



Ref. SIP-007-2025-FENOGGE

Anexo 1 - Especificaciones técnicas mínimas para SSFV piso y techo

Objeto de la SIP:

“El contratista se obliga con el contratante a realizar a todo costo y riesgo, la implementación de Sistemas Solares Fotovoltaicos en piso en ZNI y/o SSFV en techo en SIN y ZNI, a nivel nacional en el marco de las iniciativas del Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía- FENOGGE”.

Marzo de 2025



Ref. SIP-007-2025-FENOGE	1
1. OBJETO	6
2. GLOSARIO DE TÉRMINOS	6
3. ZONA GEOGRÁFICA DEL PROYECTO	10
3.1. Criterios de segmentación territorial	11
3.2. Alcance geográfico y estrategia de implementación	11
4. NORMAS Y CÓDIGOS APLICABLES	11
4.1. Normas y códigos aplicables a equipos y materiales	12
4.2. Cumplimiento de normativas nacionales en seguridad y salud en el trabajo	12
4.3. Consideraciones finales	12
5. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS OBRAS	13
5.1. Condiciones generales	13
5.2. Condiciones de servicio	13
5.2.1. Parámetros ambientales	13
5.2.2. Mantenimiento y supervisión	13
5.3. Características constructivas generales SSFV en Piso y SSFV en Techo	14
5.3.1. Estructura y cimentación	18
5.3.2. Protección y seguridad	19
5.4. Características constructivas del SSFV en Techo	19
5.4.1. Diseño estructural	19
5.4.2. Seguridad y acceso	19
5.4.3. Canalización y cableado	19
5.5. Consideraciones finales	19
6. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y NORMAL OPERACIÓN DE LOS SSFV	19
7. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EQUIPOS	20
7.1. Descripción general	20
7.1.1. Sistemas solares fotovoltaicos en piso	20
7.1.2. Sistemas solares fotovoltaicos en techo o cubierta	20
7.2. Normatividad y requisitos generales	21
7.3. Módulos solares	21
7.4. Inversores	22
7.5. Medidores	23
7.5.1. Medidores para baja tensión	23
7.5.2. Sistema de medida Nivel II para MT	24
7.5.3. Equipo de comunicación y monitoreo para el sistema de medida Nivel II en MT	24
7.6. Estructuras de soporte	25



7.6.1. SSFV en piso.....	25
7.6.2. SSFV en techo	25
7.7. Sistemas de almacenamiento (si aplica).....	26
7.7.1. Consideraciones adicionales.....	27
7.8. Protecciones eléctricas	27
8. OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	28
8.1. Responsabilidades del contratista en materia de SST	28
8.2. Certificación del cumplimiento de obligaciones laborales y de seguridad social.....	28
8.3. Requisitos documentales y controles en obra.....	28
8.4. Seguridad en obra y trabajos en alturas.....	29
9. OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA EN CUANTO A VEHÍCULOS Y TRANSPORTE	29
9.1. Transporte de personal y materiales	29
9.2. Transporte de equipos y materiales	30
9.3. Documentación de los vehículos.....	30
9.4. Requisitos para la operación de maquinaria pesada	31
9.5. Seguridad en la operación de grúas.....	31
9.6. Plan de seguridad vial y monitoreo ambiental	31
9.7. Condiciones de seguridad dentro del SSFV.....	31
9.8. Mantenimiento y aseguramiento de las condiciones de tránsito.....	32
10. OBLIGACIONES DEL EVENTUAL CONTRATISTA EN CUANTO AL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	32
10.1. Garantía de recursos y cumplimiento normativo.....	32
10.2. Mejora continua y procedimientos de ejecución.....	32
10.3. Levantamiento y análisis técnico previo	32
10.4. Gestión documental y cumplimiento de estándares	33
11. PLAZO PARA LA EJECUCIÓN	33
12. PUESTA EN MARCHA.....	33
12.1. Pruebas de comisionamiento para SSFV.....	33
12.1.1. Inspección visual previa.....	33
12.1.2. Pruebas de continuidad y aislamiento	34
12.1.3. Prueba de polaridad	34
12.1.4. Prueba de impedancia a tierra	34
12.1.5. Pruebas de cortocircuito y tensión de circuito abierto (Voc)	34
12.1.6. Prueba de rendimiento bajo condiciones de irradiancia real.....	34
12.1.7. Prueba de inversores.....	34
12.1.8. Pruebas de sistemas de protección y seguridad	34
12.1.9. Prueba de sincronización y conexión a la Red.....	34



12.1.10. Pruebas de monitorización y comunicación	34
12.1.11. Prueba de potencia AC generada	35
12.1.12. Elaboración de reportes	35
12.2. Pruebas de comisionamiento para transformadores	35
12.3. Pruebas de comisionamiento para tableros de baja tensión	35
12.4. Pruebas para Switchgear de Media Tensión (MT).....	35
12.4.1. Pruebas en celdas.....	36
12.4.2. Pruebas en interruptores	36
12.4.3. Pruebas en relés de protección	36
12.4.4. Pruebas en transformadores de corriente	36
12.4.5. Pruebas en transformadores de tensión	36
12.4.6. Pruebas en transformadores de potencia	36
12.4.7. Pruebas en cables de media tensión (MT)	36
12.5. Pruebas para batería de Litio	37
13. OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA EN CUANTO A ADMINISTRACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	37
13.1. Gestión administrativa.....	37
13.2. Operación	38
13.3. Mantenimiento preventivo	38
13.4. Mantenimiento correctivo	38
13.5. Monitoreo y análisis de datos	38
13.6. Seguridad y cumplimiento ambiental.....	39
13.7. Gestión de repuestos y logística.....	39
13.8. Capacitación y gestión del personal.....	39
13.9. Pruebas requeridas	40
13.9.1. Pruebas para SSFV	40
13.9.2. Pruebas para equipos eléctricos asociados	40
13.9.2.1. Pruebas para tableros de baja tensión.....	40
13.9.2.2. Pruebas para transformadores	40
13.9.2.3. Pruebas para Switchgear de MT	41
13.9.2.4. Pruebas para inversores	41
13.9.2.5. Pruebas para baterías.....	41
13.9.2.6. Criterios de aceptación.....	41
14. RECONOCIMIENTO DE ÍTEMS NO PREVISTOS U OBRAS COMPLEMENTARIAS	41
14.1. Procedimiento para la solicitud y aprobación	41
14.2. Aprobación de análisis de precios unitarios (APU)	42
14.3. Límites y condiciones del reconocimiento	42



14.4. Forma de pago y restricciones	43
14.5. Consideraciones finales.....	43



1. OBJETO

El propósito de este documento es establecer las especificaciones técnicas mínimas para la implementación de Sistemas Solares Fotovoltaicos (SSFV) en piso y techo, garantizando estándares de calidad, seguridad, eficiencia y confiabilidad en su diseño, instalación, operación y mantenimiento. Estas disposiciones son de obligatorio cumplimiento en el marco de la ejecución del contrato, aplicando tanto a proyectos conectados al Sistema Interconectado Nacional (SIN) como a soluciones diseñadas para Zonas No Interconectadas (ZNI).

En virtud de este contrato, el contratista se obliga para con el contratante a la implementación de un Sistema Solar Fotovoltaico, con o sin almacenamiento de energía según lo requiera el diseño del proyecto, cumpliendo con los requisitos técnicos aquí definidos. Estas especificaciones complementan lo establecido en los documentos generales y específicos de contratación, incluyendo la minuta contractual y demás anexos del proceso.

Las disposiciones establecen los lineamientos técnicos y normativos esenciales para garantizar el desarrollo seguro, eficiente y oportuno de las actividades en todas las fases del proyecto. Esto abarca replanteo, estudios de factibilidad, ingeniería de detalle, adecuación del sitio, suministro, transporte, instalación, pruebas y puesta en marcha del sistema fotovoltaico, además de su administración, operación y mantenimiento durante el período de garantía.

Los SSFV en techo están diseñados para edificaciones residenciales, comerciales, recintos deportivos e industriales, asegurando la estabilidad estructural, una distribución de cargas adecuada e integración con la red eléctrica interna de la edificación. Por su parte, los SSFV en piso se destinan a instalaciones en terrenos abiertos, donde se consideran aspectos como la orientación e inclinación óptimas, resistencia estructural de las bases de soporte y protección ante condiciones climáticas adversas.

En ambas configuraciones, se establecen criterios específicos para la selección e instalación de los componentes esenciales del sistema, tales como módulos fotovoltaicos de alta eficiencia, inversores con capacidad de monitoreo remoto, sistemas de almacenamiento de energía (cuando aplique), protecciones eléctricas, canalizaciones certificadas y sistemas de puesta a tierra, con el propósito de mitigar riesgos eléctricos y garantizar el cumplimiento de la regulación técnica aplicable.

Para asegurar la correcta operatividad del sistema, se deberán ejecutar protocolos de pruebas rigurosos, incluyendo inspección visual, verificación de polaridad, medición de aislamiento, pruebas de impedancia de tierra, evaluación de cortocircuito y pruebas de rendimiento en condiciones reales de operación. Asimismo, se implementará un plan de mantenimiento preventivo y correctivo que garantice la sostenibilidad operativa, optimice el desempeño del sistema y prolongue su vida útil.

El cumplimiento de estas especificaciones estará sujeto a Supervisión por parte del contratante o de la entidad designada, con el objetivo de verificar que la implementación de los SSFV se realice conforme a las normativas establecidas y los estándares de calidad exigidos. En caso de modificaciones en la regulación vigente, el contratista deberá adoptar las medidas necesarias para garantizar la conformidad del proyecto con la normativa actualizada.

Este documento constituye el marco técnico de referencia para la ejecución de proyectos SSFV en piso y techo, promoviendo la adopción de energías renovables bajo estándares de alta calidad y confiabilidad. Su aplicación contribuye al fortalecimiento del sector energético y a la sostenibilidad ambiental, asegurando que la implementación de estos sistemas se lleve a cabo conforme a los más altos estándares técnicos y normativos.

2. GLOSARIO DE TÉRMINOS

Almacenamiento: sistema de almacenamiento o Energy Storage System (ESS). Se trata de un dispositivo o grupo de dispositivos que almacenan energía eléctrica para suministrarla en un momento posterior. En el presente proceso no se definen las especificaciones técnicas de los sistemas de almacenamiento, ya que las mismas no son objeto del presente proceso ya que serán evaluadas en un proceso diferente de Solicitud de Información a Proveedores.

Calidad: la totalidad de las características de un ente que le confieren la aptitud para satisfacer necesidades explícitas e implícitas. Es un conjunto de cualidades o atributos, como disponibilidad, precio, confiabilidad, durabilidad, seguridad, continuidad, consistencia, respaldo y percepción.



Certificación: procedimiento mediante el cual un organismo expide por escrito un certificado o un dictamen, para un producto, un proceso o servicio que cumple un Reglamento técnico o una(s) norma(s) de fabricación.

Certificación plena: proceso de certificación de un sistema o instalación eléctrica respecto del cumplimiento de los requisitos establecidos en el RETIE, el cual consiste en la declaración de cumplimiento suscrita por la persona competente responsable del diseño de la instalación, la declaración de cumplimiento de la construcción de la instalación, acompañadas del dictamen de inspección emitido por un organismo de inspección acreditado por ONAC.

Certificado de conformidad: documento emitido conforme a las reglas de un sistema de certificación, en el cual se debe confiar razonablemente que un producto, proceso o servicio es conforme con un Reglamento técnico, una norma, especificación técnica u otro documento normativo específico.

Certificación de la experiencia: documento mediante el cual se certifica experiencia laboral. Al efecto se reconocerán como válidas las certificaciones expedidas con el lleno de requisitos establecidos en el artículo 2.2.2.3.8 del Decreto 1083 de 2015, o la norma que la adicione, modifique o sustituya.

Corriente eléctrica: es el movimiento de cargas eléctricas entre dos puntos que no se hallan al mismo potencial, por tener uno de ellos un exceso de electrones respecto al otro.

Corrosión: agresión a una materia y destrucción progresiva de la misma, mediante una acción química, electroquímica, bacteriana o por interferencia electromagnética.

Cortocircuito: unión de muy baja resistencia entre dos o más puntos de diferente potencial del mismo circuito.

Diagrama eléctrico unifilar: diagrama que describe la topología y características eléctricas de un área de interés.

Dictamen de inspección: documento emitido por el Organismo de inspección, mediante el cual se evidencia el cumplimiento o incumplimiento de los requisitos contemplados en el RETIE que le aplican a esa instalación eléctrica. Cuando el dictamen demuestra el cumplimiento del Reglamento se considera una certificación de inspección.

Electricidad: el conjunto de disciplinas que estudian los fenómenos eléctricos o una forma de energía obtenida del producto de la potencia eléctrica consumida por el tiempo de servicio.

Electrocución: paso de corriente eléctrica a través de un cuerpo humano, cuya consecuencia es la muerte.

Ensayo: conjunto de pruebas y controles a los cuales se somete un bien para asegurarse que cumple normas y pueda desempeñar la función requerida.

Equipo: término general que incluye materiales, herrajes, dispositivos, artefactos, luminarias, aparatos, maquinaria y similares utilizados como parte de, o en conexión con una instalación eléctrica.

Estructura: todo aquello que puede ser construido o edificado, pueden ser fijas o móviles, pueden estar en el aire, sobre la tierra, bajo tierra o en el agua.

Evaluación de la conformidad: procedimiento utilizado, directa o indirectamente, para determinar que se cumplen los requisitos o prescripciones pertinentes de los Reglamentos técnicos o normas.

Experiencia: se entiende por experiencia los conocimientos, las habilidades y las destrezas adquiridas o desarrolladas mediante el ejercicio de una profesión, arte u oficio.

Experiencia laboral: son los conocimientos, las habilidades y las destrezas adquiridas o desarrolladas mediante el ejercicio de una profesión, arte u oficio.



Experiencia profesional: para los efectos del ejercicio de la ingeniería o de alguna de sus profesiones afines o auxiliares, la experiencia profesional solo se computará a partir de la fecha de expedición de la matrícula profesional o del certificado de inscripción profesional, respectivamente.

Factibilidad: esta fase se orienta a definir detalladamente los aspectos técnicos de la solución planteada con el proyecto aprobado. Para ello se analiza minuciosamente la alternativa recomendada, prestándole particular atención al tamaño óptimo del proyecto, su momento de implementación o puesta en marcha, su estructura de financiamiento, su organización administrativa, su cronograma y su plan de monitoreo. Igualmente debe incluir estudio de impacto ambiental o licencia ambiental en trámite (de requerirse), licencia social (reflejada en los acuerdos con la comunidad), permisos de construcción y operación, evaluación financiera, entre otros necesarios, de acuerdo con la naturaleza del proyecto.

Fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER): son aquellos recursos de energía renovable disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero que en el país no son empleadas o son utilizadas de manera marginal y no se comercializan ampliamente. Se consideran FNCER la biomasa, los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, la eólica, la geotérmica, la solar y los mares. Otras fuentes podrán ser consideradas como FNCER según lo determine la UPME.

Generación de energía eléctrica: proceso mediante el cual se obtiene energía eléctrica a partir de alguna otra forma de energía.

Impacto ambiental: acción o actividad que produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio ambiente o en alguno de los componentes de este.

Instalación eléctrica: montaje de equipos eléctricos que se emplea para la generación, transmisión, conversión, distribución y/o uso final de la energía eléctrica.

Interventoría: proceso de supervisión y control que un tercero ejerce sobre un contrato para verificar, exigir y velar por el cumplimiento de lo establecido contractualmente desde el punto de vista técnico, administrativo, jurídica/legal, financiera/contable, ambiental y social.

Mantenimiento: conjunto de acciones o procedimientos tendientes a preservar o restablecer un bien, a un estado tal que le permita garantizar la máxima confiabilidad.

Material: cualquier sustancia, insumo, parte o repuesto que se transforma con su primer uso o se incorpora a un bien como parte de él.

Matriz de evaluación de riesgos: herramienta para la evaluación de los riesgos, y su clasificación.

Monitoreo: supervisión continua del rendimiento y el estado del sistema para asegurar su funcionamiento óptimo. A través de herramientas y plataformas tecnológicas locales o en la nube, que permite recopilar información para ser analizada como la producción de energía (medida en kWh), el estado de los paneles solares, el inversor, y otros componentes del sistema. El objetivo principal es detectar posibles problemas, optimizar el rendimiento, alertas, notificaciones y garantizar que el sistema esté generando la cantidad de energía esperada.

