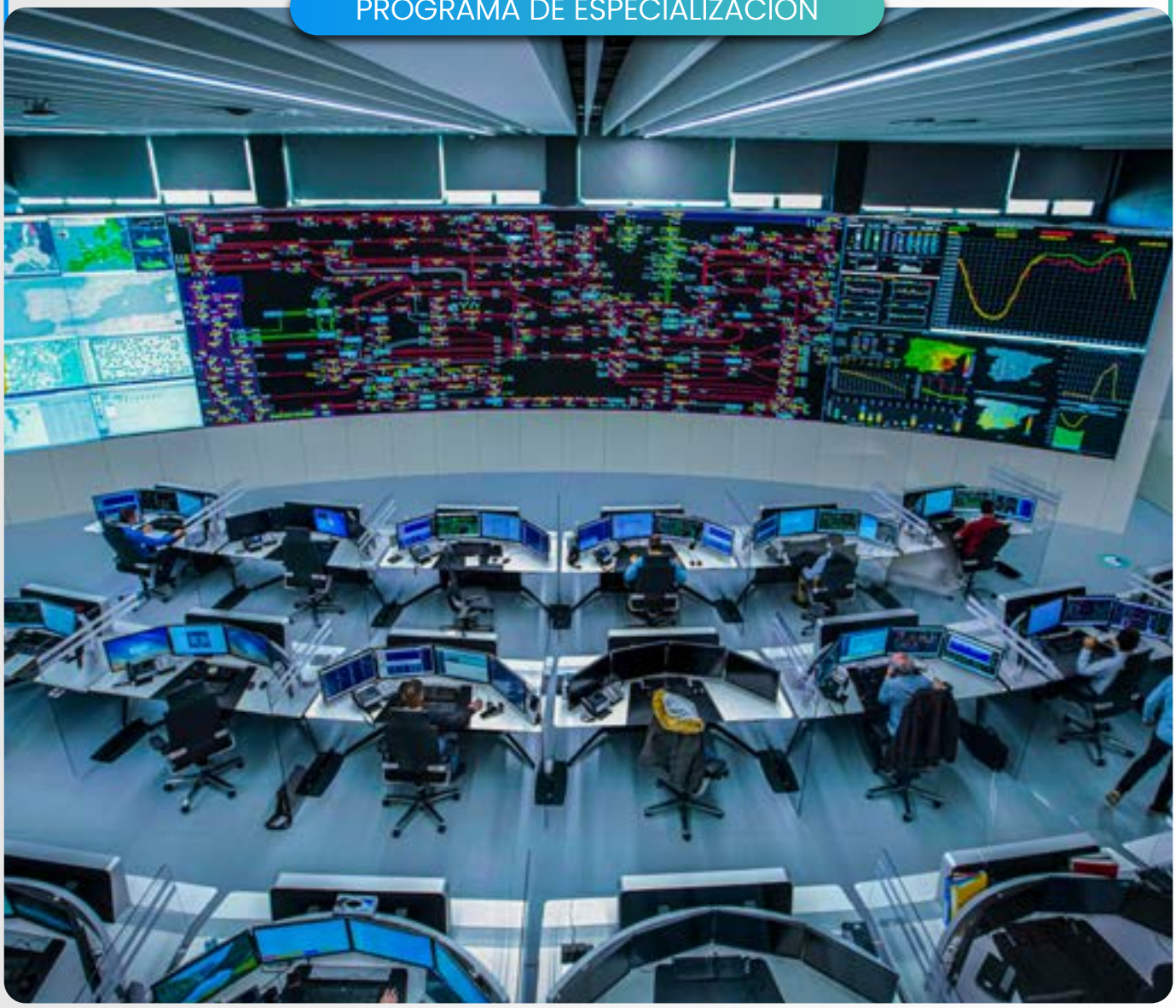
Escuela Técnica de Ingeniería

IEEE CREDENTIALING PROGRAM

OPERACIÓN
Y CONTROL MODERNO DE
SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN



SOBRE EL PROGRAMA

¿Sabías que, según Kirby, B., la implementación del AGC en el ISO de California, EE. UU., mejoró el indicador de desviación de frecuencia, reduciéndolo de 0.05 Hz a menos de 0.02 Hz?

