

Auxiliar #3

Introducción a DigSILENT PowerFactory

EL7019 – Fenómenos Dinámicos en Redes Eléctricas

Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas

Universidad de Chile

Presentación original hecha por Claudia Rahmann

Agenda

- **Introducción**
- Data manager
- Menús y opciones
- Elementos y tipos
- Diagramas de bloques
- Análisis y eventos
- Resultados y datos

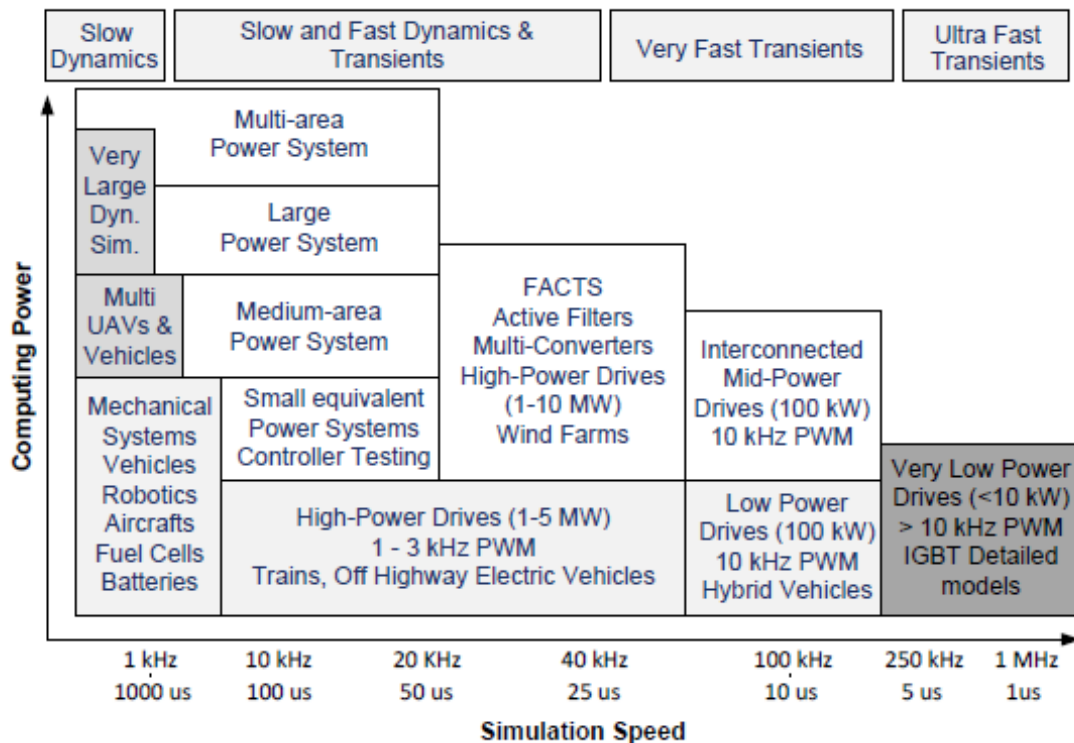
Introducción

- El software DigSILENT PowerFactory está disponible únicamente para la plataforma Windows.
- Permite el análisis de flujos de potencia, análisis de estabilidad, análisis de fallas, reducciones de red, análisis de protecciones, transitorios electromagnéticos, OPF, armónicos, estimación de estados, estudios de contingencias y confiabilidad, análisis modal, entre otros.

Introducción

Procesos dinámicos en sistemas eléctricos

- La respuesta dinámica de un SEP va desde los **microsegundos** para el caso de los transitorios electromagnéticos (ETM) a oscilaciones electromecánicas del orden de los **milisegundos** incluso llegando a los minutos (calderas).



Fuente: Claudia Rahmann

Introducción

Procesos dinámicos en sistemas eléctricos

- Hacer simulaciones ETM para sistemas de potencia reales no es práctico, por la carga computacional que conlleva.
- DigSILENT permite simulaciones rápidas pero con pasos de integración grandes (1-20 milisegundos).
- Elementos altamente no lineales como HDVC y FACTS sólo pueden ser representados con modelos en régimen permanente adaptados.

Introducción

Simulaciones Root Mean Square (RMS)

- Es una simulación dinámica en el tiempo
- Estudio de la influencia dinámica de controladores y procesos **mecánicos** en los sistemas de potencia.
- Las ecuaciones de la red son en el dominio de la frecuencia

$[Y] \cdot [U] = [I] \rightarrow$ Ecuaciones en régimen permanente para la red

- Las ecuaciones diferenciales consideradas son sólo para transitorios mecánicos del sistema (ecuaciones de oscilación de las máquinas) y las que representan el comportamiento dinámico de controladores.

Introducción

Simulaciones Electromagnetic Transients (EMT)

- Es una simulación dinámica en el tiempo
- Estudio del comportamiento dinámico e interacción de equipos capacitivos e inductivos en el tiempo (elementos pasivos de la red).
- Características de corrientes de cortocircuito exactas
- Debido a la complejidad, las simulaciones EMT son mucho más lentas que las RMS.

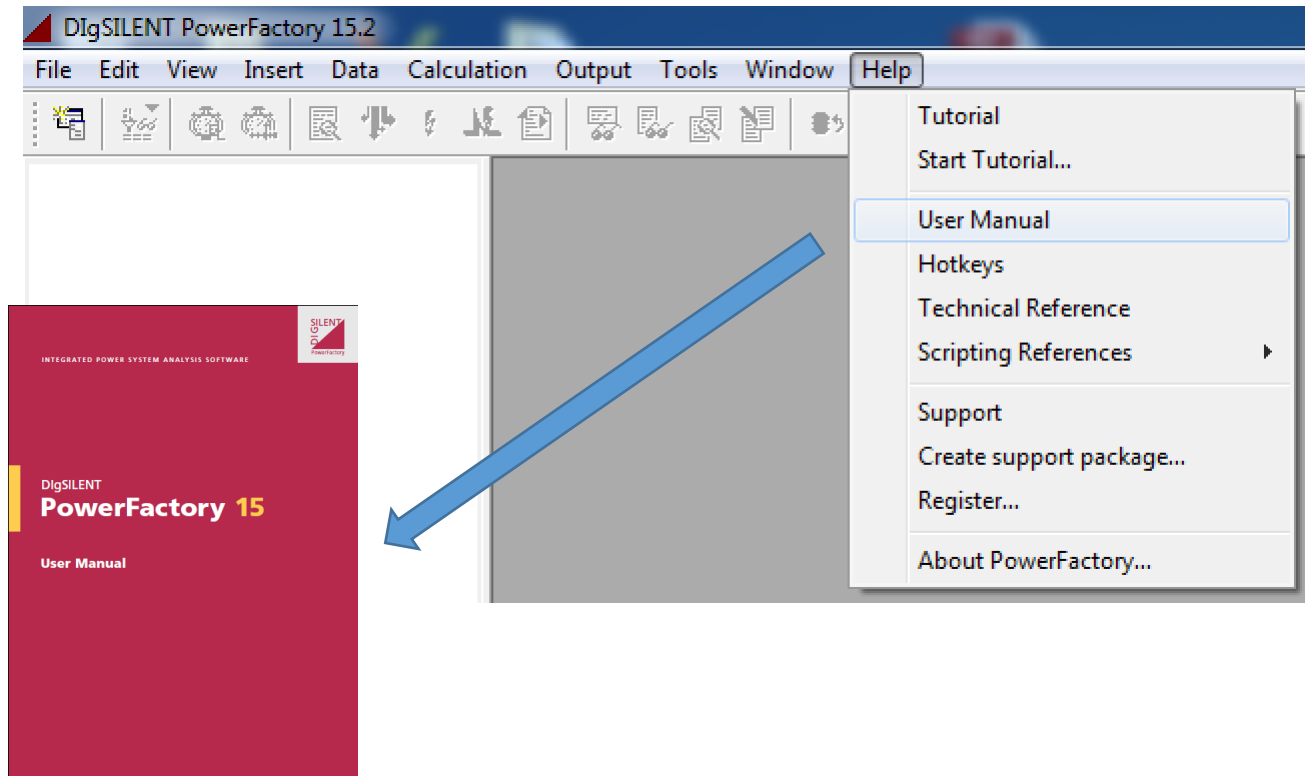
$$\text{RMS:} \quad U = j\omega LI \quad I = j\omega CU$$

$$\text{EMT:} \quad u = L \frac{di}{dt} \quad i = C \frac{du}{dt}$$

Introducción

Guía y tutoriales

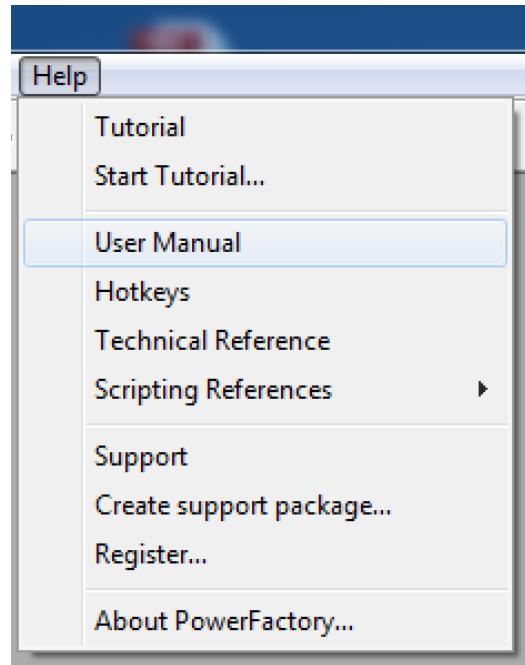
- DigSILENT cuenta con una completa guía y tutoriales accesibles desde el mismo software.



Introducción

Guía y tutoriales

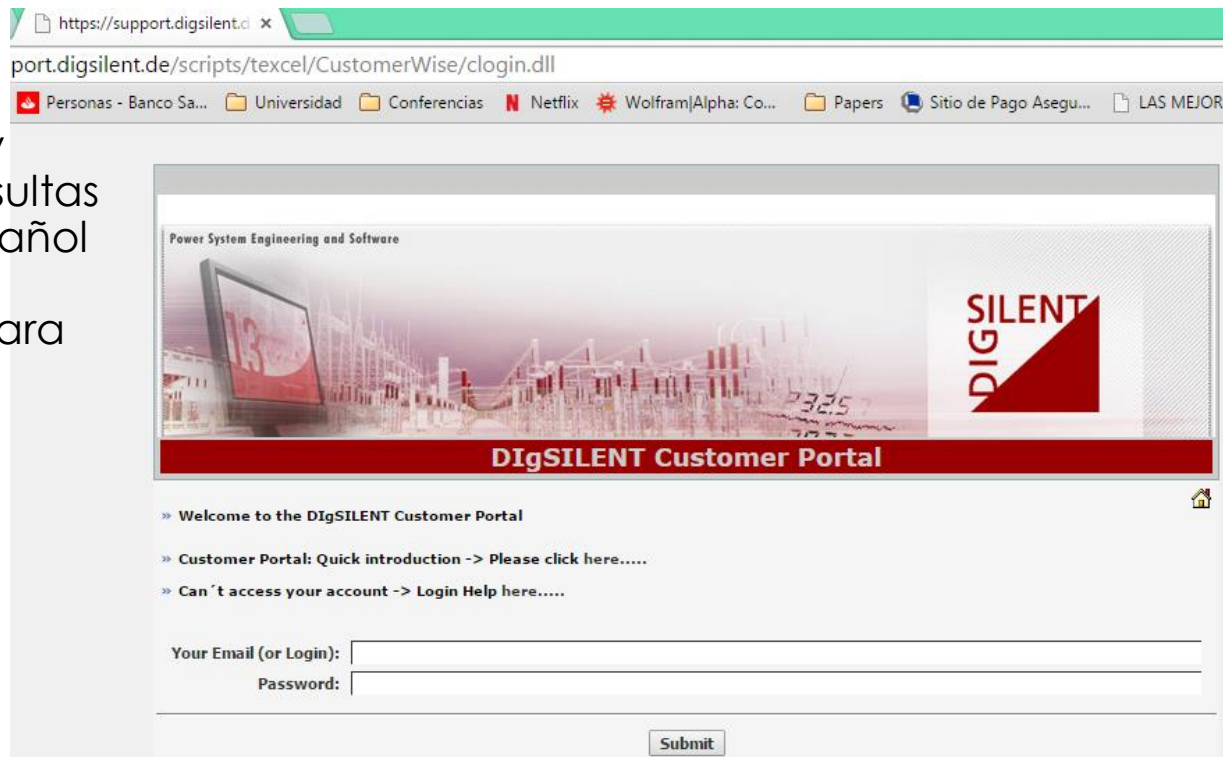
- **Tutorial:** Es una guía rápida en donde se enseña a realizar distintos proyectos, comenzando desde lo más básico.
- **User Manual:** Contiene toda la información y referencias del software.
- **Technical Reference:** Listado de manuales específicos para distintos elementos de DigSILENT.



Introducción

Soporte

- El soporte *online* es muy bueno, responden consultas en alemán, inglés y español en menos de 24 horas.
- Hay que estar inscrito para esto.