Nivel de riesgo: equivale a grado de riesgo. Es el resultado de la valoración conjunta de la probabilidad de ocurrencia de los accidentes, de la gravedad de sus efectos y de la vulnerabilidad del medio.

Norma técnica: documento aprobado por una institución reconocida, que prevé, para un uso común y repetido, reglas, directrices o características para los productos o los procesos y métodos de producción conexos, servicios o procesos, cuya observancia no es obligatoria.

Norma técnica colombiana (NTC): norma técnica aprobada o adoptada como tal por el organismo nacional de normalización.

Norma técnica internacional: norma adoptada por una organización internacional de normalización y que se pone a disposición del



público.

Operador de red (OR): empresa de Servicios Públicos encargada de la planeación, de la expansión y de las inversiones, operación y mantenimiento de todo o parte de un Sistema de Transmisión Regional o un Sistema de Distribución Local.

Organismo de acreditación: entidad que acredita y supervisa los organismos de certificación e inspección y laboratorios de pruebas, ensayos y metrología que hagan parte del Subsistema Nacional de la Calidad.

Organismo de inspección: entidad que ejecuta actividades de medición, ensayo o comparación con un patrón o documento de referencia de un proceso, un producto, una instalación o una organización y confrontar los resultados con unos requisitos especificados.

Peligro: condición no controlada que tiene el potencial de causar lesiones a personas, daños a instalaciones o afectaciones al medio ambiente.

Persona competente: Es la persona natural que ha demostrado su formación a través de matrícula profesional vigente, que según la normatividad legal lo autorice o acredite para el ejercicio de la profesión como técnico, tecnólogo o ingeniero para ejercer en el campo de la electrotecnia considerando los riesgos asociados a la electricidad y que ha adquirido conocimientos y habilidades.

Persona natural: según el artículo 74 del Código Civil Colombiano son personas todos los individuos de la especie humana, cualquiera que sea su edad, sexo, estirpe o condición.

Plano eléctrico: representación gráfica de las características de diseño y las especificaciones para construcción o montaje de equipos y obras eléctricas.

Puesta en marcha: puesta en marcha de un sistema fotovoltaico (exceptuando los tiempos o periodos de prueba) es el proceso que se realiza después de la instalación y la inspección de un sistema fotovoltaico para conectarlo a la red y transferir energía. Este proceso es importante para garantizar que el sistema se haya instalado correctamente y funcione de acuerdo con las especificaciones de diseño.

Reglamento técnico: documento en el que se establecen las características de un producto, servicio o los procesos y métodos de producción, con inclusión de las disposiciones administrativas aplicables y cuya observancia es obligatoria.

Replanteo: definición de las condiciones óptimas para la implementación con base en el diseño preliminar.

RETIE: Acrónimo del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas adoptado por Colombia.

Red de Media Tensión (MT): red de Media tensión eléctrica es el término que se usa para referirse a un sistema de distribución compuesto por instalaciones eléctricas con tensión nominal de entre 1 kV y 57.5 kV.

Red de Baja Tensión (BT): la red de baja tensión (BT) es una red de distribución eléctrica que se encarga de transportar energía a los hogares y a otros entornos. Se define como una red con una tensión nominal menor o igual a 1.000 V y mayores o iguales de 25 V c.a. o 60 V c.c.

Riesgo: probabilidad de que, en una actividad, se produzca una pérdida determinada, en un tiempo dado.

Seguridad: condición del producto conforme con la cual, en situaciones normales de utilización, teniendo en cuenta la duración, la información suministrada en los términos de la presente ley y si procede, la puesta en servicio, instalación y mantenimiento no presenta riesgos irrazonables para la salud o integridad de los consumidores. En caso de que el producto no cumpla con los requisitos establecidos en Reglamentos técnicos se presumirá inseguro.

Señalización: conjunto de símbolos, señales gráficas y escritas, así como de actuaciones y medios dispuestos para reflejar las advertencias de seguridad en una instalación.



Sistema de puesta a tierra (SPT): conjunto de elementos conductores continuos de un sistema eléctrico específico, sin interrupciones, que conectan los equipos eléctricos con el terreno o una masa metálica. Comprende la puesta a tierra y la red equipotencial de cables que normalmente no conducen corriente.

Sistema Solar Fotovoltaico (SSFV): total de los componentes y subsistemas que, combinados, convierten la energía solar en energía eléctrica.

Sobrecarga: funcionamiento de un elemento excediendo su capacidad nominal.

Sobretensión: tensión anormal existente entre dos puntos de una instalación eléctrica, superior a la tensión máxima de operación normal de un dispositivo, equipo o sistema.

Subestación: conjunto único de instalaciones, equipos eléctricos y obras complementarias, destinado a la transferencia de energía eléctrica, mediante la transformación de tensiones o la maniobra de circuitos de potencia.

Supervisión: proceso de monitorear, dirigir y controlar actividades o tareas para asegurar que se realicen de acuerdo con los estándares, objetivos y procedimientos establecidos.

Tensión: diferencia de potencial eléctrico entre dos conductores, que hace que fluyan electrones por una resistencia. Tensión es una magnitud, cuya unidad es el voltio.

Tensión máxima para un equipo: tensión máxima para la cual está especificado, sin rebasar el margen de seguridad, en lo que respecta a su aislamiento o a otras características propias del equipo.

Tensión máxima de un sistema: valor de tensión máxima en un punto de un sistema eléctrico, durante un tiempo, bajo condiciones de operación normal.

Tensión nominal: valor de la tensión con el cual se designa un sistema, instalación o equipo y para el que ha sido previsto su funcionamiento y aislamiento. Para el caso de sistemas trifásicos, se considera como tal la tensión entre fases.

Tierra (Ground o Earth): para sistemas eléctricos, es una expresión que generaliza todo lo referente a conexiones con tierra. En temas eléctricos se asocia con suelo, terreno, tierra, masa, chasis, carcasa, armazón, estructura o tubería metálica de agua. El término “masa” sólo debe utilizarse para aquellos casos en que no es el suelo, como en los aviones, los barcos y los carros.

Trabajo: actividad relacionada con el campo de la electrotecnia que conlleve a un riesgo eléctrico.

Transformación: proceso mediante el cual son modificados, los parámetros de tensión y corriente de una red eléctrica, por medio de uno o más transformadores, cuyos secundarios se emplean en la alimentación de otras subestaciones o centros transformación (incluye equipos de protección y seccionamiento).

Transmisión: proceso mediante el cual se hace transferencia de grandes bloques de energía eléctrica, desde las centrales de generación hasta las áreas de consumo.

Vida útil: tiempo durante el cual un bien cumple la función para la que fue concebido, conforme a los valores declarados por el fabricante.

3. ZONA GEOGRÁFICA DEL PROYECTO

La ejecución del proyecto se ha estructurado con base en doce regiones geográficas establecidas el Anexo 2- Listado preliminar de potenciales beneficiarios, junto con el Ministerio de Minas y Energía y el Ministerio de Educación Nacional. Esta segmentación facilita la estructuración del despliegue de los SSFV en piso y en techo, permitiendo una ejecución ordenada y optimizada de los recursos. A continuación, se presenta la distribución de las regiones y los departamentos que las conforman:



Tabla 1. Regiones del país.

Región	Departamentos
1	Amazonas, Vaupés, Guainía y Vichada
2	Putumayo, Caquetá y Guaviare
3	Meta, Casanare y Arauca
4	Nariño, Cauca y Valle del Cauca
5	Huila y Tolima
6	Cundinamarca
7	Quindío, Risaralda y Caldas
8	Boyacá, Santander y Norte de Santander
9	Chocó, Antioquia
10	Córdoba, Sucre y Bolívar.
11	Atlántico, Magdalena, César y La Guajira
12	San Andrés y Providencia

3.1. Criterios de segmentación territorial

La distribución del territorio en doce regiones responde a un enfoque técnico que optimiza la planificación, ejecución y monitoreo del proyecto. Esta segmentación permite:

- Organización eficiente del despliegue de los SSFV, asegurando una cobertura balanceada en todas las regiones.
- Optimización de la logística y distribución de materiales, reduciendo costos y tiempos de transporte e instalación.
- Adaptación de los sistemas a las particularidades de cada región, ajustando el diseño fotovoltaico a las condiciones geográficas y a la infraestructura disponible.
- Asignación de personal especializado según la zona, permitiendo una instalación eficiente y un mantenimiento adecuado.

3.2. Alcance geográfico y estrategia de implementación

La delimitación de estas regiones se basa en criterios administrativos y geográficos que garantizan una cobertura completa y eficiente. Para ello, se han establecido lineamientos que facilitan:

- La coordinación con autoridades locales y operadores regionales, asegurando el cumplimiento de la normativa aplicable y los requisitos técnicos específicos.
- La ejecución escalonada del proyecto, teniendo en cuenta la infraestructura disponible, las condiciones de acceso y las necesidades energéticas de cada área.
- La identificación de particularidades regionales, permitiendo una planificación detallada para la instalación y operación de los sistemas.

4. NORMAS Y CÓDIGOS APLICABLES

Las características técnicas mínimas de la infraestructura eléctrica deben cumplir con los requisitos técnicos establecidos en:

- Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE, en su versión vigente y aplicable.
- Resolución 5018 de 2019, que establece lineamientos en seguridad y salud en el trabajo en los procesos de generación de energía.
- Código Eléctrico Colombiano NTC 2050, en su última actualización y/o NEC (National Electrical Code).
- Norma Técnica Colombiana NTC 4552, referente a la protección contra descargas eléctricas atmosféricas.
- Norma Sismo Resistente NSR-10, aplicable a la infraestructura eléctrica en zonas de actividad sísmica.
- Decreto 2820 del 2010, por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales.



- Ley 1228 de julio de 2008, que establece las franjas mínimas de retiro obligatorio o áreas de exclusión para las carreteras del sistema vial nacional.

Asimismo, se deben cumplir todas las disposiciones establecidas en las resoluciones de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), así como los lineamientos y normas de los Operadores de Redes de Distribución Local, el Consejo Nacional de Operación (CNO) y demás regulaciones ambientales, de seguridad y salud en el trabajo (SST), y de carácter legal aplicables. Es obligatorio considerar cualquier modificación vigente a estas publicaciones en la fecha en que se realicen los diseños e instalaciones de las soluciones o sistemas.

La adopción de estándares específicos internacionales para equipos o instalaciones, cuando no existan equivalentes en el país, en ningún caso podrá contravenir lo establecido en los reglamentos técnicos expedidos por el Ministerio de Minas y Energía.

4.1. Normas y códigos aplicables a equipos y materiales

De manera general, todos los equipos y materiales a suministrar deben cumplir con las normas aplicables y los códigos publicados por las siguientes entidades, según corresponda y de acuerdo con el detalle indicado en los subcapítulos de cada componente que integra la solución:

- NTC - Norma Técnica Colombiana.
- NEC - National Electrical Code.
- IEC - International Electrotechnical Commission.
- ANSI - American National Standards Institute.
- RETIE - Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.
- RITEL - Reglamento de Redes Internas de Comunicación.
- IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- UL - Underwriters Laboratories.
- NFPA - National Fire Protection Association.
- IFC - International Fire Code.

4.2. Cumplimiento de normativas nacionales en seguridad y salud en el trabajo

En cuanto a las obligaciones laborales a cargo del empleador, se deberá cumplir con:

- Implementación del Sistema de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).
- Normas para trabajo en alturas.
- Normas para trabajo en espacios confinados, si aplica.
- Normas para la disposición final de residuos de construcción y demolición (RCD).
- Normas para la disposición final de residuos peligrosos y no peligrosos.
- Normativa para el transporte de productos químicos, si aplica.
- Normativa sobre el transporte de vehículos pesados, si aplica.
- Normativa en el Plan Estratégico de Seguridad Vial (PESV), si aplica.
- Normativa en construcción de vías, si aplica.
- Normativa en Plan de Manejo de Tránsito (PMT), si aplica.

4.3. Consideraciones finales

- El código o norma mencionado en esta especificación se interpretará en su última versión vigente o en su modificación más reciente.
- Los suministros, fabricación y/o pruebas realizadas con base en otras normas internacionales equivalentes podrán ser aceptadas, siempre que esto sea previamente acordado y establecido por escrito con el contratante.
- Si el futuro contratista propone el uso de códigos o normas distintos a los señalados en esta especificación, deberá presentar la justificación técnica correspondiente para que el FENOGGE evalúe su aplicabilidad.



5. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS OBRAS

5.1. Condiciones generales

Los equipos, materiales y componentes utilizados en la implementación de los SSFV en techo y en piso deben cumplir con los requisitos técnicos establecidos en las normativas vigentes, garantizando la seguridad, confiabilidad y eficiencia operativa. Entre las normativas aplicables se incluyen:

- *Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE)*, que establece los lineamientos para la seguridad eléctrica en instalaciones solares.
- *Código Eléctrico Colombiano (NTC 2050)*, el cual regula el cableado, la puesta a tierra y las protecciones eléctricas.
- *Normas internacionales IEC 61215 e IEC 61730*, que determinan los requisitos de desempeño y seguridad de los módulos fotovoltaicos.
- *Norma IEC 61683*, que especifica los métodos de evaluación del rendimiento de los inversores solares.
- *Norma IEC 62116*, aplicable a la prevención de isla no intencionada en sistemas fotovoltaicos conectados a la red.
- *ISO 1461*, que define los tratamientos anticorrosivos mediante galvanizado en caliente para estructuras metálicas.
- *ASTM B117*, utilizada para evaluar la resistencia a la corrosión en ambientes salinos.
- *NSR-10*, que establece los requisitos estructurales para edificaciones en Colombia.

Todos los equipos deberán ser nuevos, certificados y cumplir con los estándares de calidad establecidos. Se priorizarán materiales con alta resistencia a la corrosión, humedad y radiación solar, asegurando su durabilidad y desempeño óptimo en las condiciones ambientales descritas en la *Sección 4* del presente documento.

Las fijaciones mecánicas y conexiones deben contar con recubrimientos resistentes a la corrosión y humedad conforme a *ASTM A123*, mientras que las estructuras de aluminio deben ser anodizadas siguiendo *ASTM B580*, para mejorar su durabilidad en entornos agresivos.

5.2. Condiciones de servicio

5.2.1. Parámetros ambientales

Los SSFV estarán diseñados para operar sin restricciones bajo diversas condiciones climáticas. Se garantizará su funcionamiento en:

- Temperaturas extremas según la clasificación climática de IEC 60721-2-1.
- Condiciones de alta humedad y exposición prolongada a la intemperie, conforme a *ASTM D2247*.
- Regiones con intensa radiación solar, en cumplimiento con *IEC 62716*, que establece pruebas de resistencia a la exposición prolongada al amoníaco.

Los módulos, inversores y estructuras de soporte deberán cumplir con los rangos de temperatura de operación especificados por el fabricante, garantizando una disipación térmica eficiente para evitar sobrecalentamientos. En áreas con alta humedad relativa y exposición a ambientes salinos, será obligatorio el uso de recubrimientos protectores en estructuras metálicas y conexiones eléctricas, cumpliendo con *ISO 12944*.

5.2.2. Mantenimiento y supervisión

Se implementará un sistema de monitoreo remoto para supervisar el desempeño del sistema en tiempo real, facilitando la detección temprana de fallas y optimizando su mantenimiento. Asimismo, se instalarán protecciones eléctricas contra sobretensiones y descargas atmosféricas en cumplimiento con *IEC 62305-3*.

Los protocolos de mantenimiento deberán cumplir con *IEC 62446*, asegurando inspecciones periódicas de las conexiones eléctricas, fijaciones estructurales y limpieza de los módulos solares. También se realizará un monitoreo constante de la corrosión en estructuras metálicas, así como la verificación del estado de los elementos de protección contra descargas eléctricas atmosféricas conforme a



NFPA 780.

