

MANUAL TÉCNICO

Manual de Usuario

Herramienta ACOPSO — Modelamiento, Estudios Eléctricos y Coordinación
de Protecciones

Guía de uso de la interfaz: pantallas, botones y flujo de trabajo

Tabla de Contenido

- [1. Introducción](#)
- [2. Glosario de Términos](#)
- [3. Etapa 1: Inicialización de la Herramienta](#)
- [4. Etapa 2: Procesamiento del Sistema Eléctrico](#)
- [5. Etapa 3: Coordinación y Ajuste de Protecciones](#)
 - [5.1 Control de Rutas Topológicas](#)
 - [5.2 Panel General de Configuración de Protecciones](#)
 - [5.3 Configuración: Fusible](#)
 - [5.4 Configuración: Reconectador](#)
 - [5.5 Configuración: Relé](#)
- [6. Etapa 4: Generación de Resultados](#)

1. Introducción

ACOPSO es una herramienta con interfaz gráfica desarrollada en Python que permite modelar un sistema de distribución eléctrica, ejecutar estudios de flujo de carga y cortocircuito, y realizar el ajuste y la coordinación de los dispositivos de protección del alimentador (fusibles, reconectores y relés).

El flujo de trabajo de la herramienta se organiza en 3 etapas principales, visibles como botones en el menú lateral, más una etapa final de resultados:

- 1. Modelar Red — carga de la información del sistema eléctrico desde un archivo Excel.
- 2. Estudios de Flujo de carga y Cortocircuito — cálculo de las corrientes de operación y de falla del sistema.
- 3. Ajuste y coordinación de protecciones — construcción de rutas de protección y cálculo de los ajustes de cada dispositivo.
- 4. Generación de resultados — curvas de coordinación tiempo-corriente (TCC) y reporte técnico en PDF.

Estas etapas deben trabajarse en orden: no es posible avanzar a los estudios eléctricos sin haber cargado antes el modelo del sistema, ni coordinar protecciones sin haber corrido antes los estudios de flujo y cortocircuito.

2. Glosario de Términos

Términos técnicos que aparecen repetidamente en la interfaz de la herramienta:

Término	Qué significa
Ruta	Secuencia jerárquica de dispositivos de protección de un alimentador, ordenados desde el punto más alejado de la subestación (Hijo) hasta la subestación (Padre).
Nivel	Cada uno de los puntos de la ruta donde hay un dispositivo de protección instalado.
Hardware	Marca y modelo comercial del dispositivo de protección (fusible, reconector o relé) seleccionado para un nivel.
P.U. (Pickup)	Corriente de arranque a partir de la cual el dispositivo de protección inicia su operación.
Dial (Time Dial)	Parámetro que ajusta qué tan rápido o lento opera la curva de tiempo-corriente del dispositivo, sin cambiar su forma.
Curva TCC (Tiempo-Corriente)	Representación gráfica que muestra el tiempo de operación de un dispositivo de protección en función de la corriente de falla.
Selectividad / CTI	Principio que asegura que, ante una falla, opere primero el dispositivo más cercano a la falla, dejando el resto del sistema en servicio. El CTI es el intervalo de tiempo de coordinación entre dos dispositivos consecutivos.

Término	Qué significa
Crecimiento Anual (g%)	Porcentaje estimado de aumento de la demanda eléctrica por año, usado para proyectar la carga futura del sistema.

3. Etapa 1: Inicialización de la Herramienta

Pantalla: "Estado del Sistema Eléctrico". Es la primera pantalla que ve el usuario al abrir la herramienta.

