

# Instrumentos Virtuales en PowerFactory.

Ramos Hernanz, JA.<sup>1</sup>, Campayo Martín, J.J.<sup>1,2</sup> Zamora Belver, I.<sup>2</sup>  
Puelles Pérez, E.<sup>1</sup>, Motrico Gogeochea, JA.<sup>1</sup>, Arrugaeta Gil, J<sup>3</sup> Larrañaga Lesaka, J<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Eléctrica  
E.U.I., Vitoria-Gasteiz, Universidad del País Vasco  
Nieves Cano, 12 01006 Vitoria-Gasteiz (Spain)  
Teléfono: +0034 945014147, fax: +0034945013270  
josean.ramos@ehu.es, jj.campayo@ehu.es, eduardo.puelles@ehu.es, joseba.motrico@ehu.es

<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería Eléctrica  
E.T.S.I., Bilbao, Universidad del País Vasco  
Alameda Urquijo, s/n 48013 Bilbao (Spain)  
Teléfono: +0034 946014063, fax: +0034946014200 e-mail: inmaculada.zamora@ehu.es

<sup>3</sup> Departamento de Ingeniería Mecánica  
E.U.I., Vitoria-Gasteiz, Universidad del País Vasco  
Nieves Cano, 12 01006 Vitoria-Gasteiz (Spain)  
Teléfono: +0034 945014152, fax: +0034945013270 juanjose.arrugaeta@ehu.es

<sup>4</sup> Departamento de Organización Industrial  
E.U.I., Vitoria-Gasteiz, Universidad del País Vasco  
Nieves Cano, 12 01006 Vitoria-Gasteiz (Spain)  
Teléfono: +0034 945014053, fax: +0034945013270 jesusmaria.larranaga@ehu.es

## Resumen.

En esta ponencia se presentan una serie de herramientas incluidas en PowerFactory, que permiten presentar los resultados de los cálculos o simulaciones realizadas. Estos elementos nos van a permitir mostrar gráficamente los cálculos realizados de la red o modelo en estudio. Los principales conceptos para la visualización son los Conjuntos de Variables (Variable Sets) y los Instrumentos Virtuales (Virtual Instruments). Con la idea de poder utilizar adecuadamente estas herramientas, se realiza una exposición de los pasos seguidos para la elección de las variables a simular o para su representación y los diferentes gráficos donde se va a poder realizar dicha representación.

## Palabras llave

PowerFactory, Instrumentos Virtuales, Conjuntos de Variables, Modelado de Sistemas Eléctricos, Gráficos.

## 1. Introducción

A la hora de realizar un trabajo utilizando la herramienta PowerFactory lo primero será la realización de la Red a analizar o esquema eléctrico, para posteriormente realizar los cálculos.

Por ejemplo, los cálculos de Flujos de Cargas en PowerFactory se realizan simplemente presionando el icono, *Calcular Flujo de Carga*, en la barra de herramientas principal o seleccionando desde el Menú Cálculo, Flujo de Carga. Algo parecido sucede con los cálculos de Cortocircuitos.

Además, el usuario va a poder seleccionar el método de simulación (RMS vs EMT), de representación de la red (equilibrado vs desequilibrado), la duración del tiempo de la simulación, el error máximo durante las iteraciones, etc.

Pero muchas veces lo más interesante no son los cálculos realizados, sino su presentación gráfica. Pues a partir de ésta se puede analizar, comparar y posiblemente llegar a conclusiones de una forma más rápida.

En la herramienta Powerfactory para realizar esta representación es importante seguir unos pasos concretos que abarcan la selección de las variables a presentar y elección del tipo de gráfico adecuado.

## 2. Conjunto de Variables

Antes de realizar la representación gráfica de una simulación se seleccionan, de todas las posibles, las variables o magnitudes que se quieren representar. Por ejemplo, para un transformador de dos devanados, el total de posibilidades que se puede elegir son 1826, además también se puede elegir la opción de sistema equilibrado o desequilibrado. Muchas de ellas se podrán seleccionar desde distintos menús. Si se eliminan estas repeticiones, se quedan un total de 986 variables distintas. Estas posibilidades variarán dependiendo el elemento (e.g. generadores, barras de distribución, líneas, cargas, etc.).

Así, se va a denominar *Conjunto de Variables*, a la colección de variables o magnitudes asociadas a un elemento y seleccionadas por el usuario, a partir de las cuales se podrá realizar una representación gráfica de la simulación de dichas variables o magnitudes.