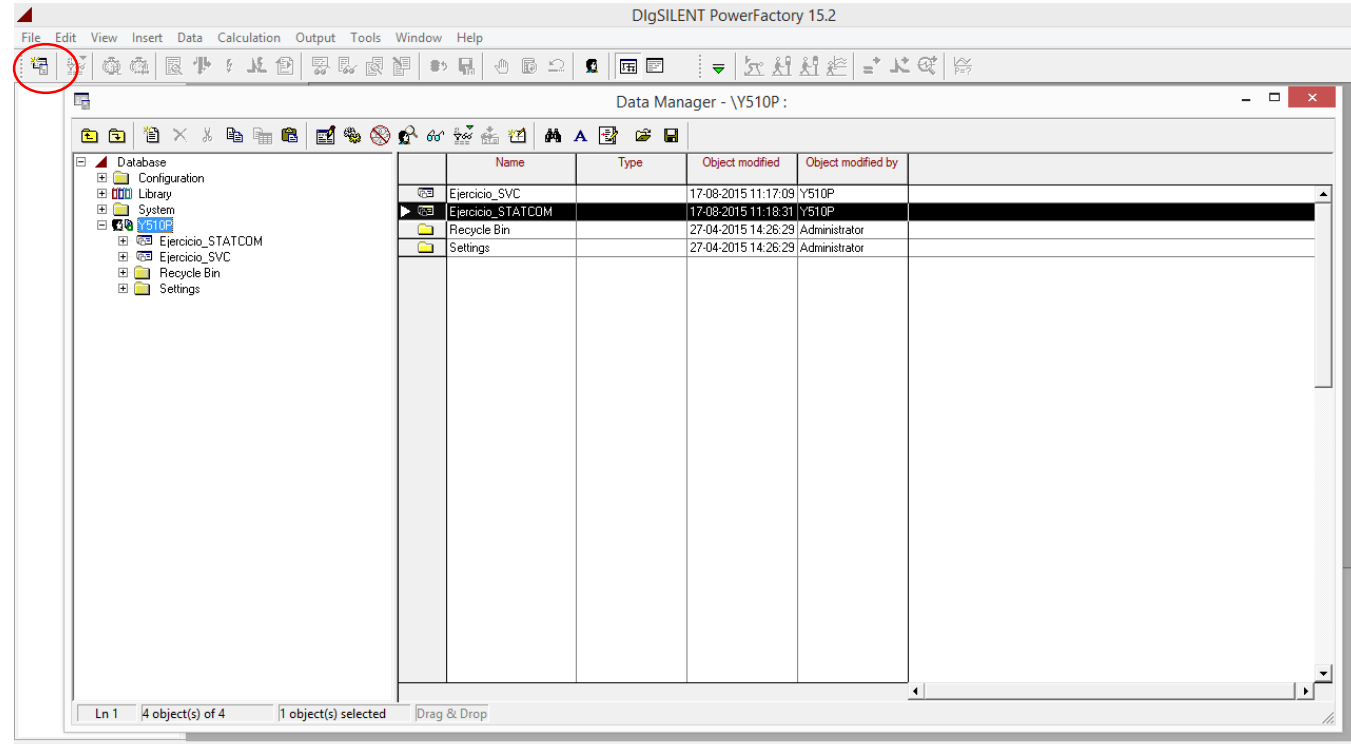


Agenda

- Introducción
- **Data manager**
- Menús y opciones
- Elementos y tipos
- Diagramas de bloques
- Análisis y eventos
- Resultados y datos

Data Manager

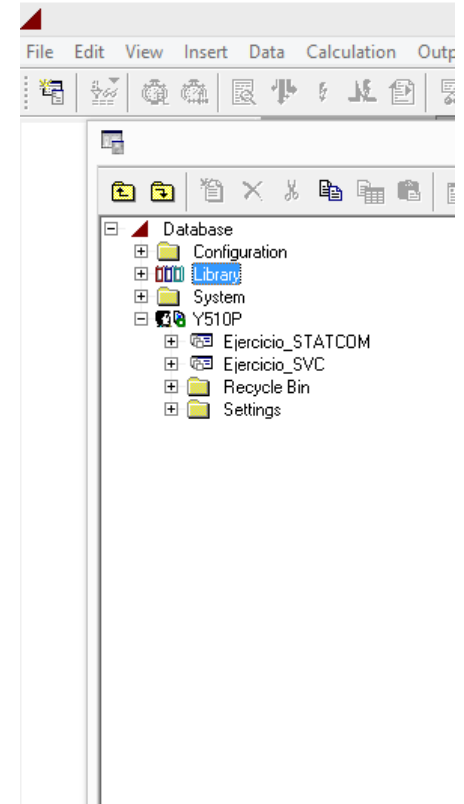
- El Data Manager es el menú donde se gestiona todo el contenido del software.



Data Manager

Librería

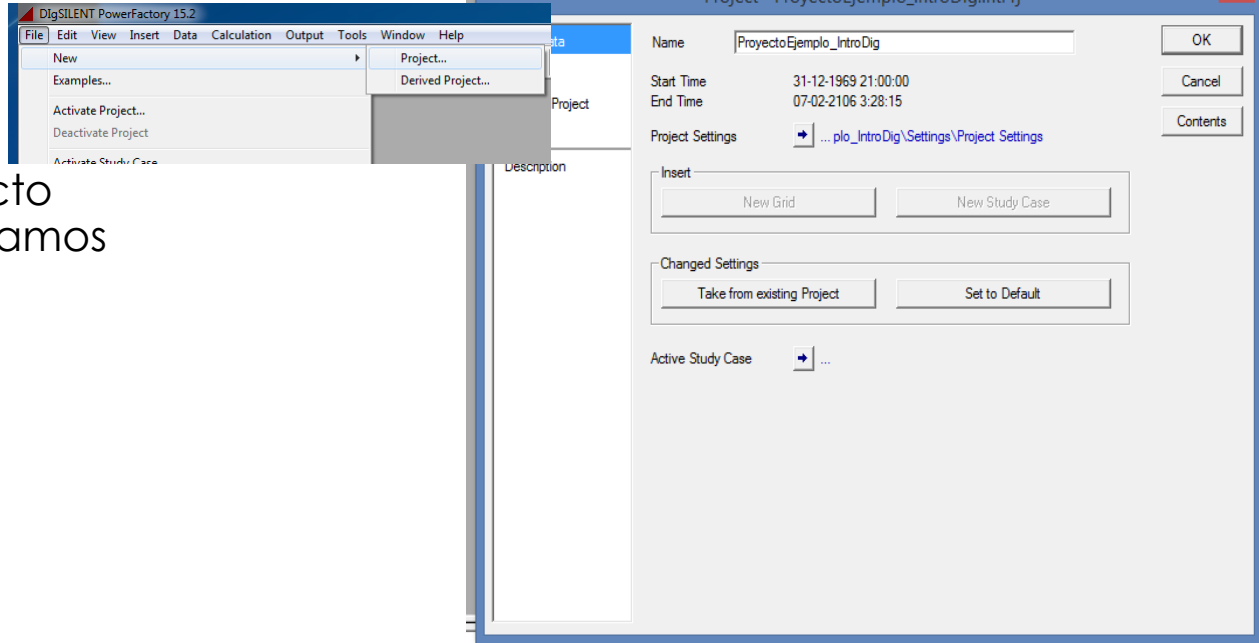
- El directorio *Library* contiene librerías predefinidas de Digsilent (modelos, macros, types, frames, etc.)
 - Los elementos incluidos en la librería no son modificables dentro de esa librería (no se permite sobrescribir)
- Para cambiar dichos elementos, cada usuario tiene librerías propias en sus proyectos
 - Los elementos son modificables por los usuarios en las librerías “locales”
- Es posible copiar elementos de la librería “principal” a una del usuario (dentro de un determinado proyecto) para poder así modificar los elementos que se desee



Data Manager

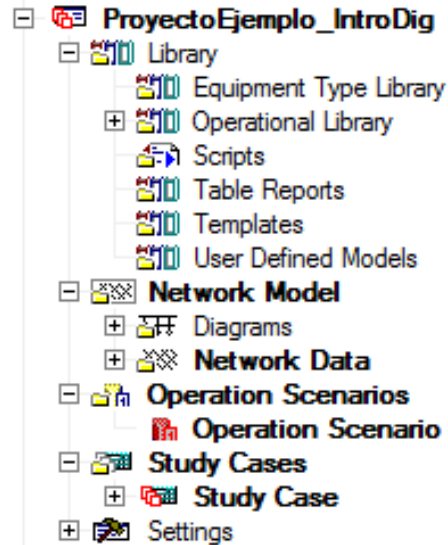
Proyecto

- Crear un proyecto →
- En nuestro caso, importamos el proyecto de ejemplo y lo activamos en el Data Manager.



Data Manager

Proyecto



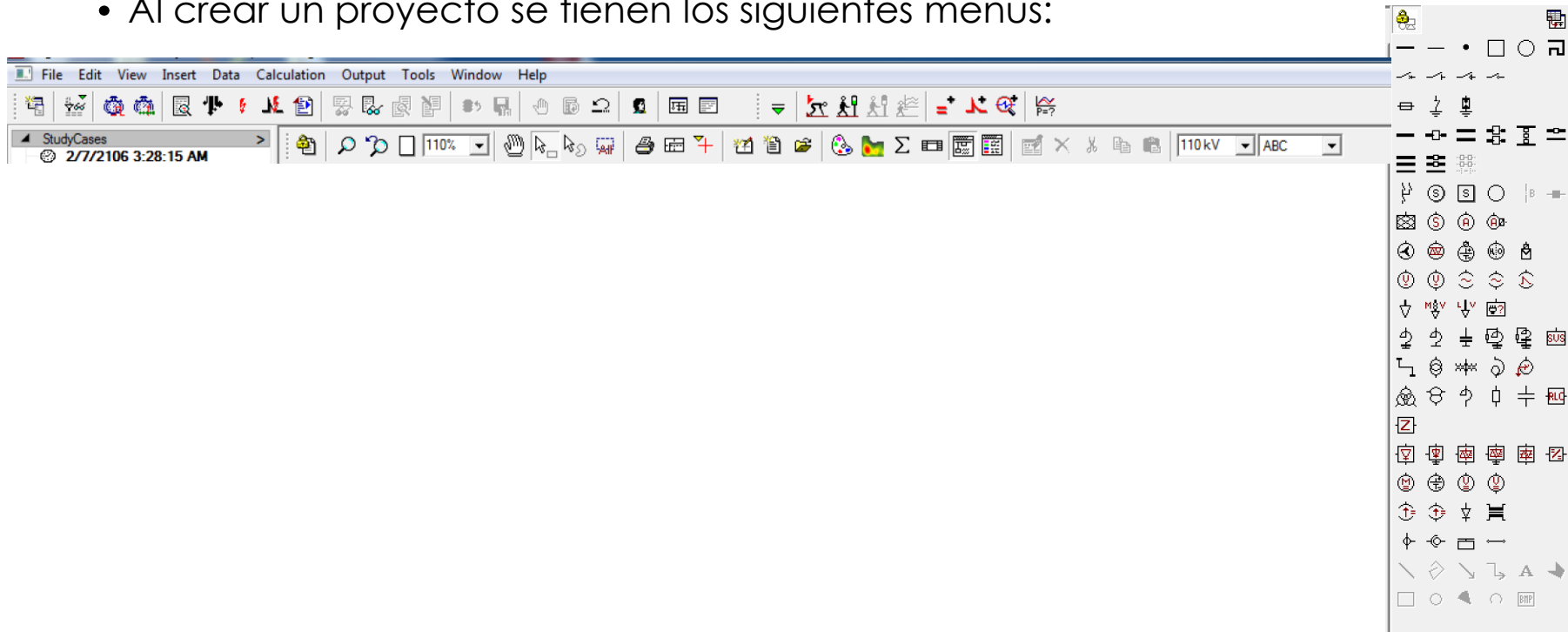
- El proyecto incluye un directorio con varios elementos
- **Library:** Contiene modelos dinámicos, tipos de elementos, templates, scripts y modelos personalizados
- **Network Model:** Contiene elementos de red como generadores, líneas, transformadores, etc así como también representaciones gráficas de la red
- **Operation Scenarios:** Contiene los puntos de operación del sistema, como la potencia de los generadores, tap de transformadores, etc.
- **Study Cases:** Contiene las configuraciones generales del estudio, carga un determinado punto de operación, se definen las variables a monitorear, fechas, unidades de medida, etc.

Agenda

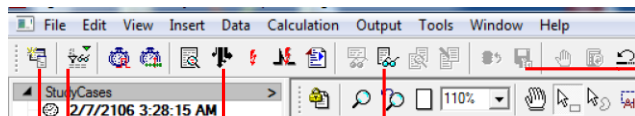
- Introducción
- Data manager
- **Menús y opciones**
- Elementos y tipos
- Diagramas de bloques
- Análisis y eventos
- Resultados y datos

Menús y opciones

- Al crear un proyecto se tienen los siguientes menús:



Menús y opciones



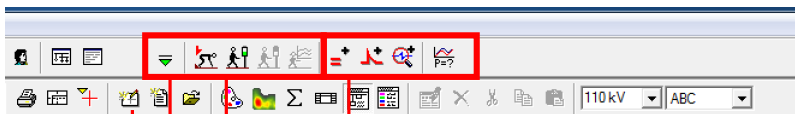
Guardar punto de operación

Imprimir resumen en sección de registro de eventos

Flujo de potencia

Explorador de base de datos por filtro

Data Manager



Nueva página

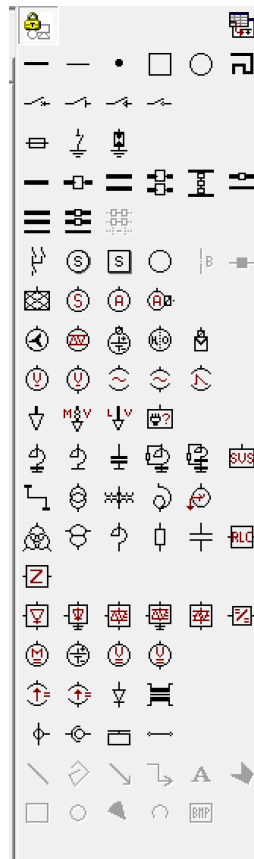
Paquetes de análisis

Eventos

Simulaciones RMS y cálculo de condiciones iniciales

Menús y opciones

- Barra de herramientas gráficas e inserción de “Elementos” en la red.
 - Elementos son aquellas partes que componen una red y representan físicamente equipos como generadores, transformadores, esquemas de control, líneas, compensadores, etc.
 - No tienen asociados modelos dinámicos por default.



