ANEXO TÉCNICO

Objeto: ***Contratar el suministro, instalación, configuración y puesta en funcionamiento de sistemas solares fotovoltaicos individuales qué garanticen el suministro de energía eléctrica continua a antenas de conectividad en diferentes comunidades del departamento de Boyacá.***

El Ministerio requiere que los bienes objeto del presente proceso de selección, se realicen en cumplimiento de las condiciones que se indican en el presente anexo, de tal manera que el proponente deberá tener en cuenta tales requisitos al momento de estructurar y presentar su propuesta técnica y económica.

La prestación del servicio y/o las características de los bienes que requiere el Ministerio de Minas y Energía se detallan a continuación:

1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

El proyecto tiene como finalidad garantizar el suministro continuo y autónomo de energía eléctrica para las antenas del programa "Comunidades de Conectividad" del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – MinTIC, instaladas en zonas rurales del departamento de Boyacá, las cuales presentan condiciones técnicas similares a las de las Zonas No Interconectadas (ZNI), dado que no cuentan con conexión efectiva al Sistema Interconectado Nacional (SIN). Estas regiones se caracterizan por su geografía montañosa, baja densidad poblacional y dificultades de acceso, lo cual limita considerablemente la expansión de la infraestructura eléctrica convencional en el corto y mediano plazo.

Con base en esta necesidad, se proyecta la implementación de soluciones solares fotovoltaicas individuales como alternativa tecnológica sostenible, confiable y adaptada a las condiciones territoriales. Las soluciones fotovoltaicas estarán compuestas por equipos de alta eficiencia, larga vida útil y respaldo mediante almacenamiento en baterías, permitiendo una autonomía de dos a tres días sin irradiación solar. De acuerdo con el Atlas de Radiación Solar de Colombia, las zonas objeto de intervención presentan un nivel promedio de irradiación solar de entre 3,5 y 3,9 kWh/m²/día, lo cual garantiza la viabilidad energética de los sistemas.

Cada uno de los sistemas incluirá:

- Módulos solares fotovoltaicos monocristalinos de potencia unitaria cercana a 620 Wp, con eficiencia mínima del 21 %, tecnología tipo N, certificados bajo normas IEC 61215 e IEC 61730 y cumplimiento del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE).
- Inversor de onda senoidal pura, con capacidad nominal igual o superior a 1,2 kW, entrada de 48 VDC, salida de 110 VAC ± 10 %, frecuencia de 60 Hz y eficiencia mayor al 90 %, con capacidad de monitoreo remoto y protecciones integradas.
- Controlador de carga tipo MPPT con tensión de trabajo 12/24/48 VDC, corriente nominal mínima de 70 A y eficiencia de seguimiento igual o superior al 98 %, con sistema de comunicación VE.Direct o equivalente.

- Banco de baterías de ion litio ($LiFePO_4$) tipo rack, con capacidad mínima de 4,8 kWh, profundidad de descarga de al menos el 80 %, vida útil mayor a 6.000 ciclos, voltaje nominal de 48 VDC y sistema BMS integrado.
- Gabinete externo para montaje en poste con protección IP54 o NEMA 3R, con ventilación lateral y diseño estructural compatible con ambientes exteriores, que permita la protección de los elementos eléctricos.
- Soporte metálico galvanizado para doble panel, diseñado bajo los lineamientos de la NSR-10 para resistir cargas de viento, con inclinación ajustada al sitio de instalación.
- Sistema de puesta a tierra con resistencia menor a 25 ohm, acompañado de protecciones contra sobretensiones tipo DPS AC y DC, canalizaciones, tableros y protecciones eléctricas completas.
- Transporte, instalación, conexionado, puesta en marcha y entrega técnica de los sistemas en campo, incluyendo verificación de polaridades, medición de parámetros eléctricos y pruebas de funcionamiento.

