



Operación y Mantenimiento

Guía de Mejores Prácticas / **Edición México**

Apoyado por:



DEMUESTRA TU EXCELENCIA

Con la Solar O&M Best Practices Mark



**Solar O&M
Best Practices Mark**

solarmaintenancemark.com

Beneficios



Excelencia

demuestre su excelencia frente a clientes potenciales.



Credibilidad

ofrezca acceso a terceros a la documentación que prueba su excelencia (previa solicitud).



Visibilidad

cree su propio perfil en la web.



Herramientas

herramientas de comunicación para maximizar su impacto.

Visite solarmaintenancemark.com

Registro gratuito para los miembros de SolarPower Europe.

PATROCINADORES

inter solar
connecting solar business | EUROPE

BayWa r.e.
renewable energy

La Guía de Mejores Prácticas de Operación y Mantenimiento ha sido creada e impulsada por SolarPower Europe.

SolarPower Europe es una asociación que representa a más de 200 miembros provenientes de toda la cadena de valor del sector solar. Encuentre más información en www.solarpowereurope.org

SolarPower Europe

PREFACIO DE LA EDICIÓN MÉXICO

Bienvenidos a la edición México de la “Guía de Mejores Prácticas de Operación y Mantenimiento (O&M) de sistemas fotovoltaicos”. Esta versión incorpora una visión adaptada al mercado mexicano, dando lugar a un documento maduro e incluyendo una visión de futuro para los servicios de O&M.

El mercado fotovoltaico (FV) mexicano es aún joven, pero cuenta con un crecimiento exponencial en instalaciones fotovoltaicas. Actualmente es uno de los mercados más atractivos a nivel mundial. Según la última edición del “Global Market Outlook” de SolarPower Europe, se espera que en 2018 se añadan más de 2 Giga watts (GW) de energía fotovoltaica en México. Esta tendencia se mantendrá en los próximos años de manera que para el 2024, la energía solar FV puede representar 20% de la energía del país, creando a su vez cientos de miles de empleos.

Diferentes elementos como el vasto recurso solar, regulación positiva, reducción de los costos de la tecnología FV y los altos costos de combustibles han detonado el desarrollo de toda una nueva industria fotovoltaica.

Desafortunadamente el joven mercado mexicano aún no ha incidido en la importancia de la Operación y Mantenimiento de estos activos fotovoltaicos. Por ello, en junio del 2018 se formalizó la colaboración entre Asolmex y SolarPower Europe, una alianza enfocada a compartir mejores prácticas y aprovechar la experiencia en ambos mercados.

Con base en la cooperación entre Asolmex y SolarPower Europe, hoy podemos contar con la más extensa experiencia en O&M en el mundo.

La presente edición es una adaptación del documento “O&M Best Practices Guidelines Version 2.0” desarrollado por SolarPower Europe y su grupo de trabajo de Operación y Mantenimiento, el cual reúne a más de 60 expertos de más de 30 compañías líderes del sector de O&M, incluyendo a contratistas, proveedores de servicios de monitoreo, gestores de activos, expertos técnicos y otros, cada cuál contribuyendo con su amplia y diversa experiencia en el sector.

Esta publicación está diseñada para ser válida globalmente. No obstante, el equipo de Asolmex y SolarPower Europe se dieron a la tarea de regionalizar y adaptar este manual específicamente al mercado mexicano.

Agradecemos la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable en México (GIZ) por su colaboración dentro de los trabajos de esta iniciativa. Estamos seguros que los insumos aquí proporcionados serán aprovechados por los participantes del mercado mexicano y Latinoamericano para implantar este tipo de proyectos en sus instalaciones actuales y futuras.

A través del contenido de esta guía, esperamos contribuir al fortalecimiento del sector solar FV en la región.



HECTOR OLEA
Presidente, Asolmex



JAMES WATSON
Director Ejecutivo,
SolarPower Europe



JOSCHA ROSENBUSCH
Asesor Principal, GIZ



PREFACIO

Bienvenido a la segunda edición de la “Guía de Mejores Prácticas de Operación y Mantenimiento (O&M)” de SolarPower Europe. Con base en la exitosa primera edición publicada en junio de 2016, la segunda versión incorpora una mayor experiencia del sector, dando lugar a un documento maduro e incluyendo una visión de futuro para el mercado de O&M.

Europa es el continente con la mayor y más antigua flota de plantas fotovoltaicas solares, lo que ha llevado a las partes interesadas a poner mayor “atención” en el cuidado de sus activos para cumplir con las expectativas de rendimiento. En la actualidad, el servicio O&M se ha convertido en un segmento independiente en la cadena de valor solar, con muchas empresas especializadas exclusivamente en O&M solar. Sin embargo, según una encuesta realizada por SolarPower Europe, dos de cada tres profesionales de la energía solar afirman que existen discrepancias “muy grandes” o “significativas” entre la calidad de los servicios prestados por diferentes contratistas de O&M. Entre los motivos mencionados por los encuestados encontramos un aumento de la presión sobre los precios, falta de estandarización y de requerimientos mínimos, personal poco preparado y no especializado, así como un insuficiente uso de análisis digital de datos.

Para hacer frente a estos desafíos, SolarPower Europe lanzó el Grupo de Trabajo de O&M en 2015, que dirigido por First Solar, desarrolló la primera edición de la Guía de Mejores Prácticas de O&M, dirigida por la industria y publicada en junio de 2016. Alectris asumió el liderazgo del Grupo de Trabajo en enero de 2017 con tres objetivos principales: Primero, mejorar aún más la Guía de Mejores Prácticas. Segundo, trabajar en un modelo de contrato global para O&M bajo la Iniciativa Global de Estandarización de Energía Solar (*Global Solar Energy Standardization Initiative*), liderada conjuntamente por la Iniciativa Terrawatt (*Terrawatt Initiative; TWI*) y la Agencia Internacional de Energía Renovable (*International Renewable Energy Agency; IRENA*) y respaldada por SolarPower Europe y el Consejo Global Solar (*Global Solar Council*). Tercero, trabajar en una estrategia de difusión de los resultados del Grupo de Trabajo en el que participan más de 60 expertos de 30 compañías, incluidos cerca de 30 nuevos expertos y 15 empresas que se han unido al Grupo de Trabajo de O&M desde enero de 2017.

La segunda edición de la Guía de Mejores Prácticas de O&M pretende superar el éxito de la primera edición. La nueva guía incorpora mayor experiencia de la industria y aportaciones de expertos, incluyendo no solo contribuciones de proveedores de servicios de O&M, sino también de otros actores de la industria como son los propietarios de activos, administradores de activos y proveedores de soluciones de monitoreo que abarcan una parte importante del mercado de O&M en la Unión Europea. SolarPower Europe también ha contado con la colaboración de otros grupos de trabajo europeos, incluido el grupo de trabajo de O&M de la *Solar Trade Association* del Reino Unido, la cual ha realizado una aportación específica en materia de seguridad y salud. En el transcurso de los últimos doce meses, los capítulos incluidos en la primera versión han sido extensamente discutidos, mejorados y perfeccionados en el seno del Grupo de Trabajo de O&M. Esta nueva edición incorpora un capítulo dedicado a la gestión técnica de los activos y cubre nuevos temas como la ciberseguridad. El capítulo sobre ‘Indicadores Clave de Desempeño’ (*Key Performance Indicators; KPIs*) ha adoptado una nueva terminología para diferenciar mejor entre los diferentes tipos de KPI y las obligaciones contractuales. El capítulo sobre ‘Marco Contractual’ se ha alineado con el modelo de contrato global de O&M, desarrollado por SolarPower Europe, junto a IRENA y la Iniciativa Terrawatt, como parte de la Iniciativa Global de Estandarización de Energía Solar (*Global Solar Energy Standardization Initiative*).

La Versión 2.0 de la Guía de Mejores Prácticas de O&M, presenta una visión madura y prospectiva para el mercado de O&M, y SolarPower Europe se esforzará por impulsar aún más las buenas prácticas y la estandarización para el sector de la operación y mantenimiento solar.

¡Si quiere formar parte de este esfuerzo, únase a nuestro Grupo de Trabajo de O&M!

¡Disfrute leyendo esta publicación!



VASSILIS PAPAECOMOU
Presidente, Grupo de Trabajo
de O&M de SolarPower Europe



JAMES WATSON
Director Ejecutivo, SolarPower Europe



Editado por: Máté Heisz, Mariano Guillén Paredes, SolarPower Europe. info@solarpowereurope.org

Con el apoyo de: Asolmex y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

Colaboradores y coautores: Miembros del Grupo de Trabajo de O&M de SolarPower Europe y miembros de Asolmex (consulte la lista completa a continuación).

Edición México: Ángel Azamar García, GIZ; Daniel Barandalla, UL; Aurélie Beauvais, SolarPower Europe; David Briseño, Gauss Energía; Arturo Duhart, Asolmex; Mariano Guillén Paredes, SolarPower Europe; Máté Heisz, SolarPower Europe; Guillermo Oviedo Hernández, BayWa r.e.; Dan Horan, Autarco; Sara Martín de la Red, Fortum; Mario Pani, BayWa r.e.; Wolfgang Rosenberg, TCO-Solar; Joscha Rosenbusch, GIZ; James Watson, SolarPower Europe; Maria Yusty, QOS Energy.

Versión 2.0: Ahmed Sami Aithagga, Huawei; Marco Alves, Voltalia; Marie Bartle, QOS Energy; Alfredo Beggi, Stern Energy; Martyn Berry, Enphase Energy; Aristotelis Biliouris, Iris Hellas; Paolo Chiantore, BayWa r.e.; Iain Davidson, Solarcentury; Paolo Di Ciaccio, BayWa r.e.; Bruce Douglas, SolarPower Europe; Sonia Dunlop, SolarPower Europe; Romain Elsaid, Greensolver; Gilles Estivalet, QOS Energy; Francisco Garcia, Lightsource; Frawsen Gari, Gari EcoPower; Lucie Garreau Iles, DuPont; Cyrille Godinot, Schneider Electric; Juan Carlos Gonzalez, Jinko Solar; Angelo Guardo, Enel Green Power; Jose Guinea, Voltalia; Daniel Hahn, REC Group; Kenneth Heidecke, Conergy Services; Máté Heisz, SolarPower Europe; Cesar Hidalgo, DNV GL; Robin Hirschl, ENcome; Richard Jackson, Lark Energy; Bengt Jaeckel, UL; Stefan Jensen, 3E; Awadhesh Jha, Fortum; Tobias Knoblauch, Meteocontrol; Kapil Kumar, Fortum; Oliver Laufmann, Schneider Electric; María Luisa Lo Trovato, Enel Green Power; Erneseto Magnani, Stern Energy; Luis Marques, Voltalia; Sara Martín de la Red, Fortum; Stefan Mau, DNV GL; Kelly Mermuys, 3E; John Messaritis, Messaritis; Gerald Müller, Longi-Silicon; Martin Nuemeyr, Meteocontrol; Geert Palmers, 3E; Vassilis Papaconomou, Alectris; Alyssa Pek, SolarPower Europe; Constantinos Peonides, Alectris; Martina Pianta, 3E; Jürgen Rädle, Solar-Log; Ismael Rai Vazquez, Lightsource; Ingo Rehmann, Greentech; Stefan Rensberg, Meteocontrol; Gilles Rodon, ABB; Bjarn Roese, Greentech; Rubén Ron, DNV GL; Wolfgang Rosenberg, TCO Solar; Paolo Seripa, Enel Green Power; William Silverstone, Silverstone GE / Solar Trade Association; Heikki Siniharju, Fortum; Burkhard Soehngen, ENcome; Ignasi Sospedra, Trina Solar; Kyriakos Stratakos, BayWa r.e.; Adrian Timbus, ABB; Stefan Torri, Stern Energy; Mark Turner, Lightsource; Alfio Vergani, DNV GL; Vasco Vieira, Voltalia; James Watson, SolarPower Europe; Dave Wilkerson, Centrica; Peggy Wolfram, Photovoltaikinstitut Berlin; Michael Wollny, Edison Energy; Achim Woyte, 3E; Michaela Wriessnig, ENcome; Patrick Wurster, TCO Solar; Steven Xuereb, Photovoltaikinstitut Berlin.

Versión 1.0: Martyn Berry, Enphase Energy; Aristotelis Biliouris, Iris Hellas; Angus Campbell, British Solar Renewables; Paolo Chiantore, Kenergia Sviluppo; Iain Davidson, Solarcentury; Stefan Degener, First Solar; Paolo Di Ciaccio, Kenergia Sviluppo; Lucie Garreau Iles, DuPont Photovoltaic Solutions; Juan Carlos Gonzalez, Jinko Solar; Angelo Guardo, Enel Green Power; Jose Guinea, Martifer Solar; Heinz Hackmann, Adler Solar; Kenneth Heidecke, Conergy Services; Richard Jackson, Lark Energy; Bengt Jaeckel, UL; Stefan Jensen, 3E; Tobias Knoblauch, Meteocontrol; Oliver Laufmann, Schneider-Electric; Etienne Lecompte, Powerhub; Martin Nuemeyr, Meteocontrol; John Messaritis, Messaritis Renewables; Vassilis Papaconomou, Alectris; Bjarn Roese, Conergy Services; Wolfgang Rosenberg, tco-solar; Paolo Seripa, Enel Green Power; Ignasi Sospedra, Trina Solar; Ioannis Thomas Theologitis, SolarPower Europe; Adrian Timbus, ABB; Anna Vidlund, Fortum; Vasco Vieira, Martifer Solar; Nicola Waters, Primrose Solar Management; Achim Woyte, 3E; Patrick Wurster, TCO Solar.

Información del proyecto: El Grupo de Trabajo de Operación y Mantenimiento (O&M) de SolarPower Europe comenzó oficialmente su trabajo en abril de 2015 y continúa con frecuentes intercambios y reuniones. La primera versión de la Guía de Mejores Prácticas de O&M se publicó en junio de 2016 y la segunda versión actualizada se publicó en diciembre de 2017. La Guía de Mejores Prácticas de O&M de SolarPower Europe refleja la experiencia y puntos de vista de una parte considerable de la industria europea de O&M en la actualidad. La edición México, publicada en septiembre de 2018, es el resultado de la colaboración entre SolarPower Europe y Asolmex. Igualmente, ha recibido el apoyo del programa germano-mexicano de cooperación bilateral "Energía solar a gran escala en México", implementado por la Secretaría de Energía de México (SENER) y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH en nombre del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania (BMZ).

Presidentes del Grupo de Trabajo de O&M de SolarPower Europe: Paolo V. Chiantore, BayWa r.e. (2018-); Vassilis Papaconomou, Alectris (2017); Stefan Degener, First Solar (2015-2016)

Agradecimientos: SolarPower Europe desea extender un agradecimiento especial a todos los miembros del Grupo de Trabajo que contribuyeron con su conocimiento y experiencia a este informe. SolarPower Europe también quiere agradecer Asolmex y a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH por su apoyo en el desarrollo de la Edición México. Este trabajo no se hubiera podido llevar a cabo sin su constante apoyo.

Exención de responsabilidad: La adhesión a la Guía de Mejores Prácticas de O&M de SolarPower Europe y sus subproductos es voluntario. Las partes interesadas que deseen adherirse a la Guía de Mejores Prácticas de O&M son responsables de certificar por sí mismos que han cumplido los requerimientos de la guía al completar el procedimiento de auto certificación que ofrece la "Marca de mejores prácticas de O&M solar" (www.solarmaintenancemark.com). Este informe ha sido preparado por SolarPower Europe con el apoyo de Asolmex. Se proporciona a los destinatarios únicamente con fines de información general. Nada en este informe deberá interpretarse como una oferta o recomendación de ningún producto, servicio o producto financiero. Este informe no constituye asesoramiento técnico, de inversión, legal, fiscal o de otro tipo. Los destinatarios deberán consultar con sus propios asesores técnicos, financieros, legales, fiscales u otros según sea necesario. Este informe se basa en fuentes que se consideran precisas. Sin embargo, SolarPower Europe no garantiza la exactitud o integridad de la información contenida en este informe. SolarPower Europe no asume la obligación de actualizar la información contenida en este documento. SolarPower Europe no será responsable por ningún daño directo o indirecto incurrido por el uso de la información proporcionada y no proporcionará ninguna indemnización.

Tenga en cuenta que esta versión puede estar sujeta a futuros cambios, actualizaciones y mejoras.

SolarPower Europe es la voz del sector fotovoltaico (FV) en Europa, con más de 200 miembros activos provenientes de toda la cadena de valor del sector solar y de otros sectores relacionados. SolarPower Europe tiene como misión la promoción de la electricidad fotovoltaica en el mercado europeo, ofreciendo a sus miembros internacionales una representación fuerte y coordinada frente a los responsables de la toma de decisiones en Europa. SolarPower Europe desarrolla informes detallados de inteligencia empresarial e informes de mejores prácticas sobre distintos mercados, sectores y tecnologías, manteniendo informados y actualizados a sus miembros y a otros actores externos interesados en la industria fotovoltaica. La asociación también comunica los beneficios de la energía solar fotovoltaica a los actores clave del sector, incluidos los responsables de la toma de decisiones y los líderes de opinión de la UE, el sector fotovoltaico y el público en general.

La **Asociación Mexicana de Energía Solar fotovoltaica (Asolmex), A.C.**, reúne inversionistas, proveedores y desarrolladores de Centrales Solares Fotovoltaicas a Gran Escala y de Generación Distribuida, representando sus intereses ante las dependencias y entidades del Sector Público, Asociaciones, Cámaras y Organismos Privados, Nacionales e Internacionales, promoviendo el desarrollo de la industria. ASOLMEX nace en el 2014 y en la actualidad representa a más de 100 empresas del sector, es un foro de análisis, propuesta y difusión de los temas que giran en torno a la energía solar así como promoviendo y propiciando la mejora del marco legal y regulatorio en la materia.

La **Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)** es la agencia alemana de cooperación internacional para el desarrollo sustentable. Con más de 50 años de experiencia, trabaja en todo el mundo en los más diversos ámbitos. Se ocupa de temas como: la promoción de la economía y del empleo, la energía sustentable y el medio ambiente, así como el fomento de la paz y la seguridad. Su principal comitente es el gobierno alemán. Asimismo, instituciones de la Unión Europea, de las Naciones Unidas y gobiernos de otros países solicitan su amplia gama de conocimientos y experiencia y depositan su confianza en la GIZ para que elabore, planifique a detalle e implemente ideas y planteamientos relacionados con transformaciones políticas, sociales y económicas. En conjunto con sus contrapartes locales, la GIZ busca soluciones eficaces con el fin de ofrecerle a la población perspectivas que mejoren sus condiciones de vida permanentemente. Para lograrlo, maneja diferentes enfoques y métodos, tomando en cuenta que el desarrollo de capacidades es la clave para el desarrollo sustentable.

Diseño: Onehemisphere, Sweden.

Septiembre de 2018

COLABORADORES



CONTENIDO

PREFACIO DE LA EDICIÓN MÉXICO	3	9.8. Propiedad y privacidad de los datos	49
PREFACIO	4	9.9. Ciberseguridad	50
LISTA DE ABREVIATURAS	8	9.10. Tipos de datos recopilados	51
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS	9	9.10.1. Datos de irradiancia	51
RESUMEN EJECUTIVO	10	9.10.2. Medición de la temperatura de módulo	51
1 INTRODUCCIÓN	13	9.10.3. Datos meteorológicos locales	51
1.1. Justificación, objetivo y alcance	13	9.10.4. Medición del nivel de suciedad	52
1.2. Cómo beneficiarse de este documento	14	9.10.5. Datos a nivel cadena	52
1.3. Partes interesadas y roles	14	9.10.6. Datos a nivel inversor	52
2 DEFINICIONES	18	9.10.7. Medidor de energía	53
3 SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE	22	9.10.8. Ajustes de control	54
4 PERSONAL Y FORMACIÓN	25	9.10.9. Alarmas	54
5 GESTIÓN TÉCNICA DE ACTIVOS	26	9.10.10. Circuito de AC / relé de protección	54
5.1. Generación de reportes	26	10 INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO	55
5.2. Cumplimiento normativo	28	10.1. Datos de la planta eléctrica	55
5.3. Gestión de garantías	28	10.1.1. Mediciones de datos brutos para calcular el rendimiento	56
5.4. Reclamo de seguros	30	10.1.2. KPIs de la planta eléctrica	56
5.5. Gestión de contratos	30	10.1.2.1. Rendimiento de referencia	56
6 OPERACIÓN DE LA PLANTA ELÉCTRICA	31	10.1.2.2. Rendimiento específico	56
6.1. Sistema de gestión documental (DMS)	31	10.1.2.3. Índice de rendimiento (Performance Ratio)	57
6.2. Control y monitoreo del rendimiento de la planta	33	10.1.2.4. Índice de rendimiento con corrección de temperatura	57
6.3. Análisis y mejora del rendimiento	33	10.1.2.5. Rendimiento esperado	58
6.4. Optimización de O&M	33	10.1.2.6. Índice de rendimiento energético	58
6.5. Mantenimiento predictivo	33	10.1.2.7. Tiempo de actividad	59
6.6. Control de la planta eléctrica	35	10.1.2.8. Disponibilidad	60
6.7. Pronóstico de generación de energía	36	10.1.2.9. Disponibilidad basada en energía	61
6.8. Cumplimiento con el código de red	36	10.2. KPIs del contratista de O&M	61
6.9. Gestión de cambios	37	10.2.1. Tiempo de confirmación	61
6.10. Seguridad de la planta eléctrica	37	10.2.2. Tiempo de intervención	62
6.11. Reportes y gestión técnica de activos	38	10.2.3. Tiempo de respuesta	62
7 MANTENIMIENTO DE LA PLANTA ELÉCTRICA	39	10.2.4. Tiempo de resolución	62
7.1. Mantenimiento preventivo	39	10.2.5. Generación de reportes	62
7.2. Mantenimiento correctivo	40	10.2.6. Experiencia del contratista de O&M	62
7.3. Mantenimiento extraordinario	41	11 MARCO CONTRACTUAL	63
7.4. Servicios adicionales	42	11.1. Alcance del contrato de O&M	63
8 GESTIÓN DE PARTES DE REPUESTO	43	11.2. Tarifa del contrato de O&M	66
9 REQUERIMIENTOS DE DATOS Y MONITOREO	46	11.3. Garantías contractuales	66
9.1. Dataloggers	47	11.3.1. Garantía de disponibilidad	66
9.2. Portal (web) de monitoreo	47	11.3.2. Garantía de tiempo de respuesta	66
9.3. Formato de los datos	48	11.4. Esquemas de bonificación y penalización por incumplimiento	67
9.4. Configuración	48	11.5. Estándares del servicio	68
9.5. Interoperabilidad	48	11.6. Calificación del contratista de O&M	68
9.6. Conexión a Internet	49	11.7. Responsabilidad y rendición de cuentas	68
9.7. Red de área local	49	11.8. Gestión de partes de repuesto	69

CONTENIDO / CONTINUACIÓN

11.9.	Monitoreo remoto de la planta eléctrica	69	REFERENCIAS	74
11.10.	Generación de reportes	69	ANEXO	75
12	O&M DE UN SISTEMA SOLAR DISTRIBUIDO	70	a. Matriz de habilidades propuesta para el personal de O&M	75
12.1.	Partes interesadas	70	b. Conjunto de documentación que acompaña a la planta solar fotovoltaica	76
12.2.	Seguridad, salud y medio ambiente	71	c. Ejemplos importantes de registros de entrada en el control de registros	78
12.3.	Personal y formación	71	d. Plan anual de mantenimiento	80
12.4.	Gestión técnica de los activos, monitoreo y generación de reportes	71		
12.5.	Operaciones	72		
12.6.	Mantenimiento	73		
12.7.	Gestión de partes de repuesto	73		

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1:	Indicadores / valores propuestos requeridos para la presentación de reportes	27	Figura 1:	Roles y responsabilidades de las partes interesadas en el campo de la O&M	17
Tabla 2:	Ejemplos de servicios de mantenimiento adicionales	42	Figura 2:	Flujo de energía en un sistema fotovoltaico conectado a la red	46
Tabla 3:	Lista mínima de partes de repuesto (no exhaustiva)	45	Figura 3:	Varios periodos de tiempo para el cálculo del tiempo de actividad	59
Tabla 4:	Ejemplos de opciones de integración de los datos	49	Figura 4:	Varios periodos de tiempo para el cálculo de la disponibilidad	60
Tabla 5:	Ejemplos de servicios de mantenimiento adicionales y tendencias generales del mercado	65	Figura 5:	Tiempo de confirmación, de intervención, de respuesta, de resolución	62
Tabla 6:	Ejemplos de clases de las fallas y tiempos de respuesta mínimos correspondientes	67			
Tabla 7:	Métodos sugeridos para la recopilación de rendimientos de referencia	72			
Tabla 8:	Incidentes cubiertos por las Operaciones para sistemas distribuidos	73			

LISTA DE ABREVIATURAS

AC	Corriente alterna (<i>Alternating current</i>)	KPI	Indicador clave de rendimiento (<i>Key performance indicator</i>)
AMP	Plan anual de mantenimiento (<i>Annual Maintenance Plan</i>)	kW	Kilowatt
AMR	Lector automático de medida (<i>Automatic meter reading</i>)	kWh	Kilowatt-hora (<i>kilowatt-hour</i>)
AMS	Calendario anual de mantenimiento (<i>Annual Maintenance Schedule</i>)	kW _p	Kilowatt-pico (<i>kilowatt-peak</i>)
API	Interfaz de programación de aplicaciones (<i>Application Programming Interface</i>)	LAN	Red de área local (<i>Local Area Network</i>)
CCTV	Circuito cerrado de televisión (<i>Closed Circuit Television</i>)	LCOE	Costo nivelado de electricidad (<i>Levelised cost of electricity</i>)
CMMS	Sistema computarizado de gestión de mantenimiento (<i>Computerised maintenance management system</i>)	LV	Baja tensión (<i>Low voltage</i>)
COD	Fecha de inicio de operación comercial (<i>Commercial operation date</i>)	MAE	Error medio absoluto (<i>Mean absolute error</i>)
CSMS	Sistema de gestión de ciberseguridad (<i>Cybersecurity management system</i>)	MIT	Umbral mínimo de irradiación (<i>Minimum irradiance threshold</i>)
DC	Corriente continua (<i>Direct current</i>)	MPPT	Seguimiento del punto de máxima potencia (<i>Maximum Power Point Tracking</i>)
DMS	Sistema de gestión documental (<i>Document management system</i>)	MV	Media tensión (<i>Medium voltage</i>)
DOR	División de responsabilidad (<i>Division of responsibility</i>)	MW	Megawatt
DSCR	Ratio de cobertura de servicio de la deuda (<i>Debt service coverage ratio</i>)	O&M	Operación y mantenimiento (<i>Operation and Maintenance</i>)
DSL	Línea de suscripción digital (<i>Digital Subscriber Line</i>)	OEM	Fabricante original del equipo (<i>Original equipment manufacturer</i>)
EH&S	Medio ambiente, salud y seguridad (<i>Environment, health and safety</i>)	OS	Sistema operativo (<i>Operating System</i>)
EPC	Ingeniería, adquisiciones, construcción (<i>Engineering, procurement, construction</i>)	PAC	Certificado de recepción provisional (<i>Provisional acceptance certificate</i>)
EPI	Índice de rendimiento energético (<i>Energy Performance Index</i>)	POA	Plano del arreglo (<i>Plane of array</i>)
FAC	Certificado de recepción final (<i>Final acceptance certificate</i>)	PPA	Contrato de compraventa de energía (<i>Power Purchase Agreement</i>)
FIT	Tarifa de alimentación (<i>Feed-in tariff</i>)	PPE	Equipo de protección personal (<i>Personal protective equipment</i>)
FTP	Protocolo de transferencia de archivos (<i>File Transfer Protocol</i>)	PR	Índice de rendimiento (<i>Performance Ratio</i>)
GPRS	Servicio general de paquetes vía radio (<i>General Packet Radio Service</i>)	FV	Fotovoltaico(a) (<i>FV</i>)
H&S	Seguridad y salud (<i>Health and safety</i>)	RMSE	Raíz del error cuadrático medio (<i>Root mean square error</i>)
HV	Alta tensión (<i>High voltage</i>)	ROI	Retorno de la inversión (<i>Return on investment</i>)
IGBT	Transistores bipolares de puerta aislada (<i>Insulated-Gate Bipolar Transistors</i>)	RPAS	Sistema de aeronave pilotado a distancia (dron) (<i>Remotely Piloted Aircraft System</i>)
IPP	Productor de energía independiente (<i>Independent power producer</i>)	SCADA	Supervisión, control y adquisición de datos (<i>Supervisory Control And Data Acquisition</i>)
IRENA	Agencia Internacional de Energías Renovables (<i>International Renewable Energy Agency</i>)	SLA	Acuerdo de nivel de servicio (<i>Service-level agreement</i>)
		SPV	Vehículo de propósito específico (<i>Special purpose vehicle</i>)
		STC	Condiciones estándar de prueba (<i>Standard Test Conditions</i>) 1000 W/m ² , 25°C, AM1.5
		TF	Grupo de trabajo (<i>Task Force</i>)
		UPS	Sistema de alimentación ininterrumpida (<i>Uninterruptible Power Supply</i>)

RESUMEN EJECUTIVO

La Operación y Mantenimiento (O&M) se ha convertido en un segmento independiente dentro de la industria solar y es ampliamente aceptado por todos los interesados que los servicios de O&M de alta calidad mitigan los riesgos potenciales, mejoran el costo nivelado de electricidad (LCOE) y los precios de los contratos de compraventa de electricidad (PPA) y además tienen un impacto positivo en el retorno de la inversión (ROI). Respondiendo a las discrepancias que existen en el mercado solar de O&M, la Guía de Mejores Prácticas de O&M de SolarPower Europe permite que todos puedan beneficiarse de la experiencia de los principales expertos en el sector y aumentar el nivel de calidad y consistencia en O&M. Esta guía está dirigida tanto a los contratistas de O&M, como a los inversionistas, financieros, propietarios de activos, gestores de activos, proveedores de herramientas de monitoreo, consultores técnicos y todas las partes interesadas en Europa y fuera de ella. La Edición México, contiene información sobre las especificidades del mercado mexicano.

Este documento comienza contextualizando O&M, explicando los roles y responsabilidades de los diversos interesados, como son el gestor de activos, el proveedor de servicios de operaciones y el proveedor de mantenimiento, y brindando una descripción general de los términos técnicos y contractuales para lograr una comprensión común del tema. Después, guía al lector a través de los diferentes componentes de O&M, clasificando los requerimientos en “requerimientos mínimos”, “mejores prácticas” y “recomendaciones”.

Medio ambiente, seguridad y salud

Los problemas ambientales normalmente se pueden evitar mediante un diseño y mantenimiento adecuados de la planta, pero cuando ocurren problemas, el contratista de O&M debe detectarlos y responder de inmediato. En muchas situaciones, las plantas solares tienen la ventaja de ofrecer oportunidades para la agricultura y un valioso hábitat natural para plantas y animales junto con el propósito principal de la generación de electricidad. Las plantas solares son centrales generadoras de electricidad y tienen importantes riesgos que pueden provocar lesiones o incluso la muerte. Los riesgos deben reducirse a través de la identificación adecuada del peligro, la planificación cuidadosa de los trabajos, la información de los procedimientos que se deben seguir, las inspecciones periódicas documentadas y el mantenimiento.

Personal y formación

Es importante que todo el personal de O&M esté adecuadamente capacitado y cuente con las cualificaciones pertinentes para realizar los trabajos de manera responsable y segura. Esta guía contiene una plantilla de matriz de habilidades que ayuda a registrar habilidades e identificar posibles brechas.

Gestión técnica de activos

En muchos casos, el contratista de operaciones y mantenimiento asume algunas tareas técnicas de gestión de activos, por ejemplo, dar información al propietario del activo de sobre los indicadores clave de desempeño (KPIs) Añadir punto y seguido. Sin embargo, en los casos en que el gestor técnico de los activos y el contratista de O&M son entidades separadas, es indispensable una estrecha coordinación e intercambio de información entre las dos entidades. Los reportes periódicos enviados al propietario del activo deben incluir información basada en mediciones de datos brutos (energía producida), KPIs de la planta eléctrica FV (ej.: índice de desempeño o disponibilidad), KPIs del contratista de O&M (ej.: tiempo de respuesta), KPIs del equipo e incidentes. La gestión técnica de los activos también incluye asegurar que la operación de la planta FV cumpla con las regulaciones y contratos nacionales y locales.

Operación de la planta eléctrica

La operación incluye el monitoreo, supervisión y control de la planta eléctrica fotovoltaica. También implica el enlace o la coordinación de las actividades de mantenimiento. Un adecuado sistema de gestión documental de la planta FV es crucial para las operaciones. En el Anexo B de esta guía podrá encontrar una lista de documentos que deben incluirse en la documentación de obra ejecutada (*as-built*) que acompañan a la planta solar FV, así como una lista de ejemplos de registros de entrada que deberán incluirse en el control de registros (como descripciones de alarmas). Con base en los datos y análisis obtenidos a través del monitoreo y la supervisión, el contratista de O&M siempre deberá esforzarse por mejorar el rendimiento de la planta eléctrica FV. En algunos países existen requerimientos legales estrictos para los servicios de seguridad, por lo tanto, la seguridad de la planta eléctrica FV debe estar garantizada por proveedores de servicios de seguridad especializados.

Mantenimiento de la planta eléctrica

El mantenimiento generalmente es llevado a cabo en la planta por técnicos especializados o subcontratistas, de acuerdo con los análisis del equipo de Operaciones. Un elemento central de los servicios de mantenimiento, el mantenimiento preventivo, incluye inspecciones visuales y físicas periódicas, así como actividades de verificación necesarias para cumplir con los manuales de operación. El plan de mantenimiento anual (consulte un ejemplo en el Anexo D) incluye una lista de inspecciones que deben realizarse de manera periódica. El mantenimiento correctivo cubre las actividades destinadas a restaurar una planta, equipo o componente fotovoltaico defectuosos a un estado en el que pueda realizar su función requerida. Las acciones de mantenimiento extraordinario, generalmente no cubiertas por la tarifa fija de O&M, pueden ser necesarias después de eventos impredecibles importantes en la planta y requieren reparaciones sustanciales. Los servicios de mantenimiento adicionales incluyen tareas como la limpieza de módulos y el control de la vegetación.

Gestión de partes de repuesto

La gestión de partes de repuesto es una parte inherente y sustancial de O&M cuyo objetivo es asegurar que las partes de repuesto estén disponibles de manera oportuna para el mantenimiento correctivo, a fin de minimizar el tiempo de inactividad de una planta eléctrica planta FV. Las partes de repuesto deben ser propiedad del propietario del activo, mientras que el mantenimiento, el almacenamiento y el reabastecimiento normalmente deben ser responsabilidad del contratista de O&M. Se considera una mejor práctica no incluir el costo de reposición de partes de repuesto en la tarifa fija de O&M. Esta guía también incluye una lista mínima de partes de repuesto que se consideran esenciales.