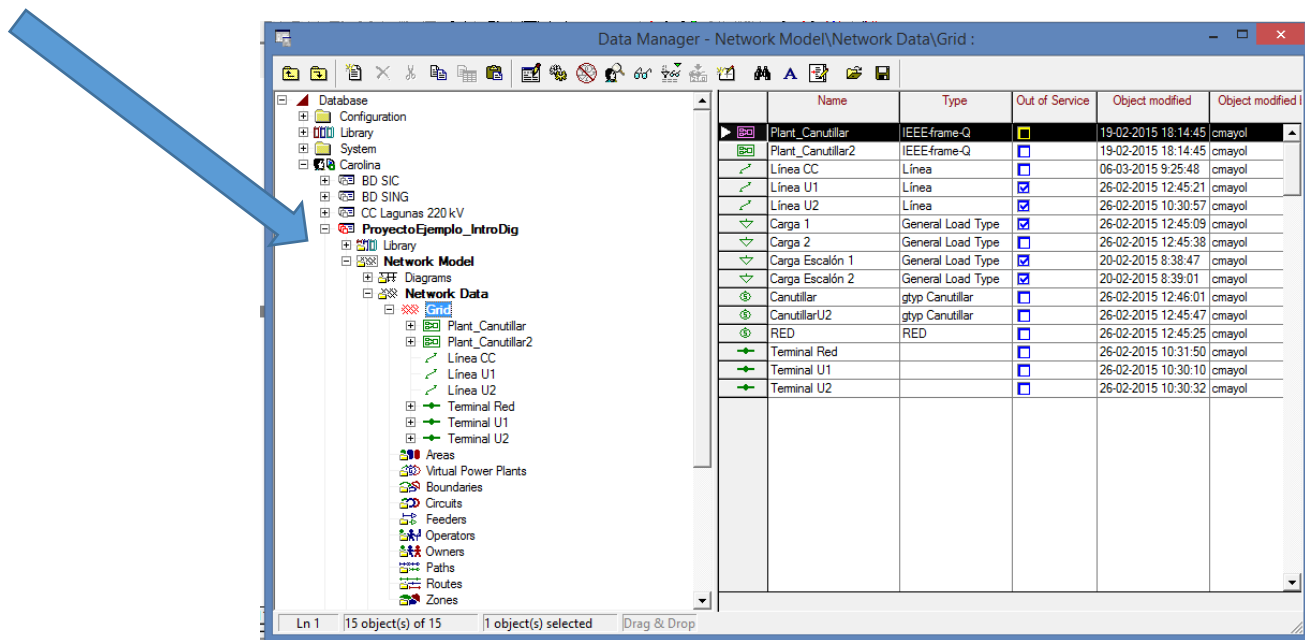
Agenda

- Introducción
- Data manager
- Menús y opciones
- **Elementos y tipos**
- Diagramas de bloques
- Análisis y eventos
- Resultados y datos

Elementos y tipos

Elementos

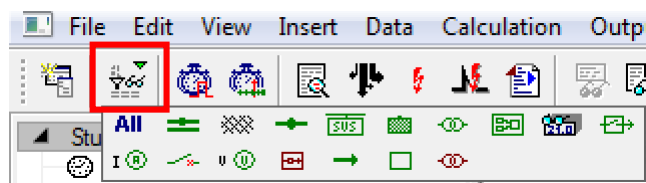
- Los elementos de red son de color verde y se encuentran en el directorio Network Data/Grid



Elementos y tipos

Filtros por elemento

- Cuando la red es muy grande y se desea buscar un cierto elemento, se puede hacer click en el botón de filtro.

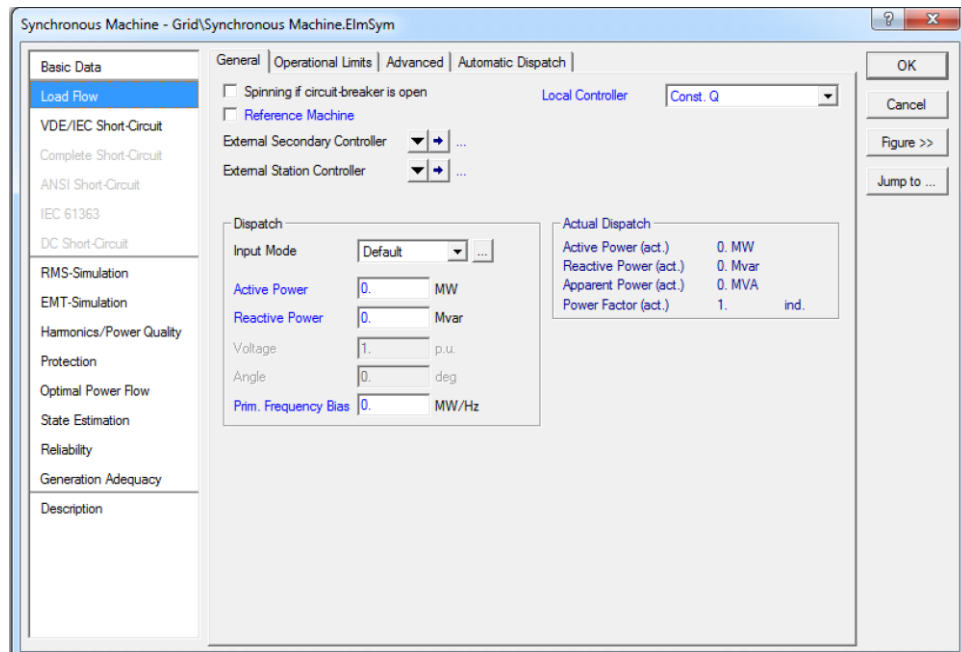


- Esta opción permite listar ciertos tipos de elementos
 - Verde significa que es un elemento de red
 - Rojo representa un “tipo”
- Las redes más complejas tendrán un menú desplegado mayor.

Elementos y tipos

Elementos

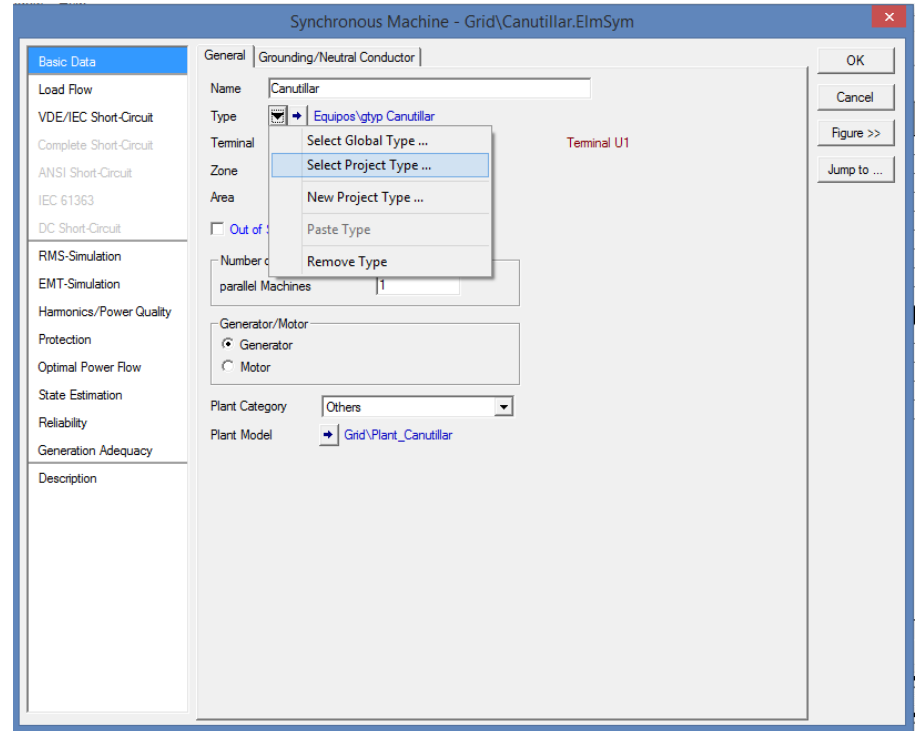
- Al hacer dos clicks sobre un elemento de red (o botón derecho y edit) aparecerá un menu con varias pestañas
 - Cada pestaña de la izquierda incluye información relevante para cierto tipo de estudio.
- Load Flow requerirá información de despacho, por ejemplo →
- La información en azul se guarda en cada escenario de operación.



Elementos y tipos

Tipos

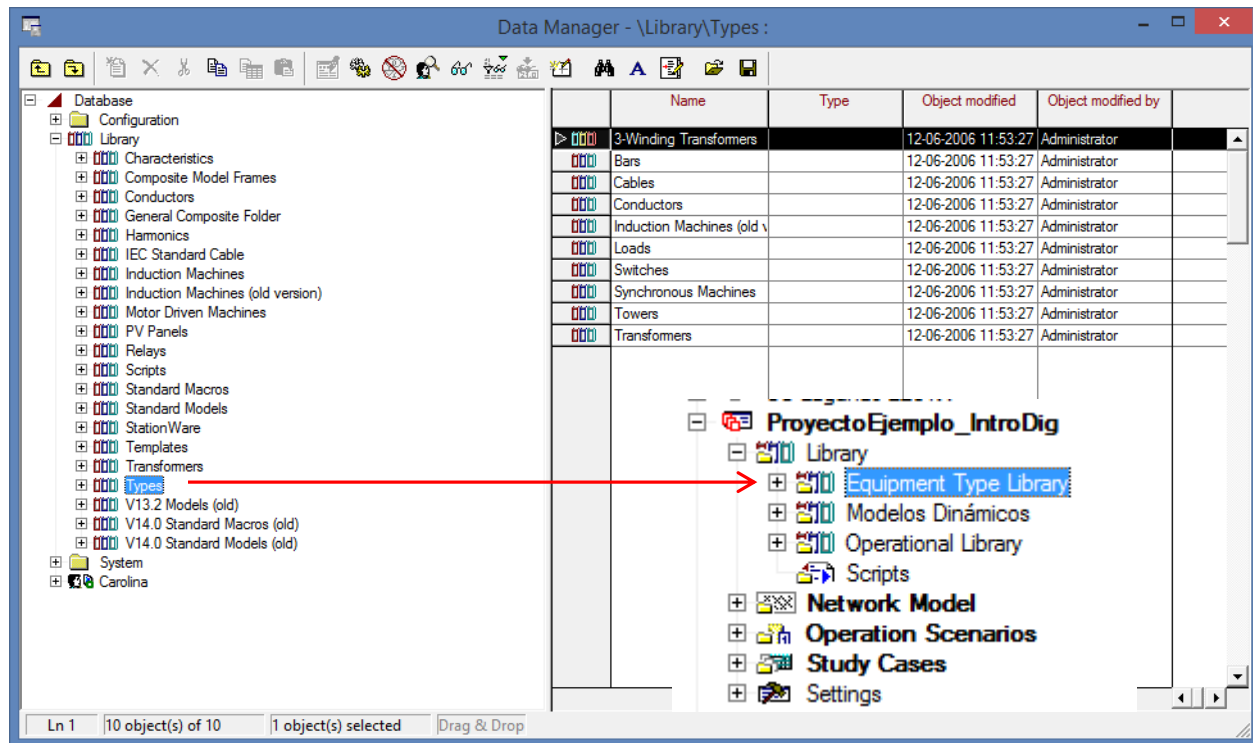
- En la sección de Basic Data de la mayoría de los elementos está la opción de seleccionar type
 - El “type” contiene parámetros que definen el elemento
 - El “type” de los elementos debe estar definido para realizar estudios, excepto las cargas donde se puede prescindir. En dicho caso se considerará un modelo de P constante.
- Es importante distinguir entre el elemento y su tipo. Un tipo puede valer para muchos elementos.
- Global Type permite seleccionar un tipo de la librería de DigSILENT
- Project Type permite seleccionar un tipo de la librería del proyecto
- New Project permite crear un tipo nuevo



Elementos y tipos

Tipos

- Los modelos de las librerías de DigSILENT no son modificables pero se pueden copiar en la carpeta del proyecto para modificarlos.



Elementos y tipos

Tipos

- La imagen muestra los parámetros a definir en el Type de un generador síncrono
 - Los parámetros, en este caso, son aquellos de placa
 - Este type se puede asignar a más de un generador

Synchronous Machine Type - \\Library\\Types\\Synchronous Machines\\210 MVA GT.TypeSym

Basic Data	Name	210 MVA GT
Load Flow	Nominal Apparent Power	210. MVA
VDE/IEC Short-Circuit	Nominal Voltage	15.75 kV
Complete Short-Circuit	Power Factor	0.8
ANSI Short-Circuit	Connection	YN
IEC 61363		
DC Short-Circuit		
RMS-Simulation		
EMT-Simulation		
Harmonics/Power Quality		
Protection		
Optimal Power Flow		
Reliability		
Generation Adequacy		
Description		

Elementos y tipos

Tipos

- En la pestaña de Load Flow se pueden asignar, por ejemplo, los parámetros de reactancia en los ejes de cuadratura y directo

The screenshot shows a software window titled "Synchronous Machine Type - \Library\Types\Synchronous Machines\210 MVA GT.TypeSym". The window has a sidebar on the left with several tabs: "Basic Data", "Load Flow" (which is selected and highlighted in blue), "VDE/IEC Short-Circuit", "Complete Short-Circuit", "ANSI Short-Circuit", "IEC 61363", "DC Short-Circuit", "RMS-Simulation", "EMT-Simulation", "Harmonics/Power Quality", "Protection", and "Optimal Power Flow". The main area of the window is divided into several sections for parameter input. The "Synchronous Reactances" section contains two input fields: "xd" with the value "2.642" and "xq" with the value "2.346", both followed by "p.u.". The "Reactive Power Limits" section contains two input fields: "Minimum Value" with the value "-1." and "Maximum Value" with the value "1.", both followed by "p.u.". The "Zero Sequence Data" section contains two input fields: "Reactance x0" with the value "0.06" and "Resistance r0" with the value "0.006", both followed by "p.u.". The "Negative Sequence Data" section contains two input fields: "Reactance x2" with the value "0.5" and "Resistance r2" with the value "0.04", both followed by "p.u.". In the top right corner of the main area, there is a "Read Only" label and a "Cancel" button.

Parameter	Value	Unit
xd	2.642	p.u.
xq	2.346	p.u.
Minimum Value	-1.	p.u.
Maximum Value	1.	p.u.
Reactance x0	0.06	p.u.
Resistance r0	0.006	p.u.
Reactance x2	0.5	p.u.
Resistance r2	0.04	p.u.

Elementos y tipos

Tipos

- Para este caso, la sección RMS pide parámetros relacionados con el comportamiento dinámico de los elementos
- No incluye ningún mecanismo de control

Synchronous Machine Type - \Library\Types\Synchronous Machines\210 MVA GT.TypeSym

Basic Data | Load Flow | VDE/IEC Short-Circuit | Complete Short-Circuit | ANSI Short-Circuit | IEC 61363 | DC Short-Circuit | **RMS-Simulation** | EMT-Simulation | Harmonics/Power Quality | Protection | Optimal Power Flow | Reliability | Generation Adequacy | Description

General | Saturation | Damping | Advanced |

Model: Detailed Model 2.2

Inertia
Acceleration Time Const. Tag (rated to Pgn) 18.36 s

Stator Resistance and Reactance

rstr	0.	p.u.
xd	0.1	p.u.
xrld	0.	p.u.
xrlq	0.	p.u.

Rotor Type

☐ Salient pole
☒ Round Rotor

Synchronous Reactances

xd	2.642	p.u.
xq	2.346	p.u.

Transient Time Constants

Td'	0.635	s
Tq'	0.423	s

Transient Reactances

xd'	0.337	p.u.
xq'	0.557	p.u.

Subtransient Time Constants

Td''	0.015	s
Tq''	0.015	s

Subtransient Reactances

xd''	0.21	p.u.
xq''	0.18	p.u.