Este proyecto responde a una necesidad operativa detectada en el marco del convenio interadministrativo No. 1403 de 2024 entre MinTIC y la Gobernación de Boyacá, que permitió instalar más de 60 antenas de conectividad en zonas rurales, beneficiando a cerca de 12.000 personas. No obstante, la operación de estas antenas ha sido intermitente por falta de una fuente de energía estable, razón por la cual el Ministerio de Minas y Energía, a través de la Dirección de Energía Eléctrica, lidera esta intervención.

La iniciativa también representa un avance en los compromisos del Estado en materia de acceso universal a la energía, mitigación de la pobreza energética y democratización del uso de tecnologías limpias en contextos rurales, en línea con las metas de descarbonización y equidad territorial que orientan la política energética actual. Además, promueve capacidades locales en torno al uso y mantenimiento de soluciones descentralizadas de generación eléctrica, fortaleciendo el vínculo entre infraestructura digital y sostenibilidad energética.

La instalación y puesta en marcha de estos sistemas se llevará a cabo hasta el 31 de diciembre de 2025, cumpliendo con todas las especificaciones técnicas, normativas ambientales, eléctricas y de seguridad vigentes, con el respaldo de un contratista especializado que garantice la correcta ejecución del proyecto

2 PLAN DE TRABAJO Y CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El contratista debe presentar dentro de los 3 días calendario posteriores a la firma del acta de inicio del contrato, una propuesta del plan de trabajo, con el cual se pretenda dar cumplimiento a las actividades planteadas en el contrato. Adicionalmente deberá elaborar y presentar a la supervisión (según sea el caso) un cronograma de actividades (tipo diagrama de Gantt) distribuido semanalmente, el cual debe incluir las actividades de manera puntual y especifica, y asignando un porcentaje a cada una de las mismas, mostrando una secuencia lógica de las acciones. Este cronograma debe estar ajustado al plazo de ejecución del contrato, indicando claramente tiempos de ejecución por actividad.

3 VERIFICACIÓN LEGAL Y JURIDICA

Dado que la Gobernación de Boyacá realizará la entrega de la documentación correspondiente a la subsanación predial de los terrenos donde se proyecta la instalación de los sistemas fotovoltaicos, el contratista, deberá llevar a cabo la verificación integral de la información de los usuarios beneficiarios, asegurando la viabilidad técnica, legal y ambiental de los sitios seleccionados.

En desarrollo de esta actividad, el contratista deberá verificar y dejar registro de la siguiente información:

- Certificación de propiedad o tenencia del predio: Se deberá revisar el Certificado de Tradición y Libertad o documento equivalente que garantice la titularidad, disponibilidad y viabilidad jurídica del predio donde se realizará la instalación.
- Autorización de uso del predio: El propietario del terreno deberá suscribir una autorización formal y debidamente diligenciada, que permita el ingreso del personal técnico y la ejecución de las actividades requeridas para la instalación, operación y mantenimiento del sistema fotovoltaico.
- Compromisos de custodia y mantenimiento: En caso de pérdida, daño o afectación de los equipos (paneles fotovoltaicos o componentes del sistema) ocasionados por manipulación inadecuada, falta de mantenimiento o acciones dolosas, los costos de reposición o reparación deberán ser asumidos directamente por el usuario beneficiario. El MME y la Gobernación de Boyacá se reserva el derecho de realizar visitas de seguimiento y verificación antes y después de la instalación, con el fin de constatar de ser el caso el estado operativo del sistema.
- Gestión ambiental de residuos: El usuario se compromete a realizar la gestión adecuada y disposición final de los componentes del sistema una vez cumplan su vida útil, conforme a la normatividad ambiental vigente y los lineamientos establecidos para residuos eléctricos y electrónicos (RAEE).
- Actas de visita y verificación técnica: Por cada predio inspeccionado se deberá elaborar un acta de visita técnica, en la que se registre el cumplimiento de los requerimientos mínimos de terreno, condiciones de acceso y demás aspectos relevantes para la instalación del sistema fotovoltaico.

