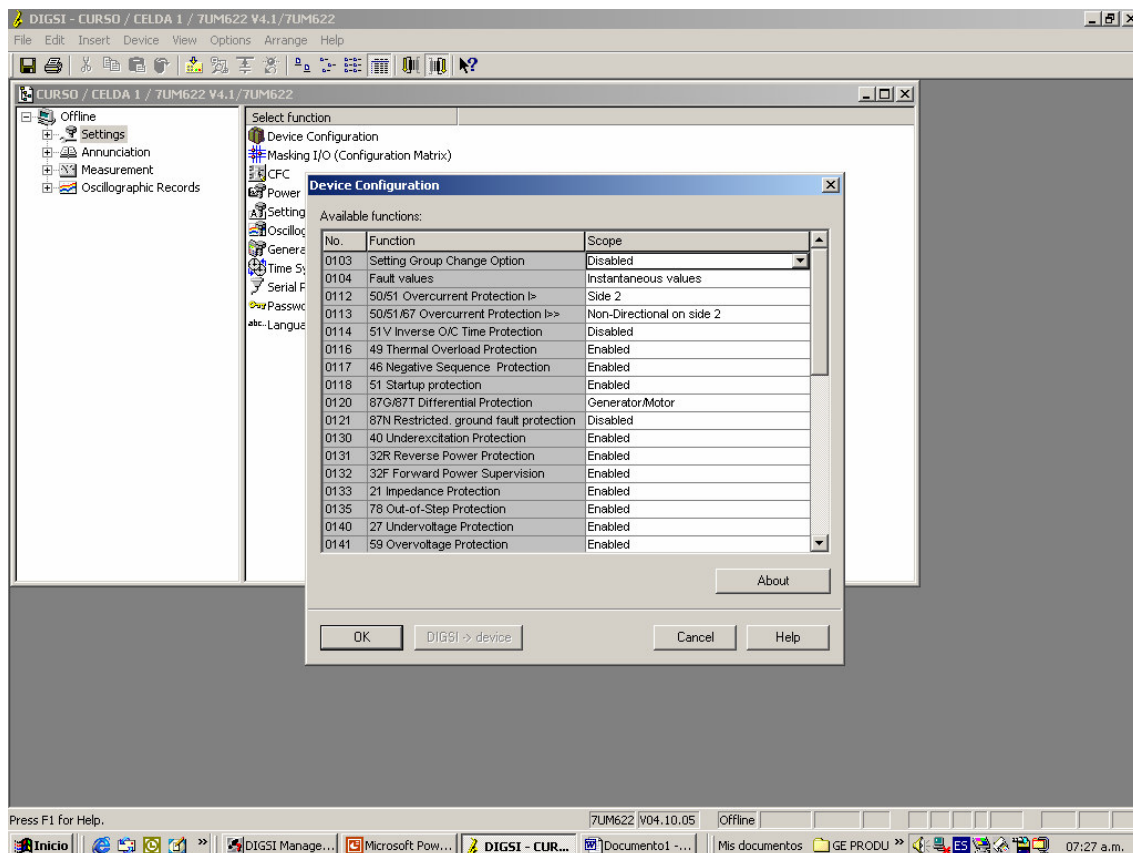


Menú básico



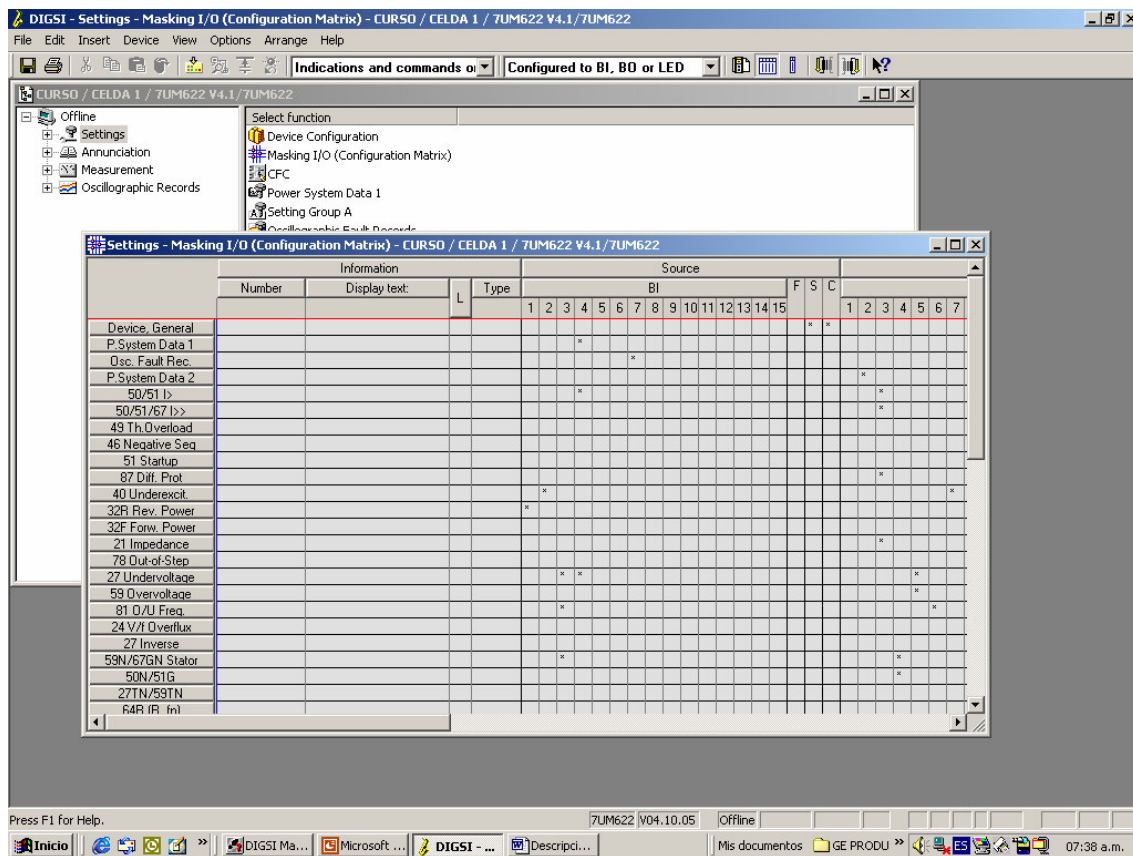
Configuración del elemento

En este menú se determinan las funciones y las protecciones que quedarán activas en el relé.



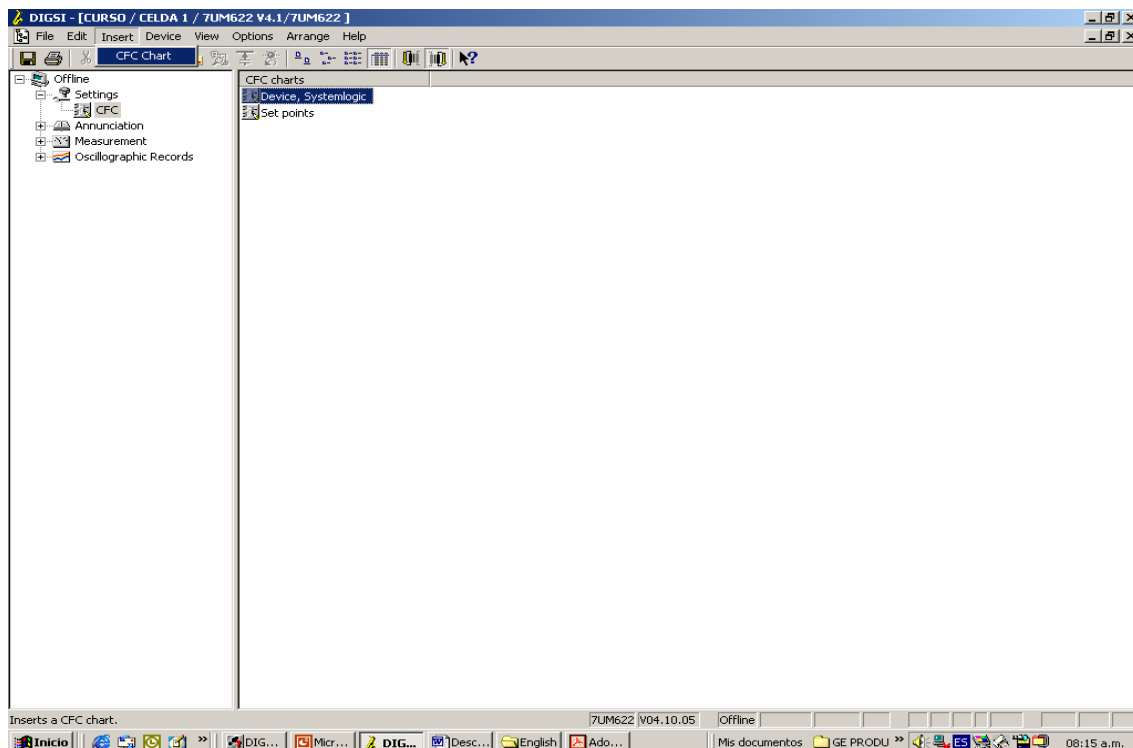
Cada una de las funciones que se activen en este menú serán las que se desplieguen en los menús siguientes, por ejemplo en configuración de la matriz o en los ajustes de las protecciones.

Cualquier cambio que se realice en esta o cualquier pantalla no están salvados ni en el archivo ni en el relé. Para salvar esto en el archivo es necesario dar la orden de salvar o si se quieren salvar en el relé se debe enviar el cambio a través del comando DIGSI - > device mas el código 000000 .

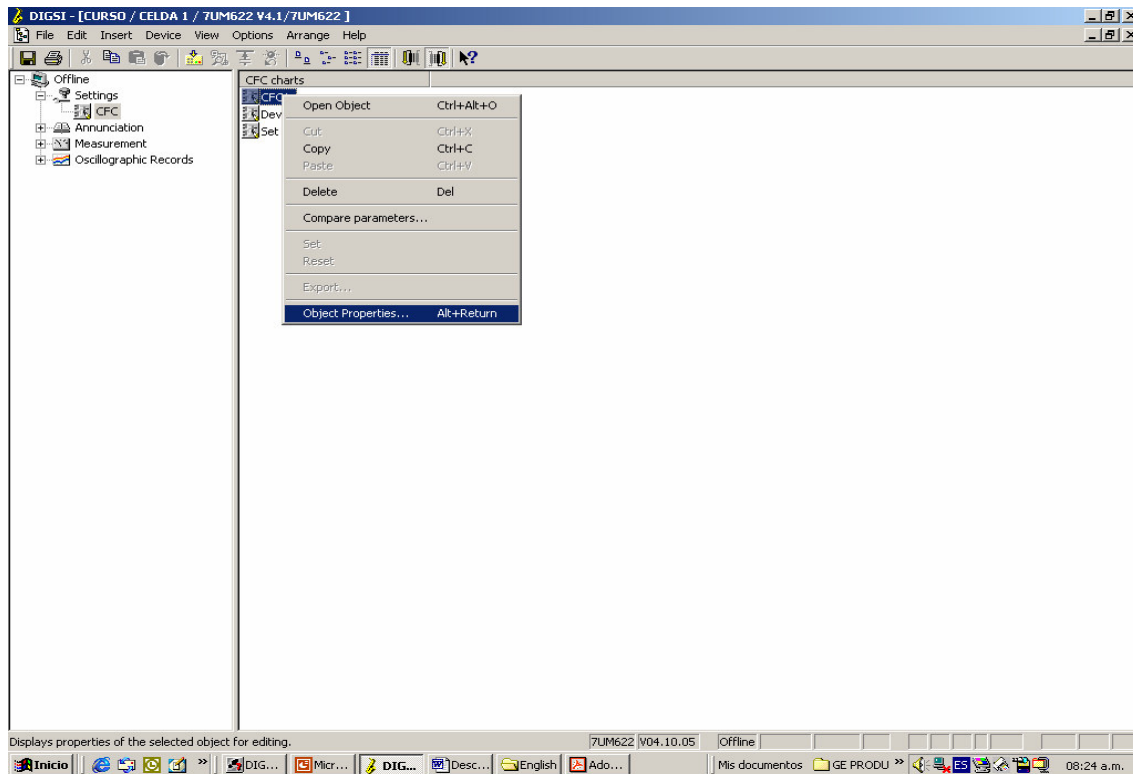


En el menú Configuración de la Matriz, es donde se realiza la parametrización de todas las entradas binarias, salidas binarias, indicación de leds, direccionamiento de señales hacia la red de comunicación, configuración de las llaves de funciones, direccionamiento de señales hacia los CFC (Continuos Funcion Chart).

Se observa como el disparo de la protección de sobrecarga térmica actúa por la salida binaria 20 y solo permanecerá cerrado mientras la orden de disparo esté activa (U Unlatched), el led 2 indicará localmente cuando ocurra el disparo y se mantendrá encendido hasta que se de el reset de la señal (L Latched), también se tendrá indicación del disparo a través del sistema SCADA y una entrada para la lógica de los CFC.



Para crear un nuevo CFC presione en el menú CFC lo que mostrará la pantalla actual, luego en el comando insert seleccione con el mouse CFC chart y el programa le insertará un nuevo CFC el cual denomina CFC1, si desea cambiar el nombre con el botón derecho del mouse podrá seleccionarlo y en propiedades del objeto podrá realizar el cambio de nombre como se muestra en la figura siguiente.



Para implementar el CFC se requiere regresar al menú de configuración de la matriz y así poder configurar las entradas y las salidas de las compuertas lógicas, además si se utilizan nuevos elementos dentro de la matriz, es necesario introducirlos en ella, como se muestra a continuación:

The screenshot displays the DIGSI 1 software interface. The top menu bar includes File, Edit, Insert, Device, View, Options, Arrange, and Help. Below the menu is a toolbar with various icons for file operations and device management.

The main window features a large table with columns for Information, Source, and Destination. The Information column has sub-columns for Number, Display text, L, and Type. The Source column has sub-columns for BI (1-15), F, S, C, BO, LE, B, O, T, S, C, CM. The Destination column has sub-columns for B, O, T, S, C, CM.

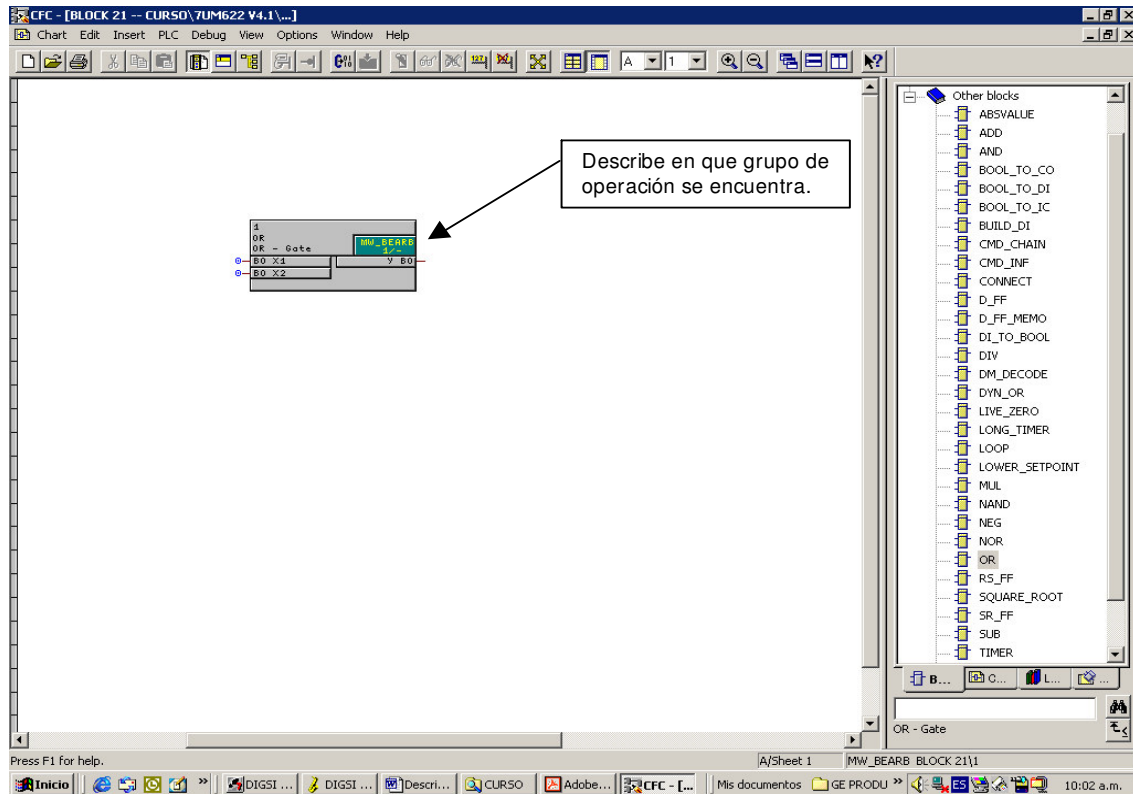
An "Information catalog" window is open, displaying a tree view of available information items:

- Annunciations
 - Single Point (SP)
 - ON/OFF (SP)**
 - Open/Close (SP)
 - Double Point (DP)
 - Output SLOW
 - Output FAST
 - Tagging
 - Transformer Tap Changer
 - Control without FeedBack
 - Control with FeedBack
 - Measurement
 - PowerMeter

At the bottom of the catalog window, it says "Entry into Buffer: ON/OFF".