Zero Sequence Data

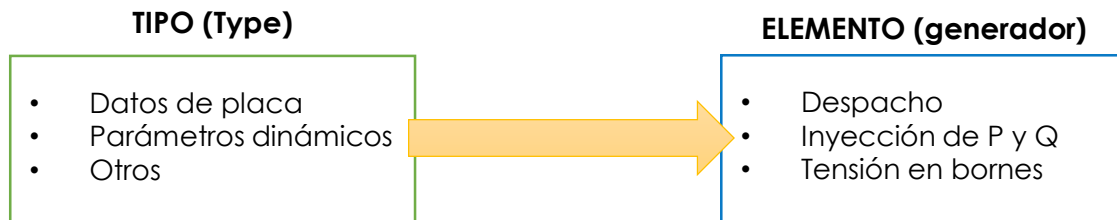
Reactance x0	0.06	p.u.
Resistance r0	0.006	p.u.

Negative Sequence Data

Reactance x2	0.5	p.u.
Resistance r2	0.04	p.u.

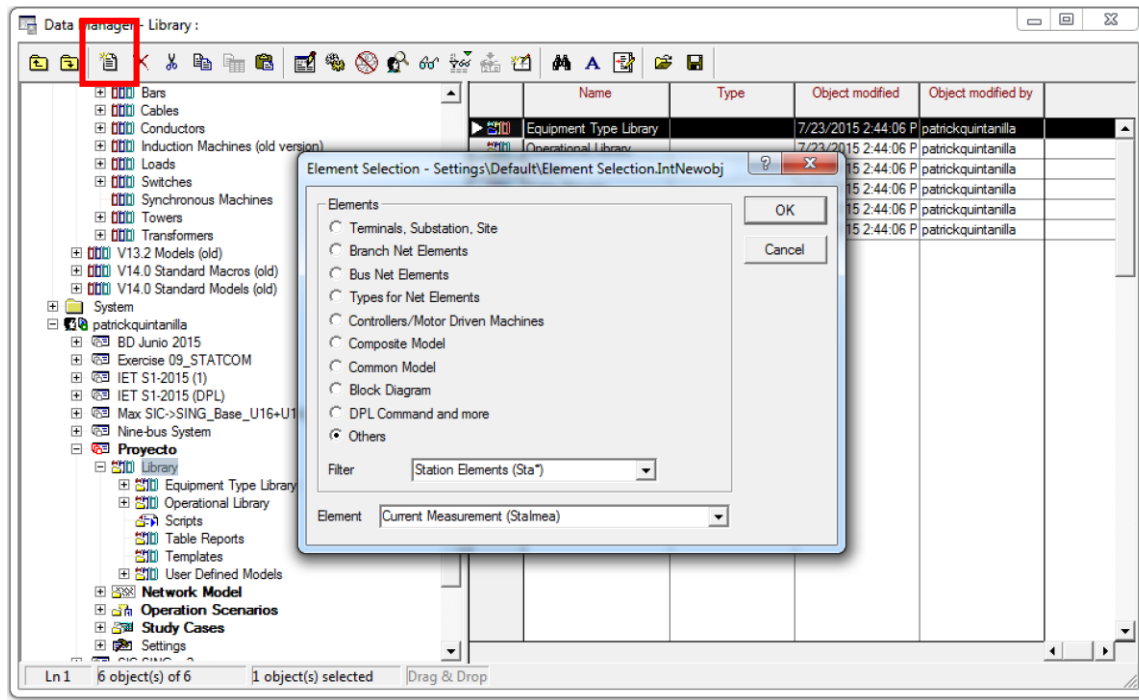
Elementos y tipos

- **Ejemplo:** Un generador “hereda” las características del “Type”.



Elementos y tipos

- Otra manera de agregar elementos (que no se encuentran en la barra de herramientas gráficas como los medidores) es apretando el botón new en el Data Manager
 - Se debe estar en la carpeta adecuada o el programa bloqueará ciertos elementos a agregar



Agenda

- Introducción
- Data manager
- Menús y opciones
- Elementos y tipos
- **Diagramas de bloques**
- Análisis y eventos
- Resultados y datos

Diagramas de bloques

- Existen otro tipo de elementos que **no son elementos de red**
 - Estos elementos pueden ser por ejemplo un diagrama de bloques (para definir el control de un generador o de un conversor, SVC, STATCOM, etc.)
 - También pueden ser modelos de planta para un generador (composite model)
- La función de estos elementos es **modelar/representar comportamientos dinámicos**

Composite model

DSL

Frame

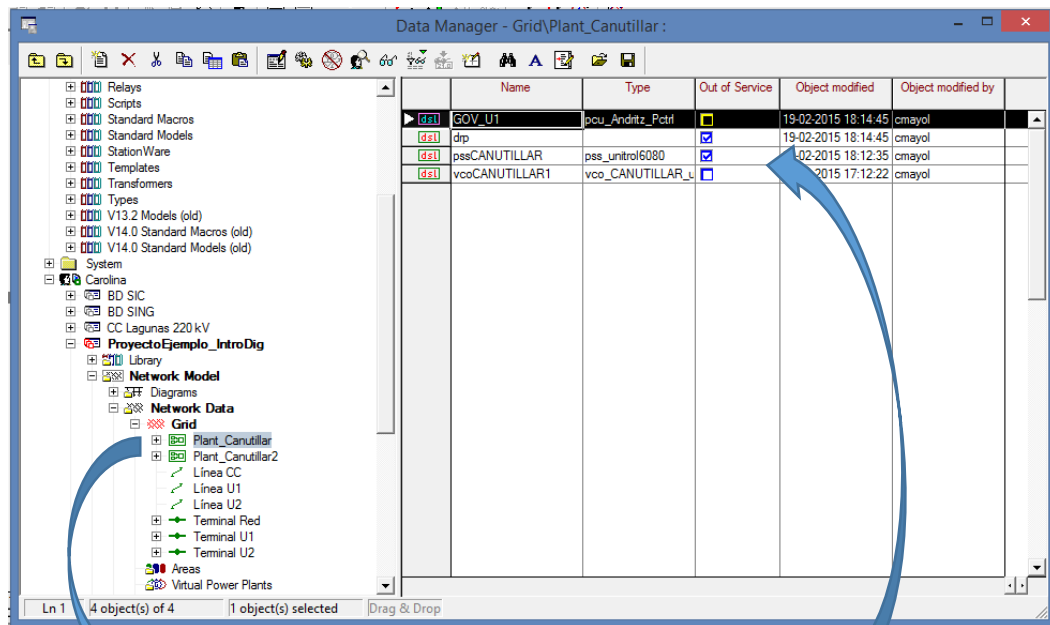
Diagrama de bloques

Macro

Diagramas de bloques

Composite Model

- Un *composite model* sirve para definir modelos dinámicos compuestos de varias partes “estándar” → El *composite model* se asocia a un elemento de red.
- La figura muestra el *composite model* de un generador compuesto por varios DSL (DigSILENT Simulation Language)



Composite Model: Compuesto por varios DSL

Diagramas de bloques

DSL

- Los DSL heredan las características de un diagrama de bloques.

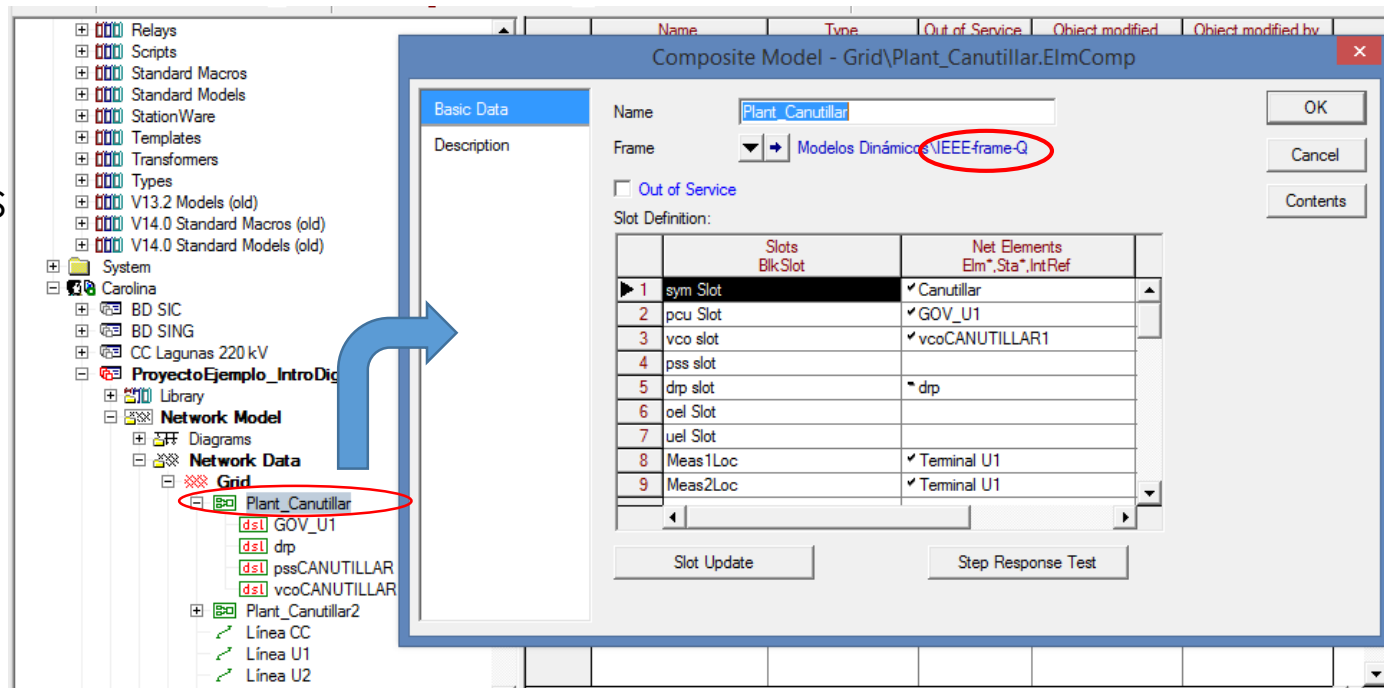
The screenshot shows the 'Data Manager - Grid\Plant_Canutillar' window. The 'Common Model - Grid\Plant_Canutillar\GOV_U1.ElmDsl' tab is active, displaying the 'Basic Data' section. The 'Name' field is set to 'GOV_U1' and the 'Model Definition' is set to '...s Dinámicos\pou_Andritz_Pctrl'. The 'Out of Service' and 'A-stabilization algorithm' checkboxes are unchecked. A table of parameters is visible, with a blue arrow pointing from it to a block diagram labeled 'pou_Andritz_Pctrl'.

Parameter	
Kpos	Ganancia control de posicion [pu]
Kpint	Ganancia ctrl. posicion valv. intermedia [pu]
Kp	Ganancia proporcional PI [pu]
Td2	Cte tiempo deriv control pos 2 [s]
Kd2	Ganancia deriv control pos 2 [pu]
Kpist	Ganancia posicionador [pu]
Ksv	Cte. servovalvula [pu]
Td1	Cte tiempo deriv control pos 1 [s]
Kd1	Ganancia deriv control pos 1 [pu]
Tt	Cte tiempo de posicion [s]
Tsv	Cte tiempo de servovalvula [pu]
DP	Desviación de posicion [pu]
Tm	Tiempo medicion Pot [s]
Est	Estadismo [pu/pu]
Trate	Potencia nominal de turbina [MW]
DBsv	Banda muerta servo [pu]
Db	Banda muerta frecuencia [pu]

Diagramas de bloques

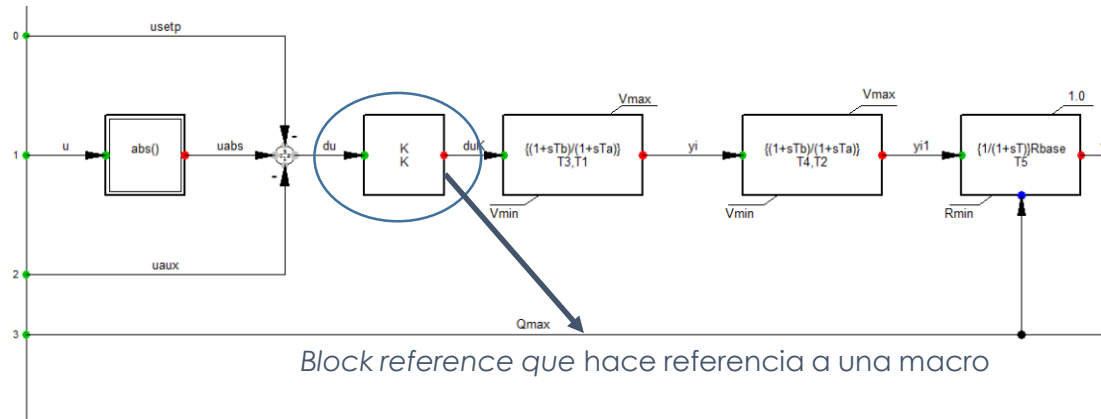
Composite Model

- El *composite model* hereda las características de un “frame”



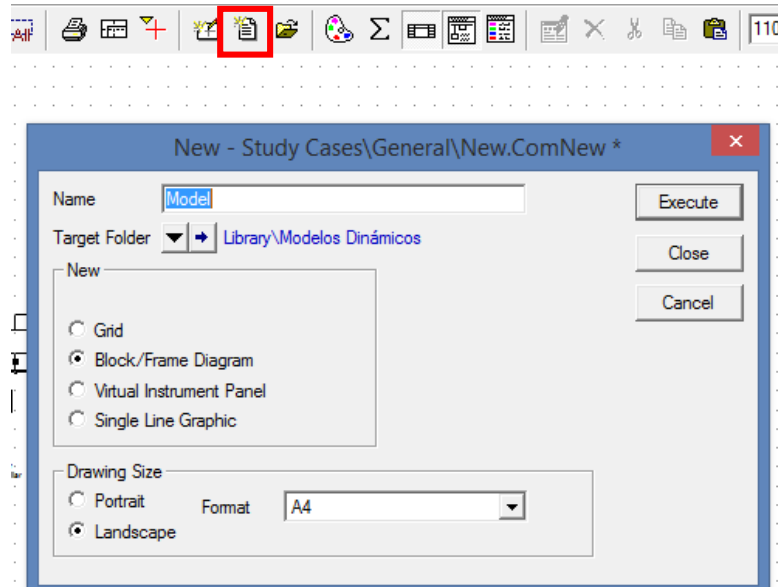
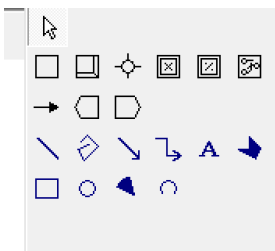
Diagramas de bloques

- Con los diagramas de bloques se pueden diseñar controladores, comportamientos dinámicos, etc.
 - Utilizan funciones de transferencia (PI, PID, sistemas de primer orden, etc.) → Macros
 - Los bloques al interior de un diagrama de bloques se denominan “block reference”, ya que hacen referencia a funciones de transferencia existentes en la librería o creadas por el usuario



