

Manual de mantenimiento Col Rosario

Procedimientos seguros y efectivos para el mantenimiento y la conservación de la
instalación eléctrica.



CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	4
1.1	Objetivo del manual.....	5
1.2	Alcance	5
1.3	Importancia del mantenimiento en instalaciones eléctricas y sistemas fotovoltaicos	5
2.	REGLAMENTACIÓN VIGENTE EN COLOMBIA	6
3.	REGLAS BÁSICAS PARA REALIZAR MANTENIMIENTO ELÉCTRICO SEGURO.....	7
3.1	Las 5 Reglas de Oro para trabajos eléctricos	7
3.2	Equipos de protección personal (EPP).....	13
3.3	Señalización y delimitación de áreas de trabajo	14
3.4	Protocolos de emergencia y primeros auxilios	15
4.	MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS	16
4.1	Inspección visual y revisión de cableado.....	16
4.2	Pruebas eléctricas y mediciones (aislamiento, continuidad).....	18
4.3	Mantenimiento de tableros y paneles eléctricos	24
4.4	Revisión y mantenimiento de sistemas de puesta a tierra.....	27
4.5	Planificación y registro de mantenimiento	30
5.	MANTENIMIENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	33
5.1	Componentes principales del sistema fotovoltaico.....	33
5.2	Limpieza y cuidado de paneles solares	34

5.3 Inspección y mantenimiento del cableado y conexiones	37
5.4 Mantenimiento de inversores y reguladores	40
5.5 Verificación de estructuras y soportes	44
5.6 Frecuencia recomendada de mantenimiento	47
6. PLAN DE MANTENIMIENTO INTEGRAL.....	50
6.1 Mantenimiento preventivo: actividades y periodicidad.....	50
6.2 Mantenimiento correctivo: procedimientos y registro.....	53
7. SEGURIDAD Y BUENAS PRÁCTICAS.....	55
7.1 Uso adecuado de herramientas y equipos	55
7.2 Gestión de residuos y cuidado ambiental.....	57
8. ANEXOS	60
8.1 Formularios para mantenimiento	60
8.2 Contactos de emergencia	61
8.3 Glosario de términos técnicos.....	62
9.REFERENCIAS NORMATIVAS Y BIBLIOGRAFÍA.....	66

1. INTRODUCCIÓN

Este manual de mantenimiento ha sido creado como una guía práctica y normativa para asegurar el buen funcionamiento, la seguridad y la durabilidad del sistema eléctrico del colegio Nuestra Señora del Rosario, ubicado en Cachira, Norte de Santander, así como del sistema fotovoltaico que lo complementa. Su contenido cumple con las regulaciones vigentes en Colombia y tiene como objetivo establecer procedimientos técnicos y medidas de seguridad claras que ayuden a reducir riesgos y a mejorar la eficiencia tanto del sistema eléctrico como del solar.

La verdad es que un buen mantenimiento no solo previene accidentes eléctricos: también garantiza un suministro constante de energía, optimiza el uso de los recursos y extiende la vida útil de los equipos. Además, asegura que la instalación esté siempre alineada con lo que exigen las normativas de los entes reguladores. Este manual está dirigido a ingenieras/os, técnicos en electricidad y personal de mantenimiento responsable de la infraestructura eléctrica del colegio. Aquí se encontrarán las pautas precisas para realizar inspecciones visuales, limpiezas, pruebas de funcionamiento y también recomendaciones útiles para detectar fallas, tanto las que pueden resolverse fácilmente como aquellas que requieren ayuda profesional.

También se explican los pasos para llevar un registro adecuado de las actividades realizadas, siempre bajo estándares de seguridad y buenas prácticas recomendadas por el sector. Aplicar este manual de forma rigurosa no solo ayuda a minimizar riesgos. También facilita una mejor gestión de los recursos, fomenta la sostenibilidad de los sistemas instalados y, en consecuencia, beneficia a toda la comunidad educativa, al garantizar que la energía fluya de forma segura y confiable por mucho tiempo.

1.1 Objetivo del manual

El objetivo de este manual consiste en establecer los procedimientos y buenas prácticas para un mantenimiento seguro y eficiente de la instalación eléctrica del colegio y el sistema fotovoltaico, garantizando su correcto funcionamiento, prolongando su vida útil y cumpliendo con la normativa vigente. Además, busca facilitar la planificación y ejecución de las actividades de mantenimiento para optimizar recursos y prevenir fallas futuras y así alargar la vida útil de la instalación eléctrica.

1.2 Alcance

Este manual recoge las principales las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo para la instalación eléctrica y el sistema solar del colegio Nuestra Señora del Rosario. Incorpora procedimientos elementales y técnicos para la inspección, limpieza, pruebas, conservación de protecciones y puesta a tierra, además del registro de las actividades, todo ello de acuerdo con la legislación en vigor en Colombia. Las labores de mantenimiento deben ser llevadas a cabo por personal técnico formado y autorizado, garantizando la seguridad y el cumplimiento de las normativas pertinentes.

1.3 Importancia del mantenimiento en instalaciones eléctricas y sistemas fotovoltaicos

Mantener en buen estado las instalaciones eléctricas y los sistemas fotovoltaicos no es solo una tarea técnica: es una forma de cuidar la seguridad de las personas y proteger cada parte del sistema. Y es que un descuido puede generar desde un simple fallo hasta algo tan grave como un incendio, un cortocircuito o una electrocución. Además, el mantenimiento regular no solo previene problemas, también mejora el rendimiento del sistema. Al mantener todo funcionando como debe, se reduce el consumo innecesario de energía y, con ello, se evitan gastos que muchas veces pasan desapercibidos hasta que llegan las facturas. La verdad es que detectar fallos a tiempo antes de que

causen daños mayores puede marcar una gran diferencia. Evita interrupciones inesperadas, alarga la vida útil de los equipos, y ayuda a que todo siga funcionando sin sobresaltos que afecten el ritmo de trabajo o aprendizaje.

En cuanto al sistema solar, el mantenimiento es igual de clave. Pequeños detalles como una celda sucia, un cable flojo o una conexión deteriorada pueden afectar la producción de energía más de lo que parece. Por eso, cuidar estos sistemas no es opcional: es parte de garantizar su eficiencia y su durabilidad. Y no menos importante: cumplir con los mantenimientos también asegura que se sigan las normas establecidas. Esto evita sanciones y, lo que es aún más valioso, da confianza de que el sistema eléctrico es confiable y está funcionando como debe, hoy y en el futuro.

2. REGLAMENTACIÓN VIGENTE EN COLOMBIA

En Colombia, el mantenimiento de las instalaciones eléctricas no es solo una buena práctica: es una obligación respaldada por la normativa. Hablamos del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, o como se le conoce comúnmente, el RETIE. Este reglamento de cumplimiento obligatorio establece todas las exigencias técnicas y de seguridad que deben seguirse en cada etapa del ciclo eléctrico: desde el diseño y construcción, hasta la operación y el mantenimiento.

El objetivo es claro y muy humano: proteger a las personas, cuidar el medio ambiente y asegurar que las instalaciones funcionen de forma segura, constante y confiable. Y eso incluye tanto redes convencionales como sistemas fotovoltaicos, que hoy son cada vez más comunes.

Según el artículo 4.3.8 del RETIE, y especialmente lo que señala el párrafo 4.3.8.3 sobre "Operación y mantenimiento", todas las instalaciones eléctricas deben mantenerse bajo un plan definido. Es decir, no se trata de “arreglar cuando falle”, sino de realizar actividades periódicas

que conserven las condiciones seguras y funcionales, previniendo riesgos eléctricos y evitando interrupciones inesperadas del servicio.

Y hay algo más que vale la pena destacar: desde el RETIE 2024, específicamente en el Libro 3, Título 6, Artículo 6.1.1 y siguientes, se exige que la persona encargada del diseño o construcción entregue al usuario final un manual de operación y mantenimiento. Este documento debe describir de forma clara y práctica qué actividades deben realizarse, con qué frecuencia, qué procedimientos de seguridad seguir, y qué hacer si ocurre una falla.

La idea es sencilla, pero muy poderosa: asegurarse de que las instalaciones eléctricas no sean una caja negra imposible de entender. Que cualquier técnico, ingeniero o responsable pueda saber qué hacer, cuándo y cómo, para mantener todo en condiciones óptimas y seguras durante toda la vida útil del sistema.

3.REGLAS BÁSICAS PARA REALIZAR MANTENIMIENTO ELÉCTRICO SEGURO

3.1 Las 5 Reglas de Oro para trabajos eléctricos

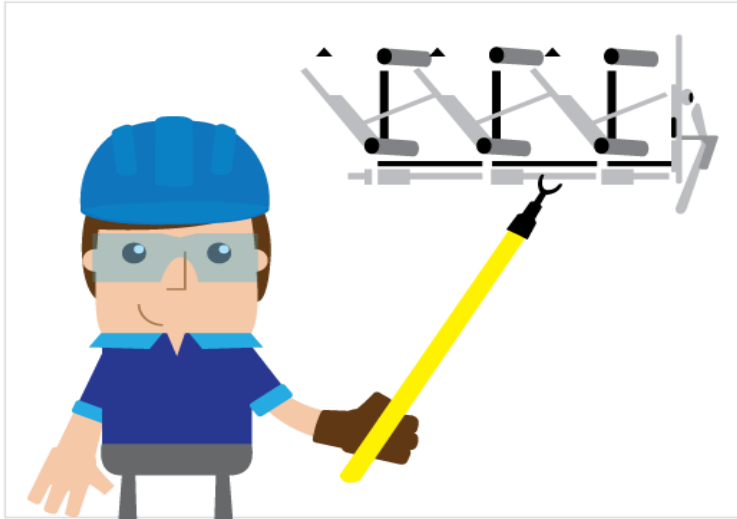
Las 5 reglas son un conjunto de pautas las cuales garantizan la seguridad al realizar cualquier tipo de mantenimiento o intervención en las instalaciones eléctricas que no están energizadas. Estas buscan reducir al mínimo el riesgo de accidentes graves o la muerte. A continuación, se muestran las 5 reglas.

Desconexión de la fuente de alimentación y corte efectivo

Se debe desconectar completamente la instalación o equipo donde se va a trabajar, asegurando un corte visible y efectivo que impida el paso de corriente.(webmaster, n.d.)

Figura 1

Desconexión de la fuente de alimentación y corte efectivo.



