



Escuela Técnica de Ingeniería

IEEE  
CREDENTIALING  
PROGRAM

ESTUDIOS DE CONEXIÓN DE  
**GENERACIÓN**  
**RENOVABLE A LA RED**

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN





# SOBRE EL PROGRAMA

¿Sabías que, en las últimas décadas, ha habido un enorme progreso en el desarrollo de la generación de electricidad a partir de fuentes de energía renovables no convencionales (ERN) como la eólica y la solar?

La naturaleza de las diversas fuentes renovables, como la variabilidad y la incapacidad para predecir y controlar con precisión, a diferencia de las fuentes de energía utilizadas en la generación convencional, crea sus propios problemas al integrarse con los sistemas de potencia convencionales tanto en alta tensión como en los niveles de distribución.

Con esto en mente Inel ha creado este programa de especialización que brinda al participante una comprensión integral del impacto de la integración de la generación a la red, se discuten los requerimientos en los códigos de red y se realizan los estudios requeridos para aprobar su conexión.

*No existen requisitos para llevar este programa, aunque se recomienda conocimiento básico de sistemas eléctricos.*

*La capacitación se realizará con el software DigSILENT PowerFactory 2022, se brindará un video manual para la versión DEMO.*



**INICIO**

**26 de setiembre**



**HORARIO**

Lunes y jueves  
19:00 - 21:10 pm  
(UTC - 05:00)



**DURACIÓN**

50 horas  
cronológicas



**MODALIDAD**  
100% Online  
Síncrona



# PROPUESTA DE VALOR





Al culminar el programa el alumno estará capacitado en:



# OBJETIVOS

Aprender los fundamentos de las energías renovables



Estudiar los códigos de red, normativas internacionales y regionales



Modelar plantas eólicas y solares en el software DigSILENT PowerFactory



Realizar los estudios estáticos para la conexión de ERNC a la red



Realizar los estudios dinámicos para la conexión de ERNC a la red



Analizar de forma integral el impacto técnico de la conexión de ERNC

# A QUIÉN VA DIRIGIDO



**El programa de especialización** sitúa a los alumnos en la posición de realizar estudios especializados de conexión de generación renovable solar y eólica a la red, cumpliendo con los códigos de red y normativas, al aprobar el programa el alumno será capaz de:



Ingenieros de estudios de conexión, ingenieros de protecciones en posiciones senior y junior con responsabilidad de realizar y coordinar los estudios eléctricos de su empresa.



Consultores independientes, ingenieros de operaciones, ingenieros de proyectos.



Perfiles técnicos que buscan conocer los fundamentos y aplicaciones de la conexión de ERNC a la red.



# ESTRUCTURA CURRICULAR

## **Módulo I: Fundamentos de las Energías Renovables** (2 horas cronológicas)

*Aprenderás los fundamentos más importantes de las energías renovables eólica y fotovoltaica*

### **Sesión 1**

- Fundamentos de la Energía Eólica
  - Principio de conversión de energía
  - Sistemas eólicos y configuraciones
  - Tipos de turbinas eólicas
  - Sistemas de control
- Fundamentos de la Energía Solar Fotovoltaica
  - Principio de conversión de energía
  - Topologías y configuración de sistemas fotovoltaicos.
  - Tipos de inversores
  - Sistemas de control

## **Módulo II: Convertidores Electrónicos** (2 horas cronológicas)

*Te instruirás sobre convertidores electrónicos*

### **Sesión 2**

- Tipos de semiconductores (diodos, tiristores, transistores IGBT)
- Topologías de convertidores electrónicos
- Técnicas de modulación
- Seguidores de fase
- Control vectorial
- Aplicaciones en software PowerFactory

## **Módulo III: Modelamiento de generadores eólicos y solares fotovoltaicos** (4 horas cronológicas)

*Aprender a modelar generadores eólicos y solares fotovoltaicos*

### **Sesión 3**

- Modelo generadores eólicos en PowerFactory
  - Generador de inducción de velocidad fija
  - Generador de inducción con resistencia de rotor variable
  - Generador de inducción doblemente alimentado (DFIG)
  - Generador con convertidor a potencia nominal

## Sesión 4

- Modelo de inversores fotovoltaico
- Revisión de modelos estándar IEC, IEEE, WECC con DigSILENT Simulation Language (DSL)

## Módulo IV: Control de la Tensión y Potencia Reactiva (2 horas cronológicas)

*Aprenderás a realizar el control de la tensión y potencia reactiva en energías renovables*