5.3. Características constructivas generales SSFV en Piso y SSFV en Techo

- **Galvanizado:** para los elementos galvanizados, el contratista deberá suministrar el informe de pruebas del galvanizado que serán empleados cuando así se solicite de acuerdo con la norma ISO 1459: "Metallic coatings protections against corrosion by hot dip galvanizing-Guiding principles", o equivalente y para el nivel de corrosividad del sitio, siendo 25 años en condiciones C4 el mínimo aceptable.
- **Protección de superficies:** todos los equipos y materiales de uso exterior e interior serán diseñados e instalados de modo tal que no se produzca acumulación de agua en ninguna de sus partes y/o degradación por oxidación, por humedad o salinidad. No se permitirá el uso de fundición de acero en piezas de equipos que se encuentren bajo tensión, o que estén sometidas a impactos. Especial precaución se deberá tomar en la selección y/o protección de los componentes, para prevenir fenómenos de corrosión. Todas las manillas, manivelas, botones u otro tipo de dispositivo similares estarán provistos de una protección adecuada al ambiente en que se encuentren.
- **Marcas y placas de identificación de equipos:** Todas las placas de identificación de uso exterior serán de material resistente a la corrosión y de color permanente con el objeto de reducir considerablemente la degradación por la exposición a la radiación solar.

Los equipos y/o dispositivos que formen parte del SSFV deberán ser identificados con una placa permanente, grabada en forma indeleble, con el nombre y número de serial asignado por el fabricante, escrita en número o código de barras, en caso de que no se cuente con ello, se deberá dar una codificación. El material de las placas de identificación, como así mismo su contenido, será sometido a la aprobación de la Interventoría y/o Supervisión. Dichas placas deberán ser fijadas por medio de remaches o pegamento adecuado a las condiciones medioambientales.

Adicionalmente, se proveerán otras placas de identificación, en el interior y/o la parte frontal de los gabinetes, para identificar dispositivos, funciones, posiciones, cargas servidas, clase de protección IP e IK, etc., de acuerdo con los requerimientos de la Interventoría y/o Supervisión y los planos correspondientes.

Cada equipo y/o componente dispondrá de una placa de características del equipo, la que será de acero inoxidable, e incluirá por lo menos la siguiente información:

Si es de tipo eléctrico:

- ✓ Marca, tipo, modelo, N.º de serie y año de fabricación.
- ✓ Tensión máxima.
- ✓ Corriente máxima.
- ✓ Tensión de operación.
- ✓ Corriente de operación.
- ✓ Clase de tensión de aislamiento.
- ✓ Frecuencia de operación.
- ✓ Capacidad nominal (A, kVA, etc., según corresponda).
- ✓ Manual y/o catálogo de servicio.
- ✓ Otros datos según sea pertinente.

Si es de tipo mecánico:

- ✓ Marca, tipo, modelo, N.º de serie y año de fabricación.
- ✓ Manual y/o catálogo de servicio.
- ✓ Otros datos según sea pertinente.

El alambrado o cableado interno de los equipos y componentes, así como los cables de interconexión, deberán identificarse en ambos extremos, indicando el punto de conexión en la bornera o terminal del equipo o componente y el nombre del dispositivo



y número de borne del extremo opuesto del conductor.

La señalización de seguridad debe incluir placas indicativas de Riesgo Eléctrico las cuales deben tener una flecha negra en forma de rayo sobre fondo amarillo y todas las advertencias de peligro deben estar en letras negras, de conformidad con el Artículo 1.3.3. Señalización de seguridad del RETIE.

- **Módulos fotovoltaicos:** su ubicación, orientación e inclinación se deberá realizar de acuerdo con el diseño aprobado por la Interventoría y/o Supervisión. En cualquier caso, se debe minimizar que el arreglo de módulos fotovoltaicos reciba sombras que afecten su funcionamiento. Se deberá cumplir con las siguientes condiciones:
 - ✓ El panel solar se instalará y almacenará de conformidad con las normas nacionales, internacionales y los requisitos del fabricante.
 - ✓ Todos los módulos deberán tener su respectivo número de serie de identificación único, (según norma IEC 61215), y se debe identificar el nombre o logotipo del fabricante.
 - ✓ Los módulos deben resistir condiciones meteorológicas adversas (resistente a altas cargas mecánicas correspondientes a vientos huracanados, impacto de granizo y atmosfera corrosiva con alta salinidad y humedad IEC61701).
 - ✓ Los módulos solares estarán certificados de acuerdo con las exigencias nacionales del emplazamiento e internacionales vigentes; deben haber superado, como mínima, satisfactoriamente las ensayos y certificados que se incluyen en las siguientes certificaciones y las indicadas en el apartado de normas del presente documento:
 - IEC 61730 (cualificación de la seguridad de los módulos fotovoltaicos (FV). Parte 1: Requisitos de construcción. Parte 2: Requisitos para ensayos).
 - IEC 61701 (Ensayo de corrosión por niebla salina de módulos fotovoltaicos) IEC 60068 (Ensayos ambientales. Parte 2: Ensayos. Ensayo L: Polvo y arena).
 - ✓ La instalación de los módulos se llevará a cabo de acuerdo con el manual de instalación de fabricantes con el objetivo de conservar la garantía.
 - ✓ Los módulos solares deberán tener la potencia definida en el diseño de cada sistema aprobado por la Interventoría y/o Supervisión del contrato.
 - ✓ La garantía de producción de energía a 12 años mínima al 90 % y mínima al 80 % a 25 años.
 - ✓ La eficiencia mínima del 20 %.
 - ✓ Temperatura de operación -40°C - +85°C.
 - ✓ Normatividad de mínimo cumplimiento: Certificado de conformidad de producto RETIE, IEC 61215, IEC61701, IEC 61730-1, IEC 61730-2 y UL 1703.
- **Inversores para SSFV:** los inversores se deberán ubicar en un lugar adecuado, siguiendo las recomendaciones del fabricante, asegurándolo de tal forma que no se generen vibraciones mecánicas durante su operación. Los inversores estarán certificados según las exigencias nacionales del emplazamiento e internacionales vigentes; deben haber superado satisfactoriamente, como mínimo, las de ensayos y certificados que se incluyen en el siguiente listado, al igual que las indicadas en el apartado de normas del presente documento:
 - ✓ IEC 62109-1 y 62109-2 (Seguridad de los convertidores de potencia utilizados en sistemas de potencia fotovoltaicos).
 - ✓ UL 1741 (Requisitos de seguridad para garantizar que los inversores funcionen de manera segura y confiable cuando se conectan a la red eléctrica).
 - ✓ IEC 62103 (Equipos electrónicos para emplear en instalaciones de potencia).
 - ✓ IEC 62116 (inversores fotovoltaicos conectados a la red de las compañías eléctricas. Procedimiento de ensayo para las medidas de prevención de formación de islas en la red).
 - ✓ IEC 61683 (Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento) Marcado CE o similar para Latinoamérica.
 - ✓ Certificado de conformidad de producto RETIE.
- **Inversores cargadores:** estos inversores desempeñan un papel fundamental dentro de la solución integral ya que están encargados de formar la red de referencia del sistema de generación, a su vez, administran el flujo carga y descarga del sistema de almacenamiento, por lo cual, es de obligatorio cumplimiento la presentación de documentos que acrediten la compatibilidad del Inversor Cargador a suministrar con las Baterías a suministrar y a su vez con el Sistema de Gestión de Energía y Monitoreo (EMS) a suministrar, con el fin de asegurar una comunicación eficaz y comprobable de los equipos previo a su instalación.



Normatividad de mínimo cumplimiento:

- ✓ IEC 62109-1 y 62109-2 (Seguridad de los convertidores de potencia utilizados en sistemas de potencia fotovoltaicos).
 - ✓ UL 1741 (Requisitos de seguridad para garantizar que los inversores funcionen de manera segura y confiable cuando se conectan a la red eléctrica).
 - ✓ IEC 62103 (Equipos electrónicos para emplear en instalaciones de potencia).
 - ✓ IEC 62116 (inversores fotovoltaicos conectados a la red de las compañías eléctricas. Procedimiento de ensayo para las medidas de prevención de formación de islas en la red).
 - ✓ IEC 61683 (Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento) Mercado CE o similar para Latinoamérica.
 - ✓ Certificado de conformidad de producto RETIE.
- **Sistema de puesta a tierra:** el sistema de puesta a tierra deberá instalarse de acuerdo con las especificaciones técnicas del RETIE y NTC2050. Las estructuras y los marcos metálicos de los módulos estarán conectados a una toma de tierra, que será la misma que la del resto de la instalación.

Se realizará la debida puesta a tierra del gabinete de protecciones, de los inversores, de la estructura soporte de los módulos fotovoltaicos, módulos fotovoltaicos, módulos de almacenamiento del cuarto de baterías (para los SSFV en piso ZNI), transformador, celda de Media de interruptor, celda de media tensión Relé, celda de media tensión de salida, protección de BT de transformador, protecciones barraje y DPS; todos unidos a una misma pica a tierra para guardar la equipotencialidad de la instalación.

El proyecto deberá contar con todos los elementos de protección necesarios y requeridos por la normativa. En especial, pero sin limitarse a, protecciones eléctricas contra descargas atmosféricas y las respectivas barreras, y señalización que impidan el contacto directo con elementos energizados.

- **Instalación eléctrica:** la instalación eléctrica debe hacerse conforme la normativa nacional aplicable (RETIE, NTC 2050), la sección 690 del National Electrical Code - NEC, y siguiendo las recomendaciones de los fabricantes de los equipos a instalar. La instalación debe ser realizada por un profesional competente, quien debe declarar el Cumplimiento del RETIE (Numeral 20.25). Por otra parte, la totalidad del material eléctrico a instalar debe contar con Certificación de Producto de conformidad con RETIE emitida por un organismo acreditado. Además, se deben cumplir todos los requerimientos de la resolución CREG 174 de 2021 o aquellas que la modifique, para los aspectos operativos y comerciales para permitir la integración de la autogeneración a pequeña escala y de la generación distribuida al Sistema Interconectado Nacional (SIN), cuando sea necesario.

Cuando se requiera, la acometida de conexión de MT del SSFV, debe diseñarse y construirse cumpliendo la normativa del Operador de Red correspondiente o la que aplique teniendo en cuenta las condiciones geográficas y ambientales específicas de la región. Se debe definir el procedimiento de conexión, incluyendo las pruebas y puesta en servicio, adicionalmente para el sistema de protección, utilizar equipo de protección y maniobra (reconector) y deberá cumplirse lo requerido según lo estipulado en el marco regulatorio que le sea aplicable al proyecto.

Con el fin de apreciar el alcance de los trabajos a ejecutar, es necesario que el contratista evalúe durante la visita al sitio de las obras todos los aspectos relacionados con dichos trabajos.

Las especificaciones técnicas del Estudio de Análisis Coordinación de Protecciones (EACP) deberán atender lo dispuesto por la regulación, teniendo en cuenta todos los parámetros de selectividad requeridos y en general todo el marco regulatorio que le sea aplicable al proyecto.

Adicionalmente al EACP, deberán tenerse en cuenta para el diseño, sin limitarse a ello, los siguientes estudios:

- ✓ Estabilidad transitoria.
- ✓ Cortocircuito.
- ✓ Arco eléctrico.
- ✓ Flujo de potencia.
- ✓ Coordinación de aislamiento.
- ✓ Estudio de apantallamiento.



- ✓ Otros requeridos para el correcto funcionamiento de la planta.

Cuando resulte necesario para el funcionamiento del SSFV, se deberá suministrar e instalar un transformador con capacidad al menos 30 % por encima de la carga de los servicios propios a alimentar, según la capacidad del sistema. Se deberá suministrar con todos los elementos requeridos de protección, medida, control y supervisión y deberá cumplir lo requerido según la normativa aplicable.

Los cables de potencia y de comunicaciones deberán ir por ductos separados y tener adicionalmente cajas de inspección dedicadas para cada fin.

La solución propuesta e implementada deberá garantizar que la red opere de manera segura y confiable sin generar alteraciones superiores a las permitidas por la regulación.

Todos los equipos eléctricos deberán estar dimensionados para soportar la corriente máxima de corto circuito especificada para el proyecto.

El contratista estará a cargo de gestionar los permisos propios de construcción del proyecto, incluyendo, sin limitarse, a la licencia de construcción según la naturaleza constructiva del proyecto (cuando aplique), los permisos para el funcionamiento constante durante la ejecución del proyecto (disposición de residuos, obtención de materiales en canteras permitidas, tramite de servicios públicos temporales como: energía y agua para la construcción del proyecto a su cargo, etc), entre otros.

- **Almacenamiento:** en el presente documento no se definen las especificaciones técnicas mínimas de los sistemas de almacenamiento para los SSFV en ZNI, ya que los mismo no se encuentran dentro del objeto del análisis de mercado actual y estos serán estudiados en un proceso de Solicitud de Información a Proveedores diferente y complementario. De igual manera se deberá tener en cuenta que el suministro e instalación del banco de baterías deberá realizarse conforme a los lineamientos técnicos de conformidad de producto, y requisitos de protección especificados en la Norma Técnica Colombiana NTC 2050 y el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE en su última versión del 2024, específicamente lo descrito en el Artículo 3.17.3 Baterías o sistemas de acumulación de energía eléctrica y con base en la sección 1206 y 1207 del International Fire Code – IFC 2021. Normatividad de mínimo cumplimiento:

- ✓ IEC 61427-1/-2.
- ✓ UL 9540.
- ✓ IEC 62619.
- ✓ IEC 62933.
- ✓ NFPA 855.
- ✓ Sección 1206 y 1207 del IFC 2021.
- ✓ Certificado de conformidad de producto RETIE.

- **Sistema de refrigerado de baterías y equipos:** cuando aplique, dependiendo de la capacidad y las características del SSFV a implementar se debe instalar un sistema mecánico de refrigeración para el cuarto de baterías y celdas en BT/MT, que asegure las condiciones de temperatura solicitadas por el fabricante de las baterías y demás equipos, con el objeto de proteger la vida útil de los mismos y obtener la garantía del fabricante en caso de ser necesario. Entre las condiciones de operación están:

- ✓ Temperatura de trabajo: 0 ° C a 45 ° C.
- ✓ Humedad relativa: 5 % - 95 %, sin condensación.
- ✓ Altitud: Nivel del mar
- ✓ Mantener alejado de fuentes de calor, evitar la luz solar directa, sin gases corrosivos, sin gases explosivos, sin gases que destruyan el aislamiento, sin polvo conductor que dañen el aislamiento.

- **Caseta para protección de tableros, controles y sistemas de almacenamiento (cuando aplique):** cuando se requiera la construcción de un cuarto/caseta de protección, según la capacidad y características del SSFV a implementar, el contratista deberá realizar los estudios pertinentes para el diseño, presupuesto y construcción previa aprobación de la Interventoría y/o Supervisión de una edificación que cumpla con las dimensiones y requerimientos técnicos necesarios para proteger los diferentes componentes de seguimiento y control para la buena operación del SSFV instalado. Esta edificación deberá considerar en la zona



destinada para esta estructura, proyectar un área mínima que cumpla los requisitos de espacio y distancia de seguridad para el correcto funcionamiento de los equipos. la edificación deberá cumplir con las normas de diseño y construcción sismorresistente NSR-10 y considerar en su sistema estructural en concreto reforzado, placa de contrapiso y cárcamos en concreto, así como una cubierta en placa de concreto reforzado e impermeabilizado. Igualmente, deberá considerar los respectivos diseños hidráulicos, sanitarios y eléctricos para el buen funcionamiento de la edificación.

En la etapa de construcción deberá realizar el suministro y transporte de materiales para la construcción de la edificación según los planos de diseño arquitectónico, estructurales, hidrosanitarios y eléctricos, aprobados previamente por la Interventoría y/o Supervisión.

Igualmente deberá diseñar y construir las obras de drenaje, cámaras de inspección y canalizaciones para el cableado de las redes de media y baja tensión, así como el cable de comunicaciones requeridos para el correcto funcionamiento del SSFV y del sistema de almacenamiento, cuando aplique.

Los diferentes trabajos serán coordinados por el personal profesional e idóneo de manera que las actividades se realicen con calidad de la forma más rápida, segura y eficiente posible.

El dimensionamiento de las cantidades de los recursos de mano de obra, maquinaria y equipos de cada obra se hará de tal forma que sea posible el cumplimiento de los tiempos establecidos en el Plan de Trabajo y los ajustes necesarios que se hagan sobre éste.