Requerimientos de datos y monitoreo

El propósito del sistema de monitoreo es permitir la supervisión del flujo de energía en una planta eléctrica FV. Los requerimientos para un monitoreo eficaz incluyen dataloggers capaces de recopilar datos (energía generada, irradiación, temperatura del módulo, etc.) de todos los componentes relevantes (inversores, medidores de energía, piranómetros, sensores de temperatura) y almacenar al menos un mes de datos con una granularidad de registro de hasta 15 minutos; así como un portal de monitoreo fiable (interfaz) para la visualización de los datos recopilados y el cálculo de KPIs. Como mejor práctica, el sistema de monitoreo debe garantizar el acceso abierto a los datos, a fin de permitir una transición fácil entre plataformas de monitoreo. Como los sistemas monitoreados y controlados a distancia, las plantas FV están expuestas a riesgos de ciberseguridad, por lo tanto, es muy importante que las instalaciones realicen un análisis e implementen un sistema de gestión de ciberseguridad.

Indicadores clave de desempeño

Los KPIs importantes incluyen los KPI de la planta eléctrica FV, que reflejan directamente el rendimiento de la planta eléctrica fotovoltaica y los KPIs del contratista de O&M, que evalúan el rendimiento del servicio de O&M provisto. Los KPIs de la planta eléctrica fotovoltaica incluyen indicadores importantes como el índice de rendimiento (PR), que es la energía generada dividida entre la energía que se puede obtener en condiciones ideales, expresada como un porcentaje; y tiempo de actividad/Disponibilidad, parámetro que representa, en porcentaje, el tiempo durante el cual la planta está operando respecto del tiempo total posible que puede operar. Si bien el tiempo de actividad evidencia todos los tiempos de inactividad, independientemente de la causa, la disponibilidad involucra ciertos factores de exclusión que cuentan como tiempo de inactividad no atribuible al contratista de O&M (eventos de fuerza mayor), una diferencia importante para fines contractuales. Los KPIs del contratista de O&M incluyen tiempo de confirmación (el tiempo entre la alarma y la confirmación), tiempo de intervención (el tiempo entre la confirmación y la llegada de un técnico a la planta) y el tiempo de resolución (el tiempo para resolver la falla a partir del momento de llegar a la planta FV). El tiempo de confirmación más el tiempo de intervención se denomina tiempo de respuesta, un indicador utilizado para las garantías contractuales.

Marco Contractual

Aunque algunos contratistas de O&M todavía ofrecen garantías de índice de rendimiento en algunos casos, los desarrollos recientes que incluyen las recomendaciones de la Iniciativa Global de Estandarización de Energía Solar (Solar Energy Standardization Initiative; SESI) muestran que usar solo garantías de disponibilidad y tiempo de respuesta tiene varias ventajas. Una mejor práctica es una disponibilidad garantizada mínima del 98% durante un año, con las garantías de disponibilidad traducidas en esquemas de bonificación y penalización por incumplimiento. En México, las garantías de disponibilidad del 99% son comunes.

Al establecer garantías de tiempo de respuesta, se recomienda diferenciar entre horas y periodos con niveles de irradiación altos y bajos, así como las clases de fallas, es decir, la pérdida de energía (potencial). Como una mejor práctica, recomendamos utilizar la plantilla del contrato de O&M desarrollado como parte de la Iniciativa Global de Estandarización de Energía Solar (*Solar Energy Standardization Initiative; SESI*), una iniciativa conjunta de la Iniciativa Terrawatt, la Agencia Internacional de Energías Renovables, SolarPower Europe y el Consejo Solar Global. La plantilla de contrato de SESI está programada para publicarse en 2018.

1

INTRODUCCIÓN

© First Solar

1.1. Justificación, objetivo y alcance

Un servicio profesional de Operación y Mantenimiento (O&M) asegura que el sistema fotovoltaico mantendrá altos niveles de desempeño técnico y consecuentemente económico a lo largo de su vida útil. Actualmente, todos los interesados aceptan que los servicios de O&M de alta calidad mitigan los riesgos potenciales, mejoran el costo nivelado de electricidad (LCOE) y los precios del contrato de compraventa de energía (PPA) y además tienen un impacto positivo en el retorno de la inversión (ROI). Esto se puede resaltar si se tiene en cuenta que el ciclo de vida de un proyecto fotovoltaico se puede dividir en las 4 fases siguientes. La fase de O&M es por mucho la fase más larga.

- Desarrollo (típicamente 1-3 años)
- Construcción (algunos meses)
- **Operación y mantenimiento (típicamente 20-35 años)**
- Desmantelamiento o repotenciación (unos cuantos meses)

Por lo tanto, es importante aumentar la calidad de los servicios de O&M y, por el contrario, descuidar la O&M es muy arriesgado. La industria fotovoltaica es una industria “joven” que también evoluciona en el segmento de servicios y ofrece una amplia gama de prácticas y enfoques. Aunque podría parecer lógico el establecer las especificidades de cada sistema, topologías, sitios de instalación y requerimientos del país, existe confusión o falta de claridad y conocimiento de muchos propietarios de activos y de entidades de financiación (inversionistas y/o bancos) sobre cuáles deberían ser los requerimientos mínimos a considerar. En algunos casos, especialmente en el pasado, donde las tarifas de venta de energía eran muy altas y favorables, había una evidente falta de percepción del riesgo que en combinación con una definición de métricas de rendimiento subestimada dificultaba la puesta en valor de una prestación de servicios profesional y de alta calidad.

La estandarización existente aún no llena los vacíos ni aclara en su totalidad los requerimientos y su implementación. Aunque en Mantenimiento hay una serie de normas internacionales técnicas que se pueden seguir, en Operaciones, que también cubre tareas relacionadas con la planificación, la programación y la administración, existen muchas deficiencias. Por esto resulta crucial desarrollar y difundir las mejores prácticas para optimizar las Operaciones y, por lo tanto, la producción de energía, la gestión de la planta eléctrica y los beneficios resultantes. Las mejores prácticas que establecen un alto nivel de calidad mejorarán la comprensión de los inversionistas y, por lo tanto, su confianza.

1 INTRODUCTION / CONTINUACIÓN

Con la versión 2.0 de la Guía de Mejores Prácticas de O&M, SolarPower Europe da el siguiente paso hacia este objetivo. La propuesta de valor de este informe radica en su promoción y liderazgo por parte de la industria, y contiene el conocimiento y la experiencia de compañías líderes y bien establecidas en el campo de la prestación de servicios de O&M, desarrollo y construcción de proyectos (EPC), gestión de activos, servicios públicos, fabricantes y proveedores de herramientas de monitoreo.

El alcance del trabajo actual incluye el segmento de gran escala “*utility*”, más específicamente los sistemas superiores a 1 MW. El capítulo 12 trata la O&M de un sistema solar distribuido. La guía proporciona requerimientos de alto nivel que se pueden aplicar en cualquier geografía del globo. Las consideraciones nacionales específicas, como los requisitos legales, no están incluidas y, por lo tanto, deben considerarse por separado en caso de que esta guía se vaya a utilizar en países específicos.

El contenido cubre requerimientos técnicos y no técnicos, clasificándolos cuando sea posible en:

- 1. requerimientos mínimos**, por debajo de los cuales el servicio de O&M se considera deficiente o insuficiente, y que forman un umbral de calidad mínimo para un proveedor de servicios profesional y rentable;
- 2. mejores o buenas prácticas**, que son métodos considerados de vanguardia, que producen resultados óptimos al equilibrar el lado técnico y el económico;
- 3. recomendaciones**, que pueden aumentar la calidad del servicio, pero cuya implementación depende de las consideraciones del propietario del activo o del administrador del activo, como es el presupuesto disponible.

En cuanto a la terminología utilizada en este documento para diferenciar entre estas tres categorías, verbos como “*debería*” se refiere a los requerimientos mínimos, a menos que se especifique explícitamente otra cosa como: “*debería, como una mejor práctica*”.

1.2. Cómo beneficiarse de este documento

Este informe incluye las principales consideraciones para una prestación de servicios de O&M profesional y exitosa. Aunque no se ha personalizado para cada una de las partes interesadas, su uso es similar para todos: conocer y entender los requerimientos obligados y la necesidad del servicio de O&M profesional e incorporar en el paquete de servicios las recomendaciones. Cualquiera de las partes interesadas relevantes (ver la siguiente sección) puede beneficiarse de este trabajo, adaptarlo a sus necesidades sin comprometer sus estándares y saber qué pedir, ofrecer o esperar.

La mayor parte del contenido de esta guía se puede usar en cualquier región del mundo. Los requerimientos descritos en la parte de mantenimiento aplican sin cambios a regiones con condiciones similares a las de Europa y con un clima moderado, además es fácil hacer requerimientos o modificaciones adicionales para otras regiones con características únicas. Con respecto a la parte de operaciones y gestión técnica de activos, los requerimientos aplican a los activos fotovoltaicos independientemente de su ubicación.

1.3. Partes interesadas y roles

Por lo general son varias las partes interesadas que interactúan en la fase de O&M y, por lo tanto, es importante aclarar tanto como sea posible los diferentes roles y responsabilidades. Estos pueden resumirse en los siguientes roles básicos:

Propietario del activo. La parte interesada que contribuye con capital de inversión para la construcción y operación de la planta eléctrica fotovoltaica normalmente es el inversionista (o un grupo de inversionistas), que pueden clasificarse como individuos privados, inversionistas de financiación o fondos de inversión y Productores Independientes de Energía (*Independent Power Producers; IPP*) o entidades eléctricas gubernamentales. Los activos generalmente son propiedad de “Vehículos de Propósitos Especiales” (SPV), es decir, compañías de responsabilidad limitada, específicamente incorporadas para construir, poseer y operar una o más plantas fotovoltaicas.

Prestamista. El prestamista o el proveedor de la deuda (banco de financiamiento) no se considera como un “propietario del activo”, incluso si los préstamos están respaldados por valores (garantía). En principio, los intereses y las expectativas de rendimiento son diferentes entre el inversionista (proveedor de capital) y el prestamista que normalmente mide el riesgo en función del ratio de cobertura de servicio de la deuda (DSCR). El rol del prestamista es cada vez más “inteligente” y menos pasivo, con consideraciones e implicaciones mejoradas con respecto a los requerimientos para la provisión de deuda.

Gestor de activos. La gestión de activos tiene como objetivo garantizar la rentabilidad óptima de la planta eléctrica fotovoltaica (o un portafolio de plantas) supervisando las ventas de energía, la producción de energía y las actividades de O&M. También asegura el cumplimiento de todas las obligaciones administrativas, fiscales, regulatorias, de seguro y financieras de los SPVs. Por lo tanto, este rol tiene un aspecto financiero y técnico. Los gestores de activos reportan a los propietarios de activos. En algunos casos, en particular cuando los SPVs pertenecen a grandes propietarios de activos, como entidades eléctricas gubernamentales o grandes IPPs, la actividad de gestión de activos se realiza internamente. En la actualidad, la mayoría de los contratistas de O&M asumen algunas responsabilidades (técnicas) de gestión de activos, como es la generación de informes de rendimiento para el propietario del activo.

Contratista de O&M. La entidad que está a cargo de las actividades de O&M según se define en el contrato de O&M. En algunos casos, este rol se puede subdividir en:

- **Gestor técnico de activos**, que ejerce como intermediario entre las actividades restantes de O&M y el propietario del activo y está a cargo de los servicios de alto nivel, como son los informes de rendimiento para el propietario del activo, gestión de contratos, facturación y gestión de la garantía.
- **Proveedor de servicios de operaciones** a cargo del monitoreo, supervisión y control de la planta eléctrica FV, coordinación de las actividades de mantenimiento.
- **Proveedor de servicios de mantenimiento** que realiza actividades de mantenimiento.

Las tres funciones a menudo son asumidas por una sola entidad a través de un contrato de O&M de servicio completo. En este informe se presenta un conjunto completo de actividades de O&M (técnicas y no técnicas).

Asesores/Ingenieros Técnicos. Estos son individuos o equipos de expertos que brindan servicios especializados (por ejemplo, información detallada, asesoramiento, consultoría técnica, etc.). Su papel es bastante importante ya que aseguran que los procedimientos y las prácticas sean sólidos y de alta calidad, de acuerdo con estándares y mejores prácticas, para mantener los niveles de alto rendimiento de la planta fotovoltaica. Los asesores técnicos pueden representar a diferentes partes interesadas (por ejemplo, inversionistas y prestamistas, ingeniería de la propiedad e ingeniería independiente, respectivamente).

Proveedores especializados. Estos proveedores podrían ser de servicios especializados (por ejemplo, consultoría técnica) o hardware (por ejemplo, componentes generadores de electricidad, sistema de seguridad, etc.).

Autoridades. Pueden ser locales (el municipio), regionales (las autoridades provinciales o regionales que supervisan las limitaciones medioambientales), nacionales (como el CENACE en México) o internacionales (los autores de un código de red europeo o mexicano).

Cliente. La entidad que paga por la electricidad producida. Este rol aún está evolucionando y a menudo se subdivide según los esquemas nacionales de suministro y mercados eléctricos:

- El suministrador de la red nacional o regional / vendedor de electricidad o las autoridades específicas para la energía renovable (como GSE en Italia) bajo un régimen de tarifa de alimentación (FIT).
- Comerciantes de energía o vendedores directos en un esquema de mercadeo directo.
- Los clientes finales en esquemas que subrayan la autonomía en el suministro de energía.

1 INTRODUCCIÓN / CONTINUACIÓN

Las partes interesadas y los roles antes mencionados deben apoyar a la prestación de los servicios necesarios y trasladar las pautas de este informe a situaciones de la vida real. Por ejemplo, en los casos en que una parte interesada puede asumir varios roles y responsabilidades o en que un rol puede estar representado por varias partes:

- Un inversionista puede asumir responsabilidades de la gestión de activos
- Un gestor de activos puede asumir un rol más activo e intervenir en las operaciones
- Un gestor de activos puede incluso hacerse cargo de toda la O&M.
- El rol de un contratista de O&M puede ser subdividido o también puede incluir algunas actividades de gestión de activos como se especifica a continuación (por ejemplo, generación de informes, venta de electricidad, seguros, registros fiscales, etc.)
- El cliente final (o comprador de electricidad) puede ser, al mismo tiempo, el propietario del activo, el gestor de activos y el contratista de O&M (por ejemplo, una planta eléctrica fotovoltaica en un sitio industrial para cubrir sus propias necesidades de energía)

A continuación, la figura 1 intenta clasificar y distribuir las responsabilidades entre los diferentes interesados y, en particular, entre el gestor de activos (gestión de activos), el contratista de O&M (operaciones y mantenimiento) y el contratista EPC (ingeniería, compras, construcción). Esta figura está rediseñada y se basa en una figura de GTM (2013).

En general, el contratista de O&M tendrá un rol más técnico (optimización de la producción de energía) y el gestor de activos asumirá más responsabilidades comerciales y administrativas (optimización financiera). Los aspectos técnicos de la gestión de activos se conocen como Gestión técnica de activos, un rol que a menudo asume el contratista de O&M. A diferencia de la primera versión de la Guía de Mejores Prácticas de O&M, esta versión maneja la gestión técnica de los activos como parte de los roles principales que puede asumir el contratista de O&M y, por lo tanto, dedica un capítulo independiente a esta función.

FIGURA 1 ROLES Y RESPONSABILIDADES DE DIFERENTES PARTES INTERESADAS EN EL CAMPO DEL O&M



NOTA: LAS RESPONSABILIDADES DEL ADMINISTRADOR DE ACTIVOS Y EL CONTRATISTA DE O&M EN OCASIONES SE SUPERPONEN Y LA GESTIÓN TÉCNICA DE LOS ACTIVOS PUEDE SER ASUMIDA POR EL CONTRATISTA DE O&M O EL ADMINISTRADOR DE ACTIVOS.

© SOLARPOWER EUROPE 2017

Esta zona gris de responsabilidades dificulta la estandarización adecuada de las responsabilidades de cada parte implicada. Con esta perspectiva, es importante que los contratos definan con la mayor precisión posible el alcance, los derechos y las obligaciones de cada parte y la gestión general de la orden de trabajo.

Sin embargo, todas las partes implicadas deben entender perfectamente los aspectos técnicos y financieros a fin de garantizar una implementación exitosa y eficiente de los servicios. Los administradores de activos deberán contar con habilidades técnicas internas para poder hacer una supervisión significativa y una evaluación adecuada de las soluciones técnicas, y los contratistas de O&M deberán tener la capacidad de evaluar los costos y priorizar sus decisiones operativas y servicios de mantenimiento.

2

DEFINICIONES

© Rec Solar

Esta sección presenta un conjunto básico de definiciones de términos importantes que se utilizan en el área de los contratos de Operación y Mantenimiento (O&M) y es necesario que todos los interesados tengan un entendimiento común. En general, existen normas vigentes que explican algunos de estos términos, sin embargo, en la práctica sigue siendo difícil llegar a un acuerdo sobre los límites de esos términos y qué es exactamente lo que se espera bajo estos términos o servicios (p.ej. los diferentes tipos de mantenimientos o tareas operativas).

De hecho, es más complicado con los términos en el campo Operativo ya que estos son menos técnicos y no estandarizados como en el caso del Mantenimiento. El capítulo proporciona una lista breve (ordenada alfabéticamente) que no es exhaustiva, pero que refleja las diferentes secciones de este documento. Para las definiciones relacionadas con el mantenimiento, se utilizó como base la norma EN 13306 (“Terminología de mantenimiento”).

Análisis y mejora del rendimiento

Mediciones, cálculos, tendencias, comparaciones, inspecciones, etc. realizadas para evaluar la planta FV, los segmentos y/o el rendimiento de un solo componente, las condiciones del sitio, el comportamiento del equipo, etc. y para entregar informes y estudios de evaluación a las partes interesadas (cliente, autoridad pública, etc.)

Controles de la planta eléctrica

Acciones requeridas por el operador de la red, para controlar la energía activa y/o reactiva que se alimenta a la red, otros factores de calidad de la energía que están sujetos a ajustes y/o a apagar (emergencia), en su caso.

Cumplimiento normativo

Cumplimiento de cualquier ley, estatuto, directiva, regulación, regla, orden, legislación, directamente vigente en el país donde se presta el servicio, así como de las directrices y medidas obligatorias emitidas por una empresa de servicios públicos y cualquier otra autoridad pública competente.

Gestión del cambio

La gestión del cambio define la forma de manejar los ajustes necesarios del diseño de una planta eléctrica fotovoltaica después de la Fecha de Operación Comercial. Para los cambios es necesaria una estrecha cooperación entre el propietario de la planta y el Contratista de O&M.

Gestión de contratos

Actividades relacionadas con el cumplimiento adecuado de las obligaciones contractuales de O&M como son generación de informes, facturación, modificaciones del contrato, interacción del regulador, etc.

Gestión de la garantía	La gestión de la garantía agrupa por lo general actividades de diversa naturaleza que están vinculadas a áreas como es el suministro de equipos y servicios, y la construcción de proyectos. Todas estas responsabilidades (garantías) generalmente se activan con la emisión del Certificado de Aceptación Provisional (CAP) por parte del EPC. La gestión de la garantía es la actividad que administra estas garantías con el objetivo de reducir los costos y los tiempos de respuesta después de los reclamos de garantía para la reparación o reemplazo de ciertos componentes del sistema FV (bajo la garantía del EPC y/o del fabricante de los componentes).
Gestión de partes de repuesto	Actividades que garanticen la disponibilidad de la cantidad y tipo correctos de componentes, equipos, partes, etc., ya sea en la planta o en almacenes o en las existencias de consignación de los fabricantes, con el fin de poder hacer un reemplazo rápido en caso de falla y/o para poder cumplir con las garantías de los contratos de O&M.
Indicador clave de desempeño (KPI)	Un Indicador clave de desempeño (KPI, por sus siglas en inglés) es un parámetro técnico que ayuda a los interesados a evaluar el funcionamiento exitoso de una planta fotovoltaica (FV) y/o el éxito de las actividades del Contratista de O&M.
Informes y otros entregables	Entregables periódicos, según los requerimientos detallados en el acuerdo de O&M o siguiendo las mejores prácticas de mercado, incluido el rendimiento de la planta FV, indicadores clave de desempeño, actividades de mantenimiento y órdenes de trabajo realizadas, manejo de alarmas, estado del equipo, actividades de manejo de garantía y seguimiento de partes de repuesto y cualquier otro análisis realizado en conformidad con los requerimientos del contrato de O&M.
Mantenimiento correctivo	Acciones y/o técnicas (inmediatas o diferidas) para corregir fallas, averías, mal funcionamiento, anomalías o daños detectados durante las inspecciones o a través de monitoreo, alarmas o reportes o cualquier otra fuente. Las acciones están enfocadas a restaurar el sistema
Mantenimiento Extraordinario	Acciones y/o trabajos realizados en caso de fallas impredecibles importantes, como son defectos sistémicos, eventos de fuerza mayor, etc., que generalmente se consideran fuera del curso ordinario del negocio.
Reclamos de seguro	Las actividades del cliente necesarias para reclamar un reembolso de acuerdo a los términos específicos de la póliza de seguro.
Mantenimiento Preventivo	Acciones y/o pruebas y/o mediciones para garantizar las condiciones óptimas de operación de los equipos y de toda la planta FV y para prevenir defectos y fallas. Se llevan a cabo periódicamente y de acuerdo con un plan de mantenimiento específico y un programa de mantenimiento.
Mantenimiento Predictivo	Acciones y/o técnicas que se realizan para ayudar a evaluar el estado de un sistema FV y sus componentes, predecir/pronosticar y recomendar cuándo se deben llevar a cabo actividades de mantenimiento. La predicción se deriva del análisis y la evaluación de parámetros significativos del componente (por ejemplo, parámetros relacionados con la degradación). Se usan sistemas de monitoreo y el conocimiento de expertos para identificar las acciones apropiadas basándose en un análisis de costo-beneficio.
Marco Contractual	Un acuerdo con términos específicos entre el propietario del activo y el contratista de O&M. Este acuerdo define en detalle los servicios de O&M, tanto los servicios de operaciones remotas como las actividades de mantenimiento locales, la gestión y las interfaces de esos servicios, así como las responsabilidades de cada parte. Las penalidades por incumplimientos y los esquemas de bonificación también forman parte de los compromisos contractuales. ¹

¹ Ver prácticas locales aplicables a México en sección 11.4.

2 DEFINICIONES / CONTINUACIÓN

Monitoreo de la planta eléctrica	Monitoreo general del funcionamiento, generación de energía y datos de referencia de la planta FV y sus componentes, que se lleva a cabo a través de un software de monitoreo en tiempo real (basado en la web). El monitoreo opera las 24h/365d y se alimenta con sistemas de registro de datos en la planta que recopilan datos de diferentes plantas, así como de mediciones de irradiación y temperatura de sensores particulares y otras fuentes, como es la información meteorológica (adquisición de datos 24h/365d).
Personal y formación	Operadores, técnicos, ingenieros y gerentes empleados para la ejecución de las actividades de O&M y planes/programas de formación para formarlos en temas importantes relacionados con la planta FV y para mantenerlos continuamente actualizados en sus respectivos roles.
Pronóstico de Generación de Energía	Adopción de herramientas de pronóstico que calculen la producción de energía esperada para un cierto periodo de tiempo a partir de pronósticos meteorológicos con el fin de suministrar la producción de energía esperada al propietario, operador de la red, comerciantes de energía y a otros. Esto normalmente depende del país y de la planta.
Requerimientos de cumplimiento del código de red	Equipos, procedimientos, acciones y actividades requeridas por el o los respectivos operadores de red para cumplir con la seguridad de la red, la calidad de la energía y las especificaciones de operación.
Requerimientos de datos y monitoreo	Hardware y software, especificaciones técnicas y funcionales para recopilar, transmitir y almacenar datos de producción, rendimiento y ambientales para la administración de la planta.
Seguridad	Acciones, procedimientos, equipos y/o técnicas que se adoptan en la planta y de manera remota para proteger la planta contra robos, vandalismo, incendios y entradas no autorizadas. Los servicios de seguridad deben ser prestados por proveedores especializados en servicios de seguridad.
Seguridad, Salud y Medio Ambiente (EH&S)	Seguridad, Salud y Medio Ambiente (EH&S, por sus siglas en inglés) se refiere a las actividades para garantizar la protección del medio ambiente, la salud y seguridad laboral en el trabajo y en la planta, aplicables al personal y a los visitantes de acuerdo con las leyes y reglamentos nacionales vigentes.
Servicios Adicionales	Acciones y/o trabajos realizados, administrados o supervisados por el contratista de O&M, que no son parte de los servicios regulares y por lo general se cobran “por evento”, por ejemplo, como mantenimiento del terreno, limpieza de módulos, servicios de seguridad, etc. Algunos de los Servicios Adicionales se pueden encontrar como parte del Mantenimiento Preventivo, según el acuerdo contractual.
Servicios de la sala de control/Servicios del centro de operaciones	Acciones integrales como monitoreo de la planta fotovoltaica, supervisión, controles remotos, gestión de actividades de mantenimiento, interacción con operadores de la red, reguladores, Administradores de Activos y Propietarios de Activos, y la preparación y entrega de informes periódicos realizados por personal experimentado y cualificado en una sala de control durante horario de operación para 365 días / año.
Sistema de gestión documental	Un sistema de gestión que registra, gestiona y almacena los documentos necesarios para O&M, como son documentación y planos técnicos de planta y equipos, manuales de mantenimiento, fotos e informes, incluidas las diversas versiones que están siendo creadas por diferentes usuarios, revisiones y aprobaciones. El sistema de gestión documental también define un formato y uso adecuados (intercambio de información).
Supervisión de la planta eléctrica	La actividad para supervisar y analizar los datos provistos por el sistema de monitoreo, llevada a cabo durante el día por recursos humanos con experiencia y gestionada desde una o más salas de control (365 días/año). La recepción y calificación de las alarmas de la herramienta de monitoreo también se considera parte de la supervisión.

JOIN 200+

SolarPower Europe Members



Influence



Intelligence



Network



Discounts



Visibility



3

SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE



El propietario del activo tiene la responsabilidad legal y moral de garantizar la seguridad y salud de las personas dentro y alrededor de la planta solar y la protección del medio ambiente a su alrededor. La implementación práctica normalmente se subcontrata al contratista de O&M.

Medio ambiente. Las energías renovables son populares debido a su bajo impacto ambiental y es importante que las plantas solares sean operadas y mantenidas para minimizar cualquier efecto adverso. Los problemas ambientales normalmente pueden evitarse mediante el diseño y mantenimiento adecuados de la planta; por ejemplo, las fosas y la inspección periódica de los transformadores de alto voltaje reducirán las posibilidades de fugas significativas de aceite, y en caso de problemas, el contratista de O&M deberá detectarlos y responder de inmediato. Más allá del daño ambiental, puede haber sanciones financieras o legales para el propietario de la planta.

Otros aspectos que deben tenerse en cuenta, como mejores prácticas, son el reciclaje de paneles rotos y desechos eléctricos para que el vidrio, el aluminio y los materiales semiconductores puedan recuperarse y reutilizarse. En áreas con escasez de agua, el uso del agua para la limpieza del módulo debe reducirse al mínimo.

En muchas situaciones, las plantas ofrecen una oportunidad, que, manejada de manera adecuada, ofrecen oportunidades para la agricultura y un valioso hábitat natural para plantas y animales junto con el propósito principal de la generación de electricidad. Un plan de gestión ambiental bien diseñado puede ayudar a promover el desarrollo del hábitat natural, así como a reducir los costos generales de mantenimiento de la administración de los terrenos de la planta. También puede garantizar el cumplimiento de los requerimientos legales para proteger o mantener el hábitat del sitio.

Seguridad y salud. La gestión de los riesgos que representa la planta solar para la seguridad y salud de las personas, tanto dentro como en los alrededores de la planta, es una preocupación principal de todos los interesados. Las plantas solares son centrales generadoras de electricidad y tienen importantes riesgos que pueden provocar lesiones o incluso la muerte. Los riesgos deben reducirse a través de la identificación adecuada del peligro, la planificación cuidadosa de los trabajos, información de los procedimientos

que se deben seguir, la inspección y el mantenimiento documentados y periódicos (consulte también → 6.10. Seguridad de la planta eléctrica).

Los peligros de la electricidad son bien conocidos y se pueden gestionar eficazmente a través de un acceso y una supervisión debidamente controlados por el contratista de O&M. Cualquier persona que ingrese a una granja solar debe esperar alguna forma de introducción para asegurarse de que están informados sobre los peligros y riesgos. El personal que trabaja con equipos eléctricos debe estar adecuadamente entrenado, experimentado y supervisado, pero también es clave que otras personas que trabajan alrededor del equipo, por ejemplo, limpiadores de paneles, sean igualmente conscientes de los riesgos potenciales y tengan métodos seguros para trabajar con electricidad de alto voltaje y bajo voltaje.

Las áreas y equipos peligrosos deben llevar marcas apropiadas para advertir al personal sobre posibles peligros y la secuencia de cableado. Dichas marcas deben ser claras y evidentes para todo el personal y para terceros (e intrusos) que ingresan a las instalaciones de la planta.

Además de los peligros inherentes de una planta solar típica, cada sitio tendrá su propio conjunto de riesgos individuales que deben tenerse en cuenta al trabajar en la planta. Es importante que el contratista de O&M utilice un plan actualizado de riesgos para administrar a su propio personal y proporcionar a los contratistas externos la información adecuada. Por lo general, el Contratista de O&M tiene la autoridad y la responsabilidad de revisar y, cuando sea necesario, rechazar los trabajos que se realizan en la planta. Si esto no se hace de manera correcta, habrá importantes consecuencias para la seguridad general.

Además de los trabajadores de la planta solar, no es raro que otras personas necesiten acceder a la planta. Puede tratarse del propietario del activo o su representante, el propietario del terreno o, en algunas situaciones, miembros del público. Es importante que el sistema de control de acceso y seguridad de la planta mantenga a las personas alejadas de las zonas de peligro y que estén adecuadamente supervisadas e informadas según sea necesario.

El propietario del activo es en última instancia responsable del cumplimiento de las regulaciones de H&S (seguridad y salud) dentro del sitio/planta. El propietario del activo debe asegurarse de que la instalación y todos los equipos cumplan siempre con las legislaciones pertinentes del país y también que todos los contratistas, trabajadores y visitantes respeten la legislación de H&S siguiendo estrictamente los procedimientos establecidos, incluido el uso de los Equipos de Protección Personal (PPE).

Al mismo tiempo, el contratista de O&M debe preparar y operar sus propios sistemas de gestión de seguridad que se acordarán con el propietario del activo, teniendo en cuenta las normas del sitio y los trabajos en relación con la seguridad, salud y los riesgos percibidos. El contratista de O&M debe asegurarse de que él y sus subcontratistas cumplen con la legislación de H&S.

El propietario del activo deberá exigir al contratista de O&M que represente, garantice y asuma ante el propietario que tiene la competencia y que asignará los recursos adecuados para realizar las tareas del contratista principal de conformidad con las reglamentaciones nacionales específicas de seguridad y salud.

Antes de comenzar cualquier actividad en la planta, el propietario del activo entregará evaluaciones de riesgos y declaraciones de métodos al contratista de O&M, quien deberá entregar una lista completa de las certificaciones de formación del personal y designará a un coordinador de H&S. Durante toda la vigencia del contrato, el contratista de O&M mantendrá actualizado el archivo de H&S de cada planta.

El contratista de O&M deberá tener a su personal cualificado en total conformidad con los requerimientos legales y profesionales nacionales respectivos, que generalmente resultan en la obtención de una certificación específica, por ejemplo, para poder trabajar en plantas eléctricas de MV y/o HV. Dentro de Europa, no es suficiente con la referencia a estándares internacionales (ejemplos de los estándares utilizados en la actualidad son ISO 14001, OHSAS 18001, etc.).

Para lograr un ambiente de trabajo seguro, todo el trabajo debe planificarse con anticipación; normalmente se requieren planes por escrito.

Se deben generar evaluaciones de riesgos que detallen todos los peligros presentes y los pasos a seguir para mitigarlos.

Es probable que existan los siguientes peligros en la mayoría de las plantas solares y se deben tener en cuenta al hacer una lista de los peligros a fin de identificar los riesgos. La gravedad de cualquier lesión normalmente se complica debido al terreno y a la lejanía inherentes a las plantas solares.

1. Problemas médicos. Es fundamental que todo el personal involucrado en el trabajo en granjas solares haya considerado y comunicado cualquier problema médico preexistente y cualquier medida adicional que se requiera para tratarlos.

