

Planificación Eléctrica de Redes de Distribución Inteligentes con DERs y Nuevas Tecnologías

PROYECTO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA 4.0

Módulo 3: Simulación y Herramientas para apoyar la PE 4ta Parte: Herramienta OpenPRED-Perú

Contenido Módulo 3 – Parte 4

- 1. Aspectos generales en Planificación incorporando GD y NTs**
 - Herramientas de planificación, expectativas y capacidades
- 2. Herramienta OpenPRED - Perú**
 - Requerimientos básicos de diseño
 - Interoperabilidad entre aplicaciones/plataformas
 - Exportación de la BBDD eléctrica: Digsilent a Excel
 - Interfaz, Diseño y Funciones
 - Elementos de red para planificación
 - Edición de Red - Casos de estudio
 - Cálculo de Confiabilidad
 - Cálculo de Hosting Capacity (HC)
 - Análisis técnico/económico de Planificación
 - Análisis de emisiones evitadas de CO₂
 - Graficación Unifilar y Georreferenciada



PROYECTO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA 4.0

1. Aspectos generales en Planificación incorporando GD y NTs

Consideraciones sobre planificación en redes de distribución:

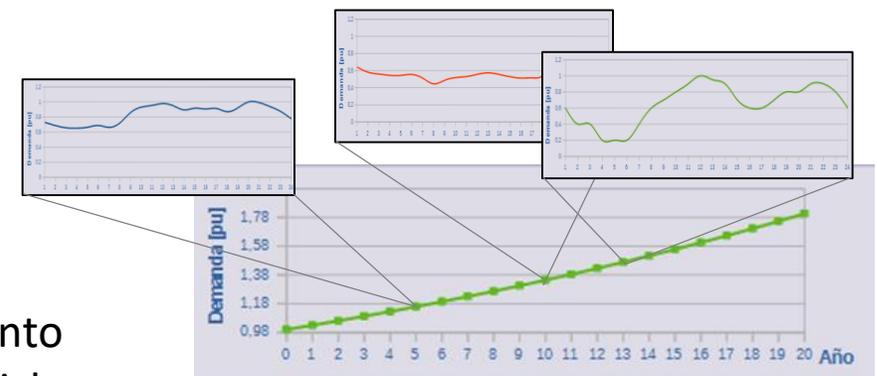
Aspectos generales

Tradicionalmente la planificación en distribución se realiza en base al análisis de un alimentador típico trabajando en una condición de flujo máximo de potencia, donde las cargas se consideran en su máxima expresión afectadas eventualmente de un factor de simultaneidad y de una tasa de crecimiento de demanda a lo largo de los años de planificación.



- ➔ Es una “foto” del sistema que presupone el estado de operación mas desfavorable y lleva a determinar en este contexto el calibre de líneas, capacidad de transformadores y equipos.

La incorporación de Generación Distribuida (GD) y NTs, aun utilizando un alimentador típico, obliga a considerar la operación de cargas, generadores renovables distribuidos y el funcionamiento de equipos como almacenadores, EVs, etc.



- ➔ El cálculo de flujo de potencia debe considerar el funcionamiento de estos equipos, para un periodo de tiempo adecuado a los ciclos de trabajo de ellos y así considerar el impacto que tienen en la red que se está planificando.

Capacidades de una herramienta de cálculo:

Expectativas sobre una herramienta de Planificación Eléctrica (PE) con NTs y DERs

Los flujos bidireccionales que provocan la incorporación de NTs, plantean desafíos y necesidades no siempre contempladas por las herramientas de cálculos tradicionales.

Una herramienta que ayude al procedimiento de planificación en este contexto debe considerar:

1. Capacidad de simulación de redes de distribución, principalmente cálculo de Flujos de potencias, considerando no solo la evolución de las cargas/generadores en el largo plazo (5, 10 o 20 años), sino también su desempeño diario (días típicos) y en diferentes escenarios.
2. Capacidad de análisis de la posibilidad de inserción de generación distribuida (Hosting Capacity), tanto en distribución primaria como a nivel de usuario en redes de baja tensión.
3. Capacidad de evaluar la confiabilidad de las redes incorporando nuevos aparatos de maniobra.
4. Capacidad de realizar un análisis económico, principalmente flujo de caja, considerando costos, recupero e inversiones necesarias para la incorporación de las NTs.
5. Una adecuada gestión de casos de estudio y escenarios.



PROYECTO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA 4.0

2. Herramienta de planificación OpenPRED - Perú

Herramienta: Planificación de Redes Eléctricas de Distribución (OpenPRED-Perú)

The screenshot shows the 'PLANIFICACIÓN DE REDES ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN' interface. It includes a header with the Peruvian Ministry of Energy and Mines logo, a 'RED BAJO ESTUDIO' section with file selection fields, an 'ELEMENTOS DE PLANIFICACIÓN' section with buttons for generating profiles and defining parameters, a 'GESTIÓN DE CASOS / HOSTING CAPACITY / CONFIABILIDAD' section with a case selector and calculation buttons, and a 'FUNCIONES DE PLANIFICACIÓN' section with a function selector and execution buttons. A status bar at the bottom provides technical details and development information.

PLANIFICACIÓN DE REDES ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN

RED BAJO ESTUDIO

Red Eléctrica: IEEE_13N_Simplificado_TrGeo1.xls

Directorio de Trabajo: C:\OpenPRED\IEEE_13N_Simplificado_TrGeo1\

ELEMENTOS DE PLANIFICACIÓN

GESTIÓN DE CASOS / HOSTING CAPACITY / CONFIABILIDAD

Caso de Análisis: Caso_Base

FUNCIONES DE PLANIFICACIÓN

Función: Seleccione Función ...

El cálculo de Flujo de Potencia para el caso: Caso_Base fue realizado, logrando los siguientes resultados:
Cant. Barras = 15 - Demanda Máx. [MW] = 3,58187 - Pérdidas Tot. [MW] = 0,16947 - Tensión Máx. [Pu] = 1,0239 - Tensión Mín. [Pu] = 0,88265
El cálculo de Flujo de Potencia para el caso: Caso_Base fue realizado, logrando los siguientes resultados:
Cant. Barras = 15 - Demanda Máx. [MW] = 3,58187 - Pérdidas Tot. [MW] = 0,16947 - Tensión Máx. [Pu] = 1,0239 - Tensión Mín. [Pu] = 0,88265
Por favor antes de continuar observe valores y parámetros adicionales para el Caso Base
La Red permitió realizar un flujo de potencia exitoso y está lista para ser estudiada.
La Red IEEE_13N_Simplificado_TrGeo1 ha sido creada con éxito.

