

INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PANELES SOLARES

Ingeniería | Ingeniería eléctrica

Descripción del Curso

El curso Ingeniería eléctrica propone un enfoque práctico para el diseño y la gestión de planes de mantenimiento periódico de sistemas fotovoltaicos. En la Unidad 8, Diseño de un plan de mantenimiento periódico, se explora cómo garantizar el rendimiento, la seguridad y la continuidad operativa de un sistema solar mediante un programa estructurado de mantenimiento. El estudiantado integrará fundamentos de electricidad, electrónica y confiabilidad con prácticas de gestión para planificar intervenciones, inspecciones y sustituciones de componentes críticos, desarrollando así habilidades para anticipar fallos, priorizar acciones y documentar actividades para cumplir normas de seguridad y estándares de calidad.

La unidad se apoya en criterios de rendimiento (producción energética, eficiencia, disponibilidad), criterios de seguridad (protección eléctrica, manejo de riesgos, cumplimiento normativo) y en indicadores de fiabilidad para orientar las tareas de mantenimiento. El plan de mantenimiento periódico se diseña a partir de un alcance definido, resolviendo preguntas como qué revisar, con qué frecuencia y qué acciones ejecutar en tareas preventivas y correctivas, así como cómo evaluar el estado de componentes (paneles, inversores, baterías, cableado y protecciones) y cuándo sustituirlos. Se contempla la creación de roles, responsabilidades y la documentación asociada (registros, informes y planes de contingencia).

El resultado esperado es que el estudiante pueda producir un plan listo para implementación en un sistema solar real o simulador, con revisión anual, indicadores de rendimiento y criterios de sustitución de componentes. Este enfoque fomenta no solo la comprensión técnica, sino también la capacidad de comunicar hallazgos a audiencias técnicas y no técnicas, gestionar recursos y trabajar de forma ética y segura. El curso está dirigido a estudiantes de Ingeniería eléctrica, mayores de 17 años, interesados en aplicar principios teóricos a problemas de mantenimiento en sistemas de energía renovable, promoviendo una práctica profesional responsable y sostenible.

Competencias

- Analizar sistemas fotovoltaicos para identificar necesidades de mantenimiento y optimizar rendimiento y seguridad.
- Diseñar planes de mantenimiento preventivo y correctivo con alcance, frecuencia y tareas claras.
- Definir indicadores de rendimiento (KPI) y criterios de sustitución de componentes, y emplearlos para la toma de decisiones.
- Elaborar un programa de revisión anual con roles, responsables y documentación, asegurando trazabilidad.
- Aplicar normas de seguridad eléctrica y buenas prácticas de mantenimiento para minimizar riesgos.
- Comunicar resultados técnicos a audiencias interdisciplinarias y generar reportes de estado claros y útiles.
- Utilizar herramientas de gestión de mantenimiento (CMMS) para planificar, registrar y monitorear actividades.

Requerimientos

- Conocimientos básicos de electricidad y electrónica (voltaje, corriente, resistencia, unidades de medida).
- Fundamentos de energía solar fotovoltaica y operación de sistemas de generación distribuida.
- Capacidad para interpretar esquemas eléctricos y diagramas de componentes de un sistema solar.
- Competencia en el uso de herramientas de gestión de mantenimiento (CMMS) o disposición para documentar planes, horarios y registros.
- Acceso a herramientas de medición e inspección básicas (multímetro, pinzas amperimétricas) y equipo de protección personal (EPP).
- Disponibilidad de software o plantillas para diseñar y presentar el plan de mantenimiento y su revisión anual.
- Lectura y escritura técnica en español; preferentemente familiaridad con manuales y normas técnicas.
- Capacidad de trabajo en equipo y comunicación para coordinar roles y responsables en el plan.

Unidades del Curso

Unidad 1: Unidad 1: Identificación de componentes y configuraciones de un sistema fotovoltaico

Objetivos de Aprendizaje

- Reconocer y describir las funciones de los paneles, la estructura de soporte, el inversor, el cableado y las protecciones.
- Diferenciar configuraciones de conexión en serie, paralelo y mixtas y comprender su impacto en tensión, corriente y potencia.
- Identificar criterios básicos de seguridad y normativas aplicables a componentes y conexiones.

