



Universidad de Concepción

Dirección de Postgrado

Facultad de Ingeniería

Facultad de Ciencias Biológicas

Facultad de Ciencias ambientales

Programa de Magíster en Gestión Integrada: Medio Ambiente, Riesgos Laborales y
Responsabilidad Social Empresarial

**“Propuesta de Modelo de gestión integrado para el desarrollo
sustentable de Proyectos Solares Fotovoltaicos”**

Estudio efectuado en Proyecto de Graduación para optar al grado de

Magíster en Gestión Integrada: Medio Ambiente, Riesgos Laborales y Responsabilidad Social
Empresarial

PAULA ANDREA GONZALEZ VALDES

Profesor Guía: Jorge Jiménez del Río

Dpto. de Ingeniería Industrial Facultad de Ingeniería

Universidad de Concepción

Tabla de contenido

Índice de Tablas	iii
Índice de Figuras	iv
Índice de Anexos	v
Resumen	vi
1 Introducción	1
2 Objetivos y Alcance.....	3
2.1 Objetivo General.....	3
2.2 Objetivos Específicos	3
2.3 Alcance.....	3
3 Marco Referencial.....	4
3.1 Marco conceptual	4
4 Metodología	9
4.1 Caracterización General del Contexto de la organización.....	9
4.1.1 Caracterización del contexto interno de la organización	9
4.1.2 Caracterización del contexto externo de la organización	11
4.1.3 Grupos de interés o partes interesadas (stakeholders)	11
4.2 Verificación marco legal aplicable	12
4.3 Diagnóstico de la gestión ambiental, social y laboral de la organización	12
4.4 Evaluación de riesgos laborales, aspectos ambientales y temas de ética y responsabilidad empresarial.....	14
4.5 Establecer brechas significativas y causalidad.....	1
4.6 Desempeño del Sistema de Gestión	2
4.7 Propuesta de mejora para el cierre de brecha significativa de la organización.....	2
5 Resultados	3
5.1 Compresión de la organización	3
5.2 Caracterización del contexto interno de la organización	4
5.2.1 Descripción de elementos básicos de la empresa solar fotovoltaica	4
5.3 Caracterización del contexto externo de la organización	11
5.3.1 Análisis del macroentorno (PESTAL).....	11
5.3.2 Análisis de Mercado: 5 Fuerzas de Porter	22
5.4 Grupos de interés o partes interesadas (Stakeholders)	24
5.4.1 Identificación de partes interesadas en la norma ISO 26000.....	24
5.4.2 Potencial de Cooperación o Amenaza de Stakeholders (Modelo de Savage)	26

5.5	Verificación de cumplimiento legal	27
5.5.1	Legislación Ambiental	27
5.5.2	Legislación Laboral	40
5.5.3	Legislación Social	44
5.6	Evaluación del grado de cumplimiento legal	47
5.7	Diagnóstico de la gestión social, ambiental y laboral	50
5.7.1	Desempeño ambiental	51
5.7.2	Desempeño laboral	58
5.7.3	Desempeño social	60
5.8	Riesgos ambientales, laborales y sociales detectados dentro de la organización.....	62
5.9	Riesgos significativos y su causalidad.....	65
5.10	Desempeño del Sistema de Gestión de la organización	70
5.11	Modelos de gestión de excelencia de calidad	76
5.12	Modelo ISO	81
5.12.1	Integración ISO	81
5.13	Propuesta de mejora	82
5.13.1	Propuesta de modelo del sistema de gestión integrada	82
5.13.2	Plan de mejora.....	83
5.13.3	Plan de implementación.....	86
5.14	Análisis estratégico	89
5.14.1	Análisis FODA.....	89
5.1	Propuesta de mejora para el cierre de brecha significativa de la organización.....	92
6	Discusión de resultados	92
7	Conclusiones.....	95
8	Referencias Bibliográficas.....	98
9	Anexo.....	103

Índice de Tablas

Tabla 1.	Criterios del factor de probabilidad de la Matriz Integrada.....	16
Tabla 2.	Criterios del factor de Consecuencia de la Matriz Integrada	17
Tabla 3.	Matriz Integrada para la evaluación de riesgos	0
Tabla 4.	Niveles de riesgo de la Matriz Integrada.....	1
Tabla 5.	Normativa ambiental aplicable a un Proyecto de Generación Solar Fotovoltaico.....	29

Tabla 6. Principales aspectos e impactos ambientales generados producto de la construcción de un parque solar fotovoltaico.....	56
Tabla 7. Matriz Integrada de peligros e impactos ambientales de la construcción, operación y cierre de centrales solares fotovoltaicas.....	120

Índice de Figuras

Figura 1. Cadena de valor Michael Porter	11
Figura 2. Esquema Árbol de problemas y causas	2
Figura 3. Organigrama Parque Solar Fotovoltaico	6
Figura 4. Cadena de Valor de Michael Porter.....	9
Figura 5. Stakeholders industria solar	26
Figura 6. Grado de cumplimiento de la normativa ambiental aplicable	48
Figura 7. Grado de cumplimiento de la normativa laboral aplicable	49
Figura 8. Grado de cumplimiento de la normativa social aplicable	50
Figura 9. Autoevaluación de la organización en materias de responsabilidad empresarial.....	61
Figura 10. Valorización del nivel de riesgo de aspectos ambientales.....	63
Figura 11. Valorización del nivel de riesgos laborales.....	64
Figura 12. Árbol de causas: contaminación por módulos solares rotos o desmantelados.....	66
Figura 13. Procedimiento de hincado	67
Figura 14. Procedimiento de instalación de tubo torque.....	68
Figura 15. Árbol de causas: Ruido generado por hincadora.....	69
Figura 16. Árbol de causas: Carga y movimiento de paneles y vigas	70
Figura 17. Análisis de desempeño organización ISO integradas	71
Figura 18. Modelo de gestión integrado propuesto para la organización	83
Figura 19. Triángulo de jerarquía de residuos según DMA	106
Figura 20. Esquemas de modelos de economía lineal y circular para la industria fotovoltaica	107

Índice de Anexos

Anexo 1. Anexo A: Formulación de Proyecto de inversión para brecha significativa	103
Anexo 2. Anexo B. Matriz integrada de riesgos ambientales, laborales y sociales de una central solar fotovoltaica	120

Resumen

Las centrales solares fotovoltaicas son uno de los pilares fundamentales para la descarbonización y abordar el cambio climático gracias a su capacidad de generar energía limpia y renovable. Sin embargo, su desarrollo no está exento de potenciales impactos sobre el medio ambiente. Por lo tanto, para que su inserción en el territorio sea ambientalmente sostenible, es necesario que se desarrolle mediante estrategias sustentables desde el diseño, operación y término.