Elemento	Qué es / qué hace
Título "ACOPSO"	Nombre del proyecto y de la herramienta.
Menú lateral: "1. Modelar Red", "2. Estudios de Flujo de carga y Cortocircuito", "3. Ajuste y coordinación de protecciones"	Botones de navegación entre las 3 etapas de la herramienta. Siempre están visibles, pero las etapas 2 y 3 no muestran información hasta que se completa la carga de la plantilla en la etapa 1.
Botón "Cargar Plantilla Universal (.xlsx)"	Abre el explorador de archivos para buscar y cargar el Excel del sistema de distribución. No requiere una ruta o nombre de archivo específico, solo que sea un archivo .xlsx.
Panel "Conteo de elementos en el modelo"	Muestra un resumen (Fuente de Poder, Tramos de Línea, Transformadores, Bancos Reguladores, Cargas, Capacitores) con la cantidad de cada tipo de elemento leído del Excel.



Interfaz inicial de la herramienta ACOPSO.

Qué pasa al cargar la plantilla:

- Si el archivo no es válido o los datos están mal diligenciados: aparece un mensaje de error avisando del problema, y el usuario debe buscar y cargar el archivo de nuevo.
- Si la carga es exitosa: aparece una ventana flotante de confirmación.

4. Etapa 2: Procesamiento del Sistema Eléctrico

Pantalla: "Simulación de Flujo y Falla". Se compone de dos pestañas (Cortocircuito / Flujo de Potencia) que comparten el mismo botón de ejecución.

Elemento	Qué es / qué hace
Botón "EJECUTAR CÁLCULOS"	Corre ambos estudios (cortocircuito y flujo de potencia) al mismo tiempo. Antes de darle clic, las tablas de ambas pestañas aparecen vacías.
Pestaña "Cortocircuito"	Muestra la tabla de resultados de corrientes de falla por nodo (corriente de fase máxima, fase mínima y tierra máxima).
Pestaña "Flujo de Potencia"	Muestra la tabla de corrientes de operación por elemento y por fase. Un guion "-" en una fase indica que ese elemento es monofásico y no tiene corriente en esa fase.

Nodo	I Fase Máxima (A)	I Fase Mínima (A)	I Tierra Máxima (A)
SOURCEBUS	100419.0	86962.0	105437.0
650	2108495.0	1808466.0	2822023.0
RG60	1474365.0	1240777.0	1801946.0
633	8178.0	6177.0	4708.0
634	20898.0	17389.0	17278.0
632	11389.0	8438.0	6259.0
670	8541.0	6335.0	4677.0
671	5692.0	4235.0	3091.0
680	4499.0	3361.0	2447.0
645	5959.0	5720.0	4341.0
646	4997.0	4743.0	3666.0
692	5692.0	4235.0	3091.0
675	5020.0	3849.0	2864.0
684	4035.0	3900.0	2735.0
611	2361.0	2361.0	2361.0
652	2290.0	2290.0	2290.0

Pestaña de resultados de Cortocircuito.

Elemento	Fase 1 (A)	Fase 2 (A)	Fase 3 (A)
TRANSFORMER.SUB	17.96	19.73	22.27
TRANSFORMER.REG1	593.69	-	-
TRANSFORMER.REG2	-	434.45	-
TRANSFORMER.REG3	-	-	624.68
TRANSFORMER.XFM1	81.44	61.69	63.3
LINE.L0	562.08	418.75	591.42
LINE.L1	481.88	218.05	480.24
LINE.L2	473.76	188.82	424.88
LINE.L4	81.44	61.69	63.3
LINE.L5	-	143.31	64.38
LINE.L6	-	64.38	64.38
LINE.L7	206.84	68.51	125.9
LINE.L8	62.7	-	71.15
LINE.L9	-	-	71.15
LINE.L10	62.7	-	-
LINE.L11	230.92	68.51	180.29
LOAD.LD_671_1	107.0	107.0	-
LOAD.LD_671_2	-	105.44	105.44
LOAD.LD_671_3	108.71	-	108.71

Pestaña de resultados de Flujo de Potencia.

Notas importantes:

- Cambiar entre pestañas no requiere volver a calcular: ambas quedan disponibles después de un solo clic en “EJECUTAR CÁLCULOS”.
- No hay opción de exportar o guardar estas tablas; los datos quedan visibles en pantalla y se usan internamente para la siguiente etapa.
- Si el modelo tiene un problema, la herramienta no muestra un mensaje de error en esta pantalla.

