



## Curso de formación

# Curso de Código de Red de Conexión (CRC) en España y Portugal con DlgSILENT PowerFactory y GridCode

Este curso de formación de tres días de duración está pensado para introducir a los participantes en las herramientas y técnicas empleadas en la práctica para estudios de impacto de conexión a red, enfocado principalmente a plantas eólicas y plantas fotovoltaicas. Se realizarán ejemplos prácticos basados en los códigos de red de España y Portugal empleando para España, la metodología definida en la "Norma técnica de la supervisión de la conformidad de los módulos de generación de electricidad según el Reglamento UE 2016/631" (NTS) publicado por REE. Se emplearán dos herramientas principalmente:

- DlgSILENT PowerFactory
- DlgSILENT GridCode

Para garantizar un mejor aprovechamiento del curso, se recomienda a los participantes que ya estén familiarizados con el entorno de DlgSILENT PowerFactory y que se disponga de experiencia previa en el programa para cálculos similares. Para poder familiarizarse con el entorno siempre es posible asistir previamente al curso de "Introducción a DlgSILENT PowerFactory", disponible también en nuestra oferta de cursos.

Este curso proporcionará un método sistematizado para realizar estudios de cumplimiento, abarcando las siguientes secciones de la NTSv2.1:

- 5.1: Modo de regulación potencia-frecuencia limitado sobrefrecuencia (MRPFL-O).
- 5.2: Modo de regulación potencia-frecuencia limitado subfrecuencia (MRPFL-U).
- 5.3: Modo de regulación potencia-frecuencia (MRPF).
- 5.4: Capacidad de control de potencia-frecuencia.
- 5.5: Capacidad y rango de control de la potencia activa.
- 5.7: Capacidad de potencia reactiva a la capacidad máxima y por debajo de la capacidad máxima.
- 5.8: Control de potencia reactiva en MPE.
- 5.11: Requisitos de robustez: Recuperación de potencia activa después de una falta, capacidad para soportar huecos de tensión y capacidad de inyección rápida de corriente de falta.
- Anexo 7.2: Red eléctrica equivalente del sistema Eléctrico Peninsular y Sistema Europeo Interconectado para simulación
- Anexo 7.4: Procedimiento de Modelado para simulaciones complementarias de capacidad de potencia reactiva y los modos de control de potencia reactiva.

Cada uno de los temas indicados se tratarán desde dos puntos de vista, uno teórico y otro práctico, permitiendo a los participantes adquirir experiencia a lo largo del curso en el manejo del programa de simulación de sistemas eléctricos de potencia DlgSILENT PowerFactory y DlgSILENT GridCode.

## Programa Preliminar

---

### DIA 1

Estado actual de la normativa a nivel nacional

- España vs Portugal
- Reglamentos y referencias técnicas en España:
  - o Procedimiento de operación 12.2
  - o Norma Técnica de Supervisión (NTS)
- Análisis de requisitos de robustez en régimen permanente:
  - o Capacidad máxima de compensación a potencia activa máxima y por debajo.
  - o Análisis de requisitos de calidad de suministro
  - o Análisis de cortocircuito
- Análisis de requisitos de robustez en régimen dinámico:
  - o Huecos de tensión
  - o Control de potencia-frecuencia
  - o Control de potencia reactiva/tensión/factor de potencia

Ejercicio: Crear un modelo de parque eólico mediante plantillas

- Análisis de flujo de cargas
- Curva de capacidad PQ y VQ

Ejercicio: Compensación de potencia reactiva

- Cumplimiento de códigos de conexión a red
- Gestión de la potencia reactiva, sistemas de compensación
- Límites de tensión

Cálculo de calidad de suministro según la norma IEC/TR 61000-3-7: 2008-02, la Norma IEC/TR 61000-3-6: 2008-02 o la Norma IEC/TR 61000-3-13: 2008-02

- Repaso del método IEC/TR 61000-3-6: 2008-02 para el cálculo de armónicos
- Repaso del método IEC/TR 61000-3-7: 2008-02 para flicker
- Repaso del método IEC/TR 61000-3-13: 2008-02 para desequilibrios
- Flujo de cargas armónico
- Barrido de impedancia
- Flujo de cargas desequilibrado

Ejercicio: Calidad de suministro

- Investigación de flicker según la Norma IEC/TR 61000-3-7: 2008-02
- Investigación de armónicos en parque eólico.