3 SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE / CONTINUACIÓN

2. **Resbalones, tropezones y caídas.** El terreno, los obstáculos y los equipos instalados en una granja solar ofrecen muchas oportunidades para resbalones, tropezones y caídas tanto a nivel del suelo como en estructuras o escaleras.
 3. **Colisiones.** Pueden ocurrir colisiones entre el personal, maquinaria/vehículos y estructuras. Las grandes áreas que abarcan las granjas solares a menudo requieren el uso de vehículos y maquinaria que, cuando se combina con el ambiente tranquilo de una granja solar operativa, pueden provocar falta de atención. Los riesgos generales como el terreno difícil, manejar en reversa sin un asistente y caminar entre la estructura que soporta los paneles solares requieren una atención especial.
 4. **Esguinces y torceduras.** Levantar equipos pesados, a menudo en espacios incómodos o en terrenos irregulares, presenta un mayor riesgo de lesiones simples o lesiones óseas de largo plazo.
 5. **Electrocución.** Las granjas solares operativas, ya sean energizadas o no, presentan un riesgo significativo de electrocución para el personal. Este riesgo se ve agravado por la naturaleza y el voltaje de la electricidad en el sitio y la imposibilidad de aislamiento total. El personal involucrado en el trabajo eléctrico obviamente sufre el mayor riesgo, pero todo el mundo en la planta está en riesgo por el potencial de paso y otras formas de electrocución en caso de una falla. Se debe impartir capacitación específica a todos los que ingresan a una granja solar para saber cómo lidiar de manera segura con los efectos de la electrocución.
 6. **Fuego.** Existen varias fuentes de combustión en una granja solar, las más comunes son los incendios eléctricos, incluidos los materiales combustibles, los líquidos inflamables y los incendios de pasto. Las rutas seguras de salida deben identificarse y los procedimientos deben comunicarse por completo. Todo el personal debe estar al tanto de qué hacer para evitar el riesgo de incendio y qué hacer en caso de incendio.
 7. **Lodo y agua.** En muchas granjas solares pasan arroyos y ríos, algunas tienen agua estancada y otras tienen instalaciones flotantes. El lodo es un riesgo muy común, especialmente en invierno, ya que las tierras de cultivo de baja calidad se utilizan a menudo para granjas solares. El lodo y el agua presentan problemas de acceso y peligro eléctrico.
 8. **Lesión mecánica.** Las herramientas manuales, las herramientas eléctricas, la maquinaria y mecanismos como puertas no seguras pueden presentar riesgo de daño mecánico en la planta.
 9. **Clima.** El clima presenta una variedad de riesgos, el más significativo es el riesgo de que caiga un rayo durante una tormenta eléctrica. Debido a las estructuras metálicas instaladas en una granja solar, es más probable que en una tormenta eléctrica caiga un rayo en la planta solar que en el campo circundante. Una granja solar DEBE desocuparse mientras dure una tormenta eléctrica. Trabajar en climas fríos y lluviosos puede causar fatiga y lesiones, de la misma manera que trabajar en climas cálidos y soleados presenta el riesgo de deshidratación, quemaduras solares e insolación.
 10. **Vida silvestre y ganado.** La industria de la energía renovable se enorgullece de proporcionar hábitats para la vida silvestre y el ganado junto con la generación de electricidad. Sin embargo, algunos animales silvestres pueden ser peligrosos. Hay plantas en diferentes regiones que pueden presentar un riesgo significativo, algunas solo durante el control de la vegetación. Animales como roedores, serpientes y otros animales silvestres, así como el ganado pueden presentar riesgos significativos. La naturaleza de estos riesgos variará de un lugar a otro y el personal tiene que saber qué hacer en caso de mordeduras o picaduras.
- Todos los que ingresan en una granja solar, por la razón que sea, deberían haber sido formados en los peligros presentes en las granjas solares además de estar capacitados para la tarea individual que realizarán. Deben tener todo el PPE y las herramientas necesarias para llevar a cabo el trabajo de la manera más segura posible. El trabajo debe planificarse con anticipación y todos los interesados deben tener un conocimiento común de todos los aspectos relacionados con la ejecución segura de su tarea. Los diferentes países exigirán la documentación por escrito y en papel para cumplir con la legislación vigente, pero la mejor práctica es exceder los requerimientos mínimos y adoptar el espíritu de toda la legislación pertinente.
- Las mejores prácticas en H&S incluyen la formación continua y el intercambio de lecciones aprendidas y métodos de trabajo. Al aumentar las habilidades de las personas involucradas en la industria, podemos hacer que la industria sea más segura y más productiva.

4

PERSONAL Y FORMACIÓN



Es de suma importancia que todo el personal de Operación y Mantenimiento tenga las cualificaciones adecuadas para realizar los trabajos de manera segura, responsable y sensata. Es difícil definir exactamente y, en general, no es recomendable ser rígido con el perfil de los empleados adecuados para llevar a cabo el trabajo y cumplir con los requerimientos necesarios. De hecho, el conocimiento y la experiencia necesarios se pueden obtener a través de diferentes desarrollos de carrera y en diferentes proyectos.

La industria solar se beneficia de una amplia gama de habilidades y experiencia. Se requieren equipos con una variedad de habilidades eléctricas, mecánicas, financieras, empresariales y de comunicación para manejar diferentes tareas y todas ellas fortalecen el impacto positivo de la prestación del servicio.

Todos los que ingresan a una planta solar deben estar formados en los peligros presentes además de sus habilidades individuales y la experiencia requerida para las tareas que realizan normalmente. Es imprescindible que conozcan las regulaciones de seguridad y salud necesarias.

Como la industria solar a nivel mundial es una industria en crecimiento, se deduce que las habilidades se tendrán que enseñar para poder crear una fuerza de trabajo adecuada. Por lo tanto, es responsabilidad de todos los empleadores de la industria crear un plan de entrenamiento, tanto interno como externo, lo cual a su vez crea oportunidades para calificaciones y desarrollo. Si bien es inevitable que algún miembro del personal decida irse, no es realista imaginar que una empresa siempre pueda contratar personal ya cualificado y con las habilidades necesarias.

La creación de una matriz de entrenamiento, como la matriz de habilidades propuestas que se muestra en el Anexo A permite a una empresa registrar habilidades, tanto formales como informales, para identificar deficiencias y proveer formación para corregirlas.

A medida que crece la industria, hay una tasa rápida de cambio tecnológico, así como mejores prácticas emergentes, que requieren un programa de desarrollo personal continuo con el cual deben comprometerse las personas y las empresas.

La matriz va más allá de cualquier formación educativa y se centra en las habilidades requeridas por la empresa de O&M en un país específico. Por lo tanto, muchas de las habilidades/requerimientos son ajustables debido a las diferentes prácticas y regulaciones en todo el mundo.

5

GESTIÓN TÉCNICA DE ACTIVOS

© kan_chana

No es fácil trazar una línea definida entre las tareas de alto nivel del equipo de operaciones y las responsabilidades más técnicas del administrador de activos. En muchos casos, el contratista de O&M asume algunas tareas relacionadas con la gestión técnica de activos, como los reportes de KPIs. Las siguientes tareas se pueden considerar como gestión técnica de activos y pueden ser realizadas tanto por el contratista de O&M como por el administrador de activos. Por lo tanto, el “gestor técnico de activos” en las siguientes secciones puede significar el contratista de O&M o el administrador de activos. En los casos donde el gestor técnico de activos y el contratista de O&M son entidades separadas, es indispensable que haya una estrecha coordinación e intercambio de información entre las dos entidades.

5.1. Generación de reportes

El gestor técnico de activos es responsable de preparar y entregar reportes periódicos al propietario del activo y otros destinatarios definidos en el acuerdo entre el propietario del activo y el gestor técnico de activos.

La frecuencia de los reportes puede fijarse como diaria, semanal, mensual, trimestral o anual (siendo mensual la más común), con contenido específicamente definido para cada uno de estos reportes. También debería ser posible generar un reporte para cualquier intervalo de tiempo específico en el pasado.

La Tabla 1 incluye algunos indicadores cuantitativos y cualitativos que han sido propuestos y que deberían figurar en los reportes como un requerimiento mínimo, como una buena práctica o como una recomendación. Para obtener más detalles sobre estos indicadores, vea →10. Indicadores clave de desempeño (KPIs).

Una nueva tendencia en la industria es extender la actividad reportista más allá de los puros indicadores de la planta FV e incorporar informes sobre las actividades reales. Esto significa que el contratista de O&M puede tener un CMMS (sistema de gestión de mantenimiento computarizado) para medir varios KPIs del contratista de O&M (como tiempo de reconocimiento, tiempo de intervención, tiempo de reacción y tiempo de resolución) y KPIs del rendimiento del equipo (tiempo medio entre fallas, por ejemplo). El gestor técnico de activos también debería informar sobre la gestión de partes de repuesto y en particular, sobre sus niveles de existencia en almacén y su consumo; en particular de los módulos fotovoltaicos disponibles y de las partes de repuesto en reparación. Con la aparición del mantenimiento predictivo, el gestor técnico de activos puede también informar sobre el estado de cada equipo de manera individual. Además, los reportes periódicos pueden incluir información sobre el estado del sistema de seguridad y vigilancia. En este caso, el proveedor del servicio de seguridad es el responsable de proporcionar la información correspondiente al gestor técnico de los activos.

TABLA 1 INDICADORES / VALORES PROPUESTOS REQUERIDOS PARA LA PRESENTACIÓN DE REPORTES

TIPO DE DATOS	INDICADOR PROPUESTO	TIPO DE REQUERIMIENTO
Mediciones de datos brutos	Irradiación	Requerimiento mínimo
	Energía activa producida	Requerimiento mínimo
	Energía activa consumida	Mejor Práctica
KPIs de la planta FV	Rendimiento de referencia	Recomendación
	Rendimiento específico	Recomendación
	Índice de rendimiento (<i>PR</i>)	Requerimiento mínimo
	Índice de rendimiento con corrección de temperatura	Mejor Práctica
	Índice de rendimiento energético (<i>Energy Performance Index</i>)	Mejor Práctica
	Tiempo de actividad (<i>Uptime</i>)	Mejor Práctica
	Disponibilidad (<i>Availability</i>)	Requerimiento mínimo
	Disponibilidad basada en energía	Recomendación
KPIs del contratista de O&M	Tiempo de confirmación	Requerimiento mínimo
	Tiempo de intervención	Requerimiento mínimo
	Tiempo de respuesta	Requerimiento mínimo
	Tiempo de resolución	Requerimiento mínimo
KPIs del equipo	Tiempo medio entre fallas (<i>MTBF</i>)	Recomendación
	Pérdidas de energía específicas del inversor y cantidad de incidencias mensuales en cada equipo	Recomendación
	Eficiencia específica del inversor	Recomendación
	Pérdidas del módulo por suciedad	Recomendación
Reporte de incidentes	Incidentes principales e impacto en la producción	Requerimiento mínimo
	Asuntos de garantías	Mejor Práctica
	Asuntos de <i>EH&S</i>	Mejor Práctica
	Niveles de existencia en almacén y estado de las partes de repuesto	Mejor Práctica
	Tareas de mantenimiento preventivo realizadas	Mejor Práctica

Además de los reportes periódicos (mensuales, trimestrales o anuales) donde el gestor técnico de activos informa al propietario del activo sobre las actividades de operación, es considerada mejor práctica que el contratista de O&M entregue un reporte intermedio cuando una falla genere pérdidas importantes. Una pérdida por falla se considera importante cuando el índice de rendimiento y la disponibilidad se ven afectadas por arriba de cierto umbral a lo largo del periodo de monitoreo (o del reporte). Una mejor práctica es establecer este umbral en 1% de disponibilidad o 1% de índice de rendimiento dentro del periodo de un mes. El reporte debe enviarse tan pronto como se reconozca o resuelva la falla y debe contener todos los detalles relevantes relacionados con ella, junto con las recomendaciones para el mantenimiento extraordinario

cuando las operaciones necesarias no estén incluidas en el contrato de mantenimiento.

- Normalmente, este reporte de mantenimiento debe contener registros importantes que permitan dar seguimiento a las actividades: fecha y hora de la alarma, hora de reconocimiento, tiempo de intervención, operaciones realizadas en sitio, comentarios y descripción, imágenes, etc.
- Las pérdidas de producción estimadas al momento de redactar el reporte.
- Las pérdidas de producción estimadas durante todo el periodo, considerando el tiempo de resolución estimado si el problema aún no se ha resuelto.

5 GESTIÓN TÉCNICA DE ACTIVOS / CONTINUACIÓN

- El modelo, tipo y número de serie del dispositivo afectado por la falla.
- La potencia máxima de las cadenas conectadas a los dispositivos afectados.
- Las bitácoras de alarmas y estados generadas por los dispositivos afectados.
- La planificación de las actividades de resolución del fallo y sugerencias. Eventual reemplazo si es necesario.
- Partes de repuesto disponibles.
- Costo estimado para el mantenimiento extraordinario.

5.2. Cumplimiento normativo

El gestor técnico de activos es el responsable de garantizar que la operación de la planta fotovoltaica cumpla con la normatividad vigente. Se deben considerar varios niveles de regulación:

- Muchos países tienen una ley que rige la operación de los activos que generan energía o en particular energía renovable y plantas fotovoltaicas. Esto es algo que el contratista de O&M debe conocer, en cualquier caso, incluso si el contratista de O&M y el gestor técnico de activos son entidades diferentes.
- Los contratos de compraventa de energía (*PPA*) y los acuerdos de interconexión también deben ser conocidos y respetados por el gestor técnico de activos.
- El propietario del activo deberá entregar al gestor técnico de activos los contratos de licencia para la generación de energía, para que éste pueda garantizar el cumplimiento de las normas estipuladas en dichas licencias.
- La regulación específica sobre el sitio de instalación, como permisos de construcción y regulaciones ambientales, puede implicar ciertos requerimientos especiales y la necesidad de cooperar con la administración local. Por ejemplo, restricciones para el manejo de la vegetación y la eliminación de desechos verdes impuestos por el organismo de administración ambiental o permisos de construcción que restringen el tiempo de trabajo en el sitio o el almacenamiento de materiales.
- Es responsabilidad del contratista de O&M asegurar el cumplimiento con el código de la red eléctrica. Consulte → 6.8. Cumplimiento con el código de red.

Como requerimiento mínimo, el acuerdo entre el gestor técnico de activos/contratista de O&M y el propietario de los activos debe mencionar todos los permisos y regulaciones pertinentes y especificar que el propietario de los activos pone los documentos relevantes a disposición del gestor técnico de activos o del contratista de O&M.

Como mejor práctica, todas las regulaciones, permisos y estipulaciones deben ser administradas dentro del sistema de gestión documental electrónica (consulte → 6.1. Sistema de gestión documental (*DMS*)). Esto permite al gestor técnico de activos dar seguimiento de forma automática a los reportes y a los requerimientos de mantenimiento e informar al propietario del activo o a los órganos administrativos.

5.3. Gestión de garantías

El gestor técnico de activos puede actuar como representante del propietario del activo en relación con cualquier reclamación de garantía frente a los fabricantes de componentes originales (OEM). El acuerdo entre el propietario del activo y el gestor técnico de activos debe especificar las responsabilidades de terceros (por ejemplo, logística y aduanas, según se hayan pactado el lugar y términos de entrega de los equipos de garantía) y entre ambas partes y establecer umbrales bajo los cuales el gestor técnico de activos pueda actuar directamente o deba solicitar el consentimiento del propietario del activo. Después, el gestor técnico del activo o el equipo de operaciones informará al equipo de mantenimiento para que realice en sitio los trabajos correspondientes. Por lo general, el alcance de la gestión de la garantía está limitado a fallas sistémicas (vea la definición más adelante en esta misma sección). La ejecución de la garantía a menudo se puede facturar por separado.

Para cualquier reclamación de garantía, se debe seguir el procedimiento formal establecido por el proveedor de la garantía. Toda la comunicación y reportes deben ser archivados por motivos de cumplimiento y seguimiento.

Objetivos de la gestión de garantías:

- Mejorar la eficiencia en los procesos de reclamación
- Ayudar a reducir los costos del periodo de garantía
- Recibir y recopilar todas las reclamaciones de garantía

- Ofrecer soporte durante el proceso de reclamación
- Negociar con los fabricantes sobre procedimientos de reclamación más eficientes
- Estudiar el comportamiento del equipo instalado
- Analizar los costos incurridos durante el periodo de garantía

Tipos de garantías en una planta fotovoltaica:

- Garantía de la buena ejecución de obras
- Garantía del equipo
- Garantía de rendimiento

Garantía de la buena ejecución de obras y garantías de equipos

Durante el periodo de garantía, pueden ocurrir anomalías en la instalación, de las cuales es responsable el proveedor de EPC. Las anomalías deben resolverse según su naturaleza y clasificación, de acuerdo con lo que se describe en los siguientes capítulos.

Las anomalías o el mal funcionamiento que puedan ocurrir dentro del periodo de garantía de la instalación se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Trabajos pendientes**, de acuerdo con la lista de trabajos pendientes (Punch List) acordada con el cliente durante la fase de EPC;
- **Insuficiencias**, entendiéndose cualquier vicio oculto en las instalaciones relacionada con suministros o construcción, que, aunque se haya realizado de acuerdo con la ejecución del proyecto aprobado por el cliente, ha demostrado ser inadecuada, insatisfactoria o insuficiente;
- **Defectos**, entendiéndose cualquier vicio oculto relacionada con suministros o construcción ejecutada de manera diferente a la prevista y especificada en la ejecución del proyecto aprobado por el cliente;
- **Falla o mal funcionamiento del equipo**, entendiéndose cualquier mal funcionamiento o vicio oculto encontrada en el equipo de la instalación fotovoltaica - módulos, inversores, transformadores u otros equipos.

Manejo de anomalías. Durante el periodo de garantía, el procesamiento de las anomalías debe ser, como mejor práctica, centralizado por el gestor técnico de activos/contratista de O&M, quien es el responsable del primer reconocimiento del problema y su contexto. Además, es el principal punto de contacto entre la estructura organizativa interna y el cliente, de acuerdo con los criterios definidos a continuación.

Obras pendientes, insuficiencias y defectos. En el caso de anomalías del tipo “trabajos pendientes”, “insuficiencias” o “defectos”, el gestor técnico de activos debe comunicar el hecho al proveedor del EPC, que será responsable de evaluar el marco de la reclamación en el ámbito del contrato EPC, determinando la acción a tomar.

Resolución de fallas en el caso de anomalías del tipo “Fallas”. El gestor técnico de activos debe presentar el reclamo al proveedor del equipo y seguir el proceso de reclamaciones.

Fallas sistémicas. Las fallas sistémicas son fallas del producto iguales o por arriba del índice de fallas esperado, causadas por defectos en materiales, mano de obra, procesos de fabricación y/o deficiencias de diseño atribuibles al fabricante. La falla sistémica se limita a fallas del producto atribuibles a la misma causa de origen.

Garantía de rendimiento

Los contratistas de EPC generalmente brindan un periodo de garantía de rendimiento de 2 años después de la fecha de inicio de operación comercial (*Commercial Operation Date - COD*). Durante el periodo de garantía, es responsabilidad del gestor técnico de activos monitorear, calcular, informar y dar seguimiento a los valores del desempeño y otros KPIs garantizados por el contratista de EPC.

Dentro de este alcance, es responsabilidad del gestor técnico de activos:

- Administrar las intervenciones realizadas dentro del alcance de la garantía a fin de salvaguardar los compromisos contractuales de rendimiento asumidos;
- Informar periódicamente al propietario del activo sobre la condición de los KPIs contractuales;
- Avisar de inmediato al propietario del activo cuando los niveles de los indicadores tengan valores o tendencias que puedan indicar un riesgo de falla.

5 GESTIÓN TÉCNICA DE ACTIVOS / CONTINUACIÓN

5.4. Reclamo de seguros

El gestor técnico de activos puede actuar como representante del propietario del activo en relación con cualquier reclamación de garantía frente al proveedor de seguros.

El acuerdo entre el gestor técnico de activos y el propietario del activo debe especificar las responsabilidades de ambos. El gestor técnico de activos será al menos responsable de la coordinación de las visitas al sitio por parte de representantes del proveedor de seguros o asesores técnicos o financieros en relación con la recopilación de información y calificación de daños; así como también será responsable de la redacción de notas técnicas para respaldar el procedimiento de reembolso.

Para cualquier reclamación de seguros, se debe seguir el procedimiento formal definido por el proveedor de seguros. Toda la comunicación y reportes deben ser archivados por motivos de cumplimiento y seguimiento.

5.5. Gestión de contratos

El gestor técnico de activos también se encarga de supervisar diversos parámetros contractuales, responsabilidades y obligaciones del propietario del activo vinculado a la planta fotovoltaica respectiva. Las responsabilidades de la gestión de contratos dependen en gran medida de factores como la ubicación geográfica, el tamaño del proyecto, la construcción y los arreglos con los comercializadores de energía.

Como requerimiento mínimo, el paso inicial en este proceso es un análisis exhaustivo de los contratos, seguido por una matriz bien definida de la división de responsabilidad (DOR) que delinea claramente qué entidad es responsable de las acciones comerciales, operativas y de mantenimiento tanto en el corto como en el largo plazo. De mutuo acuerdo entre las partes, el DOR puede servir como la herramienta para guiar y dar seguimiento a la supervisión contractual durante su vigencia.

Como mejor práctica, las responsabilidades del administrador de contratos a menudo se extienden para funcionar como canal de contacto inicial para todas las preguntas externas. Esto le permite al propietario del activo tener acceso óptimo a todas las áreas de la organización del proveedor de servicios y cumplir con las responsabilidades contractuales. El administrador de contratos también asume la responsabilidad de facturación de las cuotas los servicios de O&M al propietario del activo.

Por razones de calidad, el gestor técnico de activos también debe dar seguimiento a su propio cumplimiento con el contrato, ya sea contrato de O&M o contrato de administración de activos, e informar al propietario del activo con total transparencia.

Previo acuerdo, el gestor técnico de activos también puede manejar la gestión de contratos entre el propietario del activo y los proveedores de componentes. Como servicio adicional, esto se puede considerar mejor práctica.



6 OPERACIÓN DE LA PLANTA ELÉCTRICA

Las operaciones consisten en el monitoreo, supervisión y control de la planta fotovoltaica. También implica el enlace o la coordinación de las actividades de mantenimiento. Las siguientes secciones dan una descripción general de las tareas y requerimientos de las operaciones.

6.1. Sistema de gestión documental (DMS)

La documentación de la planta fotovoltaica es crucial para conocer y entender a profundidad su diseño, configuración y detalles técnicos. Es responsabilidad del propietario del activo entregar estos documentos y, si no están disponibles, deberían, como mejores prácticas, recrearse a costo del propietario del activo.

Antes de asumir cualquier actividad de mantenimiento y/o actividad operativa, es importante conocer en detalle las características técnicas del activo. Hay dos aspectos importantes relacionados con la gestión de esta información:

- Tipo de información y nivel de detalle de la documentación (As-Built)
- Gestión y control

Además, para la gestión de la calidad y riesgos y la gestión efectiva de las operaciones, se necesita una buena y clara documentación de la información contractual, información de la planta, actividades de mantenimiento y gestión de activos durante la vida útil de ésta. Esto se conoce como:

- Control de registros (o administración de registros)

En la actualidad hay diferentes DMSs disponibles y descritos por una serie de estándares (ISO) que pueden implementarse. Este es un requerimiento importante que permitiría a cualquier parte relevante rastrear cualquier cambio durante la vida útil de la planta y dar el seguimiento correspondiente (por ejemplo, cuando se cambie al contratista de O&M, o cambien los equipos de trabajo o se venda la planta, etc.).

Tipo de información y nivel de detalle de la documentación (As-Built)

El conjunto de documentación que acompaña a la planta FV debe contener, como mejor práctica, los documentos descritos en el Anexo B. También se puede considerar que el estándar IEC 62446 cubre los requerimientos mínimos de los planos constructivos (As-Built).

6 OPERACIÓN DE LA PLANTA ELÉCTRICA / CONTINUACIÓN

En general, para una prestación óptima de servicios y como mejor práctica, el contratista de O&M debe tener acceso a todos los documentos posibles (desde la fase EPC). El Plan operativo del sitio es el documento exhaustivo preparado y proporcionado por el EPC de la planta, en el cual presenta una descripción completa de la ubicación de la planta, el diseño, los diagramas eléctricos, los componentes en uso y referencia a sus manuales operativos, reglas EH&S para el sitio y otros temas. Todos los planos detallados del EPC deben entregarse al contratista de O&M y almacenarse de forma segura para tener acceso inmediato a ellos en caso de problemas con la planta fotovoltaica o preguntas y aclaraciones con respecto a los permisos y la regulación.

Gestión y control

Con respecto al control de documentos, se deben seguir las siguientes pautas:

- Los documentos deben almacenarse física o electrónicamente (dependiendo de los permisos y de la normatividad) en un lugar con acceso controlado. Se deberá tener disponible una copia electrónica de todos los documentos.
- Sólo las personas autorizadas deberán poder ver o modificar la documentación. Se deberá llevar una bitácora de todas las modificaciones. Como mejor práctica, dicha bitácora deberá incluir como mínimo la siguiente información:
 - Nombre de la persona que modificó el documento
 - Fecha de la modificación
 - Motivo de la modificación e información complementaria, como, por ejemplo, el enlace a las órdenes de trabajo y a las actividades de servicio
- El control de versiones debe implementarse como mejor práctica. Las personas involucradas deberían poder revisar las versiones pasadas y ser capaces de seguir toda la historia del documento.

Control de registros

Un punto clave es que los datos y la documentación necesaria estén disponibles para todas las partes en un entorno compartido y que las alarmas y el mantenimiento se puedan documentar de forma transparente. Para el equipo de operaciones es fundamental que las tareas de mantenimiento se documenten y se vinculen con las alarmas que podrían haber desencadenado la actividad de mantenimiento respectiva (registro del sistema de gestión de órdenes de trabajo). Las fotografías del sitio deberán complementar la documentación (cuando corresponda): documentación fotográfica. Los *tickets* (intervenciones por *tickets*) deberán almacenarse electrónicamente y ponerse a disposición de todos los involucrados en la operación y/o gestión. El propietario del activo también debe mantener la propiedad de esos registros para futuras referencias.

Para aprender de las actividades de O&M pasadas y actuales, y así poder mejorar el rendimiento mediante, por ejemplo, mantenimiento predictivo en los años siguientes, es crucial que todos los datos, flujos de trabajo y alarmas estén almacenados para crear bitácoras automáticas. Dicha recopilación de datos, junto con los adquiridos por las herramientas de monitoreo, puede usarse para llevar a cabo análisis adicionales y recomendaciones futuras al cliente. Dichos análisis, con sus respectivos resultados, también deberán registrarse.

Por último, debe haber una documentación adecuada para los periodos de limitación de potencia por parte del operador de red local (*curtailment*), así como los periodos de reparación cuando la planta esté total o parcialmente fuera de servicio. El sistema de monitoreo registrará todo esto para poder medir la energía perdida durante las actividades de mantenimiento. Para esto es muy importante tener los valores de referencia correctos a la mano. Para obtener ejemplos importantes de registros de entrada que deberían incluirse en el control de registros, consulte el Anexo C.

Como en el caso de los planos constructivos (As-built), todos los registros, datos y configuración de la herramienta de monitoreo y cualquier tipo de documentación y registro que puedan ser útiles para una prestación adecuada del servicio, deben de estar respaldados y disponibles cuando se necesiten. Esto también es importante cuando el contratista de O&M cambie.

6.2. Control y monitoreo del rendimiento de la planta

El equipo de operaciones del contratista de O&M es responsable de monitorear y supervisar continuamente las condiciones de la planta fotovoltaica y su rendimiento. Este servicio se realiza de forma remota a través del uso del sistema de software de monitoreo y/o centros de operaciones de la planta. El contratista de O&M debe tener acceso completo a todos los datos recopilados del sitio para poder realizar el análisis de datos y dar orientación al proveedor de servicios de mantenimiento o al equipo de mantenimiento.

Además de los datos del sitio, si un sistema de CCTV está disponible en el sitio, el contratista de O&M debería, como mejor práctica, poder acceder a él para supervisión visual y también tener acceso a la información meteorológica local.

El contratista de O&M es el responsable de actuar como la interfaz principal entre el propietario de la planta, el operador de la red y el regulador (si aplica) durante la vigencia del contrato de O&M con respecto a los datos de producción. El equipo de operaciones deberá contar con personal para proporcionar los servicios y estar a disposición del propietario de los activos a través de una línea directa durante el día, cuando se espera que el sistema genere electricidad. El equipo de operaciones también es responsable de coordinar sus trabajos con organizar al proveedor de servicios de mantenimiento, en caso de servicios externos.

Para obtener más información sobre los requerimientos de monitoreo consulte → 9. Requerimientos de datos y monitoreo.

6.3. Análisis y mejora del rendimiento

El contratista de O&M se debe asegurar de que el monitoreo del rendimiento sea correcto.

En general, los datos deberán analizarse en los siguientes niveles:

1. Nivel de portafolio (grupo de plantas) bajo el control del contratista de O&M (requerimiento mínimo)
2. Nivel de planta (requerimiento mínimo)
3. Nivel de inversor (requerimiento mínimo)
4. Nivel de caja combinadora y/o cadena (como recomendación)

El análisis deberá, además, mostrar los datos requeridos en los niveles específicos mencionados anteriormente y para diferentes periodos, que pueden ir desde el intervalo de grabación real hasta niveles mensuales y trimestrales.

El análisis también deberá incluir la opción de tener alarmas personalizadas basadas en umbrales específicos del cliente como, por ejemplo, los datos del plan del negocio o las desviaciones en tiempo real entre los inversores en el sitio.

En particular, los KPIs acordados deben ser calculados y reportados (consulte → 10. Indicadores clave de desempeño). Se deberá prestar especial atención al hecho de que dichos cálculos de KPI deberán tener en cuenta los parámetros contractuales entre el contratista de O&M y el propietario de los activos, para poder hacer un cálculo preciso y útil para la evaluación de bonos o eventualmente para la aplicación de penalidades, en su caso.

6.4. Optimización de O&M

Una parte esencial de las operaciones es el análisis de toda la información generada a través de O&M, como es el tiempo de respuesta, y la manera en que esto se correlaciona con la clasificación de eventos y con las causas de origen. Otra parte vital de las operaciones es el análisis de los costos incurridos en diversas intervenciones, categorizadas en materiales y mano de obra. Tener dicha información ayuda a optimizar aún más el activo, al reducir las pérdidas de producción y el costo de O&M.

6.5. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo es un servicio particular proporcionado por los contratistas de O&M que siguen los principios de las mejores prácticas. Se define como mantenimiento basado en la condición (*condition based maintenance*), que se lleva a cabo siguiendo un pronóstico derivado del análisis y la evaluación de los parámetros característicos de la degradación o deterioro de los equipos dispositivo (según la norma EN 13306). Un prerrequisito para un buen mantenimiento predictivo es que los dispositivos en el sitio puedan proporcionar información sobre su estado, de tal manera que el contratista de O&M pueda evaluar tendencias o eventos que indiquen su deterioro en cuestión. Como mejor práctica, el fabricante del dispositivo debe proporcionar una lista completa de los códigos de estado y error que

6 OPERACIÓN DE LA PLANTA ELÉCTRICA / CONTINUACIÓN

pueda producir el dispositivo, junto con la descripción detallada de su significado y el posible impacto en su función. Además, se deberá seguir una estandarización de códigos de estado y error en inversores y *dataloggers* de una misma marca y, en el futuro, esta estandarización deberá ser común para todos los fabricantes.

El propietario del activo o la parte interesada que quiera beneficiarse del mantenimiento predictivo deberá, como mejor práctica, seleccionar un conjunto de equipos “inteligentes” con suficientes sensores y optar por un adecuado sistema de software de monitoreo el cual deberá contar con funciones básicas de cálculo de tendencias y comparaciones, ya sea en el tiempo o entre componentes e incluso entre diversas plantas FV (requerimiento mínimo).

El equipo de operaciones del contratista de O&M realiza el mantenimiento predictivo a través del monitoreo continuo o periódico, supervisión, pronóstico y análisis de datos de rendimiento (p.ej. rendimiento histórico y anomalías) de la planta fotovoltaica (a nivel de arreglo CC, transformador, inversor, caja de combinación y/o cadena). Esto permite identificar tendencias que de otro modo pasarían desapercibidas hasta la próxima prueba de circuito o inspección termográfica y que indican fallas inminentes de componentes o sistemas o bajo rendimiento (p.ej. a nivel de módulos FV, inversores, cajas de conexión, seguidores, etc.).

Antes de decidir qué acciones de mantenimiento predictivo recomendar, el equipo de operaciones debe implementar y desarrollar procedimientos para analizar de manera efectiva los datos históricos e identificar más rápidamente los cambios de comportamiento que pueden poner en peligro el rendimiento del sistema. Estos cambios de comportamiento generalmente están relacionados con el proceso de degradación o deterioro del equipo, ya sea predeterminado o imprevisto. Por esta razón, es importante definir y controlar todos los parámetros significativos del estado de desgaste, en función de los sensores instalados, los algoritmos implementados en el sistema de supervisión y otras técnicas.

Después de dicho análisis, el equipo de mantenimiento puede implementar actividades de mantenimiento predictivo para prevenir cualquier falla que pueda causar problemas de seguridad y pérdida de generación de energía.

Para asegurar un mantenimiento predictivo eficiente, se requiere cierto nivel de experiencia, que resulta de la

combinación del conocimiento de desempeño del sistema en cuestión, el, del diseño y operación de los dispositivos y de la experiencia acumulada relevantes la trayectoria dentro del sector por parte del proveedor del servicio. Normalmente es un proceso que comienza después de la implementación de un sistema de monitoreo apropiado y la definición de un punto de referencia (*benchmark or baseline*). Dicho punto de referencia representará la base de la operación del sistema FV, así como la manera en la que el equipo interactúa entre sí y la forma en que el sistema reacciona ante cambios “ambientales”.

El mantenimiento predictivo tiene varias ventajas, que incluyen:

- Optimizar la gestión de seguridad de los equipos y sistemas durante toda su vida útil
- Anticipar las actividades de mantenimiento (correctivas y preventivas)
- Retrasar, eliminar y optimizar algunas actividades de mantenimiento
- Reducir el tiempo de reparación y optimizar los costos de mantenimiento y gestión de partes de repuesto
- Reducir los costos de reemplazo de partes de repuesto
- Aumentar la disponibilidad, la producción de energía y el rendimiento de los equipos y sistemas
- Reducir trabajos de emergencia o no planeados
- Mejorar la predictibilidad

Los siguientes tres ejemplos específicos muestran cómo se podría implementar el mantenimiento predictivo.

Ejemplo 1 – Un contratista de O&M firma un nuevo contrato para una planta FV equipada con inversores centrales. Analizando sus trabajos de mantenimiento pendientes, el contratista de O&M sabe que en el pasado estos inversores mostraron varias veces signos de pérdida de energía debido al sobrecalentamiento. Esto podría estar relacionado con problemas en el flujo de aire, obstrucciones del filtro, ventiladores o cambios ambientales (altas temperaturas durante el verano). Se decidió verificar la temperatura de los IGBTs (transistores bipolares de gabinete aislado). Antes de que sea necesaria una acción de emergencia, en caso de que estos componentes tengan algunas variaciones en su

comportamiento, se realiza una “inspección de flujo de aire” para detectar si este cambio está relacionado con el flujo de aire. Este tipo de actividad es una inspección basada en condiciones, realizada después de la detección de un cambio significativo en un parámetro. El objetivo final es identificar si, por ejemplo, los sistemas de ventilación necesitan alguna actualización, reemplazo o si hay algún tipo de obstrucción al flujo de aire o incluso si se requiere anticipar el reemplazo o la limpieza de los filtros.

Ejemplo 2 – El equipo de operaciones detecta una posible baja en el rendimiento de una de las secciones dentro de la planta FV. Podría ser el transformador, el inversor o algún área particular del generador FV que presenta un rendimiento inferior en comparación con otros en las mismas condiciones (o evidencia de comportamientos pasados de pérdida de producción). Después de la detección o confirmación de la anomalía, se crea un evento programado de trabajo predictivo y se envía de inmediato al equipo de mantenimiento. Antes de que suceda cualquier cosa que pueda poner en peligro las garantías contractuales y que podría necesitar intervenciones urgentes, el contratista de O&M decide hacer una “Inspección termográfica general” en el campo fotovoltaico usando un RPAS (*Remotely Piloted Aircraft System*), coloquialmente conocido como dron. El objetivo principal de esta inspección es identificar posibles problemas relacionados con los módulos fotovoltaicos que podrían explicar la pérdida de rendimiento. Esto se considera un tipo de mantenimiento predictivo.