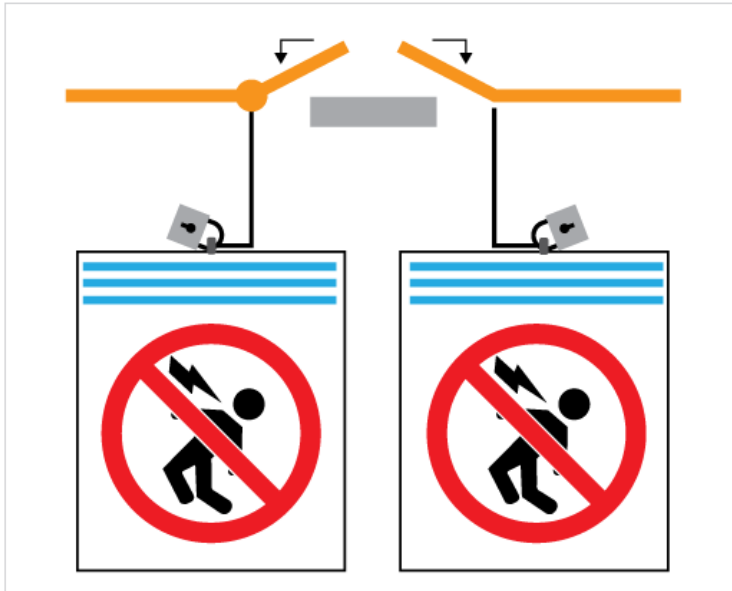
Nota. Adaptado de las 5 reglas de oro para trabajos eléctricos [Animación], por CONTE,2023, CONTE(<https://www.conte.org.co/las-5-reglas-de-oro-para-trabajos-electricos/>)

Bloqueo o condenación y señalización para evitar reconexiones

Se deben bloquear mecánicamente los dispositivos de corte (por ejemplo, con candados) y señalizar claramente la zona para impedir que la instalación se reconecte accidentalmente.(webmaster, n.d.)

Figura 2

Bloqueo o condenación y señalización para evitar reconexiones.



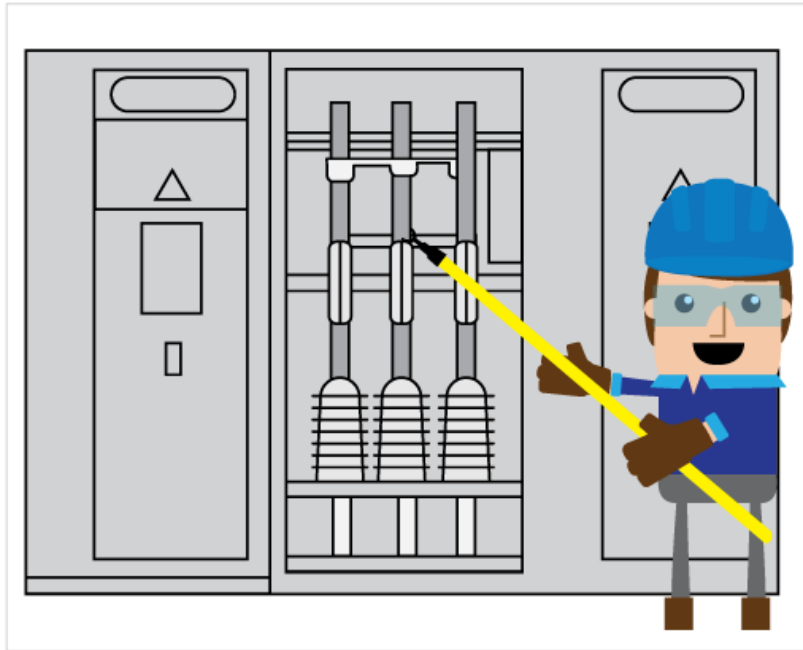
Nota. Adaptado de las 5 reglas de oro para trabajos eléctricos [Animación], por CONTE,2023, CONTE(<https://www.conte.org.co/las-5-reglas-de-oro-para-trabajos-electricos/>)

Verificar la ausencia de tensión

Antes de iniciar cualquier trabajo, se debe comprobar con instrumentos adecuados que no hay tensión en la instalación, confirmando que está desenergizada.(webmaster, n.d.)

Figura 3

Verificación de la ausencia de tensión.



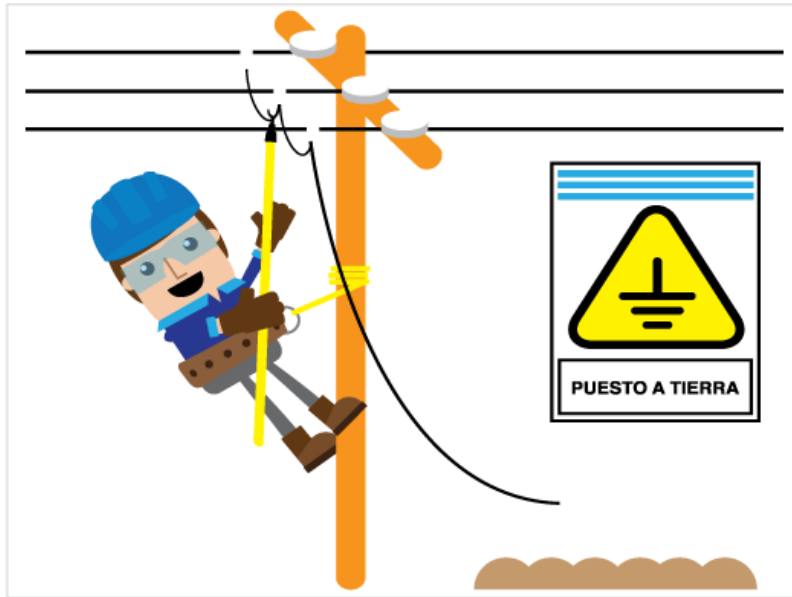
Nota. Adaptado de las 5 reglas de oro para trabajos eléctricos [Animación], por CONTE,2023, CONTE(<https://www.conte.org.co/las-5-reglas-de-oro-para-trabajos-electricos/>)

Puesta a tierra y cortocircuito

Se conectan a tierra y se cortocircuitan los conductores activos para disipar cargas residuales y proteger contra energizaciones accidentales.(webmaster, n.d.)

Figura 4

Puesta a tierra.



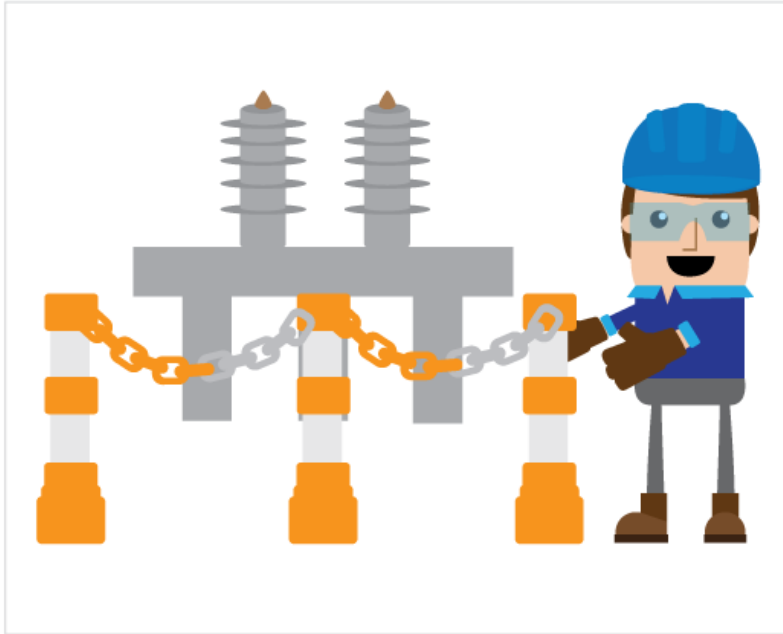
Nota. Adaptado de las 5 reglas de oro para trabajos eléctricos [Animación], por CONTE,2023, CONTE(<https://www.conte.org.co/las-5-reglas-de-oro-para-trabajos-electricos/>)

Señalizar y delimitar la zona de trabajo

La zona donde se realiza el mantenimiento debe estar claramente señalizada y delimitada para evitar el ingreso de personas no autorizadas y prevenir accidentes.(webmaster, n.d.)

Figura 5

Señalización y delimitación de la zona de trabajo.



Nota. Adaptado de las 5 reglas de oro para trabajos eléctricos [Animación], por CONTE,2023, CONTE(<https://www.conte.org.co/las-5-reglas-de-oro-para-trabajos-electricos/>)

Estas reglas deben ser cumplidas estrictamente para proteger la vida del personal y la integridad de la instalación.

3.2 Equipos de protección personal (EPP)

Al realizar trabajos con electricidad, no basta con tener experiencia o buenas herramientas: la seguridad empieza por uno mismo. Y es que, tanto en el mantenimiento como en la operación de instalaciones eléctricas o sistemas fotovoltaicos, el uso correcto de los Equipos de Protección Personal (EPP) no es opcional. Cada uno de estos elementos están diseñados específicamente para cuidar al trabajador frente a riesgos eléctricos, térmicos o mecánicos que pueden aparecer en cualquier momento. Sin embargo, no se trata solo de ponérselos por cumplir: deben estar en buen estado, ser los adecuados para la tarea y contar con las normas técnicas y certificaciones exigidas por la ley. La verdad es que los EPP pueden ser la diferencia entre un susto y un accidente grave, por eso es tan importante usarlos bien, todo el tiempo. Algunos de los principales EPP que se requieren para trabajos eléctricos incluyen:

Ropa ignífuga y antiestática: Protege contra quemaduras por arco eléctrico y contacto con llamas, además de ser impermeable y adecuada para condiciones climáticas adversas.

Gautes dieléctricos: Fabricados con materiales aislantes, protegen contra descargas eléctricas.

Botas de seguridad dieléctricas: Aislantes y sin componentes metálicos, protegen contra electrocución y quemaduras.

Casco de seguridad dieléctrico: Protege contra impactos y contacto con conductores energizados, cumpliendo la norma EN 50365:2002 para trabajos hasta 1000 V en corriente alterna.

Protección facial y gafas aislantes: Protegen contra proyecciones, chispas y arco eléctrico.

Usar bien los equipos de protección personal (EPP) va más allá de una norma: es cuidar nuestra vida y la de los demás. Tanto la empresa como cada trabajador deben revisar los equipos, mantenerlos en buen estado y reemplazarlos si están dañados.

Además, es clave recibir capacitación para usarlos correctamente y entender sus límites. No es lo mismo “ponérselo” que saber cómo y cuándo protege de verdad. Cumplir con estas medidas ayuda a prevenir accidentes eléctricos y a mantener un ambiente de trabajo mucho más seguro. Porque, aunque parezcan detalles, en temas de seguridad, los detalles lo son todo.