Dentro del trabajo de graduación se plantea como objetivo general proponer un modelo de gestión integrado para que los proyectos solares fotovoltaicos se desarrollen bajo consideraciones ambientales, sociales y laborales, que permitan avanzar hacia un desarrollo sustentable.

Como punto de partida, se realiza una caracterización del contexto interno y externo de la organización, a través de levantamiento bibliográfico y entrevistas con una empresa solar colaboradora, de manera tal de analizar las cuestiones internas y externas que pueden afectar la consecución de sus objetivos como organización.

La metodología de análisis de este primer paso incluye elaborar la Cadena de Porter, un análisis FODA, análisis PESTAL, 5 Fuerzas de Porter y la identificación de stakeholders de interés. Los resultados de la aplicación de estas herramientas concluyen que el mercado fotovoltaico presenta una serie de oportunidades debido a factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ambientales y legales favorables. Sin embargo, se hace imperante hacer más sustentable el ciclo de vida de sus componentes, ya que su gestión ineficiente podría generar presiones sobre el medioambiente.

Se realiza un análisis de riesgos ambientales, sociales y laborales, identificando que una de las brechas más determinantes en el rubro fotovoltaico es la falta de gestión de los paneles solares al final de la vida útil, y el bajo monitoreo de los riesgos laborales por su baja temporalidad de construcción. Finalmente, con el objetivo de hacer un proceso más sustentable, se propone sistema de gestión integrado y la formulación de proyecto que contribuya a mejorar el desempeño de los parques solares en vías de la sustentabilidad.

1 Introducción

La generación de energía eléctrica ha dependido por siglos de combustibles fósiles. Sin embargo, con el pasar del tiempo se hacen cada vez más latente las consecuencias y los efectos de sobreexplotar un recurso no renovable, donde hemos reducido notablemente las reservas planetarias acumuladas por millones de años producto de la descomposición y fosilización de biomasa, y junto con ello se hacen evidente los problemas en nuestra atmosfera producto de la acumulación de emisiones de gases de efecto invernadero, entre ellos el dióxido de carbono (CO₂) que son responsables del calentamiento global y cambio climático (IDEAM, 2007).

Bajo este paradigma, para lograr reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y crear un planeta más sano y habitable para las generaciones futuras, es necesario dejar de depender de combustibles fósiles y potenciar la transición de la matriz eléctrica hacia energías limpias, las cuales se encuentran en abundancia en nuestro entorno y son inagotables.

Sin perjuicio de lo anterior, las energías renovables no se encuentran exentos de desafíos, puesto que presentan variación diaria y estacional, como la energía solar y la eólica. Además, demandan el uso de materiales poco abundantes y costosos para su producción y almacenamiento, tal como la extracción de tierras raras, las que por cierto, pueden significar crean un tipo de contaminación radiactiva diferente de la que generan otros tipos de desechos.

En este sentido, considerando que la región chilena de Atacama tiene la radiación más alta del mundo y que uno de los principales productores de energía solar fotovoltaica en el mundo, como lo es Alemania, posee una radiación similar a la Valdivia, el territorio nacional es una zona muy atractiva para el desarrollo de este tipo de tecnología (CDT, 2013; Azevedo & Serrano, 2019).

Cabe destacar que, las energías renovables para generar una potencia eléctrica determinada requerirán mayores extensiones que una central a combustión, por el hecho de que el poder calórico del recurso es menor por unidad de superficie. Dicha situación ha conducido la extensión de grandes superficies cubiertas por paneles solares a lo largo y ancho del territorio rural (MITECO, 2022).

La preocupación actual radica en que, la expansión de campos solares se está desarrollando sobre territorios rurales con relevancia ambiental (vocación agrícola y sensibilidad ambiental),

lo que podría convertirse en una amenaza por sustitución de uso suelo como por posibles efectos socioambientales en los territorios en los que se emplazada.

Por último, y no menor, es la generación de residuos, provenientes de paneles solares y baterías en desuso, lo cual aún no ha sucedido, pero es un hecho inminente, que generará cientos de paneles y su problema será la disposición (Salim et al., 2019). Por lo tanto, existe una alta relevancia en generar una adecuada gestión de los principales desechos de la industria solar, debido a que pueden generar impactos ambientales importantes al suelo, agua e impactos negativos a la salud de los trabajadores que realizan su manejo o a la comunidad cercana a los puntos de disposición.

Dado lo anterior, se determina la necesidad de implementar un sistema de gestión integrado que permita gestionar desde un inicio los posibles riesgos socioambientales y laborales que puedan desencadenarse en proyectos de esta naturaleza, de tal forma que su evaluación ambiental, así como su desarrollo, operación y desmantelamiento se realicen en un equilibrio y bajo prácticas sustentables.

El proyecto de graduación propone un Sistema de Gestión Integrado para empresas del rubro fotovoltaico de mediana y gran escala. El objetivo es proponer una herramienta base que sirva de guía para los estudios de diseño y prefactibilidad, la planificación y operación de este tipo de centrales, tomando consideraciones más allá del marco legal regulatorio y desarrollarse bajo consideraciones socioambientales y laborales de calidad.

Para lograr aquello, primero se realizó un diagnóstico de la organización, para evaluar su contexto interno y externo, para determinar donde se deben concentrar las estrategias para mejorar el desempeño de la organización. Se identificaron aquellos riesgos más significativos y sus causalidades proponiendo un plan de acción o propuesta de mejora que busque gestionar los riesgos del rubro y mejorar el desempeño integral de la organización.

