



PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN

# Diseño de sistemas eólicos

INICIO

**10 SEPTIEMBRE**

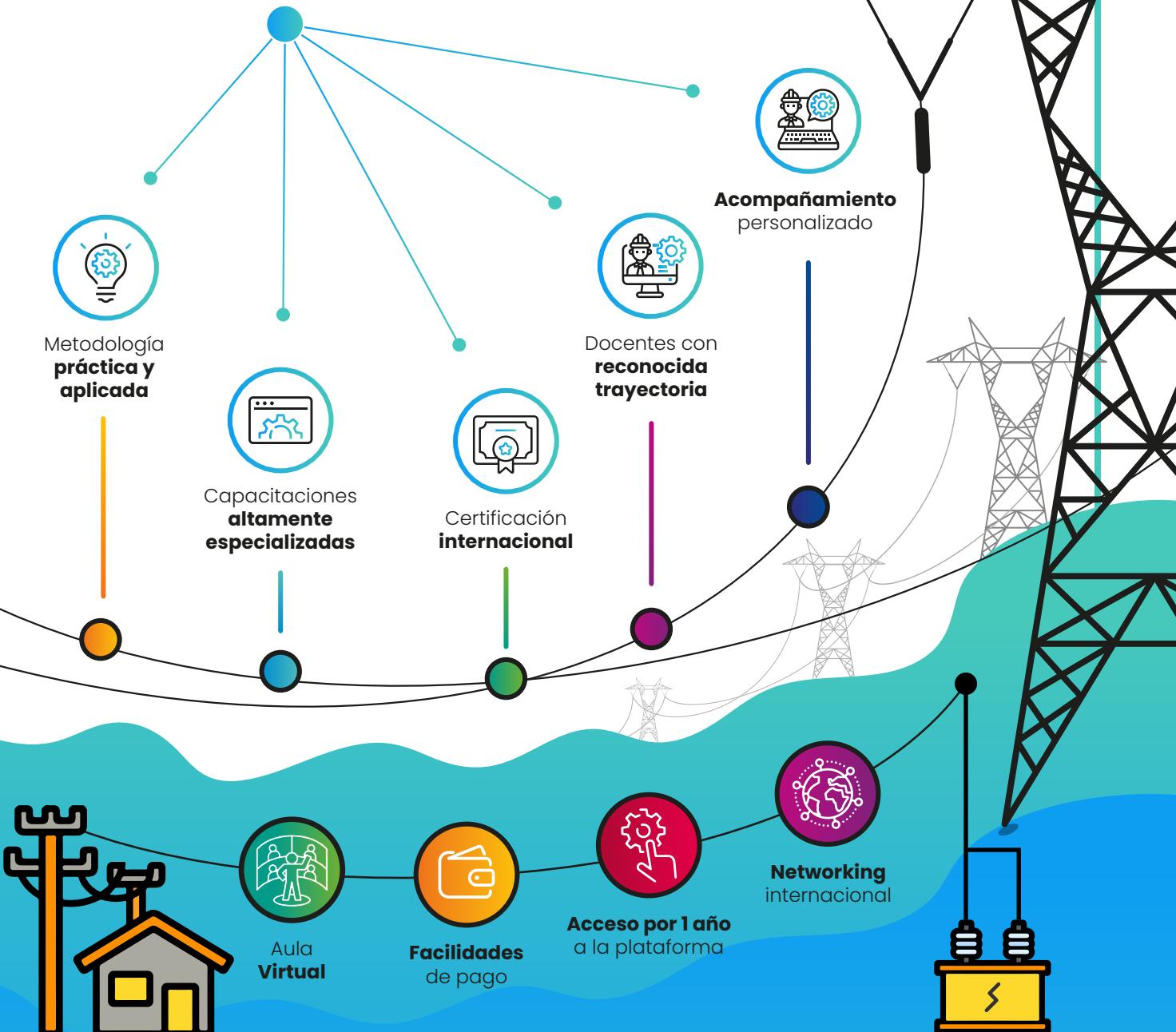
DURACIÓN  
34 Horas  
**3 Meses**

HORARIO  
Miércoles y viernes  
**19:00 - 21:10\***

MODALIDAD  
Online  
**SÍNCRONO**

INFORMES E  
INSCRIPCIONES  
**+51 987 323 957**

# ¿Por qué elegirnos?



PRESENCIA EN  
**+30 países**

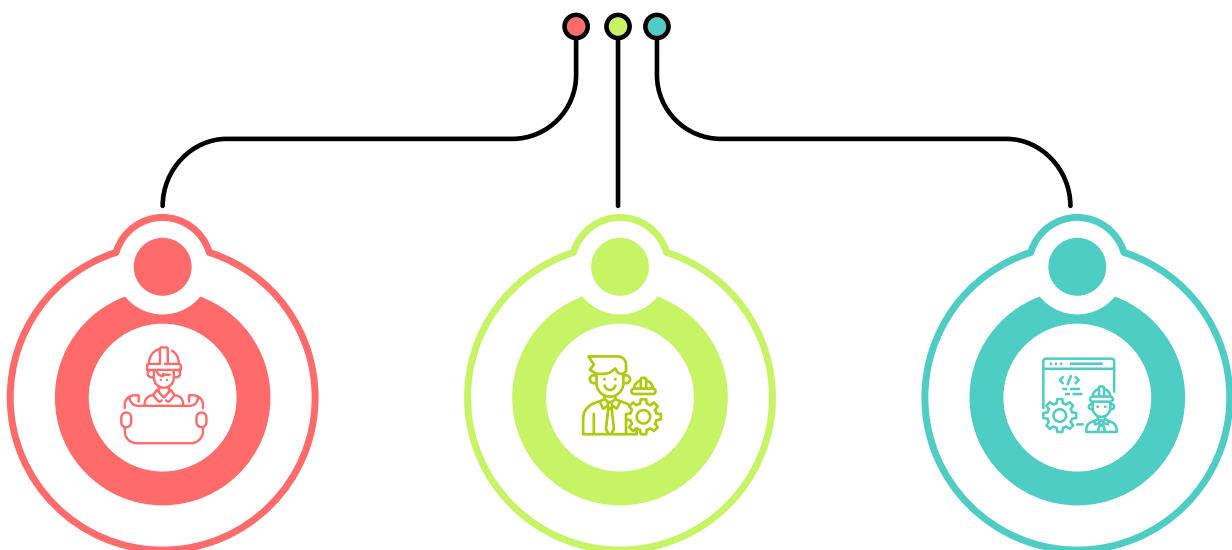
**+1000 empresas**  
CAPACITADAS

**+32,000 estudiantes**  
AL REDEDOR DEL MUNDO

# Objetivos



# Este programa está diseñado para:



Ingenieros electricistas, mecánicos, electromecánicos, electrónicos o industriales; técnicos especializados; supervisores de planta y personal de operación

Consultores, projectistas, contratistas, planificadores, gestores energéticos y profesionales del sector público o privado, que intervienen en la evaluación, desarrollo e implementación de soluciones eólicas

Técnicos y profesionales interesados en adquirir competencias en energía eólica, especialmente en la evaluación del recurso selección de tecnología, diseño eléctrico, simulación computacional y normativa de interconexión.

## Requisitos

La capacitación se realizarán con el software DlgSILENT PowerFactory, el alumno deberá contar con licencia propia. Así mismo se usará WAsP, WindPRO y Windographer, por lo que se le entregará manual de descarga de la versión demo.



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



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



Audífono y micrófono operativos

# Estructura curricular

I

## Módulo

### Introducción al diseño de sistemas eólicos (2 horas cronológicas)

#### Aplicar los fundamentos generales y el contexto del diseño de sistemas eólicos

- Panorama de la energía eólica
  - Historia y evolución de la tecnología eólica
  - Estadísticas globales de capacidad instalada
  - Mercados líderes y tendencias futuras
  - Costos y competitividad energética
- Fundamentos de la energía eólica
  - Definición y principios básicos
  - Ventajas y desventajas de la energía eólica
  - Tipos de aplicaciones: residencial, comercial, industrial, utility-scale
  - Conceptos de factor de capacidad y factor de planta
- Marco regulatorio y normativo
  - Normativas internacionales (IEC, IEEE)
- Proceso de desarrollo de proyectos eólicos
  - Etapas del desarrollo: pre-factibilidad, factibilidad, construcción, operación
  - Actores involucrados y roles
  - Tiempos típicos de desarrollo

II

## Módulo

### Principios físicos del recurso eólico (2 horas cronológicas)

#### Evaluar la influencia de los principios físicos en el aprovechamiento del viento

- Meteorología y climatología eólica
  - Origen del viento: gradientes de presión, efecto Coriolis