Estudiar la operación de sistemas eléctricos de potencia es crucial para garantizar la seguridad, confiabilidad y eficiencia en el suministro de energía. La operación adecuada minimiza riesgos para las personas y optimiza costos asociados a la transmisión y generación eléctrica.

Comprender estos sistemas permite mantener el equilibrio demanda-generación mediante el uso de tecnología avanzada, mejorando la coordinación entre actores del sector energético. Esto asegura una gestión óptima de recursos e infraestructura, manteniendo siempre la seguridad en la operación.

Es por ello que Inel ha diseñado meticulosamente este programa para formar especialistas competentes en la operación de sistemas eléctricos de potencia. ¡Inscríbete ahora y potencia tu crecimiento profesional en esta apasionante área!

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

La capacitación se realizará con el software DIgSILENT PowerFactory 2022. El instructor cuenta con 1 licencia, los alumnos deberán ingresar con su licencia propia.

INICIO | **02 de junio**

HORARIO | Lunes y miércoles:
19:00 - 21:10
(UTC - 05:00)

DURACIÓN | 50 horas cronológicas

MODALIDAD
100% Online
Síncrona

PROPUESTA DE VALOR

OBJETIVOS

Al culminar el programa el alumno estará capacitado en:

1. Conocer los fundamentos de la operación en tiempo real en los sistemas eléctricos
2. Explorar en detalle los sistemas SCADA/EMS y los Sistemas de monitoreo de área amplia WAMS como su aplicación
3. Comprender los fundamentos de control de frecuencia y tensión
4. Profundizar los fundamentos de monitoreo en tiempo real y la seguridad
5. Conocer los aspectos tecnológicos en los sistemas eléctricos de potencia
6. Comprender los fundamentos de inteligencia artificial y machine learning en el ámbito industrial

A QUIÉN VA DIRIGIDO

El programa de especialización está dirigido a los siguientes profesionales.

Ingenieros en posiciones senior y junior con responsabilidad de desempeñar un papel crucial para asegurar la adecuada operación en los sistemas eléctricos de potencia.

Ingenieros de proyectos eléctricos, ingenieros consultores en sistemas eléctricos, ingenieros especialistas en gestión de operación en sistemas de potencia, ingeniero de mantenimiento y operación en sistemas eléctricos.

Perfiles técnicos que buscan adquirir una visión global de las operaciones en sistemas de potencia.

ESTRUCTURA CURRICULAR

Módulo I: Introducción a la operación y supervisión de un SEP
(2 horas cronológicas)

Aprenderás los fundamentos de la operación y supervisión de un sistema eléctrico de potencia.

Sesión 1

- Introducción y generalidades
- Normativas internacionales y locales de referencia
- Criterios técnicos de la operación
- Planeación de la operación
- Niveles de operación
- Estados operativos de un sistema eléctrico de potencia
  - *Estado normal*
  - *Estado de alerta*
  - *Estado de emergencia*
  - *Estado extremo*
  - *Estado restaurativo*

- Consciencia situacional de la operación
- Aplicación real: Sistema SCADA supervisando una red en tiempo real

Módulo II: Control de la frecuencia en sistemas de potencia
(4 horas cronológicas)

Aprenderás sobre el control de la frecuencia en un sistema eléctrico de potencia.