5. Etapa 3: Coordinación y Ajuste de Protecciones

Pantalla: "Gestor Maestro de Rutas y Protecciones". Es la etapa más completa de la herramienta y se divide en dos paneles: el de construcción de rutas (izquierda) y el de configuración de cada dispositivo (derecha).



Vista general del Gestor Maestro de Rutas y Protecciones.

5.1 Control de Rutas Topológicas

Elemento	Qué es / qué hace
Botón “Cargar” (morado)	Carga una ruta trabajada anteriormente, guardada en un archivo .json.
Botón “Guardar” (azul)	Guarda la ruta actual en un archivo .json.
Selector de ruta (ej. “Ruta 1”)	Elige entre las rutas ya creadas dentro del proyecto. El nombre lo asigna automáticamente la herramienta.
Botón “Eliminar Ruta” (rojo)	Elimina la ruta seleccionada en el desplegable. Pide confirmación antes de borrar.
Botón “+ Nueva Ruta” (verde)	Crea una ruta nueva, vacía, lista para agregar niveles.
Botón “REINICIAR PROYECTO (BORRAR TODO)” (rojo, ancho completo)	Borra TODAS las rutas del proyecto (no solo la seleccionada). Pide confirmación antes de ejecutar la acción.
Campo “Nivel Final (Hijo)”	Selecciona desde qué tramo de línea arranca la ruta (el punto más alejado de la subestación). El desplegable muestra todos los tramos de línea existentes en el modelo cargado en la Etapa 1.

Elemento	Qué es / qué hace
Ícono  (engranaje) junto a cada nivel	Abre el panel de configuración del dispositivo de protección instalado en esa línea.
Ícono  (basura) junto a cada nivel	Elimina solo ese dispositivo de protección de ese nivel específico (no borra la ruta completa).
Área de niveles de la ruta	Cada nivel agregado aparece como una fila nueva, con su propio desplegable, ícono de engranaje e ícono de basura. Se construye de abajo hacia arriba: el nivel más bajo es el más cercano al final de la línea (Hijo) y el más alto es el más cercano a la subestación (Padre).
Botón “+ Agregar Nivel Aguas Arriba”	Agrega el siguiente dispositivo de protección hacia la subestación. Se repite este paso hasta llegar a la subestación.

5.2 Panel General de Configuración de Protecciones

Elemento	Qué es / qué hace
Pestañas “Análisis de Fase” / “Análisis de Tierra”	Aplican a toda la ruta. Determinan si, al calcular los ajustes y la coordinación, la herramienta genera las gráficas y resultados para fase o para tierra.
Radio buttons “Dispositivo: Fusible / Reconectador / Relé”	Se define por cada nivel de la ruta: el usuario escoge qué tipo de dispositivo hay en ese nivel específico.
Botón “Guardar Ajustes”	Guarda los ajustes del dispositivo que se está configurando en ese momento, antes de pasar a configurar el siguiente nivel.
Botón “CALCULAR AJUSTES Y COORDINACIÓN” (verde)	Corre el algoritmo completo de coordinación para todos los niveles de la ruta ya configurados y guardados. Es el botón que lleva a los resultados de la Etapa 4 (curvas TCC y reporte).

5.3 Configuración de Dispositivo: Fusible

Elemento	Qué es / qué hace
Crecimiento Anual (g%)	Porcentaje de crecimiento anual proyectado de la demanda. El usuario puede modificarlo (valor por defecto: 2.0).
Años Proyección (n)	Número de años a proyectar. El usuario puede modificarlo (valor por defecto: 10).
Botón “Calcular Fusible”	Calcula y muestra: I_Load (Flujo DSS) — corriente de carga actual; I_NE (Proyectada) — corriente proyectada a futuro con el crecimiento indicado; y Fusible — el calibre comercial recomendado (ej. “100K (Tipo Rápido)”), resaltado en verde.