Ejemplo 3 – El equipo de operaciones o el proveedor del inversor monitorean todos los parámetros críticos del inversor y pueden proporcionar información relacionada con la salud y el rendimiento de cada inversor individual como un valor absoluto o como una comparación relativa de diferentes inversores en una planta FV; o comparar lotes de inversores entre diferentes plantas FV. Este tipo de información puede ayudar a los contratistas de O&M a operar sitios fotovoltaicos de forma más rentable sin comprometer la integridad del equipo. Por otro lado, el administrador del activo (o propietario) también puede comparar cómo están envejeciendo los inversores en varios sitios gestionados por diferentes empresas de O&M y evaluar cómo se está manejando su inversión. Por ejemplo, un contratista de O&M percibido como más caro, podría estar brindando un cuidado más regular a los inversores en comparación con otro; como resultado, los inversores funcionan en mejores condiciones y no

envejecen tan rápido, lo que resulta en menos estrés y menos fallas esperadas.

6.6. Control de la planta eléctrica

Dependiendo del esquema requerido en cada región de controles aplicable, el equipo de operaciones es el contacto responsable para el operador de la red con respecto al control de la planta. El equipo de operaciones controlará la planta de forma remota (en su caso aplica) o instruirá al personal de mantenimiento calificado para operar interruptores y otros controles en sitio. El contratista de O&M es responsable del control remoto de la planta o de su apagado de emergencia, si corresponde y de acuerdo con los requerimientos y normatividad del operador de la red (consulte también → 6.8. Cumplimiento con el código de red). La función de control de la planta varía de un país a otro y, en algunos casos, de una región a otra. El documento respectivo se refiere a los detalles en la normatividad del control de la planta FV que son emitidas por el operador de red respectivo y por el regulador (del mercado eléctrico).

El controlador de la planta eléctrica es en sí un sistema de control que puede administrar varios parámetros, como lo son la energía activa y reactiva y el control de rampa de las plantas FV. Los puntos de ajuste normalmente se pueden gestionar con comandos de forma remota o local desde el SCADA. Además, el sistema debe estar protegido con contraseña y llevar un registro de todos los comandos ejecutados. Todos los comandos ejecutados deben generar notificaciones en tiempo real para el equipo de operaciones.

La siguiente lista muestra los parámetros que típicamente se controlan en una planta fotovoltaica:

- Control de potencia activa global
- Control del factor de potencia
- Control de rampa (energía activa y reactiva si es necesario)
- Control de frecuencia
- Control de potencia reactiva
- Control de tensión

6 OPERACIÓN DE LA PLANTA ELÉCTRICA / CONTINUACIÓN

6.7. Pronóstico de generación de energía

Si el propietario del activo necesita pronósticos de generación de energía, el contratista de O&M podría proporcionárselos (generalmente para plantas de gran escala). Los servicios de pronósticos de generación de energía fotovoltaica generalmente los ofrecen los operadores de servicios de monitoreo FV, sin embargo, hay servicios externos especializados que también pueden proporcionar esta función. Para pronósticos de vanguardia, se puede utilizar el artículo de (Pelland et al. 2013) como referencia. Cuando el propietario del activo solicita al contratista de O&M un pronóstico de generación de energía, se puede elegir un acuerdo de nivel de servicio con el proveedor del pronóstico. Este tipo de actividades pueden influir en el acuerdo contractual sobre el despacho de electricidad entre el propietario del activo y el comercializador de energía.

Los requerimientos para dichos pronósticos pueden diferir de un país a otro y también dependen del acuerdo contractual sobre el despacho de electricidad entre el propietario del activo y el comercializador de energía. Los requerimientos de los pronósticos se caracterizan por el horizonte temporal, la resolución y la frecuencia de actualización, todo dependiendo del propósito. Para los propósitos relacionados con el sistema eléctrico o el mercado de energía, los horizontes del pronóstico suelen ser inferiores a 48 horas y la resolución temporal es de 15 minutos a una hora, en línea con la unidad de tiempo del programa del sistema eléctrico o del mercado. Los productos comunes son pronósticos de día siguiente (*day-ahead*), pronósticos del mismo día (*intra-day*) y pronósticos combinados. Los pronósticos de día siguiente se entregan típicamente en la mañana para el día siguiente de 0 a 24 y se actualizan una o dos veces durante ese día. Los pronósticos del mismo día se entregan y actualizan varias veces por día durante el resto del día y el proveedor del pronóstico los debe entregar automáticamente, la granularidad y frecuencia de actualización cambiarán conforme al esquema comercial contratado a la planta solar para entregas de energía.

Para la planificación a largo plazo de las decisiones de mantenimiento, se utilizan pronósticos con horizontes de tiempo más largos, generalmente una semana o más.

Los pronósticos de generación de energía fotovoltaica se basan en predicciones numéricas del clima, datos satelitales y/o pronósticos estadísticos y métodos de

filtrado, incluso últimamente inteligencia artificial. La mayoría de los productos combinan varias de estas técnicas. Una buena práctica es requerir predicciones numéricas del clima para pronósticos del día siguiente y una combinación con datos satelitales para pronósticos del mismo día. En todos los casos, las buenas prácticas requieren un filtrado estadístico que a su vez requiere una transmisión de datos en tiempo casi real desde el sistema de monitoreo al proveedor del pronóstico. Como mejor práctica, el proveedor del pronóstico también debe estar informado de las interrupciones programadas y la duración prevista de las interrupciones forzadas.

Los KPIs más comunes para la calidad del pronóstico son la raíz del error cuadrático medio (RMSE) y el error medio absoluto (MAE). Éstos son normalizados a la energía máxima y no a la producción de energía.

6.8. Cumplimiento con el código de red

El contratista de O&M, y en particular el equipo de operaciones es responsable de operar la planta FV de acuerdo con el código de red nacional correspondiente. El operador de la red a la que está conectada la planta fotovoltaica (red de baja, media o alta tensión), proporciona los requerimientos de calidad de energía, la regulación de voltaje y la gestión de energía activa y reactiva. En algunos países (y/o regiones), se han emitido códigos de red específicos para plantas de energía renovable y, en consecuencia, plantas fotovoltaicas. En México se mantienen reglas específicas para centrales eléctricas asíncronas, también clasificadas por su capacidad instalada y subsistema eléctrico de referencia.

Dependiendo del nivel de tensión de la red a la que está conectada la planta, cambian las especificidades y los requerimientos de calidad. Un nivel más alto de tensión tiene por lo general requerimientos más específicos y de mayor calidad.

En Europa, la mayoría de las plantas fotovoltaicas de gran escala conectadas a la red (utility) se deben poder controlar para cumplir con los requerimientos del operador de la red. Dichos controles de planta permiten al operador de la red instruir consignas al operador de la planta a fin de ajustar la energía de salida de acuerdo con la capacidad de la red y los requerimientos de frecuencia.

Se espera que el contratista de O&M esté familiarizado con todos los detalles del código de red y los requerimientos

del operador de la red. En el caso de México, el operador de la red instruye vía telefónica/internet consignas de potencia al operador de la planta con el fin de controlar los parámetros de la red eléctrica conforme al código de red.

6.9. Gestión de cambios

En el caso de que el diseño de una planta fotovoltaica deba ajustarse después de la fecha de operación comercial, el contratista de O&M deberá, como mejor práctica, estar involucrado con el propietario del activo y el contratista EPC y puede ser un contribuyente principal o el líder de este proceso de cambio. Las razones de dichos cambios pueden estar motivadas por el incumplimiento de la planta con la capacidad prevista por el EPC, por normatividad (introducción de nuevas regulaciones de control), por la falta de partes de repuesto o componentes, o por un interés en actualizar la planta. Estos eventos generarán algunos trabajos nuevos del diseño, la adquisición e instalación de equipos y conducirán al ajuste de los procedimientos de operación y mantenimiento y/o de documentación. También puede afectar ciertos compromisos de rendimiento o garantías ofrecidos por el contratista de O&M, que deberán ajustarse respectivamente.

En cualquier de estos casos, el contratista de O&M debe estar involucrado en todos los cambios a la planta desde el principio. Los conceptos, los trabajos de diseño y ejecución deben coordinarse con las actividades de O&M en curso. Se requiere también la implementación de actualización del sistema en el SCADA y monitoreo. Para garantizar la continuidad de los datos y el análisis a largo plazo, el sistema de monitoreo debe poder dar seguimiento a todos los cambios de dispositivos eléctricos. Esto debe incluir la documentación de la fecha de reemplazo del inversor, fabricante y tipo, y el número de serie de manera estructurada para su posterior análisis (por ejemplo, gestión de partes de repuesto, análisis de mantenimiento predictivo). El monitoreo de dispositivos reemplazados también facilitará que el contratista de O&M verifique que el nuevo componente esté configurado correctamente y esté enviando datos de buena calidad. Se deberán hacer los ajustes correspondientes al plan de operación del sitio, al plan anual de mantenimiento y al calendario anual de mantenimiento, y el contratista de O&M deberá inducir al personal de O&M con los manuales operativos del nuevo equipo. Dicho cambio tendrá un

impacto definitivo en la gestión de partes de repuesto e inventario (reemplazo). Dependiendo de la importancia de dichos cambios, es posible que incluso deba ajustarse la tarifa anual de O&M.

Es aconsejable que el contratista de O&M tome el liderazgo en el proceso de dicho cambio. El contratista de O&M es el socio de confianza del propietario del activo y debe asesorar al propietario en la toma de decisiones de dichos procesos de cambio. En el caso de cambios importantes, el propietario también debe considerar informar a los prestamistas para el proceso de toma de decisiones y proporcionar conceptos, propuestas y cálculos.

La tarifa fija de O&M generalmente no cubre dichos servicios. El propietario del activo y el contratista de O&M deben gestionar los cambios de una manera bastante formal. Este procedimiento puede incluir los siguientes pasos: descripción del cambio propuesto (incluyendo el plan, costos, consecuencias y alternativas), autorización del cambio por parte del propietario del activo, realización del cambio, documentación del contratista de O&M y aceptación.

6.10. Seguridad de la planta eléctrica

Es importante que la planta FV o áreas clave de la misma, estén protegidas contra el acceso no autorizado. Esto tiene un doble propósito, proteger el equipo de la planta y también mantener seguro al público en general. El acceso no autorizado puede ser accidental, personas que deambulan por la planta sin darse cuenta de los peligros, o puede ser deliberado para cometer robo o vandalismo.

Junto con el contratista de O&M y el proveedor del servicio de seguridad, el propietario del activo tiene que implementar un protocolo de seguridad en caso de que se detecte una intrusión.

En la mayoría de los países existen estrictos requerimientos legales para los proveedores de servicios de seguridad. Por lo tanto, la seguridad de la planta debe estar garantizada por proveedores de servicios de seguridad especializados, subcontratados por el contratista de O&M o el administrador de activos. El proveedor de servicios de seguridad será responsable del correcto funcionamiento de todos los equipos de seguridad, incluidos los sistemas de intrusión y vigilancia, así como del procesamiento de las alarmas provenientes del sistema de seguridad siguiendo el protocolo de

6 OPERACIÓN DE LA PLANTA ELÉCTRICA / CONTINUACIÓN

seguridad y el uso de los sistemas de vigilancia instalados en sitio. El proveedor del sistema de seguridad también será responsable de cualquier patrullaje en el sitio u otros servicios relevantes. También deberá asumir responsabilidad por los servicios de seguridad provistos. El contratista de O&M o gestor de activos se coordinará con el proveedor del servicio de seguridad y, opcionalmente, podrá actuar como una interfaz entre el propietario del activo y el proveedor del servicio de seguridad.

Un sistema de seguridad puede estar formado por simples vallas o barreras, aunque también puede incluir sistemas de detección de alarmas y monitoreo remoto de video de circuito cerrado de televisión (CCTV). Si las plantas cuentan con CCTV, será necesario tener un protocolo de acceso cuando se lleven a cabo trabajos reactivos y planificados. Con esto se garantiza que el acceso siempre sea autorizado. Esto se puede hacer por teléfono con contraseñas o códigos de seguridad y ambos deben cambiarse periódicamente.

Para mayor seguridad y en áreas de alto riesgo, se recomienda instalar una línea de comunicación de respaldo (lo primero que se daña en caso de vandalismo es la comunicación con la estación de vigilancia), así como infraestructura de conectividad para el monitoreo y para comunicación con el sistema de seguridad. Además de cualquier sistema de monitoreo, es común que se necesite vigilancia in situ para complementar el programa de seguridad de la planta. Deberán tenerse en cuenta los procesos de enlace con los servicios de emergencia locales, por ejemplo, la policía.

Dentro de la planta, también puede haber áreas adicionales con acceso restringido, por ejemplo, lugares que contienen equipos de alta tensión. Cuando se autorice el acceso a la planta, es importante que todos los trabajadores o visitantes estén debidamente informados sobre el acceso específico y las disposiciones de seguridad, y los lugares donde sí pueden estar dónde y donde no. Los señalamientos de advertencia y los avisos son una parte muy importante de este tema y pueden ser obligatorios dependiendo de las regulaciones locales.

Además de la seguridad general del sitio durante la vida útil de la planta, se debe prestar especial atención a los periodos de construcción o mantenimiento en donde los acuerdos habituales para el acceso pueden ser diferentes. Es importante que se mantenga la seguridad en todo momento, especialmente cuando hay actividades que pueden ser de mayor interés para los miembros del público, los niños o incluso los ladrones.

Es recomendable que el propietario del activo tenga pólizas de seguro ya sea por colocación directa o como asegurado adicional, y cuya cobertura dependerá de que existan ciertos niveles de seguridad y respuesta. El incumplimiento de estos puede tener consecuencias importantes en el caso de un accidente o delito.

6.11. Reportes y gestión técnica de activos

El equipo de operaciones es responsable de proporcionar reportes periódicos al gestor de activos o directamente al propietario del activo. En muchos casos, el equipo de operaciones también asume las responsabilidades de gestión técnica de los activos. Para obtener más detalles sobre reportes y otras tareas de Gestión técnica de activos, consulte → 5. Gestión técnica de activos.

7

MANTENIMIENTO DE LA PLANTA ELÉCTRICA

© Stern Energy

Este capítulo trata sobre las diversas responsabilidades y tareas relacionadas con el mantenimiento. El mantenimiento generalmente se lleva a cabo en el sitio por técnicos especializados o subcontratistas, de acuerdo con los análisis del equipo de operaciones.

7.1. Mantenimiento Preventivo

Las actividades de mantenimiento preventivo son el elemento central de los servicios de mantenimiento de una planta FV. Incluye inspecciones visuales y físicas periódicas, así como actividades de verificación realizadas con frecuencias específicas de todos los componentes clave que son necesarios para cumplir con los manuales operativos y las recomendaciones emitidas por los fabricantes originales de los equipos (OEM). También debe conservar las garantías de los equipos y de los componentes y reducir la probabilidad de falla o de degradación. Las actividades también deben cumplir con las obligaciones legales correspondientes, por ejemplo, las normas nacionales para la inspección periódica de ciertos componentes eléctricos. La experiencia técnica y los registros de seguimiento relevantes optimizarán aún más las actividades. El contrato de O&M debe incluir este alcance de servicios y la frecuencia de cada tarea.

Este mantenimiento se lleva a cabo a intervalos predeterminados o de acuerdo con los manuales reglamentarios del OEM (Original Equipment Manufacturer) y O&M. Estos se incluyen en un plan de mantenimiento anual detallado que incluye un cronograma con un número específico de iteraciones para llevar a cabo el mantenimiento.

Es responsabilidad del contratista de O&M preparar el plan de tareas hasta el final del contrato, de acuerdo con las periodicidades o frecuencias contratadas. Estas actividades deben informarse al cliente (propietario del activo o administrador de activos). El reporte de esta actividad es importante para hacer un seguimiento del plan.

El “Plan anual de mantenimiento” (consulte → Anexo D o descárguelo de www.solarpowereurope.org) desarrollado como anexo de este informe, incluye una lista de inspecciones periódicas por equipo (p. ej. módulo, inversor, etc.) y por unidad de equipo (p. ej. sensores, fusibles, etc.)

7 MANTENIMIENTO DE LA PLANTA ELÉCTRICA / CONTINUACIÓN

Ejemplos de mantenimiento preventivo también pueden ser el reemplazo ad-hoc de partes de los inversores o sensores (mantenimiento predictivo). En general, fuera de los términos de la garantía del equipo o después de su vencimiento, es importante seguir los procedimientos detallados de mantenimiento preventivo que se acordaron en el plan de mantenimiento anual.

En los casos en que es necesario un tiempo de inactividad para realizar el mantenimiento preventivo, se considera una mejor práctica llevar a cabo las actividades de mantenimiento preventivo durante la noche, ya que la generación de energía en general no se ve afectada.

7.2. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo cubre las actividades realizadas por el equipo de mantenimiento destinadas a restaurar una planta FV, equipo o componente defectuosos a un estado en el que puedan realizar su función requerida. El mantenimiento correctivo se lleva a cabo después de la detección de una falla, ya sea mediante supervisión y monitoreo remoto o durante inspecciones periódicas y actividades de medición específicas (consulte también el anexo “plan de mantenimiento anual”).

El mantenimiento correctivo incluye tres actividades:

- 1. Diagnóstico de fallas** también conocido como análisis de problemas (troubleshooting en inglés) para identificar la causa y localización de la falla;
- 2. Reparación temporal**, para restaurar la función requerida de un elemento defectuoso por un tiempo limitado, hasta que se lleve a cabo una reparación;
- 3. Reparación**, para restaurar la función requerida de manera permanente.

En los casos en que la planta o los segmentos FV necesitan desconectarse, el mantenimiento correctivo programado durante la noche o en horas de baja irradiación se consideraría la mejor práctica, ya que la generación de energía en general no se ve afectada.

El mantenimiento correctivo se puede dividir en tres niveles de intervención:

1er nivel: Intervención para restaurar la funcionalidad de un dispositivo sin la necesidad de sustituir un componente. En general, este tipo de mantenimiento correctivo incluye solo la actividad laboral llevada a cabo por un técnico especializado (que podría pertenecer al equipo de mantenimiento de O&M o subcontratarse). Esta actividad podría incluirse en el acuerdo de O&M o facturarse por separado con tarifas por hora aparte del contrato de O&M, dependiendo del alcance del trabajo (*scope of work o SOW*) específico acordado entre las partes. Por ejemplo, podría consistir en reparar un dispositivo que se detuvo debido a una falla.

2º nivel: Intervención para restaurar la funcionalidad de un dispositivo que requiere la sustitución de un componente. En general, este tipo de mantenimiento correctivo incluye solo la actividad laboral llevada a cabo por un técnico especializado (que podría pertenecer al equipo de mantenimiento de O&M o subcontratarse), más la intervención física en el dispositivo para sustituir la pieza. Un ejemplo sería la falla del ventilador del inversor donde el equipo de mantenimiento interviene para sustituir el ventilador y restaurar la funcionalidad del inversor.

3er nivel: Intervención para restaurar la funcionalidad del dispositivo con la necesidad de intervenir en el software del dispositivo. En general, este tipo de mantenimiento correctivo incluye tanto la actividad laboral realizada por un técnico especializado (que podría pertenecer al equipo de mantenimiento de O&M o ser subcontratado) y, a menudo, también una intervención de parte del equipo de mantenimiento del fabricante del dispositivo o de otras empresas externas que estén autorizadas por el fabricante del dispositivo para intervenir y restaurar la funcionalidad del dispositivo. Esta actividad podría incluirse en el acuerdo de O&M o facturarse por separado con tarifas por hora aparte del contrato de O&M, dependiendo del alcance del trabajo (*scope of work*) específico acordado entre las partes. Sin embargo, por lo general esta intervención queda excluida por el alcance del trabajo contractual, especialmente cuando tiene que intervenir el equipo de mantenimiento de los fabricantes de dispositivos o una empresa de terceros autorizada. Un ejemplo de 3er nivel de mantenimiento correctivo podría implicar una falla en el equipo sin razón aparente o un componente específico roto que podría ser restaurado sólo a través de la reconfiguración o actualización de software por parte del fabricante.

El alcance de las actividades de mantenimiento correctivo y su delimitación o definición con respecto al mantenimiento preventivo, requiere una atención específica y debe definirse adecuadamente en el contrato de mantenimiento. Para facilitar la comprensión, a continuación, se incluye un ejemplo:

- Una actividad para apretar la terminación de un cable usando un torquímetro para la correcta fijación, debe estar en el alcance del trabajo del mantenimiento preventivo, sin embargo, dependiendo de la cantidad y/o frecuencia, podría considerarse una actividad de mantenimiento correctivo.

Por lo general el mantenimiento correctivo está obligado por contrato a cumplir con los tiempos de respuesta mínimos acordados contractualmente (consulte → 10.2.3. Tiempo de respuesta y → 10.3.2. Garantía de tiempo de respuesta).

Los acuerdos contractuales pueden prever que los gastos anuales de mantenimiento correctivo cubiertos por el contrato O&M estarán limitados. Dependiendo del tipo de propietario del activo, ya sea un inversionista financiero puro o un productor de energía (p. ej. *Utility*, compañía eléctrica o IPP, (Independent Power Producer), los requerimientos para la cobertura del mantenimiento correctivo variarán.

Las intervenciones para el reacondicionamiento, la renovación y la actualización técnica, salvo en los casos en que esas acciones estén directamente incluidas en el alcance del contrato, deberán excluirse del mantenimiento correctivo e incluirse en el mantenimiento extraordinario (consulte → 7.3. Mantenimiento extraordinario).

7.3. Mantenimiento extraordinario

Las acciones de mantenimiento extraordinario son necesarias cuando se producen eventos impredecibles importantes en el sitio de la planta que requieren actividades y obras sustanciales y se trabaja para restaurar las condiciones previas de la planta, o cualquier actividad de mantenimiento generalmente no cubierta o excluida del contrato de O&M.

En general, estas actividades se facturan por separado del contrato de O&M y se gestionan bajo un pedido separado. Es aconsejable que el contrato de O&M incluya las reglas acordadas entre las partes para preparar el presupuesto y ejecutar el trabajo. Para estos fines, se puede usar el método de “llave en mano y pago único” o el método “costo directo incrementado”.

Se requieren intervenciones de mantenimiento extraordinarias para:

- daños que son consecuencia de un evento de fuerza mayor;
- daños como consecuencia de un robo o incendio;
- defectos seriales o fallas sistémicas² en los equipos, que ocurren repentinamente y después de meses o años desde la puesta en operación de la planta;
- modificaciones requeridas por cambios normativos.

En caso de que el contratista de O&M no sea el EPC (Engineering, Procurement, Construction) de la planta, se debe considerar que también la siguiente situación es un mantenimiento extraordinario:

- problemas serios de los que el contratista de O&M se entera durante su actividad ordinaria, es decir, defectos u otros problemas que no son consecuencia del desgaste o deterioro natural del equipo y que no son responsabilidad del contratista de O&M, ya que pueden considerarse razonablemente causados por errores de diseño (por ejemplo, vicios “ocultos” que requieren una reingeniería).

Aunque no necesariamente son intervenciones de mantenimiento, también se puede incluir lo siguiente en la lista de mantenimiento extraordinario o al menos se puede administrar con las mismas reglas:

- actividades de mejora y renovación (restauración y optimización), entre otras.

Después de que el propietario del activo haya aprobado la propuesta del contratista de O&M, pueden empezar las actividades, sujeto a la disponibilidad del equipo requerido y la maquinaria especial (en caso necesario).

² Para obtener una definición de las fallas sistémicas y sus repercusiones en términos de garantía, consulte → 5.3. Gestión de la garantía.

7 MANTENIMIENTO DE LA PLANTA ELÉCTRICA / CONTINUACIÓN

La pérdida potencial de energía entre la ocurrencia del evento y la reparación completa, por lo general no se puede considerar en el modelo financiero del periodo en curso (Special Project Vehicle), pero se debe considerar que muchos de los eventos anteriores son reembolsados al propietario del activo por la compañía de seguros bajo cualquier cobertura de “seguro de todo riesgo”.

Las mejores prácticas de acuerdos de O&M con respecto a las actividades de mantenimiento extraordinario incluyen:

- reglas generales para cuantificar el precio y elaborar un cronograma para realizar actividades de reparación, así como el derecho del propietario del activo de solicitar cotizaciones de terceros para compararlas con la cotización del contratista de O&M; en este caso, se debe otorgar al contratista de O&M una opción de “derecho a igualar”.
- la obligación del propietario del activo debe contar con un seguro “contra todo riesgo”, incluida la pérdida de beneficios.

7.4. Servicios adicionales

El acuerdo de O&M puede prever servicios distintos a los relacionados con el mantenimiento eléctrico y mecánico de la planta según las secciones anteriores. Algunos de estos servicios adicionales generalmente se incluyen en el alcance del trabajo y en la tarifa fija anual del O&M, y otros no.

Los servicios adicionales no incluidos en el alcance del trabajo de O&M, pueden solicitarse bajo demanda y pueden tener un precio por servicio o en función de las tarifas por hora aplicables al nivel de cualificación del personal requerido para realizar los trabajos. Estas tarifas por hora generalmente aumentan a la misma tasa que la tarifa del servicio de O&M. En algunos casos, también se puede incluir en el contrato de O&M una lista de precios obligatoria para la prestación de algunos de estos servicios adicionales.

La tabla 2 presenta una lista no exhaustiva de servicios adicionales. Para obtener más información sobre las tendencias generales del mercado respecto a si estos servicios adicionales se incluyen generalmente en el acuerdo O&M o no, consulte → 11.1. Alcance del contrato de O&M.

TABLA 2 EJEMPLOS DE SERVICIOS DE MANTENIMIENTO ADICIONALES

	SERVICIOS ADICIONALES
Mantenimiento del sitio FV	Limpieza de módulos
	Manejo de vegetación
	Remoción de nieve o arena
Mantenimiento general del sitio	Control de plagas
	Eliminación de residuos
	Reparación de caminos
	Reparación de vallas perimetrales
	Mantenimiento de edificios
	Mantenimiento de equipos de seguridad
Medición en el sitio	Lectura semanal/mensual del medidor
	Entrada de datos en los registros fiscales o en los portales web de la autoridad para la tarifa de alimentación (Feed-in tariff) u otra evaluación de esquema de apoyo (en su caso)
	Mediciones de cadenas - en la medida en que se exceda el nivel acordado de mantenimiento preventivo
	Inspecciones térmicas - en la medida en que se exceda el nivel acordado de mantenimiento preventivo

Tenga en cuenta que algunos de estos servicios se pueden considerar como parte del mantenimiento preventivo. Depende del acuerdo entre el propietario del activo y el contratista de O&M.

8

GESTIÓN DE PARTES DE REPUESTO

© sarawuth wannasathit

Es importante diferenciar entre consumibles y partes de repuesto.

“Consumibles” son artículos que pueden agotarse o desgastarse por el uso y se incorporan en otros artículos y pierden su condición original con dicha incorporación y no pueden utilizarse para su fin previsto sin extinguir o transformar su sustancia, necesaria para el funcionamiento normal de la planta FV, en la medida en que estos no sean parte de las partes de repuesto. Los contratistas de O&M siempre deben tener consumibles en existencia y las cuadrillas de mantenimiento deben llevar los consumibles consigo, junto con las herramientas pertinentes.

“Partes de repuesto” son todos los artículos (materiales y equipo como módulos, inversores, etc.) mencionados en la “lista de partes de repuesto”, que no están en uso o incorporados en la planta fotovoltaica y que están destinados a reemplazar elementos similares en la planta FV.

La gestión de partes de repuesto es una parte inherente y sustancial de O&M cuyo objetivo es asegurar que dichos componentes estén disponibles de manera oportuna para el mantenimiento correctivo, a fin de minimizar el tiempo de inactividad de (una parte de) una planta eléctrica solar FV. En cuanto a la gestión de partes de repuesto, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Propiedad y responsabilidad del seguro
- Nivel de existencia
- Ubicación de almacenamiento
 - Proximidad a la planta
 - Seguridad
 - Condiciones ambientales

Las partes de repuesto son propiedad del propietario del activo, mientras que el mantenimiento, el almacenamiento y el reabastecimiento normalmente son responsabilidad del contratista de O&M. Además de cuestiones de propiedad, es muy importante asegurarse, de mutuo acuerdo, que una de las partes asume la responsabilidad de asegurar las partes de repuesto: como recomendación, las partes de repuesto almacenadas en el sitio deben estar aseguradas por el propietario del activo y las partes de repuesto almacenadas fuera del sitio deben estar aseguradas por el contratista de O&M.

Para una planta fotovoltaica nueva, las partes de repuesto iniciales para dos años a partir de la fecha de inicio de operación comercial o COD (*Commercial operation date*) son abastecidas por el propietario del activo o por el EPC a nombre del propietario del activo. Sin embargo, es una mejor práctica que el EPC y el contratista de O&M estén de acuerdo con la lista. El contratista de O&M debe, como una mejor práctica, recomendar partes de repuesto adicionales que consideren necesarias para cumplir con las obligaciones contractuales (p. ej. garantías de disponibilidad).

8 GESTIÓN DE PARTES DE REPUESTO / CONTINUACIÓN

En general, no es económicamente factible almacenar partes de repuesto para cada falla potencial en la planta. Por lo tanto, el contratista de O&M junto con el propietario del activo deberán definir el nivel de existencia de partes de repuesto específicas que sea económicamente razonable (análisis de costo-beneficio). Por ejemplo, si una parte específica en una planta fotovoltaica solar tiene una frecuencia de falla de al menos una vez al año o más y la pérdida de ingresos debido a dicha falla es mayor que el costo de la parte de repuesto es importante tener un repuesto de ese tipo siempre disponible.

En cuanto al nivel de existencia, debido a las diferentes configuraciones y tamaños de las plantas solares fotovoltaicas, es muy difícil definir un número fijo de existencia de partes de repuesto específicas. Además, el portafolio regional del contratista de O&M también podría influir en esto y, como se mencionó anteriormente, la determinación de las partes de repuesto y la cantidad también tiene que ver con los compromisos y garantías contractuales del contratista de O&M. En un intento por definir los niveles de existencia de las partes de repuesto y los consumibles, se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Frecuencia de falla
- Impacto de la falla
- Costo de la parte de repuesto
- Degradación en el tiempo
- Posibilidad de tener inventario a consignación con el fabricante
- Fiabilidad del equipo

Sin embargo, para cualquier sistema de energía solar fotovoltaica a gran escala (*utility*) hay ciertas partes de repuesto que se podrían considerar esenciales, sin importar el costo que normalmente depende del tamaño del sistema.

La Tabla 3 a continuación resume una lista mínima. Esta lista no es exhaustiva y los requerimientos del sistema y los desarrollos tecnológicos pueden obligar a la actualización de esta lista.

Con respecto al depósito y almacenamiento, debe hacerse en lugares donde las partes de repuesto no se puedan dañar (por humedad o variaciones de alta temperatura) y se puedan identificar con facilidad como posesión del propietario del activo. Además, los sitios de depósito deben tener medidas de seguridad apropiadas.

La decisión de tener un almacén dentro o fuera del sitio o simplemente un acuerdo con los proveedores para que proporcionen las partes de repuesto depende de muchos factores, incluido el tipo de componente, el acuerdo comercial y la facilitación de la prestación del servicio. Si las partes de repuesto posesión del propietario del activo se almacenan fuera del sitio, dichos repuestos deben almacenarse por separado y estar claramente identificados como posesión del propietario del activo.

Si bien la proximidad a la planta es un parámetro que debe evaluarse caso por caso, las condiciones de seguridad y ambientales son muy importantes ya que podrían ocasionar la pérdida del bien por robo o daño.

TABLA 3 LISTA MÍNIMA DE PARTES DE REPUESTO (NO EXHAUSTIVA)

NO.	PARTE DE REPUESTO
1	Fusibles para todos los equipos (por ejemplo, inversores, cajas de conexión, etc.) y kits de fusibles
2	Módulos
3	Componentes de repuesto del inversor (p. ej. bloques de potencia, disyuntores, contactores, interruptores, placa de control, ventiladores, etc.)
4	Sistema de alimentación ininterrumpida, UPS (Uninterruptible Power Supply)
5	Terminaciones de tensión media MV (medium voltage)
6	Repuestos del controlador de la planta eléctrica
7	Repuestos de SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) y de comunicación de datos
8	Repuestos para transformadores y centro de seccionamiento (switchgear)
9	Sensores para la estación meteorológica
10	Motores y cajas de engranajes para seguidores
11	Arneses y cables
12	Tornillos y otros suministros y herramientas
13	Equipo de seguridad (p. ej. cámaras)

9

REQUERIMIENTOS DE DATOS Y MONITOREO

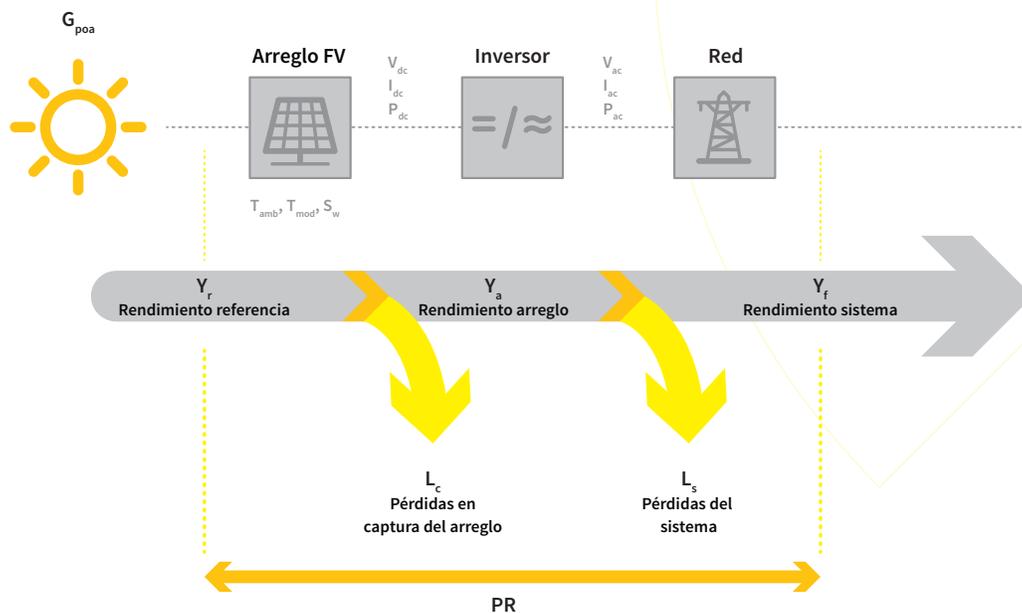


© Kuznetsov_Konstantin

En general, el sistema de monitoreo debería permitir el seguimiento de los flujos de energía dentro de un sistema fotovoltaico. En principio, informa sobre los parámetros que determinan la cadena de flujo,

conversión (DC-AC), y transformación (LV-MV-HV) de energía. Estos parámetros, junto con las medidas energéticas más importantes en términos de rendimiento y pérdidas se ilustran en la Figura 2. Estos rendimientos y pérdidas siempre se normalizan con la potencia fotovoltaica instalada en condiciones normales de prueba en kilowatt-pico para facilitar la comparación del rendimiento.