Para la elección de estas variables, se pulsa con el botón derecho del ratón sobre el elemento elegido y se selecciona *Definir, Conjunto de Variables (Sim)*. Fig. 1



Fig. 1. Selección de Conjunto de Variables

Aparecerá la ventana de resultados (fig 2), mostrando los elementos que el usuario ha elegido para poder representar gráficamente. Se pulsa con el botón izquierdo dos veces sobre el icono de la primera columna del elemento que se quiera escoger para realizar la selección de variables y aparecerá la ventana de la fig 3.

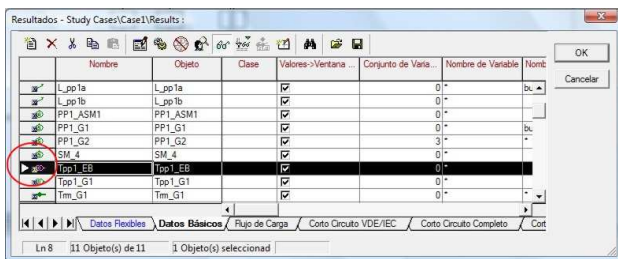


Fig. 2. Ventana de Resultados

Si ya se tiene elegido un elemento y se quiere modificar el conjunto de variables, no es necesario seguir estos pasos. Simplemente con seleccionar en la barra de herramientas, *Datos, Estabilidad, Variables de Resultados*, se llegaría a la misma ventana (fig. 2) de selección.

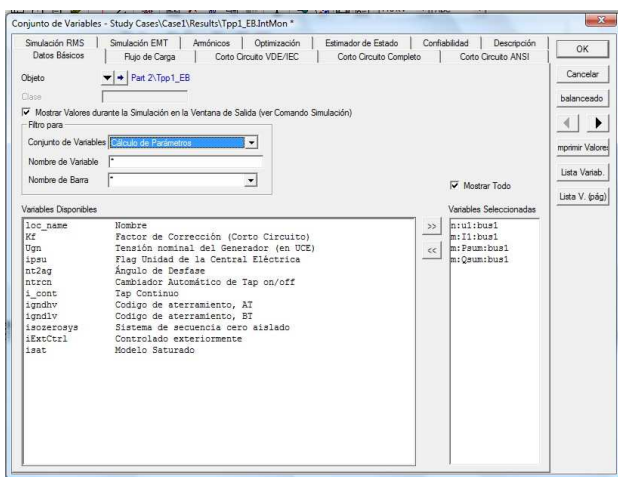


Fig. 3. Ventana de selección de Conjunto de Variables

En la fig. 3 se muestra la ventana de selección de variables para el caso de un transformador de dos devanados. De todas formas, como se ha dicho antes,

dependiendo del elemento se tendrá unas variables u otras.

Cuando se trabaje con la ventana de la figura 3, se tendrán en cuenta las siguientes partes:

#### A. Elementos de la ventana de selección de Conjunto de Variables

##### 1. Pestañas superiores

Muestran los tipos de cálculos que se pueden realizar en el programa, incluido los datos básicos o características del elemento.

- Datos Básicos
- Flujo de Carga
- Corto Circuito VDE/IEC
- Simulación RMS
- Simulación EMT
- Armónicos
- Protección
- Optimización
- Confiabilidad
- Descripción
- Corto Circuito Completo
- Corto Circuito ANSI
- Estimador de Estado
- Corto Circuito IEC 61363

##### 2. Objeto

Indica el nombre del elemento o componente de la red del que se está seleccionando las variables. Si se pulsa la flecha que indica hacia abajo, el programa permite la selección de otro elemento. Si se pulsa la flecha horizontal, el programa muestra la ventana de definición del elemento.

##### 3. Mostrar valores ...

Permite o no según la selección, mostrar los valores calculados durante la simulación en la ventana de salida.

##### 4. Filtro para

Para poder encontrar y seleccionar las variables hay una serie de filtros que permiten que el usuario clasifique las variables a través de sistemas. Estos filtros son:

- Conjunto de Variables
- Nombre de Variable
- Nombre de Barra

##### 5. Variables disponibles

El programa muestra las variables disponibles según el filtro que el usuario haya elegido.

## 6. Variables seleccionadas

Se indican las variables que el usuario ya ha seleccionado. Para ello usará las flechas seleccionar (>>) y deseleccionar (<<).

## 7. Mostrar todo

Si esta casilla está seleccionada, mostrará todas las variables seleccionadas. En caso contrario, en “Variables Seleccionadas”, mostrará solo las variables elegidas aplicando el filtro elegido para el elemento seleccionado.