Desarrollado con el apoyo de la GIZ (Proyecto Distribución Eléctrica 4.0) por Instituto de Energía Eléctrica – IEE-UNJSJ-CONICET - Argentina

Requerimientos básicos de diseño:

1. Utilización de plataformas de software libre (Open Source).
2. Versatilidad y flexibilidad para el análisis de casos y/o escenarios.
3. Funcionalidad acorde a las necesidades en PE incorporando NTs y DERs.
4. Compatibilidad con fuentes disponible de información/BBDD eléctrica.
5. Interfaz gráfica, posibilidad de presentar/exportar resultados, tabulación y graficación (mapas de calor) georreferenciada, interoperabilidad, etc.

Interoperabilidad entre aplicaciones/plataformas:



Exportación de BBDD Eléctrica



Otros : Oracle, MS-SQL, ODBC System DSN, ASCII Text (csv like), XML

OpenPRED-Perú

Conversión BBDD (OpenDSS)



LibreOffice The Document Foundation

Graficación GIS (Archivos Kml)



Plataformas OpenSource

Descripción:

Herramienta de Planificación de Redes Eléctricas de Distribución basada en plataformas de uso libre (OpenPRED-Perú).

Exportación de la BBDD eléctrica: DigSilent a Excel



Interfaz DGS: permite exportar la base de datos de Digsilent a otras plataformas.

Utilizar versión DGS v6.00

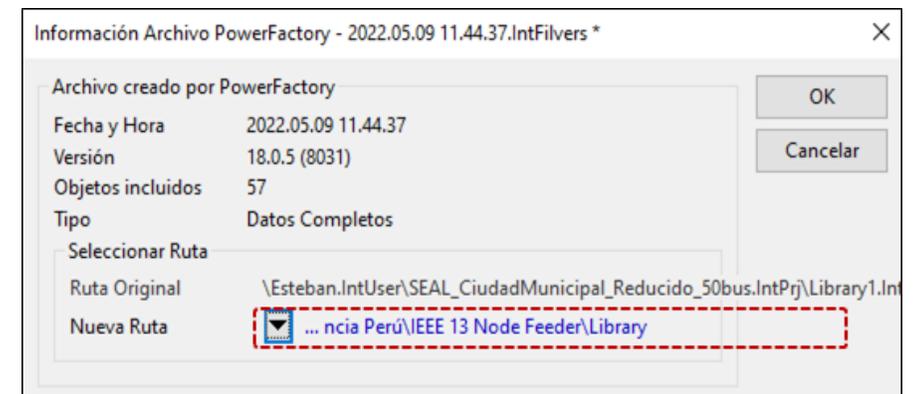
Formato Microsoft Excel Archivo

Plantilla de exportación: es un archivo de extensión “.dz”, que contiene todos los objetos que representan los elementos y tipos que modelan al sistema.

Proporcionada por IEE-UNSJ-CONICET

Carga de plantilla de exportación:

1. Desactivar todos los proyectos del usuario (posicionado sobre proyecto/botón derecho/Desactivar)
2. Cargar la plantilla de exportación (Ir a Archivo/Importar/Datos (*.pdf; *.dz; *.dzs)...))
3. Seleccionar archivo de la plantilla (ejemplo DGS_9_52022.dz)
4. Seleccionar en “Nueva Ruta” la subcarpeta “Library” del proyecto en estudio
5. Presionar “Ok”
6. Activar el proyecto para realizar la exportación