Sesión 2

- Introducción y generalidades
  - *Cargas de un sistema de potencia*
  - *Reguladores de velocidad y turbinas de centrales hidráulicas*
  - *Reguladores de velocidad y turbinas de centrales térmicas*
  - *Controladores de centrales de generación renovable*
  - *Control automático de generación*

- Sistemas de control de frecuencia
  - *Control primario de frecuencia*
  - *Control secundario de frecuencia*
  - *Control terciario de frecuencia*

- Cuatro etapas ante un desbalance de carga-generación
  - *Etapa I – Oscilación de los rotores*
  - *Etapa II – Caída de la frecuencia (inercia)*
  - *Etapa III – Control primario*
  - *Etapa IV – Control secundario*

- Control primario de frecuencia
  - *La importancia de la reserva rotante*
  - *Esquemas de rechazo de carga/generación por frecuencia*

- Control secundario de frecuencia

Sesión 3

- Casos de perdida de estabilidad de frecuencia
- Plan de defensa ante problemas de inestabilidad de frecuencia
- Ejercicio ilustrativo en DigSILENT PowerFactory - Sistema de 4 áreas
  - *Desconexión de generación*
  - *Desconexión de área*
  - *Rechazo de carga*
  - *Variación de la inercia*
  - *Variación de la regulación primaria de frecuencia*
  - *Dependencia de la carga con la frecuencia*

- Aplicación real propuesta
  - *Casos reales de activación del esquema de rechazo automático de carga por mínima frecuencia (ERACMF)*
  - *Evaluación del desempeño del ERACMF*

Módulo III: Control de la tensión en sistemas de potencia
(6 horas cronológicas)

Aprenderás sobre el control de la tensión en sistemas eléctricos de potencia

Sesión 4

- Generación y consumo de potencia reactiva
- Métodos de control de tensión
- Reactores shunt
  - *Principio de funcionamiento*
  - *Aplicación real de reactor shunt en sistemas de prueba con DIgSILENT PowerFactory*

- Capacitores shunt y serie
  - *Principio de funcionamiento*
  - *Aplicaciones reales de capacitores shunt y serie en sistemas de prueba con DIgSILENT PowerFactory*

- Condensadores síncronos
  - *Principio de funcionamiento*
  - *Aplicación real de condensador síncrono en el sistema de prueba con DIgSILENT PowerFactory*

- SVC y STATCOM
  - *Principio de funcionamiento*
  - *Aplicación reales de SVC y STATCOM en sistemas de prueba con DIgSILENT PowerFactory*

Sesión 5

- Sistemas flexibles - FACTS
  - *Principio de funcionamiento*
  - *Aplicaciones reales de FACTS en sistemas de prueba con DIgSILENT PowerFactory*

- Regulador automático de tensión (AVR)
  - *Principio de funcionamiento*
  - *Aplicaciones reales de AVR en sistemas de prueba con DIgSILENT PowerFactory*

- Transformadores con regulación bajo carga (OLTC)
  - *Principio de funcionamiento*
  - *Aplicaciones reales de OLTC en sistemas de prueba con DIgSILENT PowerFactory*

- Conceptos básicos de estabilidad de tensión
  - *Características del sistema de transmisión*
  - *Características del generador*
  - *Características de la carga*
  - *Características de equipos de compensación reactiva*

- Colapso de tensión
- Análisis de estabilidad de tensión

Sesión 6

- Ejercicio ilustrativo en DIgSILENT PowerFactory – Sistema de 4 áreas
  - *Simulación de curvas PV*
  - Simulación de curvas QV

- Casos de perdida de estabilidad de tensión
- Medidas de prevención de colapsos de tensión
- Aplicación real en operación: Caso real de perdida de estabilidad de tensión en el SEIN

Módulo IV: Monitoreo en tiempo real y estimación de estados (4 horas cronológicas)

Aprenderás a monitorear en tiempo real y realizar la estimación de estados

Sesión 7

- Función del operador en un sistema de monitoreo
- Proceso para el monitoreo de un sistema de potencia
- Tecnología para el monitoreo de un sistema de potencia
- Requisitos y técnicas de medición en sistemas de potencia
- ¿Por qué hacer estimación de estados?
- Desafíos en la medición (desde la empresa eléctrica)
- Identificación de datos erróneos

Sesión 8

- Desafíos en el análisis estadístico y datos (desde el operador)
- Método de estimación de estados
  - *Método de los mínimos cuadrados*

- Algoritmo de la estimación de estados
- Aplicación real en operación: Resultados del Estimador de Estado, sobre la base de datos de un sistema de potencia de prueba.