The main table shows data for various devices and parameters, such as "Device, General", "P.System Data 1", "Dsc. Fault Rec.", "P.System Data 2", "50/51 I>", "50/51/57 I>>", "49 Th Overload", "46 Negative Seq", "51 Startup", "87 Diff. Prot", "40 Underexcit.", "32R Rev. Power", "32F Forw. Power", "21 Impedance", "78 Out-of-Step", "27 Undervoltage", "59 Overvoltage", "81 O/U Freq", "24 V/I Overflux", "27 Inverse", "59N/57GN Stator", "50N/51G", "27IN/53TN", "64FL IB, In)", and "48 Start Motor".

Luego de que se introducen los nuevos elementos en la matriz, y se ha creado el CFC, se procede a construirlo:



Por defecto toda nueva compuerta que se seleccione, siempre será creada en el módulo MW_BEAR (Módulo de medición) lo cual no siempre es correcto. Existen cuatro prioridades de ejecución las cuales son:

PLC (Fast PLC)

Se utiliza para implementar funciones de protección

Puede bloquear protecciones.

Solo existen pocos módulos.

Arranca inmediatamente hay un cambio de estado en una de las entradas.

PLC1 (Slow PLC)

Es la función más utilizada para temporizados y controles.

No bloquea protecciones

Arranca inmediatamente después de un cambio de estado de una entrada.

SFS (Switchgear Interlocking)

Verifica los bloqueos con los componentes de campo.

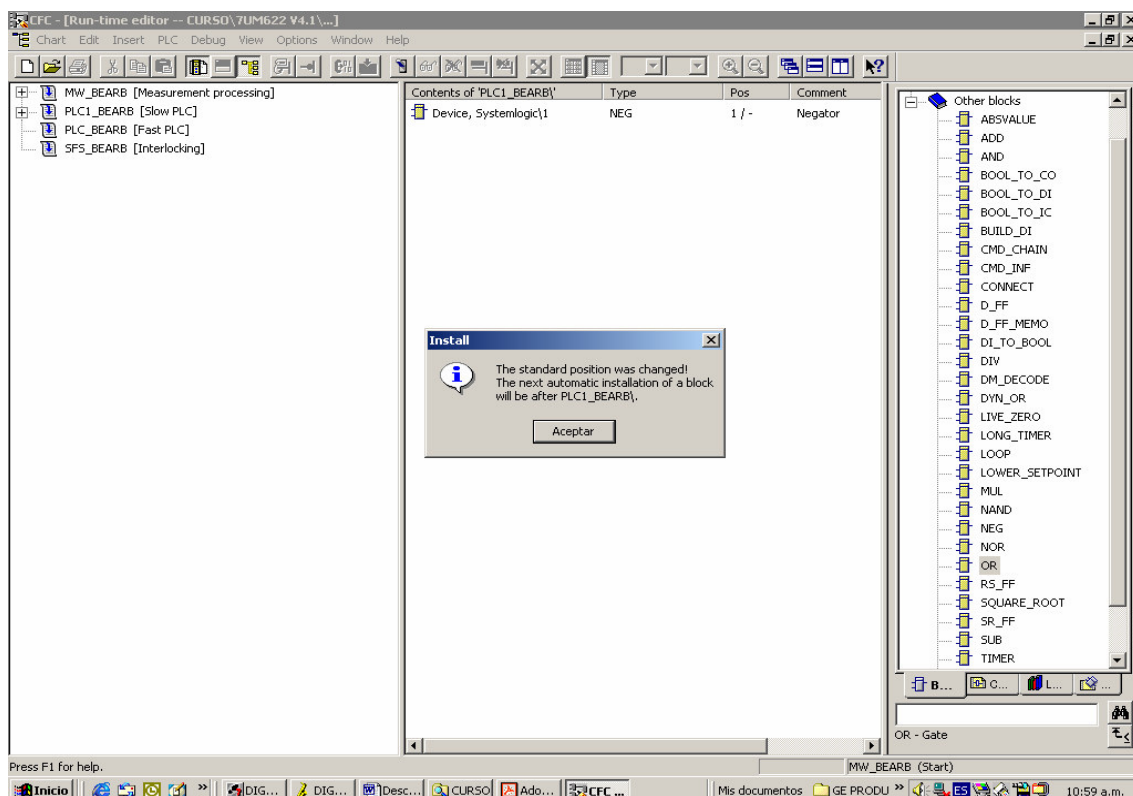
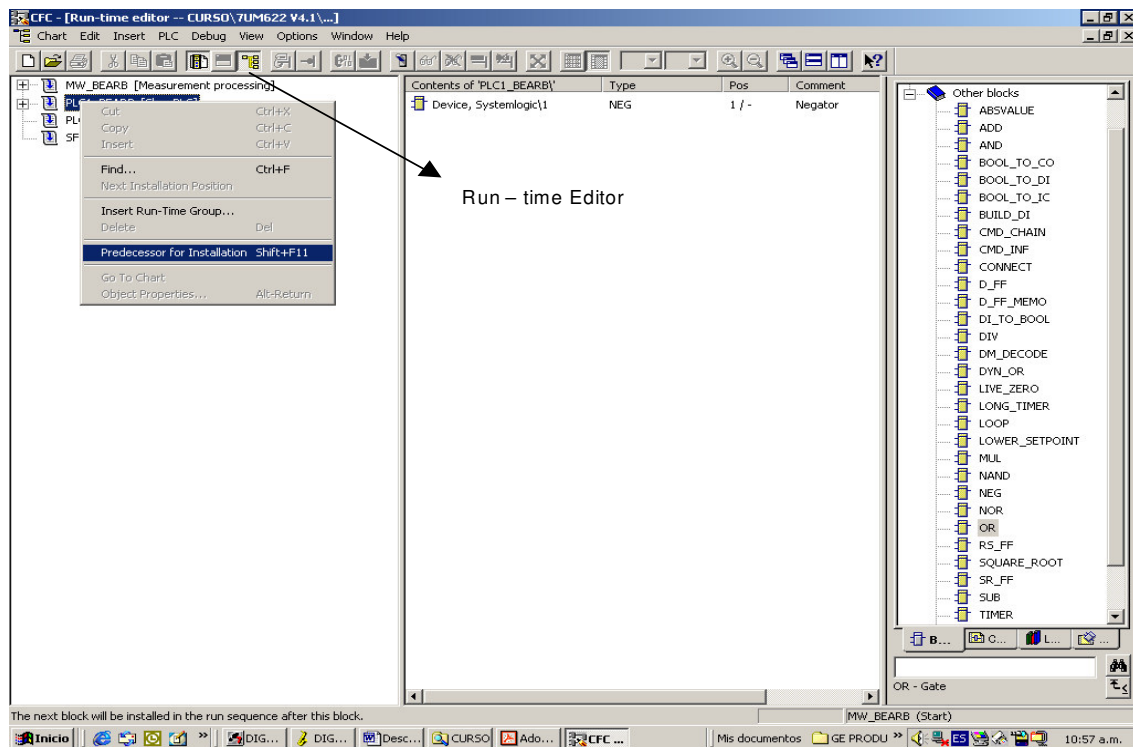
Arranca automáticamente cuando hay un comando de control.

MW (Measured value processing)

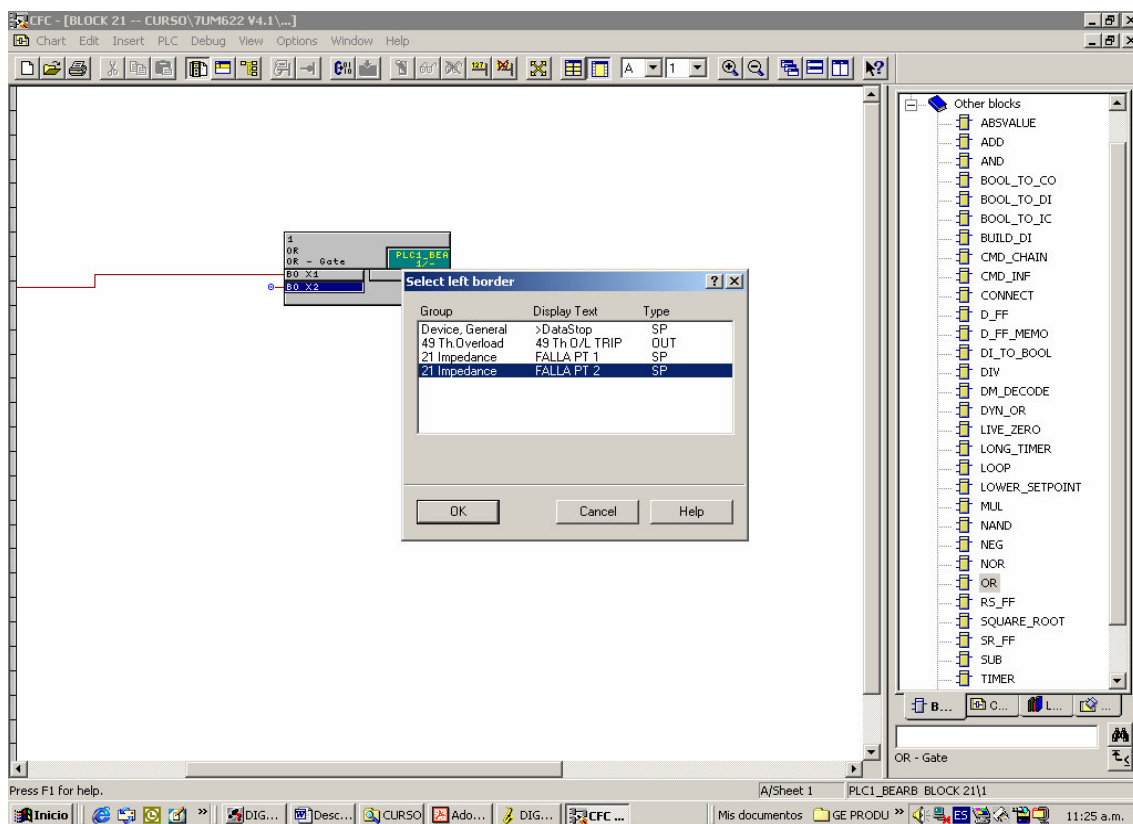
Configura y compara valores de medición. Se utiliza para implementar protecciones adicionales como factor de potencia (ANSI 55) .

Arranca automáticamente cada 600 ms.

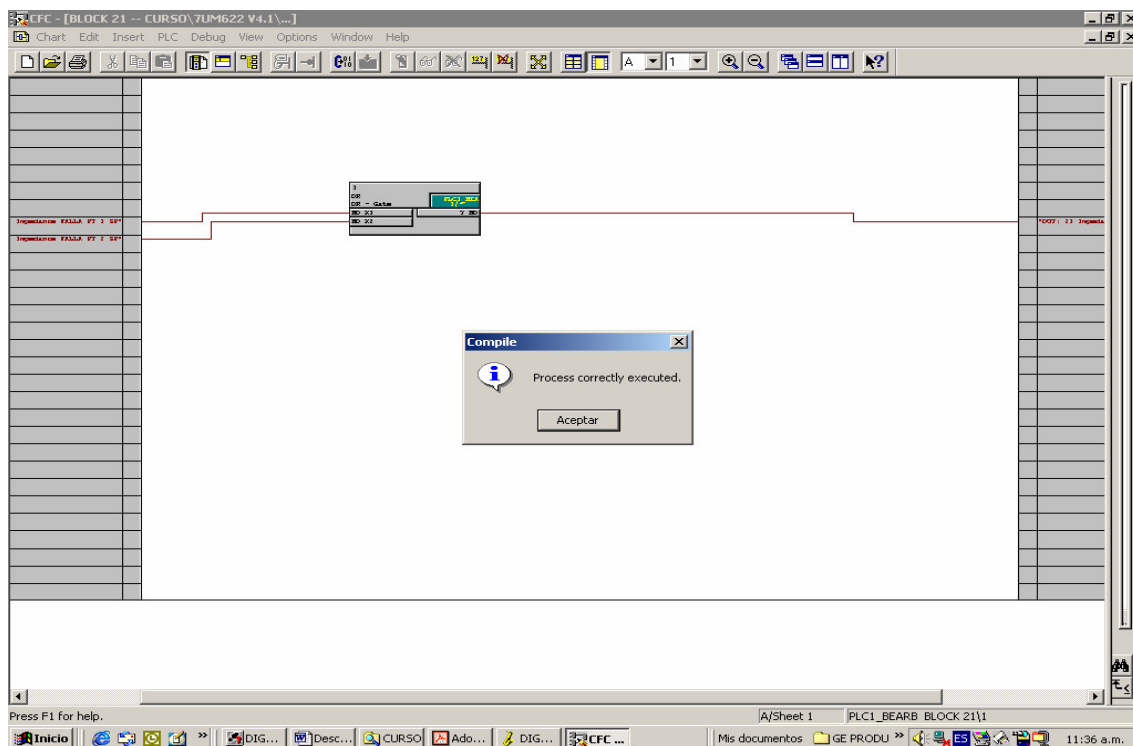
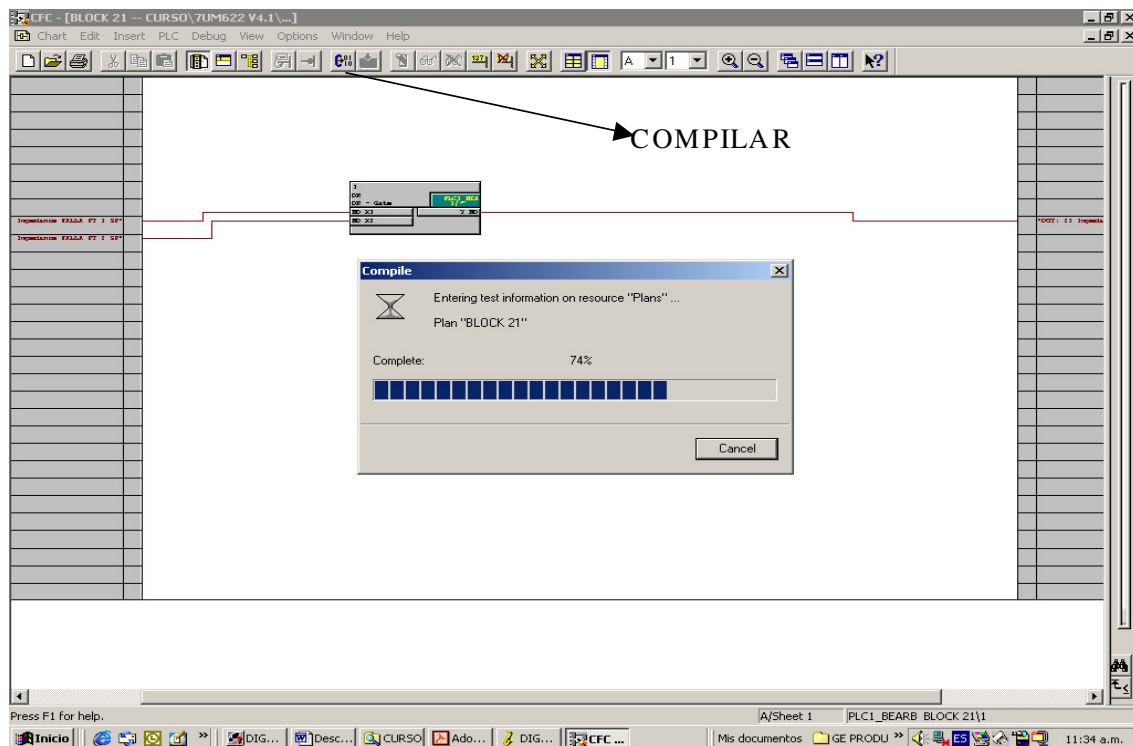
Para cambiar de módulo de ejecución, seleccione el comando Run-Time Editor, cambie la prioridad seleccionando PLC1_BEARB y seleccione la opción “Predecesor para instalación”