2 Objetivos y Alcance

2.1 Objetivo General

Proponer un modelo de gestión integrado para el diseño de proyectos solares fotovoltaicos bajo consideraciones ambientales, sociales y laborales que apunten a lograr un desarrollo sustentable.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar el contexto interno y externo de la organización.
- Realizar un diagnóstico de desempeño ambiental, laboral y social de la organización.
- Identificar cuerpos normativos aplicables a centrales fotovoltaicas y verificar grado de cumplimiento.
- Evaluar riesgos ambientales, laborales y sociales susceptibles en este tipo de centrales
- Determinar la causalidad de las brechas significativas identificadas.
- Proponer un modelo de gestión integrado y su plan de implementación para una organización gestora de proyectos solares fotovoltaicos.
- Formular un proyecto de inversión que contribuya a mejorar el desempeño de la organización en vías de la sustentabilidad

2.3 Alcance

El presente estudio consistirá en evaluar de forma general el desempeño de proyectos fotovoltaicos. No obstante, lo anterior, para caracterizar el rubro fotovoltaico será necesario contar con un input de información de este tipo de Proyectos. Para ello, se mantendrá la colaboración con una empresa desarrolladora de proyectos fotovoltaicos en país, quienes permitirán conocer las líneas productivas del negocio, sus políticas internas, de sustentabilidad, aportar inconvenientes en su construcción, operación, así como también identificar y caracterizar riesgos susceptibles.

El proyecto de graduación no es específico para la organización, sino más bien general para todo tipo de proyectos de este rubro. Cabe destacar que, la experiencia de organización en el rubro juega un rol importante dentro de este estudio, ya que actuará como fuente aportante de información acerca del desarrollo y operación de parques solares fotovoltaicos en el país, cuyos

antecedentes serán relevantes para poder realizar un análisis acabado y exhaustivo de la industria.

3 Marco Referencial

3.1 Marco conceptual

El nuevo modelo de generación eléctrica a través de fuentes de energía renovable, como la energía solar fotovoltaica generará, sin lugar a duda, innumerables ventajas para el medio ambiente, en especial en relación con el cambio climático, al evitar un incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera. Sin embargo, la instalación de nuevas plantas solares fotovoltaicas no está exenta de potenciales impactos sobre el medio ambiente y debe desarrollarse con sensibilidad hacia el medio receptor para que pueda ser ambientalmente sostenible de manera global.

Una de las principales preocupaciones del desarrollo de grandes instalaciones de energía solar fotovoltaica es la alta ocupación de suelo que requieren y los potenciales impactos sobre la biodiversidad que de ello se derivan. Dichos impactos deben ser minimizados mediante una adecuada evaluación de sus repercusiones sobre el medio ambiente y el establecimiento de adecuadas medidas de gestión (MITECO, 2022).

Problemas emergentes dentro del territorio

a. Amenaza de cambio de suelo agrícola a ERNC

Identificar el potencial de las energías renovables y sus emplazamientos se ha convertido en un tema estratégico dentro de la planificación energética (Schnarwiler et al., 2017). De acuerdo al Compendio Cartográfico Proyectos e Instalaciones de Generación Eléctrica en Chile, del Ministerio de Energía, la mayor parte de los proyectos fotovoltaicos (PFV) se encuentra en las zonas agrícolas del Valle Central debido a que estas cumplen plenamente los criterios utilizados por las empresas generadoras para localizarlos (Gil et al., 2022). Estos criterios concuerdan con los mencionados por Sargentis et al. (2021) para Grecia, quienes además señalan que estas condiciones coinciden con los suelos agrícolas de mayor producción.

Hasta la fecha, esta ocupación no manifiesta conflictos económicos o sociales en el sector agropecuario. De hecho, los agricultores entrevistados de las regiones de Valparaíso y Metropolitana opinaron que el interés de las generadoras por establecerse en zonas rurales ha

sido una solución económica a los problemas que están viviendo por la falta de agua. Muchos de estos predios apenas generaban ingresos y otros estaban por ser abandonados (Gil et al., 2022).

Los estudios relacionados con los efectos del desarrollo de la energía solar sobre los ecosistemas y la biodiversidad dan cuenta de que la pérdida y cambio de hábitats se vinculan con proyectos de grandes superficies. Estos modifican y fragmentan los hábitats en el proceso (Turney & Fthenakis, 2011).

Por otro lado, Sargentis et al. (2021) coincide en que la producción agrícola está asociada a mayores efectos de degradación de suelos, erosión, pérdida de biodiversidad y contaminación. Por su parte, el Servicio Agrícola y Ganadero de Chile (SAG) está tratando de comprometer a los titulares que realicen un seguimiento de las condiciones del suelo que se encuentra bajo un panel solar, ya que no hay mayor conocimiento de qué va a suceder con este luego de varios años al descubierto y bajo un panel solar.

b. Amenaza de intervención de áreas con alto valor ecológico

Para efectos de evaluación ambiental, el artículo 8 del D.S. 40/2012 del Ministerio del Medio Ambiente (MMA), establece la necesidad de evaluar la localización y el valor ambiental del territorio en el cual se emplaza el proyecto en evaluación.

Donde señala lo siguiente: “Se entenderá que el proyecto o actividad se localiza en o próxima a población, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos, glaciares o a un territorio con valor ambiental, cuando éstas se encuentren en el área de influencia del proyecto o actividad.

Se entenderá por poblaciones protegidas a los pueblos indígenas, independiente de su forma de organización.

Se entenderá por recursos protegidos aquellos colocados bajo protección oficial mediante un acto administrativo de autoridad competente, con la finalidad de asegurar la diversidad biológica, tutelar la preservación de la naturaleza o conservar el patrimonio ambiental.

Se entenderá por áreas protegidas cualesquiera porciones de territorio, delimitadas geográficamente y establecidas mediante un acto administrativo de autoridad competente,

colocadas bajo protección oficial con la finalidad de asegurar la diversidad biológica, tutelar la preservación de la naturaleza o conservar el patrimonio ambiental.

Se entenderá por humedales protegidos aquellos ecosistemas acuáticos incluidos en la Lista a que se refiere la Convención Relativa a las Zonas Húmedas de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de las Aves Acuáticas, promulgada mediante Decreto Supremo N° 771, de 1981, del Ministerio de Relaciones Exteriores.