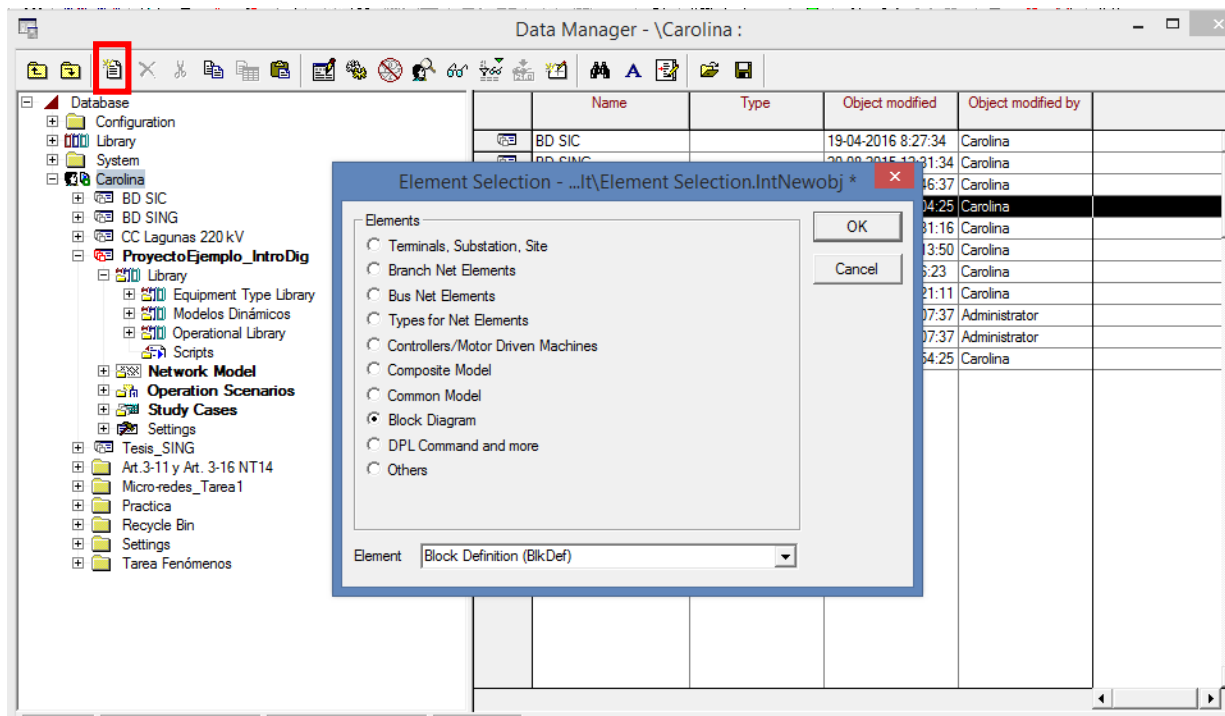
Diagramas de bloques

- Para crear uno de estos tipos de elementos se debe hacer click en el botón de “Insert new graphic”
 - El software por default lo crea en la carpeta “User defined models” de la librería del proyecto
 - Automáticamente se creará una nueva hoja en blanco
 - El diagrama se puede editar con la barra de herramientas gráficas



Diagramas de bloques

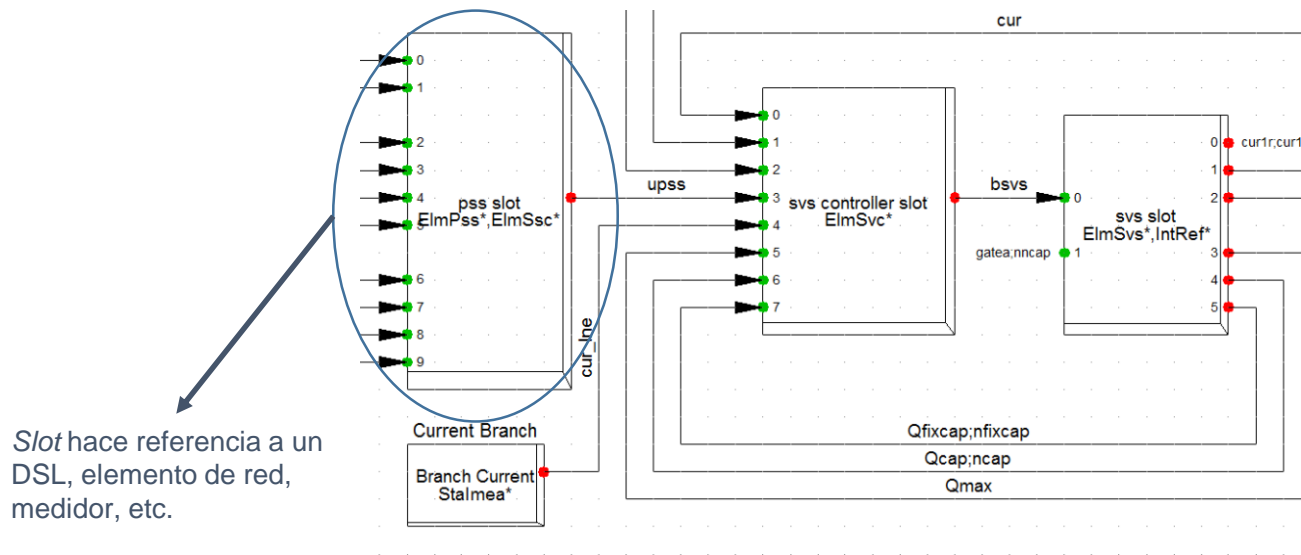
- También se puede crear directamente en la librería
→ “New Object”
y se selecciona Block Diagram



Diagramas de bloques

- Con las frames se pueden diseñar diagramas que relacionan distintos elementos
- Los bloques al interior de un frame se denominan “slots” y pueden hacer referencia a un modelo de control (DSL), a elementos de red (como generadores), medidores etc.
 - Las señales de salida y de entrada en un frame dependen de los elementos
 - Para ver estas señales se debe consultar el technical reference de cada elemento
- Ejemplo de frame (recordar: el composite model “hereda” las características de un frame)

Diagramas de bloques

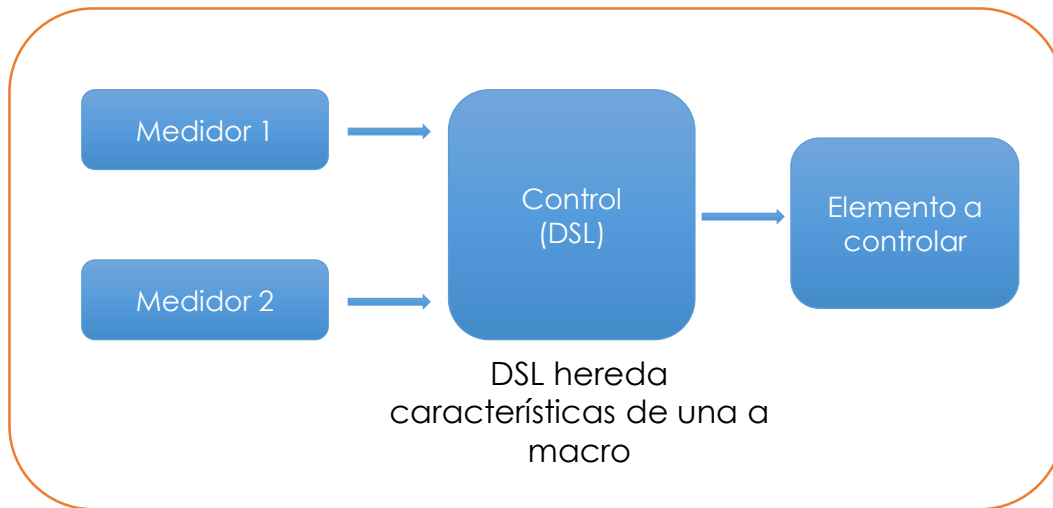


Slot hace referencia a un DSL, elemento de red, medidor, etc.

Diagramas de bloques

- Relación entre macro, DSL, frame y composite model

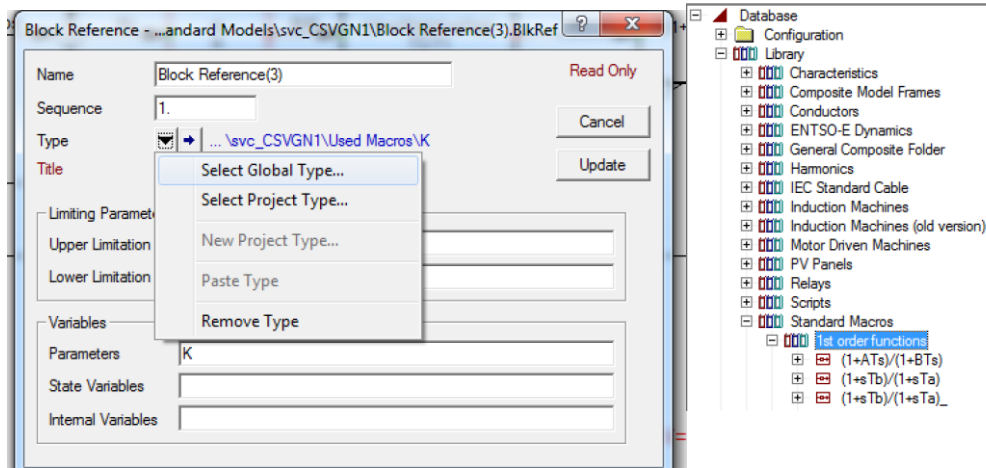
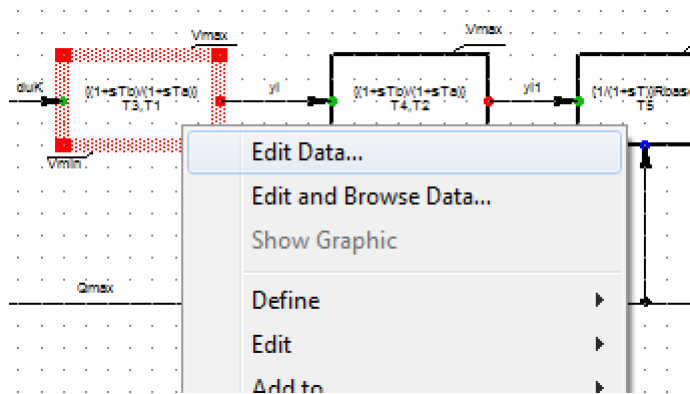
Composite model (hereda las características de un “frame”)



Diagramas de bloques

Macros

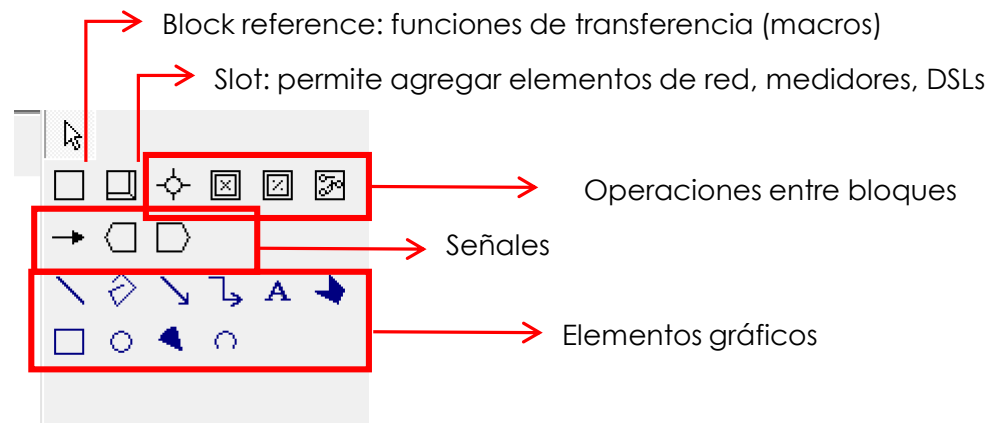
- Para crear las macros, Digsilent cuenta con una gran librería con funciones de transferencia estándar (macros)
- El block reference puede utilizar funciones de la librería global o bien una del proyecto
 - Es posible copiar macros de la librería global a la del proyecto y modificarla



Diagramas de bloques

Herramientas gráficas

- La imagen muestra la barra de herramientas graficas de los diagramas de bloque, es decir, tanto para macros como para frames



Diagramas de bloques

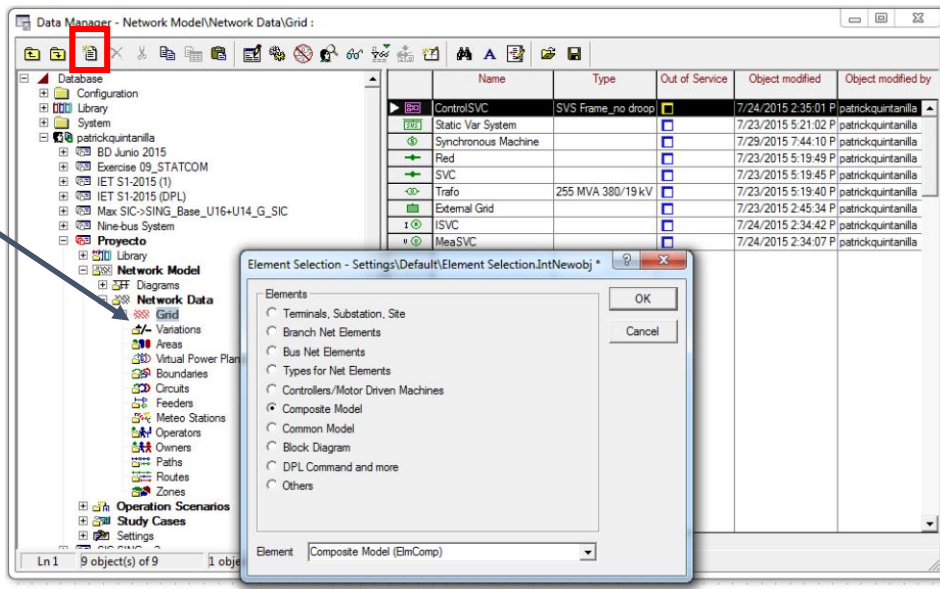
Composite Model

- Tal como se dijo, un frame viene a ser el “type” de los composite model
- Un composite model es un elemento que permite establecer relaciones entre distintos elementos como generadores, SVC, DSL (controles), medidores entre otros. Se usan para describir comportamientos dinámicos o diseñar controladores
 - El mismo frame puede ser utilizado por distintos composite models
- Para crear un composite model se debe hacer click en new y seleccionar composite model