## Sesión 5

- Fundamentos técnicos
- Métodos y criterios de control de tensión
- Participación de la generación renovable en el control de tensión
- Aplicaciones en DigSILENT PowerFactory
  - Proyecto de planta fotovoltaica de 500 MW

## Módulo V: Control de Frecuencia y Potencia Activa (2 horas cronológicas)

*Aprenderás a realizar el control de frecuencia y potencia activa*

## Sesión 6

- Inercia natural e inercia virtual
- Regulación primaria – reguladores de velocidad
- Regulación secundaria y AGC
- Participación de la generación renovable en el control de frecuencia
- Aplicaciones en PowerFactory

## Módulo VI: Códigos de Red y Normativa Internacional (2 horas cronológicas)

*Aprenderás sobre los códigos de red y las normativas internacionales*

## Sesión 7

- Norma internacionales y códigos de red
- Normativas aplicables en Perú, Colombia, Chile, México, España y otros.
- Factor de potencia en el punto de conexión
- Soporte a la estabilidad de frecuencia
- Soporte a la estabilidad de tensión
- Huecos de tensión (LVRT)
- Requerimientos de inercia
- Calidad de potencia y otros requerimientos

## Módulo VII: Estudio de Flujo de Carga (10 horas cronológicas)

*Aprender a realizar estudios de flujo de carga de ERNC*

## Sesión 8

- Fundamentos técnicos
  - Definición
  - Importancia del estudio (planificación y expansión de red)
  - Condición de Red Completa
  - Condición de Red en Contingencia
  - Régimen normal y de sobrecarga (generadores, transformadores y líneas)
  - Control de potencia activa/reactiva (Equipos de control Bancos de reactores/capacitores, SVC's, generadores)
- Normativas internacionales y locales de referencia
  - IEEE Std 399
  - IEEE Std 3002.2
  - NTCSE (Perú)
  - NTCySE (Chile)
  - CREG 95 (Colombia)
- Herramientas y funciones de PowerFactory
- Ejercicio ilustrativo en PowerFactory – Proyecto fotovoltaico
  - Creación de proyecto
  - Ingreso de datos
  - Cálculo de flujo de carga
  - Evaluación de resultados
  - Control de tensión y límites de

- potencia reactiva
- Variaciones
- Escenarios de operación y casos de estudio

## Sesión 9

- Proceso para el desarrollo de un Estudio de flujo de potencia
  - Flujograma del proceso
  - Objetivos del estudio
  - Metodología y criterios
  - Data e información requerida
  - Recopilación de la información
  - Modelamiento
  - Validación del modelo
  - Resultados y reportes
  - Redacción del informe
- Aplicación en proyecto real 1 – Central Fotovoltaica de 200 MW (Perú)
  - Aplicación del proceso
  - Estudio de flujo de potencia N – escenario de máxima generación
  - Estudio de flujo de potencia N – escenario de reducción de generación

## Sesión 10

- Aplicación en proyecto real 1 – Central Fotovoltaica de 200 MW (Perú)
  - Estudio de flujo de potencia N-1 – escenario de máxima generación
  - Estudio de flujo de potencia N-1 – escenario de reducción de generación

## Sesión 11

- Aplicación en proyecto real 1 – Central Fotovoltaica de 5 MW (Colombia)
  - Aplicación del proceso
  - Estudio de flujo de potencia N
  - Estudio de flujo de potencia N-1

## Sesión 12

- Aplicación en proyecto real 3 – Automatismo de Control de Transferencia (ACT) ante la conexión de centrales fotovoltaicas (Chile)
  - Aplicación del proceso
  - Estudio de flujo de potencia N
  - Estudio de flujo de potencia N-1

## Sesión 13

- Retroalimentación parcial del Proyecto Final

## Módulo VIII: Estudio de Cortocircuito (6 horas cronológicas)

Aprender a realizar estudios de cortocircuito de ERNC

### Sesión 14

- Fundamentos técnicos
  - Definición
  - Fuentes de contribución de corriente de cortocircuito
  - Componentes simétricas
- Normativas internacionales y locales de referencia
  - IEC 60909
  - ANIS/IEEE
- Herramientas y funciones de PowerFactory
- Ejercicio Ilustrativo en PowerFactory – Wind Farm
  - Cálculo de cortocircuito IEC
  - Evaluación de resultados