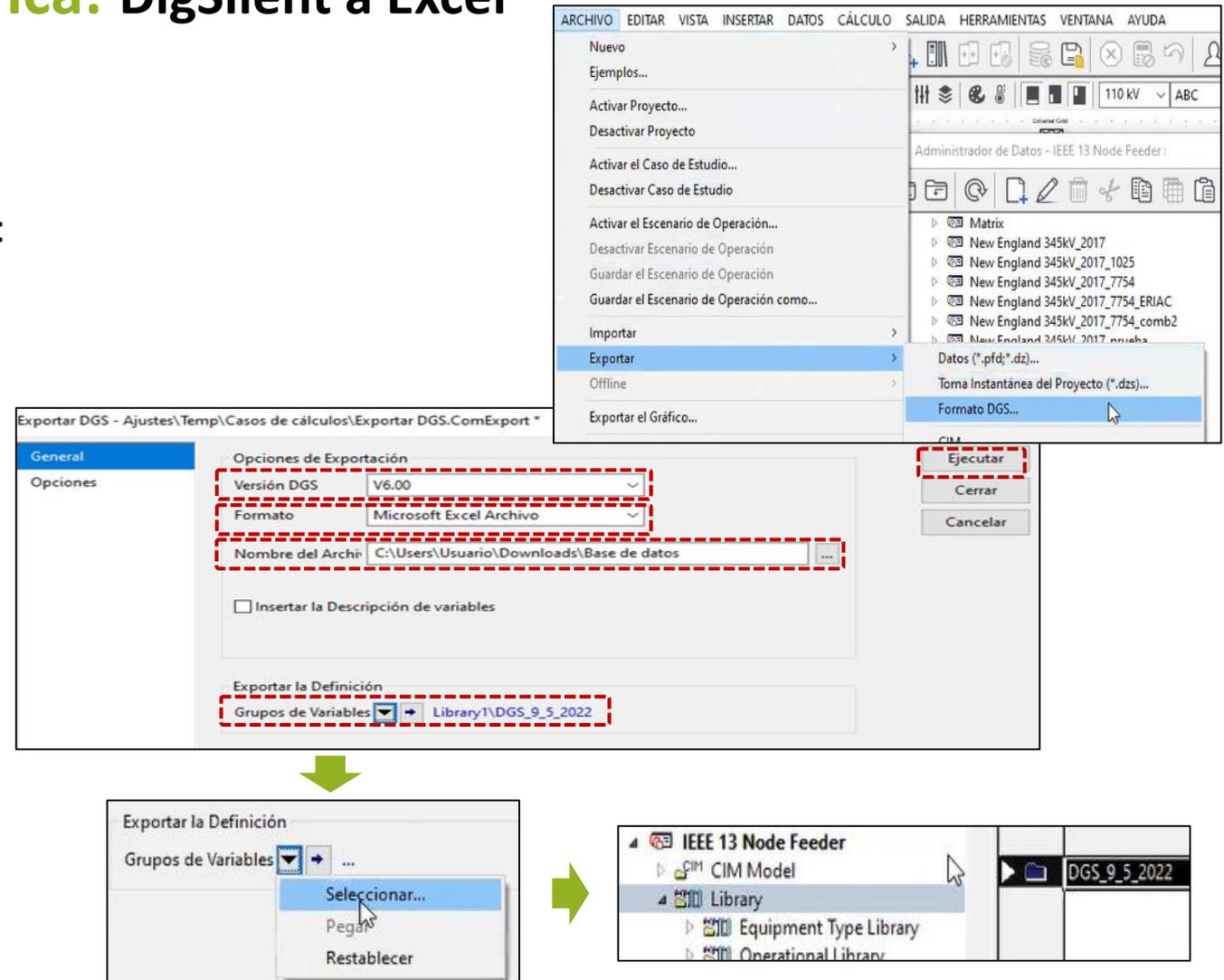


Exportación de la BBDD eléctrica: DigSilent a Excel

Exportación de la BBDD eléctrica

Habiendo cargado la plantilla de exportación:

1. Ir a Archivo/Exportar/Formato DGS.
2. Seleccionar Versión (v6.00)
3. Seleccionar Formato (Microsoft Excel Archivo)
4. Establecer Nombre del archivo (ruta y archivo a generar con la exportación).
4. Seleccionar en “Grupo de variables”, la plantilla de exportación cargada.
5. Presionar “Ejecutar”



OpenPRED-Perú: Interfaz principal

1 RED BAJO ESTUDIO

Red Eléctrica: IEEEE_13N_Simplificado_TrfGeo1.xls
 Directorio de Trabajo: C:\OpenPRED\IEEE_13N_Simplificado_TrfGeo1\

2 ELEMENTOS DE PLANIFICACIÓN

Generar Perfiles Cargas, Definir DERs, Definir Límites Admisibles, Parámetros Adicionales Caso Base

3 GESTIÓN DE CASOS / HOSTING CAPACITY / CONFIABILIDAD

Caso de Análisis: Caso_Base

Nuevo Caso, Editar Caso, Cálculo Hosting Capacity, Cálculo Confiabilidad, Clonar Caso, Eliminar Caso, Cálculo FP Instantáneo, Comando OpenDSS

4 FUNCIONES DE PLANIFICACIÓN

Función: Seleccione Función ...

Ejecuta Función, Genera Archivo KML

5 REGISTRO DE TRABAJO Y RESUMEN DE RESULTADOS

El cálculo de Flujo de Potencia para el caso: Caso_Base fue realizado, logrando los siguientes resultados:
 Cant. Barras = 15 - Demanda Máx. [MW] = 3,58187 - Pérdidas Tot. [MW] = 0,16947 - Tensión Máx. [Pu] = 1,0239 - Tensión Mín. [Pu] = 0,88265
 El cálculo de Flujo de Potencia para el caso: Caso_Base fue realizado, logrando los siguientes resultados:
 Cant. Barras = 15 - Demanda Máx. [MW] = 3,58187 - Pérdidas Tot. [MW] = 0,16947 - Tensión Máx. [Pu] = 1,0239 - Tensión Mín. [Pu] = 0,88265
 Por favor antes de continuar observe valores y parámetros adicionales para el Caso Base
 La Red permitió realizar un flujo de potencia exitoso y está lista para ser estudiada.
 La Red IEEE 13N Simplificado TrfGeo1 ha sido creada con éxito.

RED BAJO ESTUDIO:
 Examinar el equipo y seleccionar la red a estudiar en formato .xls/.ods (exportado desde DigSilent). Esto creará en la misma ubicación (si no existe) un directorio para esa red denominado Caso_Base, donde la aplicación colocará los archivos necesario para realizar cálculos y funciones, así como resultados obtenidos.

ELEMENTOS DE PLANIFICACIÓN:
 Crea elementos o parámetros a utilizar en la planificación a largo plazo. Perfiles de carga a asociar a estas en al generación de casos. Generar perfil planificación, que permita cálculos de flujo de 24 Hs en cada año. Estos se archivan .csv con los perfiles a utilizar.
 Límites admisibles de variación de tensión, margen de reserva de líneas y Verificación y definición de parámetros asociados al Caso Base y red bajo estudio.

GESTIÓN DE CASOS DE ANÁLISIS / HOSTING CAPACITY / CONFIABILIDAD:
 Crear los casos necesarios para analizar escenarios diferentes a partir del Caso_Base. Esto creará en la misma ubicación, directorios para cada caso donde la aplicación colocará los archivos necesarios para realizar cálculos funciones, así como resultados obtenidos. Pueden también seleccionarse, editarse, clonarse o borrarse caso existentes.
 Calcular flujo de potencia básico con cargas en su valor nominal y ejecución comandos en OPEN DSS.
 Cálculo HOSTING CAPACITY y CONFIABILIDAD, funciones que están disponible para todos los casos excepto para el Caso_Base.

FUNCIONES DE PLANIFICACIÓN:
 Permite el cálculo y evaluación de análisis específicos relacionados a la planificación en Redes Eléctricas de Distribución, considerando NTs. Se pueden ejecutar diferentes funciones técnicas y metodológicas como Evaluación Planificación de expansión, Flujo de Fondos y otras de tipo administrativas.

REGISTRO DE TRABAJO Y RESUMEN DE RESULTADOS:
 Permite observar un registro de las operaciones realizadas y resultados resumidos de los cálculos o funciones ejecutadas.

ACERCA DE OpenPRED y RESTAURACIÓN:
 Permite conocer detalles de la Licencia de uso, información del IEE-UNSJ-CONICET y el grupo de desarrollo.
 Se instrumenta además la posibilidad de restauración de la herramienta, lo que lleva al borrado de todos los cálculos realizados, borrado de registros de redes anteriormente estudiadas y borrado de directorios asociados a las mismas.