[⚡] Algoritmo de Selección de Fusibles

Crecimiento Anual (g%): Años Proyección (n):

Calcular Fusible

I_Load (Flujo DSS): 71.15 A

I_NE (Proyectada): 86.73 A

Fusible: 100K (Tipo Rápido)

Panel de configuración del Fusible, con resultado calculado.

Nota: Los fusibles que recomienda la herramienta son siempre de Tipo K (no hay selección de marca u otro tipo).

Nota: Si el usuario intenta calcular sin haber ejecutado antes los estudios de flujo y cortocircuito (Etapa 2), aparece un aviso indicando que los flujos no se han corrido. La herramienta calcula con la información que el usuario haya ingresado hasta ese momento.

5.4 Configuración de Dispositivo: Reconectador

Elemento	Qué es / qué hace
Hardware	Marca/modelo del reconectador. Opciones: SEL-651R, NOJA Power OSM, Schneider ADVN N-Series. Al cambiar de marca, el rango de P.U. y el Dial se actualizan automáticamente según el modelo elegido.

Elemento	Qué es / qué hace
Curva Rápida	Curva de operación rápida. Opciones IEEE: Moderadamente Inversa, Muy Inversa, Extremadamente Inversa. Opciones IEC: Normal Inversa, Muy Inversa, Extremadamente Inversa. Es obligatorio seleccionarla.
Curva Lenta	Curva de operación lenta. Mismas opciones que Curva Rápida. También es obligatorio seleccionarla.
Crecimiento Anual (g%) / Años Proyección (n)	Igual que en Fusible: valores editables por el usuario.
Botón “Calcular Pickup”	Calcula y muestra: I_Load, P.U. Teórico Calculado, y P.U. Comercial Asignado (el valor ajustado al paso comercial más cercano que permite el hardware seleccionado).

Panel de Configuración de Protecciones

Dispositivo: ☐ Fusible ☒ Reconectador ☐ Relé

Hardware: SEL-651R

Curva Rápida: IEEE Moderadamente Inversa

Curva Lenta: IEC Extremadamente Inversa

Hardware - Rango P.U.: 10.0A - 800.0A
Dial: 0.05 a 1.0 (Pasos de 0.01)

Crecimiento Anual (g%): 2.0 Años Proyección (n): 10

Calcular Pickup

I_Load (Flujo DSS): Esperando...

P.U. Teórico Calculado: Esperando...

P.U. Comercial Asignado: ...

Guardar Ajustes

Panel de configuración del Reconectador.

5.5 Configuración de Dispositivo: Relé

Elemento	Qué es / qué hace
Hardware	Marca/modelo del relé. Opciones: SEL-751 (Feeder Relay), Siemens SIPROTEC, ABB.
Curva 51 (Inversa)	Curva de sobrecorriente temporizada. El relé solo requiere esta única curva (a diferencia del reconectador, que pide curva rápida y lenta).
Crecimiento Anual (g%) / Años Proyección (n)	Igual que en los otros dos dispositivos.

Elemento	Qué es / qué hace
I_Inrush (A) [Opcional]	Campo opcional. Se puede dejar en 0.0 (valor por defecto) y el cálculo funciona con normalidad.
Botón “Calcular Pickup”	Funciona igual que en el Reconector: calcula I_Load, P.U. Teórico Calculado y P.U. Comercial Asignado.

Panel de Configuración de Protecciones

Dispositivo: ☐ Fusible ☐ Reconector ☒ Relé

Hardware: SEL-751 (Feeder Relay) ▼

Curva 51 (Inversa): IEEE Moderadamente Inversa ▼

Hardware - P.U Continuo: 0.1A a 3200.0A
Dial: 0.5 a 15 (Pasos de 0.01)

Crecimiento Anual (g%): Años Proyección (n):

I_Inrush (A) [Opcional]:

Calcular Pickup

I_Load (Flujo DSS): Esperando...

P.U. Teórico Calculado: Esperando...