Cálculo de cortocircuitos en DigSILENT PowerFactory

- Repaso del método IEC60909 y método completo
- Contribución de aerogeneradores al cortocircuito
- Método iterativo de cálculo de corriente de cortocircuito

Ejercicio: Cálculo de cortocircuito

- Empleo del modelo de generador estático para simular inversores eólicos y fotovoltaicos

Fin día 1

## DIA 2

Introducción a la estabilidad de sistemas eléctricos (simulación RMS) y los modelos de simulación dinámicos:

- Modelos compuestos, modelos comunes
- Definición de bloque, marco
- Cálculo de condiciones iniciales
- Definición de variables resultado de simulación
- Presentación de resultados

Ejercicio: Implementar el modelo de red eléctrica equivalente del Sistema Eléctrico Peninsular y Sistema Europeo Interconectado para simulación

- Ingresar datos de los nudos y elementos pasivos del equivalente de red.
- Definir el modelo dinámico del generador síncrono equivalente.
- Definir el modelo de sistema de excitación y regulación de tensión del generador síncrono equivalente.
- Definir el modelo de sistema de regulación de velocidad del generador síncrono equivalente.
- Cálculo de parámetros de transformador y línea en función del tipo de instalación a evaluar.
- Flujo de cargas inicial.
- Definición de eventos y variables de resultados de simulación.
- Inicialización de la simulación dinámica.
- Verificación de cálculos de parámetros de la red equivalente mediante el cálculo automático de DPL.

Ejercicio: Conectar un modelo de planta a la red eléctrica equivalente

- Empleo de una plantilla IEC Tipo 4
- Implementar un modelo de inversor y su modelo de control centralizado de planta
- Verificar datos de entrada:
  - Curva PQ de inversor
  - Puntos de medida
  - Control de potencia activa y reactiva
  - Protecciones
- Inicialización
- Simulación de huecos de tensión
- Registro de canales y exportar resultados para su análisis

Fin día 2

### DIA 3

Análisis de los Requisitos de Robustez NTS con DIgSILENT GridCode:

- Configuración de DIgSILENT GridCode
- Capacidad para soportar huecos de tensión.
- Capacidad de inyección rápida de corriente de falta.
- Recuperación de potencia activa después de una falta.
- Requisito de sobretensiones transitorias después de una falta.
- Informe automático, documentación de salida necesaria. Verificación CUMPLE/NO CUMPLE.

Ejercicio: Análisis de los Requisitos sobre el modo de regulación potencia-frecuencia con DIgSILENT PowerFactory y DIgSILENT GridCode:

- Preparación de la red externa.
- Definición de eventos y variables de resultados de simulación. Escalones de frecuencia para verificar los tres modos:
  - Modo de regulación potencia-frecuencia.
  - Modo de regulación potencia-frecuencia limitado sobrefrecuencia.
  - Modo de regulación potencia-frecuencia limitado subfrecuencia.
- Inicialización de la simulación dinámica.
- Ejecutar la simulación dinámica.
- Registro de canales y exportar resultados para su análisis en DIgSILENT GridCode.
- Configuración de DIgSILENT GridCode.
- Análisis de la respuesta al escalón, cálculo de tiempo de retraso inicial, tiempo de respuesta, tiempo de estabilización y desviación.
- Informe automático, documentación de salida necesaria.
- Verificación CUMPLE/NO CUMPLE.

Ejercicio: Análisis de los Requisitos sobre el modo de regulación potencia reactiva con DIgSILENT PowerFactory y DIgSILENT GridCode:

- Preparación de la red externa.
- Definición de eventos y variables de resultados de simulación. Escalones de varias consignas para verificar los tres modos:
  - Modo de regulación potencia reactiva.
  - Modo de regulación tensión.
  - Modo de regulación factor de potencia.
- Inicialización de la simulación dinámica.
- Ejecutar la simulación dinámica.
- Registro de canales y exportar resultados para su análisis en DIgSILENT GridCode.
- Configuración de DIgSILENT GridCode.
- Análisis de la respuesta al escalón, tiempo 90% y tiempo estabilización.
- Informe automático, documentación de salida necesaria.
- Verificación CUMPLE/NO CUMPLE.

Fin día 3