Para el diseño y construcción de la caseta se deberá de tener en cuenta la óptima ubicación de ésta (dentro del predio dispuesto para la obra), revisando en todo caso si lo hay, la posibilidad de inundación del interior de la edificación, en este caso se deberá considerar la realización de las respectivas obras de drenajes de escorrentía y lluvias, como cunetas perimetrales, filtros y tuberías, así como de ser necesario elevar el nivel de la edificación a una altura de seguridad que garantice evitar el riesgo de inundación de la misma.

- **Precauciones contra incendio:** la fabricación de los aparatos, su disposición, conexiones y cableado interno debe ser de tal manera que los riesgos de incendio y por consiguiente los daños en las instalaciones, sean mínimos. El contratista será responsable de sellar en forma adecuada todos los orificios en el equipo que suministra, a través de los cuales pasen cables y de protegerlos contra daños mecánicos o incendio en los lugares donde queden expuestos. Para cuando aplique la instalación de sistemas de almacenamiento se deberá tener en cuenta las disposiciones del International Fire Code – IFC 2021 en su sección 1206 y 1207 así como lo recomendado en la NFPA 855 y NFPA 70. Se recomienda tener cerca del almacenamiento de baterías, dos extintores tipo CO2 Satélite de 150 lbs cada uno, de color rojo.
- **Sistema meteorológico:** con el fin de analizar el rendimiento del sistema de energía solar fotovoltaico se requiere una estación meteorológica para determinar los parámetros meteorológicos. el contratista instalará sensores meteorológicos para monitorear la radiación solar incidente y las condiciones meteorológicas en el proyecto (temperatura ambiente, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, presión barométrica, entre otros). El proyecto contará con medidas de radiación en el plano de los módulos que se ubicaran estratégicamente para cubrir la mayor de área de la planta. La distancia mínima entre los piranómetros es de 50 metros. El grado de protección IP de todos los componentes meteorológicos será mínimo IP65.

5.3.1. Estructura y cimentación

- Se utilizarán cimentaciones de concreto o estructuras metálicas ancladas al suelo, diseñadas para resistir velocidades de viento superiores a 130 km/h según *ASCE 7-16*.
- La estabilidad estructural en terrenos de alta erosión será garantizada mediante refuerzos y estabilización del suelo conforme a *ASTM D698*.
- Los módulos fotovoltaicos serán montados sobre estructuras de aluminio anodizado o acero galvanizado en caliente según *ISO 1461*.
- La inclinación de los módulos será optimizada de acuerdo con la latitud del sitio de instalación, maximizando la captación de radiación solar.
- Se garantizará un adecuado drenaje del terreno para evitar encharcamientos, siguiendo los lineamientos de *ASTM D4318*.



- En zonas con alta salinidad o humedad, se aplicarán aditivos impermeabilizantes y protección anticorrosiva en las cimentaciones conforme a *ACI 222R-01*.

5.3.2. Protección y seguridad

- Se instalará un cerramiento perimetral de al menos 1.8 metros de altura para restringir el acceso no autorizado.
- Se implementarán sistemas de drenaje según *ASTM D698*, evitando acumulaciones de agua que puedan afectar la base de los paneles.
- Los módulos estarán protegidos contra acumulación de polvo y humedad, minimizando la degradación del rendimiento energético en cumplimiento con *IEC 60068-2-68*.
- Se cumplirán los lineamientos de seguridad establecidos en el *RETIE* para prevenir riesgos eléctricos y mecánicos.
- Se instalarán protecciones contra descargas atmosféricas y puesta a tierra conforme a *IEEE 80*, incluyendo protectores tipo *SPD* en los tableros eléctricos.

5.4. Características constructivas del SSFV en Techo

5.4.1. Diseño estructural

- Se garantizará la compatibilidad de los sistemas de fijación con cubiertas de distintos materiales en conformidad con *ASTM E330*.
- Los anclajes deberán resistir esfuerzos dinámicos y vibraciones conforme a *ASTM A490*.
- Se garantizará la resistencia del sistema a vientos de hasta 120 km/h, cumpliendo con *ASCE 7-16*.

5.4.2. Seguridad y acceso

- Se instalarán líneas de vida y puntos de anclaje certificados conforme a *OSHA 1926.502* para garantizar la seguridad en trabajos en altura.
- Se implementará señalización y barreras de seguridad siguiendo la norma *ISO 7010*.

5.4.3. Canalización y cableado

- Se emplearán bandejas portacables de acero galvanizado y tuberías conduit en *PVC* reforzado según *UL 797*.
- Los conductores eléctricos cumplirán con la norma *NTC 2050* y estarán protegidos contra sobrecargas térmicas conforme a *IEC 60287*.
- Se instalarán protecciones diferenciales y sistemas de puesta a tierra en cumplimiento con *IEEE 1100*.

5.5. Consideraciones finales

Los SSFV en techo y en piso deberán cumplir con rigurosos estándares de calidad y seguridad, garantizando su operatividad y sostenibilidad a largo plazo. Se realizarán auditorías y verificaciones periódicas para asegurar el cumplimiento de las normativas vigentes y su adaptación a las condiciones específicas establecidas en la *Sección 4* del presente documento.

6. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y NORMAL OPERACIÓN DE LOS SSFV

Las siguientes son las pruebas mínimas que deben realizarse en los SSFV, sin limitarse exclusivamente a ellas:

- 6.1. *Inspección visual de sombras* para verificar que el sistema no presente afectaciones posteriores a su instalación debido a nuevas edificaciones o el crecimiento de vegetación cercana a los módulos fotovoltaicos.
- 6.2. *Pruebas de tensión y corriente en corriente continua (DC)* con el inversor en operación.
- 6.3. *Pruebas de tensión en corriente continua (DC)* con el inversor desconectado (Nota: estas pruebas se realizarán en cada uno de los strings y en cada equipo inversor).
- 6.4. *Pruebas de tensión y corriente en corriente alterna (AC)*, considerando todas las fases, así como mediciones con neutro y tierra.
- 6.5. *Ensayos de curvas IV* para evaluar el comportamiento eléctrico del sistema.
- 6.6. *Limpieza de todos los componentes* para garantizar el óptimo desempeño de cada elemento.



- 6.7. *Limpieza de los módulos fotovoltaicos*, siguiendo las recomendaciones y especificaciones del fabricante.
- 6.8. *Prueba de tensión de circuito abierto* en los paneles solares dentro de su cadena de strings, además de la prueba de curva del sistema.
- 6.9. *Revisión del estado y funcionamiento* de gabinetes, cajas eléctricas, protecciones en corriente continua (DC) y corriente alterna (AC), conectores, terminales, acometidas eléctricas, estructuras de soporte de inversores y encerramientos físicos de inversores, tableros eléctricos y transformadores. Luego de la inspección, se realizarán los reemplazos necesarios de acuerdo con los hallazgos detectados.
- 6.10. *Verificación de la identificación de equipos, tableros y componentes del sistema*, incluyendo etiquetas y marquillas en cables DC y AC, acometidas eléctricas (tuberías, corazas, bandejas, entre otros), así como la correcta señalización de avisos de riesgo eléctrico y demarcaciones.
- 6.11. *Inspección termográfica en puntos críticos*, tales como el punto de inyección, inversores, conexiones en bornes, protecciones en tableros eléctricos y módulos fotovoltaicos.
- 6.12. *Pruebas de reconexión automática*, conforme a lo establecido en el acuerdo del Consejo Nacional de Operación (CNO), cuando aplique.
- 6.13. *Pruebas de continuidad y equipotencialidad* en los sistemas de puesta a tierra, además de pruebas de continuidad en conductores generales.
- 6.14. *Inspección de polaridad en los cableados* utilizados en el sistema, asegurando su correcta conexión.
- 6.15. *Pruebas de funcionamiento en la sección de control*, abarcando la validación de interruptores de relé y disyuntores, cuando corresponda.
- 6.16. *Prueba de resistencia de aislamiento* para verificar la seguridad eléctrica del sistema.
- 6.17. *Inspección termográfica* de los módulos solares fotovoltaicos para detectar la generación de calor y posibles anomalías térmicas.

7. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EQUIPOS

7.1. Descripción general

7.1.1. Sistemas solares fotovoltaicos en piso

Los sistemas solares fotovoltaicos en piso están diseñados para su instalación en terrenos abiertos o áreas específicas destinadas a infraestructura energética. Su estructura de soporte se basa en cimentaciones de concreto o anclajes helicoidales, garantizando estabilidad frente a cargas de viento, nieve y polvo. Estos sistemas operan con inversores centralizados o string, optimizando la conversión de energía.

Para su implementación, los equipos deben cumplir con normativas nacionales e internacionales que aseguren seguridad y rendimiento óptimo. La inclinación y orientación de los módulos solares deben ajustarse conforme a la latitud del sitio para maximizar la captación de radiación solar. En caso de integrar almacenamiento energético, los sistemas deberán ser dimensionados con base en estudios de factibilidad y criterios técnicos, garantizando eficiencia y fiabilidad a largo plazo.

7.1.2. Sistemas solares fotovoltaicos en techo o cubierta

Los sistemas solares fotovoltaicos en techos o en están diseñados para instalarse sobre la cubierta de edificaciones residenciales, comerciales o industriales, interconectándose con la red eléctrica interna del usuario mediante inversores de inyección directa. La selección de los métodos de fijación debe garantizar la integridad estructural del techo y evitar afectaciones a la edificación.

El dimensionamiento del sistema dependerá del consumo energético, la capacidad estructural del techo y la viabilidad técnica del proyecto. Es esencial que los equipos cumplan con certificaciones nacionales e internacionales para garantizar su seguridad y desempeño a largo plazo. Además, se requiere la implementación de sistemas de monitoreo que permitan la supervisión en tiempo real del rendimiento energético y el estado del sistema.

Dado que los espacios en techos suelen ser reducidos, se prioriza el uso de microinversores o inversores string con múltiples MPPTs para mejorar la eficiencia de conversión. Asimismo, los módulos fotovoltaicos deben ser ligeros y resistentes a cargas de viento y vibraciones, minimizando el impacto sobre la estructura del edificio.



A continuación, se presentan las especificaciones técnicas mínimas de los equipos que conforman los SSFV objeto de implementación.

7.2. Normatividad y requisitos generales

Los equipos y materiales deben cumplir con los siguientes estándares y normativas:

- Normativa nacional: RETIE y NTC 2050.
- Normativa internacional: IEC 61215, IEC 61730 (Módulos FV); IEC 62116 (Pruebas de inversores); IEEE 1547 (Interconexión de generación distribuida).
- Normativa ambiental y estructural: Norma Sismo Resistente NSR 10, NTC 4552 (Protección contra descargas eléctricas), NTC 5832 (Normas de estructuras metálicas para SSFV en techo y piso).

Los equipos deben estar diseñados para operar en un rango de temperatura de -40°C a $+85^{\circ}\text{C}$, con resistencia a humedad y corrosión. Se garantizará la estabilidad mecánica en función del tipo de instalación: *cargas dinámicas en techos y cargas estructurales en piso*.

7.3. Módulos solares

Los módulos fotovoltaicos o paneles solares, de tecnología monocristalina de media celda, deben cumplir con las siguientes especificaciones:

Tabla 2. Especificaciones técnicas mínimas de *módulos solares*.

Característica	SSFV en Piso	SSFV en Techo
Rendimiento	Excelente rendimiento en condiciones de baja radiación solar, alta durabilidad y parámetros eléctricos óptimos.	Excelente rendimiento en condiciones de poca luz, alta durabilidad y parámetros eléctricos óptimos.
Tipo de tecnología	Monocristalino o CdTe	Monocristalino, media celda
Potencia mínima en STC	600 Wp	Potencia definida en el diseño de cada sistema.
Garantía de producción	90 % a 12 años, 80 % a 25 años	90 % a 12 años, 80 % a 25 años
Eficiencia mínima	$\geq 20 \%$	$\geq 20 \%$
Temperatura de operación	-40°C a $+85^{\circ}\text{C}$	-40°C a $+85^{\circ}\text{C}$
Voltaje máximo del sistema (IEC)	1500 V	1500 V
Valor máximo de fusible	$> 25 \text{ A}$	25 A
Conector	MC4	MC4
Certificaciones	IEC 61215, IEC 61730, UL 1703, ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, ISO 45001:2018, TS62941, RETIE	IEC 61215, IEC 61730, UL 1703, ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, ISO 45001:2018, TS62941
Resistencia mecánica	Soporta cargas de viento, nieve y polvo	Resistente a vibraciones y cargas de viento
Peso optimizado	No aplica	Sí, para reducir impacto estructural en cubiertas
Degradación anual	$\leq 0.8 \%$	$\leq 0.8 \%$

Característica	SSFV en Piso	SSFV en Techo
Material del encapsulado	Vidrio templado con recubrimiento antirreflejo	Vidrio templado con recubrimiento antirreflejo

Los módulos contarán con recubrimientos anticorrosivos y estarán instalados con una inclinación optimizada según la radiación solar disponible en cada ubicación.

7.4. Inversores

Los inversores deben permitir la conversión eficiente de la energía generada, cumpliendo con los siguientes requisitos:

Tabla 3. Especificaciones técnicas mínimas de *inversores*.

Característica	SSFV en Piso	SSFV en Techo
Tipo	Inversores string o centralizados	Inversores o micro inversores On-Grid de inyección directa para sistemas conectados al SIN. Inversores Híbridos para sistemas en ZNI.
Número de fases	Mínimo tres (3)	Según diseño
Rango de Potencia total AC nominal de salida (VA)	Según diseño	Según diseño
Voltaje nominal de salida / Intervalo (V)	Según diseño	Según diseño
Frecuencia nominal / Intervalo (Hz)	60 / (55-65)	60 / (55-65)
Eficiencia nominal (MPPT)	≥ 98 %	≥ 99 %
Cantidad mínima MPPT	2	2
Eficiencia global	≥ 97 %	≥ 97 %
Distorsión armónica total (THD)	<3 %	<3 %
Factor de potencia	≥ 0,99	≥ 0,99
Rango temperatura ambiente (°C)	-40 °C a +65 °C	-40 °C a +65 °C
Comunicación	RS485, Modbus TCP/IP, GSM/3G/4G	Wireless/GSM
Monitoreo	Módulo de comunicación para monitoreo remoto del parque de generación	A través de app, web vía GSM/3G/4G o Wi-Fi
Garantía mínima	5 años	5 años
Grado de protección	IP54 (outdoor) / IP20 (indoor) o su equivalente NEMA.	IP67 (NEMA 6)

Característica	SSFV en Piso	SSFV en Techo
Relación DC/AC	Mayor a 0,8 y cercano a 1,25	Mayor a 0,8 y cercano a 1,25
Certificaciones	IEC 62109-1 y 62109-2, UL 1741, IEC 62103, IEC 62116, IEC 61683, RETIE	IEC 62109-1 y 62109-2, UL 1741, IEC 62103, IEC 62116, IEC 61683, RETIE
Disponibilidad de repuestos	Acceso a repuestos y soporte técnico en Colombia	Acceso a repuestos y soporte técnico en Colombia
Controladores (Para inversores cargadores – SSFV en ZNI)		
Para	Batería Ión Litio	Batería Ión Litio
Tensión nominal de salida	48 V	48 V
Corriente	60 A	60 A
Eficiencia	Mayor al 95 %	Mayor al 95 %

7.5. Medidores

Los medidores utilizados en los SSFV deben garantizar una medición precisa de la energía generada y consumida, cumpliendo con los estándares regulatorios y asegurando compatibilidad con los sistemas de monitoreo. A continuación, se presentan los requisitos técnicos mínimos de los medidores y sistemas de comunicación para SSFV en piso y SSFV en techo:

7.5.1. Medidores para baja tensión

Tabla 4. Especificaciones técnicas mínimas de medidores.