Módulo V: Aspectos tecnológicos para la operación en tiempo real (6 horas cronológicas)

Aprender sobre las nuevas tecnologías para la optimización de datos

Sesión 9

- Introducción y generalidades
- Sistemas SCADA/EMS
  - *Funciones*
  - *Arquitectura en hardware y software*
  - *Protocolos de comunicación*
  - *Implementación de sistemas SCADA/EMS*

- Introducción a los PMUs

Sesión 10

- Sistemas de automatización de subestaciones
  - *Arquitectura en hardware y software*
  - *El estándar IEC 61850*
  - *Redes de comunicación para subestaciones*
  - *Conexión con el sistema SCADA/EMS*

- Ciberseguridad en sistemas de potencia
  - *Anatomía de un ciberataque*
  - *Estrategias de seguridad defensivas*
  - *Conceptos básicos de redes Ethernet*
  - *Seguridad de redes*
  - *Estándares y regulaciones*
  - *Criptografía*

- Subestaciones digitales
  - *Ventajas de subestaciones digitales*
  - *Componentes: IEDs, RTUs, SAS, etc*
  - *Funcionalidades*
  - *Implementación de subestaciones digitales*

Sesión 11

- Tendencias en los centros de control
  - *Factores que impulsan el cambio*
  - *IoT y sensores inteligentes*
  - *Inteligencia artificial y aprendizaje automático para toma de decisiones*
  - *Big data y análisis de datos*
  - *Realidad virtual y aumentada para la visualización y operación de sistemas*

- Gemelos digitales/Twin digital
  - *Elementos de un Twin Digital*
  - *Beneficios del Twin Digital*
  - *Aplicaciones del Twin digital*

- Simulaciones RTDS
- Aplicación real en operación: Funcionalidades y aplicaciones de un sistema de control en un tiempo real

Módulo VI: Sistemas de monitoreo de área amplia - WAMS
(6 horas cronológicas)

Aprenderás sobre el sistema de área amplia en un sistema eléctrico

Sesión 12

- Introducción y generalidades
- Tecnología de medición sincro fasorial
  - *Definición de sincrofasor*
  - *Unidades de medición sincrofasorial (PMUs)*
  - *Método de cálculo de fasores y transformada discreta de Fourier*
  - *Cálculo a partir de señales de tensión y corriente*
- Arquitectura del sistema WAMS

Sesión 13

- Descripción de componentes
- Sistema de comunicaciones WAMS
- Integración de sistemas SCADA/EMS y WAMS
- Implementación de sistemas WAMS

Sesión 14

- Retroalimentación parcial

Sesión 15

- Aplicaciones de sistemas WAMS
  - *Monitoreo y control en tiempo real*
  - *Estimación de estado del sistema*
  - *Análisis de eventos*
- Planificación de red
- Aplicaciones avanzadas de WAMS
  - *Pruebas de modelos dinámicos*
  - *Ajuste y pruebas de controladores*
- Aplicaciones real en operaciones: Funcionalidades y aplicaciones de un sistema WAMPAC

Módulo VII: Seguridad operativa de sistemas eléctricos de potencia
(6 horas cronológicas)

Aprenderás sobre la seguridad operativa, así como los requisitos correspondientes

Sesión 16

- Introducción y generalidades
- Requisitos de seguridad
- Limitaciones y factores que afectan al sistema de potencia
- Factores que influencian la seguridad de sistemas de potencia
- Análisis de seguridad estática
  - *Análisis de contingencias*
  - *Detección de problemas en la red*
  - *Factores de sensibilidad lineal*
  - *Definición de contingencias*
  - *Selección de contingencias*
  - *Evaluación de las contingencias*