Para interconectar las entradas de la compuerta seleccione con el botón derecho del mouse sobre la entrada BO X1 “CONECTE CON LA DIRECCIÓN”

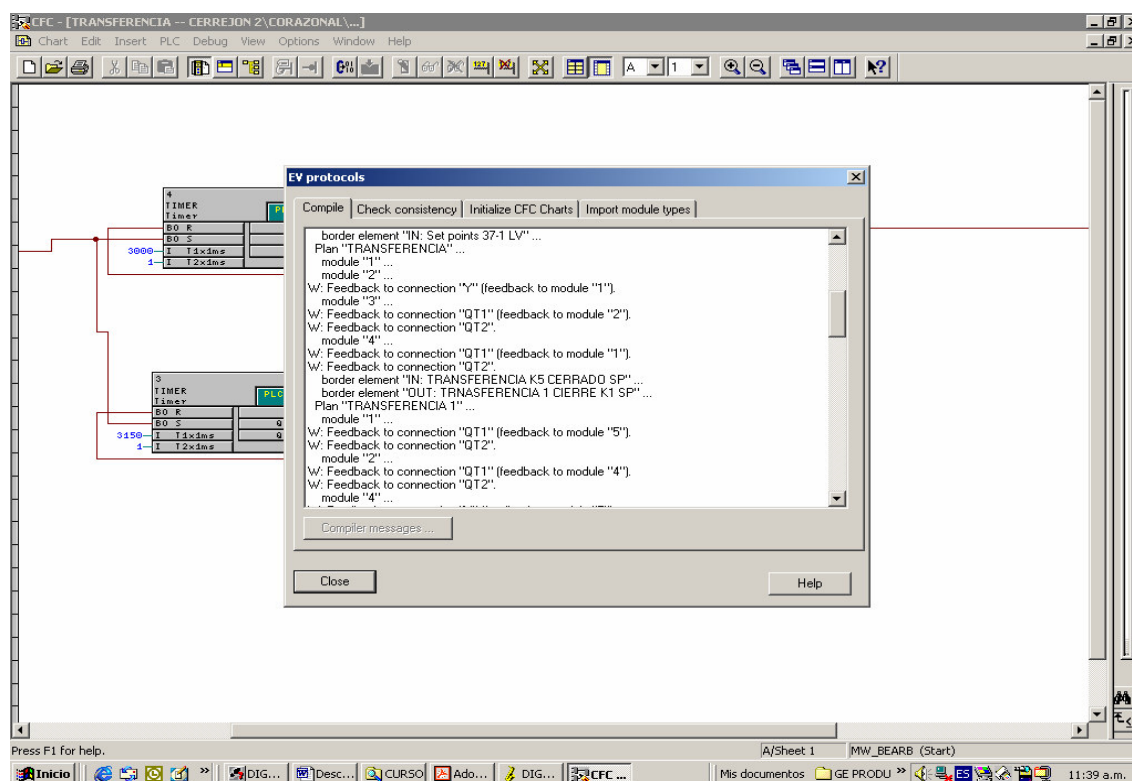


Hasta este momento los cambios solo se han realizado en la pantalla del computador, para que estos se puedan ejecutar en el relé es necesario compilar la información y posteriormente enviarla al relé.



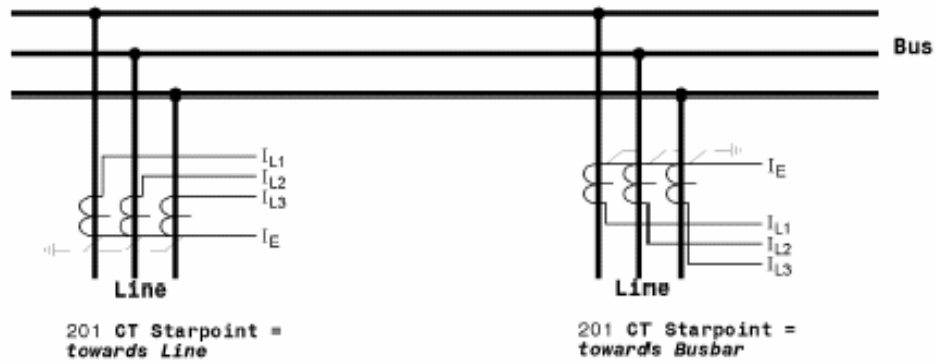
En el proceso de compilar puede dar como resultado que el proceso fue ejecutado correctamente, con precauciones o con falla, las precauciones (Warning) pueden ser tolerables dependiendo del criterio del programador y las fallas nunca se podrán tolerar.

Las precauciones(Warning) o los errores (Fault) son mostrados en el reporte de compilación al lado izquierdo por la letra W o F como se muestra en la grafica siguiente.

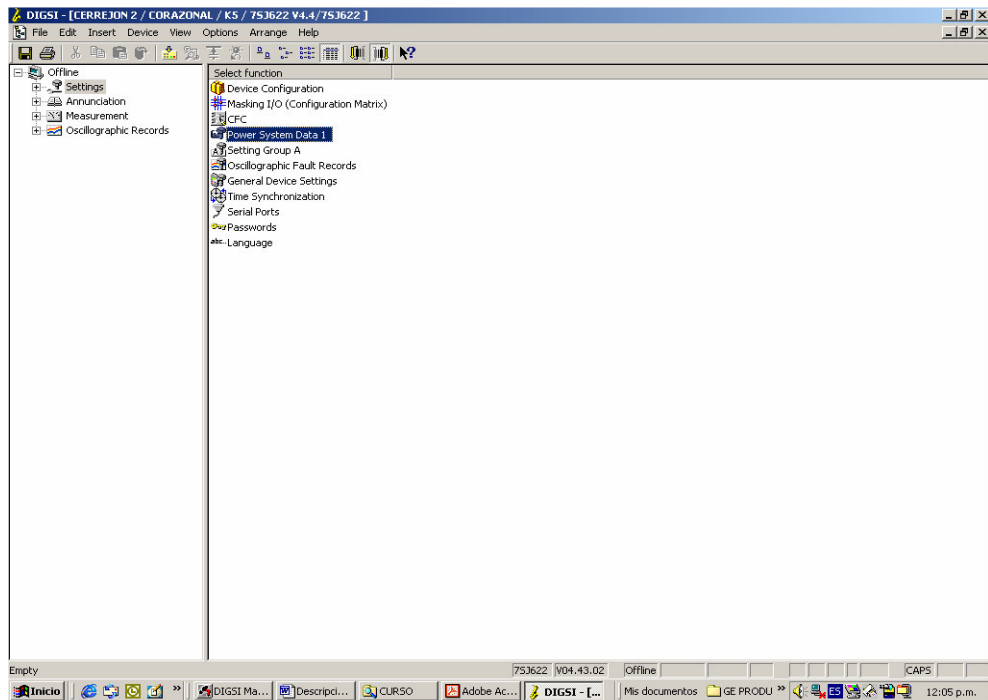


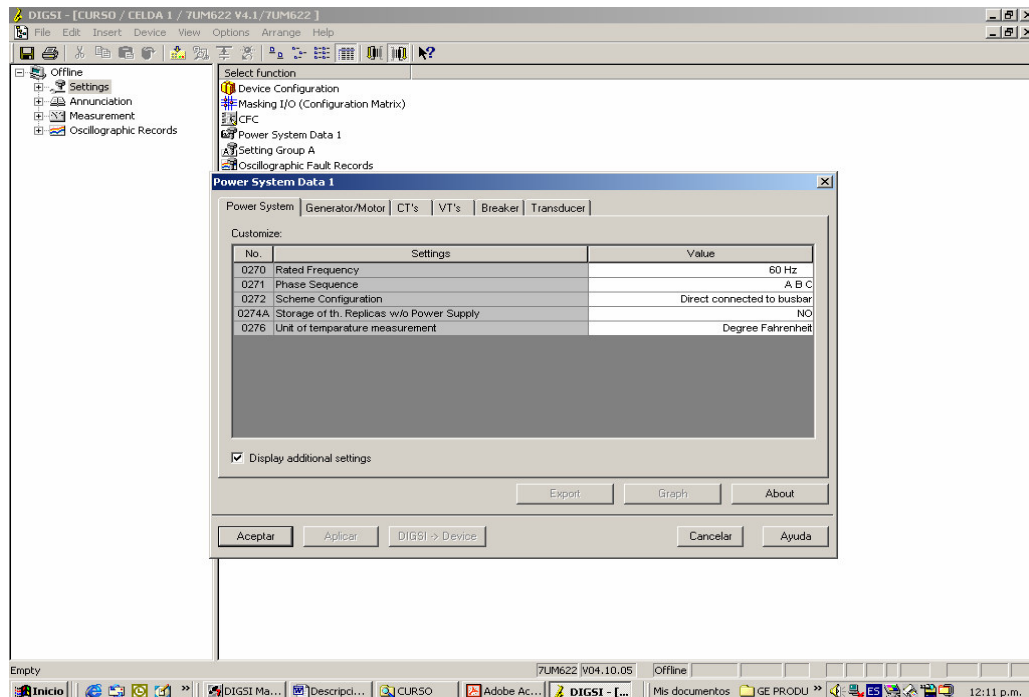
2.8. DATOS DEL SISTEMA DE POTENCIA

En este menú se introducen todos los datos del sistema de potencia, tales como la frecuencia del sistema, secuencia, relación de los transformadores de corriente, relación de los transformadores de tensión, punto estrella de los CT's, como se muestra a continuación:

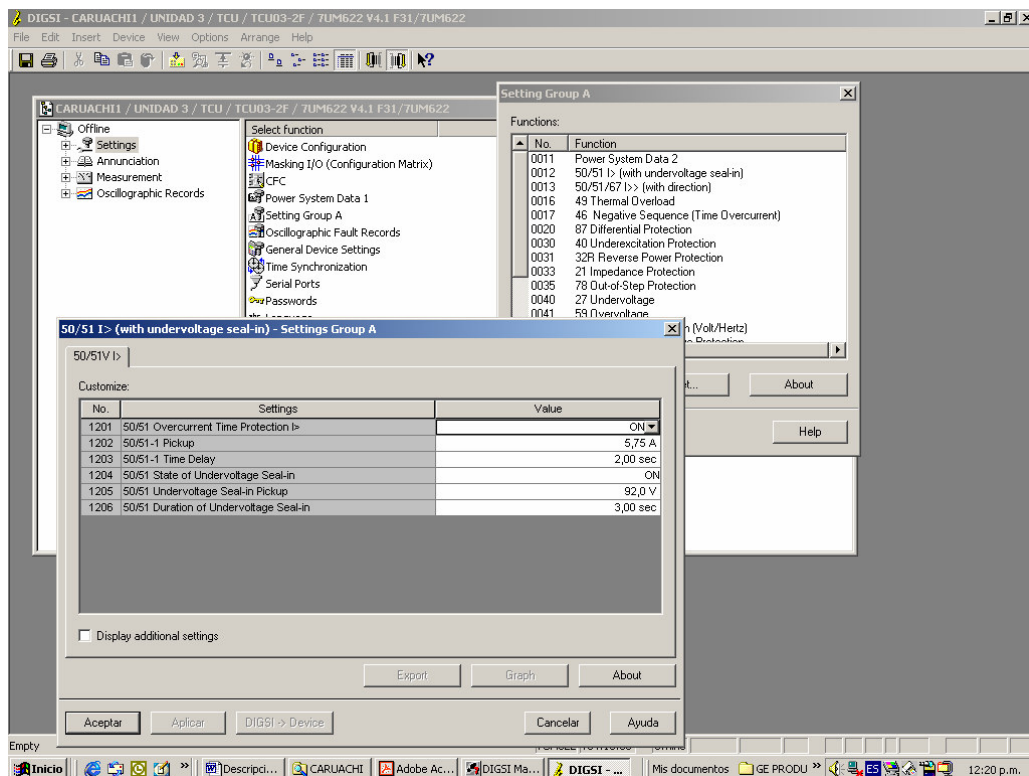


dependiendo de la conexión que tengan nuestros transformadores de corriente, se elige el punto estrella, ya sea hacia la barra o hacia la línea.