## 8. Botones

A parte de los habituales botones de aceptar (OK) y cancelar, se tiene otra serie de botones:

- a) *Balanceado/Desbalanceado*. Permite seleccionar un sistema Equilibrado o Desequilibrado.
- b) *Flecha horizontal*. ►, permite pasar a la lista completa de las variables seleccionadas.
- c) *Imprimir valores*. Imprime los valores actuales de la simulación, para todas las variables seleccionadas en la ventana de salida.
- d) *Lista variables*. Imprime una lista de todas las variables disponibles, para el elemento seleccionado, en la ventana de salida.
- e) *Lista variables (pág)*. Imprime una lista de las variables disponibles para el elemento elegido teniendo en cuenta solo la pestaña seleccionada (e.g. datos básicos, flujo de carga,...) en la ventana de salida.

## B. Filtros para Conjunto de Variables

Dependiendo del elemento seleccionado hay hasta ocho filtros posibles para elegir las variables:

### 1. Corrientes, Tensiones y Potencias

Permite filtrar para seleccionar las variables de cálculo de Corrientes, Tensiones y Potencias. Estas variables van a estar precedidas en su denominación por la letra “m:”, de monitorización o medida y su nombre va a depender del tipo de calculo o pestaña superior seleccionada. El número de variables va a depender del elemento elegido, por ejemplo para un transformador de dos devanados, hay 286 posibilidades. Algunas de estas variables son, (*m:I:bushv*, A, Corriente, Magnitud), (*m:I:bushv*, kA, Corriente de Corto Circuito), (*m:u:bushv*, p.u., Tensión, Magnitud), (*m:u:bushv*, p.u. Tensión, Magnitud), (*m:TS:bushv*, MVA, Potencia Aparente Total), (*m:TS:bushv*, MVA, Potencia Aparente Total), se muestran el nombre de la variable, la unidad de medida y el significado de la variable.

### 2. Resultados de Barras

Este filtro está asociado a la barra o a las barras a las que esté conectado el elemento seleccionado. Estas variables van a estar precedidas en su denominación por la letra

“n:”, de nodo y su nombre también va a depender del tipo de calculo o pestaña superior seleccionada. El número de variables va a depender del elemento elegido, por ejemplo para un transformador de dos devanados, hay 367 posibilidades. Algunas de estas variables son, (*n:frnom:bushv*, Hz, Frecuencia Nominal), (*n:frnom:bushv*, Hz, Frecuencia Nominal), (*n:HD:bushv*, %, Distorsión Armónica), (*n:HD:bushv*, %, Distorsión Armónica), se muestran el nombre de la variable, la unidad de medida y el significado de la variable.

### 3. Señales

Estas variables se pueden utilizar como interfaz entre los modelos definidos por el usuario y/o los de PowerFactory, están precedidas por la letra “s:”, de señales y su nombre también va a depender del tipo de calculo o pestaña superior seleccionada. El número de variables va a depender del elemento elegido, por ejemplo para un transformador de dos devanados, hay 8 posibilidades. Algunas de estas variables son, (*s:iremi*, p.u., Corriente de Control (P. Imaginaria)), (*s:iremr*, p.u., Corriente de Control (P. Real)), (*s:uremi*, p.u., Tensión de Control (P. Imaginaria)), (*s:uremr*, p.u., Tensión de Control (P. Real)), se muestran el nombre de la variable, la unidad de medida y el significado de la variable.

### 4. Cálculo de Parámetros

Son variables que derivan de cálculos primarios (corrientes, voltajes, energía...), de los datos de entrada (impedancia absoluta de una línea, energía nominal), o que han sido transformados de datos de entrada a un formato útil para el cálculo, o de ése se requieren para tal transformación. Estas variables van a estar precedidas en su denominación por la letra “c” y su nombre va a depender del tipo de calculo o pestaña superior seleccionada. El número de variables va a depender del elemento elegido, por ejemplo para un transformador de dos devanados, hay 81 posibilidades. Algunas de estas variables son, (*c:ym:r*, p.u., Admitancia de Magnetización, Parte Real), (*c:zshv:i*, p.u., Impedancia de Fuga (Lado HV), Parte Imaginaria), (*c:usetpini:r*, p.u., Tensión de Operación Complejo, Parte Real), (*c:nt2agrđ*, rad, Ángulo de Desfase), se muestran nombre de la variable, la unidad de medida y el significado de la variable.

### 5. Cálculo de Parámetros Datos Básicos

Este filtro es el mismo que el anterior pero solo es para la pestaña de Datos Básicos, su diferencia es que viene precedido por la letra “b:”. El número de variables va a depender del elemento elegido, por ejemplo para un transformador de dos devanados, hay 12 posibilidades. Algunas de estas variables son, (*b:loc\_name*, Nombre), (*b:nt2ag*, Ángulo de Desfase), (*b:ntrcn*, Cambiador Automático de Tap on/off), (*b:Ugn*, Tensión nominal del Generador (en UCE)), se muestra nombre de la variable y el significado de la variable.