Diagramas de bloques

Composite Model

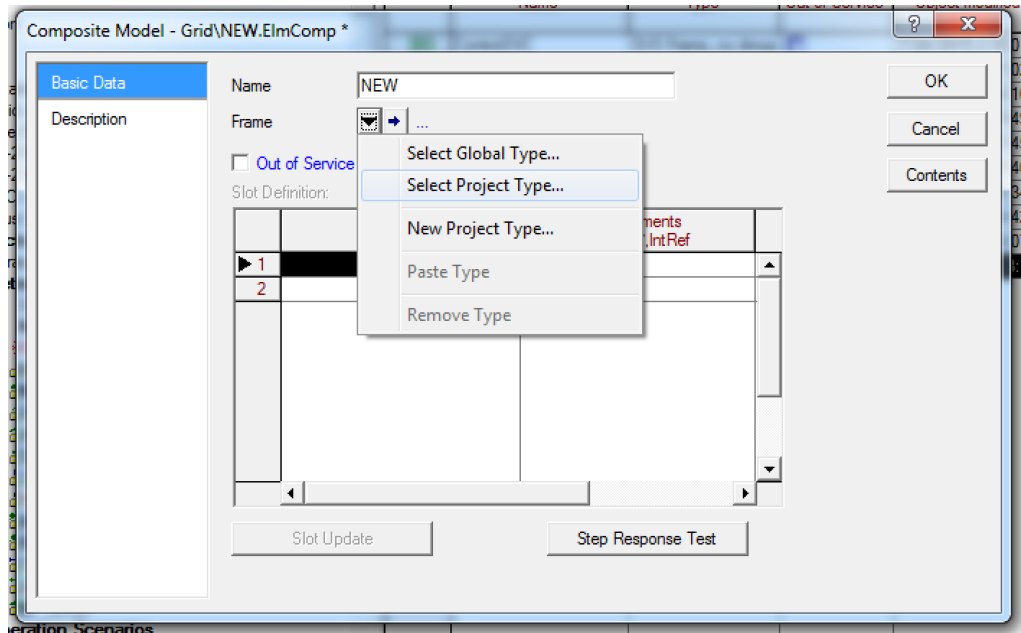
Recordar que se debe estar en el directorio del grid en donde se desea crear el composite model pues es un elemento de red



Diagramas de bloques

Composite Model

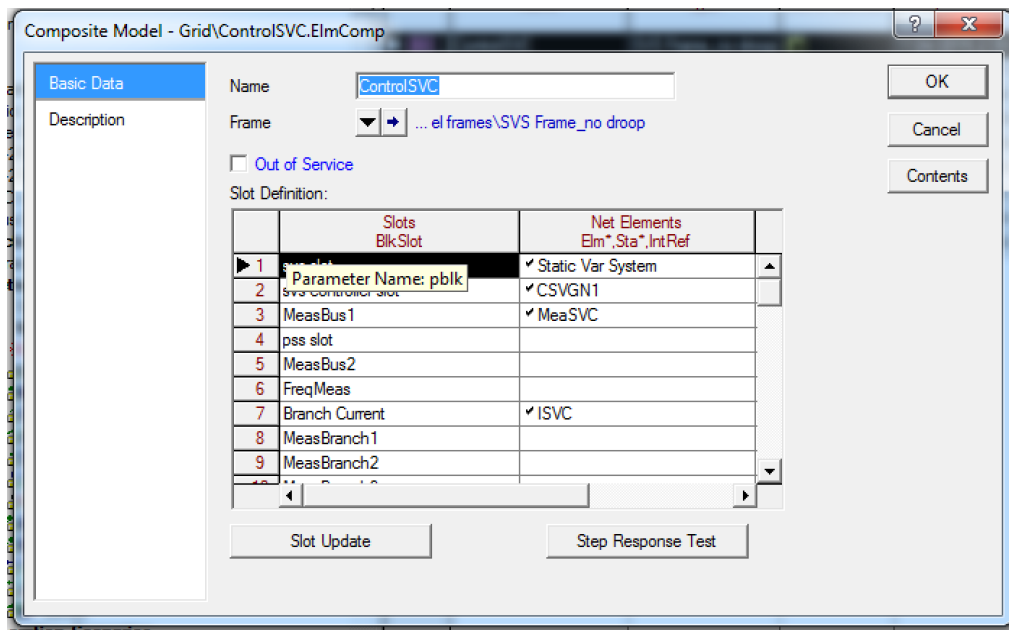
- Una vez creado se debe seleccionar el frame del que “heredará” las características
 - Puede ser de la librería global o bien la del proyecto
- Tal como se vio el frame se puede crear o copiar uno de la librería global para ser modificado



Diagramas de bloques

Composite Model

- El frame le “indicará” al composite model los elementos que se deben ingresar al modelo
- Se deben seleccionar los elementos para cada slots
- El frame es capaz de filtrar por tipo de elemento, es decir, un slot por ejemplo puede solo aceptar generadores síncronos

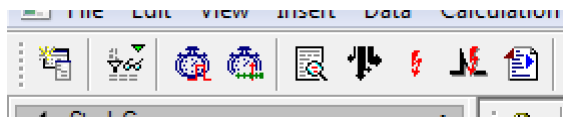


Agenda

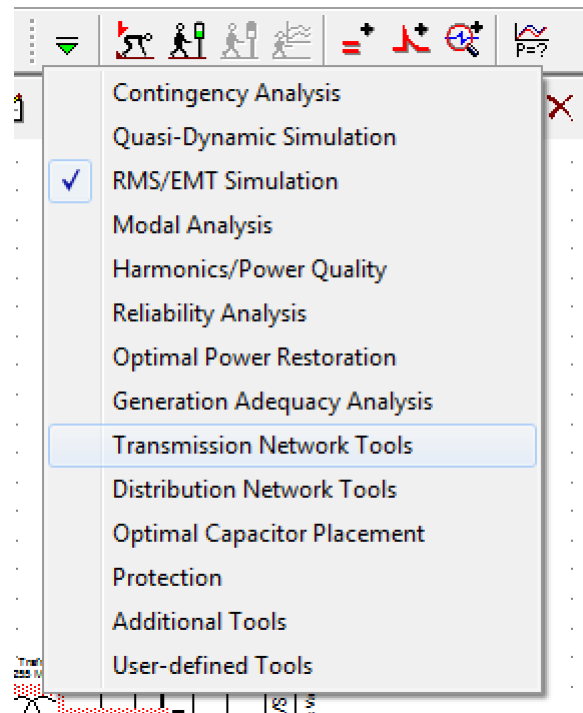
- Introducción
- Data manager
- Menús y opciones
- Elementos y tipos
- Diagramas de bloques
- **Análisis y eventos**
- Resultados y datos

Análisis y eventos

- Digsilent permite realizar diversos análisis
- Las opciones disponibles dependerán de la licencia adquirida



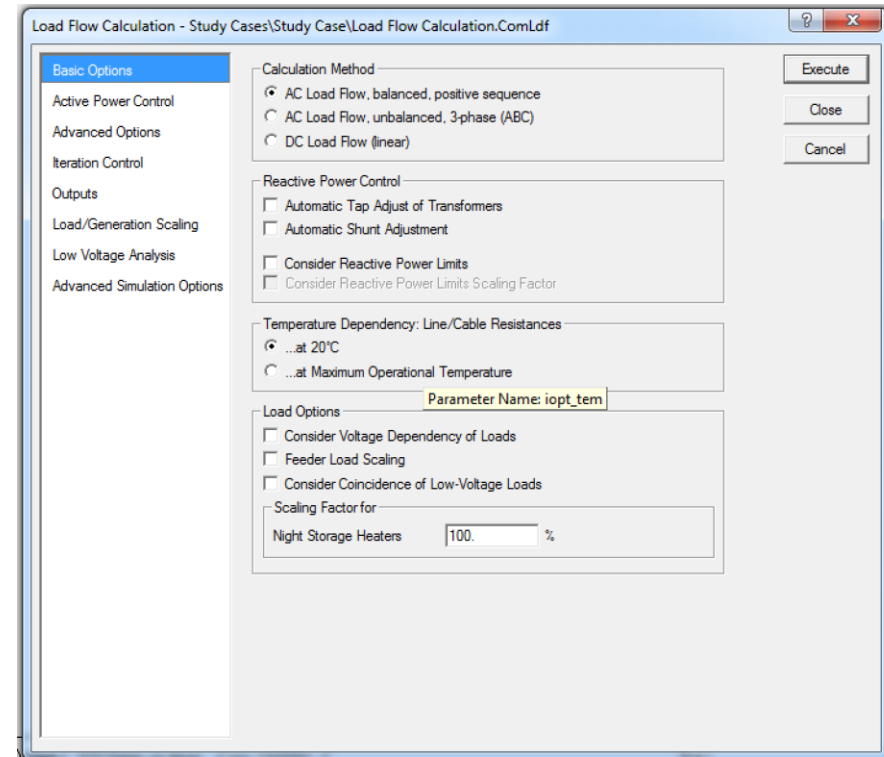
- ¡Está la opción de un **análisis modal**, que servirá para la tarea 2!



Análisis y eventos

Flujo de Potencia

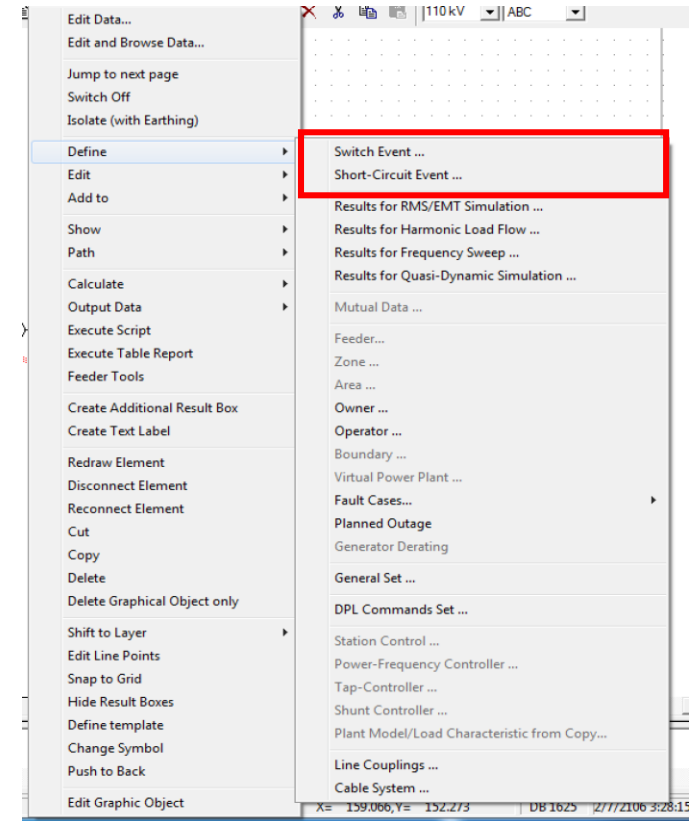
- Una vez creada la red es posible correr un flujo de potencia
- Se debe configurar dependiendo del tipo de estudio que se desea realizar
- Se puede seleccionar si se respetan o no los límites de reactivos, si se usa máquina de referencia, si se cambian los taps automáticamente, entre otros



Análisis y eventos

Simulaciones RMS

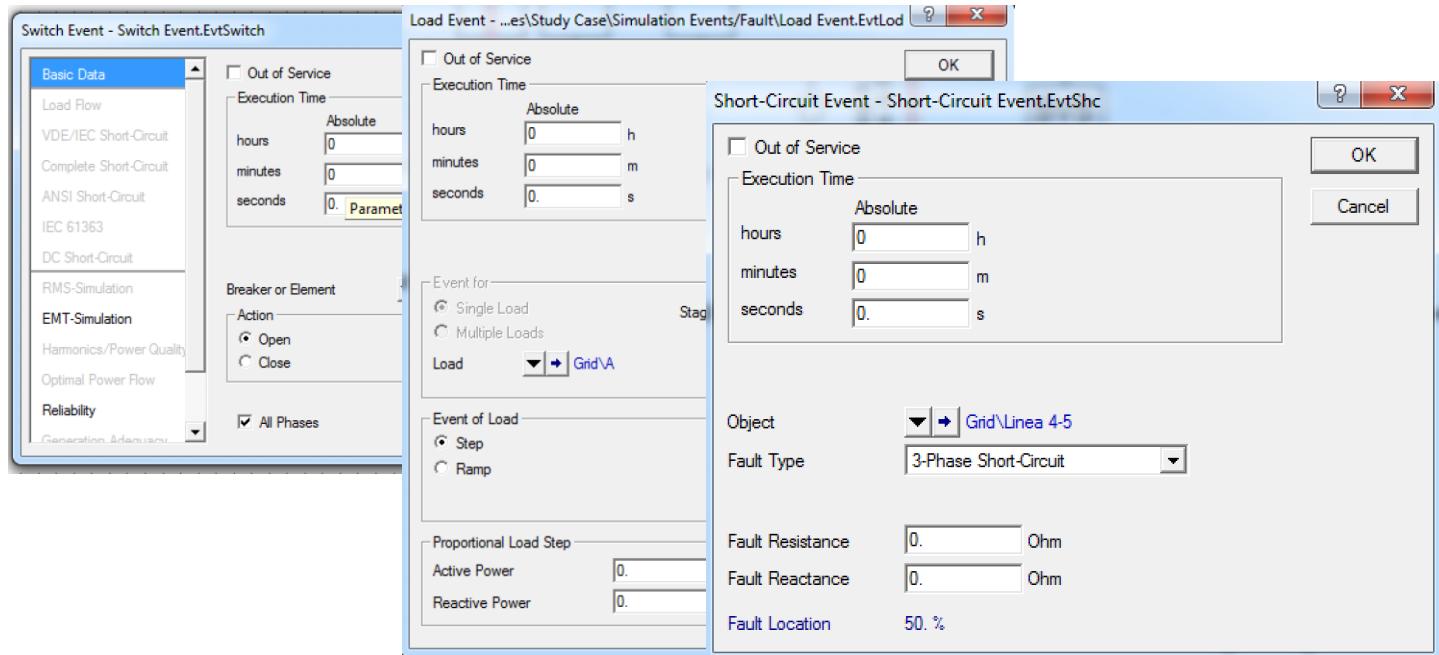
- También se pueden realizar simulaciones RMS y definir eventos para hacer análisis dinámico en función del tiempo
- El tipo de evento dependerá del elemento al que se le aplique
 - Desconexión de generadores, cortocircuitos, desconexión de carga, apertura de interruptores, entre otros



