ANEXO XIV. PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA Y RECAMBIO DE MODULOS

DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

PROYECTO

PARQUE SOLAR EL VALLE Y LÍNEA DE TRANSMISIÓN 1X110 KV

NOVIEMBRE 2026

EL VALLE SPA

SOCOAM - Sociedad de Consultoría Ambiental Ltda.
Fono: (56-32) 2683222
contacto@socoam.cl
www.socoam.cl

Procedimiento de Limpieza de Módulos Fotovoltaicos

La limpieza de los paneles del Proyecto es fundamental para mantener su eficiencia operativa, ya que la acumulación de suciedad, principalmente por excrementos de aves y polvo en suspensión generado durante las actividades de construcción y mantenimiento, puede reducir hasta en un 30 % la capacidad de generación de energía de la planta. En este contexto, considerando los elevados gastos de capital (CAPEX) y operativos (OPEX) asociados a esta actividad, así como las pérdidas energéticas que pueden producirse cuando no se realizan oportunamente, es que resulta necesario optimizar técnica y económicamente la estrategia de lavado. Para ello, se deberá seleccionar la tecnología de limpieza más adecuada a las condiciones del sitio y definir una frecuencia óptima que permita mantener el desempeño de los módulos, maximizando el rendimiento energético y reduciendo los costos operacionales.

El método de limpieza será seleccionado en función del nivel de polvo y la suciedad que presenten los paneles. En el caso de la limpieza manual podrá realizarse en seco, mediante el uso de paños y/o utilizando una bomba de espalda con capacidad para cargar 20 L de agua, que ayudará a la limpieza con paños húmedos y cepillos. Como alternativa se podrá emplear un sistema de limpieza mediante robots inteligentes como “Ecoppia H4” con tecnología Helix o “SolarCleano”, los cuales se componen de un robot de limpieza móvil que se desplaza horizontalmente y limpia de manera vertical utilizando microfibras seguras y un flujo de aire controlado, canalizando las partículas de polvo y suciedad, sin acumularlas, lo que permite eliminar el riesgo de dañar las superficies sensibles del panel, estos equipos también pueden ser controlados desde el suelo de forma manual y/o independiente. Este sistema permite realizar una limpieza sin utilizar agua y un mantenimiento continuo a través de la operación remota de su interfaz dado que no se requieren operadores durante su funcionamiento.

La planta puede limpiarse utilizando diferentes tecnologías de limpieza, que van desde opciones de bajo CAPEX y alto OPEX hasta alternativas de alto CAPEX y bajo OPEX, como se puede observar en la Figura siguiente.

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

Figura 1: Referencia diferentes tecnologías de limpieza



Fuente: Imagen referencial.

La limpieza manual suele realizarse entre 5 y 10 operarios, quienes limpian los paneles utilizando un tractor equipado con un estanque de agua. El consumo típico de agua es de 4 a 8 m³/MWp.

En el otro extremo se encuentran los robots de limpieza, que en muchos casos operan en seco y, en las mejores condiciones, no requieren asistencia humana.

Dependiendo de las condiciones operativas del Proyecto, la metodología de limpieza puede variar a lo largo de la vida útil de la planta, salvo en aquellos casos en que se hayan instalado robots de limpieza.

Es importante indicar que se evaluarán nuevos métodos de limpieza de paneles (alternativas sin uso de agua), según los avances tecnológicos que existan al momento de la operación del Proyecto.

Para el Proyecto se privilegiará la limpieza en seco mediante sistemas robotizados. En caso de requerirse agua, se estima un consumo aproximado de 1 L por módulo, equivalente a 680 m³/año, considerando hasta dos campañas anuales. El agua será suministrada por proveedores autorizados, sin contemplar extracción directa de recursos hídricos por parte del Proyecto.

En la Figura 2 se muestra una imagen referencial de los equipos de limpieza y posteriormente en las Tabla 1 y 2 se presenta sus fichas técnicas.

(56 32) 2683222 1 Poniente Nº123, Of. 213 Viña del Mar www.socoam.cl

Figura 2: Referencia de robot de limpieza

	
Ecoppia H4	SolarCleano

Fuente: Imagen referencial.

Tabla 1. Ficha Técnica Ecoppia H4.