## 6. Parámetro del Elemento

Son las variables que pertenecen directamente al objeto seleccionado. Estas variables van a estar precedidas en su denominación por la letra “e.”, de elemento y su nombre también va a depender del tipo de calculo o pestaña superior seleccionada. El número de variables va a depender del elemento elegido, por ejemplo para un transformador de dos devanados, hay 121 posibilidades. Algunas de estas variables son, (*e:chr\_name*, Nombre Característico), (*e:coldloadtab2*, Curva de Carga Fria: Valores), (*e:constr*, Año de Construcción), (*e:cosphib\_lv*, Valores del lado de baja tensión: Factor de Potencia), (*e:cpArea*, Area), se muestran el nombre de la variable, la unidad de medida y el significado de la variable.

## 7. Parámetro del Tipo

Tipo de variables que se asocian al elemento en estudio. Estas variables van a estar precedidas en su denominación por la letra “t.”, de tipo y su nombre también va a depender del tipo de calculo o pestaña superior seleccionada. El número de variables va a depender del elemento elegido, por ejemplo para un transformador de dos devanados, hay 93 posibilidades. Algunas de estas variables son, (*t:ansiclass*, Clase), (*t:frnom*, Hz, Frecuencia Nominal), (*t:gnrl\_modby*, Object modified by), (*t:loc\_name*, Nombre), (*t:manuf*, Fabricante), se muestran el nombre de la variable, la unidad de medida y el significado de la variable.

## 8. Parámetro de la Referencia

Éstas variables están asociadas a los objetos que están unidos o conectados con el objeto considerado. Van a estar precedidas en su denominación por la letra “r.”, de referencia y su nombre también va a depender del tipo de calculo o pestaña superior seleccionada. El número de variables va a depender del elemento elegido, por ejemplo para un transformador de dos devanados, hay 18 posibilidades. Algunas de estas variables son, (*r:p\_cub*, StaCubicRama Controlada (Cubículo)), (*r:p\_rem*, ElmTerm,StaBarControl de la Barra), (*r:pldc*, StaLdcExterno LDC), (*r:pOperator*, ElmOperatorOperator), (*r:pOwner*, ElmOwnerOwner), se muestran el nombre de la variable, la unidad de medida y el significado de la variable.

## 3. Instrumentos Virtuales (VI)

Un instrumento virtual es fundamentalmente una herramienta para presentar los resultados calculados. El uso más habitual de un VI es mostrar los resultados de una simulación que varía con el tiempo como por ejemplo una simulación EMT o RMS. Todas las señales, parámetros, variables o magnitudes se podrán mostrar en un instrumento virtual.

Dentro de los Instrumentos Virtuales se diferencia dos elementos principales:

- El *Panel de Instrumentos Virtuales*, es la página donde se va a mostrar los diagramas o gráficos. También se almacena toda la información básica sobre los instrumentos virtuales usados en dicha página. Se podrán insertar nuevas páginas según la necesidad del usuario, eliminar, renombrar o mover. Cada página podrá contener uno o más gráficos. En la figura 4, se muestra un panel activo, generadores, y otros sin activar, señalados dentro del recuadro.
- Los *Instrumentos Virtuales*, son propiamente dicho los gráficos que van a mostrar los resultados de los cálculos en los paneles o páginas. Por ejemplo, en la figura 4, se ven cuatro instrumentos virtuales.

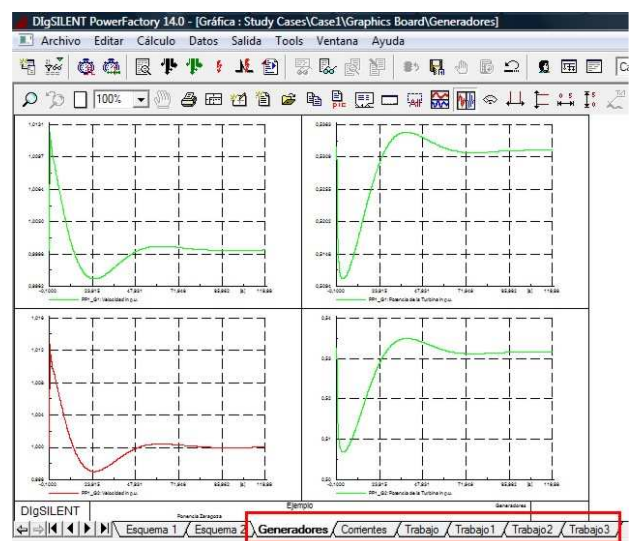


Fig. 4. Panel de Instrumentos Virtuales, Generadores, activo

Para crear un nuevo Panel de Instrumentos Virtuales hay tres formas de hacerlo, como se ve aprecia la figura 5.