4 RELACIÓN DE ACTIVIDADES Y ELEMENTOS A SUMINISTRAR

El proponente deberá suministrar, transportar y entregar en funcionamiento los sistemas solares fotovoltaicos individuales de conformidad a las siguientes características

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD
1. Componente 1: Verificación técnica del SSFVI y el sitio de instalación			
1.1.	Actividades de ajuste, verificación de condiciones del sitio, trazado de elementos, conectores y coordinación previa a la instalación.	GLB	4
2. Componente 2: Suministro, transporte, instalación y puesta en marcha de las soluciones solares energéticas			
2.1.	Módulos solares fotovoltaicos monocristalinos potencia unitaria aproximada de 620 Wp, eficiencia ≥ 21 %, tipo N, con garantía mínima de 12 años sobre producto y 25–30 años sobre potencia, con certificaciones IEC 61215, IEC 61730 y RETIE. Incluye conectores compatibles MC4 EVO o equivalentes.	UND	8
2.2.	Inversor de onda senoidal pura con capacidad nominal ≥ 1.2 kW, entrada 48 V DC, salida 110 V AC ± 10 %, frecuencia 60 Hz, eficiencia ≥ 90 %, compatible con sistema de monitoreo remoto, con protecciones integradas y conexión NEMA 5-15R o equivalente.	UND	4

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD
2.3.	Cargadores Controlador de carga MPPT, tensión de trabajo 12/24/48 V DC, corriente nominal ≥ 70 A, eficiencia de seguimiento ≥ 98 %, con sistema de protección electrónica y comunicación VE.Direct o equivalente.	UND	4
2.4.	Banco de baterías de ion litio ($LiFePO_4$) tipo rack, capacidad mínima 4.8 kWh, profundidad de descarga (DOD) ≥ 80 %, vida útil ≥ 6000 ciclos, voltaje nominal 48 V DC, con sistema BMS integrado.	UND	4
2.5.	Gabinete Rack de Exteriores para Montaje con División para Baterías, fijación para poste, NEMA 3R o IP 54 dimensiones estimadas 711x609x406 mm, ventilas laterales, protegidas por mallas metálicas grado mesh 80 incluye ingeniería.	UND	4
2.6.	Suministro e instalación de elemento de soporte (poste) de 3 metros x2.46. fabricado en tubo de cerramiento negro de 4", soportes para doble panel de 1.2mx 2.46m fabricado en ángulo de 1"1/4, acabado en galvanizado en caliente con inclinación y orientación ajustadas al sitio, diseñada para resistir cargas de viento según NSR-10. Incluye elementos de fijación y soporte.	UND	4
2.7.	Transporte, cargue y descargue de elementos y equipos hasta el sitio de instalación, según condiciones de acceso y seguridad.	UND	4
2.8.	Instalación, conexionado y puesta en marcha del sistema fotovoltaico completo, incluyendo pruebas de funcionamiento, verificación de polaridades, medición de parámetros eléctricos y entrega técnica.	UND	4
3. Componente 3: Integración eléctrica complementaria (Incluye suministro, transporte, instalación y puesta en funcionamiento)			
3.1.	Actividades de ajuste, verificación de condiciones del sitio, trazado de elementos, conectores y coordinación previa a la instalación.	GLB	4
3.2.	Suministro e instalación de redes eléctricas complementarias tableros, canalizaciones, protecciones y puesta a tierra asociada al sistema fotovoltaico: Tuberías AC y DC,Protecciones en AC y DC (DPS, Breaker DC 20A 2 polos, breaker AC 20A monopolar, DPS tipo 1+2 DC 250VDC, DPS AC 150 V.) Sistema de puesta a tierra conexión en delta resistencia menor a 25 ohm	GLB	4

Nota:

1. El presente proceso estima la adquisición de cuatro (4) Sistemas Solar Fotovoltaico Individual (SSFVI).

5 ACTIVIDADES DE AJUSTE, VERIFICACIÓN DE CONDICIONES TÉCNICAS

El proceso de ajuste, verificación de condiciones técnicas tiene como propósito verificar en campo las condiciones reales del sitio donde se implementarán las soluciones fotovoltaicas, asegurando la coherencia entre los diseños, la información técnica y las características físicas del lugar.