3.3 Señalización y delimitación de áreas de trabajo

La señalización y la delimitación de las áreas de trabajo pueden parecer detalles menores pero la verdad es que son clave para prevenir accidentes eléctricos, sobre todo durante labores de mantenimiento en instalaciones o sistemas fotovoltaicos. Y es que cuando se está manipulando energía eléctrica, no basta con estar atento; el entorno también tiene que estar bien marcado. Por eso, es fundamental usar señales visibles de peligro eléctrico y delimitar físicamente la zona con cintas, conos o vallas. Además, el acceso debe restringirse únicamente a personal autorizado, que sepa exactamente dónde puede estar y qué medidas tomar. Cada área intervenida debe estar claramente identificada, siguiendo lo que establecen normas como el RETIE y la NTC 1461, esta última con especificaciones muy claras sobre los colores y tipos de señales que ayudan a prevenir riesgos eléctricos y proteger la salud de todos en el lugar. Y hay algo que no se puede pasar por alto: la señalización no se pone “por si acaso” ni se retira a mitad del trabajo. Debe permanecer visible y completa durante toda la intervención, y retirarse únicamente cuando todo haya finalizado.

Poner estas medidas en práctica no solo demuestra profesionalismo, también es una forma concreta de cuidar a quienes están dentro y fuera del área de trabajo.

3.4 Protocolos de emergencia y primeros auxilios

Contar con protocolos claros de emergencia y primeros auxilios no es un detalle menor, es una necesidad real. Porque cuando ocurre un accidente eléctrico, cada segundo cuenta. Y saber qué hacer sin dudar, sin improvisar puede marcar la diferencia entre un susto y una tragedia.

Además de ser una forma de cuidar la vida de quienes trabajan en instalaciones eléctricas o sistemas fotovoltaicos, estos protocolos ayudan a construir un entorno más seguro y confiable. Y no es solo una buena práctica: normas como el RETIE y la Resolución 5018 de 2019 exigen a las empresas tener planes de contingencia y capacitar a su personal. En otras palabras, estar preparados no es opcional.

Un protocolo bien hecho debería tenerlo todo claro desde el inicio: quién lidera en caso de emergencia, qué riesgos hay identificados y cómo se comunica el plan a todo el equipo antes de comenzar cualquier intervención. Porque no se trata de correr cuando ya pasó algo, sino de saber exactamente cómo actuar justo en ese momento crítico. Si ocurre un accidente eléctrico, hay pasos clave que seguir y rápido:

1. Cortar inmediatamente la energía para evitar más riesgos.
2. Revisar el estado de la persona afectada, pero sin ponerse en peligro.
3. Dar primeros auxilios básicos, incluso RCP si hace falta, hasta que llegue el personal capacitado.
4. Informar de inmediato a emergencias y a los encargados en la empresa.
5. Y, por supuesto, mantener libre el acceso para facilitar el rescate.

También es fundamental que todos conozcan bien las rutas de evacuación, dónde están los extintores o las estaciones de primeros auxilios. Al final, prevenir es mucho más que seguir una norma: es proteger lo que de verdad importa. Y cuando los protocolos se toman en serio, se salvan vidas, se evitan daños mayores y se trabaja con la tranquilidad de que, pase lo que pase, hay un plan.

4. MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

4.1 Inspección visual y revisión de cableado

La inspección visual y la revisión del cableado pueden parecer tareas simples, pero son fundamentales cuando hablamos de mantener seguras y operativas las instalaciones eléctricas y los sistemas fotovoltaicos. Y es que un cable dañado, una conexión floja o una grieta en el aislamiento no solo afectan el servicio... también pueden representar un riesgo serio para quienes están cerca.

Estos procedimientos permiten detectar a tiempo señales de desgaste, deterioro o errores de instalación que podrían terminar en fallas eléctricas, cortocircuitos o, en el peor de los casos, incendios. La verdad, más vale prevenir con una buena revisión que lamentar las consecuencias después.

Entre los principales objetivos de estas inspecciones están:

1. Identificar daños visibles: cables pelados, quemaduras, conexiones sueltas o mal hechas.
2. Verificar que todo cumpla con las normas técnicas de seguridad.

3. Detectar condiciones que puedan poner en peligro la instalación o su funcionamiento.
4. Evitar interrupciones de energía por fallos inesperados o por un simple descuido.

Ahora bien, no se trata de “mirar por encima”. La revisión debe hacerse con cuidado, siguiendo lo que indican las normas (como en el ítem 3 del protocolo), y con los planos del lugar en mano. Cada detalle cuenta.

Los **pasos básicos para una inspección visual** cuidadosa incluyen:

1. Revisar que los cables no estén rotos, deshilachados, quemados o con cortes.
2. Hay que confirmar que el aislamiento esté intacto, sin zonas rígidas, agrietadas o deformadas.
3. Asegurarse de que las conexiones estén limpias, firmes y sin rastros de óxido o corrosión.
4. Comprobar que los cables están bien sujetos, sin tirones, roces ni zonas aplastadas.
5. Verificar que el cableado esté bien ordenado, sin cruces desordenados ni interferencias con los planos originales.
6. Estar atentos a la presencia de humedad, goteras o cualquier filtración cerca del tendido.

Además, no podemos olvidarnos de revisar áreas clave como los tableros eléctricos, cajas de paso, canalizaciones, empalmes expuestos, tramos subterráneos o aéreos, y espacios por donde pasa mucha gente o que son de difícil acceso.

Una vez finalizada la inspección, es fundamental actuar: reemplazar lo que esté en mal estado, corregir fallos y, por supuesto, dejar todo registrado. Si algo no queda claro o si se sospechan problemas en la continuidad o el aislamiento, conviene hacer pruebas adicionales.

Como recomendación final, este tipo de inspecciones visuales deberían realizarse de forma periódica. En entornos educativos, por ejemplo, lo ideal es hacerlas al menos una vez al año. Es una forma concreta de cuidar a los estudiantes, al personal y a toda la comunidad. Porque al final, la seguridad eléctrica empieza en los detalles y en hacer las cosas con responsabilidad.

4.2 Pruebas eléctricas y mediciones (aislamiento, continuidad)

Las pruebas eléctricas de aislamiento y continuidad son fundamentales para verificar el correcto estado y la seguridad de la instalación eléctrica del colegio, por lo tanto, se debe realizar cada una de las pruebas necesarias para mantener el correcto funcionamiento de la instalación, la prueba que se deben realizar son las siguientes.

Prueba de aislamiento

Objetivo: Medir la resistencia del material aislante que recubre los conductores para identificar posibles fallas, deterioro o humedad que puedan generar fugas de corriente, cortocircuitos o accidentes.

Equipo: Mega óhmetro (Megger), que aplica un voltaje DC (comúnmente 500 V o según especificación) entre el conductor y la tierra o entre conductores para medir la resistencia de aislamiento. (MIT 1025 MEGGER, 2025)

Figura 6

Megger para la medición de aislamiento.



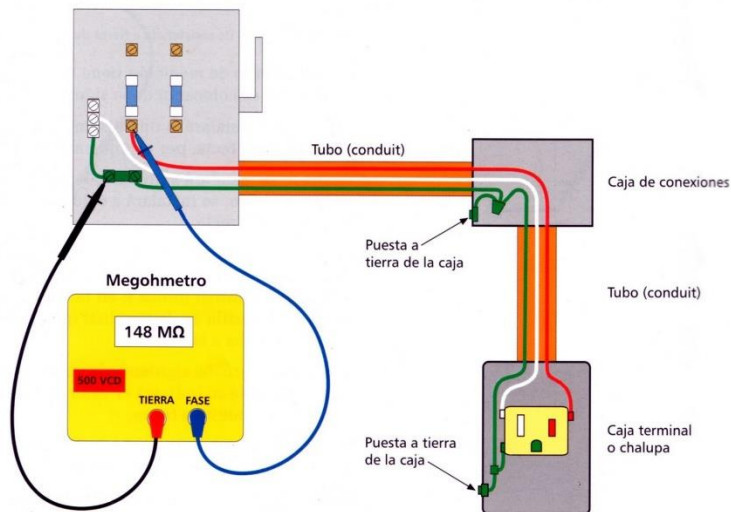
Nota. Adaptado de las 5 reglas de oro para trabajos eléctricos [Animación], por CONTE,2023, CONTE(<https://www.conte.org.co/las-5-reglas-de-oro-para-trabajos-electricos/>).

Procedimiento básico:

1. Desconectar la instalación y energizar el equipo.
2. Conectar una punta del mega óhmetro al conductor y la otra a la cubierta o tierra.
3. Aplicar la tensión y medir la resistencia.

Figura 7

Proceso de medición aislamiento a tierra.



Nota. Adaptado de Medición de la resistencia de aislamiento I [Animación], por Instalaciones eléctricas residenciales ,2010, INER (<https://acortar.link/ZkeXt2>).

Si el Megger indica 0 Ω , significa que el conductor bajo prueba tiene una falla, es decir, que puede tener contacto con el conductor de puesta a tierra, o con alguna tubería o gabinete metálico que esté puesto a tierra y en caso de que se energice podría causar un cortocircuito. Por lo tanto, este conductor debe revisarse o reemplazarse antes de conducir energía eléctrica. (*Medición de La Resistencia de Aislamiento I*, 2011)

Interpretación: Valores altos indican buen aislamiento; valores bajos señalan deterioro o fallas. Se recomienda que la resistencia mínima cumpla con normas como la UNE o la NTC colombiana (por ejemplo, al menos 0.5 M Ω o según especificación del equipo).

Prueba de continuidad

Objetivo: Comprobar que existe una conexión eléctrica continua y sin interrupciones entre dos puntos, asegurando que el conductor está intacto y correctamente conectado.

Equipo: Multímetro en modo continuidad, óhmetro o Megger.


Figura 8

Instrumento de medición multímetro.

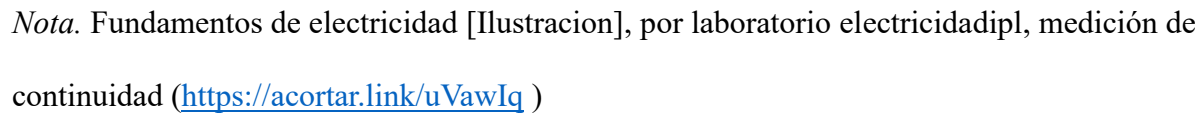


Nota. Adaptado de que multímetro me compro [Fotografía], por laboratorio gluon, gluon lab (https://www.laboratoriogluon.com/wp-content/uploads/2020/12/foto_multimetro_generica-768x660.jpg).