Se entenderá que un territorio cuenta con valor ambiental cuando corresponda a un territorio con nula o baja intervención antrópica y provea de servicios ecosistémicos locales relevantes para la población, o cuyos ecosistemas o formaciones naturales presentan características de unicidad, escasez o representatividad.”

Sin perjuicio de lo anterior, cabe destacar que, los sitios prioritarios para la conservación constituyen áreas terrestres, marinas o costero marinas de alto valor para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad, identificada por su aporte a la representatividad ecosistémica, por su singularidad ecológica o por constituir un hábitat de especies amenazadas, entre otros aspectos, para su gestión de conservación, protección y/o restauración. Dichos sitios pueden, en la medida de lo posible, llegar a constituirse en áreas protegidas.

Si bien, nuestro país es parte del Convenio sobre Diversidad Biológica desde el año 1994, y con la finalidad de cumplir con los compromisos asumidos en el marco de dicho acuerdo, se elaboraron Estrategias Regionales de Biodiversidad (ERB) para todas las regiones del país y una Estrategia Nacional de Biodiversidad, se identifican más de 300 sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad, sin embargo, a la fecha existen solo 64 sitios prioritarios que son relevantes para la evaluación ambiental (MMA, 2017).

Sin embargo, aquellos sitios que no poseen protección oficial quedan desprotegidos. Tal es el caso de los sitios prioritarios para la conservación definidos según la ERB, ya que efectos de evaluación ambiental, sólo tienen relevancia aquellos sitios que se encuentran bajo protección oficial y que se encuentran detallados en el ORD D.E N°100143/2010 del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). Por lo tanto, aquellos que no se encuentran declarados, quedan desprotegidos frente a la ley (SEA, 2010).

Cabe destacar que, el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegida busca convertirse en el primer organismo público con dedicación exclusiva y con recursos destinados para el cuidado

de las áreas protegidas del país y de la biodiversidad que se encuentra tanto al interior como al exterior de ellas. Sin embargo, se encuentra en debate en el congreso desde el año 2014, y en la cámara de diputados se decidió dejar afuera esta categoría en el año 2022, perdiendo un relevante nivel de protección (Segura, 2023).

b. Impactos ambientales por disposición final de Paneles Solares

La acumulación de residuos fotovoltaicos se visualiza entre los principales obstáculos al desarrollo sostenible de centrales solares fotovoltaicas. Si bien, los paneles solares son el componente principal de las plantas fotovoltaicas, tienen una vida útil asegurada de al menos 25 años. Sin embargo, sufren procesos de degradación y/o de fallas. Por lo tanto, tarde o temprano serán descartados de las plantas fotovoltaicas pasando a ser un desecho (IEA, 2014).

Se han tratado de realizar estimaciones sobre la magnitud del problema y se ha concluido que para el año 2050 se habrán acumulado cerca de 80 millones de toneladas de residuos en todo el mundo. De forma paralela, los gobiernos a través del mundo han adoptado políticas públicas que incentiven al sector privado a hacerse cargo de este problema. Al clasificar los módulos solares como residuos peligrosos y crear un marco legal que implemente una responsabilidad extendida del productor (conocida como ley REP), se han asegurado de mitigar los impactos e incentivar la innovación en torno a esta problemática (IRENA, 2016).

En lo que respecta a Chile, un reciente estudio elaborado por RIGK e In-Data para el Ministerio de Energía, indica que a 2050 habrá entre 161 millones y 270 millones de estos residuos en el territorio. Considerando su vida útil, se espera que al año 2046 se genere el primer gran peak de residuos por el fin de su vida útil, con 120 mil toneladas (Pais Circular, 2020). A partir de estudios realizados por Tao et al. (2020) y Deng et al. (2020), se puede señalar que hoy el reciclaje de paneles fotovoltaicos no es rentable por sí sólo y para concretarse requiere de un apoyo como estructuras estatales o leyes que lo hagan factible. El costo de recuperar las materias primas no es competitivo con el precio de mercado de estas. El segundo aspecto en que coinciden la mayoría de los autores es que para que la industria del reciclaje funcione se requieren grandes volúmenes para generar economías de escala y reducir los costos de los procesos (Rosas, 2022).

Si este tema se dejase al libre mercado, que decide basado en criterios de costos, las decisiones de productores y usuarios (dueños de plantas solares) sería enviar estos residuos a un vertedero para disposición final. En ese sentido, la industria fotovoltaico mundial tiene el desafío de diseñar paneles y plantas de recuperación de materiales que estén pensados para la economía circular para evitar presiones sobre los recursos naturales y contaminar el ambiente.

4 Metodología

4.1 Caracterización General del Contexto de la organización

El presente estudio tiene por objetivo realizar una caracterización del contexto interno y externo de la organización, con el fin de identificar aquellas cuestiones internas o externas que son relevantes para que una organización pueda cumplir con su propósito, y a su vez identificar aquellos factores positivos o negativos que podrían afectar su desempeño en la consecución de sus objetivos.

Por otra parte, a partir de dicho análisis, se podrán definir aquellos actores claves que tienen cierto grado de relación con la organización y evaluar si estos juegan un rol susceptible de generar oportunidades o amenazas sobre el funcionamiento y el cumplimiento de los objetivos definidos por la organización.

La técnica de investigación para realizar ésta caracterización se realizará mediante información secundaria y entrevistas semiestructuradas de tipo cualitativa, donde mediante el diálogo activo con colaboradores de la compañía se obtendrá información del funcionamiento de la organización en sus diferentes etapas de desarrollo, con la finalidad de caracterizar el rubro de la empresa, sus procesos productivos, suministros y proveedores de la cadena de valor, políticas internas, compromisos con la sustentabilidad y códigos de ética.

4.1.1 Caracterización del contexto interno de la organización

El contexto interno de una empresa u organización corresponde al entorno en el que se propone alcanzar sus objetivos. Por lo tanto, para lograr un buen desempeño y aceptabilidad de un proyecto de inversión, es necesario evaluar de forma previa los actores que forman parte de su enfoque y aquellos recursos, capacidades y habilidades con cual cuenta la organización, por lo que es imperante conocer los potenciales y sus limitaciones, de tal forma de gestionarlos y buscar la mejora continua dentro de sus procesos.