Selección de red bajo estudio
 Determinación de elemento de planificación
 Gestión de casos de estudio y cálculo técnico
 Funciones de planificación
 Registro y resumen de resultados

Guía de uso y referencia

OpenPRED-Perú: Interfaz principal - Funciones

The screenshot displays the main interface of the OpenPRED-Perú software. At the top, it features the title 'PLANIFICACIÓN DE REDES ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN' and the logo of the Peruvian Ministry of Energy and Mines. The interface is organized into several horizontal sections:

- RED BAJO ESTUDIO:** Contains input fields for 'Red Eléctrica' (with the value 'IEEE_13N_Simplificado_TrfGeo1.xls') and 'Directorio de Trabajo' (with the path 'C:\OpenPRED\IEEE_13N_Simplificado_TrfGeo1\'). An 'Explorar' button is located to the right.
- ELEMENTOS DE PLANIFICACIÓN:** A row of four buttons: 'Generar Perfiles Cargas', 'Definir DERs', 'Definir Límites Admisibles', and 'Parámetros Adicionales Caso Base'.
- GESTIÓN DE CASOS / HOSTING CAPACITY / CONFIABILIDAD:** Includes a 'Caso de Análisis' dropdown menu set to 'Caso_Base'. To its right are buttons for 'Nuevo Caso', 'Editar Caso', 'Cálculo Hosting Capacity', 'Cálculo Confiabilidad', 'Clonar Caso', 'Eliminar Caso', 'Cálculo FP Instantáneo', and 'Comando OpenDSS'.
- FUNCIONES DE PLANIFICACIÓN:** Features a 'Función' dropdown menu with the text 'Seleccione Función ...', an 'Ejecuta Función' button, and a 'Genera Archivo KML' button.

At the bottom, there is a text area displaying calculation results for power flow and hosting capacity, along with the IEE logo and project information: 'Desarrollado con el apoyo de la GIZ (Proyecto Distribución Eléctrica 4.0) por Instituto de Energía Eléctrica - IEE-UNSI-CONICET - Argentina'. A small 'Acerca de OpenPRED' button is also present.

- Exploración de directorios y selección de Red Eléctrica a estudiar
 - Determinación de perfiles de cargas
 - Determinación de DERs
 - Definición del rango admisible de tensión
 - Definición del margen de reserva para líneas y transformadores
- Gestión de casos de estudio
 - Cálculo de Flujo de potencia instantáneo
 - Cálculo de confiabilidad
 - Cálculo de Hosting Capacity
 - Ejecución de comandos OpenDSS
- Cálculo y análisis de planificación
 - Cálculo de Flujos de caja
 - Generación de archivos para graficación gerreferenciada

OpenPRED-Perú: Elementos de red

RED BAJO ESTUDIO DEFINICIÓN DE PERFILES DE CARGA SEGÚN AÑOS DE PLANIFICACIÓN

Red Eléctrica: IEEE_13N_Simplificado_TrGeo1.xls

CRECIMIENTO DE LA DEMANDA Y AÑOS DE PLANIFICACIÓN

Tasa de Crecimiento Anual: 50 %

SELECCIÓN DE AÑOS

Generar Perfiles Carga

PERFILES DE DEMANDA

Demanda [pu]

SELECCIÓN DE PERFILES DE CARGA

Perfil de Origen	PCargas_Hidrandina_2021_Max.csv	PCargas_Hidrandina_2021_Min.csv
Perfil de Destino	General	Residencial
	Maxima	Minima

Hora	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Perfil 5
1	0.729004	0.642962			
2	0.687048	0.581337			
3	0.657251	0.559732			
4	0.642208	0.544074			

RED BAJO ESTUDIO DEFINICIÓN DE GENERADORES DE ENERGÍA RENOVABLE

Red Eléctrica: IEEE_13N_Simplificado_TrGeo1.xls

GENERADORES FOTOVOLTAICO (FV)

Perfil de generación [pu]

Irradiancia, Temperatura, Eficiencia vs Pot. Inv.

Potencia del Generador: kWp

Gen_FV N°: 5

Crear Generador

GENERADORES BIOMASA

Perfil de generación [pu]

Biodigestor T1, Biodigestor T2, Biodigestor T3

Potencia del Generador: KVA

Perfil Biodigestor: Bio Tipo 1

Gen_Bio N°: 1

Crear Generador

VEHICULOS ELÉCTRICOS (EV) / ALMACENADORES

Perfil de generación [pu]

Perfil Carga, Perfil Agregador

Potencia del Generador: kW

Gen_Ev N°: 1

Tipo Modelo: Mod Carga, Mod Agregador

Crear Generador

GENERADORES EÓLICO/GENÉRICOS

Perfil de generación [pu]

P Generación

Potencia del Generador: KVA

Gen_Ge N°: 3

Crear Generador

DEFINICIÓN DE CAPACITORES

Potencia del Capacitor [kVA]: 50.0

Capacitor_N°: 3

Crear Capacitor

SELECCIÓN DE PERFILES DE GENERACIÓN, CARGA Y DESCARGA

Perfil de Origen	alradSum.csv	Hidrandina_Temp_214.csv	UserIndWin.csv	UserComSum.csv	UserResWin.csv	Perfil VE2.csv	Perfil VE.csv
Hora	Irradiancia	Temperatura	Biodigestor T1	Biodigestor T2	Biodigestor T3	Perfil Carga	*Perfil Agregador
1	0	0.81777085	0.54	0.0	0.56		P Generación
2	0	0.814653157	0.54	0.4	0.4		-0.6
3	0	0.812782541	0.54	0.4	0.16		-0.4
4	0	0.812678656	0.54	0.2	0.12		-0.2

- Elementos de planificación:**
- Perfiles de carga (PC)
 - Generadores (GD): FV, Eólicos, Genéricos
 - Vehículos eléctricos (VE)
 - Capacitores
 - Simulación de cargas

OpenPRED-Perú: Edición de Red - Casos de estudio

Gestión de casos de estudio:

Creación, edición, clonado y borrado de casos.