Característica	SSFV en Piso	SSFV en Techo
Tipo de medida	Directa, en kWh, kVAR	Directa, bidireccional en kWh, kVAR para SIN. Directa, unidireccional en kWh, kVAR para ZNI
Medición	Cuatro cuadrantes	Cuatro cuadrantes
Medición de energía	Dos direcciones, medición por fase (fase a fase y fase a neutro)	Dos direcciones, medición por fase (fase a fase y fase a neutro) para SIN. Dos direcciones, medición por fase (fase a fase y fase a neutro) para SIN.
Perfiles de carga	No especificado	4 perfiles de carga configurables
Tipos de conexión	Según diseño (1F-2H, 2F-3H, 3F-4H)	Según diseño (1F-2H, 2F-3H, 3F-4H)
Precisión	Clase 1.0 o superior	Clase 1.0 o superior
Tensión	Según diseño	Según diseño



Rango de tensión	0,8 – 1,25 Un	0,8 – 1,25 Un
Corriente de base (In)	Según diseño	5 A
Corriente máxima (Imax)	Según diseño	120 A
Frecuencia	60 Hz	60 Hz
Protección	IP54	IP54
Temperatura de operación	-25°C a +70°C	-25°C a +70°C
Comunicación	RS485 / puerto óptico	RS485 / puerto óptico
Comunicación Remota	GPRS/GSM, Wi-Fi, Ethernet	GPRS/GSM, Wi-Fi, Ethernet, LoRa
Protocolos	DLMS/COSEM, IEC62056-21, MODBUS	DLMS/COSEM, IEC62056-21, MODBUS
Cumplimiento regulatorio	CREG 038 de 2014	CREG 038 de 2014

Estos medidores deben permitir la supervisión remota del consumo y la generación de energía, asegurando una adecuada integración con los sistemas de monitoreo y control de los SSFV.

7.5.2. Sistema de medida Nivel II para MT

- Medida bidireccional indirecta en kWh, kVAh, & kVAh; CL0.5s (Medidor E3DD 480V 10A).
- Registro de máxima demanda para kW, kVA & kVA.
- Registro de tensión, corriente, potencia, & factor de potencia (FP).
- Control de tiempo de uso (TOU) con 8 tarifas programables.
- Protocolos DLMS, IEC 62056-21, MODBUS.
- Comunicación Local: Óptico/Infrarrojo, RS232, RS485, PLC, LoRa.
- Comunicación Remota: GPRS/GSM, Wi-Fi, Ethernet.
- Transformadores de corriente TC 13,2KV 10/5/5A 5VA CL0.5s EXT según diseño.
- Transformadores de tensión TT 13200:V3/120:V3 15VA CL0.5s EXT según diseño.

7.5.3. Equipo de comunicación y monitoreo para el sistema de medida Nivel II en MT

Dispositivo de comunicación (Modem) y monitoreo, con *Modelo de apoyo* 8303/8343/8303N/8343N: SYS EVDO/CDMA2000 telecomunicaciones 3G/2G Red 8303-7/8343-7/8303N-7/8343N-7: Apoyo 5 modos de TD-LTE/FDD-LTE/WCDMA/TD-SCDMA/GSM Unicom 4G/3G/2G móvil 4G/3G/2G y Telecom 2G/3G/4G Red.

- La tasa de transmisión 3G velocidad de la red: uplink 5,76 Mbps download 7,2 Mbps 4G velocidad de red: Enlace 2 Mbps download 68Mbps!
- Tarjeta SIM Tensión: 3 V, 1,8 V; tamaño: tarjeta grande (tarjeta pequeña puede comprar juegos de tarjetas).
- Interfaz de antena de barra de pegamento opcional 50Ω/SMA o antena de succión.
- Serie tipo de puerto RS-232/RS-485.
- Puerto serie parámetro Velocidad de baudios: 1200 ~ 115200bps; bit de datos: 5 ~ 9; bit de parada: 1 ~ 2; Control de flujo: Hardware, Software; bit de comprobación: ninguno, impar, marca, espacio.
- Fuente de alimentación Salida Q2.1, se puede personalizar a la entrada de la terminal de alimentación.
- Tensión de entrada DC9V ~ 24 V.
- Corriente de trabajo <200mA @ 9 V 9 V.
- Temperatura de funcionamiento -40 ~ 85°C
- De almacenamiento de temperatura: 0 ~ 95% sin condensación.



- Medidor y Accesorios
- Bloque de prueba según diseño.
- Gabinete metálico para medidor y bloque. Según diseño.
- Medida bidireccional Indirecta en kWh, kVAh, & kVAh; CL0.5s (Medidor E3DD 480V 10A)
- Certificado de conformidad QCERT 2604.
- Registro de máxima demanda para kW, kVA & kVA.
- Registro de tensión, corriente, potencia, & factor de potencia (FP).
- Control de tiempo de uso (TOU) con 8 tarifas programables.
- 2 perfiles de carga configurables (450 días con intervalos de 60').
- 4 registros de eventos configurables (calidad de energía o antifraude).
- Display LCD de 11 dígitos con backlight.
- RTC con súper condensador y batería de respaldo.
- Protocolos DLMS, IEC 62056-21, o MODBUS.
- Comunicación Local Óptico/Infrarrojo, RS232, RS485, PLC, LoRa.
- Comunicación Remota GPRS/GSM, Wi-Fi, Ethernet.
- Protocolos DLMS/COSEM, IEC62056-21, MODBUS.
- TC 13,2KV 10/5/5A 5VA CL0.5s EXT según diseño.
- TT 13200:V3/120:V3 15VA CL0.5s EXT Según diseño.
- Temperatura operativa: -40 ~ 85°C.

7.6. Estructuras de soporte

Las estructuras de soporte de los módulos solares deben garantizar estabilidad y durabilidad, cumpliendo con normativas técnicas y de seguridad según el tipo de instalación.

7.6.1. SSFV en piso

El contratista deberá describir el tipo de estructura de soporte a utilizar, incluyendo:

- Memoria de detalle del diseño estructural.
- Descripción de los componentes y materiales.
- Cumplimiento con normativas estructurales.
- Sistemas de anclaje y fijación adaptados al suelo.

El sistema deberá optimizar la instalación, garantizar la correcta ventilación de los módulos y evitar sombras que reduzcan la eficiencia. La estructura será de acero galvanizado en caliente o aluminio, con tratamiento anticorrosivo conforme a *ISO 14713-1*, *ISO 14713-2* e *ISO 14713-3*.

El anclaje al terreno dependerá de estudios geotécnicos y deberá evitar deformaciones a lo largo de la vida útil del sistema. Se utilizarán cimentaciones de concreto o anclajes helicoidales según la evaluación del sitio.

7.6.2. SSFV en techo

Las estructuras de soporte estarán diseñadas para adaptarse al tipo de cubierta de cada edificación, garantizando seguridad y resistencia a condiciones climáticas adversas. Deberán cumplir con:

- Normativa NSR-10 y/o NTC 5832 (estructuras de acero) o Aluminium Association y ANSI H35 (estructuras de aluminio).
- Resistencia a vientos y vibraciones.
- Métodos de fijación mediante abrazaderas en los laterales largos del módulo, evitando contacto con el vidrio frontal.
- Aplicación de un par de apriete adecuado según especificaciones del fabricante.
- Uso de materiales resistentes a exposición prolongada al sol y humedad.

Durante la etapa de diseño, se seleccionará el tipo de estructura más adecuado para la edificación, asegurando resistencia estructural y compatibilidad con los módulos solares. Las abrazaderas deben evitar proyección de sombras y asegurar un montaje eficiente para reducir costos de instalación y mantenimiento.

Tabla 5. Especificaciones técnicas mínimas de *estructuras de soporte*.

Característica	SSFV en Piso	SSFV en Techo
Material	Acero galvanizado o aluminio anodizado	Acero inoxidable o aluminio anodizado
Carga de viento soportada	Hasta 130 km/h	Hasta 120 km/h
Anclaje	Cimentaciones de concreto o tornillos helicoidales	Adaptado al tipo de cubierta (teja, losa, lámina metálica)
Protección anticorrosiva	Recubrimiento especial para evitar degradación	Recubrimiento anticorrosivo y tornillería de acero inoxidable
Normativas aplicables	NSR-10, NTC 5832, ISO 14713-1/2/3	NSR-10, NTC 5832, Aluminium Association, ANSI H35

7.7. Sistemas de almacenamiento (si aplica)

Se aclara que la SIP no incluye sistemas de almacenamiento, no obstante, cuando se requiera almacenamiento energético para un SSFV en particular, el contratista deberá considerar que tales sistemas de almacenamiento deberán cumplir con lo indicado en este sub numeral. FENOGE adelantara una SIP particular para estos bienes, obras o servicios.

El almacenamiento de energía se implementará con baterías de tecnología *Ion-Litio (LiFePO4)* o *Gel VRLA*, garantizando alta confiabilidad y seguridad operativa. Se prioriza el uso de sistemas con *Sistema de Gestión de Baterías (BMS)* integrado, lo que permitirá optimizar la vida útil y proteger el almacenamiento ante eventos como sobrecarga, sobredescarga y sobret temperatura.

A continuación, se presentan los parámetros mínimos que deben cumplir los sistemas de almacenamiento según la ubicación del sistema fotovoltaico:

Tabla 6. Especificaciones técnicas mínimas de *sistemas de almacenamiento (si aplica)*.

Característica	SSFV en Piso	SSFV en Techo
Tipo de baterías	Ion-Litio (LiFePO4) o Gel VRLA	Ion-Litio (LiFePO4) o Gel VRLA
Profundidad de descarga (DoD)	≥ 80%	≥ 80%
Vida útil esperada	Mínimo 10 años	Mínimo 10 años
Temperatura óptima de operación	15°C - 30°C	15°C - 30°C
Compatibilidad con sistemas híbridos	Sí	Sí
Ubicación recomendada	No aplica	En áreas protegidas y ventiladas
Sistema de gestión de baterías (BMS)	Integrado	Integrado

Característica	SSFV en Piso	SSFV en Techo
Normatividad aplicable	mínima RETIE, NTC 2050, IEC 62619, IEC 61427-2	RETIE, NTC 2050, IEC 62619, IEC 61427-2

7.7.1. Consideraciones adicionales

- *Para SSFV en piso:* en proyectos a gran escala o aplicaciones híbridas, los sistemas de almacenamiento deben incluir configuraciones en *racks modulares de 51.2 VDC*, con capacidad de expansión mediante módulos en serie o paralelo. Además, deben instalarse en gabinetes resistentes a condiciones ambientales adversas, con ventilación adecuada para evitar sobrecalentamientos.
- *Para SSFV en techo:* dado que los espacios son más reducidos, la instalación de las baterías debe realizarse en áreas protegidas y con ventilación suficiente para disipar el calor generado durante los ciclos de carga y descarga. Se recomienda el uso de módulos compactos con monitoreo remoto del estado de carga.

La implementación del sistema de almacenamiento deberá cumplir con las regulaciones establecidas en el *RETIE* y las *Normas IEC aplicables (IEC 62619, IEC 61427-2, entre otras)*. Asimismo, se deberá garantizar la compatibilidad con inversores bidireccionales que permitan la integración de la batería con el sistema fotovoltaico y la red eléctrica cuando aplique.

7.8. Protecciones eléctricas

Para garantizar la seguridad y confiabilidad operativa del sistema fotovoltaico, se deben implementar dispositivos de protección eléctrica adecuados para cada tipo de instalación. Las protecciones eléctricas deberán cumplir con los estándares nacionales e internacionales aplicables, tales como *RETIE, NTC 4552, IEC 60947-2 (Interruptores automáticos), IEC 60364 (Instalaciones eléctricas de baja tensión)* e *ISO 3864 (Señalización de seguridad)*.

Los sistemas deberán incluir mecanismos de desconexión rápida, protección contra sobretensiones, dispositivos de puesta a tierra y fusibles de seguridad, minimizando riesgos eléctricos tanto para los equipos como para el personal encargado de la operación y mantenimiento.

A continuación, se presenta los dispositivos de protección requeridos para cada tipo de instalación:

Tabla 7. Especificaciones técnicas mínimas de *sistemas de almacenamiento (si aplica)*.

Protección	SSFV en Piso	SSFV en Techo
Interruptores de corte DC/AC	Sí	Sí
Supresores de sobretensión	Sí	Sí
Sistema de puesta a tierra	Conforme a RETIE y NTC 4552	Conforme a RETIE y NTC 4552
Fusibles de protección	Hasta 25A	Hasta 25A
Voltaje de aislamiento	1500V	1500V
Identificación de cables en ambos extremos	Sí	Sí
Placas de advertencia de peligro (ISO 3864)	Sí	Sí



8. OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

El *contratista* será el único responsable del cumplimiento de los requisitos y obligaciones en *Seguridad y Salud en el Trabajo (SST)*, adquiridos con ocasión de las obras a ejecutar. Dichas responsabilidades deben ser extendidas a todos sus subcontratistas, quienes deberán acatar sin excepción los mismos requerimientos establecidos en el contrato principal en materia de SST. Cualquier incumplimiento de estas disposiciones será responsabilidad exclusiva del *contratista*, afectando directamente a sus trabajadores, comunidades vecinas, autoridades gubernamentales y el medio ambiente.

El *contratista* deberá desarrollar e implementar un *Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST)*, el cual deberá ser presentado para su aprobación *al menos una semana antes del inicio de las actividades*. No se permitirá el inicio de las labores hasta que el plan supere en un *100% la evaluación de planeación*. Cualquier mejora o modificación que se requiera durante la ejecución del contrato deberá ser presentada a la *Interventoría y/o Supervisión* para su revisión y aprobación.

8.1. Responsabilidades del contratista en materia de SST

El contratista deberá cumplir con todas las *obligaciones legales, estatutarias, reglamentarias y convencionales* derivadas de su rol como empleador, entre las cuales se incluyen:

- 8.1.1. *Pago puntual de salarios y prestaciones laborales*, incluyendo *horas extras conforme a la resolución vigente del Ministerio de Trabajo*, recargos nocturnos, dominicales y festivos, así como indemnizaciones, descansos remunerados y demás beneficios laborales conforme a la legislación vigente.
- 8.1.2. *Afiliación y pago de aportes al Sistema de Seguridad Social*, garantizando la cobertura en *Salud, Pensiones y Riesgos Laborales (ARL)* de todos los trabajadores.
- 8.1.3. *Cumplimiento de todas las prestaciones legales y extralegales* pactadas con sus empleados, en los términos y plazos exigidos por la ley.
- 8.1.4. *Afiliación a Caja de Compensación Familiar*, asegurando los aportes parafiscales obligatorios correspondientes al *SENA, ICBF Y CAJAS DE COMPENSACIÓN FAMILIAR*.
- 8.1.5. *Práctica de exámenes médicos ocupacionales* de ingreso, periódicos, post-incapacidad y de egreso, conforme a la normativa en riesgos laborales y seguridad industrial.

8.2. Certificación del cumplimiento de obligaciones laborales y de seguridad social

Al finalizar el proyecto, el *contratista* deberá presentar un *Paz y Salvo de liquidación* de cada colaborador, acompañado de una *autodeclaración firmada por el Revisor Fiscal*, en la que se certifique:

- 8.2.1. Que la empresa *ha cumplido con el pago de salarios* y ha efectuado los aportes al Sistema General de Seguridad Social (AFP, EPS, ARL) y parafiscales, en cumplimiento del *Decreto 1670 de 2007*, con detalle de las fechas de inicio y finalización del contrato.
- 8.2.2. Que la empresa *ha pagado todas las prestaciones sociales* causadas durante la ejecución del contrato, incluyendo *prima de servicios, auxilio de cesantías e intereses de cesantías, así como la dotación de calzado y vestido de labor*.

Además, el *contratista* deberá certificar que *cuenta con la autorización del Ministerio de Trabajo* para la ejecución de *horas suplementarias*, en caso de ser requeridas.

8.3. Requisitos documentales y controles en obra

El contratista deberá disponer en obra de un DOSSIER en formato físico y digital, el cual deberá contener la siguiente documentación:

- 8.3.1. *Certificado de Cumplimiento del SG-SST*, emitido por la *Administradora de Riesgos Laborales (ARL)* con el porcentaje de cumplimiento.
- 8.3.2. *Política de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST)*, firmada y actualizada por el Representante Legal.