Procedimiento básico:

1. Desenergizar la instalación.
2. Conectar las puntas del instrumento en ambos extremos del cable.
3. Sitúe el selector de rango en .
4. Conecte los conductores de prueba de la siguiente manera: el rojo al terminal "**V Ω** ", el negro al terminal **COM**.
5. Desconecte la alimentación eléctrica al circuito a medir.
6. Descargue todos los condensadores que puedan afectar la lectura.
7. Conecte las sondas de prueba en paralelo con el elemento a medir continuidad.
8. Esté atento a escuchar la señal acústica que indica continuidad (**< 35 Ω**).*(Multímetro Digital: Medición de Resistencia y Continuidad, 2014)*

Prueba de continuidad.



Recomendaciones generales

1. Realizar estas pruebas periódicamente como parte del mantenimiento preventivo.
2. No tocar ni mover los cables durante la medición para evitar errores por efectos capacitivos o falsos contactos.
3. Usar equipos adecuados y calibrados para garantizar mediciones confiables.

4. Documentar los resultados y comparar con mediciones anteriores para detectar degradación.
5. En sistemas fotovoltaicos, realizar las pruebas considerando la configuración específica y desconectar paneles para evitar daños en los equipos de medición.

4.3 Mantenimiento de tableros y paneles eléctricos

El mantenimiento de tableros y paneles eléctricos no es solo una “tarea más” en la rutina técnica: es una labor clave para garantizar que la instalación eléctrica funcione como debe, de forma segura, confiable y sin sorpresas desagradables.

Y es que estos equipos son el corazón del sistema eléctrico. Si algo falla ahí, lo más probable es que el resto también sufra las consecuencias. Por eso, su mantenimiento debe llevarse a cabo cumpliendo estrictamente con las normas vigentes en Colombia, como el **Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE)** y la **NTC 2050**, que establecen los estándares técnicos y de seguridad aplicables.

¿Cuál es el propósito del mantenimiento?

1. **Prevenir fallas** que puedan desconectar, interrumpir o dañar el sistema.
2. Identificar a tiempo anomalías como **sobrecalentamientos, corrosión**, conexiones flojas o signos de desgaste.
3. Asegurar la **confiabilidad del sistema eléctrico**, protegiendo no solo los equipos, sino también a quienes los operan.
4. Y por supuesto, **cumplir con las normativas**, evitando riesgos como choques eléctricos o incendios.

Etapas del mantenimiento

Esto es lo que, con cuidado y método, debe contemplarse en cada intervención:

Limpieza

El primer paso siempre es retirar el polvo y la suciedad acumulada. Se puede usar una brocha suave, aspiradora especial o pistola de aire comprimido. Si hay grasa o mugre más intensa, toca aplicar **solventes dieléctricos** que limpian sin comprometer el aislamiento de los componentes.

Revisión y ajuste de conexiones

Aquí se revisan a fondo borneras, tornillos, conectores y terminales. La idea es **prevenir puntos calientes**, que muchas veces son causados por una simple conexión floja. También conviene inspeccionar los conductores de puesta a tierra: deben estar bien sujetos y con buena continuidad.

Pruebas eléctricas

No puede faltar la verificación técnica. Se realizan:

1. **Pruebas de continuidad y resistencia de aislamiento** en cables y dispositivos.
2. Revisión de **interruptores automáticos, fusibles, contactores u otros dispositivos de protección**, para confirmar que funcionan correctamente.
3. Si algo falla o se encuentra dañado, se debe reemplazar sin rodeos. Más vale prevenir que lamentar.

Revisión mecánica y detalles adicionales

Algunos paneles tienen mecanismos móviles que también deben inspeccionarse. Además, si la pintura anticorrosiva del gabinete presenta deterioro, conviene retocar o reparar esa capa protectora.

Registro y documentación

Todo lo que se revise, mida o repare debe quedar registrado. Esto incluye resultados de pruebas, observaciones, recomendaciones para intervenciones futuras y cualquier modificación de planos o esquemas eléctricos.

Puesta en servicio

Finalmente, el tablero se energiza de manera gradual. Se monitorean tensiones, corrientes y señales... y se presta especial atención a cualquier ruido anormal o comportamiento extraño. Si todo está en orden: ¡listo! El sistema vuelve al servicio.

¿Cada cuánto debe hacerse?

Depende del entorno y del tipo de instalación. Pero como recomendación general, el **mantenimiento preventivo** a tableros debe programarse cada **6 a 12 meses**, sobre todo en entornos críticos como colegios, hospitales o plantas industriales.

La verdad es que hacer este trabajo con juicio es una inversión en seguridad y tranquilidad. Un tablero bien mantenido evita interrupciones costosas y protege a quienes, día a día, confían en que todo funcionará con normalidad.

4.4 Revisión y mantenimiento de sistemas de puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra (SPT) puede no ser lo primero en lo que uno piensa al hablar de seguridad eléctrica, pero es clave. Es el encargado de “descargar” lo que no debería estar ahí: corrientes de falla, descargas atmosféricas o acumulación de voltaje que, si no se disipan adecuadamente, pueden hacer daño, tanto a las personas como a los equipos.

Por eso, mantener el SPT en buen estado no es solo un requisito técnico. Es una forma concreta de proteger vidas, cuidar la integridad de los dispositivos eléctricos y garantizar que todo funcione con la fiabilidad que se espera. Además, un mantenimiento adecuado asegura el cumplimiento de normativas como el **RETIE**, tanto en instalaciones eléctricas convencionales como en sistemas fotovoltaicos.

¿Qué busca el mantenimiento del sistema de puesta a tierra?

1. Hay que confirmar que la **resistencia eléctrica** se mantenga dentro de los límites permitidos por diseño y norma.
2. Prevenir problemas por **corrosión, desgaste mecánico** o conexiones deterioradas.
3. Evitar situaciones de **electrocución**, mal funcionamiento de protecciones o pérdida de eficiencia en equipos eléctricos sensibles.

Revisión del sistema

Este proceso debe hacerse de forma periódica, según el entorno y el riesgo eléctrico del lugar.

Inspección visual

1. Abrir la caja de registro y revisar cables, electrodos, barras y conexiones visibles.
2. Detectar señales de **corrosión, humedad, fisuras, cortes mecánicos** o aflojamiento.
3. Asegurarse de que las conexiones estén limpias, firmes y bien fijadas.
4. Revisar también que la **señalización esté visible** y en buen estado.

5. Revisión documental

6. Verificar que los **planos y registros** coincidan con lo que hay en campo.
7. Actualizar bitácoras de mantenimiento, adjuntar observaciones o cambios, y dejar constancia de cada intervención.

¿Qué incluye el mantenimiento?

Este puede incluir tanto acciones preventivas como correctivas, dependiendo de lo que se encuentre en la revisión.

Inspección inicial y limpieza

1. Retirar restos de tierra acumulada, basura o agua en la caja de inspección.
2. Limpiar bordes y conexiones con cuidado. Si es necesario, aplicar **compuestos antioxidantes** para prolongar la vida útil de los componentes metálicos.

Medición de resistencia

1. Usar un **telurómetro** para medir la resistencia de puesta a tierra. El valor debe cumplir con lo estipulado por diseño y normativa RETIE.
2. Registrar los resultados y compararlos con mediciones anteriores.
3. Si los valores están por fuera de rango, actuar: reemplazo o reacondicionamiento del electrodo, mejora del terreno circundante o ajustes de conexión.

Reparación y mejora de conexiones

1. Reapretar terminales flojos, limpiar superficies de contacto.
2. Reemplazar componentes que presenten oxidación, daños físicos o deterioro.
3. Si es necesario, rehacer **soldaduras exotérmicas** o conexiones certificadas para garantizar solidez y continuidad.

Registro de actividades

Todo lo que se haga debe quedar documentado:

Pruebas realizadas, resultados obtenidos, fotos del estado antes y después, y nombres de los responsables del trabajo.

Estos registros no solo garantizan trazabilidad; también sirven de guía para futuras revisiones.

¿Cada cuánto debe revisarse?

La frecuencia exacta puede variar, pero aquí van algunas recomendaciones generales:

Inspecciones visuales: al menos una vez al año.

Mediciones de resistencia: cada 1 a 3 años, según el tipo de instalación. Lugares con alta humedad, ambientes corrosivos o instalaciones críticas pueden requerir un monitoreo más frecuente.

4.5 Planificación y registro de mantenimiento

La planificación y el registro de las actividades de mantenimiento no son simples formalidades. La verdad es que, cuando se trata de instalaciones eléctricas y sistemas fotovoltaicos, estas acciones son el corazón de un funcionamiento seguro, eficiente y duradero. Si se hace bien, permite adelantarse a los problemas antes de que aparezcan, minimizar riesgos y cumplir con lo que exige la normativa colombiana, especialmente el **RETIE**.

Planificación del mantenimiento

Planificar es, en pocas palabras, **anticiparse**. Consiste en definir con tiempo qué se va a hacer, quién lo va a hacer, cuándo, cómo y con qué recursos. No se trata solo de tener una agenda, sino de diseñar una estrategia con sentido.

Entre los elementos clave que deben contemplarse están:

1. Elaborar un **plan anual de mantenimiento**, que especifique inspecciones, pruebas, limpiezas y ajustes tanto para la parte eléctrica como para el sistema solar.
2. Establecer la **frecuencia** de cada actividad dependiendo del tipo de instalación, condiciones de uso, recomendaciones del fabricante y experiencias anteriores. Por

ejemplo, un mantenimiento preventivo puede programarse cada 6 o 12 meses, mientras que las inspecciones visuales conviene hacerlas más seguido.

3. Asignar **responsables capacitados** para cada tarea. Es fundamental que quede claro quién ejecuta, quién supervisa y quién aprueba, especialmente cuando se trabaja con energía.
4. Coordinar con anticipación los **materiales, herramientas y repuestos**, para no dar pie a improvisaciones que pueden salir caras.
5. Programar las **paradas de servicio** necesarias e informar con tiempo a quienes puedan verse afectados, como estudiantes, docentes o personal administrativo.

Y, por supuesto, no olvidar incluir las **lecciones aprendidas**: las mejoras y correcciones detectadas en mantenimientos anteriores son oro puro y deben aprovecharse para avanzar hacia una gestión más eficiente.

Registro de actividades de mantenimiento

El mantenimiento que no se documenta... prácticamente no existió. Por eso, llevar un **registro organizado y detallado** es indispensable. No solo aporta trazabilidad y facilita auditorías, también prueba que el trabajo se está haciendo bien y conforme a la norma.