FIGURA 2 FLUJO DE ENERGÍA EN UN SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A RED CON PARÁMETROS, RENDIMIENTO Y PÉRDIDAS³



© SOLARPOWER EUROPE 2017

3 La figura se rediseñó y se basó en una figura producida por 3E y publicada en (Woyte et al. 2014)

9.1. Dataloggers

Las finalidades principales de un *datalogger* son:

- Recopilar datos de componentes importantes (inversores, datos meteorológicos, medidor de energía, combinadores, señales de estado) con cada dispositivo registrado por separado
- Funcionalidad de alarma básica (p. ej. problemas de comunicación de campo, eventos de tiempo crítico como AC desconectada)
- Proporcionan una copia temporal de seguridad de los datos (en caso de falta de conexión a Internet durante la puesta en marcha o problemas generales de comunicación relacionados con Internet)
- Apoyan a los técnicos durante la puesta en operación (p.ej. verificando si todos los inversores funcionan y se alimentan)

Además de esto, algunos *dataloggers* también incluyen las siguientes funciones:

- Controlador de la planta eléctrica (el monitoreo y control debe ser gestionada por un caso único para evitar problemas de comunicación relativos a accesos simultáneos). El controlador de la planta eléctrica se puede integrar en el registrador de datos o puede ser un dispositivo separado que utilice el canal de comunicación del registrador de datos
- Interfaz de intercambio de energía solar (control de la energía activa de una instancia por parte de un tercero como comerciante de energía)

El intervalo de grabación (también llamado granularidad) del registro de datos deberá oscilar entre 1 minuto y 15 minutos. Dentro de un entorno de monitoreo, la granularidad deberá ser uniforme para todos los datos diferentes recopilados.

Como requerimiento mínimo, los *dataloggers* deberán almacenar al menos un mes de datos. Los datos históricos se deberán respaldar constantemente enviándolos a servidores externos y, después de cada falla de comunicación, el registrador de datos deberá enviar automáticamente toda la información pendiente. Además, la transmisión de datos deberá ser segura y estar encriptada (consulte → 9.9. Ciberseguridad). También deberá existir un cuaderno de bitácoras para registrar los cambios de configuración (especialmente relevante cuando se actúa como controlador de la planta eléctrica).

Como mejor práctica, el registrador de datos debe almacenar un mínimo de un año de datos localmente y una copia de

seguridad de datos completa en la nube, idealmente se instala un servidor de respaldo físico. Además, la operación del registrador de datos en sí debe ser monitoreada. Dicho monitoreo se deberá realizar de manera remota desde un servidor independiente e idealmente deberá entregar información sobre el estado de funcionamiento de los *dataloggers* a nivel sistema operativo (SO) y a nivel de hardware y deberá también enviar alertas a la sala de operaciones en caso de fallas y pérdida de comunicación.

La mejor práctica es tener *dataloggers* y enrutadores constantemente monitoreados en el sitio por un dispositivo de vigilancia (*watchdog*) (que responda a ping pos./neg.). En caso de no recibir respuesta a la unidad de control, la fuente de alimentación será interrumpida por el *watchdog* y se realizará un restablecimiento completo en el equipo detenido. En los casos donde no es posible tener un *watchdog* externo, puede ser útil tener una función de reinicio automático.

Toda la instalación de monitoreo deberá estar protegida por una fuente de alimentación ininterrumpida (UPS). Esto incluye los *dataloggers*, conmutadores de red, módems/enrutadores de Internet, dispositivos de medición y convertidores de señal.

Para obtener más información, consulte también la norma IEC 61724-1 Rendimiento del sistema fotovoltaico - Parte 1: Monitoreo.

9.2. Portal (web) de monitoreo

Los principales propósitos del portal de monitoreo son:

- Archivo a largo plazo para los datos de monitoreo
- Visualización de datos en diagramas estándar y específicos
- Visualización de indicadores clave de desempeño y estado de la planta en vistas tipo tablero de control
- Validación de la calidad de los datos (p. ej. mediante el cálculo de la disponibilidad de los datos)
- Detección de fallas de funcionamiento y degradaciones a largo plazo con alarmas que se puedan personalizar
- Manejo de alertas de dispositivos de campo como los *dataloggers* o inversores
- Calcular los indicadores clave de desempeño habituales (como el índice de rendimiento y la disponibilidad) con la posibilidad de adaptar los parámetros
- Creación de reportes para plantas individuales y para grupos de plantas

9 REQUERIMIENTOS DE DATOS Y MONITOREO / CONTINUACIÓN

- Hacer que los datos estén disponibles a través de una API estandarizada para usarlos en otros sistemas

El portal de monitoreo deberá cumplir con los siguientes requerimientos mínimos:

- Nivel de accesibilidad de al menos un 99% a lo largo del año
- Interfaz responsable y/o aplicaciones dedicadas a casos prácticos (servicio en el sitio, inversionista, etc.)
- Diferentes niveles de acceso de usuarios
- Gráficas de irradiación, producción de energía, rendimiento y en tiempo real y configurables producción de la planta
- Tablas descargables con todas las cifras registradas
- Registro de alarmas

Como mejor práctica, las siguientes características también se incluirán en el portal de monitoreo:

- Interfaz de usuario configurable para ajustar las vistas en función del grupo objetivo (p. ej. administrador de O&M, EPC, inversionista, administrador de activos)
- Alarmas que pueda configurar el usuario
- Reportes que pueda configurar el usuario
- Sistema de *tickets* para manejar mensajes de alarma
- KPIs específicos de la planta
- Integrar datos de terceros (por ejemplo, pronóstico de energía solar, datos meteorológicos, datos de satélites para irradiación)
- La frecuencia de los datos se debe poder adaptar para la descarga de cifras y tablas
- El formato de descarga de datos debe ser compatible con las necesidades del administrador del activo, los horarios congruentes con el huso horario de la planta solar, y la secuencia de datos conservar un orden lógico y cronológico

Las listas anteriores no son exhaustivas.

9.3. Formato de los datos

El formato de datos de los archivos repite “de datos” en la misma oración. grabados deberá respetar estándares como el IEC 61724 y deberá estar claramente documentado. Los *dataloggers* deben recopilar todas las alarmas de los inversores de acuerdo con el formato del fabricante original para que se obtenga toda la información disponible.

9.4. Configuración

La configuración de los sistemas de monitoreo y *dataloggers* deberá revisarse para evitar errores. Esto normalmente se hace en la fase de puesta en operación o cuando el nuevo contratista de O&M toma la responsabilidad de la planta (puesta en operación del sistema de monitoreo).

Durante la puesta en operación, cada uno de los equipos monitoreados deberá revisarse para asegurar que estén debidamente etiquetados en el sistema de monitoreo, esto se puede hacer cubriendo temporalmente los sensores de insolación o apagando otros dispositivos como son las cajas de cadenas o inversores.

La mejor práctica es tener un sistema de monitoreo capaz de leer y registrar todos los identificadores (IDs) de todos los sensores y equipos monitoreados, lo que reducirá la posibilidad de etiquetar erróneamente los dispositivos y poder rastrear el equipo y el reemplazo de sensores a lo largo de la vida de la instalación. Algunos sistemas de monitoreo tienen incluso una función de configuración automática (*plug-and-play*) que reduce el tiempo de arranque y los posibles errores. Esto se hace capturando automáticamente el ID del dispositivo y la información de configuración. Esto también permite la detección automática del reemplazo de un inversor o sensor.

9.5. Interoperabilidad

Como mejor práctica, el sistema deberá garantizar el acceso abierto a los datos, a fin de permitir una transición fácil entre plataformas de monitoreo. La Tabla 4 a continuación muestra algunos ejemplos de opciones para la integración de datos. Debido a la falta de estándares unificadores, normalmente este no es el caso y cada proveedor de sistemas de monitoreo tiene su propio método para almacenar y recuperar datos. Los sistemas de mejores prácticas tienen la posibilidad de recuperar datos mediante el uso de APIs abiertas como RESTful, que permiten interoperabilidad entre diferentes sistemas.

TABLA 4 EJEMPLOS DE OPCIONES DE INTEGRACIÓN DE LOS DATOS

MÉTODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
FTP Push	Fácil de implementar No necesita hardware adicional	No es seguro Control limitado del flujo de datos al servidor FTP.
Modbus/TCP (con registrador adicional en el sitio)	Fiable y seguro Mejor control del flujo de datos	Costo adicional por hardware adicional Implementación más lenta Depende del hardware del sistema de monitoreo existente, por lo tanto, hay dos proveedores de hardware involucrados.
API (o similar) en la nube	Rápido y fácil de implementar No necesita hardware adicional Fiable	Pequeño retraso desde la recopilación de datos hasta el destino final Depende del proveedor del sistema de monitoreo existente, duplica las tarifas por el monitoreo

9.6. Conexión a Internet

El propietario del activo debe asegurarse de darle al contratista de O&M la mejor conectividad de red posible, con un ancho de banda suficiente para el sistema de monitoreo instalado.

Si hay una conexión DSL disponible dentro del área del sitio FV, esta debería ser la forma preferida de conectarse a Internet, considerando enrutadores industriales como un estándar. En caso de que no haya una conexión DSL disponible, se prefiere la comunicación por satélite. Un sistema de respaldo adicional se puede ver como una mejor práctica. Cualquier suscripción deberá permitir la cantidad de datos requerida y deberá prever la cantidad de datos (por ejemplo, Circuito cerrado de TV (CCTV) o no), así como la granularidad de los datos.

9.7. Red de área local

Para plantas fotovoltaicas > 1MW, se recomienda tener una conexión LAN y, como alternativa, un enrutador industrial que permita la comunicación GPRS o comunicación por satélite como respaldo en caso de que falle la conexión LAN. Se recomienda un enrutador con capacidad de reinicio automático en caso de pérdida de la conexión a Internet. Una conexión directa a un servidor de monitoreo con un acuerdo de nivel de servicio (SLA), garantiza el acceso continuo a los datos. Si los datos pasan a través de servidores de monitoreo alternativos sin SLA (por ejemplo, el portal de monitoreo del fabricante del inversor), este SLA ya no se puede garantizar. Las actualizaciones

automáticas del firmware del registrador de datos deberán estar deshabilitadas. Las actualizaciones de firmware están sujetas a un procedimiento de aceptación con el servicio de monitoreo.

Todos los cables de comunicación deben estar protegidos. Se deben garantizar las distancias físicas entre los cables de alimentación (DC o AC) y los cables de comunicación, así como la protección de los cables de comunicación contra la luz solar directa. Además, los cables con diferentes polaridades se deben poder distinguir claramente (etiqueta o color) para evitar errores de polaridad en la conexión.

9.8. Propiedad y privacidad de los datos

Los datos del sistema de monitoreo y de los *dataloggers*, incluso si están alojados en la nube, siempre deben pertenecer al propietario del activo (o SPV) para quien siempre estarán accesibles. Se deberá dar a acceso a las partes interesadas como el contratista de O&M, el gestor de activos o los auditores durante las fases de diligencia que necesitan los datos para realizar sus tareas. También es importante tener al menos dos niveles de acceso (solo lectura, acceso completo).

El hardware del sistema de monitoreo puede ser provisto por el contratista de O&M y ser de su propiedad o por un proveedor externo de servicios de monitoreo (en este caso, el hardware del sistema de monitoreo es propiedad del propietario del activo como parte de la instalación):

9 REQUERIMIENTOS DE DATOS Y MONITOREO / CONTINUACIÓN

- Si el contratista de O&M es el proveedor de servicios de monitoreo, tiene la responsabilidad total de proteger y mantener los datos y el funcionamiento adecuado del sistema de monitoreo.
- En el caso de un proveedor externo de servicios de monitoreo, la responsabilidad de proteger y mantener los datos recae en el proveedor externo de servicios de monitoreo. El contratista de O&M deberá hacer sus mejores esfuerzos para asegurar que el monitoreo del rendimiento sea correcto, en la medida de lo posible. Se deberá evaluar la capacidad del contratista de O&M para mantener y utilizar adecuadamente el sistema de monitoreo. Si es necesario, el contratista de O&M deberá estar debidamente capacitado para usar el sistema de monitoreo. El uso de datos por parte de los proveedores externos de monitoreo deberá ser extremadamente limitado, es decir, con el único propósito de corregir errores y desarrollar funciones adicionales para sus sistemas.

9.9. Ciberseguridad

Dado que las plantas fotovoltaicas incluirán al menos inversores y controladores de plantas de energía (y sistemas de monitoreo) y se espera que estos sean accesibles desde (es decir, conectados a) Internet para permitir la vigilancia y las instrucciones remotas de los operadores, tienen una exposición significativa a riesgos de ciberseguridad. Por lo tanto, es vital que las instalaciones lleven a cabo un análisis de ciberseguridad, comenzando por una evaluación de riesgos (que incluya análisis a nivel de la arquitectura del sistema) e implementen un sistema de gestión de ciberseguridad (CSMS) que incorpore un ciclo planear-hacer-revisar-actuar. El CSMS deberá partir de una política de ciberseguridad y definición de roles y responsabilidades formales de ciberseguridad y proceder a aplicarlo en la arquitectura del sistema en términos de contramedidas detalladas aplicadas en puntos identificados (p. ej. a través del análisis del sistema en términos de zonas y conductos). Estas contramedidas detalladas incluirán el uso de medidas técnicas correctivas como *firewalls*, interfaces encriptadas, controles de autorización y acceso, y herramientas de auditoría/detección. También deberán incluir controles físicos y de procedimiento, por ejemplo, para restringir el acceso a los componentes del sistema y para estar siempre al tanto de las nuevas vulnerabilidades que afectan a los componentes del sistema.

Como requerimientos mínimos, no se debe poder acceder a los registradores directamente desde Internet o, al menos, deberán protegerse a través de un *firewall*. La conexión segura y limitada al servidor de datos también es importante.

Como buena práctica, los *dataloggers* instalados deben seleccionarse después de un proceso de selección por parte del operador. Por ejemplo, un contratista EPC elegirá e instalará el primer registrador de datos que se usará para monitorear el sitio. Este registrador de datos debe ser seleccionado:

- por su compatibilidad con los inversores y equipos auxiliares presentes en el sitio
- Por cualquier ajuste de comandos que pueda ser necesario (esto es específico al tipo de sitio y al país)
- por su sólida conectividad a Internet
- por su robustez (longevidad y durabilidad para las condiciones ambientales que enfrentará)
- por sus medidas de ciberseguridad y de las del servidor en la nube al que está conectado

El fabricante del registrador de datos y de la plataforma de monitoreo (ya que no tienen que ser uno solo) deberán proporcionar información sobre pruebas de penetración de sus servidores, cualquier canal de activación de protocolos de comando y auditorías de seguridad de sus productos. Las funciones de comando deben enviarse al dispositivo de control usando por lo menos una conexión VPN segura. La mejor práctica implica una doble autenticación. Se recomiendan otras medidas de seguridad.

Para más información, más allá del alcance de este documento, consulte el estudio del Parlamento Europeo “Estrategia de ciberseguridad para el sector de la energía” (EP 2016).

9.10. Tipos de datos recopilados

9.10.1. Datos de irradiancia

Sensores de irradiancia. La irradiancia solar en el plano del arreglo (POA) se mide in situ por medio de al menos un dispositivo de medición de irradiancia de acuerdo con la clasificación de la norma secundaria o calidad de primera clase e ISO 9060:1990(ISO 9060 1990). Cuanto mayor sea la calidad del piranómetro, menor será la incertidumbre. La mejor práctica es aplicar al menos dos piranómetros en el plano del arreglo fotovoltaico. En caso de diferentes orientaciones del arreglo dentro de la planta, se requiere al menos un piranómetro para cada orientación. Se debe asegurar que los piranómetros estén asignados correctamente a los diferentes arreglos para el cálculo del índice de rendimiento (PR) y el rendimiento esperado.

Se opta por piranómetros en vez de células de referencia de silicio, ya que permiten hacer una comparación directa del rendimiento medido de la planta fotovoltaica con las cifras de rendimiento estimadas en la evaluación del rendimiento energético. Por ejemplo, para las plantas en Europa Central y Occidental, la medición de la irradiancia con células de silicio produce un PR (índice de desempeño) de largo plazo de aproximadamente 2 a 4 % mayor que un piranómetro de termopila(N. Reich et al. 2012).

Los sensores de irradiancia deben colocarse en el lugar menos sombreado. Deben montarse y cablearse de acuerdo con las indicaciones del fabricante. El mantenimiento preventivo y la calibración de los sensores se deberán hacer de acuerdo a las indicaciones del fabricante.

La irradiancia se deberá registrar con una granularidad de hasta 15 minutos (requerimiento mínimo).

Mediciones de irradiancia basadas en satélites. Además de los sensores de irradiancia, se pueden adquirir datos de irradiancia de un servicio de datos satelital de alta calidad como complemento, después de cierto periodo para compararlos con los datos de los sensores terrestres. Esto es especialmente útil en caso de pérdida de datos o cuando hay poca fiabilidad de los datos medidos in situ por el sistema de monitoreo y se puede considerar como una buena práctica. Cuanto mayor sea el periodo considerado, menor será el error de los datos de irradiancia basados en satélites. Para los valores de irradiancia diaria, el error es relativamente alto, con valores de raíz del error cuadrático medio (RMSE) de 8 a 14% en Europa occidental, por ejemplo. Para valores

mensuales y anuales, disminuyó por debajo de 5 y 3%, respectivamente, lo cual está coincide con un sensor en in-situ (Richter et al. 2015).

Cuando se utilizan datos de irradiancia basados en satélites, se recomienda una granularidad de al menos 1 hora (15 minutos si es posible). Los datos se deben recoger al menos una vez al día.

9.10.2. Medición de la temperatura de módulo

Para tener un sistema de monitoreo completo, se necesita la medición directa de la temperatura del módulo.

La precisión del sensor de temperatura, incluidos el acondicionamiento y la adquisición de la señal realizados por el hardware del sistema de monitoreo, debe ser $\pm 1^\circ\text{C}$.

El sensor de temperatura debe estar adherido con un pegamento adecuado y estable conductor térmico en medio de la parte posterior del módulo en medio del arreglo, colocado en el centro de una celda, lejos de la caja de conexiones del módulo (Woyte et al. 2013). La instalación debe ser acorde a las indicaciones del fabricante (por ejemplo, respetando las instrucciones de cableado hacia el registrador de datos).

La temperatura del módulo FV no tiene que ser idéntica en todos los módulos de una planta FV, principalmente por la exposición al viento. Por lo tanto, en plantas grandes será necesario instalar más sensores in-situ porque la temperatura del módulo se debe medir en diferentes puntos representativos, por ejemplo, para módulos en el centro de la planta y para módulos en los extremos, donde se espera variación de temperatura.

9.10.3. Datos meteorológicos locales

Una buena práctica es medir la temperatura ambiente y la velocidad del viento con la instalación de una estación meteorológica local de acuerdo con las indicaciones del fabricante. La temperatura ambiente se mide con un termómetro cubierto, p. ej. del tipo PT100. El aislamiento protege al sensor de pérdidas de calor por radiación. La velocidad del viento se mide con un anemómetro, a 10 m de altura sobre el nivel del suelo.

Los datos de viento y de la temperatura ambiente normalmente no son necesarios para calcular el PR, a menos que se trate de un requerimiento/acuerdo contractual (p. ej.

9 REQUERIMIENTOS DE DATOS Y MONITOREO / CONTINUACIÓN

acordes a recomendaciones específicas como NREL). Sin embargo, son datos necesarios cuando se va a modelar la planta FV en funcionamiento o en retrospectiva.

Para plantas de más de 10 MW_p se recomienda contar con la recopilación de datos automáticos de datos meteorológicos por hora independientes (temperatura ambiente, velocidad del viento, cobertura de nieve) de una fuente meteorológica independiente. La razón de esto es que las estaciones meteorológicas in-situ están sujetas a fenómenos locales y resultados específicos de la instalación. Los datos de una estación meteorológica independiente están menos afectados por estos fenómenos, siendo a la vez más estables y robustos con respecto al desplazamiento a largo plazo.

Consecuentemente, tanto para la evaluación del rendimiento como para fines de análisis detallados, se recomienda habilitar la recopilación automática de datos a partir de una referencia meteorológica independiente cercana. Sin embargo, para la evaluación del rendimiento, la medición más importante sigue siendo la irradiancia en el plano (consulte →10. Indicadores clave de desempeño).

9.10.4. Medición del nivel de suciedad

La eficiencia operativa de los módulos se ve afectada por la acumulación de polvo (*soiling*). El polvo obstruye la irradiación efectiva y, por lo tanto, de potencia la producción del módulo FV. Se recomienda medir la suciedad para optimizar los programas de limpieza y, por lo tanto, la producción. Existen varias metodologías para monitorear el polvo (*soiling*), siendo las más básicas las inspecciones humanas. Un método de medición de polvo muy utilizado es usar módulos de referencia de suciedad basados en tierra que consta de un módulo que permanece sucio, una celda de referencia lavada, una estación de lavado automática y electrónica para medición. Las próximas soluciones digitales para el monitoreo de suciedad incluyen el análisis de imágenes satelitales con técnicas de detección remota, algoritmos de inteligencia artificial y métodos estadísticos.

9.10.5. Datos a nivel cadena

Se puede monitorear la corriente a nivel de cadena en aquellos arreglos FV que no están sujetos al monitoreo de la corriente DC de entrada a nivel de inversor. Dependiendo de la tecnología del módulo utilizado en la planta, las cadenas se pueden combinar lo que puede ayudar a reducir los costos de operación.

Para detectar problemas rápidamente y aumentar el tiempo de actividad de la planta, es bueno instalar equipos de monitoreo de cadenas (como recomendación). Esto medirá constantemente la corriente y el voltaje de cada cadena y registrará esas mediciones cada 15 minutos. Para reducir los costos, el sensor de corriente puede medir más de una cadena, pero no se recomienda poner en paralelo más de dos.

9.10.6. Datos a nivel inversor

Los inversores tienen una gran cantidad de valores cuyo hardware mide constantemente y el sistema de monitoreo puede interrogar al hardware para conocer estos valores y registrarlos. Los datos enviados desde el inversor al sistema de monitoreo deben, como recomendación, ser valores acumulados para permitir el seguimiento de la generación general de electricidad del inversor, incluso en el caso de interrupciones del sistema de monitoreo.

Las variables que se recomienda monitorear son:

- Energía acumulada generada (kWh)
- Energía activa instantánea inyectada (kW)
- Energía reactiva instantánea inyectada (kVAr)
- Potencia aparente instantánea inyectada (kVA)
- Tensión alterna por cada fase (V)
- Corriente AC por cada fase (A)
- Factor de potencia/Cos Phi
- Frecuencia para cada fase (Hz)
- Energía de DC instantánea absorbida para cada MPPT (kW)
- Corriente de DC instantánea absorbida para cada MPPT (A)
- Voltaje de DC instantáneo absorbido para cada MPPT (V)
- Energía total de DC instantánea absorbida para todos los MPPTs (kW)
- Corriente total de DC instantánea absorbida para todos los MPPTs (A)

- Voltaje promedio de DC instantáneo absorbido para todos los MPPTs (V)
- Temperatura interna (°C)
- Componentes de conversión de temperatura (°C)

Cabe señalar que la precisión de las mediciones integradas en el inversor no siempre está documentada por los fabricantes y puede estar indeterminada. Por ejemplo, las mediciones de energía o de AC tomadas por los inversores pueden diferir sustancialmente de los valores registrados por el medidor de energía. Los sistemas de monitoreo y los reportes deben especificar y ser transparentes sobre los dispositivos utilizados para adquirir cada medición.

También es muy útil que el sistema de monitoreo recopile todas las alarmas de los inversores ya que son una valiosa fuente de información para la detección de fallas. Además, se pueden usar alarmas de baja importancia o alertas para la organización de las actividades de mantenimiento e incluso para la configuración de acciones de mantenimiento preventivo.

En ciertos casos, la conexión a la red tiene límites que siempre se tienen que respetar, como es la máxima potencia de AC que se puede inyectar. Para estos casos, hay dos posibilidades, una es establecer límites utilizando los parámetros del inversor, la segunda es instalar el controlador de la planta eléctrica que cambiará de manera dinámica los parámetros del inversor. En ambos casos, podría ser útil monitorear los parámetros del inversor y programar alarmas para que se notifique al contratista de O&M cuando un parámetro haya sido cambiado de manera incorrecta y no respete cierto límite.

La mejor práctica para la medición de variables basadas en el inversor es un muestreo de <1 min y una granularidad de hasta 15 minutos. Para fines de análisis de rendimiento ad hoc, por ejemplo, para permitir el análisis del rendimiento del arreglo FV, el análisis de causa raíz o posibles problemas de seguimiento de MPP, se deben medir la corriente y el voltaje DC de entrada y almacenar por separado.

En general, y como buena práctica, cualquier parámetro de un inversor que pueda medirse lo deberán registrar los dataloggers, pues hay muchos parámetros importantes adicionales, como es la temperatura interna, nivel de aislamiento, etc. que podrían ser útiles para los servicios de O&M.

Los inversores deben detectar el sobrecalentamiento de sus componentes de conversión para protegerse en condiciones de operación extremas o anormales. Por lo tanto, es aconsejable registrar la temperatura proporcionada por el inversor para poder evaluar el rendimiento de la ventilación.

9.10.7. Medidor de energía

Una de las características más importantes de un sistema de monitoreo es la recopilación automática de datos del medidor de energía con una granularidad de hasta 15 minutos. La recopilación de datos del medidor de energía es necesaria para la facturación, pero también es la mejor referencia para medir la energía y calcular el PR y el rendimiento de la planta, y es mucho más preciso que utilizar los datos del inversor.

Por lo general, la entidad compradora de energía exige un medidor de energía de alta precisión para medir la energía producida y consumida por la planta. Cuando este no es el caso, es una buena práctica instalar un medidor con una incertidumbre máxima de $\pm 0.5\%$, especialmente para plantas >100 kW_p.

Para permitir la adquisición de datos a través del sistema de monitoreo, se recomienda tener un medidor con dos puertos de bus de comunicación, así como el servicio de lectura automática del medidor (AMR) de la compañía eléctrica propietaria de la infraestructura de interconexión, la entidad compradora de energía, o del operador del medidor.

Para los medidores que pueden almacenar datos históricos, es una mejor práctica tener un sistema de monitoreo capaz de recuperar los datos históricos para evitar la pérdida de datos de producción en caso de interrupciones del sistema de monitoreo.

9 REQUERIMIENTOS DE DATOS Y MONITOREO / CONTINUACIÓN

9.10.8. Ajustes de control

Es importante monitorear todos los ajustes de control de la planta a nivel del inversor, así como el nivel de inyección de la red, si está disponible. Muchas plantas usan ajustes de control para la regulación de la red local (gestión de inyección) u optimización del valor de mercado del portafolio de generación de energía fotovoltaica (control remoto). Estos ajustes se deben monitorear por razones de generación de informes contractuales o para evaluar el desempeño.

9.10.9. Alarmas

Como requerimiento mínimo, el sistema de monitoreo enviará las siguientes alarmas por correo electrónico:

- Pérdida de comunicación
- Planta detenida
- Inversor detenido
- Planta con bajo rendimiento
- Inversor con bajo rendimiento (p. ej. debido a sobrecalentamiento)

Como buena práctica, el sistema de monitoreo también enviará las siguientes alarmas:

- Conjunto FV sin corriente
- Planta en operación con UPS
- Alarma de discreción (o agrupación de alarmas)

Como buena práctica, el contratista de O&M deberá dar seguimiento a las siguientes alarmas, aunque estas alarmas son enviadas por sistemas diferentes al sistema de monitoreo:

- Detección de intrusos
- Detección de incendio

Las listas anteriores no son exhaustivas.

9.10.10. Circuito de AC / relé de protección

Se recomienda controlar la posición de todos los interruptores de AC a través de entradas digitales. Siempre que sea posible, también puede ser útil leer y registrar las alarmas generadas por la unidad de control del relé de protección a través del bus de comunicación.

10

INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO

Esta sección trata sobre los indicadores clave de desempeño (KPIs), que le dan al propietario del activo una referencia rápida sobre el rendimiento de la planta eléctrica fotovoltaica. Los KPIs se dividen en las siguientes categorías:

- **KPIs de la planta FV**, que reflejan directamente el rendimiento de la planta eléctrica fotovoltaica. Los KPIs de la planta FV son indicadores cuantitativos.
- **KPIs del contratista de O&M**, que reflejan el rendimiento del servicio prestado por el contratista de O&M. Los KPIs del contratista de O&M son indicadores cuantitativos y cualitativos.

El contratista de O&M (o el gestor técnico de los activos) es generalmente el responsable de calcular los KPIs y de informar al propietario del activo, consulte →5.1. Generación de reportes.

Es importante subrayar que el contratista de O&M no puede, y por lo tanto no es responsable de proporcionar garantías contractuales para todos los KPIs mencionados en este capítulo. Para obtener más información sobre los KPIs sugeridos y contractualmente garantizados, consulte → 11.3. Garantías contractuales.

10.1 Datos de la planta eléctrica

Los datos de la planta eléctrica fotovoltaica se pueden dividir en dos grupos:

1. Mediciones de datos brutos: datos obtenidos directamente de la planta FV y utilizados para calcular el rendimiento
2. Los KPIs de la planta eléctrica fotovoltaica utilizan los datos brutos de la planta fotovoltaica para ofrecer una visión más equilibrada de la operación de la planta fotovoltaica.

10 INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO / CONTINUACIÓN

10.1.1. Mediciones de datos brutos para calcular el rendimiento

La siguiente es una lista de mediciones de datos brutos que se pueden usar para calcular los KPIs:

- Potencia de AC producida (kW)
- Energía de AC producida (kWh)
- Energía de AC medida (kWh)
- Energía reactiva (kVAR)
- Irradiación (referencia para la planta o las subplantas) (W/m²)
- Temperatura del aire y del módulo (grados centígrados)
- Código de alarma y estado y duración
- Interrupciones, eventos de indisponibilidad

Esta es una lista básica y no es exhaustiva.

10.1.2. KPIs de la planta eléctrica

Los KPIs calculados ofrecen significativa de la operación de una planta fotovoltaica, ya que toman en cuenta las diferentes condiciones de operación de cada planta. A continuación, se encuentran sugerencias para los KPIs calculados junto con la fórmula relevante. Estos KPIs se pueden calcular en diferentes periodos de tiempo, pero a menudo se calculan de manera anual. Al comparar diferentes KPIs o KPIs de diferentes plantas de energía fotovoltaica, es importante mantener la consistencia en el periodo de tiempo utilizado en el cálculo.

10.1.2.1. Rendimiento de referencia

El rendimiento de referencia representa la energía que se puede obtener en condiciones ideales, sin pérdidas, durante cierto periodo de tiempo. Es útil comparar el rendimiento de referencia con el rendimiento final del sistema (consulte →10.1.2.3. índice de rendimiento).

El rendimiento de referencia se define como:

$$Y_{r(i)} = \frac{H_{POA}}{G_{STC}}$$

Donde:

$Y_{r(i)}$ = Rendimiento de referencia (*Reference Yield*) para el periodo de tiempo i expresado en horas sol pico (h) o (kWh/kW)

$H_{POA(i)}$ = La irradiación del plano del arreglo en el intervalo i (kWh/m²)

G_{STC} = La irradiancia de referencia en condiciones de prueba estándar (STC) (1000 W/m²)

10.1.2.2. Rendimiento específico

El rendimiento específico es la medición de la energía total generada por kW_p instalado durante cierto periodo de tiempo.

Esta medida generalmente se calcula tanto en la energía DC de la planta producida como en la energía medida de AC de la planta. En ambos casos, indica la cantidad de horas equivalentes completas producidas por una planta durante un intervalo de tiempo específico.

El rendimiento específico se calcula de la siguiente manera:

$$Y_i = \frac{E_i}{P_0}$$

Donde:

Y_i = Rendimiento específico (*Specific Yield*) de la planta en el periodo de tiempo i , expresado en (kWh/kW_p) u horas sol pico (h)

E_i = Producción de energía de la planta o energía de la planta medida en el periodo de tiempo i (kWh)

P_0 = Potencia DC pico de la planta (potencia nominal) (kW_p)

Esta medida normaliza la producción de la planta en un intervalo de tiempo elegido y, por lo tanto, permite comparar la producción de plantas con diferente potencia nominal o incluso diferentes tecnologías (por ejemplo, fotovoltaica, eólica, biomasa, etc.). Por ejemplo, el rendimiento específico de una instalación fotovoltaica se puede comparar con el rendimiento específico de una planta eólica para la toma de decisiones de inversión o el rendimiento específico de una planta FV de 5 MW_p montada en tierra, se puede comparar directamente con el rendimiento específico de una planta FV de 1 MW_p con seguidor de dos ejes.

El cálculo del rendimiento específico a nivel del inversor también permite hacer una comparación directa entre inversores que pueden tener diferentes tasas de conversión de AC/DC o diferentes potencias nominales. Además, al verificar el rendimiento de referencia a nivel del inversor dentro de una planta, es posible detectar si un inversor tiene un mejor rendimiento que otros.

10.1.2.3. Índice de rendimiento (Performance Ratio)

El índice de rendimiento (Performance Ratio, PR) es un indicador de calidad de la planta fotovoltaica. Como la relación entre el rendimiento específico real y el rendimiento de referencia teóricamente posible, el PR captura el efecto general de las pérdidas del sistema fotovoltaico al convertir la DC de la placa de identificación a la AC de salida. Típicamente, las pérdidas son el resultado de factores tales como la degradación del módulo, la temperatura, la suciedad, las pérdidas del inversor, las pérdidas del transformador y el tiempo de inactividad del sistema y de la red. Cuanto más alto sea el PR, mayor será la eficiencia de energía de la planta.

El índice de rendimiento (PR), como se define en esta sección, generalmente se utiliza para informar sobre periodos de tiempo más largos, por ejemplo, un año. En función del PR, el contratista de O&M puede hacer recomendaciones a los propietarios de la planta sobre posibles inversiones o intervenciones.

El índice de rendimiento se define como:

$$PR = \frac{Y_f}{Y_r} \times 100$$

Donde:

PR = Índice de rendimiento (Performance Ratio) en un año (%)

Y_f = Rendimiento específico durante un año (también llamado rendimiento final) expresado en (kWh/kW_p) u horas sol pico (h)

Y_r = Rendimiento de referencia durante un año expresado en (kWh/kW_p) u horas sol pico (h)

Estas definiciones se basan en (Woyte et al. 2014) de acuerdo con la norma IEC 61724-1:2017 y son una práctica común.