- Circulación atmosférica global y local
- Brisas marinas y terrestres
- Efectos topográficos en el flujo del viento

- Características del viento

- Perfil vertical de velocidades (ley de potencia, ley logarítmica)
- Variabilidad temporal: diaria, estacional, interanual
- Turbulencia: intensidad, escala, efectos
- Rosa de vientos y distribuciones direccionalles

- Modelos estadísticos del viento

- Distribución de Weibull: parámetros  $k$  y  $C$
- Distribución de Rayleigh
- Métodos de ajuste y validación
- Interpretación de parámetros estadísticos

III

## Módulo

### Evaluación del recurso y selección de sitio (6 horas cronológicas)

#### Evaluar el recurso eólico para la determinación de sitios óptimos para la instalación de sistemas eólicos.

- Instrumentación y medición

- Anemómetros: tipos, calibración, instalación
- Veletas de dirección
- Torres meteorológicas: diseño e instalación
- Sistemas de adquisición de datos (SCADA)
- Protocolos de medición según IEC 61400-12-1

- Campaña de medición - parte I

- Planificación de la campaña
- Duración mínima de medición
- Altura de medición y extrapolación vertical
- Control de calidad de datos
- Tratamiento de datos faltantes

- Campaña de medición - parte II
  - Planificación de la campaña
  - Duración mínima de medición
  - Altura de medición y extrapolación vertical
  - Control de calidad de datos
  - Tratamiento de datos faltantes
- Análisis de datos meteorológicos
  - Procesamiento y filtrado de datos
  - Análisis de consistencia temporal
  - Correlación con estaciones de referencia
  - Extrapolación de largo plazo (MCP - Measure-Correlate-Predict)
  - Software de análisis: WindPRO, WAsP, Windographer
- Mapas de viento y micrositación
  - Atlas eólicos nacionales e internacionales
  - Modelos de flujo: lineales vs. CFD
  - Efectos de la rugosidad del terreno
  - Modelado de obstáculos y estelas
  - Validación de modelos con mediciones
- Criterios de selección de sitio
  - Recurso eólico mínimo viable
  - Accesibilidad y logística
  - Conexión a red eléctrica
  - Restricciones ambientales y sociales
  - Aspectos legales y permisos

**IV**

## Módulo

### Aerogeneradores (4 horas cronológicas)

#### Analizar funcionamiento y parámetros técnicos de los aerogeneradores.

- Principios de funcionamiento
  - Aerodinámica básica de las palas
  - Teoría del disco actuador
  - Límite de Betz y coeficiente de potencia
  - Curvas características: potencia, empuje,  $C_p$  vs. TSR
- Componentes principales
  - Rotor: palas, buje, sistema de orientación
  - Transmisión: caja multiplicadora, frenos
  - Generador: tipos, características
  - Torre: materiales, fundaciones
  - Sistemas auxiliares: orientación, control, refrigeración
- Tecnologías de aerogeneradores - Parte I
  - Clasificación por velocidad: fija vs. variable
  - Regulación aerodinámica: stall vs.

- pitch
- Generadores: síncronos vs. asíncronos
- Configuraciones con y sin caja multiplicadora
- Tendencias tecnológicas actuales
- Tecnologías de aerogeneradores -Parte II
  - Clasificación por velocidad: fija vs. variable
  - Regulación aerodinámica: stall vs. pitch
  - Generadores: síncronos vs. asíncronos
  - Configuraciones con y sin caja multiplicadora
  - Tendencias tecnológicas actuales
- Selección de aerogeneradores
  - Clases de viento según IEC 61400-1
  - Compatibilidad turbina-sitio
  - Curvas de potencia garantizadas
  - Análisis de producción energética
  - Consideraciones económicas y técnicas
- Instalación y comisionado
  - Transporte y logística
  - Proceso de instalación
  - Pruebas de comisionado
  - Curvas de potencia verificadas

**V**

## Módulo

### Diseño de sistemas aislados (Off-Grid) (4 horas cronológicas)

#### Diseñar sistemas eólicos autónomos

- Características de sistemas aislados
  - Definición y aplicaciones típicas
  - Diferencias con sistemas conectados a red
  - Componentes adicionales requeridos
  - Ventajas y limitaciones
- Análisis de carga
  - Caracterización de la demanda eléctrica
  - Perfiles de consumo diario y estacional
  - Cargas críticas vs. no críticas
  - Estrategias de gestión de demanda
- Dimensionamiento del sistema - parte I
  - Metodologías de cálculo
  - Balance energético mensual
  - Análisis de confiabilidad
  - Criterios de diseño según aplicación
- Dimensionamiento del sistema - parte II
  - Metodologías de cálculo
  - Balance energético mensual
  - Análisis de confiabilidad
  - Criterios de diseño según aplicación
- Sistemas de almacenamiento