Durante esta etapa, el contratista deberá realizar la verificación técnica y topográfica de las coordenadas establecidas para cada punto de instalación, corroborando la

disponibilidad y accesibilidad del área, las condiciones de orientación e inclinación, las sombras proyectadas, la estabilidad del suelo y los posibles riesgos asociados al entorno.

Asimismo, se deberán contrastar las especificaciones técnicas de los equipos y estructuras con las condiciones locales. Esta labor incluirá la recopilación de información fotográfica, la georreferenciación precisa de los sitios y la elaboración de planos actualizados con base en las mediciones efectuadas en campo.

Una vez culminado el proceso, el contratista deberá consolidar un informe técnico, en el cual se consignen los resultados de las verificaciones realizadas, las observaciones encontradas, las recomendaciones de ajuste (si aplica) y la validación de la factibilidad de instalación en cada predio o sitio designado.

6 ADECUACIÓN E INSTALACIÓN DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

6.1 Verificación del sitio de instalación

En esta actividad se deberá realizar la inspección y preparación del sitio de instalación del Sistema Solar Fotovoltaico Individual (SSFVI); esta incluye la limpieza superficial del área inmediata donde se fijarán los componentes.

Una vez limpiada el área para la instalación del sistema, se deberá realizar la delimitación del área de trabajo (área de influencia del proyecto) para realizar el acordonamiento y evitar el ingreso de personas de la comunidad garantizando la seguridad de todos y la efectiva labor a desarrollar.

Esta actividad busca asegurar condiciones adecuadas de acceso, orden y seguridad para el personal técnico y para la comunidad durante el desarrollo de las labores del proyecto.

6.2 Soporte y ubicación

Previo a la instalación de los módulos fotovoltaicos, se deberá verificar y ajustar técnicamente la nivelación y estabilidad del área destinada para las estructuras de soporte, asegurando su correcta orientación y fijación. El área total corresponderá al perímetro conformado por las cuatro (4) o más estacas o postes metálicos que integran la estructura.

Las estructuras estarán diseñadas para permitir el ajuste de la inclinación de los módulos fotovoltaicos, asegurando el ángulo óptimo de captación solar según la ubicación geográfica del proyecto. Para este fin, se incluye el suministro e instalación de estructuras metálicas tipo poste de 3,00 m x 2,46 m, fabricados en tubo de cerramiento negro de 4”, con soportes para doble módulo de 1,20 m x 2,46 m fabricados en ángulo de 1¼”, con acabado galvanizado en caliente. La estructura deberá ensamblarse y fijarse mecánicamente con la inclinación y orientación adecuadas al sitio, diseñada para resistir cargas de viento conforme a la normativa aplicable.

La instalación incluirá todos los elementos de fijación y anclaje necesarios para garantizar la estabilidad y la durabilidad del sistema frente a las condiciones ambientales del entorno.

Con el fin de brindar mayor precisión sobre la localización de las áreas de intervención, se relacionan las coordenadas correspondientes a los predios donde se proyecta realizar las instalaciones:

- Macanal: 5.006418788771517, -73.37112428145302
- Almeida: 5.008631404713847, -73.371238859680654
- Santa María: 4.797804943422033, -73.27110701108444

6.3 Instalación módulos fotovoltaicos

Para que éstas funcionen a su máxima potencia, antes de definir su ángulo de inclinación, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos: la parte del día (amanecer, mediodía y noche), la región donde se instalaran las celdas (altitud, longitud y latitud) y la orientación relativa del dispositivo solar.

El Departamento Nacional de Planeación menciona en su documento *"Instalación y operación de celdas fotovoltaicas en zonas No Interconectadas",* en las regiones de Sudamérica (hemisferio sur), se recomienda que las celdas fotovoltaicas se encuentren dirigidas al norte. Las regiones que se encuentran en el hemisferio norte, las celdas se dirigirán al sur.