Dimensiones (cm)	Variable, 200-430 largo x 98-105 ancho x 30 alto
Peso	40-50 kg
Velocidad de limpieza	22 metros por minuto
Cobertura	Hasta 2 km
Inclinación de Limpieza	16° - 35°
Tipo de Instalaciones	Inclinación fija y/o seguidores de un solo eje
Eficiencia Energética	Panel solar dedicado
Batería	Batería segura LifePo4
Cargador	MPPT
Comunicación	Radio frecuencia con mantenimiento continuo
Conectividad	Centralizada a través de control maestro basado en la nube
Monitoreo	Tableros web seguros con datos constantemente actualizados
Gestión Remota	Operación remota a través de interfaz web
Conducción	Independiente, 4 engranajes de motor de transmisión directa

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Ficha Técnica SolarCleano

Dimensiones (mm)	Variable, 1450 largo x 1300 ancho x 350 alto
Peso	25 kg
Velocidad de limpieza	40 metros por minuto
Capacidad de ascenso	25° (46%)
Tipo de Instalaciones	Inclinación fija y/o seguidores de un solo eje
Eficiencia Energética	Panel solar dedicado
Batería	Batería Lithium 490W
Autonomía	4 h

Fuente: Elaboración propia.

(56 32) 2683222 1 Poniente Nº123, Of. 213 Viña del Mar www.socoam.cl

Procedimiento Correctivo: Reemplazo de Módulos Fotovoltaicos

1. Objetivo

Este procedimiento tiene como finalidad describir el proceso de cambio de paneles fotovoltaicos que se encuentren dañados o con fallas asociadas.

2. Alcance

Este procedimiento aplica a todo el personal autorizado de operaciones y mantenimiento de la planta solar.

3. Responsabilidades

- Personal técnico de operaciones y mantenimiento: personal calificado, responsable de ejecutar los trabajos de mantenimiento en los sistemas de control y protecciones, bajo todos los estándares y procedimientos de trabajo.
- Personal de prevención de riesgos: personal calificado, responsable de la aplicación de este estándar. Su misión es reportar todos los incidentes que le sean transmitidos en este trabajo específico y dar soluciones efectivas y eficaces.

4. Recursos

Elementos de protección personal (EPP):

- Guantes dialécticos clase 0 (hasta 1.500 Volts DC).
- Casco dialéctico, con protector facial dialéctico.
- Zapatos de seguridad (dialécticos).
- Guantes de cabritilla.
- Lentes de seguridad oscuros.
- Ropa ignífuga.
- Bloqueador solar.

Herramientas aisladas, repuestos y equipos:

- Juego de alicates y atornilladores.
- Amperímetro.
- Fusibles fotovoltaicos 12 A.
- Cámara termográfica.
- Radio de comunicación.

(56 32) 2683222 1 Poniente Nº123, Of. 213 Viña del Mar www.socoam.cl

- Llave de torque.

Riesgos asociados a la tarea:

- Contacto con electricidad.
- Golpes.
- Atrapamiento.
- Cortes.
- Caída a igual nivel.

Recurso humano:

- Para realizar esta labor, se debe contar con un mínimo de 2 personas en terreno y con comunicación radial entre ellos.

(56 32) 2683222 1 Poniente Nº123, Of. 213 Viña del Mar www.socoam.cl

5. Descripción de la actividad

5.1. Cambio de módulos fotovoltaicos, condiciones previas:

- Realizar una reunión informativa de trabajo y seguridad con todo el personal que intervendrá en el trabajo.
- Verificar que todos los elementos de protección personal, equipos y herramientas a utilizar, se encuentren en buenas condiciones.

5.2. Verificación del estado de los paneles:

- Comprobar daños visuales en el cristal de los módulos fotovoltaicos.
- Comprobar estado de aislamiento de cables y conectores MC4 de módulos fotovoltaicos.
- Comprobar con cámara termográfica si existe un punto caliente en el panel fotovoltaico.

5.3. Cambio de módulo fotovoltaico dañado:

- Abrir el seccionador bajo carga en String Box, abrir porta fusibles positivo y negativo correspondiente a la String en donde se encuentra el panel fotovoltaico dañado.
- Abrir conectores MC4 del módulo fotovoltaico y retirar los pernos de fijación para el retiro de este.
- Retirar el módulo fotovoltaico dañado. Los módulos dañados, serán manejados como residuos peligrosos tal como se indica en el PAS 142 del **Anexo V** de la DIA, a menos que se entreguen los antecedentes y certificados que acrediten que no corresponden a residuos peligrosos.
- Instalar el panel fotovoltaico de reemplazo.
- Una vez instalado el panel nuevo, cerrar porta fusibles positivo y negativo del String y medir la tensión con un multitester, luego se debe cerrar el seccionador bajo carga de String Box.

5.4. Disposición final de módulo fotovoltaico dañado

Los módulos dañados serán almacenados en la bodega de residuos peligrosos (RESPEL). Las características técnicas, como la estimación de la cantidad de módulos dañados en cada fase del Proyecto, se encontrarán detalladas en el PAS 142, **Anexo V** de la presente Declaración de Impacto Ambiental (DIA). Es importante resaltar que los módulos fotovoltaicos permanecerán en la bodega de residuos peligrosos durante un máximo de 6 meses, tras lo cual serán retirados por una empresa autorizada.

(56 32) 2683222 1 Poniente Nº123, Of. 213 Viña del Mar www.socoam.cl