- Tecnologías de baterías: plomo-ácido, litio, flujo
- Dimensionamiento del banco de baterías
- Profundidad de descarga y ciclos de vida
- Sistemas de gestión de baterías (BMS)
- Sistemas híbridos eólicos - fotovoltaicos
  - Complementariedad de recursos
  - Configuraciones típicas
  - Ventajas del hibridismo
  - Casos de estudio y aplicaciones

## VI Módulo

### Diseño de sistemas conectados a red (OnGrid) (4 horas cronológicas)

#### **Diseñar sistemas eólicos integrados a redes eléctricas.**

- Integración a la red eléctrica
  - Códigos de red y requerimientos técnicos
  - Calidad de energía: armónicos, flicker, variaciones de voltaje
  - Servicios auxiliares: regulación de frecuencia, soporte reactivo
  - Estabilidad de red con alta penetración eólica
- Estudios eléctricos requeridos
  - Estudios de flujo de potencia
  - Análisis de cortocircuito
  - Estudios de estabilidad transitoria
  - Análisis de calidad de energía
- Subestación eólica - parte I
  - Configuraciones típicas
  - Transformadores de potencia
  - Sistemas de protección
  - Control y comunicaciones
  - Servicios auxiliares
- Subestación eólica - parte II
  - Configuraciones típicas
  - Transformadores de potencia
  - Sistemas de protección
  - Control y comunicaciones
  - Servicios auxiliares
- Líneas de transmisión
  - Cálculo de capacidad de transporte
  - Pérdidas eléctricas
  - Coordinación de aislamiento
  - Aspectos ambientales y de construcción
- Medición y facturación
  - Sistemas de medición comercial
  - Esquemas de remuneración
  - Contratos de compra-venta de energía (PPA)
  - Certificados de energía renovable

## VII Módulo

### Diseño de parques eólicos (4 horas cronológicas)

#### **Diseñar un parque eólico integral**

- Layout y micrositación
  - Efectos de estela entre aerogeneradores
  - Modelos de estela: Jensen, Larsen, Frandsen
  - Optimización del layout del parque
  - Espaciamiento óptimo entre turbinas
- Evaluación energética del parque - parte I
  - Cálculo de producción bruta y neta
  - Pérdidas por estela, disponibilidad, eléctricas
  - Análisis de incertidumbre
  - Certificación de producción energética
- Evaluación energética del parque - parte II
  - Cálculo de producción bruta y neta
  - Pérdidas por estela, disponibilidad, eléctricas
  - Análisis de incertidumbre
  - Certificación de producción energética
- Infraestructura del parque - parte I
  - Red de caminos internos
  - Red eléctrica de media tensión
  - Sistema de comunicaciones
  - Edificios de control y mantenimiento
- Infraestructura del parque - parte II
  - Red de caminos internos
  - Red eléctrica de media tensión
  - Sistema de comunicaciones
  - Edificios de control y mantenimiento
- Consideraciones ambientales
  - Impacto en avifauna y quirópteros
  - Impacto acústico y visual
  - Estudios de impacto ambiental
  - Medidas de mitigación y compensación