El PR se mide para los tiempos disponibles (consulte →10.1.2.8 Disponibilidad) a nivel del inversor.

Tenga en cuenta que se necesita atención especial cuando se evalúa el PR de plantas sobredimensionadas, donde la producción de la planta está limitada por la salida de AC máxima del inversor. En tales situaciones y durante el periodo en que se produce la sobredimensión, el PR calculará menos de lo normal, aunque no haya ningún problema técnico con la planta. Las partes interesadas deberán tener mucho cuidado al evaluar los valores PR para las plantas sobredimensionadas, aunque el valor sobredimensionado sea estadísticamente constante o con diferencias insignificantes anuales.

10.1.2.4. Índice de rendimiento con corrección de temperatura

En algunas situaciones, por ejemplo, en una prueba de puesta en operación o traspaso de plantas de energía fotovoltaica de un contratista de O&M a otro, el PR se debe medir durante un periodo de tiempo más corto, como dos semanas o un mes (conocido como periodo de tiempo i a continuación). En tales situaciones, se recomienda utilizar una fórmula de PR corregida con factor de temperatura para neutralizar la fluctuación del PR a corto plazo debido a las variaciones de temperatura de las STC (25°C). Como buena práctica, la temperatura se deberá registrar con una granularidad de hasta 15 minutos (conocido como el periodo de tiempo j a continuación) y la temperatura promedio del periodo de tiempo i deberá ser ponderada de acuerdo con el rendimiento específico.

El PR con corrección de temperatura se puede definir de la siguiente manera:

$$PR_{T0(i)} = \frac{Y_i}{Y_{r(i)} \times \left[\left(1 - \frac{\beta}{100} \times (T_{MOD(i)} - 25^\circ\text{C}) \right) \right]} \times 100$$

Donde:

$PR_{T0(i)}$ = Índice de rendimiento con corrección de temperatura para el periodo de tiempo i (%)

Y_i = Rendimiento específico de la planta en el periodo de tiempo i , expresado en (kWh/kW_p) u horas sol pico (h)

$Y_{r(i)}$ = Rendimiento de referencia en el periodo de tiempo i , expresado en (kWh/kW_p) u horas sol pico (h)

β = Coeficiente de temperatura para P_0 que corresponde a los módulos instalados (%/°C)

$T_{MOD(i)}$ = Temperatura promedio del módulo en el periodo i , ponderado de acuerdo con el rendimiento Y_j (°C)

$$T_{MOD(i)} = \frac{\sum_{j=1}^i Y_j \times T_{MOD_MEAS(j)}}{\sum_{j=1}^i (Y_j)}$$

Donde:

Y_j = Rendimiento específico de la planta en el periodo de tiempo j ($j \leq 15$ minutos), expresado en (kWh/kW_p) u horas sol pico (h)

$T_{AMB_MEAS(j)}$ = Temperatura promedio del módulo medida en el periodo de tiempo j ($j \leq 1$ hora) (°C)

10 INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO / CONTINUACIÓN

10.1.2.5. Rendimiento esperado

El rendimiento esperado $Y_{exp(i)}$ es el rendimiento de referencia $Y_{r(i)}$ multiplicado por el PR esperado y, por lo tanto, expresa lo que debería haber sido producido durante un cierto periodo de tiempo i .

El rendimiento esperado se puede definir como:

$$Y_{exp(i)} = PR_{exp(i)} \times Y_{r(i)}$$

Donde:

$Y_{exp(i)}$ = Rendimiento esperado (Expected Yield) en el periodo de tiempo i , expresado en (kWh/kW_p) u horas sol pico (h)
 $PR_{exp(i)}$ = Promedio del índice de rendimiento esperado de la planta en el periodo i , basado en simulación con la temperatura real dada y la irradiación y las características de la planta. (La simulación PR_{exp} está más allá del alcance del presente documento, pero para obtener más información al respecto, consulte Brabandere et al (2014), Klise y Stein (2009), NREL (2017), PVSyst (2017) y SANDIA (2017).)
 $Y_{r(i)}$ = Rendimiento específico de la planta en el periodo de tiempo i , expresado en (kWh/kW_p) u horas sol pico (h)

Tenga en cuenta que el rendimiento esperado se basa en valores anteriores de los datos de irradiación. El rendimiento previsto se basa en los datos pronosticados, a partir de los informes meteorológicos del día siguiente y de la siguiente hora.

10.1.2.6. Índice de rendimiento energético

El índice de rendimiento energético (*Energy Performance Index, EPI*) se define como la relación entre el rendimiento específico Y_i y el rendimiento esperado Y_{exp} determinado por un modelo FV. El EPI se recalcula periódicamente para el periodo de evaluación respectivo (típicamente día/mes/año) utilizando datos meteorológicos reales como entrada al modelo cada vez que se calcula. Este concepto fue propuesto, por ejemplo, en (Honda et al. 2012).

El índice de rendimiento energético (EPI) se define como:

$$EPI_i = \frac{Y_i}{Y_{exp(i)}}$$

Donde:

EPI_i = Índice de rendimiento energético en el periodo de tiempo i (%)
 Y_i = Rendimiento específico en el periodo de tiempo i (kWh/kW_p) o (h)
 $Y_{exp(i)}$ = Rendimiento esperado en el periodo de tiempo i (kWh/kW_p) o (h)

La ventaja de utilizar el EPI es que su valor esperado es del 100% al inicio del proyecto y es independiente del clima o estado del tiempo. Este indicador se basa en la precisión del modelo esperado. Desafortunadamente, hay más de un modelo establecido para el rendimiento esperado de los sistemas fotovoltaicos en operación y no todos son transparentes. Por lo tanto, el uso de EPI se recomienda principalmente para identificar defectos de rendimiento y comparar plantas.

10.1.2.7. Tiempo de actividad

Los tres indicadores clave de desempeño siguientes: tiempo de actividad (Uptime), disponibilidad (Availability) y disponibilidad en función de la energía (Energy-based availability) son tres indicadores estrechamente relacionados para medir si la planta eléctrica fotovoltaica genera o no electricidad. En esta guía, el término “Tiempo de actividad” se utiliza para evitar cualquier confusión con “Disponibilidad”, sin embargo, estos términos a veces se usan indistintamente.

El tiempo de actividad es el parámetro que representa el tiempo durante el cual la planta está operando en relación al tiempo total posible en el que puede operar, sin tener en cuenta ningún factor de exclusión. El tiempo total posible de operación es el tiempo en el que la planta está expuesta a niveles de irradiación superiores al umbral mínimo de irradiación (MIT) del generador.

El tiempo de actividad se define como:

$$U = \frac{T_{\text{useful}} - T_{\text{down}}}{T_{\text{useful}}} \times 100$$

Donde:

U = tiempo de actividad (%) (uptime)

T_{useful} = periodo de tiempo con irradiación plana por encima del MIT (h)

T_{down} = periodo de T_{useful} cuando el sistema está inactivo (sin producción) (h)

La siguiente figura ilustra los diversos periodos en el tiempo mencionados anteriormente.

Por lo general, solo se considera el tiempo en el que la irradiación está por encima el MIT y esto se observa arriba como T_{useful} , donde $T_{\text{useful}} = T_{\text{total}} - T_{(\text{irr} < \text{MIT})}$. Los valores típicos de MIT son 50 o 70 W/m². El MIT debe definirse de acuerdo con las características del sitio y la planta (por ejemplo, tipo de inversor, relación DC/AC, etc.).

El tiempo de actividad se debe medir a nivel del inversor. Los tiempos de actividad de los inversores individuales U_k deberán ponderarse de acuerdo con su respectiva potencia de DC instalada P_k . En este caso, el tiempo de actividad total de la planta eléctrica FV U_{total} con una potencia DC total instalada de P_0 se puede definir de la siguiente manera:

Tiempo de actividad ponderado por la potencia DC instalada de los inversores individuales:

$$U_{\text{total}} = 100 \times \sum \left(U_k \times \frac{P_k}{P_0} \right)$$

Donde:

U_{total} = Tiempo de actividad de la planta (%)

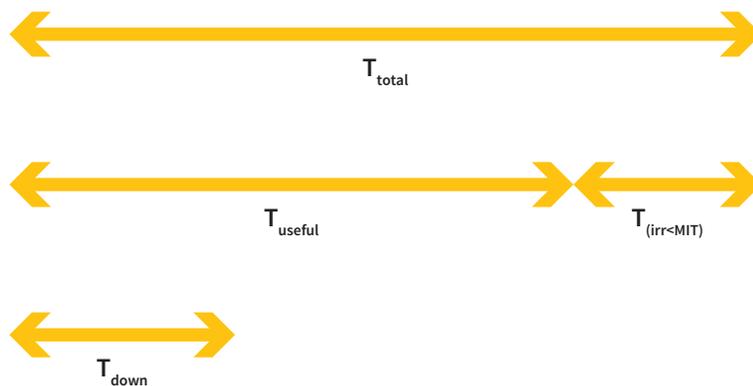
U_k = Tiempo de actividad del inversor k

P_k = Potencia DC instalada del inversor k

P_0 = Potencia DC pico de la planta (potencia nominal) (kW_p)

Para el cálculo del tiempo de actividad, se deben tomar como base datos de irradiación y producción de energía de hasta 15 minutos, si la granularidad de los componentes permanece en el nivel del inversor o superior. Todo lo que esté por debajo del nivel del inversor se captura con el cálculo del índice de rendimiento que se muestra a continuación.

FIGURA 3 VARIOS PERIODOS DE TIEMPO PARA EL CÁLCULO DEL TIEMPO DE ACTIVIDAD



© SOLARPOWER EUROPE 2017

10 INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO / CONTINUACIÓN

10.1.2.8. Disponibilidad

La disponibilidad (*Availability*) es el tiempo de actividad con ciertos factores de exclusión acordados contractualmente (ver abajo) aplicados en el cálculo utilizado como base para las garantías de disponibilidad proporcionadas por el contratista de O&M al propietario del activo. Una mejor práctica es una disponibilidad mínima garantizada del 98% en un año. (Para obtener más detalles sobre la garantía de disponibilidad proporcionada por el contratista de O&M e información sobre las especificidades del mercado mexicano, consulte →11.3.1. Garantía de disponibilidad).

Por lo tanto, la disponibilidad es el parámetro que representa el tiempo en que la planta está operando en relación al tiempo total posible de operación, teniendo en cuenta el número de horas que la planta no está operando por razones contractuales no atribuibles al contratista de O&M (mencionadas a continuación en la misma sección).

La disponibilidad se define y calcula como:

$$A = \frac{T_{\text{useful}} - T_{\text{down}} + T_{\text{excluded}}}{T_{\text{useful}}} \times 100$$

Donde:

A = Disponibilidad (%) (*Availability*)

T_{useful} = periodo de tiempo con irradiancia plana por encima del MIT (h)

T_{down} = periodo de T_{useful} cuando el sistema está inactivo (sin producción) (h)

T_{excluded} = parte de T_{down} a ser excluido debido a la presencia de un factor de exclusión (ver abajo) (h)

La siguiente figura ilustra los diversos periodos en el tiempo mencionados anteriormente.

Igual que el tiempo de actividad, la disponibilidad también se calcula para niveles de irradiancia superiores al MIT y medidos a nivel del inversor. La disponibilidad de los inversores individuales A_k deberán ponderarse de acuerdo con su respectiva potencia de DC instalada P_k . En este caso, la disponibilidad total de la planta eléctrica FV A_{total} con una potencia DC total instalada de P_0 se puede definir de la siguiente manera:

Disponibilidad de la planta ponderada por la potencia DC instalada de los inversores individuales:

$$A_{\text{total}} = 100 \times \sum \left(A_k \times \frac{P_k}{P_0} \right)$$

Donde:

A_{total} = Disponibilidad de la planta (%)

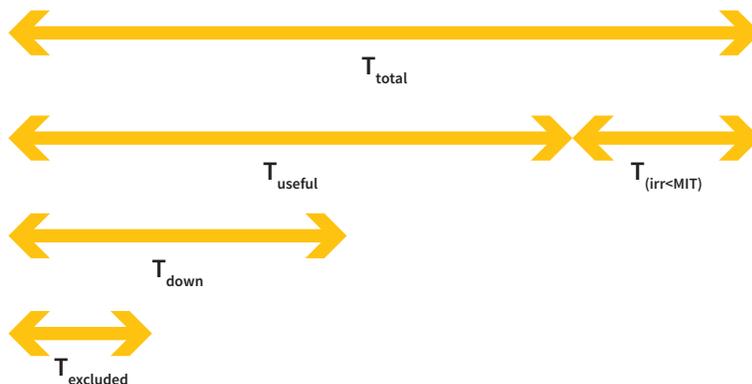
A_k = Disponibilidad del inversor k

P_k = Potencia DC instalada del inversor k

P_0 = Potencia DC pico de la planta (potencia nominal)

Para el cálculo de la disponibilidad, se deben tomar como base datos de irradiancia y producción de energía de hasta 15 minutos, si la granularidad de los componentes permanece en el nivel del inversor o superior. Todo lo que esté por debajo del nivel del inversor se captura con el cálculo del índice de rendimiento que se muestra a continuación.

FIGURA 4 VARIOS PERIODOS DE TIEMPO PARA EL CÁLCULO DE LA DISPONIBILIDAD⁴



⁴ T_{down} representa todo el tiempo de inactividad, antes de aplicar las exclusiones. Por lo tanto, T_{excluded} es parte de T_{down} en el diagrama, en la práctica, a menudo primero se ve que una planta está inactiva (= medición

de T_{down}) y solo en el curso de la resolución del problema se obtiene la información de si se puede excluir parte del tiempo de inactividad o no.

Ya que la disponibilidad se utiliza para fines contractuales, cualquier tiempo de falla debería empezar a contar a partir de que el contratista de O&M reciba el mensaje de error. Si la conexión de datos al sitio no estaba disponible, el tiempo de falla solo debería comenzar después del restablecimiento del enlace.

El propietario del activo y el contratista de O&M deberán acordar ciertas situaciones de falla que no se deberán tomar en cuenta (*factores de exclusión*) en el cálculo de la disponibilidad. Algunos buenos ejemplos de factores de exclusión son:

- Fuerza mayor;
- Nieve y hielo en los módulos fotovoltaicos;
- Daño a la planta FV (incluidos los cables hasta el punto de alimentación) por parte del cliente o de terceros que no sean subcontratistas del contratista de O&M, incluido, entre otros, el vandalismo;
- Desconexión o reducción de la generación de energía por parte del cliente o como resultado de una orden emitida al cliente por un tribunal o autoridad pública;
- Interrupción operativa por desconexiones de la red o interrupciones en la red del operador de la red;
- Desconexiones o regulación de potencia por el operador de la red o sus dispositivos de control;
- Tiempos de inactividad resultantes por fallas en el inversor o en los componentes de voltaje MV (por ejemplo, transformador, centros de seccionamiento), si esto requiere
 - soporte técnico del fabricante y/o
 - soporte logístico (por ejemplo, suministro de partes de repuesto) por parte del fabricante;
- Interrupciones del sistema de comunicación. Cualquier tiempo de falla empieza a contar a partir de que el contratista de O&M reciba el mensaje de error. Si la conexión de datos al sitio no estaba disponible, el tiempo de falla solo debe comenzar después del restablecimiento del enlace.
- Demoras de aprobación por parte del cliente para realizar los trabajos necesarios;

- Tiempo de inactividad para la implementación de medidas para mejorar la planta fotovoltaica, si así lo acuerdan las partes;
- Tiempo de inactividad causada por el hecho de que el cliente haya encargado a terceros la implementación del trabajo técnico en la planta fotovoltaica.

10.1.2.9. Disponibilidad basada en energía

La disponibilidad basada en la energía (Energy-based availability) toma en consideración que una hora en un periodo con alta irradiancia es más valiosa que una hora en un periodo con baja irradiancia. Por lo tanto, su cálculo no utiliza el tiempo, sino la energía (y la energía perdida) para su base:

La disponibilidad basada en la energía se define como:

$$EA_i = \frac{E_i}{E_i + E_{loss(i)}} \times 100$$

Donde:

EA_i = Disponibilidad basada en energía en el periodo i (%) (Energy-based availability)

$E_{loss(i)}$ = Energía perdida calculada en el periodo i (kWh)

E_i = Producción de energía de la planta o energía de la planta medida en el periodo de i (kWh)

Tenga en cuenta que los factores de exclusión definidos para la disponibilidad también se aplican a la disponibilidad basada en energía.

10.2. KPIs del contratista de O&M

A diferencia de los KPIs de la planta eléctrica, que proporcionan al propietario del activo información sobre el rendimiento de su activo, los KPIs del contratista de O&M evalúan el rendimiento del servicio de O&M.

Los siguientes KPIs de tiempo se muestran en la Figura 5.

10.2.1. Tiempo de confirmación

El tiempo de confirmación (también conocido como tiempo de reacción) es el tiempo que pasa entre la detección del problema (recepción de la alarma o la detección de una falla) y la confirmación de la falla por parte del contratista de O&M al enviar a un técnico. El tiempo de confirmación refleja la capacidad operativa del contratista de O&M.

10 INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO / CONTINUACIÓN

10.2.2. Tiempo de intervención

El tiempo de intervención es el tiempo que tarda un técnico de servicio o un subcontratista en llegar a la planta desde el momento de la confirmación y en caso de que la visita del contratista de O&M sea necesaria por contrato (en ciertos casos es posible la reparación remota o si el contratista de O&M no puede reparar la falla, es necesaria participación de terceros). El tiempo de intervención evalúa la capacidad del contratista de O&M de desplazarse con rapidez para llegar a la ubicación.

10.2.3. Tiempo de respuesta

El Tiempo de Respuesta es el tiempo de confirmación más el tiempo de intervención. Utilizados para fines contractuales, se garantizan tiempos de respuesta mínimos en función de las clases de fallas, es decir, la (potencial) pérdida de la capacidad de generación de energía. Para obtener recomendaciones sobre las garantías de tiempo de respuesta, consulte → 11.3.2. Garantía de tiempo de respuesta.

10.2.4. Tiempo de resolución

El Tiempo de Resolución (o Tiempo de Reparación) es el tiempo para resolver el fallo a partir del momento en que ocurre en la planta fotovoltaica. El tiempo de resolución no está garantizado, porque la resolución a menudo no depende totalmente del contratista de O&M.

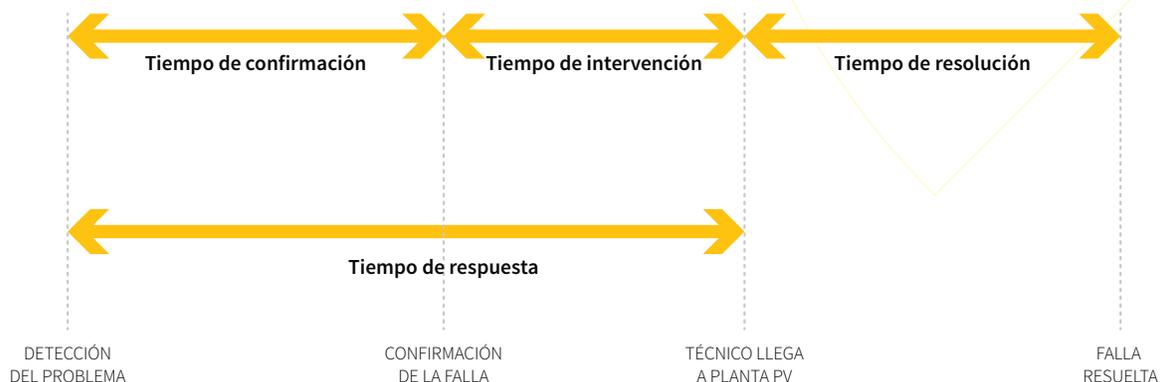
10.2.5. Generación de reportes

Es muy importante que el contratista de O&M cumpla con los requerimientos de generación de reportes y los plazos de entrega. El contenido y el tiempo de entrega del reporte generalmente son acordados por las partes en el contrato. Se espera que el contenido del reporte sea coherente y el contratista de O&M deberá explicar cualquier cambio en el contenido o formato. La entrega de reportes según el cronograma acordado es un indicador importante para la fiabilidad y el cumplimiento del proceso dentro de la organización del contratista de O&M. Consulte → 5.1. Generación de reportes.

10.2.6. Experiencia del contratista de O&M

La experiencia del contratista de O&M con plantas de energía fotovoltaica en particular en el país, la región, el entorno de la red y/o plantas de energía fotovoltaica equipadas con cierta tecnología o tamaño puede desempeñar un papel importante. Esto es muy importante para la selección del contratista de O&M y el propietario puede darle seguimiento a lo largo del tiempo (registro de seguimiento).

FIGURA 5 TIEMPO DE CONFIRMACIÓN, TIEMPO DE INTERVENCIÓN, TIEMPO DE RESPUESTA, TIEMPO DE RESOLUCIÓN



11

MARCO CONTRACTUAL

© Lipik Stock Media

Esta sección contiene un conjunto de consideraciones para el marco contractual de servicios de O&M para plantas fotovoltaicas de gran escala (*utility-scale*), y más específicamente, para sistemas de más de 1 MW_p. Como complemento a las especificaciones técnicas detalladas en los capítulos anteriores, el marco contractual descrito en este capítulo se considera dentro de las mejores prácticas.

Como mejor práctica, recomendamos utilizar la plantilla del contrato de O&M desarrollado como parte de la Iniciativa Global de Estandarización de Energía Solar (*Global Solar Energy Standardization Initiative; SESI*), una iniciativa conjunta de la Iniciativa Terrawatt, la Agencia Internacional de Energías Renovables, SolarPower Europe y el Consejo Solar Global. La plantilla de contrato de SESI está programada para lanzarse en 2018.

11.1. Alcance del contrato de O&M

Los servicios que proporcionará el contratista de O&M incluyen:

Gestión técnica de activos. (La mayoría de estos servicios los puede llevar cabo el contratista de O&M o el administrador de activos).

- Reportes al propietario del activo
 - Reportes sobre el rendimiento de la planta FV
 - Reportes sobre el rendimiento de O&M
 - Reporte sobre incidentes
- Garantizar el cumplimiento normativo
 - Requerimientos legales para la operación de la planta FV
 - Contratos de compraventa de energía y acuerdos de interconexión
 - Acuerdos de licencia de generación de energía
 - Permisos de construcción y permisos ambientales
- Gestión de garantías
- Reclamos de seguro
- Gestión de contratos

Operación de la planta eléctrica

- Gestión de la documentación de la planta
- Supervisión de la planta
 - Monitoreo de rendimiento y documentación
 - Análisis y mejora del rendimiento
 - Detección/diagnóstico de problemas
 - Despacho/supervisión del servicio
 - Interfaz de monitoreo de seguridad (*opcional*)

11 MARCO CONTRACTUAL / CONTINUACIÓN

- Operación de la planta
 - Control de la planta
 - Pronóstico de generación de energía (*opcional*)
 - Interfaz del operador de la red, cumplimiento del código de red
 - Programación de mantenimiento
- Gestión de cambios (*opcional*)
- Reportes al gestor técnico de activos (en caso de que el contratista de O&M no sea el gestor técnico de activos)

Mantenimiento de la planta eléctrica

- Mantenimiento de la planta fotovoltaica
 - Mantenimiento preventivo
 - Mantenimiento correctivo de acuerdo con las garantías de tiempo de respuesta acordadas (algunos tipos de actividades de mantenimiento pueden estar fuera del alcance del contrato, para obtener más información, consulte →7.2. Mantenimiento correctivo)
 - Mantenimiento extraordinario (generalmente no incluido en la tarifa fija de O&M, pero es aconsejable que el contrato de O&M incluya las reglas para preparar la cotización y para ejecutar trabajos de mantenimiento extraordinario)
 - La planta fotovoltaica incluye: módulos, estructura/seguidores, cables y tubería, cajas combinadoras, inversores, sistemas de monitoreo que incluyen estación meteorológica, transformadores, centros de seccionamiento (*switchgears*), interruptores, subestación
- Servicios de mantenimiento adicionales (*opcional*, consulte →7.4. Servicios adicionales)

A continuación, se incluye una lista no exhaustiva de servicios adicionales y tendencias generales del mercado con respecto a si estos servicios adicionales generalmente se incluyen en el acuerdo de O&M o no.

Todos los servicios no incluidos en el alcance y en la tarifa fija como son →7.3. *Mantenimiento extraordinario* y →7.4. *Servicios adicionales* deben estar regulados dentro del contrato. Deberá existir una cláusula dedicada que indique el procedimiento y deberá incluir: (i) una propuesta del contratista de O&M dentro de un intervalo de tiempo fijo, (ii) un periodo fijo para que el propietario del activo lo acepte o solicite una modificación, (iii) una aprobación final. Podrían acordarse previamente tarifas de mano de obra y renta de maquinaria, entre otras, y podría adjuntarse una tabla específica como Anexo del contrato.

Gestión de partes de repuesto. (Consulte → 11.8. Gestión de partes de repuesto)

- Mantenimiento de partes de repuesto
- Reposición de partes de repuesto
- Almacenamiento de partes de repuesto (*opcional*)

Para obtener más información sobre los elementos específicos en la lista anterior, consulte las respectivas secciones y capítulos de esta guía.

TABLA 5 EJEMPLOS DE SERVICIOS DE MANTENIMIENTO ADICIONALES Y TENDENCIAS GENERALES DEL MERCADO CON RESPECTO A SI ESTOS SERVICIOS ADICIONALES GENERALMENTE SE INCLUYEN EN EL ACUERDO DE O&M O NO.

	SERVICIOS ADICIONALES	COMPORTAMIENTO GENERAL
Mantenimiento de la planta FV	Limpieza del módulo	Generalmente incluido
	Manejo de vegetación	Generalmente se incluye, pero es necesario especificar el manejo de la vegetación perimetral y de posibles medidas de compensación ambiental
	Remoción de nieve o arena	Generalmente no incluido y generalmente no es fácil de proporcionar
Mantenimiento general del sitio	Control de plagas	Generalmente no incluido
	Eliminación de residuos	Generalmente incluido en referencia a los residuos generados durante las actividades de O&M
	Reparación de caminos	Generalmente no incluido
	Reparación de vallas perimetrales	Generalmente no está incluido y a menudo es causado por fuerza mayor (es decir: robo)
	Mantenimiento de edificios	Generalmente no incluido
	Mantenimiento de equipos de seguridad	Generalmente no incluido; estas actividades son realizadas por un proveedor de vigilancia y seguridad independiente para tener responsabilidades claramente definidas (consulte →6.10. Seguridad de la planta eléctrica)
Mediciones en sitio	Lectura semanal/mensual del medidor de energía	Generalmente incluido ya que es utilizado el reporte de rendimiento periódico para el propietario del activo
	Entrada de datos en registros fiscales o en los portales web de las autoridades para la evaluación de la tarifa FIT (Sí aplica)	Generalmente esta actividad se considera responsabilidad del administrador de activos. Sin embargo, se puede incluir en el alcance del trabajo de O&M
	Mediciones de cadenas - en la medida en que se exceda el nivel acordado de mantenimiento preventivo	Generalmente no incluido, pero se podría fijar un precio por adelantado en el contrato de O&M
	Inspecciones termográficas - en la medida en que se exceda el nivel acordado de mantenimiento preventivo	Generalmente no incluido, pero se podría fijar un precio unitario por adelantado en el contrato de O&M

11 MARCO CONTRACTUAL / CONTINUACIÓN

11.2. Tarifa del contrato de O&M

Como mejor práctica, los servicios de O&M deberán prestarse con una tarifa fija más reajustes.

11.3. Garantías contractuales

La presente versión 2.0 de la Guía de Mejores Prácticas de O&M, adopta una postura más progresista con respecto al marco contractual en comparación con la primera edición. Aunque algunos contratistas de O&M todavía ofrecen garantías de índice de rendimiento (Performance Ratio, PR) en algunos casos, los desarrollos recientes que incluyen las recomendaciones de la *Global Solar Energy Standardization Initiative*, muestran que eliminar la garantía de PR y usar solo garantías de disponibilidad y tiempo de respuesta tiene varias ventajas.

El PR es, en gran medida, el resultado de la elección, el diseño y la construcción del equipo, donde el contratista de O&M tiene poca influencia, más allá del control de la vegetación y la limpieza de módulos. Además, al eliminar el PR como un KPI del contratista de O&M, facilita el traspaso de la planta eléctrica del EPC al contratista de O&M o de un contratista de O&M a otro contratista de O&M.

Eliminar la garantía de PR y usar en su lugar las garantías de disponibilidad y tiempo de respuesta es un enfoque más progresivo que protege al propietario de los activos de contratistas de O&M de bajo rendimiento. La disponibilidad es el KPI que mejor refleja el servicio del contratista de O&M. Gracias a la garantía de tiempo de respuesta, en el caso de eventos que afecten el rendimiento de la planta que no están cubiertos por la garantía de disponibilidad, el contratista debe intervenir en un plazo acordado previamente en función del impacto de la falla. Dado que hay puntos específicos originados que pueden influir en el PR que involucran directamente al contratista, estos pueden identificarse y abordarse fácilmente en el contrato. Además, el contratista de O&M también está obligado a intervenir en caso de incidentes que no afecten el rendimiento, refiriéndose a las buenas prácticas de la industria en general. Otro aspecto positivo de la eliminación de la garantía de PR es que hace que la transición a un nuevo contratista sea mucho más fluida y, por lo tanto, permite a los prestamistas y propietarios elegir un contratista de su elección con el único criterio de la calidad de los servicios. La exclusión de la garantía de PR elimina el proceso de gestión de cambios pesados,

debido a la necesidad de tener que recalcularse el PR garantizado en caso del traspaso de la planta, lo cual es un obstáculo en el mercado.

11.3.1. Garantía de disponibilidad

Como mejor práctica se debe fijar la disponibilidad mínima garantizada del 98%. Las características del mercado mexicano, tanto por legislación laboral, como por requerimientos del operador de la red, resultan en la necesidad de tener en campo personal técnico de tiempo completo; lo que permite, por lo tanto, exigir razonablemente un valor mínimo de disponibilidad del 99%. La prestación de dicho servicio de O&M es una práctica común en México, la cual permite mantener altos niveles de disponibilidad y omitir (dependiendo de cada caso), los esquemas de bonificación, dado que una disponibilidad mayor al 99% es estándar en este sector.

Por razones de KPIs contractuales, la disponibilidad debe calcularse a nivel de inversor, de manera anual. Para obtener más información consulte → 10.1.2.8. Disponibilidad.

La disponibilidad lograda por el contratista de O&M se traduce en esquemas de es convenidas. Para obtener más información consulte → 11.4. Esquemas de penalidades por incumplimiento.

11.3.2. Garantía de tiempo de respuesta

El contratista de O&M deberá garantizar que puede reaccionar ante las alarmas recibidas de la planta a través del sistema de monitoreo y supervisión en determinado plazo de tiempo, los 7 días de la semana. Esto se traduce en un tiempo de respuesta mínimo garantizado. Para una definición de tiempo de respuesta, consulte → 10.2.3. Tiempo de respuesta.

Al establecer garantías de tiempo de respuesta, se recomienda diferenciar entre horas y periodos con niveles de irradiancia altos y bajos, así como las clases de fallas, es decir, la pérdida (potencial) de la capacidad de generación de energía.

A continuación, se muestra un ejemplo de garantías de tiempo de respuesta según la clase de la falla:

TABLA 6 EJEMPLOS DE CLASES DE FALLAS Y TIEMPOS DE RESPUESTA MÍNIMOS CORRESPONDIENTES

NOTA: LA CLASE DE FALLA Y LAS CORRESPONDIENTES GARANTÍAS DE TIEMPO DE RESPUESTA APLICAN INCLUSO SI LA DURACIÓN DE LA PÉRDIDA DE ENERGÍA RESPECTIVA ES MENOR QUE LA CORRESPONDIENTE GARANTÍA DE TIEMPO DE RESPUESTA, SIEMPRE Y CUANDO LA PÉRDIDA DE ENERGÍA PUEDA VOLVER A OCURRIR.

CLASE DE LA FALLA	DEFINICIÓN DE LA CLASE DE LA FALLA	GARANTÍA DE TIEMPO DE RESPUESTA
Clase de falla: 1	Toda la planta está apagada, 100% de pérdida de energía	4 horas diurnas
Clase de falla: 2	Más del 30% de pérdida de energía o más de 300kW _p	24 horas
Clase de falla: 3	Pérdida de energía de 0% a 30%	36 horas

En caso de que sea necesario reemplazar un equipo, el contratista de O&M deberá comprometerse a ponerlo a disposición en sitio y reemplazar el equipo en un plazo de 8 horas hábiles posteriores al término del tiempo de respuesta, en caso de que la parte de repuesto esté incluida en la lista de partes de repuesto que se deben de tener como mínimo. Si la parte de repuesto no está incluida en dicha lista, el contratista de O&M deberá comprometerse a pedir la parte de repuesto en un plazo de 8 horas hábiles posteriores al término del tiempo de respuesta y reemplazarla en el área de la planta de la manera más rápida posible después de recibirla.

En caso de que la falla no pueda ser resuelta por el contratista de O&M y se requiera la intervención del proveedor del equipo, serán necesarias las siguientes acciones:

- si la intervención requiere partes de repuesto dentro del límite del acuerdo de la responsabilidad de costos de O&M (consulte →11.8. Gestión de partes de repuesto), el contratista de O&M puede proceder sin aprobación por separado (se deben tomar en cuenta los aspectos de la póliza de seguro);
- si los costos superan el límite presupuestario anterior, el contratista deberá comunicar el problema por escrito al propietario del activo en un plazo de 8 horas hábiles posteriores al término del tiempo de respuesta.

Los eventos de fuerza mayor están excluidos de las obligaciones del tiempo de respuesta.

El tiempo de resolución no está garantizado, porque la resolución depende de la magnitud del mal funcionamiento o daño.

11.4. Esquemas de bonificación y penalización por incumplimiento

La garantía de disponibilidad ofrecida por el contratista de O&M se traduce en esquemas de bonificación y penalidades por incumplimiento. Esto garantiza que el propietario del activo será compensado por pérdidas resultantes de una disponibilidad inferior a la garantizada. Una mayor disponibilidad generalmente conduce a una mayor generación de energía y un aumento de los ingresos en beneficio del propietario de la planta. Por lo tanto, los acuerdos del esquema de bonificación conducen a una situación de beneficio mutuo para ambas partes y garantiza que el contratista de O&M esté muy motivado.

Dado que la responsabilidad del contratista de O&M se centra en los trabajos de O&M para el activo fotovoltaico, la responsabilidad y penalidad por incumplimiento del O&M deberán estar exentas de otros factores influyentes como eventos de fuerza mayor, actividades de los operadores de red para reducir la producción de la planta, inestabilidad de la red o periodos fuera de línea (Consulte los factores de exclusión en →10.1.2.8. Disponibilidad).