¿Qué deberías registrar?

1. Fecha y hora de cada intervención
2. Instalación, equipo o sistema trabajado
3. Descripción clara de la actividad: inspección, limpieza, reparación, prueba, ajuste, etc.

4. Nombre del personal que ejecutó y supervisó
5. Resultados de pruebas (como resistencia de aislamiento o puesta a tierra)
6. Observaciones, fallas detectadas y correcciones hechas
7. Recomendaciones para próximas intervenciones
8. Y, fundamental: la firma del responsable

Además, es buena práctica utilizar formatos estandarizados que faciliten la organización y eviten que se olviden aspectos importantes. Pueden ser formularios digitales o físicos, hojas de Excel, o programas específicos de gestión de mantenimiento. Algunas herramientas útiles incluyen:

1. **Checklists** por tipo de tarea, que ayudan a no pasar nada por alto.
2. **Fotografías del estado “antes y después”**, especialmente en reparaciones o intervenciones mayores.
3. **Actualización de planos y documentación técnica** cada vez que hay una modificación en la instalación.
4. **¿Por qué es tan importante el registro?**
5. Porque permite **programar y ajustar futuras acciones** con base en datos reales.
6. Porque ayuda a **identificar patrones**, como fallas recurrentes o puntos débiles.
7. Porque es útil para **demostrar cumplimiento**, ante auditorías internas o visitas de entes reguladores.

8. Y, sobre todo, porque aporta a una gestión más segura y confiable, tanto para las personas como para los equipos.

5. MANTENIMIENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

5.1 Componentes principales del sistema fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico está compuesto por varios elementos que trabajan en conjunto para captar la energía solar y transformarla en electricidad utilizable. Los principales componentes son:

1. Paneles solares (módulos fotovoltaicos)

Son el corazón del sistema. Están formados por células de silicio (monocristalino o policristalino) que capturan la radiación solar y la convierten en electricidad en forma de corriente continua (CC)(*Sistemas Fotovoltaicos: Que Son, Componentes, Dimensiones, Tipos e Instalación* | *SunFields*, n.d.). Los paneles se montan sobre estructuras de soporte resistentes, orientadas para maximizar la captación solar

2. Inversor solar

Convierte la corriente continua generada por los paneles en corriente alterna (CA), que es la forma de electricidad utilizada por la mayoría de los equipos y la red eléctrica. Es un componente esencial para sistemas conectados a red y para autoconsumo

3. Estructuras de soporte

Sostienen y fijan los paneles solares a cubiertas, suelos u otras superficies. Están fabricadas con materiales resistentes a la intemperie y aseguran la correcta inclinación y orientación de los módulos para un rendimiento óptimo.

4. Regulador o controlador de carga

Gestiona el flujo de energía entre los paneles, las baterías y el inversor. Su función principal es proteger las baterías contra la sobrecarga y sobre descarga, prolongando su vida útil y mejorando la eficiencia del sistema

5. Cableado y conectores

El cableado especializado transporta la energía entre los distintos componentes (paneles, inversor, baterías, puntos de consumo). Los conectores deben ser apropiados para exteriores y cumplir con normas internacionales de seguridad eléctrica

6. Sistemas de protección y conexión a tierra

Incluyen interruptores, fusibles, pararrayos y sistemas de puesta a tierra, vitales para la protección de los equipos y las personas frente a sobrecargas, cortocircuitos y descargas eléctricas

7. Equipos de monitorización

Permiten vigilar en tiempo real el rendimiento y funcionamiento del sistema, detectar fallas y optimizar la operación mediante aplicaciones o pantallas integradas

5.2 Limpieza y cuidado de paneles solares

La limpieza y el cuidado de los paneles solares no son simplemente un detalle estético: son esenciales para que el sistema fotovoltaico rinda al máximo. Y es que, aunque no lo parezca, una capa de polvo, unas cuantas hojas o algo tan cotidiano como los excrementos de aves pueden reducir de forma notable la generación de energía. Por eso, establecer un programa regular de limpieza no es un lujo, sino una necesidad.

¿Por qué es tan importante limpiar los paneles?

1. Para eliminar todo lo que bloquea los rayos del sol: tierra, polen, hollín, insectos...
2. Para evitar manchas o corrosión que, con el tiempo, pueden dañar la superficie del vidrio.
3. Para detectar a tiempo daños pequeños, como grietas o desprendimientos, antes de que se vuelvan un problema mayor.
4. Y, claro, para que los paneles se mantengan en condiciones óptimas, produciendo la mayor cantidad de energía posible.

¿Cómo se limpian?

1. Primero, la seguridad

La verdad, ningún mantenimiento vale más que la seguridad personal. Así que:

Haz la limpieza **temprano en la mañana** o **al final de la tarde**, cuando los paneles estén frescos y el sol no esté tan fuerte. Así evitas quemaduras, choques térmicos y superficies demasiado calientes o resbalosas.

Si el sistema lo requiere, desconéctalo siguiendo los protocolos adecuados.

Usa siempre **equipo de protección personal**: guantes, casco, calzado antideslizante y arnés en caso de trabajar en altura.

2. Materiales recomendados

Nada de químicos agresivos ni materiales abrasivos. Lo ideal es mantener la limpieza suave y segura:

- Agua limpia (mejor si es **desmineralizada** para evitar manchas de cal).
- Esponja blanda o cepillo de cerdas suaves.
- Paños de microfibra o limpiavidrios no abrasivos.
- Cubeta o recipiente para el agua.

Nunca uses detergentes fuertes, herramientas metálicas, chorros de alta presión o agua caliente/fría sobre paneles calientes/fríos. Pueden dañar el vidrio y los sellos del módulo.

3. Paso a paso

- Retira manualmente hojas, ramas o partículas grandes.
- Enjuaga todo el panel con agua para soltar el polvo ligero.
- Con una esponja húmeda, **limpia suavemente** la superficie del panel. El objetivo es retirar suciedad sin rayar el vidrio.
- Vuelve a enjuagar con agua limpia para eliminar restos.

Si es necesario, seca la superficie con un paño de microfibra, sobre todo en zonas donde el agua es muy dura.

Al terminar, da una última mirada para asegurarte de que no hayan quedado manchas, marcas o residuos visibles.

¿Cada cuánto tiempo se recomienda limpiar?

Ambientes limpios (zonas rurales sin mucho polvo): entre **6 y 12 meses**.

Áreas urbanas, agrícolas o polvorientas: conviene hacerlo cada **3 a 6 meses**.

Después de tormentas, lluvias intensas, o caída de residuos importantes, realiza una revisión y limpieza apenas sea seguro hacerlo.

Cuidados y observaciones extra

Aprovecha cada limpieza para **revisar detalladamente los módulos**: busca grietas, partes sueltas, delaminaciones o cualquier anomalía.

Nunca te apoyes ni pongas peso sobre los paneles. Aunque parezcan firmes, no están diseñados para cargar tu peso.

Revisa también la estructura de soporte y asegúrate de que esté **limpia, bien fijada y sin signos de corrosión**.

Evita limpiar con prisa. A veces, un par de minutos extra pueden ayudarte a notar algo que, de otra forma, pasaría desapercibido.

5.3 Inspección y mantenimiento del cableado y conexiones

La revisión y el mantenimiento del cableado en un sistema fotovoltaico no son pasos opcionales: son esenciales para que todo funcione de manera segura, eficiente y confiable a lo largo del tiempo. Y es que basta con un cable en mal estado o una conexión floja para que aparezcan problemas serios: sobrecalentamientos, pérdidas de energía, fallas inesperadas o en el peor de los casos, incendios.

Por eso, más allá del diseño y la instalación, el cuidado del cableado es lo que mantiene con vida al sistema. Si lo pensamos bien, son como las venas del sistema solar: invisibles a simple vista, pero vitales para que todo fluya correctamente.

Inspección del cableado y las conexiones

Inspección visual

Una buena revisión comienza con los sentidos. Esto es lo que deberías observar en cada visita:

Revisión de integridad: Examina con calma el estado del aislamiento. Busca cortes, peladuras, quemaduras, coloraciones extrañas o zonas que se sientan rígidas o agrietadas. Todo eso puede indicar desgaste o envejecimiento.

Estado de las conexiones: Asegúrate de que estén bien ajustadas, limpias y sin rastro de óxido o sulfatación. Una conexión floja puede parecer un detalle menor... pero no lo es.

Orden y fijación: Los cables deben estar bien sujetos, organizados y, sobre todo, libres de tensiones, dobleces extremos o zonas aplastadas. Un cable forzado hoy puede ser un problema mañana.

Atención a la humedad: Revisa si hay señales de humedad, filtraciones o condensación, en especial en cuadros eléctricos, cajas de conexión o canaletas.

Verificación en cajas: Abre y revisa el interior. Busca cinta aislante vieja o mal colocada, empalmes sueltos o marcas de calor. A veces las señales están ahí, esperando a ser vistas.

Inspecciones técnicas

Además de lo visual, hay pruebas que permiten ir más al fondo:

Prueba de continuidad: Verifica que haya paso eléctrico sin interrupciones de un extremo al otro del cable.

Prueba de aislamiento: Usa un megaóhmmetro para comprobar la resistencia entre conductores y tierra. Si el valor es muy bajo, el aislamiento está comprometido.

Termografía (si está disponible): En instalaciones más grandes, la cámara termográfica permite detectar puntos calientes invisibles a simple vista, lo que puede indicar una conexión deficiente o sobrecarga.

¿Cada cuánto hacerlo?

Como mínimo, se recomienda una **inspección visual cada 6 a 12 meses**, aunque en ambientes industriales o con condiciones más agresivas, es mejor acortar los tiempos. Las **inspecciones técnicas** pueden realizarse **anualmente**, o con mayor frecuencia dependiendo de la carga del sistema y su importancia.

Mantenimiento del cableado y conexiones

Actividades preventivas

Limpieza general: Retira el polvo o suciedad con un paño seco o aire comprimido. Evita líquidos, a menos que sean productos aprobados para eléctricos.

Reapriete de terminales: Ajusta tornillos, conectores y bornes en tableros. Un solo tornillo flojo puede desencadenar una cadena de fallos.

Cambio de componentes dañados: No esperes a que fallen por completo. Si un cable está quemado o un conector muestra signos de corrosión, reemplázalos al instante.

Refuerzo del aislamiento: Cambia la cinta aislante vieja, deteriorada o mal aplicada. También sustituye tramos de ductos o canaletas rotas.

Señalización clara: Verifica que todos los cables estén correctamente identificados y etiquetados, según los planos eléctricos. Esto ahorra tiempo y evita errores en futuras intervenciones.