1. Pulsando con el botón derecho del ratón sobre el nombre de otro panel, elegir insertar página, crear nueva página.
2. Pulsando en Archivo, Nuevo, Virtual Instrument Panel.
3. Pulsando en el icono de Insertar Nueva Gráfica, en la segunda fila de iconos del programa.

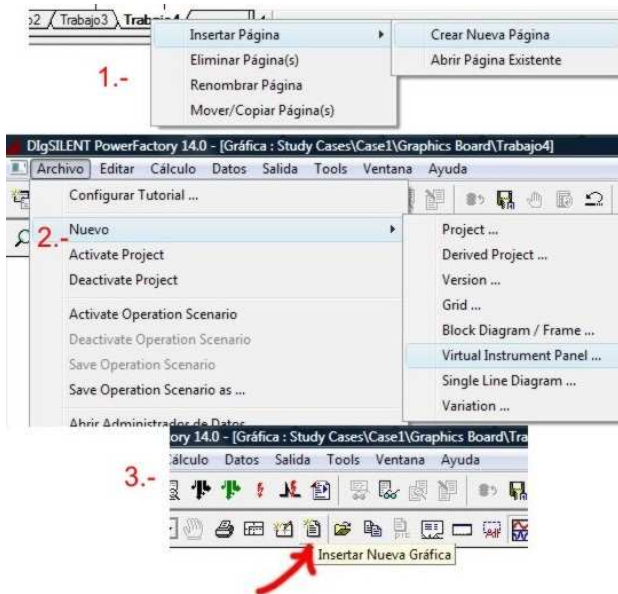


Fig. 5. Creación de nuevo Panel de Instrumentos Virtuales

Para crear un nuevo Instrumento Virtual, en el Panel Instrumentos Virtuales, hay dos formas de hacerlo, como se muestra en la figura 6.

1. Pulsando con el botón derecho del ratón sobre el panel, elegir Crear VI y elegir el elemento.
2. Pulsando en el icono de Agregar Nueva VIs, en la segunda fila de iconos del programa.

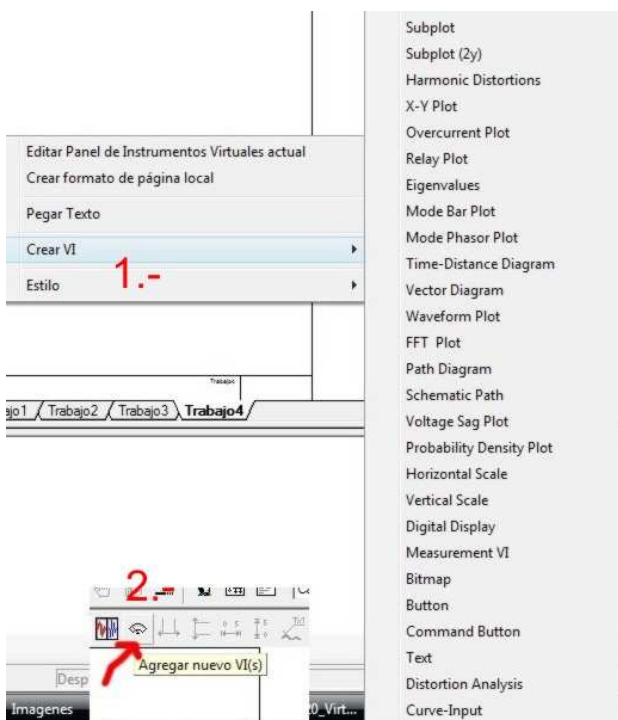


Fig. 6. Creación de un nuevo Instrumento Virtual

#### 4. Tipos de Instrumentos Virtuales

Los tipos de Instrumentos Virtuales de los que se dispone se ven en la Tabla I. De todos estos elementos se van a explicar los que se consideran más importantes de cara a la representación gráfica de los resultados.