A continuación, se incluye un ejemplo de los esquemas de penalidad por incumplimiento de la disponibilidad:

- Esquemas de bonificación: si se supera la disponibilidad mínima garantizada, los ingresos adicionales en función del ingreso anual esperado del escenario base se dividirán por igual (50/50) entre el propietario del activo y el contratista de O&M.
- Indemnización: si no se alcanza la disponibilidad mínima garantizada, el contratista de O&M compensará el 100% de los ingresos perdidos debido al déficit de disponibilidad con respecto a la disponibilidad mínima garantizada en función del

11 MARCO CONTRACTUAL / CONTINUACIÓN

ingreso anual esperado del escenario base. Esto generalmente se traduce en una reducción de la tarifa anual de O&M.

- Las bonificaciones pueden compensarse con la indemnización por daños y perjuicios y viceversa.

El monto de la indemnización está limitado al 100% de la tarifa anual de O&M en un periodo de 12 meses. Alcanzar este límite suele dar lugar a los derechos de rescisión del propietario del activo y el contratista de O&M.⁵

11.5. Estándares del servicio

El contratista de O&M debe proporcionar los servicios de acuerdo con todas las leyes, buenas prácticas industriales, permisos de obra, garantías del fabricante y manuales de operación.

El propietario del activo debe tener derecho a instruir a un operador externo para que preste los servicios al mismo precio que el contratista de O&M, cuando el contratista de O&M no cumpla con la prestación de los servicios y no siga un programa de remedio.

11.6. Calificación del contratista de O&M

El contratista de O&M, tiene los medios, las habilidades y la capacidad para operar y mantener la planta de acuerdo con las obligaciones contractuales. La experiencia y disponibilidad de una organización profesional, equipos capacitados y acceso a partes de repuesto son criterios para la selección del contratista de O&M. Como los servicios de O&M son una combinación de servicios de operaciones remotas y actividades de mantenimiento locales, el propietario del activo debe asegurarse de que ambos componentes estén bien administrados y las interfaces entre servicios de operaciones y servicios de mantenimiento estén bien definidas, especialmente cuando el contratista de O&M subcontrata a diferentes entidades, donde cada entidad es responsable y puede ser que tenga que rendir cuentas del desempeño general de O&M.

11.7. Responsabilidad y rendición de cuentas

La responsabilidad del contratista de O&M generalmente se define en el alcance del trabajo, que forma parte del contrato de O&M. Una descripción detallada de los elementos del alcance de O&M garantiza la claridad de lo que hará el contratista de O&M durante la vigencia del contrato. Además del alcance del trabajo, en el plan anual de mantenimiento (AMP) y en el calendario anual de mantenimiento (AMS) (consulte el anexo “Plan anual de mantenimiento”) se describe la granularidad y frecuencia (principalmente) de los trabajos de mantenimiento preventivo. La ejecución de las actividades se informará al propietario del activo a través de reportes periódicos – requerimiento mínimo. Se pueden observar mejores prácticas si el reporte periódico hace una comparación de las actividades ejecutadas con el AMP y el AMS, y describe las desviaciones y el motivo de las mismas.

Las actividades de mantenimiento correctivo, que se realizarán en caso de la falla de cualquier componente o déficit de generación de energía, están controladas por compromisos de desempeño firmados por el contratista de O&M.

Además, las garantías “disponibilidad” y “tiempo de respuesta” se explican en → 11.3. Garantías contractuales del presente capítulo y también representan un nivel rendimiento de cuentas del contratista de O&M.

En la mayoría de los países, existen estrictos requerimientos legales para los proveedores de servicios de seguridad. Por lo tanto, la seguridad de la planta eléctrica FV debe estar garantizada por proveedores de servicios de seguridad especializados subcontratados por el contratista de O&M. El proveedor de servicios de seguridad también deberá asumir la responsabilidad de los servicios de seguridad prestados. Para obtener más información consulte → 6.10. Seguridad de la planta eléctrica.

⁵ La prestación del servicio por parte de diversos operadores/técnicos en planta en México, que representa una práctica común, y por lo tanto la capacidad de mantener altos niveles de disponibilidad en condiciones estándar del servicio O&M, permite obviar (dependiendo de cada caso), los esquemas de bonificación, dado que una disponibilidad mayor a 99% es un estándar en el sector.

11.8. Gestión de partes de repuesto

Como se explica en el capítulo →8. Gestión de partes de repuesto, es importante diferenciar entre consumibles y partes de repuesto. Si bien los primeros deben incluirse en la tarifa fija de O&M, existen especificaciones contractuales específicas sobre las últimas.

Se considera mejor práctica no incluir el costo de reposición de partes de repuesto en la tarifa fija de O&M. No obstante, puede haber excepciones a esta cláusula, como son los equipos cuyo valor unitario es inferior a 600 US\$/ MW_p, o cuando se agrupan varias hasta una cantidad anual máxima de 2,400 US\$/ MW_p (las cifras se dan como indicativos), así como situaciones en las que se requieren repuestos debido a una acción o incumplimiento del contratista de O&M.

Las partes de repuesto son propiedad del propietario del activo, mientras que el mantenimiento, el almacenamiento y el reabastecimiento normalmente es responsabilidad del contratista de O&M. Además de cuestiones de propiedad, es muy importante asegurarse, de mutuo acuerdo, que una de las partes asume la responsabilidad de asegurar las partes de repuesto: como recomendación, las partes de repuesto almacenadas en el sitio deben estar aseguradas por el propietario del activo y las partes de repuesto almacenadas fuera del sitio deben estar aseguradas por el contratista de O&M.

Deberá haber una garantía de defectos de componentes, materiales y repuestos de 12 meses a partir de la fecha de instalación, la cual debe continuar aplicándose incluso después de la caducidad o terminación del contrato de O&M.

Para obtener más información sobre la gestión de partes de repuesto, consulte el capítulo →8. Gestión de partes de repuesto.

11.9 Monitoreo remoto de la planta eléctrica

El contratista de O&M deberá operar y mantener el sistema de medición de acuerdo con las regulaciones o normas locales. En algunos países hay dos sistemas de medición: uno que mide la inyección de energía a la red, que es propiedad de, y es operado por el operador de la red, y otro que mide la producción de energía, propiedad del propietario del activo como parte de la instalación y es operado por el contratista de O&M.

El contratista de O&M también se asegurará de que el monitoreo del rendimiento y el correspondiente reporte se realicen y se mantengan de acuerdo con las especificaciones de monitoreo y las mejores prácticas (ver →9. Requerimientos de datos y monitoreo).

El propietario del activo tiene el derecho de hacer una verificación del sistema de medición para evaluar y controlar la exactitud de los datos medidos.

11.10. Generación de reportes

Los reportes deben hacerse periódicamente, según lo acordado contractualmente entre el contratista de O&M (el gestor técnico de activos) y el propietario del activo. El propietario del activo debe tener el derecho de debatir el reporte dentro de un plazo determinado.

Para obtener más información sobre las mejores prácticas de la industria con respecto a la generación de reportes, consulte →5.1. Generación de reportes.

12

O&M DE UN SISTEMA SOLAR DISTRIBUIDO

© Frans Lemmens / Alamy Stock Photo

El objetivo de este capítulo es ayudar en la aplicación de las mejores prácticas tratando instalaciones fotovoltaicas (FV) a gran escala para proyectos solares distribuidos. Todas las mejores prácticas mencionadas en esta guía podrían aplicarse teóricamente incluso en el sistema solar más pequeño por su beneficio, sin embargo, esto no es de naturaleza práctica debido a un diferente conjunto de partes interesadas e implicaciones financieras. Este capítulo no hace distinción entre proyectos residenciales y comerciales para techos, es más, si un nivel más alto de precisión y cuidado es económicamente factible, debería ser el enfoque adoptado.

La consideración principal debe ser brindar la mayor atención posible de la manera más rentable para entregar el Costo nivelado de energía (LCOE, por sus siglas en inglés) más bajo a los propietarios de activos distribuidos; por lo general propietarios de viviendas o negocios o entidades públicas.

Los factores clave que afectan a los cambios en la aplicación de las mejores prácticas para instalaciones FV a gran escala son:

- Diferentes grupos de partes interesadas: Los propietarios de activos no son profesionales de la energía solar.
- Diferente economía: El hardware adicional de monitoreo (temperatura / irradiancia) además del proveedor del inversor, es un % mayor a la inversión total. Los costos de las inspecciones físicas y de desplazamiento son proporcionalmente más altos en comparación con los ahorros.
- Mayor incidencia de incertidumbre (mayor sombra, menor precisión de los datos, menos inspección visual).

12.1. Partes interesadas

Las partes interesadas activas en un sistema solar distribuido se han limitado históricamente al propietario del sistema y al minorista/instalador (EPC), la participación directa de proveedores, ingenieros/asesores externos y prestamistas siendo rara.

El minorista/instalador no debe aprovechar su posición de fortaleza y deberá proporcionar de manera honesta y precisa toda la información a los propietarios del sistema. En particular, debe quedar claro cuál es el impacto si no se logran las predicciones de rendimiento, y cuál es la compensación ofrecida. El impacto y las acciones sugeridas en caso de quiebra del minorista/instalador deben ser debatidos con el propietario del sistema.

Los requerimientos para la O&M deben incluir inspecciones eléctricas y mantenimiento correctivo programados.

El minorista/instalador no deberá indicar que los sistemas solares se limpian de manera automática y no requieren mantenimiento.

12.2. Seguridad, salud y medio ambiente

Tome las precauciones necesarias tal como se describe en las mejores prácticas para instalaciones a gran escala. Se debe poner más énfasis en el entrenamiento y en las capacidades requeridas para trabajar en alturas y techos.

Es más probable que el acceso al sistema esté disponible para otras partes que no están directamente involucradas en el mantenimiento del sistema solar. Los desarrolladores y proveedores de O&M deben ofrecer “entrenamiento a partes interesados” para las personas que trabajan o viven cerca de la instalación.

La señalización adecuada de riesgos debe mostrarse junto a cualquier dispositivo peligroso.

12.3. Personal y formación

Al tratar con el propietario de un activo que no sea un profesional, es importante tener en cuenta la información que se les proporciona en todas las etapas del ciclo de vida del proyecto.

- Los minoristas/instaladores deben tener clara la necesidad de mantenimiento continuo y asegurarse de que esto se refleje en cualquier análisis financiero entregado a los clientes. Una mejor práctica involucraría:
 - Al minorista que presta el mismo el servicio de mantenimiento (o)
 - Asegurar un traspaso claro y continuo a un tercero en la O&M.
- Entregue un manual al propietario del lugar con información de contacto y la descripción de los indicadores y de los procedimientos operativos que se pueden llevar a cabo, incluida una documentación clara que indique que el cliente es responsable de mantener los resultados originales del estudio de irradiancia /sombra mediante el manejo de la vegetación.

12.4. Gestión técnica de activos, monitoreo y generación de reportes

El propietario de los activos no suele ser un profesional solar, por eso los reportes deben ser claros y fáciles de entender. El objetivo de los reportes es verificar que el activo esté funcionando de acuerdo con las expectativas prometidas por los minoristas/instaladores en el proceso de venta.

Una cuestión central de O&M para la energía solar distribuida es garantizar la precisión del monitoreo del rendimiento de un sistema distribuido a pequeña escala, dada la posible ausencia de un piranómetro y sensores de temperatura del módulo.

Indicadores clave de desempeño (KPI) Para informar a los propietarios de los activos, se debe hacer hincapié en el Índice de rendimiento energético (Energy Performance Index, EPI) en lugar de en la disponibilidad, el tiempo de inactividad o índice de rendimiento (Performance Ratio, PR). EPI es una medida fácilmente explicable que no requiere conocimiento profundo de energía solar. (Ver 10.1.2.6 para más detalles.)

Si EPI es mayor que 100%, el sistema está funcionando de acuerdo a la expectativa en función de las condiciones climáticas reales experimentadas.

El rendimiento esperado basado en las condiciones climáticas reales debe usar las mismas suposiciones (índice de rendimiento, sombra, degradación) que se hicieron al invertir. El EPI debe informarse al propietario de los activos al menos una vez al año, pero el proveedor de O&M debe revisar y tomar medidas con mayor frecuencia (mensualmente).

Recopilación de datos de rendimiento de referencia

Para calcular con precisión el Índice de rendimiento energético, es necesario recopilar datos del Rendimiento de referencia (irradiancia local) y datos de temperatura.

Se sugieren los siguientes métodos para la recolección de datos de rendimiento de referencia:

TABLA 7 MÉTODOS SUGERIDOS PARA LA RECOPIACIÓN DE RENDIMIENTOS DE REFERENCIA

FUENTE DEL RENDIMIENTO DE	EXACTITUD	COSTO DEL HARDWARE	COMENTARIO
Piranómetro en el sitio	Alta ¹	Alto	Consulte 9.10.1. Se pueden usar piranómetros públicos, si están disponibles
Sensor a nivel módulo	Alta	Alto	
Datos satelitales	Media-alta ²	Ninguno	Consulte 9.10.1.
Sensores de celdas	Media	Bajo	
Comparación local	Media-baja	Ninguno	El punto de referencia establecido debe ser verificado
Datos históricos	Baja	Ninguno	La variación mensual puede ser +/- 20%

1: LOS PIRANÓMETROS Y SENSORES DE CELDA NECESITAN LIMPIEZA Y RECALIBRACIÓN PERIÓDICAS PARA MANTENER EL MAYOR NIVEL DE PRECISIÓN. SI ESTO NO PUEDE MANTENERSE, ES PREFERIBLE UN BUEN CONJUNTO DE DATOS SATELITALES DE IRRADIANCIA.

2: LA PRECISIÓN DE LOS DATOS SATELITALES DEPENDE DEL TIPO DE FUENTE. SIN EMBARGO, LAS MEJORES REFERENCIAS TIENEN UNA GRANULARIDAD DE 3X3 KM² Y NO INCLUYEN SOMBRAS LOCALES.

Sombra:

Los proyectos distribuidos tienen perfiles de sombra mucho más grandes y variables que los proyectos a gran escala, incluso los grandes proyectos comerciales suelen encontrar importantes obstáculos en el techo. La mejor práctica requiere que los rendimientos esperados utilizados en el EPI se ajusten en función de la expectativa de sombra para el intervalo de KPI.

Como recomendación se debería incluir el trazado del horizonte y de los obstáculos en todos los modelos de rendimiento.

12.5. Operaciones

Para garantizar la maximización de la producción y, por lo tanto, el LCOE más bajo de un activo solar, el propietario debe realizar o subcontratar una adecuada actividad de operación y mantenimiento.

El propietario del activo debe tener acceso a una línea directa de atención al cliente y saber a quién contactar en caso de problemas. Esta información se coloca idealmente al lado del inversor.

Las operaciones para sistemas distribuidos deben cubrir los siguientes incidentes:

TABLA 8 INCIDENTES CUBIERTOS POR LAS OPERACIONES PARA SISTEMAS DISTRIBUIDOS

INCIDENTE	CLASIFICACIÓN	COMENTARIO
Alarmas del inversor	Requerimiento mínimo	Las alarmas generadas por el inversor deben informarse al menos diariamente. El responsable de mantenimiento debe tomar las medidas necesarias en el menor tiempo posible. - Residencial: En un plazo de 7 días - Comercial: En un plazo de 2 días
Falla en el monitoreo	Requerimiento mínimo	El diagnóstico remoto de una falla de monitoreo debe hacerse en un plazo de 2 días. Resolución de falla de monitoreo: - Residencial: En un plazo de 7 días - Comercial: En un plazo de 2 días El proveedor O&M debe tener buenas pautas y guías de solución de problemas que permitan al propietario del sistema diagnosticar por sí mismo y resolver. La dependencia en la conexión de internet y el router del propietario requiere un esfuerzo mucho mayor. A menudo no es posible determinar si la falla de monitoreo se debe a una falla del inversor o a la conexión de datos, por eso es necesario un diagnóstico rápido.
Alertas de rendimiento a nivel del sistema	Mejor Práctica	La duración y la frecuencia de los reportes deben ajustarse a la exactitud y disponibilidad esperada de los datos de irradiancia en vivo. La mejor práctica para la comparación mensual, mínimo anualmente.
Alertas a nivel cadena/inversor	Recomendado	Para proyectos comerciales con más de un inversor, los reportes deben ser como mínimo a nivel del inversor. Si es posible, se recomiendan los reportes a nivel de cadena o MPPT (<i>Maximum Power Point Tracker</i>) para alertar sobre fallas de cadena.
Limpieza de módulos (y piranómetros / celdas de sensores, si están presentes)	Requerimiento mínimo	La expectativa para la planeación de la limpieza de módulos debe basarse en el sitio, el tipo y tamaño de instalación y las condiciones ambientales. La planeación real de la limpieza de módulos se puede ajustar en función del rendimiento (EPI) del sistema a lo largo del tiempo.

12.6. Mantenimiento

El plan de mantenimiento se debe proporcionar al propietario del activo en o antes de la puesta en marcha del sistema. El Plan Anual de Mantenimiento para sistemas solares distribuidos será una versión simplificada del Plan Anual de Mantenimiento incluido en el Anexo D.

Los techos en garantía requieren que el techo cuente con mantenimiento preventivo anual para mantener la garantía del techo. Es una buena práctica que el minorista/instalador y el proveedor de O&M se reúnan con el proveedor de mantenimiento del techo para asegurarse de que ambos equipos entienden sus roles y responsabilidades y respeten las necesidades del otro.

Es recomendable revisar el estándar IEC 62446-2 sobre Mantenimiento de sistemas fotovoltaicos, que se publicará próximamente, y que distingue entre sistemas a gran escala y sistemas distribuidos.

12.7. Gestión de partes de repuesto

Si es económicamente factible, el proveedor de O&M debe tener partes de repuesto básicas en existencia. De lo contrario, se debe tener cuidado en seleccionar fabricantes que puedan proporcionar servicio local y reemplazo rápido de productos defectuosos.

El inversor es la parte de repuesto más importante ya que la mayoría de los monitoreos dependen del inversor.

REFERENCIAS

Descargue las referencias disponibles al público en www.solarpowereurope.org

Brabandere, K. De; M. Richter; F. Assiandi and B. Sarr. 2014. "Engineering Models for PV System Operations," Performance Plus WP2 Deliverable D2.3, Jul. 2014.

European Parliament. 2016. Cyber Security Strategy for the Energy Sector (IP/A/ITRE/2016-04 PE587.333. Web: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/587333/IPOL_STU\(2016\)587333_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/587333/IPOL_STU(2016)587333_EN.pdf)

GTM. 2013. "Megawatt-Scale PV Plant Operations and Maintenance: Services, Markets and Competitors, 2013-2017", Greentech Media.

IEC 61724-1:2017. Photovoltaic system performance - Part 1: Monitoring. International Electrical Commission. Web: <https://webstore.iec.ch/publication/33622>

ISO 9060. 1990. "Solar Energy -- Specification and Classification of Instruments for Measuring Hemispherical Solar and Direct Solar Radiation." Web: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=16629

Klise, G. T. and J. S. Stein. 2009. "Models Used to Assess the Performance of Photovoltaic Systems," Sandia National Laboratories, SAND2009-8258, Dec. 2009.

NREL. 2017. System Advisor Model (SAM). <http://sam.nrel.gov>.

N. Reich, B. Mueller, A. Armbruster, W. G. J. H. M. van Sark, K. Kiefer, and C. Reise. 2012. "Performance Ratio Revisited: Is PR > 90% Realistic?" Progress in Photovoltaics: Research and Applications 20 (6): 1717-26. doi:10.1002/pip.1219.

Pelland, Sophie; Jan Remund; Jan Kleissl; Takashi Oozeki and Karel De Brabandere. 2013. "Photovoltaic and Solar Forecasting - State of the Art." Report IEA PVPS T14-01:2013. International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme

PVsyst SA. 2017. PVsyst Photovoltaic Software. <http://www.pvsyst.com>.

Richter, Mauricio, Karel De Brabandere, John Kalisch, Thomas Schmidt, and Elke Lorenz. 2015. "Best Practice Guide on Uncertainty in PV Modelling." Public report Performance Plus WP2 Deliverable D2.4. Web: http://www.perfplus.eu/frontend/files/userfiles/files/308991_PerfPlus_Deliverable_D2_4_20150205.pdf

SANDIA. 2017. PVPerformance Modeling Collaborative. <https://pvpmc.sandia.gov/>

Shelton Honda, Alex Lechner, Sharath Raju, and Ivica Tolich. 2012. "Solar PV System Performance Assessment Guideline for SolarTech." San Jose, California: San Jose State University.

Woyte, Achim, Mauricio Richter, David Moser, Stefan Mau, Nils H. Reich, and Ulrike Jahn. 2013. "Monitoring of Photovoltaic Systems: Good Practices and Systematic Analysis." In 28th EU PVSEC, 3686-94. Paris, France.

Woyte, Achim, Mauricio Richter, David Moser, Nils Reich, Mike Green, Stefan Mau, and Hans Georg Beyer. 2014. "Analytical Monitoring of Grid-Connected Photovoltaic Systems - Good Practice for Monitoring and Performance Analysis." Report IEA-PVPS T13-03: 2014. IEA PVPS.

A ANEXO

A. Matriz de habilidades propuesta para el personal de O&M. (Descárguelo de www.solarpowereurope.org)

Nombre	Apellido	Función	Salud y seguridad	Ambiental	Monitoreo y medición	Módulos FV	Inversor	Eléctrico	Datos y comunicaciones	Planificado	No requerido	Requerido	Actualización requerida
		Gerencial	Introducción de servicios de la compañía										
		Gerencial	Prueba de evaluación de salud y seguridad										
		Gerencial	Manejo manual										
		Gerencial	Equipo de pantalla de visualización										
		Gerencial	Evaluación de riesgos										
		Administración y Datos y Comunicación	Curso de formación en salud y seguridad ocupacional										
		Administración y Datos y Comunicación	Formación para manejar salud y seguridad en un equipo										
		Administración y Datos y Comunicación	Certificación de salud y seguridad ocupacional										
		Administración y Datos y Comunicación	Primeros auxilios en el trabajo										
		Administración y Datos y Comunicación	Acceso a la subestación de alto voltaje										
		Administración y Datos y Comunicación	Gestión de contratistas										
		Administración y Datos y Comunicación	Otros requerimientos relevantes para la tarea, la empresa o el país (por ejemplo, trabajo en alturas, conciencia del asbesto, uso de equipo específico, certificado de construcción/instalación, etc.)										
		Administración y Datos y Comunicación	Certificado de gestión y evaluación ambiental										
		Administración y Datos y Comunicación	Otro curso de formación y/o certificado de gestión ambiental										
		Administración y Datos y Comunicación	Formación en cierta herramienta de monitoreo										
		Administración y Datos y Comunicación	Acreditación y calibración del medidor										
		Administración y Datos y Comunicación	Otras habilidades relevantes (p. ej. herramienta de manejo de datos)										
		Administración y Datos y Comunicación	Conocimiento básico sobre el producto instalado (p. ej. manejo, guías generales de seguridad, instalación, etc.; ver también recomendaciones del fabricante del módulo / manual de instalación)										
		Administración y Datos y Comunicación	Habilidades de medición básicas (p. ej. termografía, mediciones de potencia)										
		Administración y Datos y Comunicación	Electrónica de potencia										
		Administración y Datos y Comunicación	Interoperabilidad de herramientas de aprendizaje (LTI)										
		Administración y Datos y Comunicación	Otras habilidades (p. ej. experiencia con un producto y tipo de inversor específicos)										
		Administración y Datos y Comunicación	Certificación de calificación eléctrica										
		Administración y Datos y Comunicación	Otras habilidades relevantes (p. ej. formación específico en inspección y prueba, cursos relevantes acreditados, etc.)										
		Administración y Datos y Comunicación	Terminación del cableado de comunicación específico										
		Administración y Datos y Comunicación	Instalación del sistema de monitoreo										
		Administración y Datos y Comunicación	Instalación y conexión de medidores										
		Administración y Datos y Comunicación	Instalación del sistema satelital de banda ancha										
		Administración y Datos y Comunicación	Otras habilidades										

B ANEXO

B. Conjunto de documentación que acompaña a la planta solar fotovoltaica.

TIPO DE INFORMACIÓN Y NIVEL DE DETALLE DE LA DOCUMENTACIÓN (AS-BUILT)

NO.	REQUERIMIENTOS MÍNIMOS	DESCRIPCIÓN	COMENTARIOS
1	Información del sitio	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicación / Mapa / Coordenadas GPS • Acceso a la planta / llaves • Caminos de acceso • Edificio O&M • Almacenamiento de partes de repuesto / Almacén • Información de la seguridad del sitio • Lista de las partes interesadas e información de contacto (por ejemplo, propietario del sitio, contactos de administración, bomberos, subcontratistas, proveedores de servicios, ...) 	
2	Planos del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de planta y disposición general • Diagrama de enrutamiento de cables • Listado de cables • Listado de cables / documento de interconexión de cables • Diagrama unifilar • Configuración de cadenas (números de las cadenas, para identificar dónde se encuentran las cadenas en relación con cada caja de conexión e inversor) • Diagrama de la disposición del sistema de puesta a tierra • Diagrama de la disposición del sistema de protección apartarrayos • Diagrama de la disposición del sistema de iluminación (opcional) • Diagrama topográfico 	El "Diagrama de la disposición del sistema de protección apartarrayos" puede considerarse opcional
3	Estudios del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Estudio / simulación de sombreado • Estudio / simulación de rendimiento energético • Estudio de dimensionamiento del inversor 	
4	Estudios acordes a los requerimientos de la regulación nacional	<ul style="list-style-type: none"> • Cálculos de caída de voltaje • Estudio de coordinación de protección • Estudio de cortocircuito • Estudio de puesta a tierra • Cálculo del tamaño de los cables • Estudio de protección contra rayos 	
5	Módulos FV	<ul style="list-style-type: none"> • Fichas técnicas • Lista de detalles con posicionamiento de módulos FV en el campo (referencia a números de cadena y posición en la cadena) • Garantías y certificados 	
6	Inversores	<ul style="list-style-type: none"> • Manual de O&M • Informe de puesta en operación • Garantías y certificados • Prueba de aceptación en fábrica • Configuración del inversor • Diagramas dimensionales 	
7	Cabina del inversor/media tensión	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama y plano de disposición de la cabina del inversor / media tensión • Diagrama de cimentación de la cabina del inversor/media tensión • Procedimiento de colocación - instalación • Diagrama de disposición de la iluminación interna normal y de emergencia • Diagrama de disposición del sistema de detección y extinción de incendios (si es necesario) • Diagrama de disposición del sistema HVAC • Manual de instalación, operación y mantenimiento del sistema HVAC • Estudio del sistema HVAC (de acuerdo con las regulaciones nacionales) • Diagrama de la disposición del sistema de puesta a tierra • Listado de cables 	
8	Transformador de media/ baja tensión	<ul style="list-style-type: none"> • Manual de O&M • Reporte de puesta en operación • Informe de pruebas de aceptación de fábrica • Reportes de los tipos de pruebas • Reportes de las pruebas de rutina • Garantías y certificados • Diagrama dimensional con lista de partes 	

NO.	REQUERIMIENTOS MÍNIMOS	DESCRIPCIÓN	COMENTARIOS
9	Cables	<ul style="list-style-type: none"> Fichas técnicas Reportes del tipo de pruebas y pruebas de rutina 	
10	Switchgear de baja/ media tensión	<ul style="list-style-type: none"> Diagrama unifilar Diagramas de cableado del switchgear Fichas técnicas y manuales de los equipos Informe de pruebas de aceptación de fábrica Reportes de los tipos de pruebas Reportes de las pruebas de rutina Diagramas dimensionales Garantías y certificados Configuración de relés de protección Procedimiento de conmutación (de acuerdo con las regulaciones nacionales) 	Las “Configuraciones de relés de protección” y el “Procedimiento de conmutación” son consideraciones para los interruptores de media tensión
11	Switchgear de alta tensión (HV)	<ul style="list-style-type: none"> Diagrama unifilar Diagramas de ensamble de estructuras de acero Diagrama de disposición general del switchgear HV Fichas técnicas y manuales del equipo HV (CTs, VTs, disyuntores, seccionadores, pararrayos, aisladores de poste) Diagrama de protección y medición de línea individual Reportes del tipo de equipo HV y pruebas de rutina Estudio de enclavamiento Procedimiento de conmutación (de acuerdo con las regulaciones nacionales) Garantías y certificados 	
12	Sistema de alimentación ininterrumpida (UPS) y baterías	<ul style="list-style-type: none"> Manual de instalación y de O&M Informe de puesta en operación Garantías y certificados Fichas técnicas Diagramas dimensionales 	
13	Estructura de montaje	<ul style="list-style-type: none"> Diagrama de ensamblaje mecánico Garantías y certificados 	
14	Seguidores	<ul style="list-style-type: none"> Diagrama de ensamblaje mecánico Diagramas esquemáticos eléctricos Diagrama de bloques Certificados de equipos, manuales y fichas técnicas (motores, codificadores) Lista de PLC de entradas y salidas (E/S) por tipo (Digital, Analógico o Bus) Reportes de puesta en operación Garantías y certificados 	
15	Sistema de seguridad, anti-intrusión y alarma	<ul style="list-style-type: none"> Diagrama de la disposición general del sistema de seguridad Diagrama de bloques del sistema de seguridad Diagrama esquemático del sistema de alarma Manuales y fichas técnicas de los equipos Acceso a las credenciales de seguridad (por ejemplo, contraseñas, instrucciones, claves, etc.) Garantías y certificados 	
16	Sistema de monitoreo/ SCADA	<ul style="list-style-type: none"> Manual de instalación y de O&M Lista de entradas por tipo (Digital, Analógico o Bus) Diagramas esquemáticos eléctricos Diagrama de bloques (incluidas las direcciones de red) Fichas técnicas del equipo 	La lista de E/S incluye, por ejemplo, lecturas de los sensores que son recolectadas por los dataloggers
17	Control de la planta	<ul style="list-style-type: none"> Descripción del sistema de control de la planta Sala de control (si corresponde) Instrucciones de control de la planta Funcionalidad del control de interruptores (remota / en el sitio) e instrucciones Lista de entradas y salidas 	
18	Sistema de comunicación	<ul style="list-style-type: none"> Manual de instalación y de O&M Comunicación interna del sistema Comunicación externa al sistema de monitoreo o al centro de operaciones Plan de la red IP Plan del bus de la red 	

C ANEXO

C. Ejemplos importantes de registros de entrada en el control de registros.

(Descárguelo de www.solarpowereurope.org)

CONTROL DE REGISTRO

NO.	TIPO DE ACTIVIDAD	TIPO DE INFORMACIÓN	REGISTRO DE ENTRADA	REFERENCIAS / COMENTARIOS
1	Alarmas/incidentes de operación	Descripción de las alarmas	Fecha y hora, energía afectada, código/nombre del equipo, mensajes/códigos de error, clasificación de gravedad, período de reducción del servicio, visitas/inspecciones externas de terceros	
2	Gestión de contratos	Descripción general del contrato	Nombre/código del proyecto, nombre del cliente, potencia pico (kW _p)	
3	Gestión de contratos	Descripción de activos	Tipo de estructura, tipo de instalación	
4	Gestión de contratos	Periodo del contrato	Fecha de inicio y finalización del contrato	
5	Gestión de contratos	Cláusulas contractuales	Valor del contrato, disponibilidad (%), PR (%), materiales/partes de repuesto, trabajo correctivo	
6	Mantenimiento correctivo	Descripción de la actividad	Tipificación detallada de la falla, falla, estado de la falla, descripción de resolución del problema, causa del problema	EN 13306 - Mantenimiento Terminología de mantenimiento
7	Mantenimiento correctivo	Evento de mantenimiento correctivo	Alarmas asociadas (con fecha), estado del evento	EN 13306 - Mantenimiento Terminología de mantenimiento
8	Mantenimiento correctivo	Bitácora de eventos de mantenimiento correctivo	Fecha y hora de la creación del mantenimiento correctivo (u orden de trabajo), fecha y hora del cambio de estado (pendiente, abierto, recuperado, cerrado), fecha y hora de finalización de la intervención, fecha y hora de inicio de la intervención, nombres y función de los técnicos responsables	EN 13306 - Mantenimiento Terminología de mantenimiento
9	Mantenimiento correctivo	Equipo de intervención/ nombre del	Energía afectada y producción afectada, nombre/código del equipo	
10	Gestión del inventario	Gestión de almacenes	Cuenta de existencia en inventario y movimientos, código y nombre del equipo	
11	Monitoreo y supervisión	Estado del equipo	Fecha, bitácora de estado (dispositivos de protección, inversores, sistemas de monitoreo, sistemas de vigilancia)	
12	Monitoreo y supervisión	Datos meteorológicos	Irradiación, temperatura del módulo, otras variables meteorológicas (temperatura ambiente, humedad del aire, velocidad y dirección del viento, ...)	IEC 61724 - Monitoreo del rendimiento del sistema fotovoltaico - Pautas para la medición, intercambio de datos y análisis
13	Monitoreo y supervisión	Datos de producción/ consumo	Energía AC activa y reactiva en el punto de inyección de la planta FV y otros subsistemas o equipos, consumo de sistemas auxiliares, otras variables (voltajes y corrientes de DC/AC, frecuencia), energía del campo de DC	IEC 61724 - Monitoreo del rendimiento del sistema fotovoltaico - Pautas para la medición, intercambio de datos y análisis
14	Monitoreo y supervisión	Datos de rendimiento	Producción de energía de la planta fotovoltaica; PR; esperado vs real	

CONTROL DE REGISTRO

NO.	TIPO DE ACTIVIDAD	TIPO DE INFORMACIÓN	REGISTRO DE ENTRADA	REFERENCIAS / COMENTARIOS
15	Mantenimiento Preventivo	Plan de mantenimiento	Plan de mantenimiento preventivo	
16	Mantenimiento Preventivo	Equipo de intervención/ nombre del	Energía afectada y producción afectada, nombre/ código del equipo, fecha de inicio y finalización de la intervención	
17	Mantenimiento Preventivo	Descripción del mantenimiento	Mediciones, tareas de mantenimiento preventivo realizadas, problemas no resueltos durante la actividad y su clasificación y tipificación, nombres y funciones de los técnicos responsables	
18	Documentación de la planta fotovoltaica	Puesta en operación	Documentación de la puesta en operación y resultados de las pruebas	IEC 62446 - Sistemas fotovoltaicos (FV) - Requerimientos para pruebas, documentación y mantenimiento - Parte 1: sistemas conectados a la red - Documentación, pruebas de puesta en operación e inspección
19	Documentación de la planta fotovoltaica	Operación y mantenimiento	Manuales de los equipos, manual de O&M de la planta FV	IEC 62446 - Sistemas fotovoltaicos (FV) - Requerimientos para pruebas, documentación y mantenimiento - Parte 1: sistemas conectados a la red - Documentación, pruebas de puesta en operación e inspección
20	Documentación de la planta fotovoltaica	Documentación del sistema	Documentación de obra ejecutada (fichas técnicas, diagramas de cableado, datos del sistema)	IEC 62446 - Sistemas fotovoltaicos (FV) - Requerimientos para pruebas, documentación y mantenimiento - Parte 1: sistemas conectados a la red - Documentación, pruebas de puesta en operación e inspección
21	Gestión de la garantía	Registro de reclamos	Equipo afectado, descripción del reclamo, fecha de ocurrencia; comunicaciones entre O&M, cliente y fabricante/proveedor	