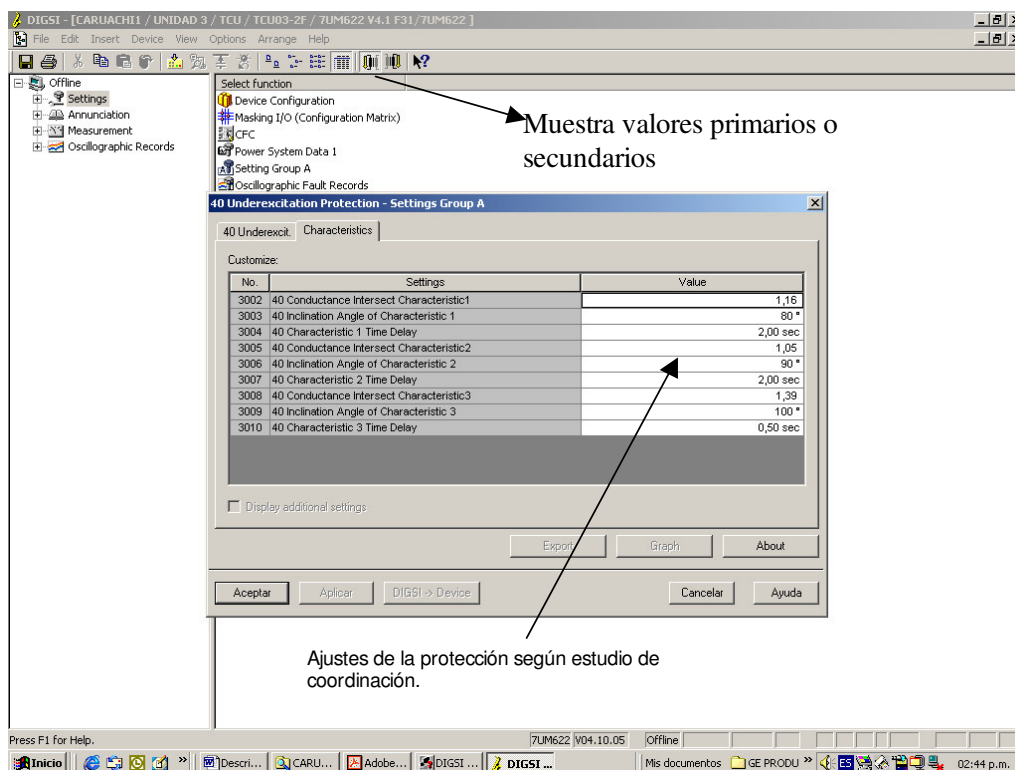


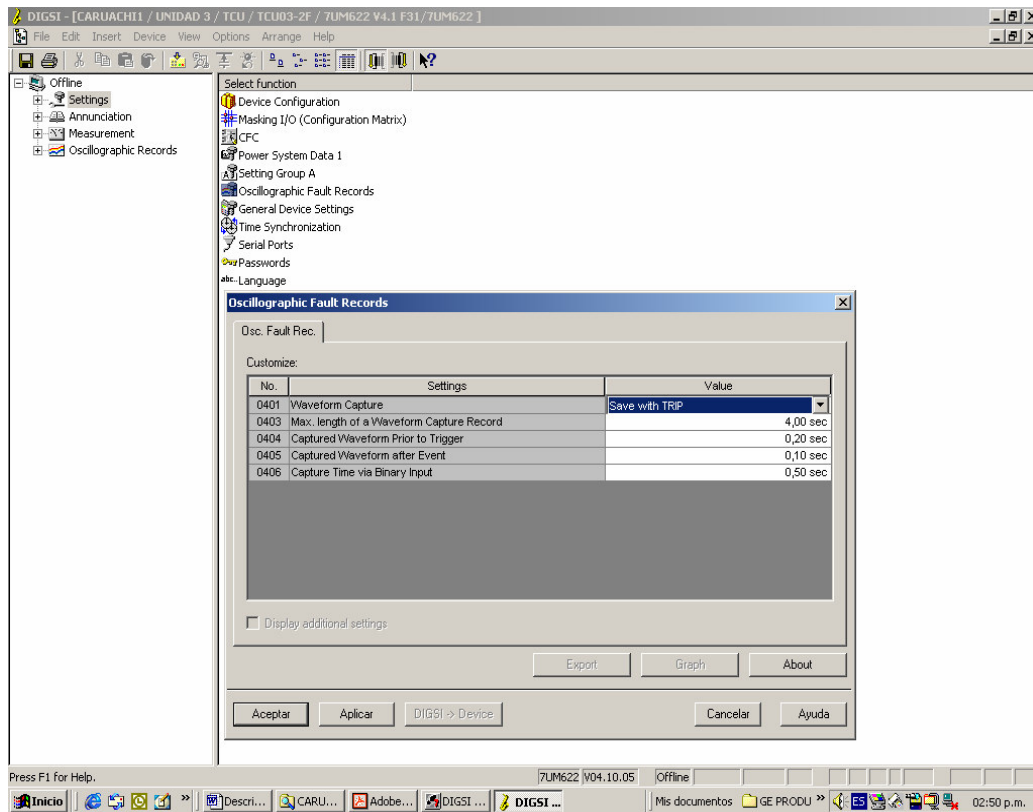
2.9. SETTING GROUP A



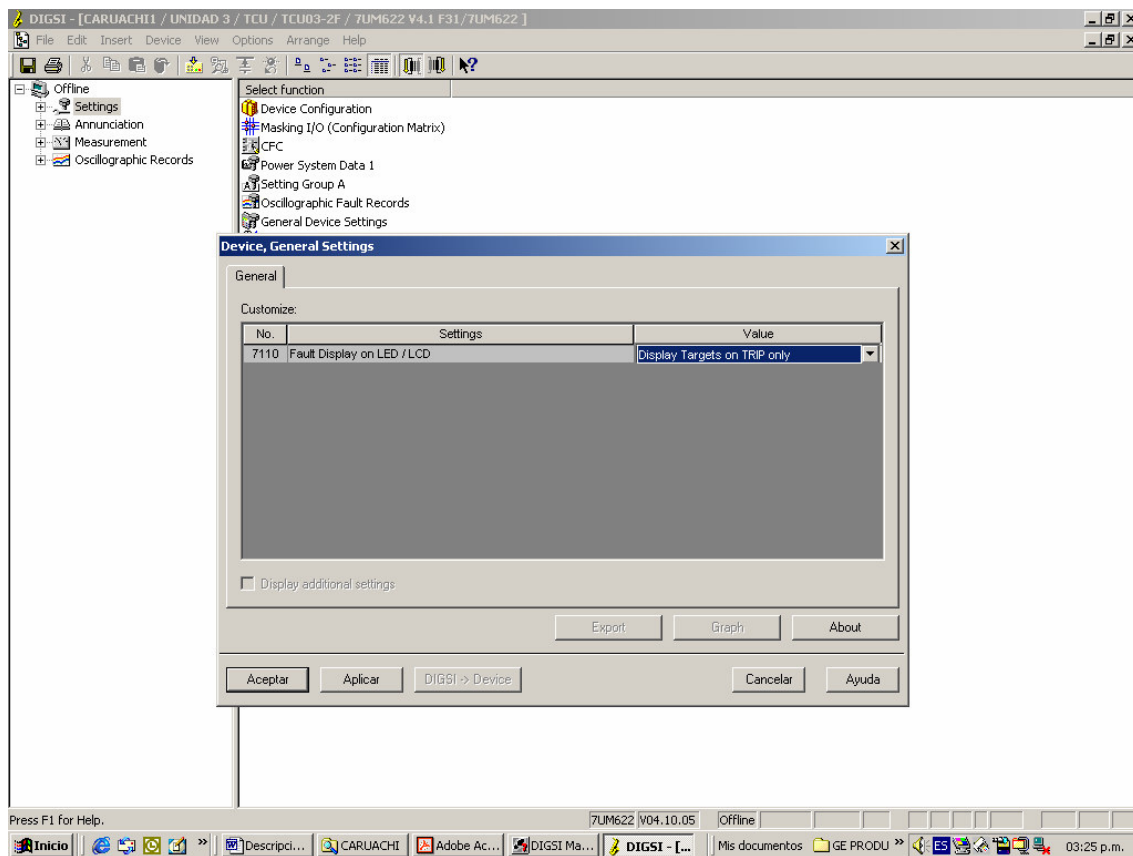
En este menú se pueden parametrizar todas las protecciones que quedaron activas en el menú DEVICE CONFIGURATION. Cada una de las protecciones por

separado se puede activar o desactivar y ajustar sus parámetros en valores primarios o secundarios, de acuerdo al estudio de coordinación deseado como se muestra a continuación

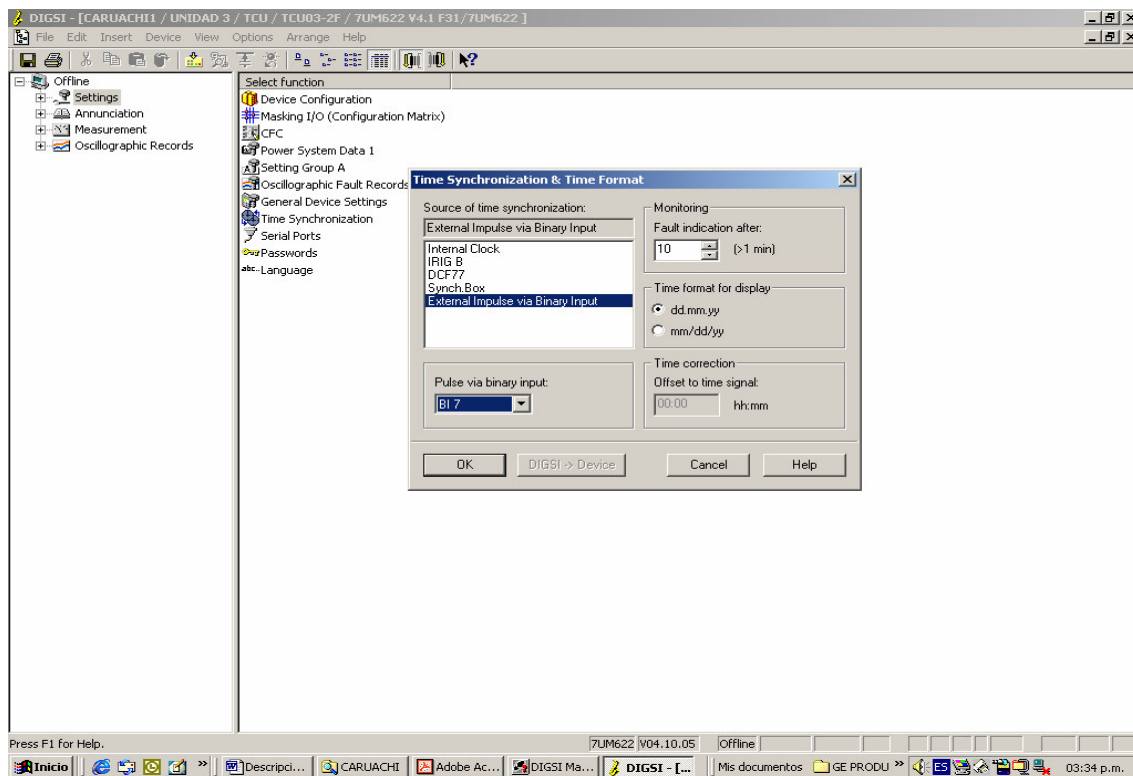




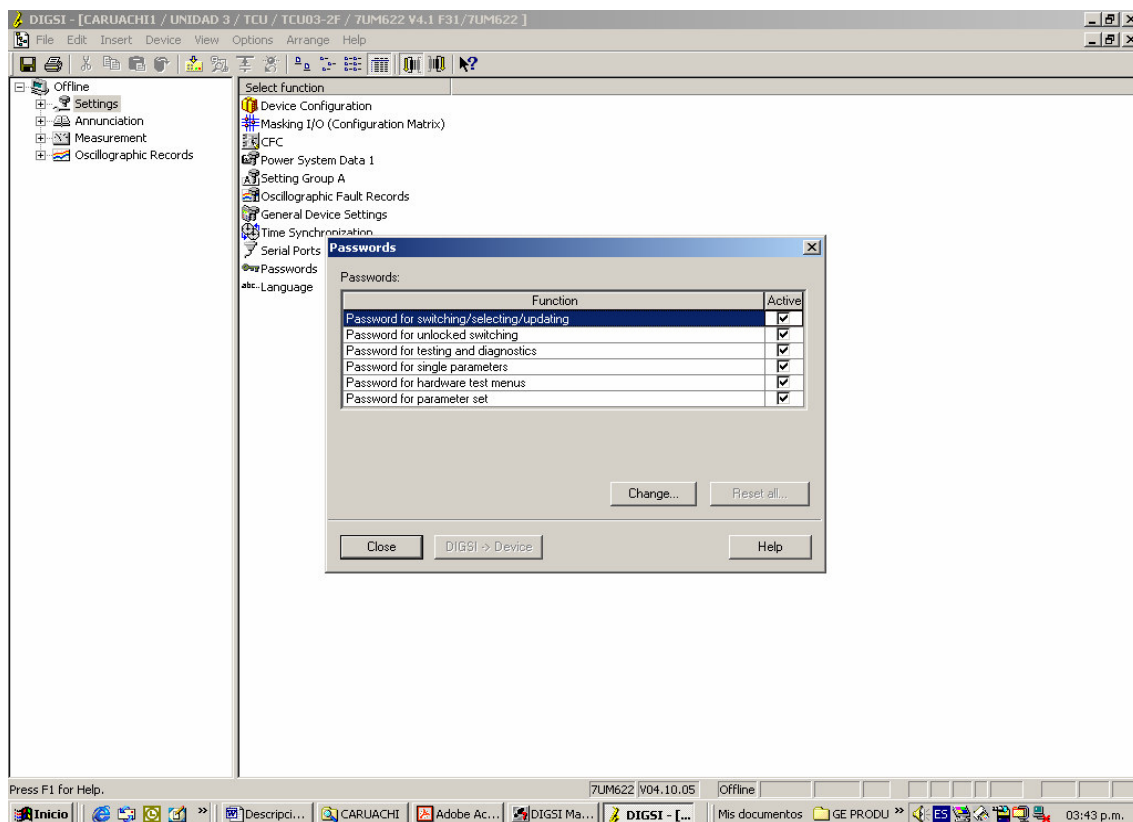
En el menú Settings – Oscillographic Fault Records, se puede parametrizar como funcionará la oscilografía para registro de fallas. Ésta puede trabajar almacenando datos con los PICKUP de las fallas o con los disparos de las protecciones y almacenar la secuencia de la falla hasta por un periodo de 5 segundos, las fallas se almacenan en orden cronológico y cuando la memoria se llena, se borra la falla más antigua, estas fallas se pueden extraer del relé para ser analizadas con el software SIGRA.



En el menú General Device Settings, se puede configurar que indique en la pantalla del relé cual fue la última falla, esta indicación se puede configurar para que se muestre por los Pickup o por los disparos de las protecciones.



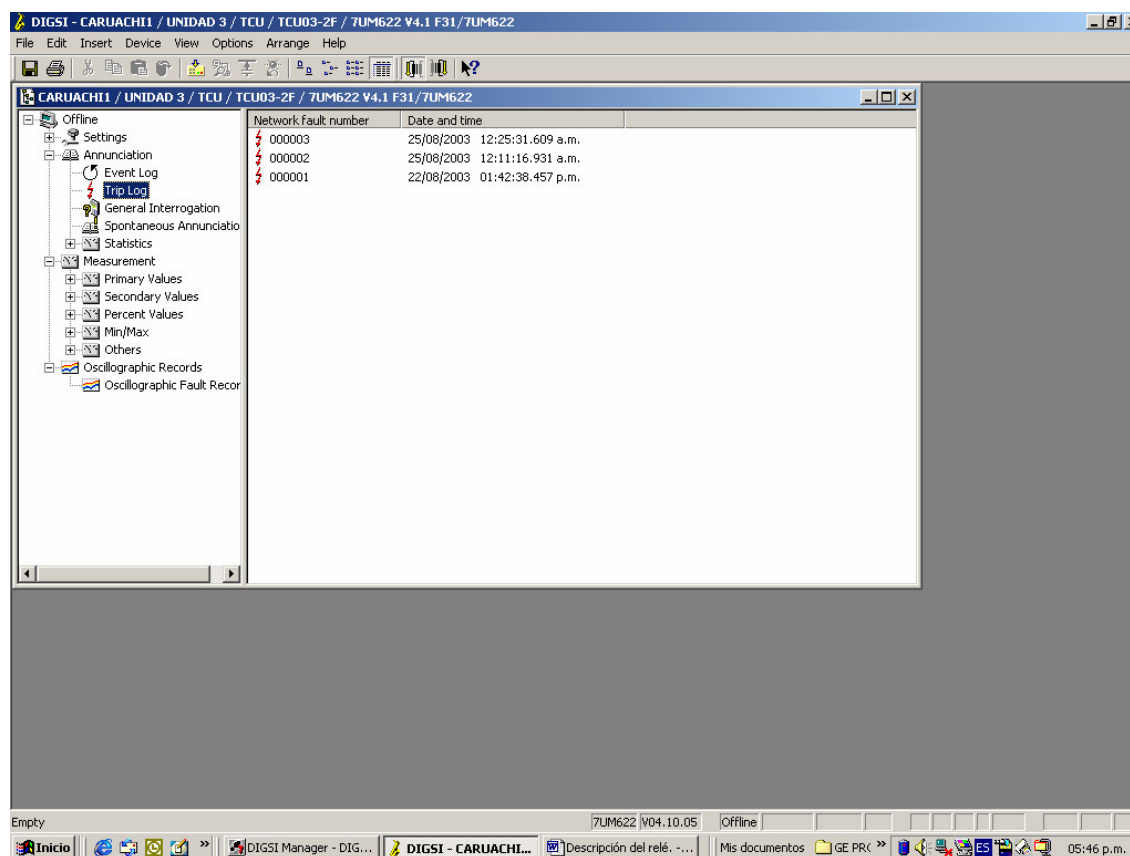
Time synchronization, es utilizado para determinar por que método se realizará la calibración de tiempo del relé.