TABLA I. – Instrumentos Virtuales

Bar Diagram	Path Diagram
Subplot	Schematic Path
Subplot (2y)	Voltage Sap Plot
Harmonic Distortions	Probability Density Plot
X-Y Plot	Horizontal Scale
Overcurrent Plot	Vertical Scale
Relay Plot	Digital Display
Eigenvalues	Measurement VI
Mode Bar Plot	Bitmap
Mode Phasor Plot	Button
Time-Distance Diagram	Command Button
Vector Diagram	Text
Wave form Plot	Distortion Analysis
FFT Plot	Curve-Input

##### A. Subplot

Los Subplot son los diagramas más básicos que se pueden utilizar para mostrar los resultados de una simulación. Es un gráfico de dos ejes XY. En estos gráficos se pueden representar más de una variable pero respecto el mismo eje Y. (Fig. 7)

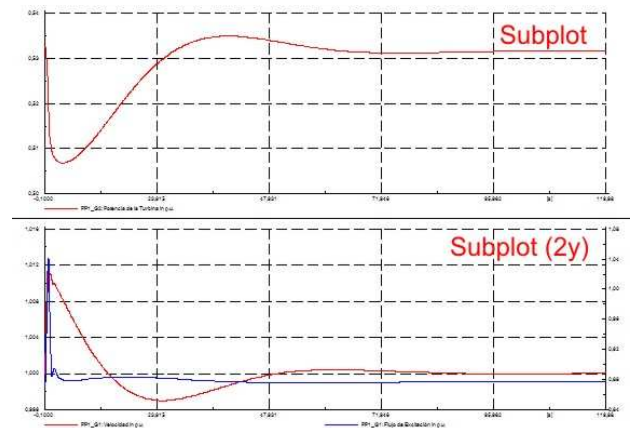


Fig. 7. Instrumentos Virtuales Subplot y Subplot (2y)

##### B. Subplot (2y)

Son iguales que los Subplot, pero con la particularidad de que tiene dos ejes Y. Se podrán representar diferentes variables basándose en distintas escalas de medida.

##### C. X-Y Plot

Este gráfico representará una variable dependiendo de otra variable. Las dos variables pueden ser totalmente independientes una de otra y no tienen porque pertenecer al mismo elemento. (Fig. 8)

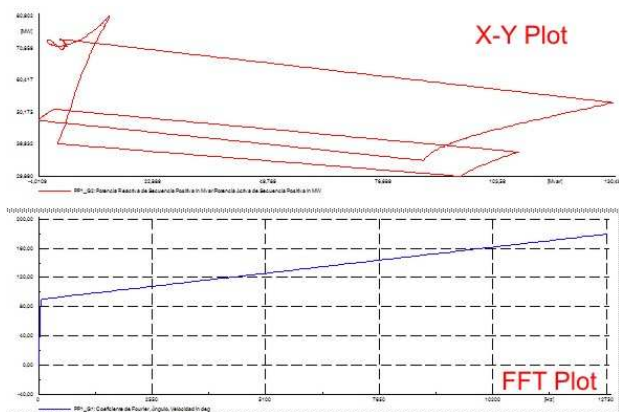


Fig. 8. Instrumentos Virtuales XY- Plot y FFT Plot

#### D. FFT Plot

Es un gráfico basado en la Transformada de Fourier y es similar al básico, con la diferencia de que las variables no se van a representar dependiendo del tiempo, sino de la frecuencia. (Fig. 8)

#### E. Overcurrent Plot

Se usa este tipo para mostrar las características de los fusibles y relés en un gráfico de sobrecorriente. A parte de la forma anteriormente expuesta para seleccionar estos gráficos, también se puede hacer desde el esquema, seleccionando el elemento con el botón derecho, *Mostrar, Curva de Tiempo-Sobrecorriente*. (Fig. 9)



Fig. 9. Instrumentos Virtuales Overcurrent Plot y Diagrama de Barras

#### F. Diagrama de Barras

Estos diagramas son similares a los diagramas básicos, pero los resultados no se van a mostrar como una línea continua, sino como barras para cada valor de referencia. Como en el caso anterior también se puede hacer desde el esquema, seleccionando el elemento con el botón derecho, *Mostrar, Diagrama de Barra* teniendo dos opciones Nodos o Ramas. (Fig. 9)

#### G. Relay Plot

El diagrama de Relés o diagrama R-X mostrará las características de impedancia de los relés de protección de distancia. Además también se la impedancia de las líneas y de los transformadores conectados en la red cerca del equipo de protección. (Fig. 10)