- 8.3.3. *Reglamento Interno de Trabajo y Reglamento de Higiene y Seguridad Industrial*, debidamente firmados y actualizados por el Representante Legal.
- 8.3.4. *Hojas de vida del personal*, con los soportes de formación y certificaciones.
- 8.3.5. *Afiliaciones y pagos de seguridad social actualizados*, conforme a la normatividad vigente.
- 8.3.6. *Exámenes médicos ocupacionales vigentes*, de acuerdo con la actividad desempeñada.
- 8.3.7. *Certificaciones vigentes en espacios confinados y/o trabajo en alturas*, verificables en la plataforma del Ministerio de Trabajo (si aplica).
- 8.3.8. Registros de inspecciones periódicas realizadas al personal, herramientas, equipos, químicos, sistemas de acceso y vehículos.
- 8.3.9. *Hojas de vida y fichas técnicas de herramientas, equipos y maquinaria*, junto con los registros de mantenimiento y certificaciones.
- 8.3.10. *Certificación de Equipos de Protección Contra Caídas, Líneas de Vida y Sistemas de Acceso*, en cumplimiento de la *Resolución 4272 de 2021*.
- 8.3.11. Hojas de Seguridad (MSDS) de productos químicos utilizados (si aplica).
- 8.3.12. *Certificaciones de mantenimiento preventivo y correctivo de herramientas eléctricas y equipos de maquinaria*.
- 8.3.13. *Cronograma de mantenimiento preventivo*, con detalle de las actividades programadas.
- 8.3.14. *Indicadores de Gestión en SST*, según lo dispuesto en la *Resolución 0312 de 2019*.
- 8.3.15. *Plan de Emergencia adaptado a la labor ejecutada*, firmado por un profesional competente. *En caso de realizar trabajos en alturas*, se deberá contar con personal entrenado en rescate vertical.
- 8.3.16. *Documentación del Coordinador de Trabajo en Alturas*, debidamente acreditado por el *Ministerio de Trabajo*.

8.4. Seguridad en obra y trabajos en alturas

Durante la ejecución del contrato, el contratista deberá implementar medidas de prevención, control y mitigación de riesgos laborales en el sitio de trabajo. Esto incluye:

- 8.4.1. *Mantener el orden y aseo en la obra*.
- 8.4.2. *Aplicar medidas de seguridad y señalización en áreas de riesgo*.
- 8.4.3. *Exigir el uso obligatorio de Equipos de Protección Personal (EPP)* certificados según la actividad.
- 8.4.4. *Controlar el ingreso y egreso del personal*, asegurando que solo trabajadores autorizados accedan a la zona de trabajo.

Para la instalación de Sistemas Solares Fotovoltaicos (SSFV) en techos, se deberán cumplir las siguientes normativas:

- 8.4.5. *Resolución 4272 de 2021*: establece los requisitos para el trabajo seguro en alturas.
- 8.4.6. Norma Técnica Colombiana NTC 2037: define criterios para el uso seguro de líneas de vida horizontales y verticales.
- 8.4.7. *Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE)*: dispone medidas de seguridad eléctrica en instalaciones fotovoltaicas.
- 8.4.8. Norma NFPA 70 (NEC): regula la protección contra riesgos eléctricos en sistemas solares.

El *contratista* deberá realizar inspecciones diarias a los sistemas de anclaje, líneas de vida y puntos de anclaje estructurales, documentando cada evaluación.

Finalmente, el cumplimiento estricto de estas disposiciones garantizará la seguridad en la obra y la protección de los trabajadores, minimizando riesgos eléctricos, caídas y accidentes laborales. El incumplimiento de estas medidas podrá derivar en sanciones y suspensión de actividades hasta la implementación de las correcciones necesarias.

9. OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA EN CUANTO A VEHÍCULOS Y TRANSPORTE

El *contratista* debe actuar con la máxima diligencia en el uso de vías públicas y privadas, evitando daños en la infraestructura vial. Por lo tanto, es su obligación cumplir con las disposiciones del Ministerio de Transporte y gestionar las autorizaciones necesarias para el tránsito de vehículos, maquinaria y equipos requeridos en la ejecución del contrato.

9.1. Transporte de personal y materiales



El contratista es el único responsable del transporte de todo el personal vinculado al proyecto, garantizando que se realice de manera segura y en conformidad con las normativas vigentes. La documentación requerida para el cumplimiento de la normativa en transporte terrestre y fluvial deberá estar disponible en el sitio de trabajo.

Se prohíbe el transporte de personal en platonos o carrocerías de vehículos automotores. En el caso de embarcaciones, la cantidad de personas transportadas no podrá exceder la capacidad permitida según su tamaño y diseño. Además, el *contratista* debe garantizar el servicio de transporte de personal a cada frente de trabajo, evitando retrasos y pérdidas de tiempo operativas.

El *contratista* deberá dimensionar adecuadamente la cantidad de vehículos requeridos para la movilización de personal, equipos y herramientas, asegurando la eficiencia en la ejecución del proyecto y el cumplimiento de los estándares internos y nacionales.

9.2. Transporte de equipos y materiales

El costo asociado al transporte de equipos, materiales y herramientas será asumido por el *contratista*, quien deberá considerarlo en la estructuración de su oferta económica. La modalidad de transporte a utilizar podrá incluir opciones terrestres, fluviales, marítimas, aéreas o combinadas, según la disponibilidad y necesidad del proyecto.

El *contratista* será responsable de tramitar ante las autoridades competentes los permisos necesarios para el transporte de los materiales y equipos a instalar. El transporte deberá realizarse mediante procedimientos técnicos adecuados, empleando vehículos y equipos en condiciones óptimas para evitar daños durante el cargue, traslado y descargue, ya sea en vías terrestres, fluviales, marítimas, aéreas o caminos de difícil acceso.

Cualquier daño ocasionado en la infraestructura vial, bienes públicos, privados, equipos o personas durante las maniobras de carga, transporte o descarga será responsabilidad exclusiva del *contratista*, quien deberá asumir los costos derivados de los perjuicios causados.

9.3. Documentación de los vehículos

Desde el inicio del contrato, el *contratista* deberá reportar a la *Interventoría* y/o *Supervisión* la lista completa de los vehículos que serán utilizados en el proyecto, indicando la siguiente información:

- 9.3.1. Placa.
- 9.3.2. Modelo y tipo de vehículo.
- 9.3.3. Tarjeta de propiedad (número y titular).
- 9.3.4. Tarjeta de operación (para vehículos con conductor).
- 9.3.5. Pólizas de seguro (número y vigencia).
- 9.3.6. Tarjeta de seguro obligatorio automotor (SOAT o SCCT, según aplique).

Además, durante toda la ejecución del contrato, deberá mantenerse actualizados todos los documentos exigidos por las autoridades de Circulación y Tránsito para vehículos particulares, es decir, la siguiente documentación:

- 9.3.7. Copia autenticada de la tarjeta de propiedad del vehículo.
- 9.3.8. Seguro obligatorio SOAT o SCCT vigente.
- 9.3.9. Certificado de revisión técnico-mecánica emitido por un CDA autorizado (cuando aplique).
- 9.3.10. Póliza de seguro todo riesgo extracontractual y contractual.
- 9.3.11. Certificado de paz y salvo emitido por la autoridad de tránsito correspondiente.
- 9.3.12. Certificado de emisión de gases.
- 9.3.13. Hoja de vida del vehículo con historial de mantenimiento.
- 9.3.14. Se exigirá a quien conduzca vehículos dentro y fuera del parque solar, en transporte de personal y carga, contar con licencia de conducción vigente y curso de manejo defensivo actualizado.
- 9.3.15. Concepto de aptitud médica del conductor, incluyendo examen psicofísico.
- 9.3.16. Planilla de seguridad (ARL, EPS) del conductor.



- 9.3.17. Licencia de conducción vigente del operador del vehículo.
- 9.3.18. Curso vigente de manejo defensivo para conductores

9.4. Requisitos para la operación de maquinaria pesada

En caso de operar maquinaria pesada dentro del proyecto, el *contratista* deberá presentar la siguiente documentación:

- 9.4.1. Tarjeta de registro de maquinaria.
- 9.4.2. Declaración de importación.
- 9.4.3. Instalación y activación de sistema *GPS*.
- 9.4.4. Póliza de responsabilidad civil.
- 9.4.5. Registro de mantenimiento (queda prohibido realizar mantenimiento o abastecimiento de combustible dentro del parque solar).
- 9.4.6. Manifiesto de carga.
- 9.4.7. Certificado de inspección (prueba de carga).
- 9.4.8. Certificación vigente del operador de maquinaria pesada.
- 9.4.9. Licencia de tránsito de la cama baja (si aplica).
- 9.4.10. Seguro obligatorio *SOAT*.
- 9.4.11. Certificado de revisión técnico-mecánica.
- 9.4.12. Licencia de conducción vigente del operador.

9.5. Seguridad en la operación de grúas

Si se requiere el uso de grúas dentro del proyecto, el *contratista* deberá asegurar que estos vehículos sean conectados a tierra mientras estén estacionados dentro del parque solar o subestación, con el fin de evitar diferencias de potencial que puedan poner en riesgo la seguridad del personal. Adicionalmente, se exigirá la siguiente documentación para la operación de camión grúa:

- 9.5.1. Certificación de la grúa (inspección y prueba de carga).
- 9.5.2. Certificación de eslingas, cadenas, grilletes, diferenciales y demás equipos de elevación.
- 9.5.3. Tabla de carga del equipo.
- 9.5.4. Licencia de tránsito del vehículo.
- 9.5.5. Seguro *SOAT* vigente.
- 9.5.6. Revisión técnico-mecánica.
- 9.5.7. Pólizas de responsabilidad civil, contractual y extracontractual.
- 9.5.8. Certificado de aparejador.
- 9.5.9. Certificado del operador de grúa.
- 9.5.10. Licencia de conducción vigente.

9.6. Plan de seguridad vial y monitoreo ambiental

El *contratista* deberá implementar un Plan Estratégico de Seguridad Vial (*PESV*) y presentarlo a la Interventoría y/o Supervisión. Este plan deberá incluir:

- 9.6.1. Evaluación de riesgos en desplazamientos.
- 9.6.2. Estrategias de mitigación de accidentes.
- 9.6.3. Plan de preparación y respuesta ante emergencias viales.
- 9.6.4. Políticas de seguridad vial divulgadas a conductores y operadores del proyecto.
- 9.6.5. Indicadores de cumplimiento y seguimiento.

El *contratista* deberá llevar una planilla aprobada por el *FENOGE* y/o la *Interventoría*, para registrar la huella de carbono generada por los vehículos en el proyecto. Se deberán definir las acciones de reducción del impacto ambiental.

9.7. Condiciones de seguridad dentro del SSFV



El *contratista* deberá garantizar que los vehículos respeten los siguientes parámetros:

- 9.7.1. Límites de velocidad dentro del parque solar.
- 9.7.2. Equipamiento obligatorio con cámaras y sensores de reversa.
- 9.7.3. Presentación de un *Plan Vial y de Movilización* con identificación de peligros, rutas y medidas de mitigación de riesgos.
- 9.7.4. Evaluación de estabilidad estructural de las vías.

En caso de contar con múltiples vehículos y maquinaria dentro del parque solar, el *contratista* deberá asignar *controladores viales* (señaleros o paletteros), debidamente capacitados y equipados con sistemas de comunicación.

9.8. Mantenimiento y aseguramiento de las condiciones de tránsito

El *contratista* deberá implementar un *Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo para los vehículos*, así como de equipos de transporte, garantizando su operatividad y seguridad. Dicho programa deberá contar con:

- 9.8.1. Registro de mantenimientos y reparaciones.
- 9.8.2. Plan de inspección periódica.
- 9.8.3. Reportes de fallas mecánicas y medidas correctivas.
- 9.8.4. Evaluación de rutas para prevenir riesgos de tránsito.
- 9.8.5. Todos los documentos serán revisados por la Interventoría y/o Supervisión, quien determinará su conformidad antes y durante la ejecución del contrato.

Los costos de operación y mantenimiento, incluidos combustibles, peajes y reparaciones, serán asumidos exclusivamente por el contratista.

10. OBLIGACIONES DEL EVENTUAL CONTRATISTA EN CUANTO AL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

El *contratista* será responsable de implementar y garantizar un sistema de aseguramiento de la calidad que permita la ejecución del proyecto conforme a los estándares técnicos y normativos vigentes. Para ello, deberá cumplir con los siguientes compromisos:

10.1. Garantía de recursos y cumplimiento normativo

- 10.1. Asegurar la disponibilidad de la mano de obra calificada y los recursos técnicos necesarios para la ejecución del proyecto, evitando retrasos en la implementación.
- 10.2. Verificar que todos los materiales empleados en los sistemas fotovoltaicos e instalaciones eléctricas cumplan con las especificaciones del *RETIE* y demás normativas aplicables.
- 10.3. Garantizar que la ejecución de las instalaciones eléctricas esté en estricto cumplimiento con el *RETIE*, asegurando la conformidad con los requisitos técnicos de seguridad y eficiencia energética.

10.2. Mejora continua y procedimientos de ejecución

- 10.2.1. Proponer y desarrollar alternativas de optimización, así como de mejora durante la implementación del proyecto, garantizando mayor eficiencia, seguridad y durabilidad de los sistemas.
- 10.2.2. Establecer y documentar procedimientos estandarizados de trabajo que aseguren la correcta ejecución de las actividades, con especial énfasis en la seguridad operativa y la calidad de la instalación.

10.3. Levantamiento y análisis técnico previo

- 10.3.1. Realizar un levantamiento de información detallado en campo que abarque aspectos técnicos, administrativos, ambientales, de seguridad y salud en el trabajo (SST) y sociales, con el fin de planificar adecuadamente las actividades del proyecto.
- 10.3.2. Presentar informes técnicos que justifiquen cualquier modificación respecto a los estudios preliminares de factibilidad, especificaciones técnicas de construcción y presupuestos de obra previamente definidos.

10.4. Gestión documental y cumplimiento de estándares

10.4.1. Organizar y mantener actualizada toda la documentación técnica, administrativa y de gestión requerida para la ejecución del proyecto, asegurando su disponibilidad para auditorías o revisiones.

10.4.2. Supervisar que el equipo de trabajo cumpla con los estándares de calidad y desempeño establecidos, garantizando el cumplimiento del 100 % de las obras contratadas dentro de los plazos acordados.

11. PLAZO PARA LA EJECUCIÓN

El plazo de ejecución de cada uno de los eventuales contratos dependerá de la capacidad del SSFV a implementar, así como de las características del predio o área de implementación. En todo caso, las actividades de AOM serán por 12 para cada uno de los sistemas. A continuación, se establece un plazo máximo estimado de ejecución para las actividades relacionadas con los Componente 1 – Replanteo, estudios de factibilidad e ingeniería de detalle SSFV para cada una de las tipologías de SSFV y Componente 2 – Acondicionamiento del área de implementación, obras civiles, suministro, transporte, instalación y/o construcción y puesta en marcha SSFV, según su capacidad y si es en zona dentro del SIN o ZNI:

Tabla 8. Plazo máximo de ejecución Componentes 1 y 2, según tipología, capacidad y zona de ejecución de SSFV.

Tipología de SSFV	Zona de implementación	Capacidad del SSFV (kWp)	Plazo máximo de ejecución estimado (meses)
En Piso	ZNI	0,1 a 10	5
En Piso	ZNI	10,1 a 100	6
En Piso	ZNI	100,1 a 500	7
En Piso	ZNI	Más de 500,1	8 o más dependiendo la capacidad del SSFV
En Techo	SIN	0,1 a 10	4
En Techo	SIN	10,1 a 100	5
En Techo	SIN	100,1 a 500	6
En Techo	SIN	Más de 500,1	8 o más dependiendo la capacidad del SSFV
En Techo	ZNI	0,1 a 10	5
En Techo	ZNI	10,1 a 100	6
En Techo	ZNI	100,1 a 500	7
En Techo	ZNI	Más de 500,1	8 o más dependiendo la capacidad del SSFV

12. PUESTA EN MARCHA

Para la puesta en marcha de los SSFV se deberán realizar todas las actividades necesarias para la puesta en marcha y operación de las soluciones, se deberán adelantar todos los trámites necesarios para poder conectar el SSFV a la red, así como contar con las certificaciones RETIE de todos los equipos y/o componentes de los sistemas que lo requieran. De igual manera se deberán realizar como mínimo, pero sin limitarse a ello, todas las pruebas y protocolos de comisionamiento descritos en los numerales 12.1 Pruebas de comisionamiento para SSFV, 12.2. Pruebas de comisionamiento para transformadores, 12.3. Pruebas de comisionamiento para tableros de baja tensión, 12.4. Pruebas para Switchgear de Media Tensión (MT), 12.5. Pruebas para batería de Litio (cuando aplique), del presente documento.