Por lo anterior, los módulos fotovoltaicos deben contar con las siguientes características:

- Los módulos deben contar con excelente rendimiento en condiciones con poca radiación solar, alta durabilidad, que posean parámetros eléctricos (corriente y tensión) óptimos que propicien adecuadas configuraciones, para alcanzar la generación máxima sin exceder los parámetros eléctricos requeridos por el inversor a seleccionar.
- Monocristalinos potencia unitaria aproximada de 620 Wp, eficiencia ≥ 21 %, tipo N, con garantía mínima de 12 años sobre producto y 25 - 30 años sobre potencia, con certificaciones IEC 61215, IEC 61730 y RETIE. Incluye conectores compatibles MC4 EVO o equivalentes.

6.4 Instalación inversor y controlador

Para el adecuado funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas es necesario incorporar equipos que garanticen la conversión y gestión eficiente de la energía generada por los módulos solares. En este sentido, se deben considerar los siguientes componentes:

El inversor será el encargado de transformar la corriente continua (12, 24 o 48 V DC) producida por el sistema fotovoltaico en corriente alterna (110–120 V AC) apta para el consumo de los usuarios. Este deberá ser de onda senoidal pura, con potencia nominal ≥ 1,2 kW, entrada de 48 V DC, salida de 110 V AC ±10 %, frecuencia de 60 Hz, eficiencia ≥ 90
%, y compatibilidad con sistemas de monitoreo remoto. Además, deberá contar con protecciones eléctricas integradas (sobrecarga, cortocircuito y sobretemperatura) y conexión tipo NEMA 5-15R o equivalente, cumpliendo con los requisitos establecidos en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE (Resolución 40117 de 2024) y la Norma Técnica Colombiana NTC 2050.

El sistema deberá incorporar un controlador de carga MPPT, con tensión de trabajo de 12/24/48 V DC, corriente nominal ≥ 70 A, y eficiencia de seguimiento ≥ 98 %, que cuente con sistema de protección electrónica contra sobrecarga, inversión de polaridad, cortocircuito y sobretensión. Este controlador deberá incluir interfaz de comunicación VE.Direct o equivalente, permitiendo el monitoreo y control del sistema de manera remota o local, según los requerimientos técnicos del proyecto.

6.5 Instalación y conexión de la batería o acumulador de energía

El sistema fotovoltaico deberá incorporar un banco de baterías de ion litio ($LiFePO_4$), configurado en tipo rack para instalación modular y de fácil mantenimiento. Cada unidad deberá contar con una capacidad mínima de almacenamiento de 4,8 kWh, voltaje nominal de 48 V DC, y profundidad de descarga (DoD) ≥ 80 %, garantizando una vida útil mínima de 6.000 ciclos bajo condiciones normales de operación.

Las baterías deberán integrar un sistema de gestión electrónica (BMS, Battery Management System), encargado de monitorear los parámetros eléctricos, temperatura, balance de celdas y estado de carga, a fin de optimizar su desempeño, prolongar su vida útil y garantizar la seguridad operativa del sistema. Este banco de almacenamiento deberá cumplir con las normas técnicas y de seguridad vigentes y aplicables en materia de instalaciones eléctricas y sistemas de energía renovable.

6.6 Instalaciones eléctricas Internas

Para el ensamble, fijación e interconexión de componentes eléctricos se aplicarán las Norma ICONTEC 2050 (Código Eléctrico Colombiano), el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) y las recomendaciones de los fabricantes de los equipos a instalar. Todos los materiales utilizados para las instalaciones eléctricas deben tener y se requiere adjuntar la respectiva certificación y homologación RETIE de Materiales.

Las instalaciones eléctricas deberán estar conectadas a una caja de circuitos para protección, en donde se separen el circuito para luminarias y el circuito para las tomas corrientes. Cada diseño debe contener el cuadro de distribución de cargas según variables predefinidas.