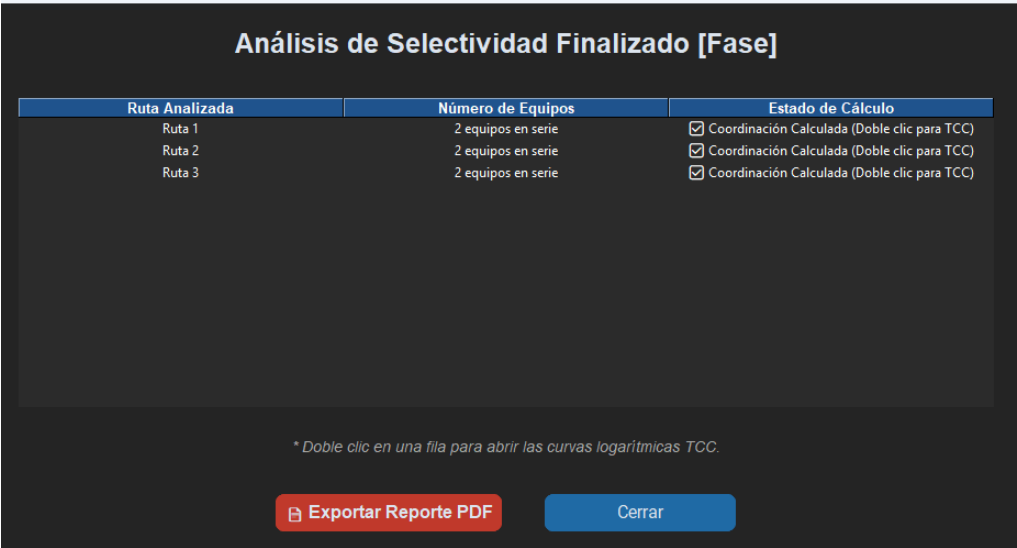
P.U. Comercial Asignado: ...

Guardar Ajustes

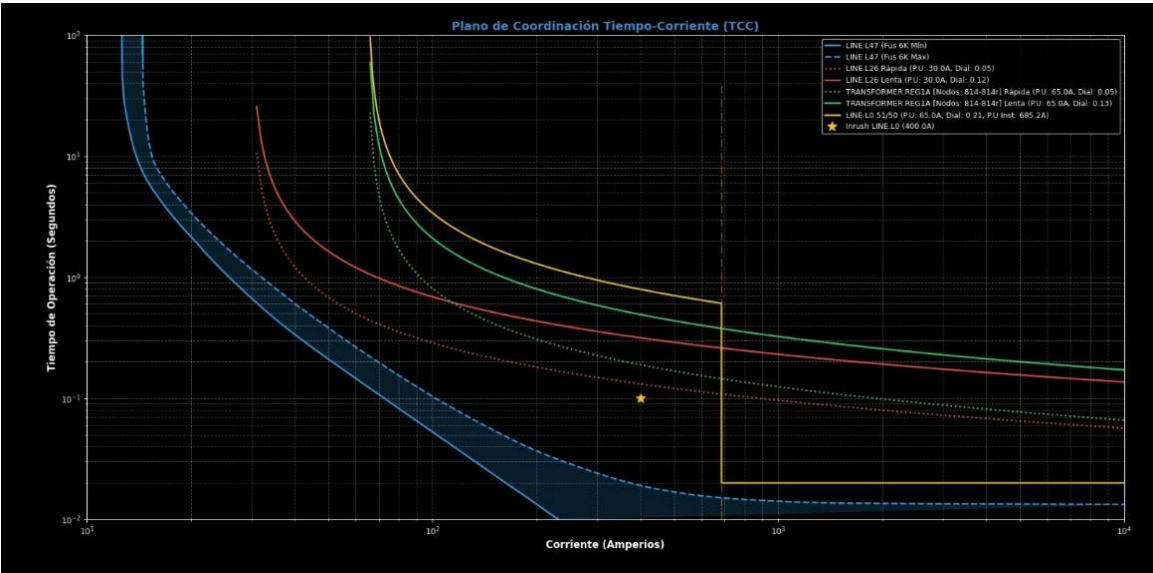
Panel de configuración del Relé.