### Sesión 15

- Proceso para el desarrollo de un Estudio de cortocircuito
  - Flujograma del proceso
  - Objetivos del estudio
  - Metodología y criterios
  - Data e información requerida
  - Recopilación de la información
  - Modelamiento
  - Validación del modelo
  - Resultados y reportes
- Aplicación en proyecto real 1 – Central Fotovoltaica de 200 MW (Perú)
  - Aplicación del proceso
  - Estudio de cortocircuito – escenario de generación base
  - Estudio de cortocircuito – escenario de máxima generación
  - Estudio de cortocircuito – dimensionamiento de resistencia de neutro en transformador

### Sesión 16

- Proceso para el desarrollo de un Estudio de capacidad de barras
  - Flujograma del proceso
  - Objetivos del estudio
  - Metodología y criterios
  - Data e información requerida

- *Recopilación de la información*
- *Modelamiento*
- *Validación del modelo*
- *Resultados y reportes*
- *Redacción del informe*
- Aplicación en proyecto real 1 – Central Fotovoltaica de 200 MW (Perú)
  - *Aplicación del proceso*
  - *Estudio de capacidad de barras*
- Aplicación en proyecto real 1 – Central Fotovoltaica de 5 MW (Colombia)
  - *Aplicación del proceso*
  - *Estudio de cortocircuito*

## Módulo IX: Estudio de Compensación reactiva (2 horas cronológicas)

*Aprender a realizar estudios de compensación reactiva MT de ERNC*

### Sesión 17

- Fundamentos técnicos
- Normativas internacionales y locales de referencia
- Herramientas y funciones de PowerFactory
- Proceso para el desarrollo de un Estudio de compensación reactiva MT
  - *Flujograma del proceso*
  - *Objetivos del estudio*
  - *Metodología y criterios*
  - *Data e información requerida*
  - *Recopilación de la información*
  - *Modelamiento*
  - *Validación del modelo*
  - *Resultados y reportes*
  - *Redacción del informe*
- Aplicación en proyecto real 1 – Central Fotovoltaica de 200 MW (Perú)
  - *Aplicación del proceso*
  - *Estudio de compensación reactiva MT*

## Módulo X: Nuevo Paradigma – Tecnología Grid Forming (4 horas cronológicas)

*Aprender los fundamentos y aplicaciones de la tecnología Grid-Forming*

### Sesión 18

- Introducción a la Tecnología Grid-Forming
- Fundamentos Técnicos de Grid-Forming
- Filosofía Grid-Forming
- Grid-following vs Grid-forming

### Sesión 19

- Inversores Grid-Forming
- Casos de Grid-forming en el mundo
- Contribución de los grid-forming en la estabilidad
- Casos aplicativos

## Módulo XI: Estudio de estabilidad (6 horas cronológicas)

*Realizarás el estudio de estabilidad en los modelos de generadores en energías renovables*

### Sesión 20

- Fundamentos técnicos
- Normativas y estándares internacionales
- Herramientas y funciones de PowerFactory
- Ejercicio ilustrativo en PowerFactory – Máquina conectada a barra infinita
  - *Inclusión de modelo estándar de AVR, regulador, PSS*
  - *Respuesta a escalón de tensión*
  - *Tiempo crítico de despeje de fallas*

### Sesión 21

- Proceso para el desarrollo de un Estudio de estabilidad transitoria
  - *Flujograma del proceso*
  - *Objetivos del estudio*
  - *Metodología y criterios*
  - *Data e información requerida*
  - *Recopilación de la información*
  - *Modelamiento*
  - *Validación del modelo*
  - *Resultados y reportes*
  - *Redacción del informe*
- Aplicación en proyecto real 1 – Central Fotovoltaica de 200 MW (Perú)

- *Aplicación del proceso*
- *Estudio de estabilidad transitoria – pruebas de controladores*
- *Estudio de estabilidad transitoria – fallas en líneas de transmisión*
- *Estudio de estabilidad transitoria – desconexión de elementos*
- *Estudio de estabilidad transitoria – cálculo de tiempos críticos*

## Sesión 22

- Aplicación en proyecto real 1 – Central Fotovoltaica de 200 MW (Perú)
  - *Estudio de estabilidad transitoria – soporte ante huecos de tensión (LVRT)*
  - *Estudio de estabilidad transitoria – esquema de reducción automática de generación*
  - *Estudio de estabilidad transitoria – verificación de la inercia*
- Aplicación en proyecto real 1 – Central Fotovoltaica de 5 MW (Colombia)
  - *Aplicación del proceso*
  - *Estudio de estabilidad transitoria*