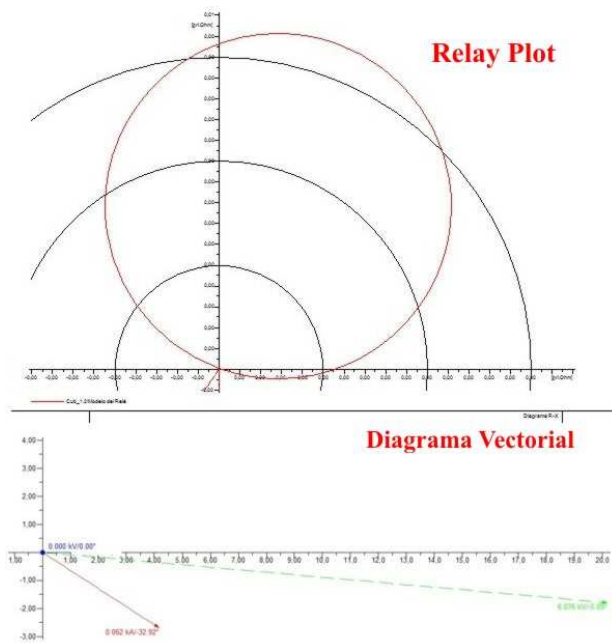


Fig. 10. Instrumentos Virtuales Relay Plot y Diagrama Vectorial

#### H. Vector Diagram

El diagrama vectorial permite mostrar variables, tensión, corriente o energía, como un vector, usando coordenadas polares o cartesianas. Estos gráficos también se pueden hacer desde el esquema, seleccionando el elemento con el botón derecho, *Mostrar, Diagrama Vectorial* teniendo varias opciones como, Corriente/tensión, Tensión, Corriente, Potencia, Corriente/Tensión (Componentes), Tensión (Componentes), Corriente (Componentes). (Fig. 10)

#### I. Eigenvalues

Es el primer gráfico que se va a definir referente al Análisis Modal. El diagrama de los valores propios muestra los valores propios calculados en un análisis modal, para un sistema coordinado de dos ejes. Para el eje vertical, es posible seleccionar entre la parte imaginaria, el período o la frecuencia del valor propio. El eje horizontal muestra la parte real. (Fig. 11)

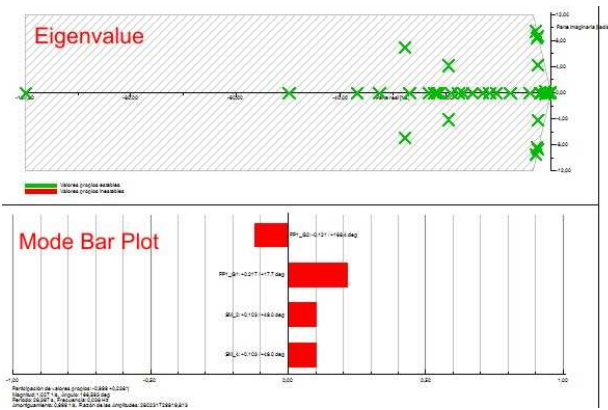


Fig. 11. Instrumentos Virtuales, Eigenvalues y Mode Bar Plot

### J. Mode Bar Plot

Este otro gráfico de Análisis Modal, va a mostrar los factores de participación de los generadores del sistema (según la variable de estado seleccionada en el comando del análisis modal) por medio de un diagrama de barras. (Fig. 11)

### K. Mode Phasor Plot

Este es el último gráfico del Análisis Modal. El diagrama fasorial muestra la misma información, participación de los generadores del sistema, del diagrama de barras pero como un diagrama de fasores. (Fig. 12)

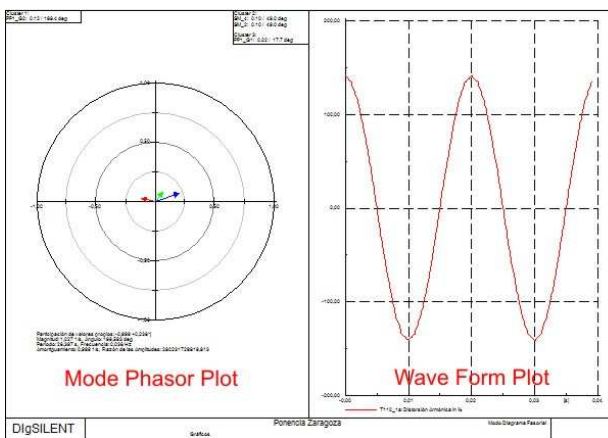


Fig. 12. Instrumentos Virtuales Mode Phasor Plot y Wave Form Plot

### L. Wave Form Plot

Se va a usar el Diagrama de Forma de Onda para mostrar la forma de onda de una tensión o de una corriente después de un cálculo de flujo de carga armónico. Estos armónicos son emitidos normalmente por una fuente de corriente o de tensión armónico. (Fig. 12)

## 5. Simulaciones y Diagramas en PowerFactory

Después de haber seleccionado las variables de los elementos a simular y conocer los principales tipos de gráficos que se pueden usar en el programa, se va a

enumerar los pasos a seguir para representar estas variables en los diagramas.