12.1. Pruebas de comisionamiento para SSFV

12.1.1. Inspección visual previa

- Verificar la correcta instalación de los paneles solares, soportes, estructuras y demás equipos que conforman el SSFV.
- Revisar la integridad de los paneles solares, cables, conectores, canalizaciones y todos los elementos del sistema.



- Asegurar que no existan sombreados ni obstrucciones que afecten la eficiencia del sistema.
- Confirmar que la fijación de los módulos cumple con los cálculos de cimentación.

12.1.2. Pruebas de continuidad y aislamiento

- *Continuidad*: verificar la integridad de los circuitos eléctricos para asegurar la ausencia de interrupciones.
- *Aislamiento*: medir la resistencia de aislamiento en cables de *corriente continua (DC)* y *corriente alterna (AC)* para garantizar la seguridad del sistema.

12.1.3. Prueba de polaridad

- Comprobar la polaridad correcta de los módulos fotovoltaicos y sus conexiones, evitando errores de instalación.

12.1.4. Prueba de impedancia a tierra

- Medir la resistencia de puesta a tierra para garantizar que el sistema está correctamente aterrizado, cumpliendo los requisitos de seguridad y normatividad vigente.

12.1.5. Pruebas de cortocircuito y tensión de circuito abierto (Voc)

- *Voc (Tensión de circuito abierto)*: medir la tensión de circuito abierto en cada *string* de los paneles solares, verificando que los valores coincidan con las especificaciones del fabricante.
- *Isc (Corriente de cortocircuito)*: evaluar la corriente de cortocircuito para asegurar que los valores obtenidos estén dentro de los rangos previstos.

12.1.6. Prueba de rendimiento bajo condiciones de irradiancia real

- Medir el rendimiento de los módulos fotovoltaicos y compararlo con las curvas de desempeño indicadas por el fabricante bajo condiciones reales de irradiancia solar.

12.1.7. Prueba de inversores

- Verificar el arranque y correcto funcionamiento de los inversores.
- Confirmar la conversión de energía de *DC a AC* de manera eficiente.
- Evaluar el desempeño del inversor y verificar que se mantenga dentro de los límites especificados por el fabricante.

12.1.8. Pruebas de sistemas de protección y seguridad

- Evaluar el funcionamiento de los sistemas de desconexión ante sobrecargas, fallas eléctricas o eventos de desconexión del sistema.
- Verificar la correcta operación de las protecciones diferenciales y termomagnéticas en los inversores.

12.1.9. Prueba de sincronización y conexión a la Red

- Asegurar que el *SSFV* se sincroniza correctamente con la red eléctrica sin generar inestabilidad.

12.1.10. Pruebas de monitorización y comunicación

- Verificar el adecuado funcionamiento del sistema de monitoreo del *SSFV*.
- Asegurar que los inversores y otros dispositivos del sistema establezcan comunicación correcta con la plataforma de supervisión



o monitorización.

12.1.11. Prueba de potencia AC generada

- Medir la potencia en AC generada y compararla con la estimación de diseño para garantizar que el sistema cumple con los parámetros de generación previstos.

12.1.12. Elaboración de reportes

- Generar un informe detallado de todas las pruebas ejecutadas, incluyendo resultados, observaciones y acciones correctivas requeridas.

12.2. Pruebas de comisionamiento para transformadores

Se deben realizar las siguientes pruebas y verificaciones en los transformadores:

- 12.2.1. Rigidez dieléctrica del aceite.
- 12.2.2. Polaridad.
- 12.2.3. Resistencia de aislamiento de los devanados principales.
- 12.2.4. Continuidad de todos los devanados y medición de resistencia.
- 12.2.5. Relación de transformación en cada posición del cambiador de tomas.
- 12.2.6. Verificación del funcionamiento del cambiador de tomas, protecciones, ventiladores (si aplica) y accesorios del transformador.
- 12.2.7. Indicadores de temperatura y verificación del funcionamiento de los contactos de alarma y disparo.
- 12.2.8. Indicador de nivel de aceite y verificación de los contactos de alarma y disparo.
- 12.2.9. Operación del cambiador de posiciones.
- 12.2.10. Disparo de las protecciones mecánicas y alarmas de protección mecánica.

12.3. Pruebas de comisionamiento para tableros de baja tensión

Se deberán realizar al menos las siguientes pruebas y/o verificaciones, de acuerdo con lo dispuesto en las normas NEMA ICS 18, NEMA C37.50 y/o UL 845 ó IEC 61439-1 o equivalente:

- 12.3.1. Inventario de componentes según planos y listado de partes.
- 12.3.2. Verificación aleatoria de Conexión de Componentes según los planos.
- 12.3.3. Pruebas funcionales de inserción y extracción de gavetas y enclavamientos mecánicos.
- 12.3.4. Verificación de enclavamientos mecánicos y eléctricos.
- 12.3.5. Comprobación de la secuencia de fases en todas las salidas de fuerza.
- 12.3.6. Comprobación de los circuitos de disparo relés y protecciones térmicas.
- 12.3.7. Verificación de la operación de los instrumentos de medida.
- 12.3.8. Medición de resistencia de aislamiento para fase-fase y fase tierra.
- 12.3.9. Pruebas de operación de los interruptores de Potencia.
- 12.3.10. Pruebas de Operación de la transferencia automática (cuando aplique).
- 12.3.11. Prueba de los calentadores de ambiente y sus controles.
- 12.3.12. Pruebas de Señalización y Alarmas.
- 12.3.13. Pruebas aleatorias para verificar los valores de torque de la tornillería.

12.4. Pruebas para Switchgear de Media Tensión (MT)

El comisionamiento de los sistemas switchgear de Media Tensión (MT) requiere la ejecución de una serie de pruebas específicas para verificar su correcto funcionamiento, asegurar la calidad del equipo y garantizar el cumplimiento de los estándares de seguridad. Estas pruebas deben llevarse a cabo conforme a las especificaciones del fabricante y la normativa vigente, con el fin de garantizar la



confiabilidad operativa del sistema.

12.4.1. Pruebas en celdas

- *Medición de la resistencia de aislamiento* en las celdas y los barrajes principales.
- *Verificación de la resistencia de contactos* en todas las uniones de barra.
- *Inspección visual de las celdas*, revisando la integridad y correcto ensamblaje de sus componentes conforme al listado de equipos.
- *Pruebas funcionales* para validar la operatividad de los mecanismos de maniobra y protección.

12.4.2. Pruebas en interruptores

- *Medición de la resistencia de aislamiento* en los polos principales.
- *Verificación de la resistencia de contactos* en cada polo del interruptor.
- *Registro de los tiempos de cierre y apertura*, asegurando una respuesta adecuada del mecanismo de operación.
- *Evaluación de la simultaneidad de contactos*, garantizando una desconexión uniforme.
- *Comprobación de tensiones mínimas de operación* en las bobinas de apertura y cierre en corriente continua (VDC).

12.4.3. Pruebas en relés de protección

- *Pruebas de inyección primaria de corriente*, verificando la respuesta del relé bajo condiciones operativas reales.
- *Pruebas de inyección secundaria*, asegurando la calibración y correcto desempeño del sistema de protección.

12.4.4. Pruebas en transformadores de corriente

- *Medición de curvas de saturación*, verificando el comportamiento del transformador ante sobrecargas.
- *Comprobación de polaridad*, asegurando una correcta instalación y conexión.
- *Verificación de la relación de transformación*, comparando los valores obtenidos con los especificados por el fabricante.
- *Medición de la resistencia de aislamiento*, garantizando la integridad dieléctrica del equipo.

12.4.5. Pruebas en transformadores de tensión

- *Verificación de la relación de transformación*, asegurando la precisión en la medición de tensiones.
- *Comprobación de polaridad*, evitando errores en la conexión del transformador.
- *Medición de la resistencia de aislamiento*, verificando la capacidad dieléctrica del equipo.

12.4.6. Pruebas en transformadores de potencia

- *Medición de la resistencia de aislamiento e índice de absorción*, determinando la calidad del aislamiento interno.
- *Verificación de la resistencia de devanados*, asegurando la continuidad y estado de los conductores.
- *Comprobación de la relación de transformación*, garantizando que el equipo entregue los valores de tensión adecuados.
- *Prueba de tangente delta*, evaluando la condición del aislamiento interno del transformador.
- *Prueba de rigidez dieléctrica del aceite*, verificando la capacidad de aislamiento eléctrico del fluido dieléctrico.

12.4.7. Pruebas en cables de media tensión (MT)

- *Medición de la resistencia de aislamiento e índice de absorción*, garantizando la integridad de los conductores.
- *Pruebas de Very Low Frequency (VLF)*, evaluando la capacidad dieléctrica de los cables.
- *Comprobación de continuidad entre la chaqueta y el sistema de puesta a tierra*, asegurando una correcta disipación de fallas.

Todas estas pruebas serán supervisadas por la Interventoría y/o Supervisión, garantizando que el equipamiento cumpla con los



requisitos técnicos exigidos antes de su puesta en servicio. Cualquier desviación en los resultados deberá ser analizada y corregida conforme a las recomendaciones del fabricante y las normativas vigentes.

12.5. Pruebas para batería de Litio

Para garantizar el correcto funcionamiento, seguridad y desempeño de las baterías de litio dentro del sistema fotovoltaico, se deben realizar las siguientes pruebas, conforme a las especificaciones técnicas y normativas aplicables:

- 12.5.1. *Verificación de conexiones y torque:* se debe comprobar que todas las conexiones han sido realizadas conforme a las especificaciones técnicas de cada equipo. El torque aplicado en cada conexión debe ajustarse a los valores establecidos por el fabricante. Para esta actividad, el torquímetro utilizado debe contar con un certificado de calibración vigente.
- 12.5.2. *Medición de la tensión en corriente continua (DC) de cada módulo:* se deben registrar los valores de tensión DC de cada módulo, siguiendo estrictamente las indicaciones del manual del fabricante en cuanto a los valores nominales, límites máximos y mínimos. Una *tensión significativamente baja* podría indicar problemas como *sobredescarga, desequilibrio de celdas o cortocircuito interno*, mientras que *valores inusualmente altos* pueden evidenciar *sobrecarga o fuga térmica* dentro de la batería. Ante valores anormales, se debe proceder con el reemplazo del módulo defectuoso. El instrumento de medición empleado debe disponer de *certificación de calibración vigente*.
- 12.5.3. *Pruebas de carga y descarga:* se deben realizar ciclos completos de carga y descarga para verificar el rendimiento inicial de las baterías y asegurar que cumplen con los parámetros establecidos por el fabricante en términos de eficiencia y capacidad de almacenamiento.
- 12.5.4. *Inspección termográfica:* durante los ciclos de carga y descarga, se debe realizar una *inspección termográfica* en los bornes, conexiones y en el cuerpo de cada celda para identificar variaciones anómalas de temperatura. La comparación sistemática de estos valores permite detectar posibles fallas en la disipación térmica, sobrecargas o problemas en la conectividad interna. Es fundamental seguir las instrucciones del fabricante para la correcta interpretación de los valores térmicos.
- 12.5.5. *Verificación de parámetros de protección:* se debe comprobar que los parámetros de *protección contra sobrecarga y sobredescarga* están configurados de acuerdo con las especificaciones del fabricante y los requisitos del sistema.
- 12.5.6. *Comprobación del sistema de monitoreo BMS:* se debe verificar el adecuado funcionamiento del *Sistema de Gestión de Batería (BMS)*, asegurando que la supervisión, control y balanceo de las celdas se realicen de manera eficiente.
- 12.5.7. *Pruebas de temperatura ambiente durante los ciclos de carga y descarga:* es esencial monitorear la temperatura ambiente en la que operan las baterías, garantizando que se mantenga dentro de los rangos recomendados para prevenir daños por sobrecalentamiento o bajas temperaturas extremas.
- 12.5.8. *Pruebas de aislamiento y resistencia eléctrica:* se debe medir la resistencia de aislamiento de las baterías, siguiendo las especificaciones del manual del fabricante. *Valores elevados de resistencia* pueden indicar *daños internos, envejecimiento prematuro o contaminación*, mientras que *resistencias bajas* pueden ser señal de *cortocircuitos o fallos estructurales* en las celdas. En caso de detectar valores fuera de los rangos establecidos, se deberá proceder al reemplazo del módulo defectuoso. El equipo utilizado para esta prueba debe contar con *certificación de calibración vigente*.

13. OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA EN CUANTO A ADMINISTRACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Durante la ejecución del Componente de Administración, Operación y Mantenimiento (AOM), el contratista deberá ejecutar las siguientes actividades a lo largo de 12 meses, sin estar limitado únicamente a estas:

13.1. Gestión administrativa

- *Reporte de gestión y seguimiento:* elaborar y presentar informes periódicos sobre el desempeño y estado del SSFV, asegurando el cumplimiento de los objetivos establecidos y documentando eventos de mantenimiento, correcciones implementadas y cualquier anomalía detectada.
- *Supervisión normativa:* garantizar que el SSFV cumpla, desde su fase inicial, con la normativa técnica, ambiental y de seguridad aplicable.
- *Coordinación de licencias y permisos:* gestionar y, en caso de requerirse, renovar los permisos necesarios para la operación del SSFV durante el periodo de AOM.



- *Control de documentación técnica:* administrar y actualizar la documentación técnica del sistema, incluyendo manuales de los equipos, reportes de desempeño, registros de operación y protocolos de mantenimiento.
- *Gestión de seguros:* garantizar que el SSFV cuente con la cobertura de seguros adecuada frente a riesgos como incendios, fenómenos naturales o actos vandálicos, si aplica.

13.2. Operación

- *Monitorización en tiempo real:* supervisar de manera continua el desempeño del SSFV para detectar fallos, posibles fallos, bajas en el rendimiento o cualquier anomalía operativa.
- *Optimización del rendimiento:* aplicar estrategias para maximizar la generación de energía, ajustando parámetros operativos en función de las condiciones climáticas y de radiación solar.
- *Gestión de la energía producida:* controlar y registrar la generación y suministro de energía del SSFV para asegurar el cumplimiento de los valores proyectados.
- *Control de consumos propios:* gestionar el consumo de energía de los componentes auxiliares del SSFV, tales como inversores, controladores, sistemas de refrigeración, entre otros.
- *Control de desempeño:* evaluar y comparar el rendimiento real del sistema con las proyecciones de diseño, identificando desviaciones y proponiendo acciones correctivas.

13.3. Mantenimiento preventivo

- *Inspección visual periódica:* se debe realizar una revisión sistemática de los paneles solares, estructuras de soporte, cableado y demás componentes del sistema, con el propósito de detectar daños, signos de corrosión o acumulación de suciedad que puedan comprometer su rendimiento.
- *Limpieza de los paneles solares:* se debe programar y ejecutar la limpieza de los paneles solares de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, evitando pérdidas de eficiencia ocasionadas por la acumulación de polvo, residuos o suciedad ambiental.
- *Mantenimiento de inversores y transformadores:* se debe inspeccionar y dar mantenimiento preventivo a inversores y transformadores, con el fin de garantizar su correcto desempeño y prevenir fallas en la conversión y distribución de energía.
- *Verificación del cableado y conexiones eléctricas:* es necesario revisar las conexiones eléctricas para evitar fallos por contactos deficientes, desgaste o corrosión, asegurando la continuidad eléctrica y minimizando riesgos operativos.
- *Mantenimiento de baterías:* se debe llevar a cabo la inspección, limpieza y mantenimiento periódico de las baterías, así como de los conectores y conductores, garantizando su correcto funcionamiento y evitando fallas prematuras.
- *Evaluación de estructuras de soporte:* se debe verificar la integridad estructural de los soportes de los paneles solares, asegurando la correcta fijación, el anclaje adecuado y la resistencia frente a factores ambientales, como vientos y cargas mecánicas.