Actividades correctivas

Correcciones inmediatas: Lo que se detecta dañado, se repara sin demoras. Sea un sobrecalentamiento, una desconexión o una conexión oxidada, lo importante es actuar pronto y con criterio técnico.

Registro completo: Documenta cada acción. Incluye quién realizó el trabajo, la fecha, lo que se reparó y si quedó alguna recomendación para seguimiento.

La verdad es que dedicar tiempo a revisar y cuidar el cableado puede parecer tedioso al principio, pero a largo plazo, es una de las mejores inversiones que puedes hacer por la salud de tu sistema fotovoltaico. Al fin y al cabo, una instalación segura no depende solo del sol, sino de cómo cuidamos los detalles que lo conectan todo.

5.4 Mantenimiento de inversores y reguladores

El mantenimiento regular de inversores y reguladores no es solo una buena práctica es una necesidad si queremos que nuestro sistema fotovoltaico funcione al máximo de su capacidad, de forma segura y durante muchos años. Y es que estos equipos, aunque robustos, no son inmunes al paso del tiempo, al polvo, al calor ni a algún que otro despiste. A continuación, te compartimos las mejores prácticas inspiradas tanto en normativa técnica como en la experiencia de quienes trabajan con estos sistemas a diario.

Mantenimiento de inversores

Los inversores hacen un trabajo silencioso pero vital: convierten la corriente continua (CC) que generan tus paneles solares en corriente alterna (CA), esa que usamos todos en casa o en la industria.

Si algo falla aquí, las consecuencias van desde una bajada en la producción energética, hasta fallas costosas que pueden comprometer la seguridad del sistema. Por eso, vale la pena cuidar este equipo como si fuera el corazón de tu instalación (porque, en realidad, lo es).

Se recomienda realizar el siguiente procedimiento:

1. Inspecciones visuales periódicas

Echa un vistazo al equipo de vez en cuando. ¿Ves grietas? ¿Áreas oxidadas? Si la carcasa muestra daños, hay que actuar.

Revisa también las rejillas y ventiladores. El polvo o alguna telaraña pueden parecer inofensivos, pero podrían estar impidiendo que el equipo respire bien.

Además, intenta mantener el área alrededor del inversor limpia y sin obstáculos. La ventilación es clave.

2. Limpieza general

Usa un paño seco o apenas húmedo para limpiar el exterior. Nada de líquidos dentro, por favor.

Si ves acumulación de polvo en las rejillas, un cepillo suave o una aspiradora en modo suave pueden ser tus mejores aliados.

3. Verificación de conexiones eléctricas

Apretar los terminales y revisar bornes no parece gran cosa... hasta que un cable flojo causa un fallo grave.

Si observas terminales oxidados o sueltos, sustitúyelos sin demora.

4. Pruebas funcionales

Mira las luces indicadoras. Si alguna está en rojo o parpadeando raro, es momento de investigar.

Echa un vistazo a los registros: los datos de producción, los códigos de fallas o el monitoreo remoto (si lo tienes) pueden contar mucho sobre lo que ocurre puertas adentro.

También puedes hacer pruebas de voltaje y corriente para asegurarte de que todo se mantenga dentro de lo “normal”, según lo indica el fabricante.

5. Actualizaciones y mantenimiento profesional

Algunos inversores permiten actualizar el firmware, algo clave si el fabricante lo recomienda.

Al menos una vez al año, vale la pena llamar a un técnico para una revisión más profunda. Como si llevaras tu coche al taller: no por capricho, sino por previsión.

6. Seguridad, ante todo

Nunca manipules el inversor sin antes apagarlo y desconectarlo completamente.

Usa siempre protección personal adecuada (guantes, gafas, etc.) y sigue al pie de la letra lo indicado en el manual del fabricante.

Recuerda: no hay energía más valiosa que la que te mantiene a salvo.

Mantenimiento de reguladores

Puede que tu sistema on-grid no tenga regulador como tal, ya que muchas funciones vienen ya integradas en el inversor. Pero si tienes un sistema híbrido, aislado o con baterías, los reguladores de carga juegan un rol esencial.

Y como cualquier componente eléctrico, también necesitan cariño y atención.

¿Qué incluye su mantenimiento?

1. Inspección regular (anual o semestral)

Verifica que las ranuras de ventilación estén limpias. Nada de polvo acumulado o pelusas colándose donde no deben.

Las conexiones deben estar firmes y libres de óxido o calor excesivo (ese olor raro a “quemado eléctrico” no es normal).

También es importante revisar los indicadores o mensajes en pantalla. Si hay luces parpadeando o mensajes de advertencia, no los ignores.

2. Pruebas eléctricas básicas

Mide voltajes y corrientes de entrada y salida. Aunque parezca técnico, basta con saber si está todo dentro de lo recomendado. Si no lo está, ahí hay algo que merece revisión.

3. Limpieza

Usa solo un paño seco para limpiar el equipo, sin líquidos.

Y si es absolutamente necesario, puedes usar aire comprimido para eliminar alguna acumulación de polvo. Pero con cuidado y sin exagerar.

4. Mantenimiento correctivo

Si notas corrosión, terminales rotos o cualquier otro síntoma fuera de lo común, no lo dejes pasar. Llamar a un profesional y resolver la falla antes de que escale.

¿Cada cuánto se debe hacer mantenimiento?

Esto depende bastante del entorno. No es lo mismo tener el sistema en una zona árida y polvorienta, que en una oficina con aire acondicionado. Pero como regla general:

Inspecciones visuales: una vez al mes en lugares exigentes o cada 3 a 6 meses en ubicaciones normales.

Limpieza y verificación de conexiones: una o dos veces al año. Si hay mucha humedad o polvo, más seguido.

Revisiones profesionales: por lo menos una vez al año. Aunque el sistema parezca estar bien, una mirada experta siempre suma.

5.5 Verificación de estructuras y soportes

Verificar las estructuras y soportes de un sistema fotovoltaico puede parecer algo menor pero la verdad es que es vital. No solo se trata de asegurarse de que todo está en su lugar, sino de cuidar la seguridad, la eficiencia energética y, en muchos casos, de evitar sorpresas desagradables. Porque sí, un simple tornillo flojo o una base agrietada puede terminar afectando la producción energética, o peor aún, poniendo en riesgo la instalación.

Y es que estos sistemas están a la intemperie, enfrentándose día tras día al sol, al viento, a la lluvia y, en ocasiones, hasta a condiciones extremas. Por eso, un buen mantenimiento, aunque a veces se sienta como algo rutinario puede marcar la diferencia a largo plazo.

¿Qué buscamos al hacer estas verificaciones?

Hay algunos objetivos que vale la pena tener siempre presentes:

5. Comprobar que la estructura se mantenga firme, sin deformaciones o señales de debilidad.
6. Detectar a tiempo señales de pérdida de material por corrosión, desgaste o impactos.
7. Hay que asegurarnos de que tornillos, anclajes y pernos no estén flojos o mal ajustados.
8. Y muy importante: confirmar que la orientación de los paneles no haya cambiado. Porque incluso unos grados mal puestos pueden afectar la captación de energía más de lo que solemos imaginar.

Procedimientos recomendados

1. Inspección visual periódica

Aquí no hace falta ser un experto para comenzar. Una buena observación puede revelar mucho más de lo que parece a simple vista.

Recorre visualmente toda la estructura. Fíjate si hay puntos oxidados, grietas finas, dobleces que no estaban antes o piezas que hayan perdido su forma original.

Presta atención a piezas que parecen “plantadas” pero que en realidad están sueltas o desplazadas. A veces, el viento o vibraciones constantes hacen su trabajo de forma lenta pero constante.

Y no olvides echarle un ojo serio a la base: superficies con hundimientos, pequeñas grietas o movimiento pueden ser señales tempranas de un problema estructural más grande.

2. Verificación de fijaciones y uniones

Aunque no lo parezca, uno de los puntos que más suele fallar con el tiempo está en los detalles más pequeños: los tornillos, tuercas y pernos.

Asegúrate de que todo esté bien apretado. Si algún elemento se ve flojo o desgastado, es mejor cambiarlo cuanto antes.

Verifica también que estén presentes todos los componentes de seguridad, como arandelas o tuercas autoblocantes. Son fáciles de pasar por alto, pero cumplen un rol crucial para evitar aflojamientos por vibraciones o cambios térmicos.

3. Revisión de alineación y orientación

Este paso es más técnico, pero no por eso menos importante.

Evalué que la inclinación y la orientación de los paneles se mantengan como al principio. Un pequeño desvío, incluso imperceptible a simple vista, puede reducir la captación solar más de lo que crees.

Si los soportes permiten ajustes manuales o son móviles, asegure de que todo haya quedado bien bloqueado tras una intervención. A veces, por rapidez o descuido, se olvida ese “clic” o ese “apriete final” que evita que el panel se resbale o se desvíe con el viento.

4. Control de corrosión y protección superficial

Revisar el estado de la pintura anticorrosiva o recubrimientos protectores, especialmente en ambientes salinos o industriales.

Realizar limpieza de las estructuras y aplicar productos anticorrosivos o renovar la pintura según el desgaste observado.

5. Revisión de interferencias y seguridad

Asegurarse de que no existan objetos extraños, vegetación o residuos que puedan interferir con la estructura o el movimiento de los paneles (en sistemas orientables).

Comprobar que todos los accesos, pasarelas y barreras de protección estén en buen estado y correctamente fijados.

Frecuencia recomendada

Realizar una inspección visual y de ajuste general al menos una vez al año, o con mayor frecuencia en ambientes con alta corrosión o exposición a vientos fuertes.

Realizar inspecciones adicionales después de eventos meteorológicos extremos (tormentas, sismos, vientos intensos) o trabajos de modificación/expansión de la instalación

5.6 Frecuencia recomendada de mantenimiento

La respuesta corta es: “depende”.

La larga es que todo influye el tipo de instalación, el entorno en el que opera y hasta qué tanto se usa. Pero no te preocupes, para ayudarte, acá te dejamos una guía práctica con las recomendaciones más comunes, basadas en normativa actual y, claro, la experiencia acumulada por técnicos del sector.

Instalaciones eléctricas en general

Aunque muchas veces pasen desapercibidas, las instalaciones eléctricas son la columna vertebral de cualquier sistema solar. Si algo falla allí, el problema puede escalar rápido.

Inspecciones visuales básicas

Lo recomendable es hacer al menos una revisión visual al año, sin importar si se trata de una casa, un comercio o una planta industrial.

Revisar que enchufes, interruptores, tableros y cableado no presenten signos de desgaste, quemaduras o corrosión. A veces, una pequeña señal visual te puede prevenir un gran dolor de cabeza.