Incorporación de GE, definición de P Carca, edición de potencia de transformadores y capacidad de líneas

RED BAJO ESTUDIO
PARÁMETROS ADICIONALES RELACIONADOS A CARGAS DEL CASO

Red Eléctrica:

Caso de estudio:

RESÚMEN DE RESULTADOS ASOCIADOS AL CASO BASE

Cantidad de Cargas (Mono-Trifásicas)	Cantidad de Líneas	Cantidad de Transformadores	Cantidad de Barras	Demanda Máxima [MW]	Tensión Máxima [Pu]	Tensión Mínima [Pu]	Pérdida
15	10	2	15	3,58187	1,0239	0,88265	0,00000

PARÁMETROS ADICIONALES ASOCIADOS A CARGAS DEL CASO BASE

Definición de Características de las Cargas

ID Carga	ID Nodo	Fases	Voltaje [kV]	Potencia [kW]	Cantidad de Clientes	Factor de Carga
L611_Yc_ph.3	611.3	1	2,402	170	33	0,75
L634_YcPQ_ph.1	634.1	1	0,277	160	33	0,75
L634_YcPQ_ph.2	634.2	1	0,277	120	33	0,75
L634_YcPQ_ph.3	634.3	1	0,277	120	33	0,75
L645_YcPQ_ph.2	645.2	1	2,402	170	33	0,75
L646_DcZ	646.3.2	1	4,16	230	33	0,75
L652_YcZ_ph.1	652.1	1	2,402	128	33	0,75
L571_DcPQ_ph.1	671.1	1	2,402	385	33	0,75
L571_DcPQ_ph.2	671.2	1	2,402	385	33	0,75
L571_DcPQ_ph.3	671.3	1	2,402	385	33	0,75
DistributedLoad	671.1.2.3	3	4,16	200	100	0,75
L675_YcPQ_ph.1	675.1	1	2,402	485	33	0,75
L675_YcPQ_ph.2	675.2	1	2,402	68	33	0,75
L675_YcPQ_ph.3	675.3	1	2,402	290	33	0,75
L692_DcZ	692.3.1	1	4,16	170	33	0,75

RED BAJO ESTUDIO
EDICIÓN DE RED

Red Eléctrica:

Caso de estudio:

CONFIGURACIÓN DE LA RED

Tensión de Nodo en Centro de Distribución (CD) [Pu]:

Asociación Nodos/Generadores y Nodos/Capacitores

ID Nodo	Generador a incorporar	Capacitor a incorporar
SUBSTATION115KV		
650	GFV02I_2000	
633		
634	GFV04I_2000	
684	GGe02_1000	
652		
692		
675		C675
632		
645	GFV03I_1000	
671		
646		
RG60		
680		
611		

Asociación Cargas/Perfiles Carga

Asignación de perfil a todas las cargas:

ID Carga	Perfil de carga
L611_Yc_ph.3	PC01_ResMax2022_30
L634_YcPQ_ph.1	PC01_ResMax2022_30
L634_YcPQ_ph.2	PC01_ResMax2022_30
L634_YcPQ_ph.3	PC01_ResMax2022_30
L645_YcPQ_ph.2	PC01_ResMax2022_30
L646_DcZ	PC01_ResMax2022_30
L652_YcZ_ph.1	PC01_ResMax2022_30
L571_DcPQ_ph.1	PC01_ResMax2022_30
L571_DcPQ_ph.2	PC01_ResMax2022_30
L571_DcPQ_ph.3	PC01_ResMax2022_30
DistributedLoad	PC01_ResMax2022_30

Edición Potencia de Transf.

ID Transformador	Potencia [kVA]
TransformadorSub	5000,0
XFM_1	500,0

Edición Tipo de Líneas

ID Línea	I Nominal [A]
LC684_652A	165,0
LC692_675	260,0
LOHL632_633	340,0
LOHL632_645	230,0
LOHL632_671	730,0
LOHL645_646	230,0
LOHL650_632	730,0
LOHL671_680	730,0
LOHL671_684	230,0
LOHL684_611	230,0

Crear Nuevo Caso

Nombre:

Asociación a Escenario:

Asocia Generadores/Nodos

Asocia Cargas/Perfiles

Edita Potencia de Transformadores

Edita tipo de Líneas

Edita Caso Seleccionado

Nombre:

Asocia Generadores/Nodos

Asocia Cargas/Perfiles

Edita Potencia de Transformadores

Edita tipo de Líneas

OpenPRED-Perú: Cálculo de Confiabilidad

- Red bajo estudio
- Graficación de resultados (Mapa de calor)
- Determinación de parámetros de confiabilidad (tasas de falla, tiempos de restablecimiento, transferencia, etc.)
- Cálculos asociados a caso de estudio (hasta 10 cálculos por caso)
- Presentación y análisis de Resultados
- Definición de aparatos de maniobra (AM)
- Puntos de suministro alternativo (OP)
- Características de las cargas

RED BAJO ESTUDIO
CÁLCULOS DE CONFIABILIDAD

Red Eléctrica:

Caso de estudio:

CÁLCULO DE CONFIABILIDAD

Parámetros de Confiabilidad

	Línea Aérea			
	Troncal	Derivación	Subterráneo	Transf.
Tasa de Falla (λ) [f/km]:	0,50	0,50	0,10	0,07
Tiempo de Restauración (T_r) [Hs]:	3,00	3,00	8,00	6,00
Tiempo de Switching (T_s) [Hs]:	0,50	0,50	0,50	0,50
Tiempo de Transferencia (T_t) [Hs]:	1,00	1,00	1,00	1,00
Probabilidad de Falla Transitoria (ψ):	0,70	0,70	0,70	0,70
Determinación Troncal/Derivación según corriente nominal [A]:	1,0			

Cálculo de Confiabilidad N°:

Resultados Obtenidos

SAIDI	SAIFI	ENS
<input type="text" value="1,26"/>	<input type="text" value="0,32"/>	<input type="text" value="5,16"/>

Estado del Cálculo seleccionado: **Utilizado**

CONFIGURACIÓN DE LA RED

Tasa de crecimiento de demanda (acumulada al año del caso):

Definición de Aparatos de Maniobra (AM)					Posible Suministro Alternativo		Definición de Características de las Cargas			
ID Línea	Tipo de Línea	I Nominal [A]	Aparato de Maniobra Base	Aparato de Maniobra Nuevo	ID Nodo	OP	ID Carga	Potencia [kW]	Cantidad de Clientes	Factor de Carga
LC684_652A	Aérea	165,0		Reconectador [RC]	652	No	L611_Ycl_ph.3	170	100	1
LC692_675	Aérea	260,0		Fusible [FC]	675	No	L634_YcPQ_ph.1	160	10	1
LOHL632_633	Aérea	340,0		Fusible [FC]	633	No	L634_YcPQ_ph.2	120	10	1

OpenPRED-Perú: Cálculo de Hosting Capacity (HC)