6. Etapa 4: Generación de Resultados

Al finalizar el cálculo de ajustes y coordinación (botón "CALCULAR AJUSTES Y COORDINACIÓN" de la Etapa 3), la herramienta genera los resultados finales del proceso.



Elemento	Qué es / qué hace
Gráfica de Coordinación por rutasTiempo-Corriente (TCC)	Muestra las curvas de los dispositivos de protección ajustados para las rutas calculadas, diferenciadas por color, permitiendo verificar visualmente el cumplimiento de los criterios de selectividad entre ellos.
Reporte técnico en PDF	Documento que consolida los resultados del estudio: con el botón 'Exportar reporte PDF' se descargan los parámetros de ajuste de cada dispositivo, evaluación de selectividad (CTI) entre niveles, y la gráfica de coordinación TCC.



Gráfica de coordinación tiempo-corriente (TCC).

Topología Analizada: Ruta 1**1. Parametros y Ajustes de Equipos (Hijo -> Padre):**

Nivel 0 (Hijo): LINE.L47 - Fusible Curva K (Rápido)

- Tamaño/Curva Seleccionada: 6K

Nivel 1 (Padre): LINE.L26 - Reconectador Schneider ADVC (N-Series)

- Ajustes: PU=30.0A, Curva=IEC Muy Inversa, Dial=0.21

Nivel 2 (Padre): TRANSFORMER.REG1A [Nodos: 814-814r] - Reconectador Schneider ADVC (N-Series)

- Ajustes: PU=65.0A, Curva=IEC Muy Inversa, Dial=0.15

Nivel 3 (Padre): LINE.L0 - Reconectador Schneider ADVC (N-Series)

- Ajustes: PU=65.0A, Curva=IEC Muy Inversa, Dial=0.3

2. Evaluacion de Selectividad (CTI):

- Evaluando LINE.L26: [OK] Respaldo a Fus. 6K [Fase]

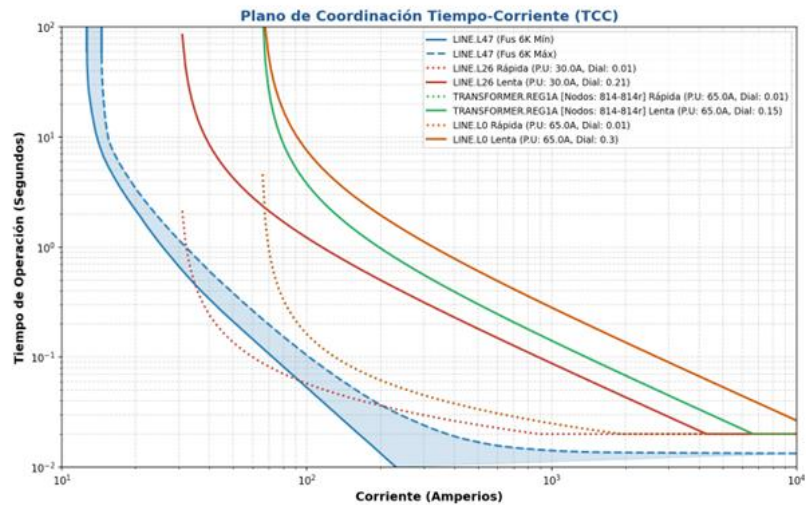
Detalle: Rec vs Fus | Lento=0.16

- Evaluando TRANSFORMER.REG1A [NODOS: 814-814R]: [CASCADA] Cascada [Fase] (CTI Graduado)

Detalle: Rec vs Rec | Lento=0.15

- Evaluando LINE.L0: [CASCADA] Cascada [Fase] (CTI Graduado)

Detalle: Rec vs Rec | Lento=0.3



Reporte técnico en PDF generado por la herramienta.