## MóduloXII: Estudio de Calidad de Potencia (4 horas cronológicas)

*Aprender a realizar el estudio de calidad de potencia de ERNC*

## Sesión 23

- Fundamentos técnicos
- Normativas internacionales y locales de referencia
- Herramientas y funciones de PowerFactory
- Proceso para el desarrollo de un Estudio de armónicos
  - *Flujograma del proceso*
  - *Objetivos del estudio*
  - *Metodología y criterios*
  - *Data e información requerida*
  - *Recopilación de la información*
  - *Modelamiento*
  - *Validación del modelo*
  - *Resultados y reportes*
  - *Redacción del informe*
- Aplicación en proyecto real 1 – Central Fotovoltaica de 200 MW (Perú)
  - *Aplicación del proceso hasta el paso de validación*

## Sesión 24

- Aplicación en proyecto real 1 – Central Fotovoltaica de 200 MW (Perú)
  - *Aplicación del proceso (pasos restantes)*
  - *Estudio de armónicos – cálculo de distorsiones armónicas*
  - *Estudio de armónicos – barrido en frecuencia*

## Sesión 25

- Retroalimentación final del Proyecto Final



# INSTRUCTORES



## Raúl Levano

*Analista técnico en desarrollo de estudios eléctricos*



**Ingeniero eléctrico** de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Perú. Maestría y Doctorado en Sistemas de Potencia en la Universidad de Estadual Paulista (UNEPS), Brasil.



**Investigador**, desarrollador de modelos e implementación para **análisis de sistemas de potencia**.



**Experiencia en estudios** para diferentes proyectos, destaca el Estudio de Pre-Operatividad, conexión al SEIN de la CSF Continua Misti de 300 MW (Perú).



**Actualmente instructor y coordinador de Estudios de Inel** – Escuela Técnica de Ingeniería en cursos de sistemas de potencia, estabilidad, etc.



## Luis Chamorro

*Especialista en desarrollo de estudios eléctricos y de diseño*



**Ingeniero electricista** de la Universidad Continental, Perú. Especialización en Integración de Renovables a la Red con el software EMTP.



**Manejo experto** de los softwares de simulación DigSILENT Power Factory, ETAP, ATP, EMTP, entre otros.



**Experiencia profesional** en el desarrollo de estudios, destaca: Estudio de Sobretensiones Inducidas de la LEAT 500 kV Punta del Tigre – Estación Cardal en el Gasoducto Cruz del Sur.



**Actualmente instructor e ingeniero de estudios en Inel** – Escuela Técnica de Ingeniería en cursos de transitorios electromagnéticos, DigSILENT, etc.



## Luis Gutierrez

Especialista en estudios estacionarios en sistemas eléctricos



**Ingeniero electricista** de La Universidad Nacional del Centro del Perú, con especialización en protección de sistemas eléctricos de potencia en Inel.



**Manejo avanzado** en los softwares de simulación ATP, EMTP, DigSILENT PowerFactory, ETAP y lenguajes de Programación Javascript, Python, Fortran y Matlab.



**Experiencia profesional** en la elaboración de diferentes proyectos eléctricos nacionales e internaciones, destaca su participación en el Proyecto PMRT "Planta Térmica de Cogeneración" Talara FASE 2 y FASE 3.



**Actualmente instructor e ingeniero de estudios en Inel** – Escuela Técnica de Ingeniería en cursos de sistemas de potencia, renovables, entre otros.



## Alex Pomalaya

Especialista en desarrollo de estudios eléctricos y de diseño



**Ingeniero electricista** de La Universidad Nacional del Centro (UNCP) del Perú.



**Manejo experto** de los softwares de simulación ATP, EMTP, DigSILENT PowerFactory, ETAP, entre otros..



**Experiencia profesional** en el desarrollo de estudios, destaca: Estudio de Pre Operatividad del Proyecto "CSF CONTINUA CHACHANI 100 MW"



**Actualmente instructor e ingeniero de estudios en Inel** – Escuela Técnica de Ingeniería en cursos de sistemas de potencia, renovables, entre otros.



El participante estará acompañado a lo largo de todo el programa por los docentes y personal de soporte quienes resolverán todas sus dudas y consultas.