- Red bajo estudio
- Graficación de resultados (Mapa de calor)
- Determinación de parámetros de cálculo de HC (tipo de distribución, cantidad de nodos, cálculo Montecarlo).
- Limites admisibles de tensión y margen de reserva de líneas.
- Porcentajes de inyección a verificar
- Determinación de perfiles de radiación y temperatura
- Definición de puntos de inyección distribuida (Distribución Manual)
- Resumen de resultados

CÁLCULO DE HC (HOSTING CAPACITY)

RED BAJO ESTUDIO

Red Eléctrica:

Caso de estudio:

CÁLCULO DE HOSTING CAPACITY

Parámetros de Cálculo

Distribución de Generadores Renovables

Tipo de Distribución:

Cantidad de nodos:

Casos MonteCarlo:

Lim. Tensión Nodo [%]

Superior:

Inferior:

Margen de reserva [%]

Líneas:

Porcentajes de Inyección [%]

Cálculo de HC N°:

Estado del Cálculo seleccionado: Utilizado

CONFIGURACIÓN DE RED

Perfiles de Irradiancia y Temperatura para generadores FV

Perfil de Origen:

Hora	Irradiancia	Temperatura
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0

Determinación de nodos para inyección de Generación Renovable (Tipo de Distribución: Manual)

Orden	Id Nodo c/Carga	Incorpora Generación
1	611.3	
2	634.1	
3	634.2	
4	634.3	

Resumen de Resultados Inyección de potencia, sin superar demanda máxima de nodo [% de la carga conectada en nodo]

	10	20	30	50
	37.03	70.04	100	100
	36.54	70.52	100	100
	36.84	70.66	100	100

OpenPRED-Perú: Análisis técnico de Planificación (Flujo de potencia – 24hs)

ESTUDIO DE PLANIFICACIÓN
PLANIFICACIÓN A LARGO PLAZO

Red Eléctrica: Descripción de escenario: Volver Generar Archivo de Resultados

Guardar

Años de Planificación	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Análisis Técnico																						
Selección de caso por año a considerar en la planificación, y cálculo de confiabilidad a utilizar Listar Cálculos de Confiabilidad																						
Caso	<input checked="" type="checkbox"/> Filtrado por Año	caso0_Max2022_30																				
Cálculo de Confiabilidad		01																				
Cálculo de Confiabilidad, SAIDI, SAIFI y Energía No Suministrada (ENS), realizado para los casos y años seleccionados [Mwh] Obtener resultados de Confiabilidad																						
SAIFI		1,425																				
SAIDI		4,580																				
ENS Confiabilidad		12,130																				
Cálculo de Energía Suministrada con Mala Calidad (ESMC) y Energía No Suministrada (ENS), para casos y años seleccionados [Mwh] Calcular Flujo Potencia (24Hs)																						
ESMC		0,554																				
ENS Líneas		56,436																				
ENS Transformadores		0,079																				
Pérdidas Técnicas		1,257																				
Energía Total [Mwh]		43,125	0,000	0,000	0,000	0,000	49,445	0,000	0,000	0,000	0,000	54,959	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Bloque 1 (19:00 – 20:00 Hs)		2,499					2,882					3,319										
Bloque 2 (11:00 – 12:00 Hs)		0,700					0,723					0,674										
Bloque 3 (18:00 – 19:00; 20:00 – 23:00 Hs)		12,016					14,006					15,577										
Bloque 4 (08:00 - 11:00; 12:00 – 18:00 Hs)		15,822					17,794					19,456										
Bloque 5 (23:00 – 08:00 Hs)		12,088					14,040					15,933										
Generación DERs [Mwh]		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,725	0,000	0,000	0,000	0,000	2,165	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Bloque 1 (19:00 – 20:00 Hs)		0,000					0,027					0,080										
Bloque 2 (11:00 – 12:00 Hs)		0,000					0,088					0,263										
Bloque 3 (18:00 – 19:00; 20:00 – 23:00 Hs)		0,000					0,000					0,000										
Bloque 4 (08:00 - 11:00; 12:00 – 18:00 Hs)		0,000					0,589					1,758										
Bloque 5 (23:00 – 08:00 Hs)		0,000					0,021					0,064										

- Guarda de resultados
- Descripción de escenario

- Selección de casos de estudio.
- Selección de cálculos de confiabilidad
- Cálculo de flujo eléctrico (24 Horas)
- Obtención de ESMC (superación de límites admisibles), ENS por infringir márgenes de reserva en líneas y transformadores
- Agrupamiento de energías en bandas horarias

OpenPRED-Perú: Análisis económico de Planificación (Flujo de caja)

- Determinación de Ingresos, Costos y Egresos.
- Determinación de impuestos y amortización.
- Determinación de Tasa de descuento.
- Flujo de fondos libre
- Valor actual neto (VAN) – Tasa Interna de retorno (TIR)

Análisis Económico de flujo de fondos																					
Ingresos [k\$]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
VAD (clientes regulados)																					
Contratos (usuarios libres)																					
Otro/s negoci/s (comercialización)																					
CO ₂ Evitados																					
Costos [\$/Mwh]																					
Energía compra (barra)																					
Costo ESMC (calidad)																					
Costo ENS (servicio)																					
Egresos [k\$]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Energía Pérdidas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ESMC (calidad)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ENS (servicio)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Indirectos (permisos, gestión, etc.)																					
O&M incrementales (inversiones)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CO ₂ Pagados																					
Otro/s																					
Impuesto a aplicar [%]	30,0 %																				
Años de amortización	30																				
- Amortizaciones (inversiones)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
= utilidad antes de impuestos [k\$]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
- Impuesto [k\$]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
= utilidad neta [k\$]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
+ Amortizaciones (inversiones)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
- INVERSIONES [k\$]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Reforzamiento y/o ampliación líneas																					
Reforzamiento y/o ampliación ETs																					
Compensación (mejora calidad)																					
NTs y/o mejora confiabilidad																					
DERs (GD propia, almacenamiento)																					
+ Valor Residual Inversiones [k\$]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Reforzamiento y/o ampliación líneas																					
Reforzamiento y/o ampliación ETs																					
Compensación (mejora calidad)																					
NTs y/o mejora confiabilidad																					
DERs (GD propia, almacenamiento)																					
FCF (Flujo de Fondos Libre) [k\$]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Tasa de descuento	12,00 %																				
VAN	\$0,00																				
TIR	Err:523																				