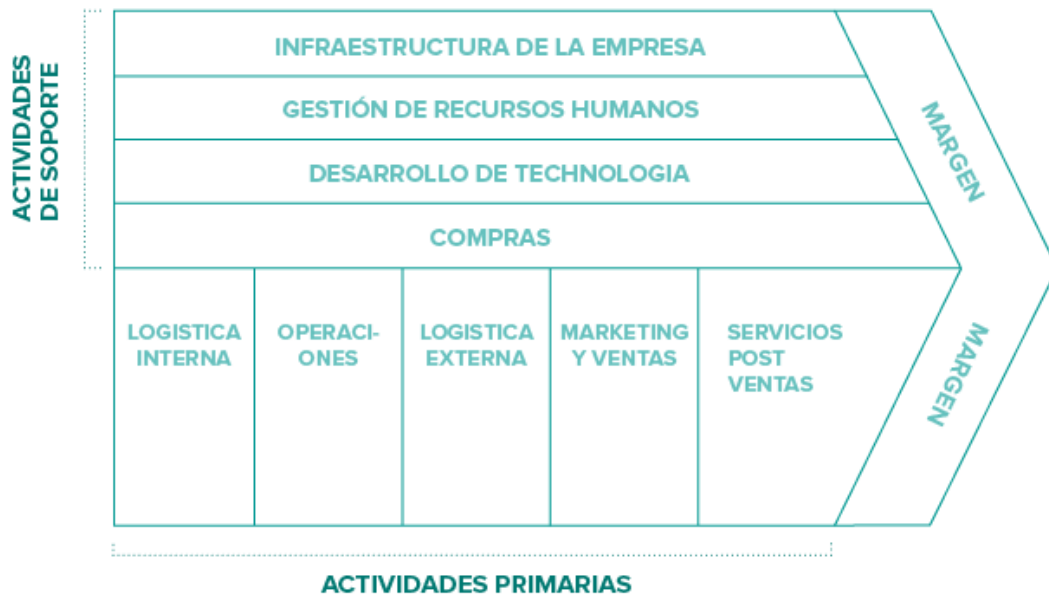
La caracterización del contexto interno de la organización se realiza a partir del Manual de diagnóstico, implementación, monitoreo y evaluación de la responsabilidad social basado en la norma ISO 26.000 e indicadores GRI4 desarrollado por Azevedo & Serrano (2019); identificando y describiendo los siguientes elementos:

- Tipo de organización
- Propósito
- Visión
- Principios y valores éticos
- Objetivos
- Estructura administrativa
- Recursos
- Proceso productivo

Además, se identifican y describen las partes interesadas del contexto interno de una empresa orientada a desarrollar proyectos de centrales solares fotovoltaicas utilizando las preguntas dispuestas en la norma ISO 26.000/2010 para la identificación de las partes interesadas (Azevedo & Serrano, 2019). Las preguntas son las siguientes:

- ¿Con quién tiene obligaciones legales la organización?
- ¿Quién podría verse afectado positiva o negativamente por las decisiones o actividades de la organización?
- ¿Quién estuvo involucrado en el pasado cuando fue preciso atender inquietudes similares?
- ¿Quién puede ayudar a la organización a tratar impactos específicos?
- ¿Quién quedaría desfavorecido si se excluyera del involucramiento?
- ¿Quién se ve afectado en la cadena de valor?

A su vez, y para guiar este proceso de diagnóstico, se describe en términos generales el contexto interno y externo de la organización desde la perspectiva de la Cadena de Valor de Porter (Porter, 1986), se realiza un Diagrama de Proceso Productivo de la misma.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1. Cadena de valor Michael Porter

4.1.2 Caracterización del contexto externo de la organización

Para efectos de la caracterización del contexto externo de la organización de la organización, se utiliza el análisis PESTEL que identifica y describe los factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ecológicos y legales, que se relacionan con la organización, incluyendo a las partes interesadas externas. Esta herramienta tiene como objetivo principal analizar la existencia de factores en alguna de las áreas que supongan oportunidades o amenazas para el proyecto empresarial.

4.1.3 Grupos de interés o partes interesadas (stakeholders)

Savage (1991) presenta una matriz de doble entrada para identificar a los stakeholders que influyen en la organización. Posee dos ejes críticos: el potencial de estos actores para amenazar a la organización y el potencial de estos grupos de interés de cooperar con la organización. Por lo tanto, se deducen de la matriz cuatro tipos de interesados (Acuña, 2012).

1. Stakeholders mixtos donde la estrategia será colaborar.

2. Stakeholders marginales cuya estrategia será controlarlos.
3. Los stakeholders de apoyo que implica una estrategia de implicarlos en la organización.
4. Stakeholders no apoyo donde la estrategia es la defensa ya que no son cooperativos y amenazan a la organización.

4.2 Verificación marco legal aplicable

Para realizar el catastro de la normativa aplicable, en primer lugar, se toma como referencia el Plan de Cumplimiento Legal que cada Proyecto que ingresa al Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) debe presentar, de acuerdo al artículo 19 letra c) del D.S. N°40/2012 del Ministerio de Medio Ambiente, del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

Lo anterior, se complementó con la revisión de legislación aplicable en materia laboral, ambiental y social, a través de la revisión del compendio de normas y leyes del sitio web de la Biblioteca Nacional del Congreso (BCN).

Posteriormente durante la visita a terreno y mediante conversaciones con encargados de Plantas Solares, fue posible determinar el grado de cumplimiento de la organización respecto a las materias ambientales, laborales y sociales.

Cabe mencionar que, para las listas de verificación se utilizó un enfoque de calificación cualitativa de los requisitos a través de SI (cumplimiento total), NO (incumplimiento total), PARCIAL (cumplimiento incompleto)

4.3 Diagnóstico de la gestión ambiental, social y laboral de la organización

Para la evaluación del desempeño de la organización en temas ambientales, laborales y sociales, se utilizó información secundaria disponible en plataformas gubernamentales. Adicionalmente, se realizó visita a una de las faenas constructivas de un parque solar fotovoltaico y se obtuvo información mediante entrevistas semiestructurada (Sayago, 2014) con encargado en prevención de riesgos y encargada ambiental.