Análisis y eventos

Simulaciones RMS

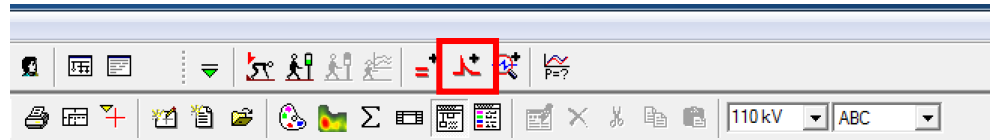
- Se puede configurar el instante de tiempo en que ocurre el evento, ubicación de la falla (en caso de cortocircuitos)



Análisis y eventos

Eventos

- Se puede ver la lista de eventos como sigue:



Simulation Events/Fault - Study Cases\General\Simulation Events/Fault :

	Name	Time	Object StaBar*,ElmTerm*,....	Out of Service	Object modified	Object modified by	
[jsl]	3-11 a) y b)	1,	vcoCANUTILLAR1	<input checked="" type="checkbox"/>	05-05-2016 16:55:35	Carolina	
[jsl]	Parameter Event(2)	1,	vcoCANUTILLAR2	<input checked="" type="checkbox"/>	26-02-2015 10:41:28	cmayol	
[jsl]	3-11 c)	1,	vcoCANUTILLAR1	<input checked="" type="checkbox"/>	05-03-2015 15:49:07	cmayol	
[jsl]	Short-Circuit Event	1,	Terminal Red	<input type="checkbox"/>	05-05-2016 16:55:38	Carolina	
[jsl]	50% de Pnom U2	5,	GOV_U2	<input checked="" type="checkbox"/>	20-02-2015 8:30:27	cmayol	
[jsl]	50% de Pnom	5,	GOV_U1	<input checked="" type="checkbox"/>	19-02-2015 17:57:47	cmayol	
[jsl]	70% de Pnom	5,	GOV_U1	<input checked="" type="checkbox"/>	19-02-2015 18:02:25	cmayol	

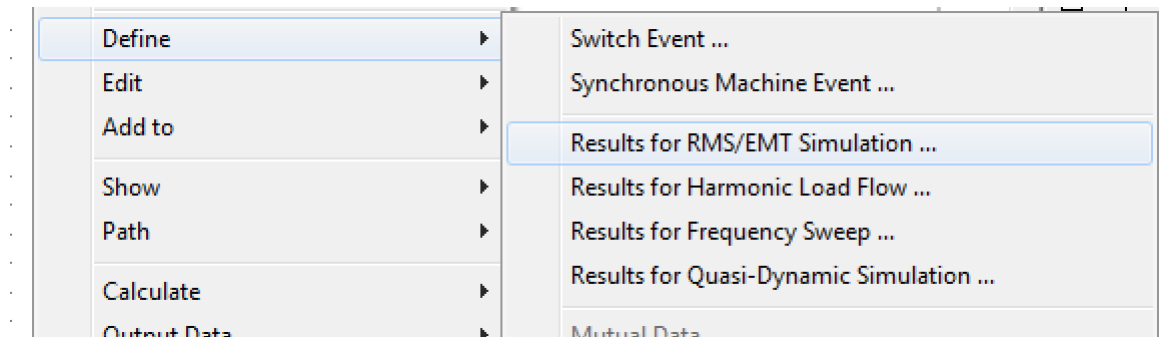
Close

Agenda

- Introducción
- Data manager
- Menús y opciones
- Elementos y tipos
- Diagramas de bloques
- Análisis y eventos
- **Resultados y datos**

Resultados y datos

- Para que después de realizar el análisis correspondiente se puedan ver los resultados, es necesario definir que variables se guardarán
 - A mayor número de variables seleccionadas mayor será el tiempo de ejecución
- Las variables a guardar se seleccionan haciendo click derecho sobre los elementos y luego siguiendo la figura siguiente



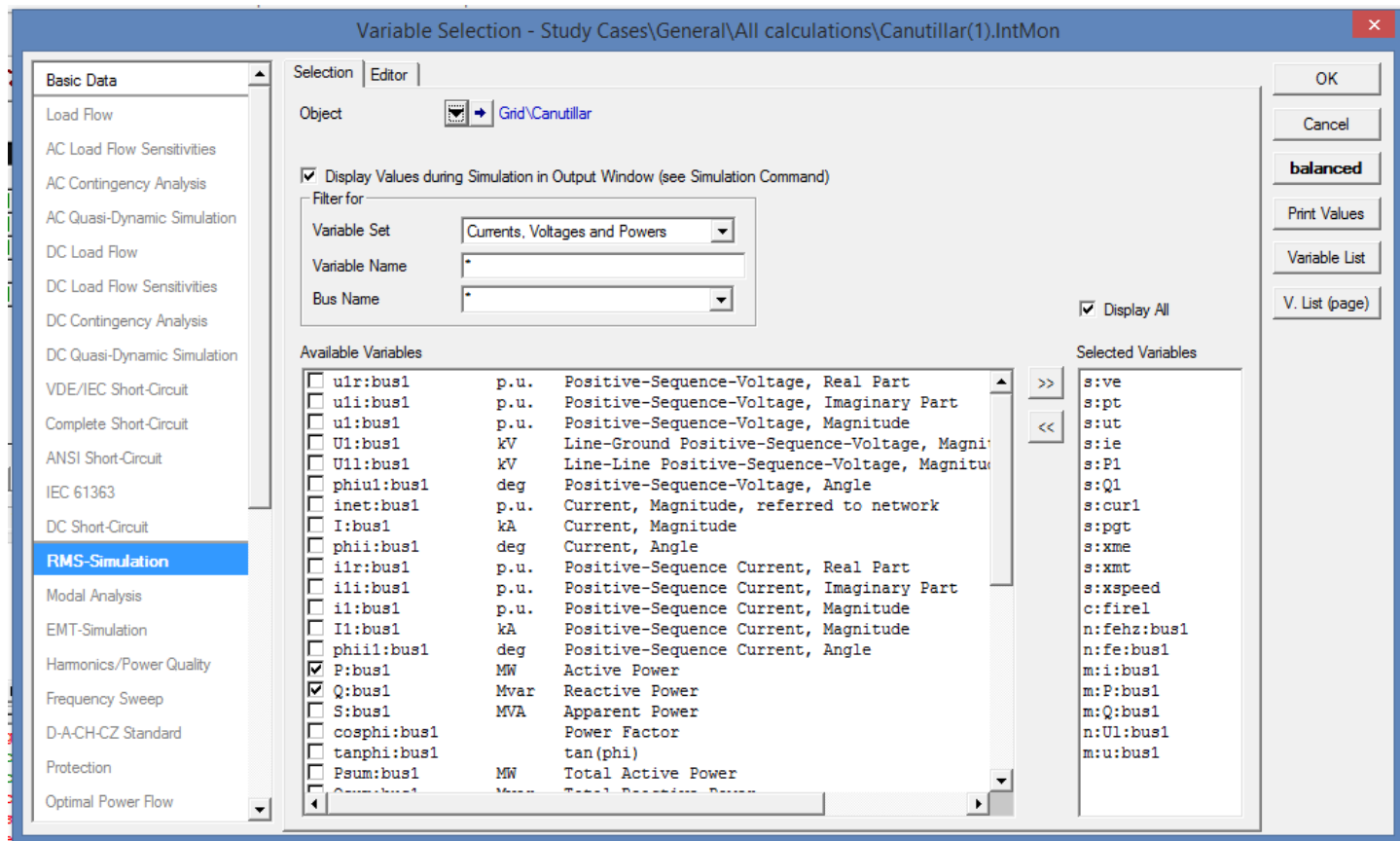
Resultados y datos

Results - Study Cases\General\All calculations :

	Name	Object	Class Name	Element	Values->Output Wi...	Variable Set	Variable Name	Bus Name	Display All	Complete List of S...	Comp
▶	Canutillar(1)	Canutillar		...	<input checked="" type="checkbox"/>	0 *	*		<input checked="" type="checkbox"/>	s:ve ...	s:...
▶	CanutillarU2	CanutillarU2		...	<input checked="" type="checkbox"/>	0 *	*		<input checked="" type="checkbox"/>	s:ve ...	s:...
▶	GOV_U2	GOV_U2		...	<input checked="" type="checkbox"/>	3 *	*		<input checked="" type="checkbox"/>	s:PosRef ...	s:...
▶	Variable Selection	vcoCANUTILLAR		...	<input checked="" type="checkbox"/>	2 *	*		<input checked="" type="checkbox"/>	s:curex ...	s:...
▶	Variable Selection(1)	vcoCANUTILLAR		...	<input checked="" type="checkbox"/>	2 *	*		<input checked="" type="checkbox"/>	s:curex ...	s:...
▶	gtyp Canutillar	gtyp Canutillar		...	<input checked="" type="checkbox"/>	0 *	*		<input checked="" type="checkbox"/>
▶	vcoCANUTILLAR1	GOV_U1		...	<input checked="" type="checkbox"/>	3 *	*		<input checked="" type="checkbox"/>	s:HREF ...	s:...

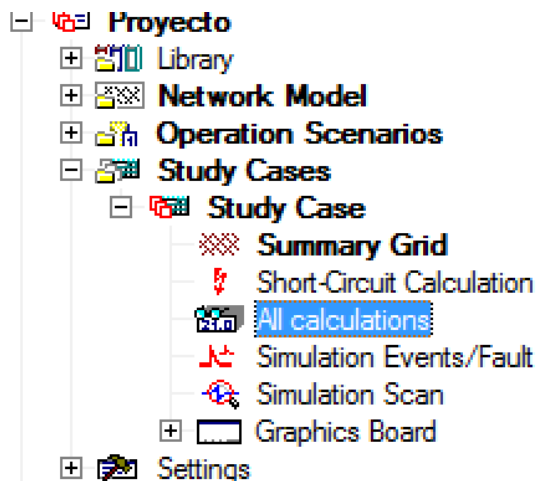
Ln 1 7 object(s) of 7 1 object(s) selected

Resultados y datos



Resultados y datos

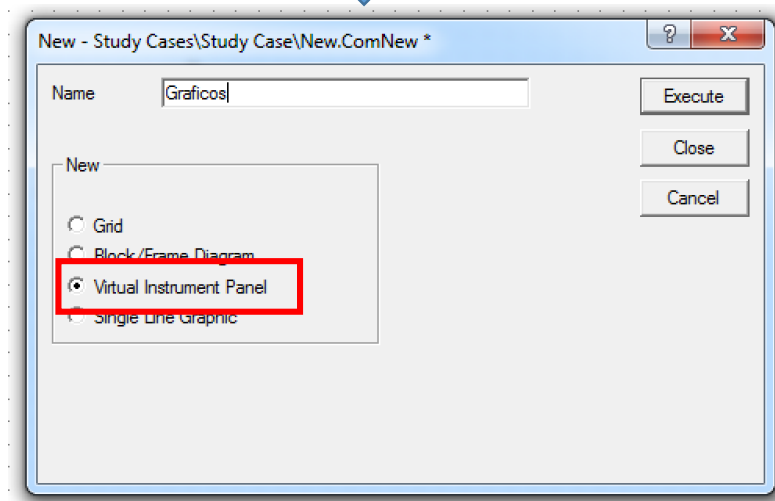
- Los variables a almacenar quedarán definidas en la parte de resultados del caso de estudio



Resultados y datos

Gráficos

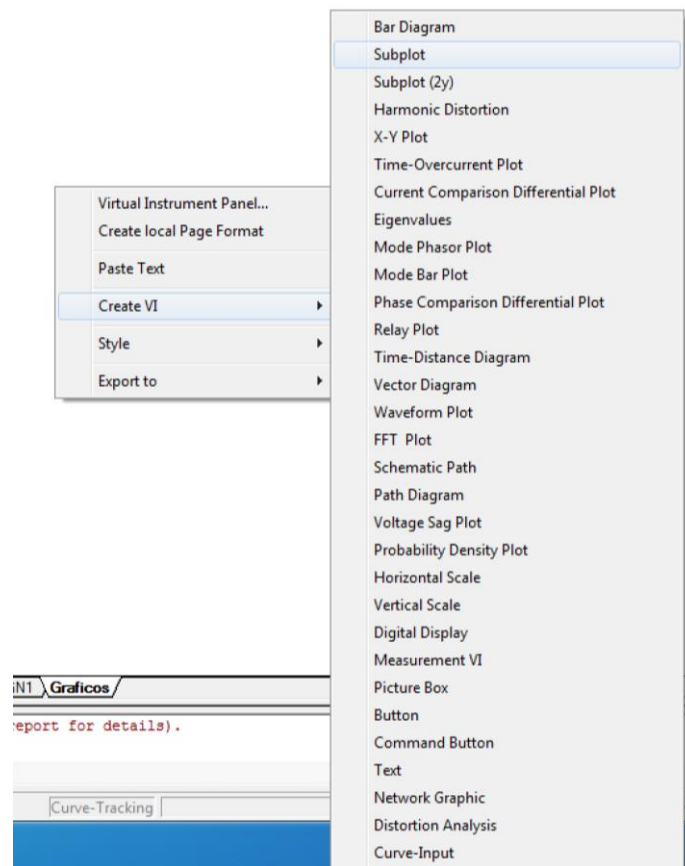
- Digsilent permite la visualización de los resultados
- Para ello se crea una nueva hoja con un “Virtual Instrument Panel” para poner los gráficos que se desee
- Esto creará otra hoja en blanco en el proyecto



Resultados y datos

Gráficos

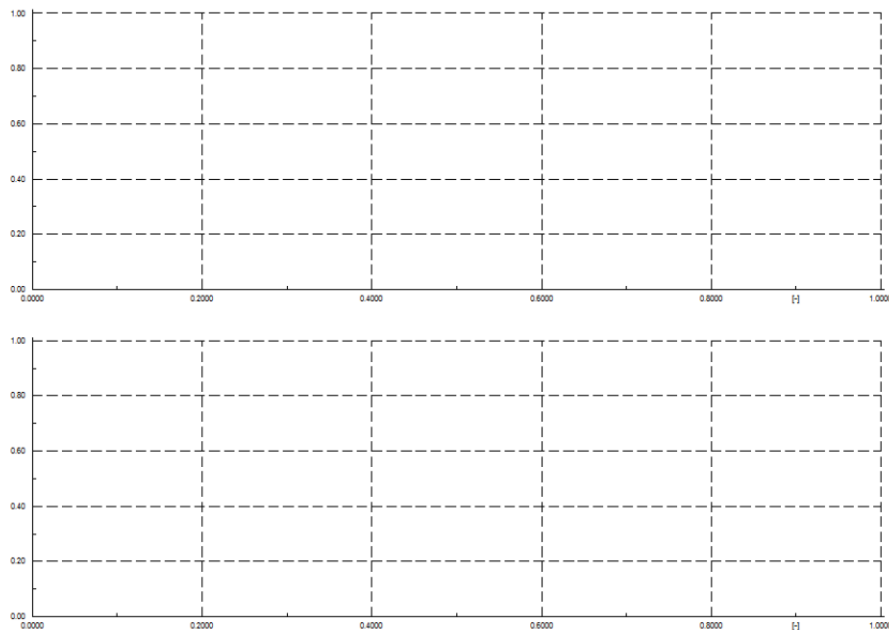
- Haciendo click derecho en la hoja se podrán seleccionar distintos tipos de gráficos
- Seleccionamos subplot y luego creamos un segundo subplot.