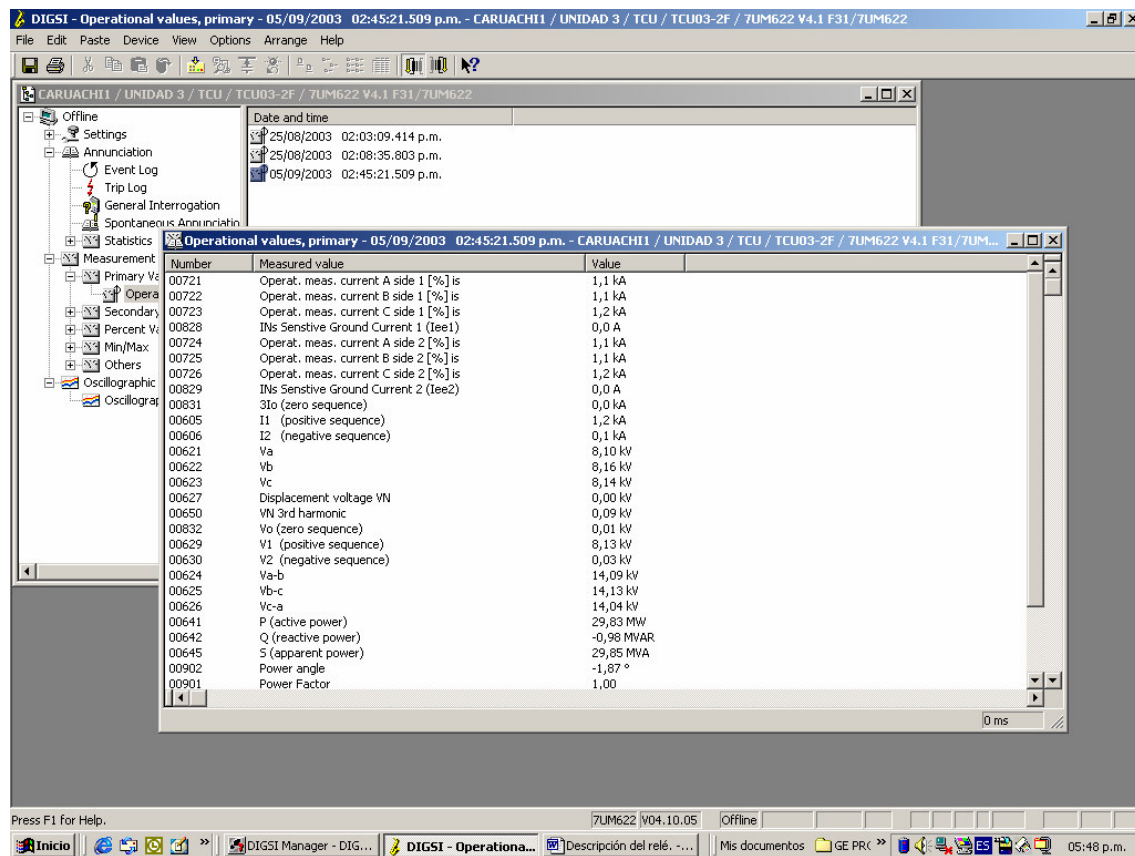


En el menú passwords, se puede cambiar el password de fábrica el cual es seis ceros, por cualquier password que el cliente desee, con esto se garantiza que no se pueden modificar los ajustes de las protecciones accidentalmente.

2.10. MODULO ANUNCIACIÓN, MEDICIÓN Y OSCIOGRAFIA.

Estos módulos son operativos cuando se está conectado al relé, los diferentes eventos que se quieran guardar en el archivo, como los mostrados en las figuras siguientes, deben ser salvados bajo conexión online al relé y estos son guardados con la fecha y hora a la que fueron salvados.





3. RELES DE DISTANCIA 7SA522



Los relés 7SA522 vienen equipados con varias funciones, entre ellas tenemos:

- Protección 21 distancia
- Protección 50 BF fallo interruptor
- Protección 50 HS cierre bajo falla
- Protección 5X-B sobrecorriente de respaldo
- Recierre 79
- Sincronismo 25
- Oscilación de potencia 68
- Week Infeed

3.1. PROTECCION DISTANCIA

Las fallas experimentadas en las líneas de transmisión de un Sistema de Potencia son frecuentes, y si no son clarificadas rápidamente, pueden causar la desconexión de usuarios, pérdida de la estabilidad del sistema y daños en las máquinas que lo constituyen.

La protección de distancia ha respondido muy bien a los requerimientos de confiabilidad y rapidez exigidos para la protección de líneas de transmisión y por esta razón, es ampliamente utilizada.

La protección de distancia tiene la habilidad de discriminar entre las fallas ocurridas en diferentes partes del sistema, dependiendo de la impedancia medida. El principio básico de medición comprende la comparación de la corriente de falla vista por el relè, con el voltaje en el punto de su localización, comparando esas dos cantidades es posible determinar la impedancia de la línea hasta el punto de falla.

Los relès de distancia pueden ser de varios tipos:

- Mho: Al ser dibujada la característica en un plano R-X es un círculo cuya circunferencia pasa a través del origen de coordenadas.
- Poligonal: proporcionan un elevado alcance para cubrir la resistencia de falla, en particular para líneas cortas, puesto que la posición de la línea de resistencia (línea 2 figura 1) puede ser ajustada en la característica de disparo. A continuación se muestra una característica de operación poligonal típica. La característica de disparo poligonal es formada por tres elementos de medida independientes:
 - Elemento de medida de reactancia para definir la línea de reactancia (línea 1 de la figura 1)
 - Elemento de medida de resistencia para definir la línea de resistencia (línea 2 de la figura 1)
 - Elemento direccional (línea 3 de la figura 1)

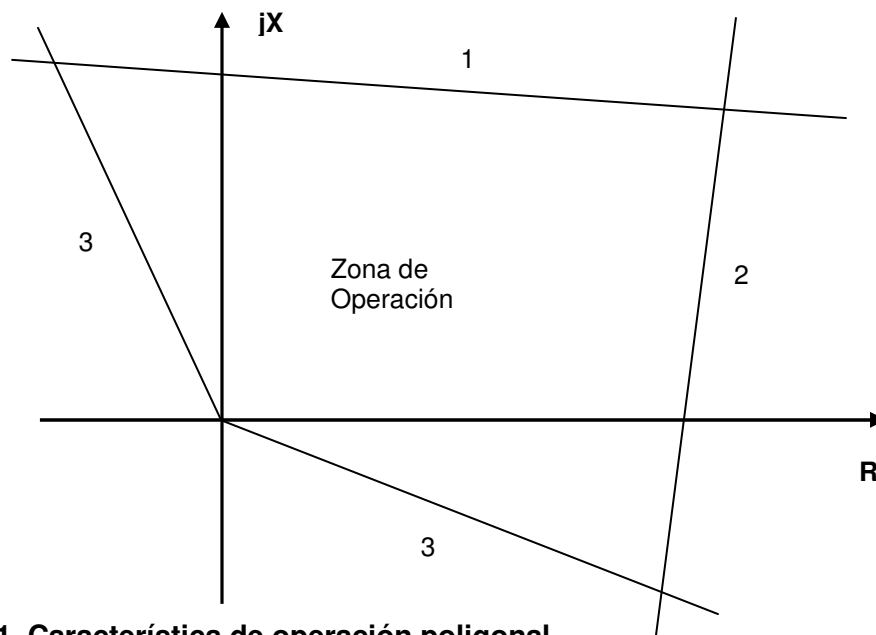


Figura 1. Característica de operación poligonal

Los relés de distancia se ajustan con base en la impedancia de secuencia positiva entre el punto de ubicación del relé y el punto hasta el cual se desea proteger la línea de transmisión. Para realizar estos cálculos el relé utiliza las señales provenientes de los secundarios de los CT's y de los PT's, por lo tanto, para convertir la impedancia primaria en un valor secundario, se usa la siguiente expresión:

$$Z_{\text{sec}} = \frac{\text{Ratio of current transformers}}{\text{Ratio of voltage transformers}} \cdot Z_{\text{prim}}$$

En el caso de la protección 7SA522 es necesario introducir el ángulo de la línea, éste se calcula a partir de los valores de resistencia y reactancia de secuencia positiva de la misma.

Para realizar el cálculo del ángulo de la línea se emplea la siguiente fórmula:

$$\tan \varphi = \frac{X_L}{R_L} \quad \text{or} \quad \varphi = \arctan\left(\frac{X_L}{R_L}\right)$$

El factor de compensación es un requisito fundamental para calcular la localización de la falla, es posible trabajar con el cociente R_E/R_L y X_E/X_L o con el factor complejo K_0 , a continuación se presentan las fórmulas necesarias:

Resistance ratio:	Reactance ratio:
$\frac{R_E}{R_L} = \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{R_0}{R_1} - 1 \right)$	$\frac{X_E}{X_L} = \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{X_0}{X_1} - 1 \right)$

Si se utiliza el factor K_0 , se debe utilizar:

$$K_0 = \frac{Z_E}{Z_L} = \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{Z_0}{Z_1} - 1 \right)$$

siendo Z_0 la impedancia de secuencia cero de la línea y Z_1 la impedancia de secuencia positiva de la línea.

Por ejemplo:

110 kV single-conductor oil-filled cable $3 \cdot 185 \text{ mm}^2$ Cu with the following data

$$\underline{Z}_1/s = 0.408 \cdot e^{j73^\circ} \Omega/\text{km positive sequence impedance}$$

$$\underline{Z}_0/s = 0.632 \cdot e^{j18.4^\circ} \Omega/\text{km zero sequence impedance}$$

(where s = line length)

The calculation of the earth impedance (residual) compensation factor $\underline{K}_0$ results in:

$$\begin{aligned} \frac{Z_0}{Z_1} &= \frac{0.632}{0.408} \cdot e^{j(18.4^\circ - 73^\circ)} = 1.55 \cdot e^{-j54.6^\circ} = 1.55 \cdot (0.579 - j0.815) \\ &= 0.898 - j1.263 \end{aligned}$$

$$K_0 = \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{Z_0}{Z_1} - 1 \right) = \frac{1}{3} \cdot (0.898 - j1.263 - 1) = \frac{1}{3} \cdot (-0.102 - j1.263)$$

The magnitude of K_0 is therefore

$$K_0 = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(-0.102)^2 + (-1.263)^2} = 0.42$$

When determining the angle, the quadrant of the result must be considered. The following table indicates the quadrant and range of the angle which is determined by the signs of the calculated real and imaginary part of $\underline{K}_0$.

Table 2-1 Quadrants and ranges of the angle K_0

Real part	Imaginary part	$\tan \varphi(K_0)$	Quadrant/range	Calculation
+	+	+	I $0^\circ \dots +90^\circ$	$\arctan (Im / Re)$
+	-	-	IV $-90^\circ \dots 0^\circ$	$-\arctan (Im / Re)$
-	-	+	III $-90^\circ \dots -180^\circ$	$\arctan (Im / Re) - 180^\circ$
-	+	-	II $+90^\circ \dots +180^\circ$	$-\arctan (Im / Re) + 180^\circ$

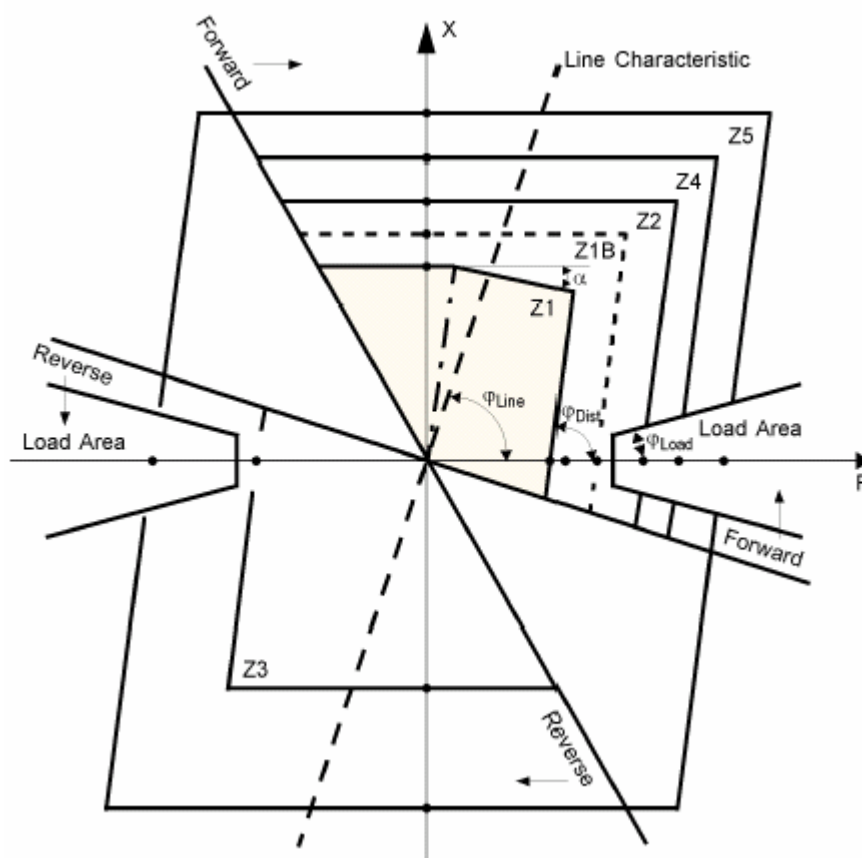
In this example the following result is obtained:

$$\varphi(K_0) = \arctan \left(\frac{1.263}{0.102} \right) - 180^\circ = -94.6^\circ$$

Aparece otro factor que puede afectar el funcionamiento de la protección de distancia, este es la resistencia de carga, es probable que en un determinado momento los valores de corriente y tensión debidos a una carga hagan que la impedancia resultante este dentro de las zonas de operación de la protección. Si se desea que la protección no realice un falso disparo se debe proceder a calcular la resistencia de carga e introducirla dentro de los settings del relè:

$$R_{\text{Load prim}} = \frac{U_{\min}}{\sqrt{3} \cdot I_{L \max}} = \frac{0.9 \cdot 110 \text{ kV}}{\sqrt{3} \cdot 525 \text{ A}} = 108.87 \, \Omega$$

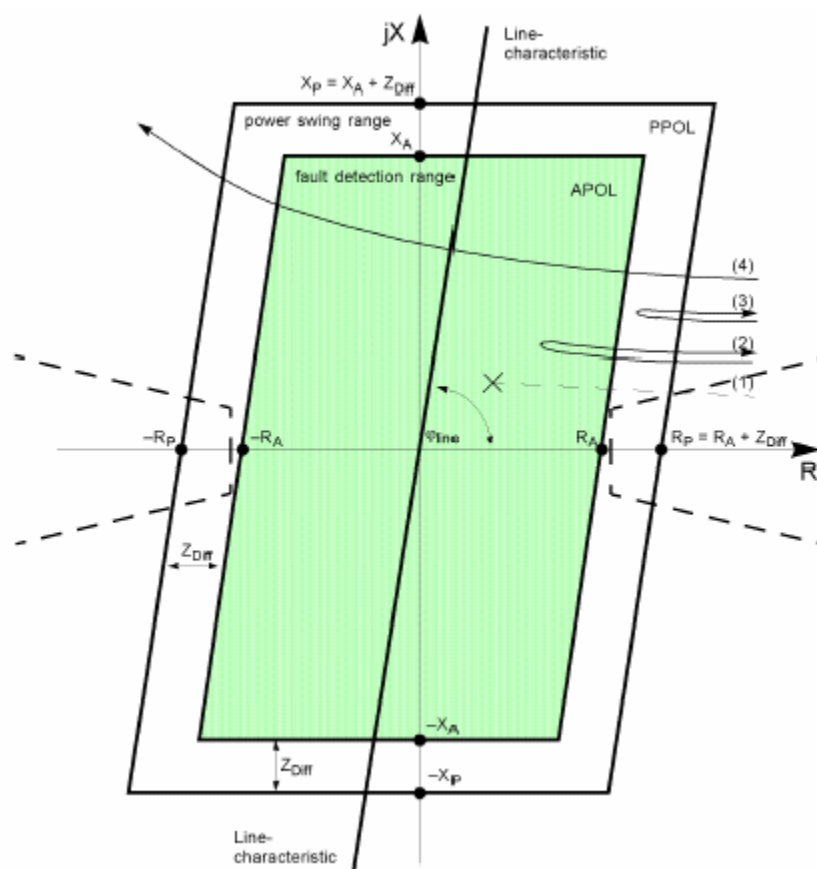
Método poligonal:



En esta figura se puede observar una característica cuadrilateral, en donde se diferencian 5 zonas y la resistencia de carga. El usuario debe definir que tiempo de actuación espera para cada una de estas zonas y si decide que sean hacia delante, hacia atrás o no direccionales.

3.2. OSCILACION DE POTENCIA (POWER SWING DETECTION)

Durante una oscilación de potencia se presentan cambios repentinos en los valores de corriente y tensión, haciendo variar la impedancia en un determinado momento, esta variación podría hacer disparar la protección al entrar la impedancia en alguna de las zonas definidas anteriormente sin que necesariamente este presente una falla, para impedir este falso disparo la protección posee una detección que bloquea las zonas que se elijan, teniendo en cuenta la tasa de variación de la impedancia durante la ocurrencia de un fenómeno.