Desempeño ambiental: Se realizó en primer lugar, una revisión de los sistemas de reporte y fiscalización de los proyectos solares que se encuentran regulados, a través del Sistema Nacional de información y Fiscalización Ambiental (SNIFA, 2023) perteneciente a la

Superintendencia de Medio Ambiente (SMA), organismo encargado de fiscalizar y realizar el seguimiento de las Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA). Se revisaron auditorías ambientales internas realizadas en faenas constructivas, pertenecientes a la organización.

Desempeño Laboral:

Se asistió a terreno a identificar procedimientos de trabajo y actividades realizadas durante la fase de construcción. Se consultó acerca del registro de incidentes, accidentes y/o enfermedades profesionales.

Desempeño Social:

Se realizó entrevista a la encargada ambiental de la organización para identificar si han tenido algún tipo de inconveniente con grupos humanos durante los procesos de evaluación ambiental y/o durante alguna fase de desarrollo del proyecto. Se consultó acerca de la existencia de algún tipo de mecanismos de comunicación con la comunidad aledaña.

Para evaluar el desempeño sobre Responsabilidad Social Empresarial (RSE) se elaboró una encuesta de autoevaluación a través del Manual de Autoevaluación de Responsabilidad Social Empresarial (Yepes, 2016), el cual evalúa el grado de cumplimiento sobre seis criterios:

1. Valores y principios éticos,
2. Medio ambiente
3. Mercadeo responsable
4. Compromiso con la comunidad
5. Economía y finanza
6. Calidad de vida laboral.

Donde los parámetros de cumplimiento corresponden a:

- 3 SI (Siempre)
- 2 A veces
- 1 No (Nunca)
- N/C (No corresponde)

4.4 Evaluación de riesgos laborales, aspectos ambientales y temas de ética y responsabilidad empresarial

Para realizar la evaluación y análisis de riesgos laborales, ambientales y sociales fue necesario en primer lugar identificar los procesos involucrados en el desarrollo del proyecto solar fotovoltaico, a fin de identificar aquellas actividades que puedan generar riesgos laborales e impactos ambientales y sociales.

Para aquello, se elaboró un modelo de proceso o flujo en base a información de la descripción de proyecto de este rubro a fin de identificar cuáles son los peligros laborales, aspectos ambientales y sociales de cada actividad desarrollada.

a. Identificación de peligros laborales

La evaluación de riesgos busca identificar y eliminar riesgos presentes en el entorno de trabajo, así como la valoración de la urgencia en el actuar correctivo. La evaluación es una obligación empresarial y una herramienta fundamental para la prevención de daños a SSO. Para evaluar la Significancia de los Riesgos Laborales se generó una Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos (MIPER). El objetivo de la MIPER es identificar los peligros derivados de las condiciones de trabajo para así:

- Eliminar de inmediato los factores de riesgo que puedan suprimirse fácilmente.
- Evaluar todos los riesgos asociados a las actividades del proceso.
- Planificar la adopción de medidas correctivas.

Para la identificación, se realizó un listado con las actividades y/o acciones necesarias para el desarrollo, operación y cierre de una central solar fotovoltaica y se determinarán aquellos peligros para los trabajadores que lo ejecuten. A fin de tener un detalle amplio de los riesgos del rubro, se complementa con matriz IPER de la organización, la cual es de carácter reservado.

b. Identificación de aspectos ambientales.

De acuerdo a la norma ISO 14001:2015, un aspecto ambiental es un elemento que deriva de la actividad de una organización y que puede interactuar con el medio ambiente. La importancia de su identificación radica en que, a partir de estos, es posible establecer cuáles podrían provocar impactos ambientales significativos.

Para la identificación, se realizó un listado con las actividades y/o acciones necesarias para el desarrollo, operación y cierre de una central solar fotovoltaica y contrastarlos con una lista de factores ambientales y sociales que podrían ser afectados por el proyecto, y que son considerados para la evaluación de impacto ambiental dentro del marco del SEIA, de acuerdo a los artículos 5 al 10 de D.S. 40/2012 del MMA, correspondiendo a:

- Suelo
- Agua
- Aire
- Flora y vegetación
- Fauna silvestre
- Recursos naturales
- Medio Humano
- Paisaje

De igual forma, se realizó un trabajo de campo para identificar *in situ* las actividades que pueden generar impactos en los trabajadores, ambiente y comunidad aledaña durante las fases de construcción y operación de los proyectos.

Por último, se realizó una revisión de expedientes de proyectos disponibles en la plataforma del Servicio de Evaluación Ambiental y SNIFA, con tal establecer un listado acabado de los impactos ambientales que se originan en el rubro fotovoltaico, y el cual será complementado con matrices aspectos e impactos ambientales que son de carácter reservado de la organización.

c. Identificación de conflictos sociales

Este análisis tiene por objetivo identificar las necesidades, problemas y/o oportunidades de mejoras sobre el componente social que rodea la zona de emplazamiento de los proyectos solares fotovoltaicos.

Para la identificación de posibles conflictos sociales, se realizó una revisión de diversos procesos de participación ciudadana desarrolladas en territorios con vocación agrícola tal como las regiones de O'Higgins, Maule y Ñuble.

De forma complementaria, en la oportunidad que se realiza el trabajo de campo, se realizará una entrevista a los encargados de faena y de gestión, con el fin de vislumbrar si han existido problemáticas sociales durante su construcción u operación, y determinar las acciones sociales o estrategias comunicacionales que han desarrollado para abordarlas. También se hace revisión de noticias, periódicos y/o comunicados en la red, a fin de cuenta de identificar posibles acontecimientos o movimientos en contra de las centrales solares.