Así mismo, el contratista deberá elaborar, a través del personal del proyecto (profesional y técnico), los planos eléctricos de diseño por cada uno de los usuarios, indicando la red eléctrica con sus respectivos puntos internos, la ubicación de la caja de circuitos y demás elementos del sistema. Los planos deberán ser entregados en formato PDF, tamaño oficio o A4.

6.7 Sistema de Puesta a Tierra

Los sistemas de puesta a tierra, conexión en delta resistencia menor a 25 ohm, deberán cumplir con la NTC 2050 y el RETIE, garantizando la seguridad y el adecuado funcionamiento de las instalaciones eléctricas.

Se debe realizar la conexión a tierra del gabinete de protecciones, inversor, estructura de soporte, módulos de almacenamiento y dispositivos de protección (DPS y barrajes), todos conectados a una misma malla de puesta a tierra para asegurar la equipotencialidad del sistema.

El proyecto deberá contemplar todos los dispositivos de seguridad exigidos por la normatividad, incluyendo protección contra descargas atmosféricas, así como barreras y señalización para prevenir el contacto con partes energizadas.

6.8 Pruebas de funcionamiento

Las siguientes constituyen las pruebas mínimas requeridas para los SSFVI, sin limitarse exclusivamente a ellas:

- Inspección visual de sombras para confirmar que el proyecto no presenta novedades desde su instalación, debido a construcciones nuevas y/o aumento de vegetación cercana a los módulos solares.
- Pruebas de voltaje y corriente DC (inversor en funcionamiento).
- Pruebas de voltaje DC (Inversor desconectado) (Nota: Las pruebas se harán por cada uno de los string y de cada equipo inversor).
- Pruebas de voltaje y corriente AC (contemplar todas las fases, al igual que medición con neutro y tierra)
- Ensayos de curvas IV.
- Se requiere limpieza de todos los componentes, que permitan un buen funcionamiento de cada uno de los elementos. Los módulos solares deben de limpiarse de acuerdo con las características y recomendaciones del fabricante.
- Realizar prueba de voltaje de circuito abierto de los paneles solares fotovoltaicos en su cadena de strings, además de la prueba de curva del sistema.
- Revisión de estado y funcionamiento de gabinetes, cajas eléctricas, protecciones DC y AC, conectores DC, terminales AC, acometidas eléctricas DC y AC, estructura de soporte inversores, encerramientos físicos (a inversores, tableros eléctricos, transformadores). Se harán los reemplazos necesarios que se determinen necesarios posterior a la revisión de estado y funcionamiento.
- Revisar la identificación de equipos, tableros y componentes del sistema solar, incluyendo las marquillas y/o etiquetas de los cables DC y AC, acometidas eléctricas

(tubería, corazas, bandejas, entre otros), al igual que los avisos de riesgo eléctrico y demarcaciones.
- Realizar termografías en punto de inyección, inversores, conexiones en bornes, protecciones en tableros eléctricos y módulos solares.
- Pruebas de reconexión automática según acuerdo CNO (si aplica).
- Pruebas de continuidad de protección de tierra y/o conductor de conexión.
- Inspección de polaridad de los cableados utilizados en los sistemas.
- Pruebas de funcionamiento en la sección de control, como los interruptores de relé, disyuntores, en caso de aplicar.
- Prueba de resistencia de asilamiento para garantizar la seguridad eléctrica.
- Inspección termográfica para verificar la generación de calor de los módulos solares fotovoltaicos.

6.9 Placas de identificación de los equipos y dispositivos

Cada equipo y dispositivo del Sistema Solar Fotovoltaico (SSFV) deberá contar con una placa de identificación permanente, grabada de forma indeleble, que incluya:

Para equipos eléctricos:

- Marca, tipo, modelo, número de serie y año de fabricación.
- Tensión y corriente máximas.
- Tensión y corriente de operación.
- Clase de voltaje de aislamiento.
- Frecuencia de operación.
- Capacidad nominal (A, kVA, etc., según aplique).
- Manual o catálogo de servicio.
- Información adicional relevante.