Contenidos Temáticos

1. **Tema 1:** Componentes principales y sus funciones.

Descripción corta: revisión de paneles, estructura de soporte, inversor, cableado y protecciones, con énfasis en sus roles y límites operativos.

1. Paneles fotovoltaicos: función, tipos (monocristalinos, policristalinos) y características clave.
2. Estructuras de soporte: materiales, tipos de montaje y criterios de selección.
3. Inversores: funciones, tipos (centrales, string, microinversores) y criterios de compatibilidad.

2. **Tema 2:** Configuraciones de instalación y efectos en rendimiento.

Descripción corta: análisis de conexiones en serie, paralelo y combinadas.

1. Conexión en serie: impacto en tensión total y requerimientos de protección.

2. Conexión en paralelo: impacto en corriente total y balance de impedancias.

3. Estrategias mixtas y consideraciones de seguridad.

3. **Tema 3:** Cables, protecciones y seguridad eléctrica.

Descripción corta: selección de cables, protecciones, y criterios de seguridad.

1. Protecciones contra sobrecorriente y sobretensiones.

2. Selección de cables y normas de instalación.

3. Procedimientos de seguridad eléctrica básica.

4. **Tema 4:** Diseño básico de estructuras y ubicación.

Descripción corta: criterios de ubicación, cargas, ventilación y acceso.

1. Criterios de ubicación de paneles y sombras.

2. Selección de materiales y durabilidad.

3. Consideraciones de mantenimiento y acceso.

Actividades

1. **Actividad 1: Identificación de componentes en un montaje de bancada** - Descripción breve: en un banco de pruebas, identificar cada componente y describir su función. Puntos clave: ubicación, interfaces y límites de operación. Aprendizajes: comprender la interacción entre componentes y su papel en la seguridad.
2. **Actividad 2: Comparación de configuraciones** - Análisis práctico de series vs Paralelo con un conjunto de paneles simulados. Puntos clave: efectos en tensión, corriente y pérdidas. Aprendizajes: capacidad para seleccionar la configuración adecuada según requisitos de potencia y seguridad.
3. **Actividad 3: Revisión de normas básicas y buenas prácticas** - Lectura de normativa básica y discusión guiada en clase. Puntos clave: cumplimiento, responsabilidades y documentación de seguridad. Aprendizajes: aplicación de normas para una instalación segura.

Evaluación

- Cuestionario de reconocimiento de componentes (10-15 preguntas) para medir la comprensión de funciones.
- Ejercicio práctico de diseño de una configuración en serie/paralelo con especificaciones dadas y justificación de la elección.
- Rúbrica de seguridad y cumplimiento: revisión de un diagrama unifilar para verificar protecciones y cableado.

Unidad 2: Unidad 2: Principios de operación de paneles solares: irradiancia, temperatura y orientación

Objetivos de Aprendizaje

- Explicar cómo la irradiancia incide en la producción de energía y en la curva I-V de un módulo.

- Analizar el efecto de la temperatura en la tensión y la potencia de un panel.
- Evaluar cómo la orientación e inclinación influyen en la generación diaria esperada en un sitio específico.

Contenidos Temáticos

1. **Tema 1:** Fundamentos de operación de celdas y módulos.

Descripción corta: efecto fotoeléctrico, generación de portadores y respuesta de módulo frente a irradiancia.

1. Conceptos básicos de la ubicación de bandas y generación de portadores.
2. Comportamiento de módulos ante variaciones de irradiancia.

2. **Tema 2:** Irradiancia y su efecto en rendimiento.

Descripción corta: relación entre irradiancia (W/m^2) y corriente generada; efectos de sombras y atenuación.

1. Relación I-V en distintas irradiancias.
2. Impacto de sombras parciales.

3. **Tema 3:** Efecto de la temperatura y coeficiente de temperatura.

Descripción corta: cómo la temperatura reduce la tensión y la potencia.

1. Coeficiente de temperatura de V_{mp} y P_{max} .
2. Impacto de la temperatura ambiente y del módulo.

4. **Tema 4:** Orientación e inclinación para maximizar la producción.

Descripción corta: criterios de orientación óptima según latitud y estación.