Sesión 17

- Análisis de seguridad dinámica
  - *Estabilidad transitoria*
  - *Estabilidad de frecuencia*
  - *Estabilidad de tensión*
  - *Estabilidad de pequeña señal*
- Implementación de esquemas de acción correctiva
- Planes de contingencia
- Aplicación real en operación: Evaluación de seguridad dinámica en sistemas de potencia de prueba

Sesión 18

- Análisis avanzado de estabilidad en tiempo real
  - *Técnicas de evaluación rápida de seguridad operativa*
  - *Uso de mediciones en tiempo real (PMUs, WAMS)*
- Estrategias de mitigación de fallas en SEP
  - *Coordinación avanzada de protecciones*
  - *Uso de esquemas de defensa (LODF, ROCOF, UFLS, UVLS)*
- Simulación y modelado de contingencias operativas
- Aplicación real en operación: Evaluación de seguridad de sistemas de transmisión y distribución

Módulo VIII: Restablecimiento de sistemas de potencia
(4 horas cronológicas)

Aprenderás acerca del restablecimiento de un sistema de potencia

Sesión 19

- Introducción y generalidades
- Tipos y causas de colapsos del sistema
- Técnicas de restablecimiento
- Arranque en negro (black start)
  - *Fundamentos técnicos*
  - *Definición de arranque negro*
  - *Restricciones*
  - *Evaluación de la capacidad de arranque en negro*
  - *Criterios de instalación de nuevos generadores*
  - *Procedimientos operativos*
  - *Aplicación real en sistemas de prueba*

- Restricciones del restablecimiento
  - *Restricciones físicas*
  - *Reconfiguración del sistema*
  - *Restablecimiento de la carga*
  - *Transitorios electromagnéticos durante el restablecimiento*
  - *Sobretensiones de maniobra*
  - *Energización de transformadores*

- Plan de restablecimiento

Sesión 20

- Evaluación del daño al sistema eléctrico
  - *Análisis de protecciones*
  - *Inspección de instalaciones*

- Identificación de áreas afectadas
  - *Análisis de flujo de carga*
  - *Análisis de contingencia*
  - *Análisis dinámicos*
  - *Análisis de transitorios EMT*

- Proceso de comunicación con los stakeholders
- Coordinación con el operador de red y otras empresas eléctricas
- Metodología para el restablecimiento de un sistema de potencia
  - *Diagrama de flujo del proceso*
  - *Verificación de variables eléctricas*
  - *Verificación de topología y frecuencia*
  - *Localización de fallas*
  - *Restablecimiento de la red*
- Separación controlada del sistema
- Aplicación real en operación: Aplicación del Plan de Restablecimiento en sistema de prueba

Módulo IX: Evaluación de la operación de sistemas de potencia
(4 horas cronológicas)

Aprenderás los fundamentos del monitoreo en tiempo real de un sistema de potencia

Sesión 21

- Introducción y generalidades
- Definición de indicadores de desempeño
- Evaluación de indisponibilidades

Sesión 22

- Evaluación de servicios
- Evaluación de confiabilidad
- Otras evaluaciones
- Aplicaciones reales: Análisis post operativo y evaluación de desempeño

Módulo X: Inteligencia artificial aplicada a la operación y control de un SEP
(4 horas cronológicas)

Aprenderás a realizar aplicaciones de IA en la operación y control de un SEP

Sesión 23

- Introducción a la inteligencia artificial en sistemas de potencia
- Métodos de aprendizaje automático aplicados a SEP
  - *Aprendizaje supervisado y no supervisado*
  - *Redes neuronales artificiales (ANN) y su aplicación*

- Optimización heurística y toma de decisiones en operación del SEP
  - *Algoritmos de optimización heurística aplicado a SEP*

- Aplicaciones en predicción de carga y generación renovable

Sesión 24

- Análisis de fallas con IA
  - *Identificación de fallas con aprendizaje profundo*

- Aplicaciones en análisis de estabilidad y control
  - *Evaluación en tiempo real de estabilidad usando IA*

- Gemelos digitales y simulaciones de sistemas eléctricos con IA
- Aplicaciones reales en operación: Implementación de IA en centros de control

Sesión 25

- Retroalimentación final

INSTRUCTORES

Jaime Cepeda

Especialista en Operaciones de sistemas de potencia

Doctor en Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional de San Juan - Argentina. Ingeniero Eléctrico de la Escuela Politécnica Nacional - Ecuador.