D. Plan anual de mantenimiento. (Descárguelo de www.solarpowereurope.org)

SUBGRUPO	EQUIPO	SUBUNIDAD	TAREA	FRECUENCIA	IMPORTANCIA	DECISIÓN DE FRECUENCIA DE O&M (POR EL ADMINISTRADOR TÉCNICO)	S1-S52 REPORTE SEMANAL DURANTE TODO EL AÑO
Documentación	Obra ejecutada	Sistema AC	Documentación completa y correcta del sistema AC	inicial /continuo	necesario		
Documentación	Obra ejecutada	Sistemas auxiliares	Documentación completa y correcta de todos los sistemas auxiliares (seguridad, monitoreo, TIC, suministro de energía, obras civiles, etc.)	inicial /continuo	necesario		
Documentación	Obra ejecutada	Sistema DC	Documentación completa y correcta del sistema DC	inicial /continuo	necesario		
Documentación	Obra ejecutada	Documentación del sistema (IEC 62443)	Datos del sistema, diagrama de cableado, diseño mecánico, información de O&M (por ejemplo, se debe proporcionar información de operación y mantenimiento e incluir, como mínimo, los siguientes elementos: a) Procedimientos para verificar el funcionamiento correcto del sistema. b) Una lista de verificación de qué hacer en caso de una falla del sistema. c) Procedimientos de cierre de emergencia y de aislamiento. d) Recomendaciones de mantenimiento y limpieza (en su caso), resultados de pruebas y datos de puesta en operación	inicial /continuo	necesario		
Documentación	Obra ejecutada	Verificación del sistema	Inspección, Pruebas 1) Probar la continuidad de los conductores de puesta a tierra del equipo y del sistema (si aplicable). 2) Probar la polaridad de todos los cables DC y verificar su correcta identificación y conexión. 3) Probar el voltaje del circuito abierto [Voc] para cada circuito FV fuente. 4) Probar el corriente de corto circuito [Isc] para cada circuito FV fuente. 5) Probar la funcionalidad de los principales componentes del sistema (aparellaje, controles, inversores), incluido la función anti-isla del inverter. 6) Probar la resistencia de aislamiento de los conductores del circuito DC	inicial /continuo	necesario		
Documentación	Duración de O&M	Auditoria de la planta	Auditoria de una planta de energía cuando se entrega al contratista de O&M, revisión de informes de O&M, fallas, reparaciones, conformidad del diseño y cambios, monitoreo, rendimiento, etc.	inicial + 3-5 años	necesario		
Documentación	Duración de O&M	Bitácora	Verificar y mantener registros de tickets, fallas, resultados de inspección u otros eventos en una bitácora, observaciones; continuar el plan de trabajo para uso interno, cliente, seguro, etc.	diario	necesario		
Documentación	Duración de O&M	Mantenimiento	Creación de un protocolo de mantenimiento (sobre el mantenimiento realizado de acuerdo con los requerimientos del fabricante o al menos con las regulaciones normativas nacionales obligatorias)		necesario		
Documentación	Duración de O&M	Inspección	Creación de un protocolo de inspección		necesario		
Documentación	Duración de O&M	Plan de trabajo	Plan de acción después de la auditoría, el protocolo de mantenimiento y el protocolo de inspección para monitorear o solucionar un problema e informar al cliente	continuo	necesario		
Documentación	Duración de O&M	Informe	Informes continuos según lo especificado en el contrato de O&M para informar al cliente sobre problemas, diagnósticos y reparaciones, así como el rendimiento de la planta (resumen de fallas, pérdidas, KPlis, actividad humana en el sitio)	mensual / trimestral / anual	necesario		
Documentación	Duración de O&M	Módulos	Análisis de varianza	continuo	necesario		
Generación de energía	Módulos	Módulos	Inspección de integridad	Anual	necesario		
Generación de energía	Módulos	Módulos	Inspección visual de cables	Anual	necesario		
Generación de energía	Módulos	Módulos	Inspección termográfica	Mensual	necesario		
Generación de energía	Módulos	Módulos	Inspección de mediciones	Anual	necesario		
Generación de energía	Módulos	Módulos	Reajuste	Mensual	necesario		
Generación de energía	Módulos	Módulos	Limpieza de módulos	Anual	Opcional / de acuerdo con el cliente		
Generación de energía	Módulos	Módulos	Medición de la degradación de módulos en el sitio (con la tecnología más precisa y disponible) con módulos y cadenas de referencia predefinidos. NB: es necesario seleccionar un módulo y una cadena, medir con irradiancia alta & estable	Anual	necesario		
Generación de energía	Tablero de distribución de baja tensión	Caja de conexión de cadenas	Inspección de integridad	Semianual	necesario		
Generación de energía	Tablero de distribución de baja tensión	Caja de conexión de cadenas	Inspección de documentos	Semianual	necesario		
Generación de energía	Tablero de distribución de baja tensión	Caja de conexión de cadenas	Inspección visual de cables	Semianual	necesario		
Generación de energía	Tablero de distribución de baja tensión	Caja de conexión de cadenas	Etiquetado e identificación	Semianual	necesario		

SUBGRUPO	EQUIPO	SUBUNIDAD	TAREA	FRECUENCIA	IMPORTANCIA	DECISIÓN DE FRECUENCIA DE O&M (POR EL ADMINISTRADOR TÉCNICO)	S1-S52 REPORTE SEMANAL DURANTE TODO EL AÑO
Generación de energía	Tablero de distribución de baja tensión	Tablero de distribución AUX	Inspección de mediciones	Semianual	necesario		
Generación de energía	Tablero de distribución de baja tensión	Tablero de distribución AUX	Correcta operación de la protección eléctrica	Semianual	necesario		
Generación de energía	Tablero de distribución de baja tensión	Tablero de distribución AUX	Verificar el estado del fusible	Semianual	necesario		
Generación de energía	Tablero de distribución de baja tensión	Tablero de distribución AUX	Verificar terminales de los cables	Semianual	necesario		
Generación de energía	Tablero de distribución de baja tensión	Tablero de distribución AUX	Limpieza general	Semianual	necesario		
Generación de energía	Cables	Cables DC	Inspección de integridad	Semianual	necesario		
Generación de energía	Cables	Cables DC	Inspección visual de cables	Annual	necesario		
Generación de energía	Cables	Cables DC	Etiquetado e identificación	Annual	necesario		
Generación de energía	Cables	Cables AC	Inspección visual de cables	Semianual	necesario		
Generación de energía	Cables	Cables AC	Etiquetado e identificación	Annual	necesario		
Generación de energía	Cables	Cables AC	Inspección de mediciones	Semianual	necesario		
Generación de energía	Inversores	Inversores centrales	Inspección de equipo de seguridad	Annual	necesario		
Generación de energía	Inversores	Inversores centrales	Inspección de integridad	Semianual	necesario		
Generación de energía	Inversores	Inversores centrales	Inspección de documentos	Semianual	necesario		
Generación de energía	Inversores	Inversores centrales	Inspección visual de cables	Annual	necesario		
Generación de energía	Inversores	Inversores centrales	Etiquetado e identificación	Annual	necesario		
Generación de energía	Inversores	Inversores centrales	Inspección visual de protecciones eléctricas	Semianual	necesario		
Generación de energía	Inversores	Inversores centrales	Inspección visual de protecciones eléctricas	Annual	necesario		
Generación de energía	Inversores	Inversores centrales	Inspección termográfica	Annual	necesario		
Generación de energía	Inversores	Inversores centrales	Verificación funcional de sensores	Annual	necesario		
Generación de energía	Inversores	Inversores centrales	Inspección de mediciones	Annual	necesario		
Generación de energía	Inversores	Inversores centrales	Verificación de parámetros	Semianual	necesario		
Generación de energía	Inversores	Inversores centrales	Correcta operación de la protección eléctrica	Semianual	necesario		
Generación de energía	Inversores	Inversores centrales	Revisar operación del sistema de ventilación	Annual	necesario		
Generación de energía	Inversores	Inversores centrales	Verificar el estado del fusible	Annual	necesario		
Generación de energía	Inversores	Inversores centrales	Verificar terminales de los cables	Semianual	necesario		
Generación de energía	Inversores	Inversores centrales	Reemplazo de batería	Cada cinco años	De acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes		
Generación de energía	Inversores	Inversores centrales	Reemplazo de ventiladores	Cada cinco años	De acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes		
Generación de energía	Inversores	Inversores centrales	Limpieza general	Semianual	necesario		
Generación de energía	Inversores	Inversores centrales	Limpieza de ventilación	Annual	necesario		
Generación de energía	Inversores	Inversores de cadena	Inspección de equipo de seguridad	Semianual	necesario		
Generación de energía	Inversores	Inversores de cadena	Inspección de integridad	Semianual	necesario		
Generación de energía	Inversores	Inversores de cadena	Inspección visual de cables	Annual	necesario		
Generación de energía	Inversores	Inversores de cadena	Etiquetado e identificación	Semianual	necesario		
Generación de energía	Inversores	Inversores de cadena	Inspección visual de protecciones eléctricas	Semianual	necesario		
Generación de energía	Inversores	Inversores de cadena	Inspección termográfica	Annual	necesario		
Generación de energía	Inversores	Inversores de cadena	Inspección de mediciones	Semianual	necesario		
Generación de energía	Inversores	Inversores de cadena	Verificación de parámetros	Annual	necesario		
Generación de energía	Inversores	Inversores de cadena	Correcta operación de la protección eléctrica	Annual	necesario		
Generación de energía	Inversores	Inversores de cadena	Revisar operación del sistema de ventilación	Semianual	necesario		
Generación de energía	Inversores	Inversores de cadena	Verificar terminales de los cables	Annual	necesario		

SUBGRUPO	EQUIPO	SUBUNIDAD	TAREA	FRECUENCIA	IMPORTANCIA	DECISIÓN DE FRECUENCIA DE O&M (POR EL ADMINISTRADOR TÉCNICO)	S1-S52 REPORTE SEMANAL DURANTE TODO EL AÑO
Generación de energía	Inversores	Inversores de cadena	Reemplazo de batería	Cada cinco años	De acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes		
Generación de energía	Inversores	Inversores de cadena	Reemplazo de ventiladores	Cada cinco años	De acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes		
Generación de energía	Inversores	Inversores de cadena	Limpieza general	Anual	necesario		
Generación de energía	Inversores	Inversores de cadena	Limpieza de ventilación	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Cables	Cables de alta tensión	Inspección visual de cables	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Cables	Cables de alta tensión	Etiquetado e identificación	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Transformador de potencia	Transformador de potencia	Inspección de integridad	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Transformador de potencia	Transformador de potencia	Inspección visual de cables	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Transformador de potencia	Transformador de potencia	Inspección visual mecánica	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Transformador de potencia	Transformador de potencia	Etiquetado e identificación	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Transformador de potencia	Transformador de potencia	Inspección termográfica	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Transformador de potencia	Transformador de potencia	Verificación funcional de sensores	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Transformador de potencia	Transformador de potencia	Inspección de mediciones	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Transformador de potencia	Transformador de potencia	Verificación de parámetros	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Transformador de potencia	Transformador de potencia	Verificar la correcta operación	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Transformador de potencia	Transformador de potencia	Verificar terminales de los cables	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Transformador de potencia	Transformador de potencia	Limpieza del transformador de potencia	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Switchgear de alta tensión	Switchgear de alta tensión	Inspección de integridad	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Switchgear de alta tensión	Switchgear de alta tensión	Inspección visual de cables	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Switchgear de alta tensión	Switchgear de alta tensión	Inspección visual mecánica	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Switchgear de alta tensión	Switchgear de alta tensión	Etiquetado e identificación	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Switchgear de alta tensión	Switchgear de alta tensión	Inspección visual de protecciones eléctricas	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Switchgear de alta tensión	Switchgear de alta tensión	Inspección termográfica	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Switchgear de alta tensión	Switchgear de alta tensión	Verificación funcional de sensores	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Switchgear de alta tensión	Switchgear de alta tensión	Inspección de mediciones	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Switchgear de alta tensión	Switchgear de alta tensión	Verificar la correcta operación	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Switchgear de alta tensión	Switchgear de alta tensión	Verificar el estado del fusible	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Switchgear de alta tensión	Switchgear de alta tensión	Verificar terminales de los cables	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Switchgear de alta tensión	Switchgear de alta tensión	Limpieza general	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Switchgear de alta tensión	Switchgear de alta tensión	Lubricación mecánica	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Principal tablero de distribución	Principal tablero de distribución AUX	Inspección de integridad	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Principal tablero de distribución	Principal tablero de distribución AUX	Inspección de documentos	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Principal tablero de distribución	Principal tablero de distribución AUX	Inspección visual de cables	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Principal tablero de distribución	Principal tablero de distribución AUX	Etiquetado e identificación	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Principal tablero de distribución	Principal tablero de distribución AUX	Inspección visual de protecciones eléctricas	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Principal tablero de distribución	Principal tablero de distribución AUX	Inspección termográfica	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Principal tablero de distribución	Principal tablero de distribución AUX	Verificación funcional de sensores	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Principal tablero de distribución	Principal tablero de distribución AUX	Inspección de mediciones	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Principal tablero de distribución	Principal tablero de distribución AUX	Verificación de parámetros	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Principal tablero de distribución	Principal tablero de distribución AUX	Verificar la correcta operación	Semianual	necesario		

SUBGRUPO	EQUIPO	SUBUNIDAD	TAREA	FRECUENCIA	IMPORTANCIA	DECISIÓN DE FRECUENCIA DE O&M (POR EL ADMINISTRADOR TÉCNICO)	S1-S52 REPORTE SEMANAL DURANTE TODO EL AÑO
Sistemas de alta tensión	Principal tablero de distribución	Principal tablero de distribución AUX	Correcta operación de la protección eléctrica	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Principal tablero de distribución	Principal tablero de distribución AUX	Verificar el estado del fusible	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Principal tablero de distribución	Principal tablero de distribución AUX	Mantenimiento de software	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Principal tablero de distribución	Principal tablero de distribución AUX	Prueba de operación de monitoreo	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Principal tablero de distribución	Principal tablero de distribución AUX	Verificar terminales de los cables	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Principal tablero de distribución	Principal tablero de distribución AUX	Reemplazo de batería	Cada cinco años	De acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes		
Sistemas de alta tensión	Principal tablero de distribución	Principal tablero de distribución AUX	Limpieza general	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Principal tablero de distribución	Principal tablero de distribución AC	Inspección de integridad	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Principal tablero de distribución	Principal tablero de distribución AC	Inspección de documentos	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Principal tablero de distribución	Principal tablero de distribución AC	Inspección visual de cables	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Principal tablero de distribución	Principal tablero de distribución AC	Etiquetado e identificación	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Principal tablero de distribución	Principal tablero de distribución AC	Inspección visual de protecciones eléctricas	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Principal tablero de distribución	Principal tablero de distribución AC	Inspección termográfica	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Principal tablero de distribución	Principal tablero de distribución AC	Verificación funcional de sensores	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Principal tablero de distribución	Principal tablero de distribución AC	Inspección de mediciones	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Principal tablero de distribución	Principal tablero de distribución AC	Verificar la correcta operación	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Principal tablero de distribución	Principal tablero de distribución AC	Correcta operación de la protección eléctrica	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Principal tablero de distribución	Principal tablero de distribución AC	Verificar el estado del fusible	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Principal tablero de distribución	Principal tablero de distribución AC	Verificar terminales de los cables	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Principal tablero de distribución	Principal tablero de distribución AC	Limpieza general	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Analizador de energía	Reemplazo de batería	Cada cinco años	De acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Analizador de energía	Inspección visual de cables	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Analizador de energía	Etiquetado e identificación	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Analizador de energía	Inspección de mediciones	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Analizador de energía	Inspección de integridad	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Analizador de energía	Mantenimiento de software	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Analizador de energía	Prueba de operación de monitoreo	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Analizador de energía	Verificación de parámetros	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Analizador de energía	Limpieza general	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Medidor de energía	Limpieza general	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Medidor de energía	Inspección visual de cables	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Medidor de energía	Etiquetado e identificación	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Medidor de energía	Inspección de mediciones	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Medidor de energía	Inspección de integridad	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Medidor de energía	Prueba de operación de monitoreo	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Medidor de energía	Verificación de parámetros	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Medidor de energía	Verificar terminales de los cables	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Protección multifuncional HV	Reemplazo de batería	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Protección multifuncional HV	Verificación de parámetros	Cada cinco años	De acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Protección multifuncional HV	Verificación de parámetros	Anual	necesario		

SUBGRUPO	EQUIPO	SUBUNIDAD	TAREA	FRECUENCIA	IMPORTANCIA	DECISIÓN DE FRECUENCIA DE O&M (POR EL ADMINISTRADOR TÉCNICO)	S1-S52 REPORTE SEMANAL DURANTE TODO EL AÑO
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Protección multifuncional HV	Inspección visual de cables	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Protección multifuncional HV	Etiquetado e identificación	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Protección multifuncional HV	Inspección de integridad	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Protección multifuncional HV	Mantenimiento de software	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Protección multifuncional HV	Prueba de operación de monitoreo	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Protección multifuncional HV	Limpieza general	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Unidad de control de energía	Reemplazo de batería	Cada cinco años	De acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Unidad de control de potencia	Correcta operación de la protección eléctrica	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Unidad de control de potencia	Inspección de la batería	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Unidad de control de potencia	Inspección visual de cables	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Unidad de control de potencia	Etiquetado e identificación	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Unidad de control de potencia	Verificación funcional de sensores	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Unidad de control de potencia	Inspección de integridad	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Unidad de control de potencia	Verificar la correcta operación	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Unidad de control de potencia	Mantenimiento de software	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Unidad de control de potencia	Inspección visual de protecciones eléctricas	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Unidad de control de potencia	Prueba de operación de monitoreo	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Unidad de control de potencia	Verificar terminales de los cables	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Unidad de control de potencia	Verificación de parámetros	Semianual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Unidad de control de potencia	Inspección de mediciones	Anual	necesario		
Sistemas de alta tensión	Monitoreo de energía	Unidad de control de potencia	Limpieza general	Anual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema de alimentación de respaldo	Sistema de alimentación ininterrumpida	Inspección de integridad	Anual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema de alimentación de respaldo	Sistema de alimentación ininterrumpida	Inspección visual de cables	Anual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema de alimentación de respaldo	Sistema de alimentación ininterrumpida	Inspección termográfica	Anual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema de alimentación de respaldo	Sistema de alimentación ininterrumpida	Correcta operación de la protección eléctrica	Anual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema de alimentación de respaldo	Sistema de alimentación ininterrumpida	Inspección de la batería	Anual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema de alimentación de respaldo	Sistema de alimentación ininterrumpida	Revisar operación del sistema de ventilación	Anual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema de alimentación de respaldo	Sistema de alimentación ininterrumpida	Verificar terminales de los cables	Anual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema de alimentación de respaldo	Sistema de alimentación ininterrumpida	Limpieza general	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema de alimentación de respaldo	Generador de emergencia	Inspección de integridad	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema de alimentación de respaldo	Generador de emergencia	Inspección visual mecánica	Anual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema de alimentación de respaldo	Generador de emergencia	Inspección de mediciones	Anual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema de alimentación de respaldo	Generador de emergencia	Verificación de parámetros	Anual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema de alimentación de respaldo	Generador de emergencia	Verificar la correcta operación	Anual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema de alimentación de respaldo	Generador de emergencia	Correcta operación de la protección eléctrica	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema de alimentación de respaldo	Generador de emergencia	Inspección de la batería	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema de alimentación de respaldo	Generador de emergencia	Verificación mecánica	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema de alimentación de respaldo	Generador de emergencia	Reajuste	Anual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema de alimentación de respaldo	Generador de emergencia	Reemplazo de filtros	Cada cinco años	De acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes		

SUBGRUPO	EQUIPO	SUBUNIDAD	TAREA	FRECUENCIA	IMPORTANCIA	DECISIÓN DE FRECUENCIA DE O&M (POR EL ADMINISTRADOR TÉCNICO)	S1-S52 REPORTE SEMANAL DURANTE TODO EL AÑO
Equipo de utilidad general	Tablero de distribución para el equipo de utilidad general		Inspección de integridad	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Tablero de distribución para el equipo de utilidad general		Inspección de documentos	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Tablero de distribución para el equipo de utilidad general		Inspección visual de cables	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Tablero de distribución para el equipo de utilidad general		Etiquetado e identificación	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Tablero de distribución para el equipo de utilidad general		Inspección termográfica	Annual	necesario		
Equipo de utilidad general	Tablero de distribución para el equipo de utilidad general		Inspección de mediciones	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Tablero de distribución para el equipo de utilidad general		Correcta operación de la protección eléctrica	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Tablero de distribución para el equipo de utilidad general		Verificar terminales de los cables	Annual	necesario		
Equipo de utilidad general	Tablero de distribución para el equipo de utilidad general		Limpieza general	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema auxiliar	Luces y enchufes eléctricos	Inspección de integridad	Annual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema auxiliar	Luces y enchufes eléctricos	Inspección visual de cables	Annual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema auxiliar	Luces y enchufes eléctricos	Inspección de mediciones	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema auxiliar	Luces y enchufes eléctricos	Verificar la correcta operación	Annual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema auxiliar	Luces y enchufes eléctricos	Limpieza general	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema auxiliar	Calafacción, ventilación, acondicionamiento de aire	Inspección visual del sistema de aire acondicionado	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema auxiliar	Calafacción, ventilación, acondicionamiento de aire	Inspección visual del calentador	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema auxiliar	Calafacción, ventilación, acondicionamiento de aire	Inspección visual de la ventilación	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema auxiliar	Calafacción, ventilación, acondicionamiento de aire	Verificación funcional de sensores	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema auxiliar	Calafacción, ventilación, acondicionamiento de aire	Inspección de mediciones	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema auxiliar	Calafacción, ventilación, acondicionamiento de aire	Verificar la correcta operación	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema auxiliar	Calafacción, ventilación, acondicionamiento de aire	Revisar operación del sistema de ventilación	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema auxiliar	Calafacción, ventilación, acondicionamiento de aire	Limpieza del sistema de aire acondicionado	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema auxiliar	Calafacción, ventilación, acondicionamiento de aire	Limpieza de ventilación	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema auxiliar	Calafacción, ventilación, acondicionamiento de aire	Limpieza del calentador	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Sistema de suministro de agua		Inspección de integridad	Annual	necesario		
Equipo de utilidad general	Central de detección de incendios		Verificación funcional de sensores	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Central de detección de incendios		Verificar la correcta operación	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Central de detección de incendios		Correcta operación de la protección eléctrica	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Central de detección de incendios		Inspección de la batería	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Central de detección de incendios		Limpieza general	Annual	necesario		
Equipo de utilidad general	Central de detección de incendios		Limpieza de cámaras y sensores	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Protección contra rayos y sobrevoltaje		Inspección de integridad	Annual	necesario		
Equipo de utilidad general	Transformador de potencia de bajo voltaje		Inspección de integridad	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Transformador de potencia de bajo voltaje		Inspección visual de cables	Semianual	necesario		

SUBGRUPO	EQUIPO	SUBUNIDAD	TAREA	FRECUENCIA	IMPORTANCIA	DECISIÓN DE FRECUENCIA DE O&M (POR EL ADMINISTRADOR TÉCNICO)	S1-S52 REPORTE SEMANAL DURANTE TODO EL AÑO
Equipo de utilidad general	Transformador de potencia de bajo voltaje		Inspección visual mecánica	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Transformador de potencia de bajo voltaje		Etiquetado e identificación	Anual	necesario		
Equipo de utilidad general	Transformador de potencia de bajo voltaje		Inspección termográfica	Anual	necesario		
Equipo de utilidad general	Transformador de potencia de bajo voltaje		Verificación funcional de sensores	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Transformador de potencia de bajo voltaje		Inspección de mediciones	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Transformador de potencia de bajo voltaje		Verificación de parámetros	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Transformador de potencia de bajo voltaje		Verificar la correcta operación	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Transformador de potencia de bajo voltaje		Verificar terminales de los cables	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Transformador de potencia de bajo voltaje		Limpieza del transformador de potencia	Semianual	necesario		
Equipo de utilidad general	Transformador de potencia de bajo voltaje		Inspección de integridad	Semianual	necesario		
Infraestructura	Campo	Valla	Inspección de integridad	Anual	necesario		
Infraestructura	Campo	Valla	Lubricación mecánica	Anual	necesario		
Infraestructura	Campo	Vegetación	Retirar vegetación	Semianual	necesario		
Infraestructura	Campo	Caminos	Inspección de integridad	Semianual	necesario		
Infraestructura	Campo	Caminos	Retirar vegetación	Semianual	necesario		
Infraestructura	Campo	Sistema de drenaje	Limpieza general	Anual	necesario		
Infraestructura	Campo	Boca de acceso	Inspección de integridad	Semianual	necesario		
Infraestructura	Edificios		Inspección de integridad	Anual	necesario		
Infraestructura	Edificios		Inspección de documentos	Anual	necesario		
Infraestructura	Edificios		Limpieza general	Anual	necesario		
Infraestructura	Seguridad		Inspección de equipo de seguridad	Anual	necesario		
Infraestructura	Seguridad		Verificar la correcta operación	Semianual	necesario		
Infraestructura	Estructura de soporte FV	Estructura fija	Inspección de integridad	Semianual	necesario		
Infraestructura	Estructura de soporte FV	Estructura fija	Reajuste	Semianual	necesario		
Infraestructura	Estructura de soporte FV	Rastreador solar	Inspección de integridad	Anual	necesario		
Infraestructura	Estructura de soporte FV	Rastreador solar	Inspección visual de cables	Semianual	necesario		
Infraestructura	Estructura de soporte FV	Rastreador solar	Inspección visual mecánica	Semianual	necesario		
Infraestructura	Estructura de soporte FV	Rastreador solar	Etiquetado e identificación	Anual	necesario		
Infraestructura	Estructura de soporte FV	Rastreador solar	Inspección termográfica	Anual	necesario		
Infraestructura	Estructura de soporte FV	Rastreador solar	Inspección de mediciones	Semianual	necesario		
Infraestructura	Estructura de soporte FV	Rastreador solar	Verificación de parámetros	Semianual	necesario		
Infraestructura	Estructura de soporte FV	Rastreador solar	Verificar la correcta operación	Anual	necesario		
Infraestructura	Estructura de soporte FV	Rastreador solar	Correcta operación de la protección eléctrica	Semianual	necesario		
Infraestructura	Estructura de soporte FV	Rastreador solar	Prueba de operación de monitoreo	Anual	necesario		
Infraestructura	Estructura de soporte FV	Rastreador solar	Verificar terminales de los cables	Semianual	necesario		
Infraestructura	Estructura de soporte FV	Rastreador solar	Reajuste	Semianual	necesario		
Infraestructura	Estructura de soporte FV	Rastreador solar	Reemplazo de batería	Cada cinco años	De acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes		
Infraestructura	Estructura de soporte FV	Rastreador solar	Limpieza general	Semianual	necesario		
Infraestructura	Estructura de soporte FV	Rastreador solar	Lubricación mecánica	Anual	necesario		
Sistema de monitoreo	Estación meteorológica		Inspección de integridad	Anual	necesario		
Sistema de monitoreo	Estación meteorológica		Inspección visual de cables	Anual	necesario		

SUBGRUPO	EQUIPO	SUBUNIDAD	TAREA	FRECUENCIA	IMPORTANCIA	DECISIÓN DE FRECUENCIA DE O&M (POR EL ADMINISTRADOR TÉCNICO)	S1-S52 REPORTE SEMANAL DURANTE TODO EL AÑO
Sistema de monitoreo	Estación meteorológica		Verificación funcional de sensores	Anual	necesario		
Sistema de monitoreo	Estación meteorológica		Inspección de mediciones	Anual	necesario		
Sistema de monitoreo	Estación meteorológica		Verificar la correcta operación	Semianual	necesario		
Sistema de monitoreo	Estación meteorológica		Correcta operación de la protección eléctrica	Anual	necesario		
Sistema de monitoreo	Estación meteorológica		Inspección de la batería	Anual	necesario		
Sistema de monitoreo	Estación meteorológica		Prueba de operación de monitoreo	Semianual	necesario		
Sistema de monitoreo	Estación meteorológica		Limpieza general	Anual	necesario		
Sistema de monitoreo	Estación meteorológica		Limpieza de cámaras y sensores	Anual	necesario		
Sistema de monitoreo	Estación meteorológica	Sensores de irradiación	Inspección de integridad	Anual	necesario		
Sistema de monitoreo	Estación meteorológica	Sensores de irradiación	Inspección visual de cables	Semianual	necesario		
Sistema de monitoreo	Estación meteorológica	Sensores de irradiación	Verificación funcional de sensores	Semianual	necesario		
Sistema de monitoreo	Estación meteorológica	Sensores de irradiación	Calibración de sensores	Anual	necesario		
Sistema de monitoreo	Estación meteorológica	Sensores de irradiación	Limpieza de cámaras y sensores	Anual	necesario		
Sistema de monitoreo	Cableado del sistema de monitoreo		Inspección visual de cables	Semianual	necesario		
Sistema de monitoreo	Cableado del sistema de monitoreo		Etiquetado e identificación	Semianual	necesario		
Sistema de monitoreo	Cableado del sistema de monitoreo		Prueba de operación de monitoreo	Semianual	necesario		
Sistema de monitoreo	Tablero de comunicación		Inspección de integridad	Anual	necesario		
Sistema de monitoreo	Tablero de comunicación		Inspección de documentos	Anual	necesario		
Sistema de monitoreo	Tablero de comunicación		Inspección visual de cables	Anual	necesario		
Sistema de monitoreo	Tablero de comunicación		Correcta operación de la protección eléctrica	Anual	necesario		
Sistema de monitoreo	Tablero de comunicación		Inspección de la batería	Anual	necesario		
Sistema de monitoreo	Tablero de comunicación		Revisar operación del sistema de ventilación	Anual	necesario		
Sistema de monitoreo	Tablero de comunicación		Prueba de operación de monitoreo	Anual	necesario		
Sistema de monitoreo	Tablero de comunicación		Verificar terminales de los cables	Anual	necesario		
Sistema de monitoreo	Tablero de comunicación		Limpieza general	Anual	necesario		
Sistema de monitoreo	Tablero de comunicación		Limpieza de ventilación	Anual	necesario		
Sistema de monitoreo	Software del sistema de monitoreo		Inspección de mediciones	Anual	necesario		
Sistema de monitoreo	Software del sistema de monitoreo		Mantenimiento de software	Mensual	necesario		
Sistema de monitoreo	Software del sistema de monitoreo		Prueba de operación de monitoreo	Anual	necesario		
Sistema de monitoreo	Registrador de datos		Inspección de integridad	Semianual	necesario		
Sistema de monitoreo	Registrador de datos		Verificar la correcta operación	Semianual	necesario		
Sistema de monitoreo	Registrador de datos		Prueba de operación de monitoreo	Semianual	necesario		
Sistema de seguridad	Central del sistema de seguridad		Verificación de parámetros	Semianual	necesario		
Sistema de seguridad	Central del sistema de seguridad		Verificar la correcta operación	Semianual	necesario		
Sistema de seguridad	Central del sistema de seguridad		Inspección de la batería	Anual	necesario		
Sistema de seguridad	Central del sistema de seguridad		Revisar operación del sistema de ventilación	Semianual	necesario		
Sistema de seguridad	Central del sistema de seguridad		Limpieza general	Anual	necesario		
Sistema de seguridad	Sistema de videovigilancia		Inspección de integridad	Anual	necesario		
Sistema de seguridad	Sistema de videovigilancia		Verificación funcional de sensores	Anual	necesario		
Sistema de seguridad	Sistema de videovigilancia		Limpieza de cámaras y sensores	Anual	necesario		

SUBGRUPO	EQUIPO	SUBUNIDAD	TAREA	FRECUENCIA	IMPORTANCIA	DECISIÓN DE FRECUENCIA DE O&M (POR EL ADMINISTRADOR TÉCNICO)	S1-S52 REPORTE SEMANAL DURANTE TODO EL AÑO
Sistema de seguridad	Sistemas de detección de intrusión		Inspección de integridad	Anual	necesario		
Sistema de seguridad	Sistemas de detección de intrusión		Verificación funcional de sensores	Semianual	necesario		
Sistema de seguridad	Sistemas de detección de intrusión		Limpieza de cámaras y sensores	Anual	necesario		
Sistema de seguridad	Cableado del sistema de seguridad		Inspección visual de cables	Semianual	necesario		
Sistema de seguridad	Cableado del sistema de seguridad		Etiquetado e identificación	Semianual	necesario		
Sistema de seguridad	Tablero del sistema de seguridad		Inspección de integridad	Anual	necesario		
Sistema de seguridad	Tablero del sistema de seguridad		Inspección de documentos	Semianual	necesario		
Sistema de seguridad	Tablero del sistema de seguridad		Inspección visual de cables	Semianual	necesario		
Sistema de seguridad	Tablero del sistema de seguridad		Correcta operación de la protección eléctrica	Semianual	necesario		
Sistema de seguridad	Tablero del sistema de seguridad		Inspección de la batería	Semianual	necesario		
Sistema de seguridad	Tablero del sistema de seguridad		Prueba de operación de monitoreo	Anual	necesario		
Sistema de seguridad	Tablero del sistema de seguridad		Verificar terminales de los cables	Semianual	necesario		
Sistema de seguridad	Tablero del sistema de seguridad		Limpieza general	Anual	necesario	p.ej. Mensual	
Sistema de seguridad	Tablero del sistema de seguridad		Limpieza de ventilación	Anual	necesario		
Piezas de repuesto			Inventario de existencias	Anual	necesario		
Piezas de repuesto			Inspección visual de las condiciones de existencias	Trimestral	necesario	p.ej. Mensual	
Piezas de repuesto			Reposición de inventario	continuo	necesario		
Piezas de repuesto			Revisar el índice de fallas y ajustar nivel de existencias	Anual	necesario		



SolarPower Europe
Rue d'Arlon 69-71, 1040 Brussels, Belgium
T +32 2 709 55 20 / F +32 2 725 32 50
info@solarpowereurope.org / www.solarpowereurope.org