Mantenimiento preventivo y pruebas técnicas

Cositas como la resistencia eléctrica, la continuidad de los conductores o el aislamiento no se ven a simple vista, pero tienen un rol fundamental.

Residencial: Cada 5 años está bien, salvo que notes algo raro (olor a quemado, cortes frecuentes, chispazos) o hayas hecho reformas recientes.

Comercial: Cada 3 a 5 años según uso e intensidad.

Industrial: Aquí se requiere más atención —mínimo una vez al año, y en algunos casos, cada seis meses. Además del mantenimiento normal, se suelen incluir mediciones eléctricas y análisis con termografía para detectar puntos calientes o sobrecargas invisibles.

Revisiones extraordinarias

Después de eventos fuertes (como tormentas eléctricas, apagones, o cuando se hace una

ampliación), un chequeo no viene nada mal. Más vale pasar 30 minutos revisando, que semanas reparando.

Sistemas fotovoltaicos on-grid

Aunque suelen necesitar poco mantenimiento, no significa que puedas olvidarte de ellos por completo.

Limpieza de paneles solares

La acumulación de polvo, hollín o excremento de aves no solo afea tu instalación, también puede reducir el rendimiento más de lo que creés.

En zonas urbanas limpias: Con dos limpiezas al año suele ser suficiente.

En zonas con polvo, industrias cercanas o mucho tráfico: Lo ideal sería cada 3 a 6 meses. Incluso podría ser necesario después de una tormenta fuerte o si ves que la suciedad es evidente.

Un buen ejemplo: Si ves la superficie del panel opaca o con manchas visibles desde el suelo, seguro ya es hora de una limpieza.

Inspección y mantenimiento eléctrico/estructural

Esto va más allá de limpiar. Se trata de revisar que el “sistema nervioso” del arreglo esté funcionando como debe.

Al menos una vez al año, un técnico calificado debería revisar cableado, conexiones, el inversor y la estructura que sostiene los paneles.

Si el sistema ya pasó los 5 años o está instalado en un ambiente “difícil” (por clima, polvo, humedad o vandalismo), lo mejor es hacer estas revisiones incluso cada 6 meses.

Pruebas eléctricas complementarias

Hay pruebas un poco más técnicas, pero necesarias para asegurar el buen comportamiento de todo el sistema.

Medición de la resistencia de puesta a tierra: Cada 2 años está bien en la mayoría de los casos. De todas maneras, conviene seguir las normativas locales o ajustar la frecuencia si el entorno lo exige (por ejemplo, zonas muy lluviosas o con suelos muy secos).

Revisar la caída de tensión, cuadros de distribución y estructuras mecánicas: Esto debería hacerse una vez al año, aunque si en alguna inspección surge algo extraño, esas revisiones pueden ser más frecuentes.

6. PLAN DE MANTENIMIENTO INTEGRAL

6.1 Mantenimiento preventivo: actividades y periodicidad

El mantenimiento preventivo es la mejor estrategia para asegurar la seguridad, eficiencia y vida útil prolongada de instalaciones eléctricas y sistemas fotovoltaicos. Consiste en tareas programadas y sistemáticas que se anticipan a fallas o deterioros y cumplen con la normatividad colombiana (RETIE, NTC 2050).

1. Instalaciones eléctricas:

El plan de mantenimiento debe esta contener los siguientes aspectos básicos, verificar desgaste, daños, humedad, puntos calientes, conexiones flojas o señales de sobrecalentamiento además de:

Pruebas eléctricas

Realizar mediciones de aislamiento, continuidad y operación de protecciones (interruptores, diferenciales, fusibles).

Limpieza de tableros y paneles eléctricos

Retirar polvo, telarañas y residuos del interior y exterior de los tableros, asegurando la ventilación adecuada y detectando humedad o corrosión.

Ajuste y reapriete de terminales

Revisar conexiones eléctricas, apretar torniquetes y bornes para evitar puntos calientes.
Reemplazar componentes dañados.

Revisión de puesta a tierra

Verificar integridad de conexiones, ausencia de corrosión y medir resistencia del sistema de tierra.

Verificación de luminarias y tomacorrientes

Cambiar elementos defectuosos o deteriorados, revisando el estado de difusores y portalámparas.

2. Sistema fotovoltaico

Limpieza de paneles solares

Quitar polvo, hojas y residuos con agua y esponjas suaves para maximizar la captación solar.

Inspección de módulos y estructuras

Revisar fisuras, golpes, deformaciones, estabilidad y alineación de las estructuras.

Verificación de cableado y conexiones

Inspeccionar cables, conectores MC4, cajas de conexión y protecciones. Encintar o reemplazar si hay deterioro.

Mantenimiento de inversor

Limpiar exteriores, verificar indicadores, memoria de fallos, ventilación y funcionamiento general.

Revisión de protecciones y sistema de tierra

Comprobar estado y funcionamiento de interruptores, fusibles y la correcta conexión a tierra del sistema.

Pruebas de monitoreo

Verificar datos de producción, comparar con valores esperados y revisar alertas en el sistema de monitoreo.

Periodicidad recomendada

Tabla 1

Periodicidad de tiempo recomendada para el mantenimiento

Actividad	Periodicidad sugerida
Inspección visual general	Anual (mínimo) o cada 6 meses
Limpieza de tableros/paneles eléctricos	Cada 6-12 meses
Pruebas eléctricas (aislamiento, continuidad)	Anual o según criticidad
Limpieza de paneles fotovoltaicos	2 veces/año
Revisión de estructura y fijaciones FV	Anual o tras eventos climáticos importantes
Medición de resistencia de puesta a tierra	Cada 1-2 años
Comprobación del inversor y monitoreo	Anual

6.2 Mantenimiento correctivo: procedimientos y registro

El **mantenimiento correctivo** es el conjunto de acciones destinadas a identificar, diagnosticar y reparar fallas o anomalías que afectan la operación segura y confiable de las instalaciones eléctricas y sistemas fotovoltaicos. Su correcta aplicación reduce tiempos de inactividad, previene incidentes graves y asegura la continuidad del servicio conforme a la normativa colombiana.

Procedimientos de mantenimiento correctivo

1. Detección y notificación de la falla

La identificación puede realizarse por aviso del usuario, inspección visual, monitoreo remoto o alerta de alarmas.

La falla debe ser registrada y comunicada al responsable técnico para evaluación inmediata.

2. Diagnóstico

Clasificar la falla (parcial o total, eléctrica o mecánica, emergencia o programable).

Realizar inspección visual y, si es necesario, pruebas técnicas (continuidad, aislamiento, medición de voltajes o corrientes).

Revisar histórico de mantenimiento y características del equipo afectado.

3. Planificación de la intervención

Aplicar protocolos de seguridad: desenergizar, señalizar y delimitar la zona, seguir las 5 Reglas de Oro.

Definir el personal a intervenir, recursos y repuestos requeridos.

Evaluar si se requiere parada de la instalación o trabajo en línea bajo condiciones controladas.

4. Ejecución de la reparación

Ejecutar la reparación o reemplazo del elemento defectuoso (cable, terminal, dispositivo de protección, módulo fotovoltaico, inversor, etc.).

Comprobar el correcto estado de las conexiones eléctricas y mecánicas.

Realizar pruebas post-reparación para verificar la solución definitiva (tensión, continuidad, señal indicadora de funcionamiento).

5. Restablecimiento y verificación

Energizar progresivamente la instalación.

Verificar la normalidad de la operación, monitorear posibles alarmas o eventos inusuales.

Notificar al usuario y devolver la instalación a su estado operativo.

6. Informe del mantenimiento realizado

Al devolver la instalación a su estado operativo se debe realizar un informe además de llenar el formato anexo en este manual, el formato debe llevar lo mostrado en la siguiente tabla.

Tabla 2

Datos que debe contener el formato de mantenimiento

Dato	Descripción
Fecha y hora	De la detección, inicio y finalización del trabajo
Instalación/equipo intervenido	Identificación clara y localización
Descripción de la falla	Condiciones al momento de la detección
Diagnóstico realizado	Pruebas, inspección y causas determinadas
Acciones correctivas	Detalle de la reparación, cambios y pruebas
Personal responsable	Nombre(s) y firma(s) del técnico(s)
Resultados de prueba final	Mediciones, fotos y observaciones
Recomendaciones	Acciones preventivas, revisión de ciclos, sugerencias
Seguimiento	Si aplica, fechas para revisiones posteriores

7. SEGURIDAD Y BUENAS PRÁCTICAS

7.1 Uso adecuado de herramientas y equipos

El uso adecuado de herramientas y equipos es un aspecto clave en el mantenimiento de instalaciones eléctricas y sistemas fotovoltaicos, ya que garantiza la seguridad del personal, la integridad de los componentes y el cumplimiento de la normativa vigente en Colombia (RETIE, NTC 2050). Un manejo inadecuado puede provocar accidentes, daños en la instalación o fallas en el sistema a largo plazo.

Principios básicos para el uso correcto

Selección adecuada: Utiliza siempre herramientas y equipos destinados específicamente para trabajos eléctricos, que cumplan con normas de calidad y aislamiento requeridas.

Inspección previa: Antes de cada uso, inspecciona las herramientas para descartar fisuras, partes dañadas, desgaste o contaminación por aceite, agua o polvo.

Herramientas aisladas: Usa destornilladores, alicates, pinzas, llaves y pelacables con mangos aislantes certificados para trabajos bajo tensión o cerca de componentes energizados.

Equipos calibrados: Los instrumentos de medición (multímetros, mega óhmetros, detectores de tensión) deben estar debidamente calibrados y con certificados al día.

Herramienta en buen estado: No utilices herramientas improvisadas, reparadas de forma casera o con partes sueltas; reemplaza inmediatamente las defectuosas.

Limpieza y almacenamiento: Limpia las herramientas y equipos tras cada uso y almacénalos en lugares secos, seguros y protegidos de la contaminación.

Manual del fabricante: Sigue siempre las instrucciones y recomendaciones del fabricante para el uso, mantenimiento y resguardo de equipos especializados como inversores, analizadores de redes o sistemas de monitoreo.

Identificación y señalización: Marca las herramientas y equipos para evitar su mal uso o pérdida y para asegurar su trazabilidad en inspecciones de seguridad.

Transporte seguro: Utiliza portaherramientas adecuados o maletines dieléctricos para desplazar las herramientas a áreas de trabajo, evitando caídas o golpes.

Buenas prácticas específicas

1. Para sistemas fotovoltaicos:

Usa herramientas de crimpado especializadas para conectores solares (MC4) y sigue los pares de apriete recomendados.