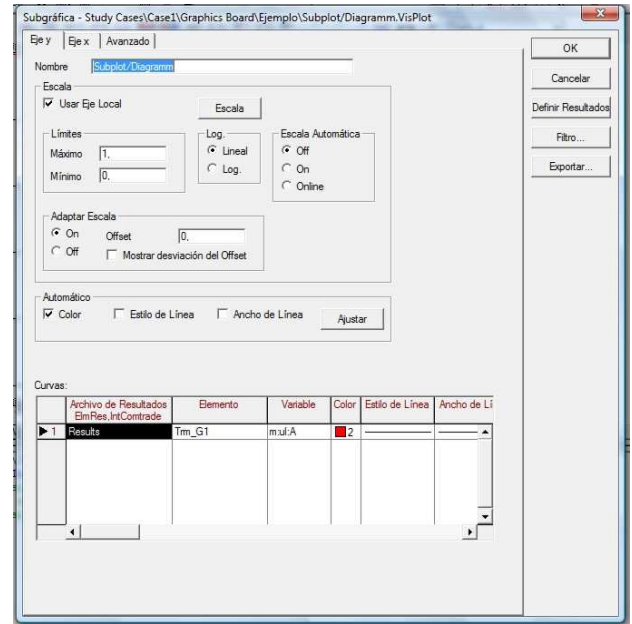


Fig. 13. Ventana de definición de un Subplot











Lo primero que hay que hacer es insertar un nuevo Panel de Instrumentos Virtuales, de cualquiera de las formas posibles. A partir de aquí se insertará los Instrumentos Virtuales donde se vaya a representar las variables. Pulsando dos veces sobre el Instrumento Virtual, por ejemplo un diagrama básico o subplot. (Fig. 13)

Se definirá la curva a representar, completando las casillas de Archivo de Resultados, Elemento, Variable. Se podrá incluir más de una variable, señalando con el botón el número de la curva o, a la hora de rellenar el campo Variable, teniendo pulsado la tecla de control pulsar sobre las variables que se quieran representar.

Posteriormente se podrán ajustar los gráficos o iniciar simulaciones con los iconos de la barra de las herramientas. En la Tabla II se muestra un resumen.

TABLA II. – Definición de Iconos

Icono	Definición
	Calcular Flujo de Carga
	Calcular Flujo de Carga Optimo
	Calcular Cortocircuito
	Insertar Nueva Gráfica (Panel VI)
	Insetar Gráfica ya existente
	Copiar y Pegar en Panel de Instrumento Virtuales Activo
	Editar Gráficas en la Página
	Editar Panel de instrumentos Virtuales Actual
	Ordenar subgráficas una encima de otra
	Ordenar subgráficas automáticamente

	Agregar un nuevo Vis
	Zoom eje X
	Zoom eje Y
	Escala automática del eje X
	Escala automática del eje Y
	Calcular Condiciones Iniciales
	Iniciar Simulación
	Barra de Herramientas de Analisis de Estabilidad
	Barra de Herramientas de Analisis Modal
	Barra de Herramientas de Analisis de Armónicos

- School of Electrical Engineering Electric Power Systems. Stockholm 2008
- [5] State Estimation in PowerFactory: Algorithmic Aspects. Jochen Alber. RTE-VT workshop, Paris. May 29-30, 2006.

## 6. Conclusiones

La motivación de la realización de esta ponencia ha sido la exposición de las múltiples formas de representación gráfica posible en el software de sistemas eléctricos DIgSILENT PowerFactory, para buscar la mejor forma de presentación de resultados. Ya que se considera de gran interés tanto la forma de conseguir unos resultados como la presentación de los mismos.

Otra reflexión es el aumento del uso de este paquete informático y por ello la búsqueda de una mejor forma de presentación de los cálculos realizados.

## Agradecimientos

El trabajo presentado en esta ponencia ha sido realizado gracias al apoyo económico de:

- Departamento de Educación, Universidades e Investigación del Gobierno Vasco
- Vicerrectorado de Investigación de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU)
- Vicerrectorado del Campus de Alava de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU)
- Departamento de Innovación y Promoción Económica de la Diputación Foral de Álava

## Referencias

- [1] DIgSILENT GmbH, DIgSILENT Technical Documentation – PowerFactory DSL Models, August 2006.
- [2] DIgSILENT GmbH, DIgSILENT PowerFactory. User's Manual. DIgSILENT PowerFactory. Version 14.0 2008.
- [3] DIgSILENT GmbH, PowerFactory Tutorial. DIgSILENT PowerFactory. Version 14.0. 2008
- [4] Development and Analysis of Nordic32 Power System Model in PowerFactory. Master Thesis by Dimitrios Peppas. Royal Institute of Technology