A continuación se muestran los settings que se presentan en la protección para realizar la parametrización de esta función:

Addr.	Parameter	Setting Options	Default Setting	Comments
2002	P/S Op. mode	All zones block Z1/Z1B block Z2 to Z5 block Z1,Z1B,Z2 block	All zones block	Power Swing Operating mode
2006	PowerSwing trip	NO YES	NO	Power swing trip
2007	Trip DELAY P/S	0.08 .. 5.00 sec; 0	0.08 sec	Trip delay after Power Swing Blocking

3.3. PROTECCION DE SOBRECORRIENTE DE EMERGENCIA

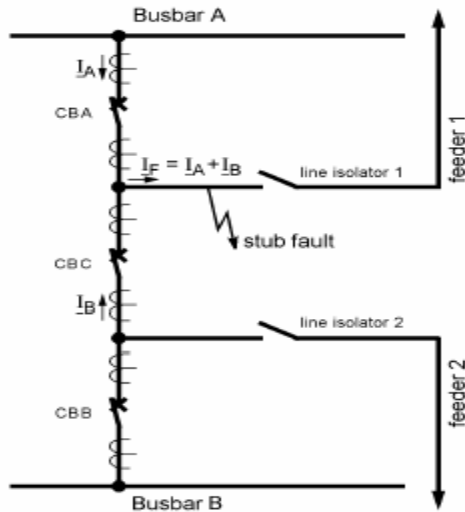
La protección de distancia necesita para su funcionamiento las señales provenientes de los PT`s y de los CT`s en caso de que las primeras fallen entra en funcionamiento la protección de sobrecorriente de emergencia que solamente necesita para su funcionamiento las señales de corriente. Esta función puede ser activada por una señal interna “Fuse–Failure–Monitor”, o por una entrada binaria “Failure: Feeder VT (MCB tripped)”.

Esta protección posee una función de sobrecorriente instantánea con dos escalones y una de tiempo inverso para las fallas de tierra y entre fases. Para parametrizar la función es necesario escoger entre curvas ANSI o IEC, además de introducir los valores de Dial y Tap para cada una de las curvas.

Addr.	Parameter	C	Setting Options	Default Setting	Comments
2601	Operating Mode		ON:with VT loss ON:always activ OFF	ON:with VT loss	Operating mode
2610	Iph>>	1A	0.10 .. 25.00 A; ∞	2.00 A	Iph>> Pickup
		5A	0.50 .. 125.00 A; ∞	10.00 A	
2611	T Iph>>		0.00 .. 30.00 sec; ∞	0.30 sec	T Iph>> Time delay
2612	3I0>> PICKUP	1A	0.05 .. 25.00 A; ∞	0.50 A	3I0>> Pickup
		5A	0.25 .. 125.00 A; ∞	2.50 A	
2613	T 3I0>>		0.00 .. 30.00 sec; ∞	2.00 sec	T 3I0>> Time delay
2614	I>> Telep/BI		NO YES	YES	Instantaneous trip via Tele-prot./BI
2615	I>> SOTF		NO YES	NO	Instantaneous trip after SwitchOnToFault

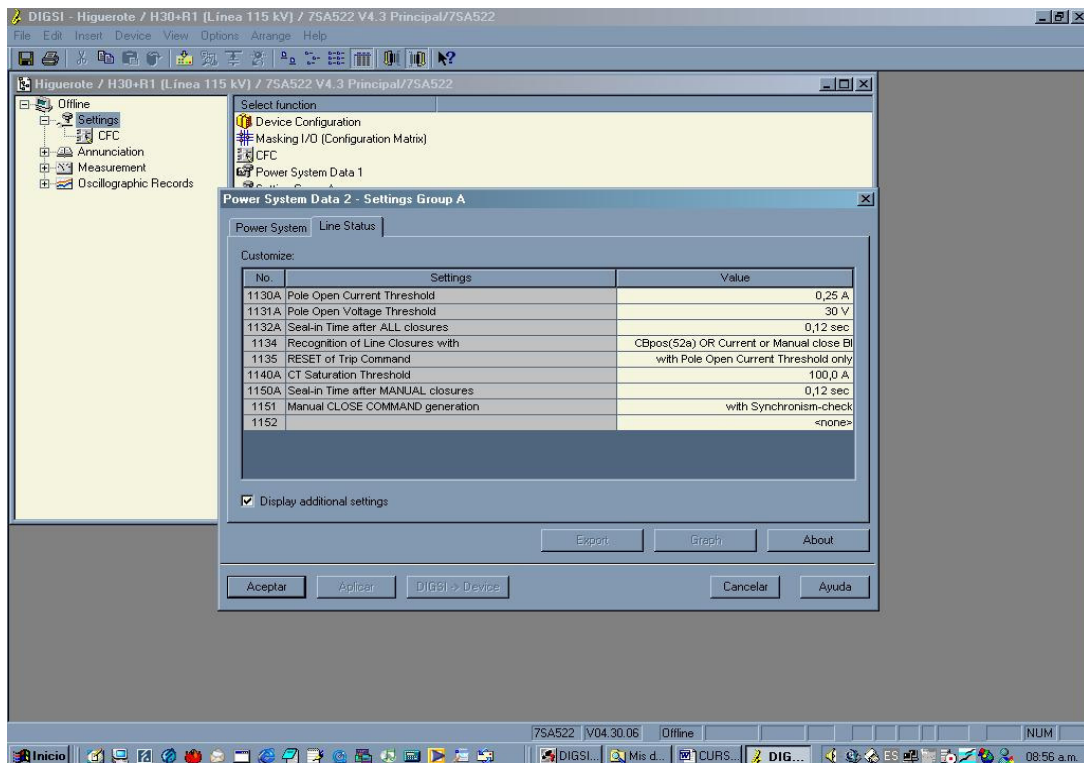
Addr.	Parameter	C	Setting Options	Default Setting	Comments
2620	Iph>	1A	0.10 .. 25.00 A; ∞	1.50 A	Iph> Pickup
		5A	0.50 .. 125.00 A; ∞	7.50 A	
2621	T Iph>		0.00 .. 30.00 sec; ∞	0.50 sec	T Iph> Time delay
2622	3I0>	1A	0.05 .. 25.00 A; ∞	0.20 A	3I0> Pickup
		5A	0.25 .. 125.00 A; ∞	1.00 A	
2623	T 3I0>		0.00 .. 30.00 sec; ∞	2.00 sec	T 3I0> Time delay
2624	I> Telep/BI		NO YES	NO	Instantaneous trip via Tele-prot./BI
2625	I> SOTF		NO YES	NO	Instantaneous trip after SwitchOnToFault
2630	Iph> STUB	1A	0.10 .. 25.00 A; ∞	1.50 A	Iph> STUB Pickup
		5A	0.50 .. 125.00 A; ∞	7.50 A	
2631	T Iph STUB		0.00 .. 30.00 sec; ∞	0.30 sec	T Iph STUB Time delay
2632	3I0> STUB	1A	0.05 .. 25.00 A; ∞	0.20 A	3I0> STUB Pickup
		5A	0.25 .. 125.00 A; ∞	1.00 A	
2633	T 3I0 STUB		0.00 .. 30.00 sec; ∞	2.00 sec	T 3I0 STUB Time delay
2634	I-STUB Telep/BI		NO YES	NO	Instantaneous trip via Tele-prot./BI
2635	I-STUB SOTF		NO YES	NO	Instantaneous trip after SwitchOnToFault
2640	Ip>	1A	0.10 .. 4.00 A; ∞	∞ A	Ip> Pickup
		5A	0.50 .. 20.00 A; ∞	∞ A	
2642	T Ip Time Dial		0.05 .. 3.00 sec; ∞	0.50 sec	T Ip Time Dial
2643	Time Dial TD Ip		0.50 .. 15.00 ; ∞	5.00	Time Dial TD Ip
2646	T Ip Add		0.00 .. 30.00 sec	0.00 sec	T Ip Additional Time Delay
2650	3I0p PICKUP	1A	0.05 .. 4.00 A; ∞	∞ A	3I0p Pickup
		5A	0.25 .. 20.00 A; ∞	∞ A	
2652	T 3I0p TimeDial		0.05 .. 3.00 sec; ∞	0.50 sec	T 3I0p Time Dial
2653	TimeDial TD3I0p		0.50 .. 15.00 ; ∞	5.00	Time Dial TD 3I0p
2656	T 3I0p Add		0.00 .. 30.00 sec	0.00 sec	T 3I0p Additional Time Delay
2660	IEC Curve		Normal Inverse Very Inverse Extremely Inv. LongTimeInverse	Normal Inverse	IEC Curve
2661	ANSI Curve		Inverse Short Inverse Long Inverse Moderately Inv. Very Inverse Extremely Inv. Definite Inv.	Inverse	ANSI Curve

Para configuración de interruptor y medio se parametriza la función STUB, esta función es clave cuando se presenta una falla entre el CT y el seccionador en este tipo de configuración.



3.4. PROTECCION DE CIERRE BAJO FALLA

En el caso de que se este realizando una maniobra de cierre y se presente una falla, la función 50 HS realiza un disparo instantáneo, impidiendo el cierre del interruptor. El tiempo durante el cual permanece activa esta función se conoce como Seal in Time, como se ve en la siguiente figura. Además es necesario introducir un valor mínimo de corriente para que la función actúe, es decir que sea considerado como una falla.



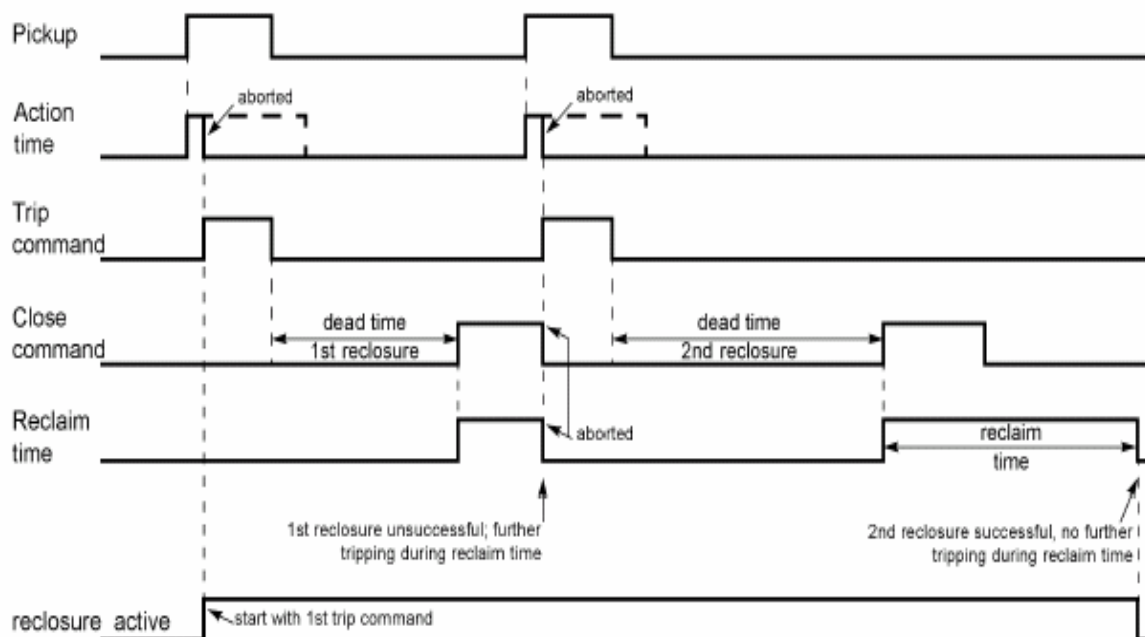
Los settings para esta función son los siguientes:

Addr.	Parameter	C	Setting Options	Default Setting	Comments
2401	FCT SOTF-O/C		ON OFF	ON	Inst. High Speed SOTF-O/C is
2404	I>>>	1A	1.00 .. 25.00 A	2.50 A	I>>> Pickup
		5A	5.00 .. 125.00 A	12.50 A	

3.5. FUNCION DE RECIERRE O REENGANCHE

En la mayoría de los casos luego de que ocurre un disparo en una protección la falla es despejada, dando la posibilidad de recerrar el interruptor y continuar con el servicio normalmente.

A continuación se muestra el ciclo de recierre, cabe anotar que la protección permite varios ciclos, en este caso sólo se muestran dos:



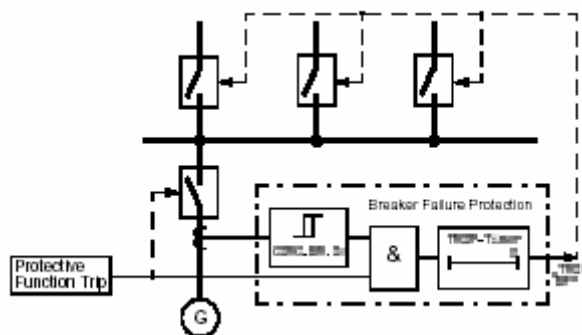
Para que se inicie el ciclo de recierre, el interruptor debe estar listo para un ciclo TRIP-CLOSE-TRIP, es decir que debe estar llegando al relé una señal de interruptor listo (SF6, resorte cargado, etc) y además el interruptor debe estar cerrado.

3.6. PROTECCION FALLO INTERRUPTOR

La protección contra falla interruptor supervisa el comportamiento del circuito de disparo de un interruptor, después de que una orden de disparo ha sido generada por cualquier protección que intervenga sobre el interruptor en vigilancia.

La protección tiene dos métodos para determinar la correcta operación del interruptor, uno es por la corriente que fluye a través del interruptor y la otra es la posición de los contactos auxiliares del mismo.

Si la corriente y la posición del interruptor no han cumplido con las condiciones para determinar que el interruptor abrió satisfactoriamente después del tiempo seleccionado, la señal de disparo del breaker failure (falla interruptor) es utilizada, como se muestra en el siguiente principio de operación.

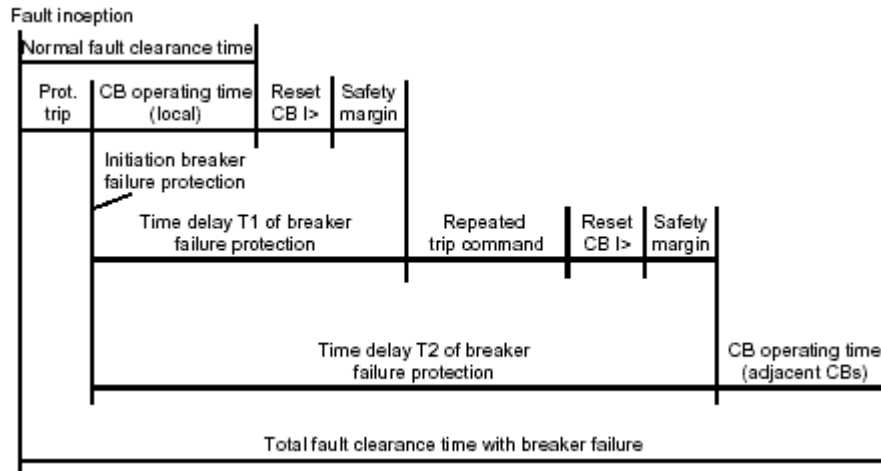


La protección de falla interruptor puede ser arrancada mediante dos vías como se describen a continuación.

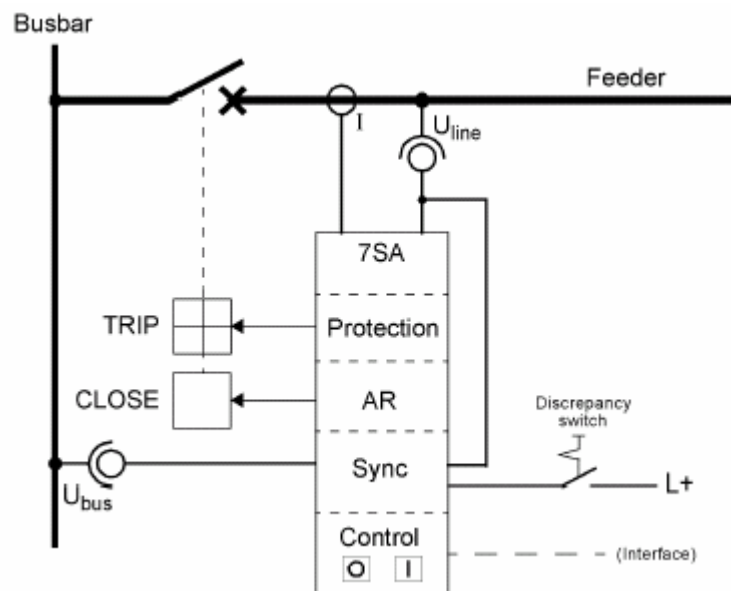
1. Por arranque interno de la protección, el cual puede ser generado por CFC o por el disparo de la protección a través de una salida binaria.
2. Por arranque externo a través de entradas binarias.