I. Evaluación de impactos ambientales, laborales y sociales

Con el objetivo de valorizar la significancia de los impactos en las dimensión ambiental, laboral y social, se procedió a utilizar una matriz integrada de riesgos (Céspedes, 2022) que incluye las variables probabilidad y consecuencia sobre cuatro dimensiones (seguridad, salud, medio ambiente y comunidad). A continuación, se presenta el detalle de los criterios:

Tabla 1. Criterios del factor de probabilidad de la Matriz Integrada

Criterios de Probabilidad		
1	Muy Baja	Cercana a cero; No existen registro de ocurrencia del incidente y/o evento indeseado.
3	Baja	Ha ocurrido muy pocas veces (1 a 4/fase). Escasos Incidentes y/o eventos indeseados registrados.
5	Media	Ha sucedido antes, varias veces (> 4 & ≤ 8/fase); existen registros de incidentes y/o eventos indeseados similares.
7	Alta	Sucede con cierta frecuencia (< 8/fase), existe un numero relevante de incidentes y/o eventos indeseados.
9	Muy Alta	Sucede durante toda la fase

Fuente: Elaboración propia en base a Céspedes (2022).

Tabla 2. Criterios del factor de Consecuencia de la Matriz Integrada

CONSECUENCIA				
Clasificación	Seguridad (S)	Salud (H)	Medio Ambiente (E.)	Comunidad (C.)
Insignificante (1)	Heridas leves que implican primeros auxilios.	Leves efectos para la salud reversibles, sin mayor consideración.	Impacto ambiental muy bajo o nulo. No hay impacto fuera del emplazamiento, solo confinado a un área pequeña del mismo	Queja aislada. No hay indagaciones de los medios de comunicación
Leve (3)	Lesión que implica tratamiento médico.	Tratamiento médico, efecto para la salud reversible de consideración, sin discapacidad.	Efectos leves en ambiente biológico o físico. Impacto confinado en el emplazamiento	Número reducido de quejas esporádicas.
Moderado (5)	Lesión con tiempo perdido/ trabajo restringido/ Discapacidad reversible.	Efecto para la salud grave, reversible, enfermedades infecciosas.	Efecto moderado en el ambiente biológico o físico. Contaminación o daño recuperable en periodo de tiempo moderado (ej. 1 -3 años). El impacto puede extenderse más allá de los límites del emplazamiento.	Índice creciente de quejas repetidas de la misma área. Atención de los medios de comunicación, principalmente con enfoque local.

Alto (7)	Lesión con tiempo perdido que ocasiona un periodo prolongado fuera del trabajo	Exposiciones que ocasionan un efecto para la salud irreversible de consideración. Discapacidad permanente	Efectos considerables en ambiente biológico o físico. Contaminación o daño severo solo recuperable a largo plazo (+3 años). El impacto se extiende más allá de los límites del emplazamiento	Gran número de quejas repetidas de la comunidad en general. Atención de los medios de comunicación con enfoque corporativo.
Catastrófico (9)	Heridas múltiples con tiempo perdido que amenazan la vida. Fatalidades.	Efectos para la salud a corto o largo plazo que conducen a fatalidades o enfermedades discapacitantes que conducen a una muerte prematura.	Efectos graves y extensos en ambiente biológico o físico. Probablemente periodo de recuperación muy largo. Destrucción de especies locales. Daño o contaminación crónica extendida con recuperación dudosa. Operaciones futuras inciertas en el emplazamiento.	Alto nivel de preocupación o interés de la comunidad en general. Se espera que la atención de los medios de comunicación impacto seriamente el precio de las acciones.

Fuente: Elaboración propia en base a Céspedes (2022).

Para determinar el nivel de riesgo, es necesario realizar el cruce de ambas variables, Probabilidad y Consecuencia y así obtener la magnitud del riesgo:

$$\text{Magnitud del Riesgo} = \text{Probabilidad} \times \text{Consecuencia}$$

A partir de lo anterior, es posible obtener la siguiente matriz de riesgos:

Tabla 3. Matriz Integrada para la evaluación de riesgos

			Consecuencia				
			1	3	5	7	9
			Muy leve	Leve	Moderada	Grave	Muy grave
Probabilidad	1	Muy baja	1	3	5	7	9
	3	Baja	3	9	15	21	27
	5	Media	5	15	25	35	45
	7	Alta	7	21	35	49	63
	9	Muy alta	9	27	45	63	81

Fuente: Céspedes (2022)

A continuación, se detalla la clasificación de los niveles de riesgo (bajo, medio, alto o crítico) junto a las medidas de control que se deberían colocar en acción dependiendo el riesgo determinado:

Tabla 4. Niveles de riesgo de la Matriz Integrada

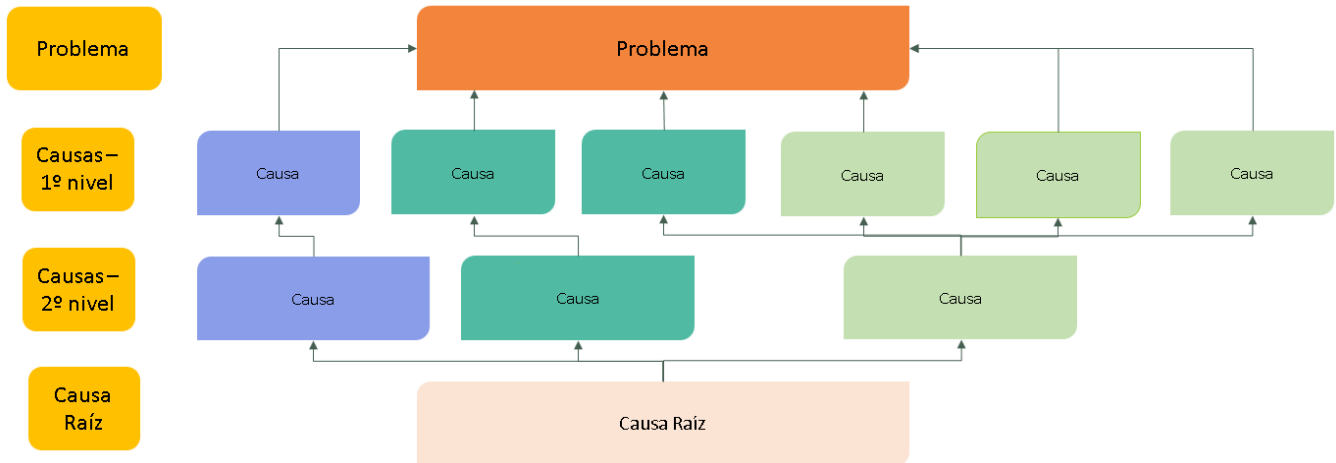
Nivel de riesgo	Medida de control
1-5 BAJO	No se requieren controles adicionales a los existentes. Se pueden realizar las actividades/tareas cumpliendo las medidas de control dispuestas
7-25 MEDIO	Se debe mantener supervisión de las actividades
27-45 ALTO	Se deben aplicar las medidas de control propuestas. Se debe monitorear y evaluar su efectividad
49-81 CRITICO	Se considerará como riesgo inaceptable aquel que tenga un valor sobre 63 La tarea no se puede ejecutar sin antes aplicar controles que reduzcan la probabilidad y/o consecuencia