## VIII Módulo

### Diseño eléctrico y selección de componentes (4 horas cronológicas)

#### **Diseñar la red eléctrica interna del sistema eólico.**

- Metodología de diseño eléctrico

- Análisis de requerimientos y especificaciones técnicas
  - Diagrama unifilar del sistema: desde aerogenerador hasta punto de conexión
  - Criterios de diseño: confiabilidad, mantenibilidad, costo
  - Estudios eléctricos preliminares: flujo de carga, cortocircuito, coordinación
  - Integración con estudios de recurso eólico y layout del parque
- Diseño del sistema de recolección
  - Configuraciones de recolección: radial, anillo, estrella-delta
  - Dimensionamiento de circuitos de media tensión
  - Cálculo de corrientes nominales y de falla
  - Selección de niveles de voltaje óptimos (34.5kV vs 69kV)
  - Diseño de la red de cables subterráneos: ruteo, profundidad, separaciones
  - Balance técnico-económico en la configuración eléctrica
- Diseño de la subestación elevadora
  - Especificación del transformador principal: relación, impedancia, tipo de conexión
  - Diseño del patio de maniobras: configuración, equipamiento
  - Dimensionamiento de servicios auxiliares
  - Integración con la línea de transmisión
  - Consideraciones de expansión futura
- Diseño del sistema de protecciones
  - Filosofía de protección adaptada al recurso eólico variable
  - Coordinación de protecciones en cascada
  - Ajustes específicos para generación eólica
  - Selectividad en condiciones de alta y baja generación
  - Protección de isla no intencional
- Diseño del sistema de control y comunicaciones
  - Arquitectura del sistema SCADA para optimización operativa
  - Diseño de la red de comunicaciones: fibra óptica, radio, celular
  - Integración con sistemas de pronóstico eólico
  - Interfaces con el operador de red
  - Sistemas de respaldo y redundancia
- Selección y especificación técnica de componentes
  - Criterios de selección basados en el diseño del sistema
  - Especificaciones técnicas detalladas
  - Evaluación de propuestas técnico-económicas
  - Certificaciones requeridas según el diseño
  - Proceso de procurement y calificación de proveedores

# Experto

## Alejandro Marangoni

Especialista en Proyectos Eléctricos y Energías Renovables



**Ingeniero Electricista**, graduado en 2003 en la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Bahía Blanca, con orientación en potencia. Con más de 20 años en el sector energético, ha desarrollado una carrera enfocada en proyectos eléctricos y energías renovables, especialmente en energía eólica.

**Con más de dos décadas de trayectoria**, asumió roles de mayor responsabilidad técnica liderando proyectos eléctricos complejos. Participó en el desarrollo de prototipos de aerogeneradores, gestionando desde especificaciones técnicas hasta ensayos funcionales. También se desempeñó en el desarrollo de proyectos eólicos a gran escala, realizando análisis de emplazamiento, evaluaciones de interconexión y negociaciones con propietarios de tierras.

**Cuenta con manejo de herramientas técnicas y de ingeniería** como AutoCAD, Neplan (avanzado), SAP, MS Project y posee un excelente nivel de inglés. Se destaca por su enfoque técnico, actitud proactiva y compromiso con la mejora continua.

**Actualmente instructor de Inel** – Institute of Technology y Proyectista y analista de obras eléctricas en EDEMSA (Mendoza)

NOTA: INEL se reserva el derecho de modificar la plana docente, por motivos de fuerza mayor o por disponibilidad del expositor, garantizando que la calidad del programa no se vea afectada.

# Certificación



## Reconocimiento internacional:

Demuestra tu dominio técnico con una certificación respaldada por una de las organizaciones más prestigiosas del mundo.

## Mejores oportunidades laborales:

Impulsa tu empleabilidad y accede a puestos clave en empresas líderes del sector tecnológico e industrial.

## Red global de expertos:

Únete a una comunidad internacional de ingenieros y participa en espacios de colaboración e innovación.

## Actualización constante:

Accede a formación técnica de alto nivel y mantente al día con las últimas tendencias y avances del sector.



## 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

# Inversión



uss **755**

- Aplican descuentos por pago al contado
- Incluye acceso total al aula virtual
- Incluye el costo de las certificaciones oficiales



## 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\\_40\\_25\\_1](https://bit.ly/INEL_Matricula_PE_EI_40_25_1)**

3

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



## Contacto



**KAREN ORTIZ**

EJECUTIVA COMERCIAL

📞 (+51) 987 323 957

✉️ karenortiz@inelinc.com



Respondemos tus consultas

# Capacitación corporativa

Nos alineamos contigo para diseñar un plan de capacitación personalizado, adaptado a tus objetivos, que potencie el talento de tu equipo y genere resultados medibles y de alto impacto en tu organización.

## Beneficios

Capacitación personalizada  
conforme a los requerimientos  
de la organización



Modalidad online  
sincrónica,  
asincrónica o inhouse



Incrementa la  
rentabilidad y  
apertura nuevas  
líneas de negocio



Aumento de la  
productividad, eficiencia  
y calidad del trabajo



Impulsamos el  
talento de tu equipo



## CAPACITACIONES CORPORATIVAS

📞 (+51) 949 217 183

✉️ corporate@inelinc.com



Calendly

Agenda una reunión



# Inel



## Principales Clientes



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