La lógica de operación requiere que se mantengan durante el tiempo ajustado de operación las señales de arranque. Si éstas desaparecen antes de haber alcanzado este tiempo, o también si las condiciones de posición de interruptor y de corriente indican que el interruptor operó correctamente, la protección es bloqueada, como lo indica el diagrama de operación de la protección mostrado a continuación.

El tiempo ajustado para la operación de falla interruptor, debe tener en cuenta, el tiempo de operación del interruptor, más el tiempo de extinción de arco (dropout de corriente), más un margen de seguridad como se muestra en la gráfica siguiente:



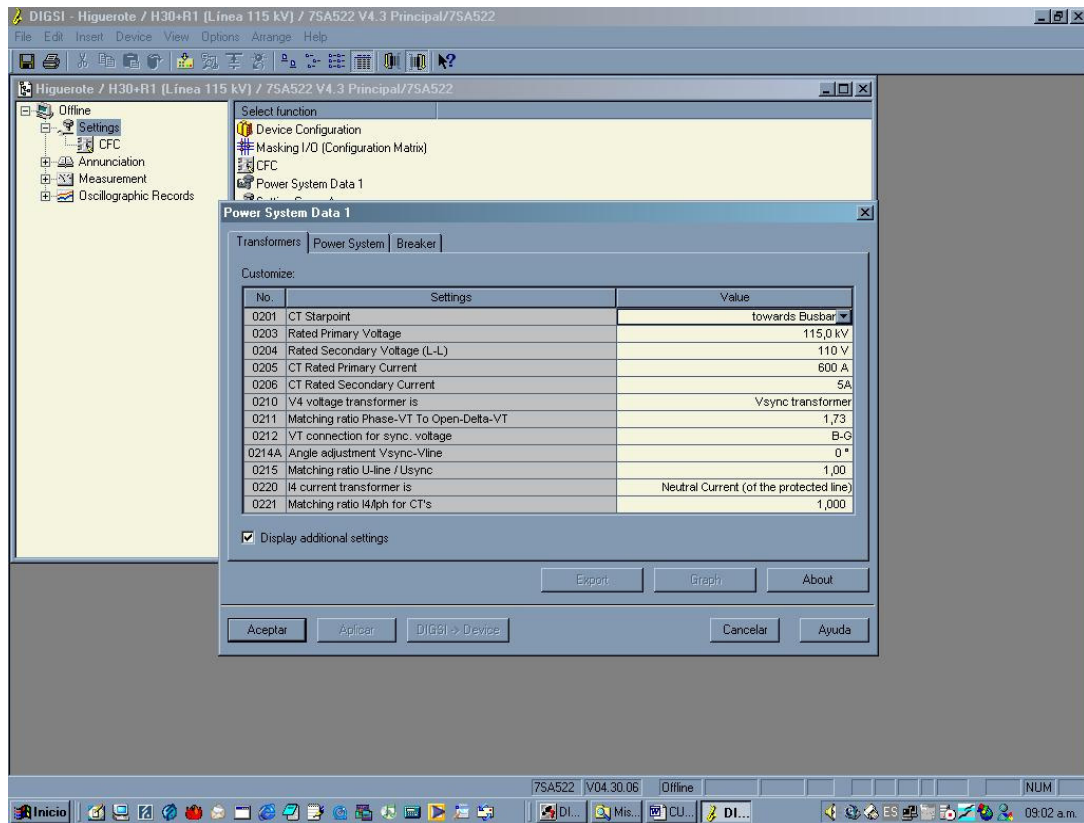
3.7. FUNCION DE SINCRONISMO



La función de sincronismo tiene en cuenta la frecuencia, la amplitud y el ángulo de la onda para permitir el cierre del interruptor. Tiene dos divisiones sincronismo por cierre manual y autorecierre, en ambas se necesita ingresar un delta de frecuencia, amplitud y ángulo en el cual autorice una señal de sincronismo exitoso.

La protección permite realizar sincronismo en varios casos: línea viva-barra viva, línea muerta-barra viva, línea viva- barra muerta, línea muerta-barra muerta, cumpliendo con los settings ingresados, es decir, qué valor se considera como línea viva (energizada) o muerta (desenergizada) y qué como barra viva (energizada) o muerta (desenergizada).

Es clave al relè que se utilizará un PT para realizar el proceso de sincronización, como se observa en la siguiente grafica, esta información se encuentra localizada en la dirección 0210 del menú power system data 1:



4. RELES DE SOBRECORRIENTE 7SJ63



4.1. PROTECCION DE SOBRECORRIENTE

Esta protección multifuncional con operación de mando local es la función más importante en el 7SJ63. Ésta puede ser conectada y desconectada por separado para corrientes de fase y a tierra y equipada con diferentes curvas características de disparo.

El escalón de alta intensidad $I_{>>}$ y el escalón de sobreintensidad $I_{>}$ trabajan siempre con temporización independiente de la corriente (tiempo definido), el tercer escalón I_p siempre con temporización dependiente de la corriente (tiempo inverso).

En cada escalón se puede bloquear la temporización por entrada binaria y así impedir la orden de disparo. Si se retira el bloqueo durante un arranque, la temporización se inicia de nuevo. Una excepción hace la señal de cierre manual. En caso de un cierre manual sobre una falla, se puede generar un disparo inmediato. Para esto se excluye la temporización de un escalón de sobreintensidad o de alta intensidad mediante el impulso de cierre manual, es decir, el escalón respectivo reacciona inmediatamente.

4.2. PROTECCION DE SOBRECARGA TERMICA

La protección de sobrecarga sólo puede ser efectiva y accesible, si se ha ajustado en la configuración bajo la dirección 0142 SOBRECARGA = *disponible*. Si no se necesita la función, se ajusta *no disponible*. Especialmente los transformadores y cables tienen un riesgo térmico durante sobrecargas de duración prolongada. Estas no pueden y no deben ser detectadas por la protección de cortocircuito. La protección de sobreintensidad deberá ser ajustada aun nivel alto de manera que sólo detecte cortocircuitos, ya que aquí sólo son permitidas las temporizaciones breves.

El equipo de protección 7SJ63 dispone de una función de sobrecarga con curva característica térmica que puede ser adaptada a la sobrecapacidad de carga de la componente de planta a proteger (protección de sobrecarga con función memoria). Bajo la dirección 4201 SOBRECARGA se puede conectar o desconectar la función de sobrecarga o ajustarla para *Sólo aviso*. Sólo con la función conectada se pueden efectuar disparos.

4.2.1. FACTOR K: Como corriente básica para la detección de sobrecarga se utiliza la corriente nominal del equipo. El factor de ajuste k está determinado por la relación de la corriente permanente térmicamente admisible I_{max} con la corriente nominal I_N :

$$k = \frac{I_{max}}{I_N}$$

La corriente permanente térmicamente admisible del objeto a proteger generalmente es conocida con los datos del fabricante. Para líneas aéreas,

habitualmente, esta función no es necesaria, ya que la sobrecapacidad de corriente de las líneas aéreas, por lo general, no está definida. Para los cables, la corriente permanente admisible depende también de la sección, material de aislamiento, tipo de construcción y modo de tendido del cable. Estos datos, generalmente, se encuentran en tablas o en los datos técnicos del fabricante. Si no se disponen de estos datos se elige aproximadamente 1,1 de la corriente nominal. Aquí se debe tener en cuenta que los datos de sobrecarga se relacionan a los valores primarios del elemento de planta, es decir, la corriente permanente admisible se relaciona a la corriente nominal p.ej. de un motor.

4.2.2. CONSTANTE DE TIEMPO τ . La protección de sobrecarga reproduce el desarrollo de la temperatura según la ecuación diferencial térmica, cuya solución, en servicio estacionario, es una función e. La constante de tiempo **CONST.TIEMPO** τ (dirección 4203) es utilizada para conseguir la temperatura límite y con ello el tiempo de disparo. En la protección de cables la constante de calentamiento τ depende de los datos del cable y de las inmediaciones del cable. si no existen datos referentes a la constante de tiempo del cable, se determina con la capacidad de carga en tiempo breve. Generalmente, el valor de corriente-1-s, es decir la corriente máxima admisible, aplicada durante 1 segundo, es conocida o puede ser tomada de una tabla de referencia. Luego, se determina la constante de tiempo según la fórmula siguiente:

$$\text{Valor de ajuste } \tau [\text{min}] = \frac{1}{60} \cdot \frac{(\text{intensidad-1-s admisible})^2}{\text{intensidad perm. admis.}}$$

Característica de disparo:

$$t = \tau \cdot \ln \frac{\left(\frac{I}{k \cdot I_N}\right)^2 - \left(\frac{I_{vor}}{k \cdot I_N}\right)^2}{\left(\frac{I}{k \cdot I_N}\right)^2 - 1}$$

t	Tiempo de disparo
τ	Constante de tiempo calentamiento
I	Intensidad de carga
I_{pre}	Intensidad de carga previa
k	Factor de ajuste según VDE 0435 parte 3011 ó IEC 60255-8, (ver también figura 10-9)
I_N	Intensidad nominal del equipo

Sin carga previa:

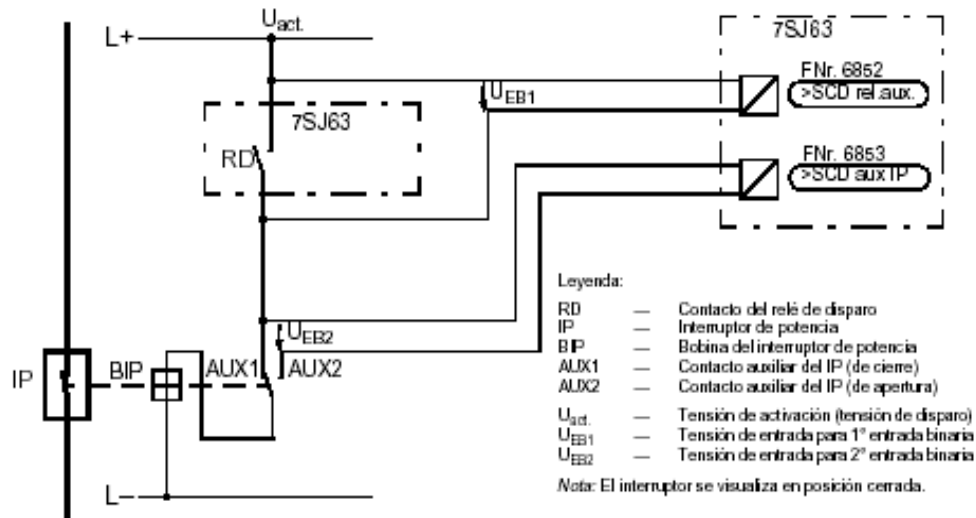
$$t = \tau \cdot \ln \frac{\left(\frac{1}{k \cdot I_N}\right)^2}{\left(\frac{1}{k \cdot I_N}\right)^2 - 1} \quad [\text{min}]$$

4.3. SUPERVISION DEL CIRCUITO DE DISPARO

La protección multifuncional 7SJ63 dispone de una función integrada supervisión de circuitos de disparo. Dependiendo del número de entradas binarias todavía disponibles y sin común, se puede seleccionar opcionalmente la supervisión con una o dos entradas binarias. Si la parametrización de las entradas binarias requeridas no corresponde al modo de supervisión preajustado, se produce un aviso correspondiente („SCD sin EB“). Utilizando dos entradas binarias se reconocen interferencias en el circuito de disparo para cada estado de conexión, con una sola entrada binaria no se pueden detectar interferencias en el mismo interruptor de potencia.

4.3.1. SUPERVISIÓN CON 2 ENTRADAS BINARIAS: Utilizando dos entradas binarias, estas se conectan de acuerdo a la figura, por un lado, paralelo al contacto del relé de disparo perteneciente del equipo, y por otro lado, paralelo al contacto auxiliar del interruptor de potencia.

Condición previa para la aplicación de la supervisión de circuito de disparo es que la tensión de activación para el interruptor de potencia sea mayor que la suma de las caídas de la tensión mínima en las dos entradas binarias ($U_{act.} > 2 \cdot U_{EBmin}$). Ya que para cada entrada binaria es necesario por lo menos 17 V, la supervisión sólo puede ser practicada con una tensión de accionamiento mayor que 35 V por parte de la planta.



La supervisión con dos entradas binarias no solamente reconoce las interrupciones en el circuito de disparo y el fallo de la tensión de activación, sino también ésta supervisa la reacción del interruptor de potencia según la posición de los contactos auxiliares del interruptor.

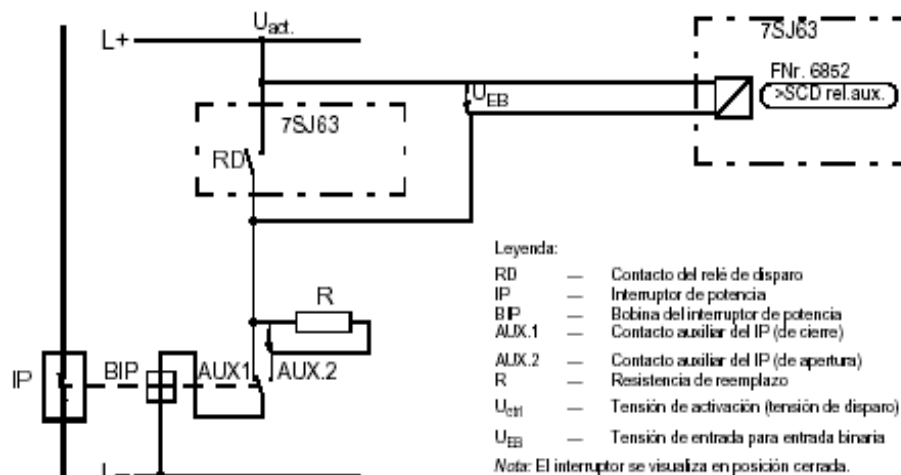
Según el estado de conexión del relé de disparo y del interruptor de potencia, se activan las entradas binarias (estado lógico „H“ en la tabla 6-6) o no (estado lógico „L“).

El estado en el cual ambas entradas binarias no están activadas („L“) sólo es posible, con los circuito de disparo intactos, durante un breve tiempo transitorio (el contacto del relé de disparo está cerrado pero el interruptor de potencia todavía no está abierto). Si este estado permanece entonces se trata de un cortocircuito o de una interrupción en el circuito de disparo, como también es supponible la pérdida de la tensión de batería o un fallo en el mecanismo del interruptor. Este estado sirve como criterio de falta y es supervisado.

No.	Relé de disparo	Interruptor de potencia	AUX. 1	AUX. 2	EB 1	EB 2
1	abierto	CIERRE	cerrado	abierto	H	L
2	abierto	DISPARO	abierto	cerrado	H	H
3	cerrado	CIERRE	cerrado	abierto	L	L
4	cerrado	DISPARO	abierto	cerrado	L	H

Los estados de las entradas binarias se controlan periódicamente. Un ciclo de control se efectúa aprox. cada 600 ms. Cuando se reconoce tres veces seguidas ($n = 3$) el estado fallo (después de 1,8 s), se genera el aviso de fallo.

SUPERVISIÓN CON 1 ENTRADA BINARIA: Según la figura la entrada binaria se conecta en paralelo al contacto del relé de disparo correspondiente al equipo de protección. El contacto auxiliar del interruptor de potencia tiene una resistencia de reemplazo R en conexión puente.



En un estado de funcionamiento normal, con el contacto del relé de disparo abierto y el circuito de disparo intacto, la entrada binaria está activada (estado lógico “H”), ya que el circuito de supervisión está cerrado por el contacto auxiliar (con interruptor de potencia cerrado) o por la resistencia de reemplazo. Sólo cuando el relé de disparo está cerrado, la entrada binaria está cortocircuitada y por consecuencia desactivada (estado lógico „L“).