1. Determinación de ángulo de inclinación y azimuth.
2. Impacto de sombras y variaciones estacionales.

Actividades

1. **Actividad 1: Análisis de curvas I-V y efecto de irradiancia** - Estudio de curvas a diferentes niveles de irradiancia y discusión de las diferencias. Aprendizajes: interpretación de puntos clave como I_{sc} , V_{oc} , V_{mp} y I_{mp} .
2. **Actividad 2: Simulación del efecto de temperatura** - Cálculos de variación de voltaje y potencia ante subidas de temperatura; uso de coeficientes de temperatura.
3. **Actividad 3: Taller de orientación e inclinación** - Determinar la orientación e inclinación óptimas para un sitio ficticio y justificar la selección basada en producción estimada.

Evaluación

- Ejercicio de interpretación de curvas I-V a diferentes irradiancias y temperaturas.
- Problema de cálculo de energía diaria estimada para una ubicación dada, considerando inclinación y orientación.
- Informe práctico de selección de ángulo de inclinación para maximizar la producción anual.

Unidad 3: Unidad 3: Cálculo de potencia nominal, energía estimada y pérdidas en sistemas fotovoltaicos

Objetivos de Aprendizaje

- Realizar cálculos de potencia nominal a partir de datos de fabricante (P_{max}) y pérdidas básicas.
- Estimar energía diaria/estacional esperada usando datos locales de irradiancia y derating.
- Identificar pérdidas energéticas y aplicar estrategias de mitigación.

Contenidos Temáticos

1. Tema 1: Potencia nominal y derating.

Descripción corta: interpretación de P_{max} , eficiencia del sistema y factores de derating (temperatura, sombras, calidad de componentes).

1. Lectura de especificaciones de módulos e inversores.
2. Derating por temperatura y por pérdidas ambientales.

2. Tema 2: Cálculo de energía estimada.

Descripción corta: métodos para estimar energía diaria y anual a partir de irradiancia local y rendimiento esperado.

1. Modelos simples de predicción de energía.
2. Uso de datos climáticos locales y curvas de producción.

3. Tema 3: Pérdidas y mitigación.

Descripción corta: pérdidas por conexión, cableado, sombreado, suciedad y balance de potencia.

1. Identificación de pérdidas comunes.
2. Estrategias para reducir pérdidas (mecánicas, eléctricas, de operación).

Actividades

1. **Actividad 1: Cálculo práctico de potencia y energía** - Realizar cálculos con datos de módulo e inversor para obtener P_{nom} y energía diaria estimada. Aprendizajes: aplicar fórmulas y interpretar resultados.
2. **Actividad 2: Evaluación de pérdidas** - Identificar pérdidas en un diagrama de un sistema propuesto y proponer medidas de mitigación.
3. **Actividad 3: Análisis de casos locales** - Usar datos climáticos simulados para estimar producción con distintas derivaciones de orientación y temperatura.

Evaluación

- Ejercicio de dimensionamiento: calcular P_{nom} , pérdidas y energía estimada para un sistema de 2 kW con condiciones locales dadas.

- Informe de mitigación de pérdidas: propuesta de acciones para una instalación específica.

Unidad 4: Seguridad, normativa eléctrica y buenas prácticas en instalación y mantenimiento

Objetivos de Aprendizaje

- Identificar normas básicas aplicables a instalaciones fotovoltaicas y prácticas de seguridad personal y de instalaciones.
- Realizar procedimientos de bloqueo y etiquetado (LOTO), uso de EPP y verificación de protecciones.
- Elaborar una checklist de seguridad para cada fase de instalación y mantenimiento.

Contenidos Temáticos

1. Tema 1: Normas y reglamentos aplicables.

Descripción corta: regulación eléctrica, estándares de instalación y requisitos de red.

1. Normas de seguridad eléctrica y calidad de instalación.
2. Conexión a red y interoperabilidad.

2. Tema 2: Prácticas seguras y procedimientos.

Descripción corta: PPE, LOTO, señalización y procedimientos de trabajo seguro.