13.4. Mantenimiento correctivo

- *Diagnóstico y corrección de fallos:* se deben identificar, analizar y resolver fallos en los sistemas eléctricos, inversores, paneles solares y demás componentes del sistema SSFV, asegurando el restablecimiento óptimo de la operación.
- *Sustitución de equipos defectuosos:* se deben reemplazar los componentes que presenten daños, como paneles solares, inversores o seccionadores, garantizando la continuidad del servicio y la eficiencia del sistema.
- *Reparación de daños ocasionados por condiciones climáticas:* se deben evaluar y corregir los daños estructurales o eléctricos causados por eventos meteorológicos adversos, como granizo, fuertes vientos o tormentas eléctricas, asegurando la funcionalidad del sistema.
- *Respuesta ante emergencias:* se debe implementar un plan de contingencia que permita actuar de manera inmediata frente a situaciones imprevistas, minimizando el tiempo de inactividad del sistema y reduciendo posibles afectaciones operativas.

13.5. Monitoreo y análisis de datos

- *Variables e indicadores:* se deberán monitorear y analizar los siguientes tipos de variables e indicadores:



- ✓ *Ambientales:* evaluación de la reducción de emisiones de CO₂ equivalente e indicadores ambientales establecidos en el Plan de Gestión Ambiental.
- ✓ *Económicos:* medición del ahorro económico de los beneficiarios en el pago de la factura de energía eléctrica y del ahorro generado para el Estado por la reducción de subsidios a la energía.
- ✓ *Técnicos:* registro y análisis de la energía generada mensualmente y acumulada, el número de kilovatios pico (kWp) instalados mensualmente y su acumulado total.
- ✓ *Sociales:* supervisión de las actividades definidas en el Plan de Manejo Ambiental (PMA) para el seguimiento de los impactos sociales asociados y acordados con el Fondo. Este monitoreo incluirá la realización de evaluaciones periódicas para medir el avance de cada actividad y su impacto en la comunidad, garantizando el cumplimiento de los objetivos planteados.
- *Registro de producción de energía:* se debe garantizar un monitoreo continuo y un registro detallado de la energía generada por el sistema para evaluar su desempeño.
- *Análisis de datos:* se requiere un análisis detallado de tendencias de generación energética para prever posibles fallos y optimizar la operación del sistema.
- *Informes de desempeño:* elaboración de reportes periódicos que reflejen el rendimiento energético del SSFV, incidencias detectadas, actividades de mantenimiento ejecutadas y cumplimiento de las proyecciones de generación.
- *Verificación de garantías de rendimiento:* se debe asegurar que el SSFV opera dentro de los parámetros de generación garantizados por los fabricantes de los equipos, verificando el cumplimiento de los estándares de eficiencia.

13.6. Seguridad y cumplimiento ambiental

- *Implementación de protocolos de seguridad:* garantizar la capacitación del personal técnico en las mejores prácticas de seguridad para el trabajo con sistemas eléctricos y en altura, en el caso de sistemas elevados, cumpliendo con la normativa aplicable.
- *Inspección de sistemas de protección contra sobretensiones:* verificar periódicamente que los dispositivos de protección contra descargas atmosféricas y sobretensiones operen correctamente, asegurando la continuidad del sistema y la protección de los equipos eléctricos.
- *Gestión de residuos y sustitución de equipos:* implementar un plan de manejo integral de residuos generados durante la operación y mantenimiento del SSFV, incluyendo la disposición segura y ambientalmente responsable de baterías, componentes eléctricos y otros equipos retirados.
- *Cumplimiento de normativas ambientales:* supervisar el cumplimiento de las disposiciones ambientales aplicables a la operación del sistema solar fotovoltaico, garantizando que las actividades ejecutadas minimicen el impacto ambiental y cumplan con los lineamientos establecidos por la legislación vigente.
- *Responsabilidad sobre obras de adecuación y disposición de residuos:* todas las actividades de adecuación del terreno, obras civiles complementarias, excavaciones y gestión de residuos serán responsabilidad del contratista. Este deberá adoptar medidas preventivas y aplicar procedimientos de seguridad para mitigar riesgos de accidentes y deficiencias en la ejecución de los trabajos.
- *Uso de equipos de protección personal y capacitación en HSEQ:* El contratista deberá garantizar que todo el personal cuente con los equipos de protección personal adecuados para sus funciones y que reciba capacitaciones continuas en *Higiene, Seguridad, Salud y Medio Ambiente (HSEQ)*, con el propósito de minimizar riesgos laborales y promover condiciones seguras de trabajo.

13.7. Gestión de repuestos y logística

- *Inventario de repuestos:* mantener un stock estratégico de repuestos críticos, incluyendo paneles solares, fusibles, inversores y cables, con el objetivo de minimizar tiempos de reparación y asegurar la disponibilidad de componentes esenciales para la continuidad del servicio. Este inventario también debe garantizar el cumplimiento de las condiciones de garantía de los equipos y servicios suministrados.
- *Logística de mantenimiento:* planificar y coordinar eficientemente la logística de transporte, almacenamiento, distribución e instalación de repuestos y equipos, asegurando la optimización de recursos y la disponibilidad de materiales en los tiempos requeridos para el mantenimiento preventivo y correctivo del SSFV.

13.8. Capacitación y gestión del personal

- *Entrenamiento del personal técnico:* implementar un programa continuo de formación para los técnicos encargados de la



operación y mantenimiento del SSFV, asegurando su actualización en nuevas tecnologías, normativas vigentes y mejores prácticas para la gestión eficiente del sistema.

- *Supervisión y coordinación de trabajos:* organizar y supervisar las actividades del equipo de mantenimiento, asegurando que las intervenciones se ejecuten conforme a los procedimientos establecidos, con apego a los estándares de seguridad, calidad y eficiencia.
- *Evaluación del desempeño del personal:* establecer un sistema de monitoreo y evaluación periódica del desempeño del personal técnico, con el propósito de garantizar el cumplimiento de los estándares de operación y mantenimiento, promoviendo mejoras continuas en la calidad del servicio.

13.9. Pruebas requeridas

El *contratista* deberá realizar pruebas y verificaciones periódicas para asegurar la correcta operación, seguridad y desempeño óptimo de los *SSFV en piso y techo*. Estas evaluaciones deberán ejecutarse cada *TRES MESES* durante el período de *AOM*, cumpliendo estrictamente con las normativas *IEC 62446-1*, *IEC 62446-2*, *IEC 61724-1*, *IEC 62116*, *IEEE 1547*, *RETIE* y *NTC 2050*.

13.9.1. Pruebas para SSFV

Las pruebas detalladas para SSFV en piso y techo se encuentran en la Sección 12.1 del presente documento. Estas pruebas abarcan:

- *Inspección visual previa:* evaluación del estado físico de los módulos, estructuras de soporte, cableado y protecciones eléctricas.
- *Prueba de continuidad y aislamiento:* medición de la resistencia de aislamiento en corriente continua (DC) y corriente alterna (AC) conforme a *IEC 62446-1*.
- *Verificación de polaridad:* comprobación de la conexión de los módulos para evitar inversión de polaridad.
- *Medición de impedancia a tierra:* evaluación de la resistencia del sistema de puesta a tierra conforme a *RETIE* y *NTC 2050*.
- *Pruebas de cortocircuito y tensión en circuito abierto:* validación del desempeño eléctrico del sistema.
- *Ensayo de rendimiento bajo irradiancia real:* medición del desempeño del sistema en condiciones operativas.
- *Evaluación de sistemas de protección y seguridad:* comprobación del correcto funcionamiento de protecciones contra sobrecorriente, sobretensión e inversión de polaridad.
- *Prueba de sincronización y conexión a la red:* validación del cumplimiento de *IEEE 1547* y *NTC 2050* para sistemas interconectados.
- *Análisis del sistema de monitorización y comunicación:* evaluación de la transmisión de datos sobre la generación y el estado del sistema.

13.9.2. Pruebas para equipos eléctricos asociados

Se deberán realizar pruebas periódicas a los equipos eléctricos conforme a sus especificaciones técnicas y a la normativa vigente.

13.9.2.1. Pruebas para tableros de baja tensión

Las pruebas específicas para los tableros de baja tensión están descritas en la Sección 12.3 del presente documento. Tales pruebas comprenden:

- Inventario de componentes conforme a planos y listado de materiales.
- Inspección de la conexión de los componentes conforme a los esquemas eléctricos.
- Evaluación funcional de gavetas y enclavamientos mecánicos y eléctricos.
- Medición de resistencia de aislamiento entre fase-fase y fase-tierra.
- Pruebas operacionales de interruptores de potencia.
- Ensayo de transferencia automática (cuando aplique).
- Comprobación del funcionamiento de los sistemas de señalización y alarmas.
- Verificación de torque de la tornillería en conexiones críticas.

13.9.2.2. Pruebas para transformadores



Las pruebas para transformadores están establecidas en la Sección 12.2 del presente documento. Estas pruebas incluyen:

- Medición de resistencia de aislamiento y pruebas dieléctricas.
- Verificación de la relación de transformación y polaridad.
- Evaluación del cambiador de tomas y protecciones mecánicas.
- Medición de resistencia en devanados.

13.9.2.3. Pruebas para Switchgear de MT

Las pruebas específicas para switchgear de MT están documentadas en la Sección 12.4 del presente documento. Las mencionadas pruebas contienen:

- Medición de resistencia de aislamiento en celdas y barrajes.
- Inspección de contactos y medición de resistencia de unión.
- Pruebas funcionales en interruptores y transformadores de corriente y tensión.
- Ensayos de inyección primaria y secundaria en relés de protección.

13.9.2.4. Pruebas para inversores

Las pruebas requeridas para inversores se encuentran en la Sección 12.1.7 del presente documento. Dichas pruebas incluyen:

- Verificación del arranque y conversión de corriente continua (DC) a corriente alterna (AC).
- Evaluación de la eficiencia energética del inversor.
- Actualización y validación de firmware.

13.9.2.5. Pruebas para baterías

Las pruebas requeridas para *baterías de litio* están descritas en la Sección 12.5 del presente documento. Se realizarán las siguientes verificaciones:

- Comprobación de conexiones y torque.
- Medición de tensión en corriente continua (DC) en cada módulo de batería.
- Ensayos de carga y descarga para determinar la capacidad efectiva.
- Inspección termográfica de las baterías en diferentes ciclos de operación.
- Pruebas de aislamiento y resistencia eléctrica para garantizar seguridad operativa.

13.9.2.6. Criterios de aceptación

Los resultados obtenidos en cada prueba deberán cumplir con los parámetros establecidos en las *normativas IEC 61730, IEC 62116, RETIE y NTC 2050*. En caso de que se detecten desviaciones, el *contratista* deberá implementar medidas correctivas antes de la puesta en operación del sistema.

14. RECONOCIMIENTO DE ÍTEMS NO PREVISTOS U OBRAS COMPLEMENTARIAS

Durante la ejecución del contrato, si se identifica la necesidad de incorporar ítems no contemplados en los formularios de cantidades y precios, o de llevar a cabo obras complementarias, se deberá proceder conforme a los lineamientos establecidos en este documento, en cumplimiento estricto de la normativa aplicable y del *Manual de contratación del FENOGE*. Todas las solicitudes deberán ajustarse a las especificaciones técnicas mínimas establecidas.

14.1. Procedimiento para la solicitud y aprobación

a) *Solicitud del contratista*: el *contratista* deberá presentar a la *Interventoría y/o Supervisión* una solicitud formal justificando la



necesidad de ejecutar ítems no previstos u obras complementarias. Dicha solicitud deberá estar respaldada por un informe detallado que permita a *FENOGGE* evaluar su procedencia y viabilidad. En el caso de obras complementarias, estas deberán desagregarse en ítems específicos para facilitar su identificación y análisis. El informe deberá incluir:

- Descripción técnica detallada de los ítems o actividades propuestas.
- Justificación técnica y operativa que sustente la necesidad de los ítems adicionales.
- Impacto en la funcionalidad, eficiencia y operación del sistema fotovoltaico.
- Relación de cantidades de obra, costos estimados y método de pago.
- Identificación de actividades específicas en caso de obras complementarias, desglosadas en ítems.
- Correlación con las condiciones contractuales establecidas.

b) *Análisis por parte de la Interventoría y/o Supervisión*: una vez recibida la solicitud, la *Interventoría y/o Supervisión* deberá:

- Evaluar la pertinencia de la solicitud en términos técnicos, financieros y contractuales.
- Analizar el impacto de los ítems u obras complementarias en la ejecución global del contrato.
- Verificar que las especificaciones técnicas propuestas cumplan con los estándares de calidad y normatividad vigente.
- Emitir un informe técnico sustentado dirigido a *FENOGGE*, justificando la viabilidad de la ejecución y presentando un análisis de especificaciones de medición y pago.

c) *Cotización y selección del proveedor*:

- El *contratista* deberá presentar al menos *tres cotizaciones* de proveedores con experiencia y certificación en el suministro de los ítems requeridos.
- La *Interventoría y/o Supervisión* analizará y comparará las ofertas recibidas, justificando la selección de la mejor alternativa en términos de calidad, costo y oportunidad.
- Se verificará que los proveedores cumplan con certificaciones de calidad y normatividad aplicable, asegurando el cumplimiento de los estándares exigidos.
- El análisis deberá incluir una justificación técnica y económica que garantice la equidad y transparencia en el proceso de selección.

14.2. Aprobación de análisis de precios unitarios (APU)

d) *Elaboración del análisis de precios unitarios (APU)*:

- La *Interventoría y/o Supervisión* deberá elaborar el *formato de análisis de precios unitarios (APU)*, firmarlo y anexar la documentación que respalde los valores calculados.
- Se deberá garantizar que los costos presentados se ajusten a los precios del mercado y las especificaciones técnicas previamente aprobadas.

e) *Incorporación de nuevos APU's*:

- Una vez aprobado el valor de los ítems no previstos por *FENOGGE*, se procederá con la firma del acta de incorporación de los nuevos APU's por parte del *contratista*, la *Interventoría y/o Supervisión*.
- Se verificará que todos los documentos de respaldo sean claros y cumplan con los requisitos técnicos y contractuales establecidos.

f) *Modificación contractual*:

- *FENOGGE* formalizará la modificación del contrato para la incorporación de los nuevos ítems y la adición del valor correspondiente.
- Esta modificación contractual deberá formalizarse *antes de la ejecución* de cualquier actividad o adquisición de bienes no previstos.

14.3. Límites y condiciones del reconocimiento

g) *Aprobación de ítems adicionales sin superar el valor del contrato*:



- Si el monto total de los ítems adicionales no excede el valor del contrato, *FENOGGE* podrá aprobar su ejecución y formalizar su incorporación mediante un acta de fijación de ítems no previstos.

h) Modificación contractual para excedentes:

- Si el valor de los ítems adicionales *supera* el monto del contrato, será necesario suscribir una *modificación contractual* para la ampliación de los recursos financieros.
- La modificación contractual deberá ser sustentada técnicamente por la *Interventoría y/o Supervisión* y aprobada por *FENOGGE* antes de su ejecución.

14.4. Forma de pago y restricciones

i) Forma de pago:

- El pago de los ítems no previstos u obras complementarias se realizará bajo las condiciones establecidas en el proceso de selección que originó el contrato.
- Se deberá verificar que los pagos correspondan con el avance de la obra y el cumplimiento de las especificaciones técnicas aprobadas.

j) Restricción de reconocimiento de costos sin autorización:

- *FENOGGE* no reconocerá costos adicionales si el *contratista* ejecuta ítems no previstos u obras complementarias sin la autorización previa y expresa de la entidad.
- La ejecución de trabajos sin la debida aprobación podrá dar lugar a sanciones contractuales y no generará obligación de pago por parte de *FENOGGE*.

k) Limitación de facultades de la Interventoría:

- La *Interventoría* no podrá ordenar la ejecución de trabajos adicionales sin la aprobación formal de *FENOGGE*.
- Se deberá garantizar que toda orden de trabajo adicional esté debidamente sustentada y documentada antes de su ejecución.

14.5. Consideraciones finales

1. La inclusión de nuevos ítems y la ejecución de obras complementarias deberán cumplir con los requisitos técnicos definidos en el presente documento, garantizando su compatibilidad con el sistema fotovoltaico existente y su alineación con los objetivos del *FONDO (FENOGGE)* en términos de eficiencia energética y sostenibilidad.
2. La *Interventoría y/o Supervisión* será responsable de verificar que los nuevos ítems o actividades cumplan con las normas y estándares técnicos establecidos.
3. Todos los procedimientos deberán alinearse con la normativa vigente de contratación pública y ejecución de proyectos energéticos en Colombia.