5. RELES DIFERENCIALES 7UT612

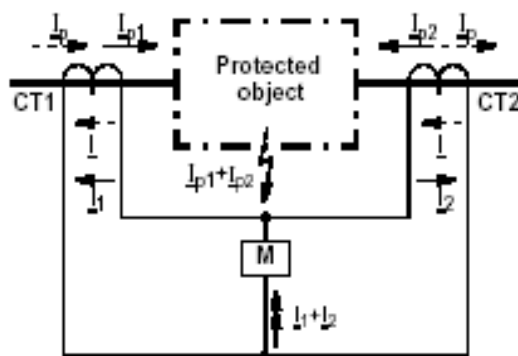


Fig. 8/1 SIPROTEC 4

5.1. PROTECCIÓN DIFERENCIAL

Aunque este equipo posee otro tipo de funciones, la principal de ellas es la diferencial, la protección diferencial es una rápida y selectiva protección de cortocircuito del transformador, la cual queda delimitada por la ubicación de los transformadores de corriente.

La protección diferencial actúa bajo el principio de la ley de Kirchhoff, que determina que la corriente que entra al equipo es exactamente igual a la que sale de él, como se muestra en el gráfico siguiente.



Ante fallas externas del elemento protegido, se puede presentar saturación de alguno de los transformadores de corriente debido a las magnitudes que fluyen a través de ellos, lo cual podría ocasionar la operación errónea de la protección diferencial, para evitar esto se introduce la corriente de estabilización, que se deriva de la suma aritmética de los valores absolutos de la corriente.

La corriente diferencial se define como:

$$I_{diff} = |I_1 + I_2|$$

La corriente de estabilización se define como:

$$I_{stab} = |I_1| + |I_2|$$

Con las ecuaciones anteriores podemos tener tres posibles casos, los cuales son.

1. Las corrientes fluyendo a través del equipo protegido en el mismo sentido

$$I_{diff} = |I_1 + I_2| = |I_1 - I_1| = 0$$

$$I_{stab} = |I_1| + |I_2| = |I_1| + |I_1| = 2 \cdot |I_1|$$

En este caso no hay disparo puesto que la corriente diferencial es cero y la de estabilización es dos veces la corriente que fluye.

2. Un cortocircuito dentro del elemento protegido.

$$I_{diff} = |I_1 + I_2| = |I_1 + I_1| = 2 \cdot |I_1|$$

$$I_{stab} = |I_1| + |I_2| = |I_1| + |I_1| = 2 \cdot |I_1|$$

Se puede apreciar que las magnitudes de I_{diff} y I_{stab} son iguales, por lo que se obtiene un disparo.

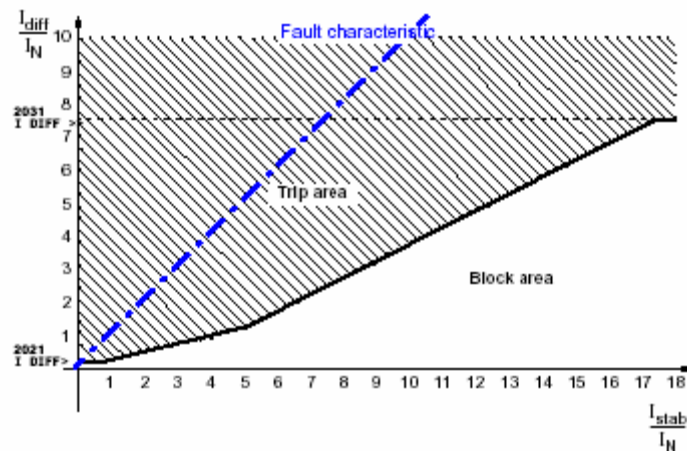
3. Un cortocircuito alimentado por un solo lado.

$$I_{diff} = |I_1 + I_2| = |I_1 - 0| = |I_1|$$

$$I_{stab} = |I_1| + |I_2| = |I_1| + 0 = |I_1|$$

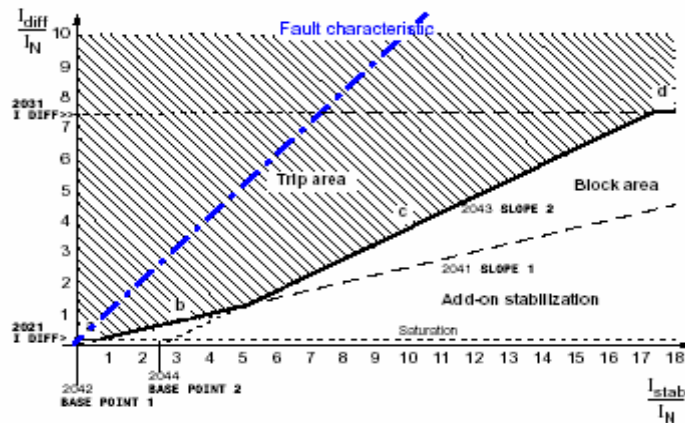
Aquí también se presenta disparo, ya que las dos corrientes son iguales.

Con esto se demuestra que en condiciones ideales, la característica de cortocircuito se puede representar por una línea de 45°, como la indicada en azul en la siguiente gráfica:



La protección diferencial siempre compara la I_{diff} y la I_{stab} y si resulta dentro del área achurada se presenta un disparo.

La característica de disparo está definida por los siguientes cuatro pendientes que se muestran en la siguiente gráfica.



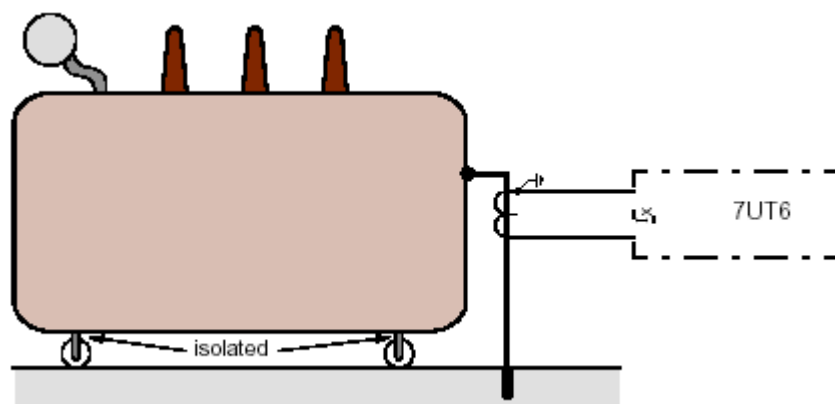
La pendiente a representa el valor de arranque de la protección diferencial y donde el error es constante para los transformadores de corriente.

La pendiente b permite una mayor sensibilidad ante el error que se puede presentar por el acoplamiento de los transformadores de corriente o por la diferencia que se puede presentar por el cambiador de taps bajo carga de los transformadores de potencia.

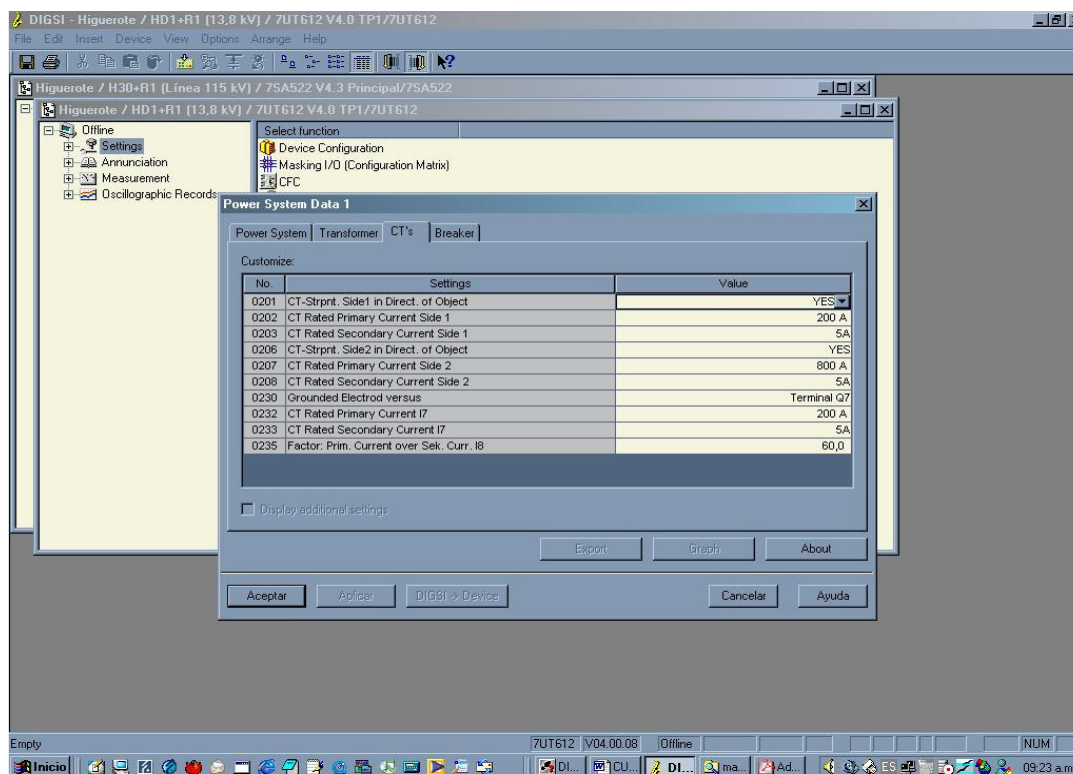
La pendiente c permite una mayor sensibilidad ante corrientes altas, como las presentadas ante un cortocircuito externo, el cual puede originar una saturación en los TCs.

La pendiente d determina el punto, donde si la I_{diff} sobrepasa el valor se presenta un disparo, sin tener en cuenta la magnitud de la I_{stab} , esta pendiente es determinada por $I_{diff} \gg$.

5.2. PROTECCION MASA CUBA DEL TRANSFORMADOR



De manera similar a la función de sobrecorriente, en este caso se tienen una función instantánea y una de tiempo inverso en donde es necesario seleccionar un valor de tap y dial, además de esto el relè debe reconocer que entrada de corriente se esta utilizando para traer la señal de la corriente que circula por la cuba del transformador.

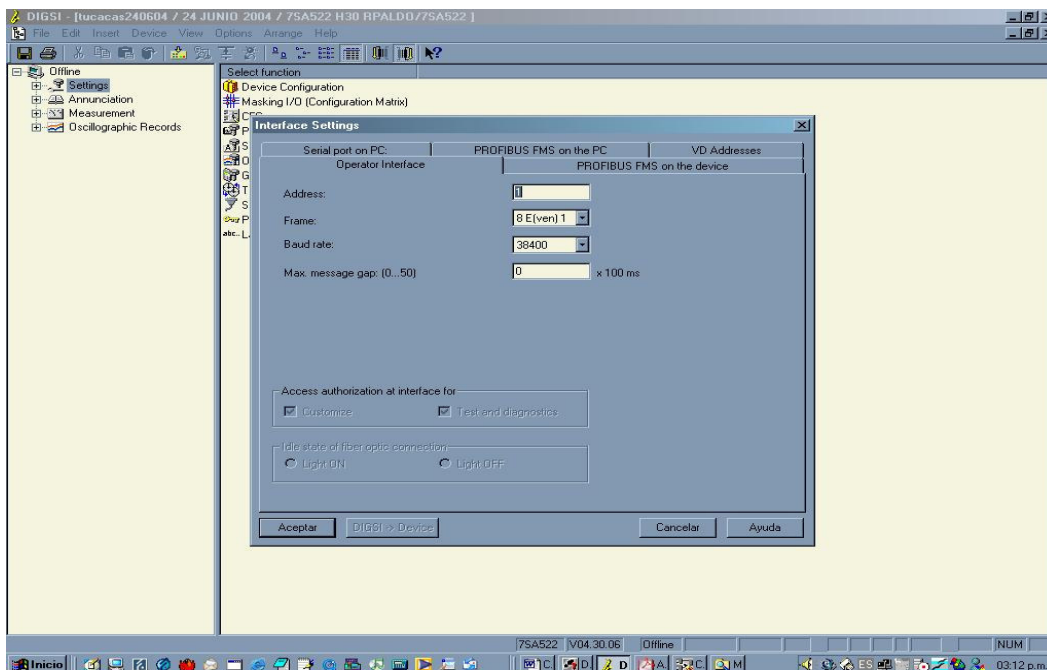


6. GESTION DE PROTECCIONES

La gestión de protecciones nos permite acceder a los relès de una manera remota, es decir que no nos comunicamos a través del puerto frontal, como se hace tradicionalmente, sino que se enlazan los relès a través de una red RS485 o fibra óptica que a su vez se conecta a un computador remoto, desde donde se pueden observar los eventos y fallas ocurridas en el equipo y también se pueden modificar los parámetros y ajustes de las protecciones.

Existen dos tipos de direcciones la del operador que permite solamente ver los ajustes sin poder modificarlos, y la de servicio que si permite cambiar los ajustes del relè desde el computador remoto.

La dirección IEC es con la que se identifica el relè desde el punto de vista de control.



7. MANTENIMIENTO DE LAS PROTECCIONES

7.1. GENERALIDADES

Los relés SIPROTEC, están diseñados para no requerir mantenimientos especiales, todas las tarjetas de medición y los circuitos de proceso son de estado sólido al igual que todos los módulos de entrada, los relés de disparo son herméticamente sellados y protegidos por cubiertas.

Todos los relés son automonitoreados, desde los circuitos de medición hasta los circuitos de salida, cualquier problema en software o hardware que se presente es reportado, lo cual garantiza una confiabilidad del sistema dado que permite realizar correcciones a tiempo.

Ante una falla del hardware la protección es bloqueada evitando falsas operaciones de la misma. La protección genera un aviso a través del contacto de "live status". Si la protección detecta que la falla es en algún circuito de medición externo, la protección solo genera una alarma.

Cuando la falla es presentada en el software la acción que realiza la protección es la de reinicializar el microprocesador. Si con esto la falla no es corregida, se repite la misma acción hasta un máximo de tres veces y si la falla persiste, la protección es bloqueada y genera una alarma a través del contacto "live status" y adicionalmente enciende el led que se encuentra en la parte frontal nombrado ERROR

7.2. RUTINAS DE PRUEBAS

Los ajustes de las protecciones y las curvas de operación no deben ser probados continuamente después de la puesta en servicio, ya que estos son vigilados constantemente por la protección. La siguiente lista es la que se debe verificar como parte del mantenimiento:

1. Verificar que el led verde "RUN" se encuentra encendido y el led rojo ERROR se encuentre apagado.
2. Los leds de anunciaciones deben registrar el estado real de la planta.
3. Se debe comprobar que todos los leds de anunciación enciendan, para esto se debe presionar la tecla LEDS y verificar que todos enciendan.
4. Comparar las lecturas de tensión y corriente mostradas por el relé, contra otra fuente confiable de medición.
5. Se deben revisar los mensajes de Anunciación periódicamente para verificar que no existan mensajes de fallas internas.
6. Para una completa auto-revisión de la protección se debe resetear la protección, lo cual se realiza mediante el digsi, en conexión ON LINE, y en el menú DEVICE dar la opción de reset, con esto la protección quedara inoperante durante un período de tiempo de 10 a 15 seg, y posteriormente deberá quedar en condiciones normales de operación.
7. La correcta operación de los circuitos de disparo deberá realizarse a través del menú test del Digsí.

7.3. CAMBIO DE BATERIA

Las protecciones SIPROTEC utilizan una batería para almacenar las fallas presentadas, los eventos registrados y la hora, ante fallas de la alimentación del relé.

La batería es revisada por el relé internamente y si ésta presenta problemas el relé genera una alarma. Esta debe ser cambiada ante la alarma o a los 10 años de servicio; la batería recomendada es Lithium 3V 1 A/h Tipo CR ½ AA.

Al momento del cambio de la batería, los datos de relé deben ser almacenados para no perder su registro. Los datos de CFC, Calibración, configuración no se pierden por el cambio de la batería, y deben ser realizados con el equipo fuera de servicio.

7.4. FALLAS DEL RELÉ

Ante una falla presentada por el relé se deben seguir los siguientes pasos:

1. Verificar que todas las tarjetas estén bien insertadas en sus módulos y que ningún cable interno de comunicación se encuentre suelto.
2. Verificar que el fusible de la fuente no se encuentre dañado.
3. Si el led rojo de ERROR se encuentra encendido, se ha presentado un error interno, para esto se debe reiniciar el relé con el digi 4.

Si con las anteriores verificaciones no se ha recuperado la protección, es necesario consultar al proveedor para realizar el correspondiente cambio de la protección.