1. Procedimientos de trabajo seguro en montaje y mantenimiento.
2. Gestión de riesgos y evaluación previa.

3. Tema 3: Documentación, pruebas y puesta en marcha.

Descripción corta: listas de verificación, pruebas de continuidad y pruebas de puesta en marcha.

1. Checklist de instalación y pruebas requeridas.
2. Pruebas de aislamiento, continuidad y protección.

Actividades

1. **Actividad 1: Análisis de normas y elaboración de checklist** - Lectura de normas y creación de una checklist de seguridad para una instalación simulada. Aprendizajes: cumplimiento normativo y seguridad.
2. **Actividad 2: Simulación de LOTO y ejercicio de EPP** - Simulación de bloqueo/etiquetado y uso correcto de EPP en laboratorio.
3. **Actividad 3: Puesta en marcha controlada** - Verificación de protecciones y toma de medidas de seguridad antes de energizar un sistema de simulación.

Evaluación

- Examen teórico sobre normas y reglamentos aplicables.

- Rúbrica de seguridad: evaluación de prácticas de LOTO, EPP y verificación de protecciones.
- Informe de seguridad: plan de intervención ante una puesta en marcha simulada.

Unidad 5: Unidad 5: Instalación práctica de un sistema fotovoltaico básico en laboratorio

Objetivos de Aprendizaje

- Preparar el área de instalación, seleccionar componentes y montar el subsistema de paneles.
- Conectar el inversor, protecciones y cableado con procedimientos de seguridad.
- Poner en marcha el sistema y verificar su funcionamiento con mediciones básicas.

Contenidos Temáticos

1. Tema 1: Preparación y selección de componentes.

Descripción corta: criterios de selección, herramientas y seguridad inicial.

1. Selección de paneles, inversor y protecciones adecuados al tamaño del sistema.
2. Herramientas y equipo de protección personal.

2. Tema 2: Montaje de estructura y módulos.

Descripción corta: instalación de estructuras de soporte y fijación de módulos.

1. Procedimientos de montaje y alineación.
2. Verificación de fijaciones y condiciones de sombreado.

3. Tema 3: Conexión de inversor y cableado.

Descripción corta: conexicionado, protección y pruebas de continuidad.

1. Conexión de DC entre paneles y la entrada del inversor.
2. Conexión de salida AC y protecciones de red.

4. Tema 4: Puesta en marcha y verificación.

Descripción corta: pruebas iniciales y verificación de parámetros de salida.

1. Medición de voltaje, corriente y potencia de salida.
2. Verificación de seguridad y rendimiento básico.

Actividades

1. **Actividad 1: Montaje en bancada** - Ensamblaje de un sistema básico en banco de pruebas, con instalación de paneles y estructura. Aprendizajes: organización, seguridad y secuenciación de tareas.
2. **Actividad 2: Conexionado y pruebas** - Conectar inversor y cableado; realizar pruebas de continuidad y seguridad eléctrica.
3. **Actividad 3: Puesta en marcha** - Encendido controlado y lectura de salidas; interpretación de resultados.

Evaluación

- Evaluación práctica de instalación: montaje completo y verificación de funcionamiento.
- Observación de cumplimiento de seguridad y uso correcto de EPP y procedimientos LOTO.

Unidad 6: Unidad 6: Mantenimiento preventivo y correctivo de sistemas solares

Objetivos de Aprendizaje

- Realizar limpieza, inspección y verificación de estado de componentes y conectores.
- Detectar fallas y realizar acciones correctivas según procedimientos establecidos.
- Registrar observaciones, acciones realizadas y estado de repuestos en una bitácora.

Contenidos Temáticos

1. **Tema 1:** Mantenimiento preventivo.

Descripción corta: limpieza, inspección de tornillería, fijaciones y conductores, pruebas básicas.

1. Procedimientos de limpieza y control de sombras.
2. Verificación de conexiones y estado de protecciones.

2. **Tema 2:** Mantenimiento correctivo.

Descripción corta: diagnóstico de fallas y reparación o sustitución de componentes.

1. Diagnóstico visual y pruebas básicas.
2. Plan de reemplazo de componentes y pruebas de pos reparación.

3. **Tema 3:** Registro y reporte de mantenimiento.

Descripción corta: uso de formatos y herramientas para registrar actividades.