Resultados y datos

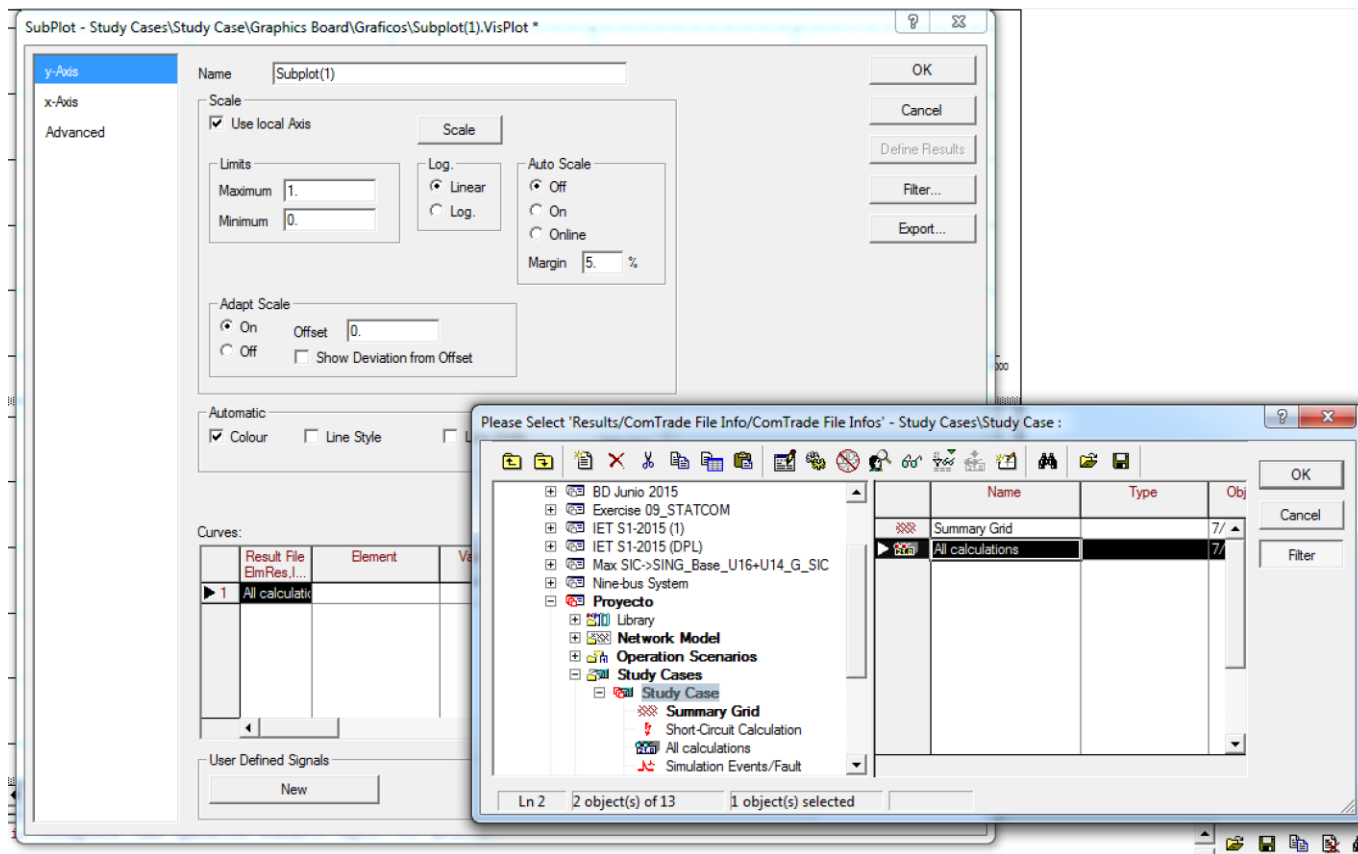
Gráficos

- Luego se deben seleccionar las variables que se quieren graficar haciendo doble click sobre el gráfico



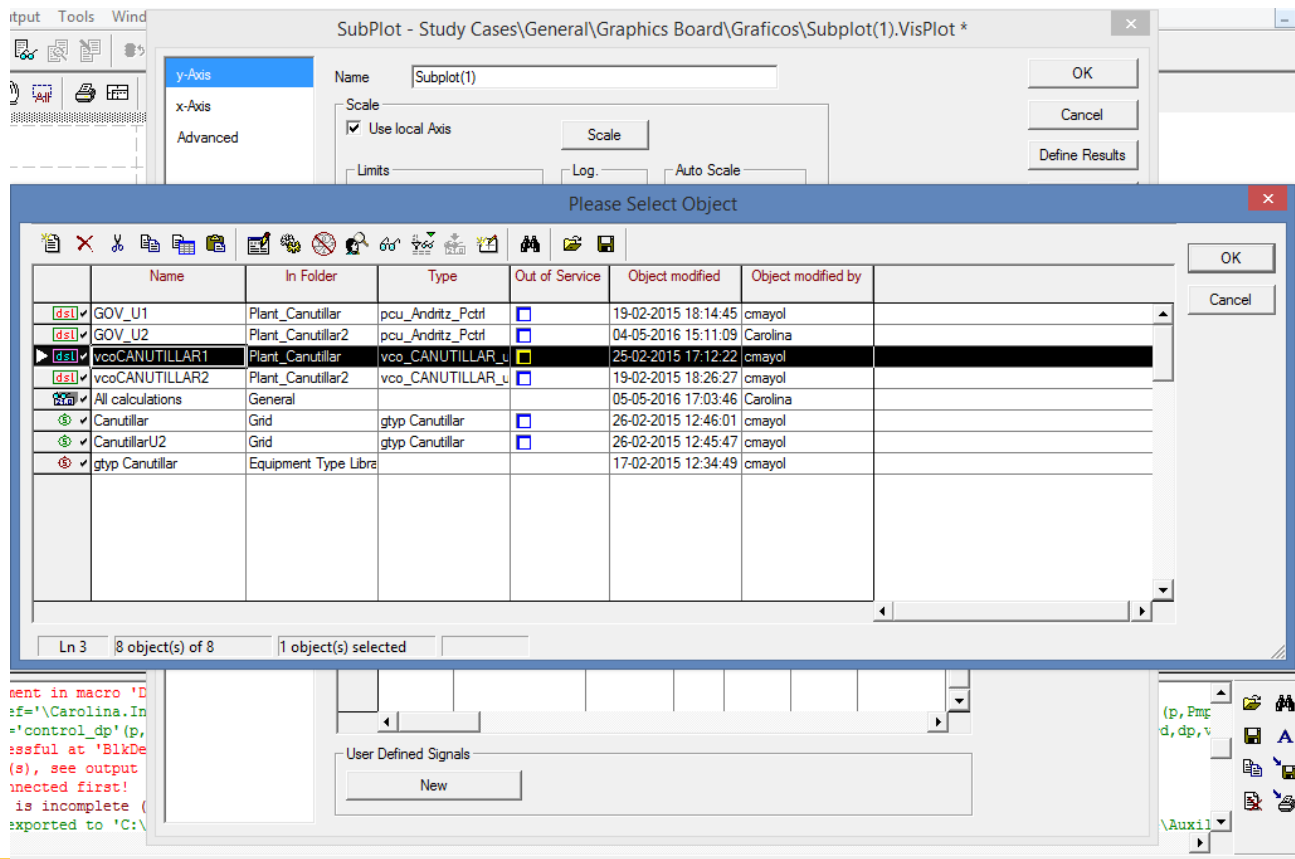
Resultados y datos

Gráficos



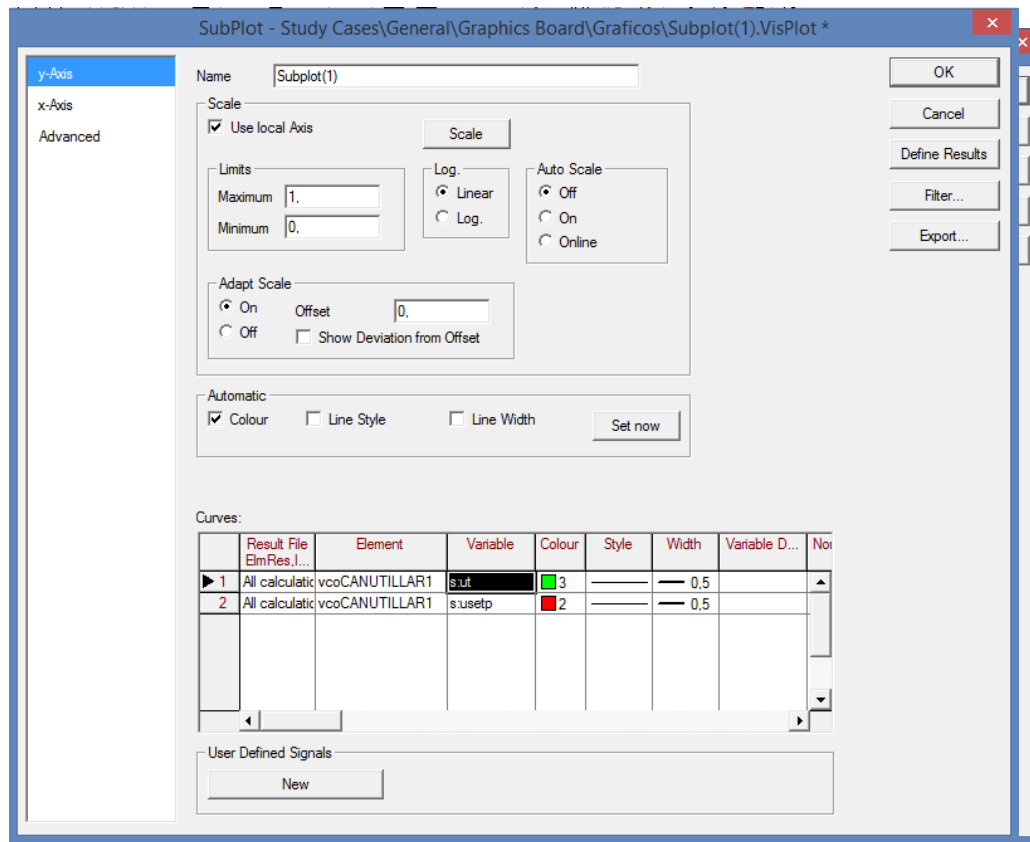
Resultados y datos

Gráficos



Resultados y datos

Gráficos



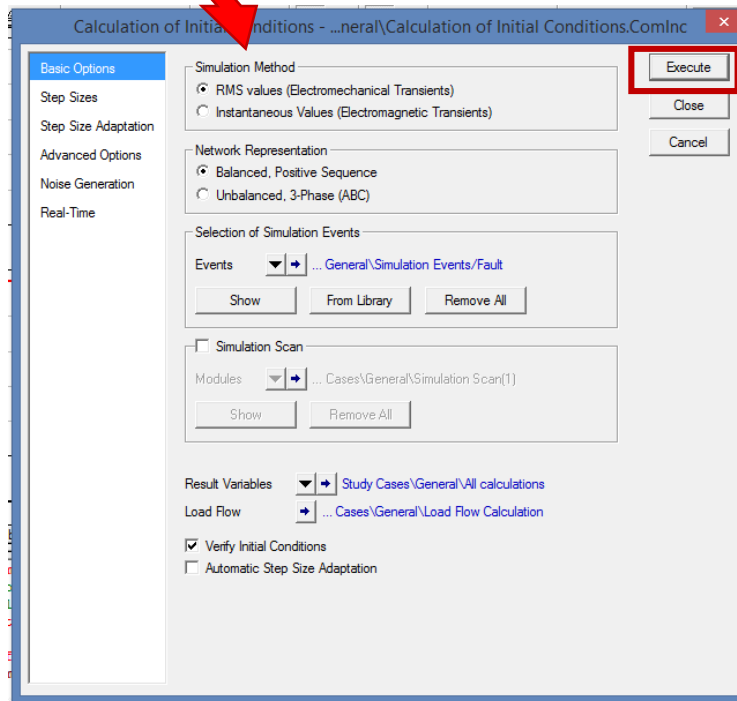
Resultados y datos

Gráficos

- Se puede modificar rango de ejes, colores y tipos de línea, etc.
- Se debe seleccionar la carpeta de resultados y posteriormente la variable a graficar
- Recordar que si no se ha definido previamente la variable para que se almacene, esta no aparecerá en la carpeta de resultados y no se podrá graficar

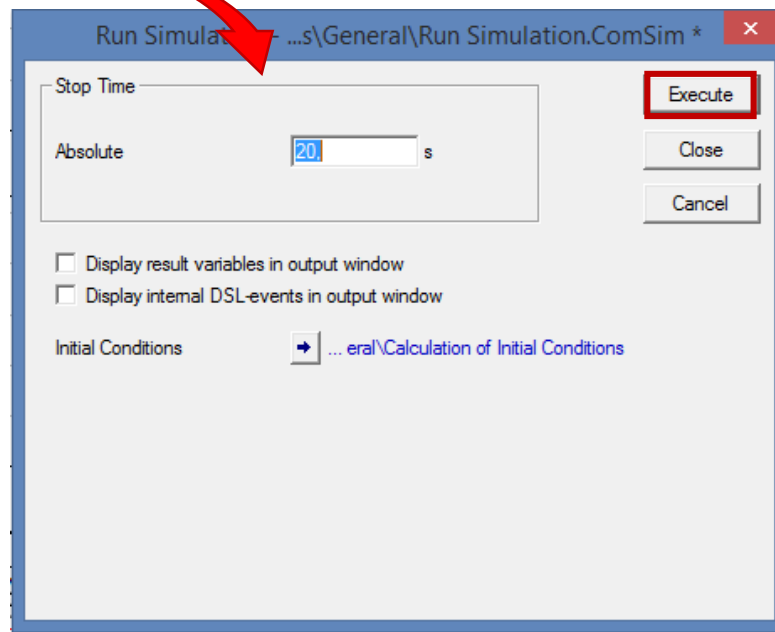
Resultados y datos

Ver resultados de la simulación



Resultados y datos

Ver resultados de la simulación



Resultados y datos

Ver resultados de la simulación