## MODALIDAD ONLINE

Síncrona o en tiempo real



### Metodología

Teórico / Práctico



### Aula virtual

Sesiones grabadas y recursos adicionales



**Proyecto final** con asesoría de los instructor (es)



### Certificación

**por 50 hrs. cronológicas**  
válida a nivel internacional

## REQUISITOS



El participante deberá contar con una licencia del software DlgSILENT PowerFactory en la versión 15.1, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 o superiores.



Internet con una velocidad mínima de 8 Mbps de descarga y 4 Mbps de subida. Audífono y micrófono operativos.



Audífono y micrófono operativos



Uso de cámara web y pantalla doble opcional, pero recomendado.

# METODOLOGÍA Y REQUISITOS



Al finalizar exitosamente el programa de especialización, el alumno recibirá doble certificación, uno por parte de Inel - Escuela Técnica de ingeniería y otro por IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers).

## Requisitos para acceder a la doble certificación:

- Asistencia mínima del 70% a las clases en vivo.
- Nota final de 14 a más.
- Presentación del proyecto final.



## CERTIFICADO



Otorgado a:

**ROBERT LUIS ROSAS ROMERO**

Por haber completado en forma satisfactoria el:

**"PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN ESTUDIOS DE CONEXIÓN DE GENERACIÓN RENOVABLE A LA RED"**

Desarrollado desde el 19 de enero del 2022 hasta el 25 de agosto del 2022.  
Durante el programa se desarrolló los contenidos detallados al reverso.  
Duración: 60 horas cronológicas.

Jeancarlo Videla  
Gerente General  
Inel



Raúl Levano Vergara  
Supervisor de Calidad Académica  
Inel



Verifique la validez y autenticidad de este certificado escaneando el código QR o ingresando al enlace seguro de verificación:  
<https://inelinc.com/verify/20240823>

Código del certificado: 20240823  
Emitted el día 12 de agosto de 2021  
Huancayo, Perú

**Certificación válida a nivel internacional** que acredita 50 horas cronológicas



## CERTIFICATE OF COMPLETION

This is to certify that

**Robert Luis Rosas Romero**

has completed

**Studies for Renewable Energy Grid Connection Specialization Program**

29 June, 2024



IEEE Vice President, Educational Activities

**CEU**  
IEEE CONTINUING EDUCATION

**IEEE proporcionará un certificado PDH/CEU para este curso. IEEE otorga 5.0 CEU's**

# DOBLE CERTIFICACIÓN

# INVERSIÓN

Inversión  
en Perú

S/

**4,800**

Inversión  
extranjero

US\$

**1,290**

*Aplican descuentos por pago al contado*

## FINANCIAMIENTO EN PARTES

SIN DESCUENTO

*Nota: Consultar por opciones adicionales de financiamiento.*

### CONTACTO

Ejecutiva  
comercial:

**Angge Duran**



[anggeduran@inelinc.com](mailto:anggeduran@inelinc.com)



Teléfono: +51 928 057 880

## INSCRIPCIÓN

1

Enviar el comprobante de pago a [inel@inelinc.com](mailto:inel@inelinc.com) al realizar el pago.

2

Ingresar sus datos personales y de facturación a [https://bit.ly/INEL\\_Inscripcion\\_PE\\_EI\\_24\\_24\\_1](https://bit.ly/INEL_Inscripcion_PE_EI_24_24_1)

3

Recibirá las instrucciones para el acceso al aula virtual, el contenido del programa estará disponible el día de inicio.

# CAPACITACIÓN CORPORATIVA

Mantener a los mejores talentos comprometidos es clave para garantizar que no renuncien o se vayan a un competidor. La razón #1 por la que los empleados dejan las empresas es la falta de desarrollo profesional.

Por ello, en Inel estamos comprometidos con las empresas. Por eso, somos sus socios estratégicos a largo plazo en la formación continua de profesionales, exigida por el contexto actual.

## BENEFICIOS



**Modalidad online**  
sincrónica,  
asincrónica o inhouse.



**Aumento de la  
productividad,**  
eficiencia y calidad del  
trabajo.



**Capacitación  
personalizada**  
conforme a los  
requerimientos  
de la organización.



**Incrementa la  
rentabilidad** y  
apertura nuevas líneas  
de negocio



**Mejora y retén el talento**  
de tu empresa

### CONTACTO

**Ejecutiva  
comercial:**

**Annel Pillaca**



 [annelpillaca@inelinc.com](mailto:annelpillaca@inelinc.com)

 **Teléfono: +51 978 421 697**



Escuela Técnica de Ingeniería