OpenPRED-Perú: Análisis emisiones evitadas de CO₂

- Estimación de las emisiones de CO₂ evitadas.
- Comparativa entre generación termoeléctrica y renovables

ESTUDIO DE PLANIFICACIÓN
EMISIONES EVITADAS DE CO₂

Red Eléctrica:

Descripción de escenario:

PRODUCCIÓN TERMOELÉCTRICA, CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y RENDIMIENTO MEDIO

Combustibles	Participación	tons CO ₂	GWh	Tons CO ₂ / Mwh
Líquidos	1,1684	28.667,70	29,87	0,96
GN	85,1468	2.089.220,21	20.309,47	0,10
Carbon	0,1828	4.485,93	28,35	0,16
BAGAZO	0,0160	391,46	276,82	0,00
Biogas	1,0000	24.536,68	78,87	0,31
Térmico Total		2147301,970	20723,381	0,104

Factor asignado por IPPC según combustible

Gas Natural [tonsCO ₂ /dam ³]	Fuel Oil [tonsCO ₂ /t]	Gasoil [tonsCO ₂ /m ³]	Carbón [tonsCO ₂ /t]
1,95	3,17	2,70	2,34

TIPO DE COMBUSTIBLE	EMPRESAS	ENERGÍA [Gwh]	PARTICIPACIÓN [%]	CONSUMO [m3]	PARTICIPACIÓN [%]	RENDIMIENTO [kWh/m ³]	tons CO ₂	Participación [% de tons CO ₂]
LÍQUIDOS	EGASA	0,36	1,19	127,51	1,20	2.786,26	343,90	
	ELECTROPERÚ*	-	-	-	-	-	-	
	ENEL GENERACIÓN PERÚ	0,98	3,29	321,56	3,03	3.052,02	867,24	
	ENEL GENERACIÓN PURA	1,01	3,39	444,55	4,18	2.276,42	1.198,95	
	ENGIE	9,36	31,34	3.641,33	34,26	2.570,08	9.820,67	
	FENIX POWER PERÚ	1,53	5,11	442,05	4,16	3.451,43	1.192,20	
	IEP	2,16	7,23	610,99	5,75	3.531,86	1.647,84	
	SMCV	2,08	6,97	634,25	5,97	3.279,99	1.710,58	
	PLANTA ETEN	1,13	3,79	395,39	3,72	2.865,77	1.066,37	
	SAMAY	3,34	11,18	1.070,47	10,07	3.120,57	2.887,05	

RESULTADOS POR TIPO DE GENERACIÓN

TIPO	ENERGÍA [GWh]	PARTICIPACIÓN [%]	tons CO ₂
TERMOELÉCTRICA	20.723,38	38,38	2147301,970
HIDROELÉCTRICA	30.664,41	56,80	0,00
SOLAR	801,92	1,49	0,00
EÓLICO	1.800,64	3,34	0,00
TOTAL	53990,348		2147301,970

Factor de Emisión CO₂ en tons/Mwh **0,040**

CALCULO DE EMISIONES EVITADAS:

Es un cálculo aproximado que toma como base de información el despacho de carga del COES, la participación y rendimiento del conjunto de las tecnologías con que se atiende la demanda centralizada.

En el caso de la Producción Termoeléctrica, la planilla consumos de combustibles y rendimiento medio de cada máquina permite calcular las emisiones de CO₂ por MWh a partir de multiplicar el consumo de la unidad de generación por el factor que el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPPC) le asigna al combustible utilizado, a saber:

Gas Natural [tonsCO ₂ /dam ³]	Fuel Oil [tonsCO ₂ /t]	Gasoil [tonsCO ₂ /m ³]	Carbón [tonsCO ₂ /t]
1,95	3,17	2,70	2,34

El resultado es toneladas (tons) de CO₂ emitido por cada tecnología y multiplicado por los consumos de combustibles. La cantidad de toneladas...

OpenPRED-Perú: Graficación Unifilar y Georreferenciada

The screenshot displays the OpenPRED software interface with the following components:

- Summary Panel (SUMARIO DE RESULTADOS):**
 - Date Time: 30/05/2022 09:23:51
 - Case Name: caso0_Max2022_30
 - Status: SOLVED
 - Mode: Snap
 - Number: 1
 - Load Multi: 1.000
 - Num Devices: 34
 - Num Buses: 15
 - Num Nodes: 38
 - Iterations: 5
 - Control Mode: STATIC
 - Control Iterations: 1
 - Most Iterations Done: 5
 - Year: 0
 - Hours: 0
 - Max Pu Voltage: 1.0239
 - Min Pu Voltage: 0.88743
 - Total MW: 3.28762
 - Total Mvar: 2.005877
 - MW Losses: 0.149073
 - pct Losses: 4.534
 - Mvar Losses: 0.525664
 - Frequency: 50
- Search Panel (Buscar):**
 - Sitios: Mis sitios, Parque Garayalde, DECSA.kmz, Mis lugares, Nicaragua, Costa Rica, Panama, Honduras, PV La Cumbre, SADI, Est Bomben Grande, Sitios temporales, IEEE_13N_Simplificado_TGeo.
 - Capas: Base de datos principal, Anuncios, Fronteras y etiquetas, Sitios, Fotografías, Carreteras, Edificios 3D, Tiempo, Galería, Más, Relieve.
- Case0_Max2022_30_Power.DSV Plot:** A graph showing power flow between buses 646.3.2.4 and 645.3.2.4. The Y-axis ranges from -8.100 to -8.060, and the X-axis ranges from -79.110 to -79.070.
- ckt7_Power.DSV Plot:** A graph showing a power network with Y-axis from 27000 to 274000 and X-axis from 82000 to 826000.
- Report Window:**

Values for: LINE.LOHL645_646
 Bus1= 645.3.2.4
 Bus2= 646.3.2.4

Distance from Meter: 0.000 km (0.000 mi)
 Power Flow: 230.566 kW + j 132.373 kvar

Phase Currents: 66.380 66.380 Amps
 Phase Voltages (L-N): 2.238 2.370 kV
 Per Unit Voltages: 0.932 0.987

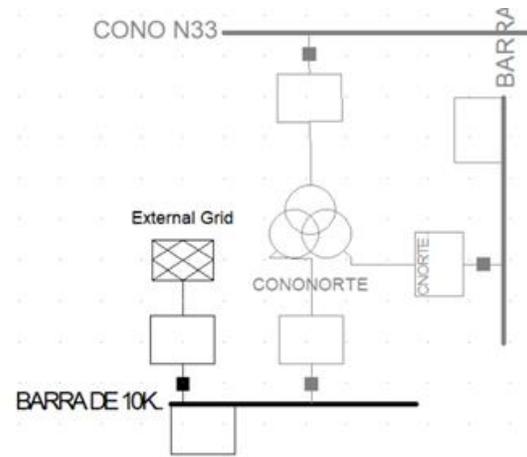
Losses f: TotalLos: [Data]
- Line Voltage Plot:** A plot titled "Line.lohl645_646 Voltages" showing voltage levels for buses 645.3.2.4 and 646.3.2.4.
- Map View:** Aerial view of the power network overlaid on a city map (Huanchaco), showing nodes and lines. A legend on the right indicates V-Node, VLSup, V[pu]=1, and VLinf.