Emplea llaves dinamométricas para asegurar el ajuste adecuado de pernos en estructuras y soportes.

No limpies los paneles solares con esponjas metálicas ni utilices herramientas abrasivas en ninguna parte del sistema.

2. Durante trabajos en altura:

Utiliza arneses de seguridad y líneas de vida certificados.

Asegura las herramientas con correas o sistemas anticaídas.

3. Equipos móviles o eléctricos portátiles:

Realiza inspecciones eléctricas periódicas de los cables y enchufes.

Utiliza siempre herramientas portátiles con doble aislamiento.

4. Capacitación y responsabilidad

Todo el personal debe estar capacitado en el manejo correcto y seguro de las herramientas y equipos que usa, incluyendo prácticas de mantenimiento, inspección y reporte de riesgos, conforme a la política de seguridad de la organización y la normativa colombiana aplicable.

El uso adecuado y responsable de las herramientas y equipos reduce accidentes, maximiza la vida útil de la infraestructura y contribuye al cumplimiento efectivo del plan de mantenimiento en instalaciones eléctricas y sistemas fotovoltaicos.

7.2 Gestión de residuos y cuidado ambiental

La gestión responsable de residuos y el cuidado ambiental son aspectos críticos en el mantenimiento de instalaciones eléctricas y sistemas fotovoltaicos. Estas acciones aseguran la protección del entorno, el cumplimiento de la normativa colombiana y la sostenibilidad de las operaciones.

Principios fundamentales

Clasificación de residuos: Diferenciar y separar residuos peligrosos (por ejemplo, aceites, baterías, lámparas con mercurio, cables contaminados) de los residuos comunes (empaques, cartón, metales no contaminados).

Gestión de residuos peligrosos: Manipular y almacenar bajo condiciones controladas todos los residuos que puedan generar daños al ambiente o a la salud, cumpliendo con la Resolución 1362 de 2007 y la Ley 1672 de 2013 sobre residuos eléctricos y electrónicos (RAEE).

Manejo de materiales reciclables: Recuperar y destinar a reciclaje materiales como metales, plásticos y vidrio provenientes de la sustitución de componentes eléctricos o fotovoltaicos, siguiendo las rutas de reciclaje autorizadas.

Almacenamiento adecuado: Los residuos deben depositarse en recipientes o lugares adecuados, debidamente rotulados, impermeabilizados y protegidos, evitando filtraciones o contacto con agua, suelos y personas no autorizadas.

Transporte y disposición final: Entregar los residuos peligrosos o de manejo especial a empresas certificadas para su transporte y disposición según la normativa ambiental local y nacional.

Documentación: Mantener registros detallados de generación, manejo, entrega y disposición final de los residuos, facilitando trazabilidad y auditoría.

Prácticas recomendadas en instalaciones eléctricas y fotovoltaicas

Recolectar y gestionar por separado restos de cables, piezas metálicas, luminarias, fusibles y equipos electrónicos fuera de servicio.

Evitar la quema, vertido o abandono de materiales eléctricos en cualquier sitio no autorizado.

Gestionar de forma especial los residuos de equipos con sustancias peligrosas (aceites dieléctricos, transformadores, luminarias con mercurio, módulos fotovoltaicos rotos).

Promover el uso de insumos y materiales respetuosos con el ambiente (libres de plomo, reciclables, de bajo impacto).

Capacitar periódicamente al personal técnico en gestión ambiental y manipulación segura de residuos.

Aplicar procedimientos correctos para la contención y limpieza en caso de derrames o contaminación accidental.

Beneficios y cumplimiento normativo

1. Aplicar una buena gestión de residuos y cuidado ambiental permite:
2. Cumplir con el **RETIE**, la Ley 1672 de 2013, la Resolución 1362 de 2007 y la normativa ambiental colombiana.
3. Prevenir la contaminación del suelo, aire y agua, y los riesgos sanitarios asociados.
4. Facilitar la certificación ambiental o cumplimiento de normas ISO 14001 para la organización.
5. Contribuir a la economía circular y la sostenibilidad de los recursos.

La incorporación de estas prácticas en el manual y su aplicación diaria es fundamental para asegurar que el mantenimiento eléctrico y fotovoltaico se realice no solo de forma segura y eficiente, sino también responsable y sostenible

8. ANEXOS

8.1 Formularios para mantenimiento

Tipo de mantenimiento		Preventivo: _____			
		Correctivo: _____			
Ubicación de la inspección:					
Fecha:					
Encargado de la inspección:					
Ítem a Inspeccionar	Condición	Observaciones	Acciones Realizadas	Responsable	Fecha de Ejecución
Estado general de los conductores	Bueno []				
	Regular []				
	Malo []				
Aislamiento	Bueno []				
	Regular []				
	Malo []				
Conexiones y terminales	Firmes []				
	Flojas []				
	Corroídas []				
Cortes, peladuras	Si []				
	No []				
Presencia de humedad o corrosión	Si []				
	No []				
Estado general de los tableros, cajas y canalizaciones	Bueno []				
	Regular []				
	Malo []				
Observaciones Adicionales					
Firma del encargado de la inspección:					

8.2 Contactos de emergencia

Se deber tener los contactos de emergencia de los entes correspondiente, se recomienda que los datos del contacto deben estar a simple vista de manera clara y con los contactos actualizados. A continuación, se muestran los contactos actualizados de los entes correspondiente mas cercanos.

Tabla 3

Contactos entes de emergencia

Entidad o servicio	Teléfono	Observaciones
Bomberos	119	Emergencias por incendios o rescates
Policía Nacional	123	Seguridad, incidentes críticos
Ambulancia/Sistema de salud	125	Atención médica y primeros auxilios
Operador local de energía	Consultar factura	Reporte de fallas en suministro eléctrico
Defensa Civil	144	Apoyo en desastres naturales o evacuaciones

8.3 Glosario de términos técnicos

A

Aislamiento eléctrico: Material que impide el paso de la corriente eléctrica entre conductores o hacia la tierra.

Amperio (A): Unidad de medida de la corriente eléctrica.

Arco eléctrico: Descarga eléctrica visible que ocurre cuando la corriente salta entre dos conductores o puntos a diferentes potenciales.

B

Barraje o barra colectora: Conductor rígido, generalmente de cobre o aluminio, utilizado en tableros eléctricos para distribuir la energía a diferentes circuitos.

C

Circuito eléctrico: Conjunto de elementos interconectados por donde fluye la corriente eléctrica.

Cortocircuito: Conexión directa e inesperada entre dos conductores, que genera un flujo elevado de corriente y puede causar daños o incendios.

Corriente alterna (CA): Corriente eléctrica que cambia de dirección periódicamente.

Corriente continua (CC): Corriente eléctrica que siempre fluye en la misma dirección, como la generada por los paneles solares.

Continuidad eléctrica: Condición que indica que existe un camino sin interrupciones para que fluya la electricidad.

D

DPS (Dispositivo de Protección contra Sobretensiones): Equipos que protegen la instalación de sobretensiones transitorias o descargas atmosféricas.

Derivación a tierra: Falla en que parte de la corriente fluye hacia tierra debido a un aislamiento defectuoso.

E

Eficiencia energética: Capacidad de un sistema para aprovechar la energía consumida con mínimas pérdidas.

Embarrado: Conjunto de barras conductoras utilizadas para distribuir energía dentro de tableros eléctricos.

F

Fase: Conductor activo en un sistema de corriente alterna que transporta energía desde la fuente al punto de consumo.

Fusible: Dispositivo de protección que interrumpe el paso de la corriente si esta excede un valor seguro.

G

Grupo electrógeno: Motor generador que proporciona energía eléctrica en caso de falla del suministro principal.

I

Inversor: Dispositivo que convierte corriente continua (CC) en corriente alterna (CA), usado en sistemas fotovoltaicos.

Interruptor termomagnético: Dispositivo que protege los circuitos eléctricos frente a sobrecargas o cortocircuitos.

L

Luminaria: Dispositivo que contiene lámparas, accesorios eléctricos y estructurales, usado para iluminación.

M

Megóhmetro (Megger): Instrumento utilizado para medir la resistencia de aislamiento eléctrico en cables o equipos.

Monitoreo remoto: Sistema que permite vigilar el funcionamiento de una instalación eléctrica o solar a través de internet o plataformas digitales.

P

Panel solar (módulo fotovoltaico): Dispositivo que convierte la energía solar en electricidad.

Puesta a tierra: Sistema conductor que conecta eléctricamente los equipos o instalaciones con el terreno para evitar descargas peligrosas.

R

Regulador de carga: Dispositivo (usado generalmente en sistemas con baterías) que gestiona el flujo de energía entre paneles solares, baterías y carga.

Relé: Dispositivo electromecánico que permite abrir o cerrar circuitos eléctricos mediante señales de control.

S

Sobretensión: Elevación anormal del voltaje en una instalación que puede dañar los equipos.

Sistema fotovoltaico: Instalación que convierte la energía solar en energía eléctrica mediante paneles solares y equipos asociados.

T

Tablero eléctrico (cuadro de distribución): Caja que contiene interruptores, protecciones y conexiones para distribuir la energía eléctrica.

Termografía: Técnica de mantenimiento predictivo que detecta puntos calientes mediante imágenes infrarrojas para anticipar fallas eléctricas.

V

Voltaje o Tensión (V): Diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos. Es la fuerza que impulsa la corriente a través del circuito.

9.REFERENCIAS NORMATIVAS Y BIBLIOGRAFÍA

Medición de la resistencia de aislamiento I. (2011).
<https://instalacioneselectricasresidenciales.blogspot.com/2011/08/Medicion-de-La-Resistencia-de.Html>.

MIT 1025 MEGGER. (2025). <https://volta-energy.com.ar/equipo/mit-1025-megger/>.

Multímetro digital: medición de resistencia y continuidad. (2014, June 30).
https://electricidadipl.blogspot.com/2014/06/Multimetro-Digital-Medicion-De_30.html?M=1.

Sistemas fotovoltaicos: que son, componentes, dimensiones, tipos e instalación | SunFields. (n.d.).
<https://www.sfe-solar.com/Sistema-Fotovoltaico/?Srsltid=AfmBOoqlCnpTJjJlwns7q6p8Kt4c5KCZfxIIb67nngHf1R2Ab-E7MQQW#Placas-Solares-Modulos-Fotovoltaicos>.

webmaster. (n.d.). *Las 5 reglas de oro para trabajos eléctricos | CONTE ⚡*.
<https://www.conte.org.co/Las-5-Reglas-de-Oro-Para-Trabajos-Electricos/>.