Para equipos mecánicos:

- Marca, tipo, modelo, número de serie y año de fabricación.
- Manual o catálogo de servicio.
- Otros datos técnicos según corresponda.

Las placas se fijarán mediante remaches o adhesivos industriales adecuados a las condiciones ambientales del sitio.

Todas las placas de identificación destinadas para uso en exteriores deben estar fabricadas con materiales altamente resistentes a la corrosión y con colores indelebles para minimizar el deterioro causado por la exposición prolongada a la radiación solar.

Se deben instalar placas complementarias en el interior o en la parte frontal de los gabinetes para identificar los dispositivos, su función, posiciones, cargas asociadas, tipo de protección (IP e IK), entre otros aspectos. La ubicación y contenido de estas placas deberán ajustarse a las indicaciones del Interventor y/o Supervisor, así como a los planos técnicos del proyecto.

Todos los cables internos de los equipos, así como los conductores de interconexión, deberán estar identificados en ambos extremos. La rotulación deberá indicar el punto de conexión en la bornera o terminal del equipo, el nombre del dispositivo y el número de borne correspondiente en el otro extremo del conductor.

Las placas de advertencia de "PELIGRO" deberán seguir las normas establecidas en la publicación ISO 3864: *"Safety Colours and Safety Signs"*. Estas señales incluirán un símbolo de rayo negro sobre fondo amarillo y las advertencias de peligro deberán estar escritas en letras negras para garantizar su visibilidad y cumplimiento con los estándares de seguridad.

6.10 Otras consideraciones

El contratista será responsable de la planificación y coordinación de la logística necesaria para asegurar el transporte, cargue, descargue y manejo seguro y eficiente de todos los materiales, equipos y elementos requeridos para la instalación técnica de los sistemas, desde el punto de acopio hasta el sitio definitivo de instalación.

Estas actividades deberán realizarse bajo las condiciones adecuadas de seguridad industrial, integridad de los equipos y accesibilidad al área de trabajo, conforme a las especificaciones técnicas y logísticas del proyecto.

Además, el contratista será responsable de la gestión integral de inventarios, su adecuada conservación y disponibilidad oportuna durante el desarrollo de las actividades del proyecto, garantizando la gestión eficiente de los recursos requeridos en los SSFVI.

El contratista deberá elaborar y entregar el Plan de gestión integral de residuos peligrosos y residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) para cada uno de los sitios de implementación de los SSFVI, el cual debe contener como mínimo: objetivos, actividades por desarrollar en el marco del proyecto; identificación de residuos peligrosos generados; medidas de manejo y gestión integral de los residuos peligrosos (Respel), incluyendo recolección, almacenamiento, etiquetado, transporte y disposición final.

7 CALIDAD Y GARANTÍA

Con el propósito de asegurar la sostenibilidad, confiabilidad y permanencia en el tiempo de los sistemas energéticos implementados en el marco del presente contrato, el Contratista debe garantizar que los bienes y/o equipos y materiales suministrados e instalados sean de óptima calidad, teniendo en cuenta además las siguientes consideraciones:

- Garantías de equipos y componentes: Entregar las cartas de garantía correspondientes a todos los equipos, componentes y accesorios críticos que conforman el sistema. Dichas garantías deberán provenir directamente de los fabricantes y/o proveedores autorizados y cobijar, como mínimo, los módulos fotovoltaicos, los inversores, las estructuras de soporte y anclajes, los sistemas de almacenamiento de energía cuando apliquen, así como los sistemas de protección y cableado. Los plazos de vigencia de las garantías deberán estar alineados con las referencias técnicas internacionales y con las condiciones de calidad exigidas en el proyecto, asegurando que la vida útil de los equipos se mantenga dentro de los estándares esperados
- Titularidad y soporte posventa: Las garantías deberán expedirse a nombre del Ministerio de Minas y Energía y ser plenamente transferibles, de manera que su aplicación sea efectiva durante toda la vida útil del proyecto. Asimismo, el Operador de Red y/o Contratista deberá garantizar la existencia de un canal de atención técnica y soporte posventa por parte del fabricante o proveedor, que contemple disponibilidad de repuestos en el territorio nacional, atención oportuna de solicitudes y procedimientos claros para la reclamación, reposición o reparación de equipos.
- Entrega de documentación técnica: La entrega de las cartas de garantía en original, debidamente diligenciadas y legalmente válidas, será condición indispensable para la aceptación definitiva de los sistemas de generación. Dichas cartas deberán estar acompañadas de los manuales técnicos de instalación, operación y mantenimiento que permitan a la comunidad energética dar continuidad al uso eficiente y sostenible de la infraestructura.
- Manuales de operación integral: Deberán anexarse los manuales de instalación, operación y mantenimiento de los equipos principales, los cuales deben comprender tanto los manuales específicos entregados por los fabricantes como los manuales de operación integral del sistema, que orienten sobre su funcionamiento seguro y eficiente. Estos manuales deberán ser realizados o traducidos al español para su fácil interpretación.
- Cumplimiento normativo: Los insumos solicitados en el presente proceso deberán

cumplir con las especificaciones de calidad y comercialización para insumos eléctricos del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas — RETIE y el Código Eléctrico Colombiano NTC 2050, que dictan disposiciones sobre el control técnico; o la norma que modifique o sustituya lo mencionado.

Durante la ejecución contractual, el Ministerio de Minas y Energía, a través del supervisor designado se reserva el derecho de solicitar el reemplazo de los bienes y/o servicios que presenten deficiencias de calidad, funcionamiento, mal estado u otras deficiencias con los cuales el contratista pretenda prestar el servicio sin que medie motivación alguna.

El proveedor y/o contratista deberá reponerlo, así mismo, es importante resaltar que los elementos a suministrar deben ser nuevos, de excelente calidad y de marcas con tradición y reconocidas en el mercado.

8 EJECUCIÓN ESCUELA TEJ

El componente social y participativo del contrato se desarrolla en el marco de la Estrategia de Relacionamiento Social y Territorial de la Estrategia Nacional de Comunidades Energéticas, cuyo propósito es consolidar y fortalecer las capacidades técnicas, administrativas y sociales de las comunidades para la estructuración e implementación de proyectos energéticos participativos, sostenibles y con enfoque de derechos.

Este proceso se desarrolla principalmente a través de la Escuela para la Transición Energética Justa (Escuela TEJ), cuya metodología de formación comunitaria se basa en los principios de la educación popular y la justicia energética.

A lo largo de su implementación (momentos) se promueven procesos de:

- Diálogo social y consolidación de memoria energética.
- Caracterización sociotécnica del territorio.
- Fortalecimiento de las estructuras organizativas y de gobernanza comunitarias.
- Desarrollo de capacidades para la administración, operación y mantenimiento de las soluciones energéticas.
- Validación participativa del prototipo energético.
- Planeación participativa para la sostenibilidad social, económica, técnica y ambiental del proyecto.

El enfoque transversal de este proceso incluye el reconocimiento de las particularidades culturales, étnicas y territoriales de las comunidades, así como la promoción de laparticipación incidente de la comunidad en todas las fases del proceso, en cumplimiento del artículo 2.2.9.2.4 del Decreto 2236 de 2023.

El Contratista deberá adoptar los principios, enfoques y actividades establecidos en la Escuela para la Transición Energética Justa (Escuela TEJ), diseñada por el Ministerio de Minas y Energía en el marco de la Estrategia Nacional de Comunidades Energéticas. Para tal fin, se deberá aplicar la Estrategia de Relacionamiento Social y Territorial contenida en la *"Guía para la implementación de la Escuela para la Transición Energética Justa"*.

Elaboró: WILDER CENTENO BELTRÁN
Contratista CPS No GGC-0162-2025

Revisó: ANDRÉS JESUS CAMPO BECERRA
Contratista CPS No GGC-1760-2025