OpenPRED-Perú: IEEE 13 Nodos

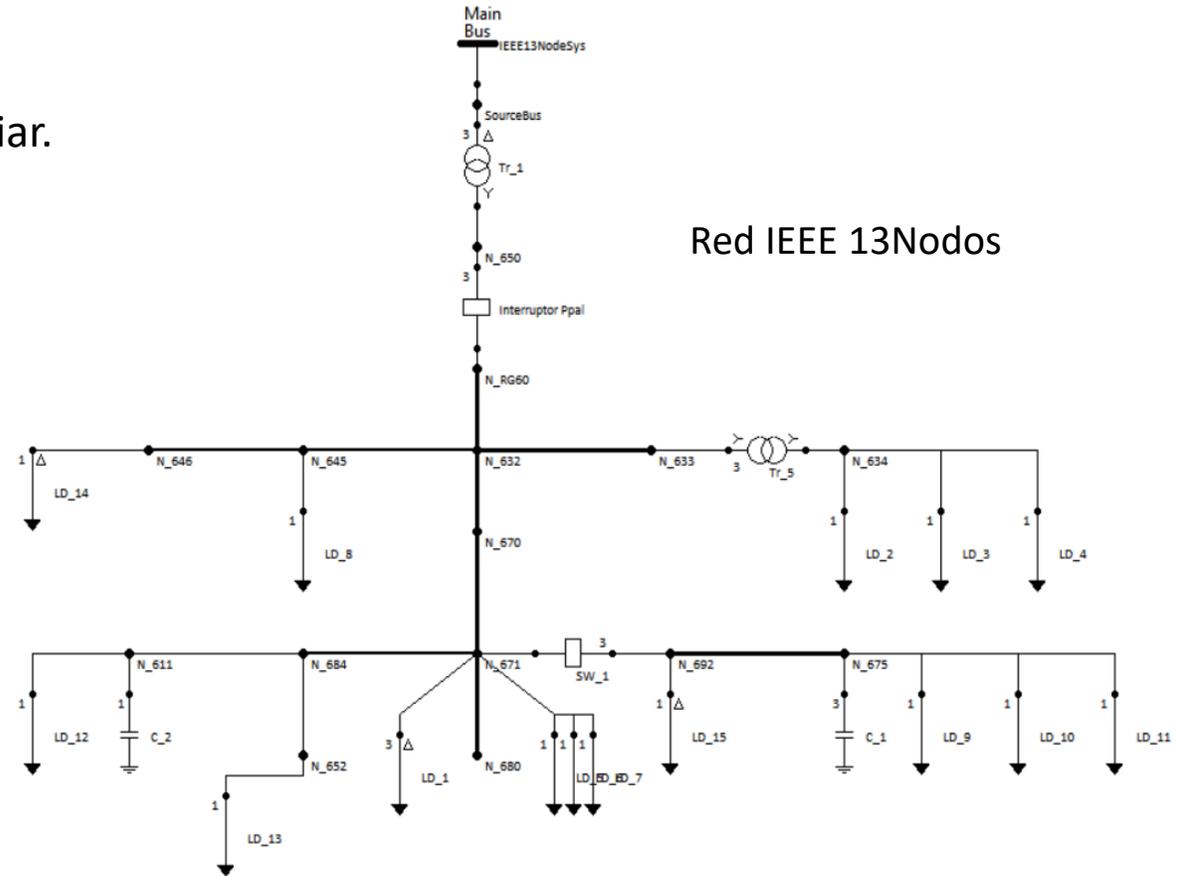
Preparación de un alimentador a estudiar:

1. En DIGSILENT, desenergizar o sacar de servicio todos los elementos que no forman parte del alimentador a estudiar.
2. Reemplazar la red aguas arriba del alimentador por un equivalente Thevenin.

En la barra inicial del alimentador colocar un "External Grid" con los valores del equivalente de Thevenin (tensión en magnitud y ángulo) y se define esta barra como slack



3. Proceder a la exportación Digsilent-Excel.



Red IEEE 13Nodos

Instalación de OpenPRED-Perú

OpenPRED-Perú se distribuye en un paquete o archivo comprimido “DISK-OpenPRED Version4.7.zip”, que contiene:

- Interfaz OpenPRED (Planilla de cálculo OpenPRED_4.7_Beta.ods).
- Archivos script y complementos necesarios para LibreOffice.
- Librerías para la ejecución de OpenDss.
- Plantillas necesarias para la exportación de bases de datos eléctricas, desde DIGSILENT. (plantilla_DGS_v6.dz y/o plantilla_DGS_v5.dz).

Repositorio de OpenPRED-Perú:

<https://sourceforge.net/projects/openpredperu/>

Procedimiento de Instalación:

1. Previo a la instalación de OpenPRED, es necesario descargar e instalar LibreOffice. Versión recomendada v:7.2.7(x64).
<https://www.libreoffice.org/download/download/>
2. Descompactar el paquete DISK-OpenPRED Version4.7.zip descargado del repositorio
3. Invocar la consola de comandos desde barra de tareas de Windows, escribiendo “CMD” en buscar/lupa y ejecutando como Administrador.
4. Posicionarse en directorio donde se procedió a descomprimir el paquete y ejecutar el archivo install.bat.
5. Descargar e instalar Google Earth Pro. Versión recomendada v:7.3(64-bit).

<https://www.google.com/intl/es-419/earth/versions/#download-pro>

Gracias por su atención

**INSTITUTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA (IEE)
UNSJ – CONICET
ARGENTINA**



**Distribución
eléctrica
en el Perú**