1. Bitácora de mantenimiento y plan de acción futuro.
2. Auditoría de mantenimiento y cumplimiento.

Actividades

1. **Actividad 1: Rutina de mantenimiento preventivo** - Realizar limpieza, inspección y pruebas en un sistema de laboratorio; registrar hallazgos.
2. **Actividad 2: Diagnóstico de falla simulada** - Presentar un fallo simulado, identificar causa y proponer reparación.
3. **Actividad 3: Bitácora de mantenimiento** - Elaborar una bitácora detallada de mantenimiento, con observaciones, fechas y repuestos.

Evaluación

- Evaluación de mantenimiento preventivo: cumplimiento de procedimientos y calidad de registro.
- Prueba de diagnóstico y plan de reparación para un fallo simulado.

Unidad 7: Unidad 7: Análisis de fallas y rendimiento reducido

Objetivos de Aprendizaje

- Identificar fallas típicas (conexiones sueltas, sombreado, degradación de módulos, fallos del inversor).
- Usar pruebas básicas (continuidad, aislamiento, verificación de salida) para diagnosticar problemas.
- Proponer soluciones técnicas seguras y eficientes dado un escenario de falla.

Contenidos Temáticos

1. Tema 1: Fallas comunes y señales.

Descripción corta: síntomas típicos y causas probables.

1. Conexiones sueltas o corroídas.
2. Sombreado parcial y fallos de sombreado.

2. Tema 2: Diagnóstico y pruebas.

Descripción corta: uso de instrumentos básicos para diagnóstico.

1. Pruebas de continuidad y resistencia de aislamiento.
2. Medidas de tensión y corriente en ruta de energía.

3. Tema 3: Soluciones técnicas y seguridad.

Descripción corta: acciones correctivas, sustitución de componentes y verificación final.

1. Plan de reparación y seguridad pos-reparación.
2. Reevaluación de rendimiento tras intervención.

Actividades

1. **Actividad 1: Revisión de caso de falla** - Estudio de un caso con falla y desarrollo de un plan de diagnóstico y corrección.
2. **Actividad 2: Pruebas de diagnóstico** - Realización de pruebas de continuidad y aislamiento en un banco de pruebas, con interpretación de resultados.
3. **Actividad 3: Propuesta de soluciones** - Elaboración de un informe con soluciones técnicas y criterios de seguridad.

Evaluación

- Evaluación de diagnóstico: resolución de un caso práctico con justificación de las pruebas y la solución.
- Informe técnico de corrección y verificación de rendimiento

Unidad 8: Unidad 8: Diseño de un plan de mantenimiento periódico

Objetivos de Aprendizaje

- Definir alcance, frecuencia y tareas de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Establecer indicadores de rendimiento (KPI) y criterios de sustitución de componentes.
- Elaborar un programa de revisión anual con roles, responsables y documentación.

Contenidos Temáticos

1. **Tema 1:** Elementos de un plan de mantenimiento.

Descripción corta: alcance, calendario, tareas y responsables.

1. Definición de frecuencias de limpieza, inspección y pruebas.
2. Identificación de piezas críticas y criterios de reemplazo.

2. **Tema 2:** Indicadores de rendimiento y seguridad.

Descripción corta: establecimiento de KPIs y criterios de seguridad en mantenimiento.

1. KPIs de producción, disponibilidad y calidad.
2. Procedimientos de seguridad y respuesta a incidencias.

3. **Tema 3:** Documentación y revisión.

Descripción corta: formatos de informe, registros de mantenimiento y auditoría.

1. Plantilla de informe de mantenimiento.
2. Checklist de revisión anual y plan de mejoras.

Actividades

1. **Actividad 1: Elaboración de un plan de mantenimiento** - Crear un plan para un sistema de ejemplo, con calendario, tareas y responsables.
2. **Actividad 2: Definición de KPIs** - Selección de indicadores, umbrales y métodos de recopilación de datos.
3. **Actividad 3: Revisión por pares** - Intercambio de planes y mejora mediante retroalimentación.

Evaluación

- Presentación del plan de mantenimiento completo ante el grupo y defensa de las decisiones.
- Evaluación de claridad, viabilidad y cobertura de aspectos de seguridad y rendimiento.