Especialista en el análisis de estabilidad de sistemas de energía, sistemas de monitoreo de área amplia, evaluación de seguridad y vulnerabilidad de los sistemas energéticos.

Amplia experiencia en el desarrollo de modelos informáticos para el análisis de datos y la detección de anomalías en los sistemas.

Actualmente instructor de Inel -Escuela Técnica de Ingeniería-y Profesor Universitario en programas de Maestría y Doctorado en la Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.

Diego Echeverria

Especialista en Operaciones de sistemas de potencia

Doctor en Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional de San Juan - Argentina. Ingeniero Eléctrico de la Escuela Politécnica Nacional - Ecuador.

Especialista en el desarrollo y ejecución de proyectos de investigación y estudios especializados sobre sistemas eléctricos de potencia y redes inteligentes.

Amplia experiencia en la elaboración de estudios eléctricos, análisis del sistema eléctrico y en el desarrollo de aplicaciones para simulación de sistemas eléctricos de potencia en tiempo real.

Actualmente instructor de Inel - Escuela Técnica de Ingeniería y Gerente Nacional de Desarrollo del Operador Nacional de Electricidad CENACE, Ecuador.

METODOLOGÍA Y REQUISITOS

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
Práctico / Teórico

Aula virtual
Sesiones grabadas y recursos adicionales

Proyecto final con asesoría de los instructor (es)

Certificación
por 50 hrs. cronologicas
válida a nivel internacional

REQUISITOS

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.

DOBLE CERTIFICACIÓN

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:

Certificación INEL:

- Desarrollo de las evaluaciones con nota final igual o mayor a 14

Certificación IEEE

- Entrega del trabajo final
- Formulario IEEE

CERTIFICADO

Otorgado a:

ROBERT LUIS ROSAS ROMERO

Por haber completado en forma satisfactoria el:

"PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN OPERACIÓN Y CONTROL MODERNO DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA"

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 ingrese al enlace seguro de verif cación:
https:// inelinc.com/verify/20gol2ju23

Código del certificado: 20gol2ju23

Emitido el día 12 de agosto de 2021
Huancayo, Perú

Certificación válida a nivel internacional que acredita 50 horas cronológicas

IEEE CREDENTIALING PROGRAM

CERTIFICATE OF COMPLETION

This is to certify

Alexander Alexander Carlos Carlos

has completed

Specialization Program in Modern Operation and Control of Electric Power Systems

29 June, 2025
Perú

Inel is an approved provider of IEEE CEU/PDH Certificates.

IEEE proporcionará un certificado PDH/CEU para este curso. IEEE otorga 5.0v CEU's /50 PDH

INVERSIÓN

Inversión extranjero

US$

1,260

Aplican descuentos por pago al contado

FINANCIAMIENTO EN PARTES

SIN DESCUENTO

Nota: Consultar por opciones adicionales de financiamiento.

CONTACTO

Ejecutiva comercial:

Karen Ortiz

karenortiz@inelinc.com

Teléfono: +51 987 323 957

INSCRIPCIÓN

1. Enviar el comprobante de pago a **inel@inelinc.com** al realizar el pago.

2. Ingresar sus datos personales y de facturación a **https://bit.ly/INEL_Matricula_PE_EI_24_25_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.

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

Aumento de la productividad, eficiencia y calidad del trabajo.

CONTACTO

Key Account Manager

Cecilia Aguirre

marleniaguirre@inelinc.com

Teléfono: ***+51 940 992 033***

- EIN: 36 - 5113040 | 7345 W SAND LAKE RD, STE 210 OFFICE 4487 ORLANDO, FL 32819 US