Fuente: Céspedes (2022)

4.5 Establecer brechas significativas y causalidad

Los riesgos significativos corresponderán a aquellos identificados con un nivel crítico de riesgo (49-81), según Tabla 4. Para determinar la causalidad de aquellos riesgos ambientales y sociales se utilizó el Método de Árbol de Problemas y Causas descrito en Investigación de accidentes del trabajo a través del método del árbol de causas (OIT, 2019), mediante el cual se busca identificar claramente el problema que se pretende solucionar, los efectos, las causas que lo originan (CEPAL, 2005).

Una vez que tanto el problema central, como las causas y los efectos están identificados, se construye el árbol de problemas que da una imagen completa de la situación negativa existente.



Fuente: Elaboración propia a partir de OIT (2019).

Figura 2. Esquema Árbol de problemas y causas

La figura anterior representa un ejemplo de un árbol de causas con un problema principal a identificar y tres de niveles de causas, desde las más inmediatas hasta la causa raíz, que señala el hecho o situación principalmente responsable de desencadenar el problema analizado.

4.6 Desempeño del Sistema de Gestión

La evaluación del desempeño del Sistema de Gestión (SG) de la organización se realizó en base a una lista de chequeo integrada de las normas ISO (9001, 14.001, 45.0001 y 26.000), cuyo estado de cumplimiento fue revisado en conjunto con la organización.

4.7 Propuesta de mejora para el cierre de brecha significativa de la organización.

La propuesta de mejora tiene por objetivo cerrar la brecha más significativa que se logró identificar a partir del análisis de desempeño ambiental, laboral o social de la organización, de manera tal de, mejorar el desempeño de la organización de forma integral y contribuir a avanzar hacia una gestión más sustentable.

Dicha propuesta de mejora se abordó a través de la formulación de un proyecto de inversión que incluye el diseño de una alternativa de solución, su evaluación económica y las directrices para llevarlo a cabo. Los lineamientos empleados para su elaboración fueron tomados como base de la asignatura Formulación y Evaluación de Proyectos (Jimenez, 2023).

5 Resultados

5.1 Compresión de la organización

En términos generales, la organización estudiada corresponde a una empresa especializada en el desarrollo, construcción, mantención (operación y gestión) de centrales solares fotovoltaicas en todo el mundo, con sede en Barcelona, España. La organización emplea a más de 100 profesionales experimentados alrededor de oficinas ubicadas en 6 países diferentes.

La compañía tiene una trayectoria probada en el desarrollo de +5.5 GW de proyectos de generación solar fotovoltaica, incluyendo clientes industriales en Europa y América Latina.

La empresa comienza su operación en Chile en el año 2014, a través del desarrollo y la construcción de ingeniería de proyectos solares. Sin embargo, recientemente la organización ha innovado su cadena de procesos, implementado una estrategia de propiedad de activos como IPP (Independent Power Producer), donde poseen 1 proyecto propio, el cual ha sido diseñado desde la concepción hasta su etapa de puesta en operación, donde los activos generados por la producción de energía pasan a ser parte del nuevo negocio.

Cabe precisar que, los proyectos de inversión de tipo fotovoltaico que posean una potencia mayor a 3 MW, deben contar con una Resolución de Calificación Ambiental (RCA), la cual es obtenida luego de pasar una evaluación ambiental satisfactoria ante el Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Esta evaluación tiene como propósito identificar de forma preventiva a través de la predicción impactos ambientales que se pueden generar y cómo éste se hace cargo para cumplir la normativa aplicable. Sin embargo, al ser un instrumento que se basa en la predicción de impactos ambientales, se da la existencia de ciertas incertidumbres, pues muchas veces existen impactos no previstos que se manifiestan una vez el proyecto se comienza a construir o ya se encuentra en operación.

Por la razón anteriormente señalada, se evaluó de forma secuencial cada una de las actividades o procesos que conlleva la ejecución de este tipo de proyectos, de tal forma de identificar y evaluar los efectos que conlleva la materialización de un proyecto de inversión de tipo fotovoltaico. Se identificaron riesgos e impactos sobre los componentes laborales, ambientales y sociales para proponer medidas de mejora de su desempeño en vías de la sustentabilidad y transición justa con su entorno socioambiental.

5.2 Caracterización del contexto interno de la organización

5.2.1 Descripción de elementos básicos de la empresa solar fotovoltaica

Tipo de organización: La organización corresponde a una empresa especialista en el desarrollo, construcción y mantenimiento de proyectos de energía renovable (parques solares), de carácter privada y de un tamaño mediana con más de 100 trabajadores en la sede de Chile.

Visión: En un mundo con necesidades energéticas cada vez mayores, se necesitan soluciones viables, rentables y sostenibles.

Misión: La organización se compromete a ofrecer soluciones a través de las energías renovables que permitan empoderar a las comunidades locales, las industrias y los inversores, para que sean autónomos y obtengan un retorno financiero al mismo tiempo que cuidan el planeta.

Principios y valores éticos:

Sostenibilidad: La sostenibilidad es una parte integral de la organización y está integrada en todas las unidades de negocio.

Servicio: La organización se compromete a ofrecer servicios de calidad no solo para sus clientes sino también para las comunidades donde sus acciones tienen impacto.

Ética: Es el pilar empresarial de conducta y se ve reflejado donde la organización está involucrada.

Respeto: La organización valora la diversidad en los países donde opera entre sus clientes, operadores y trabajadores.

Estructura Organizativa:

La estructura de la organización

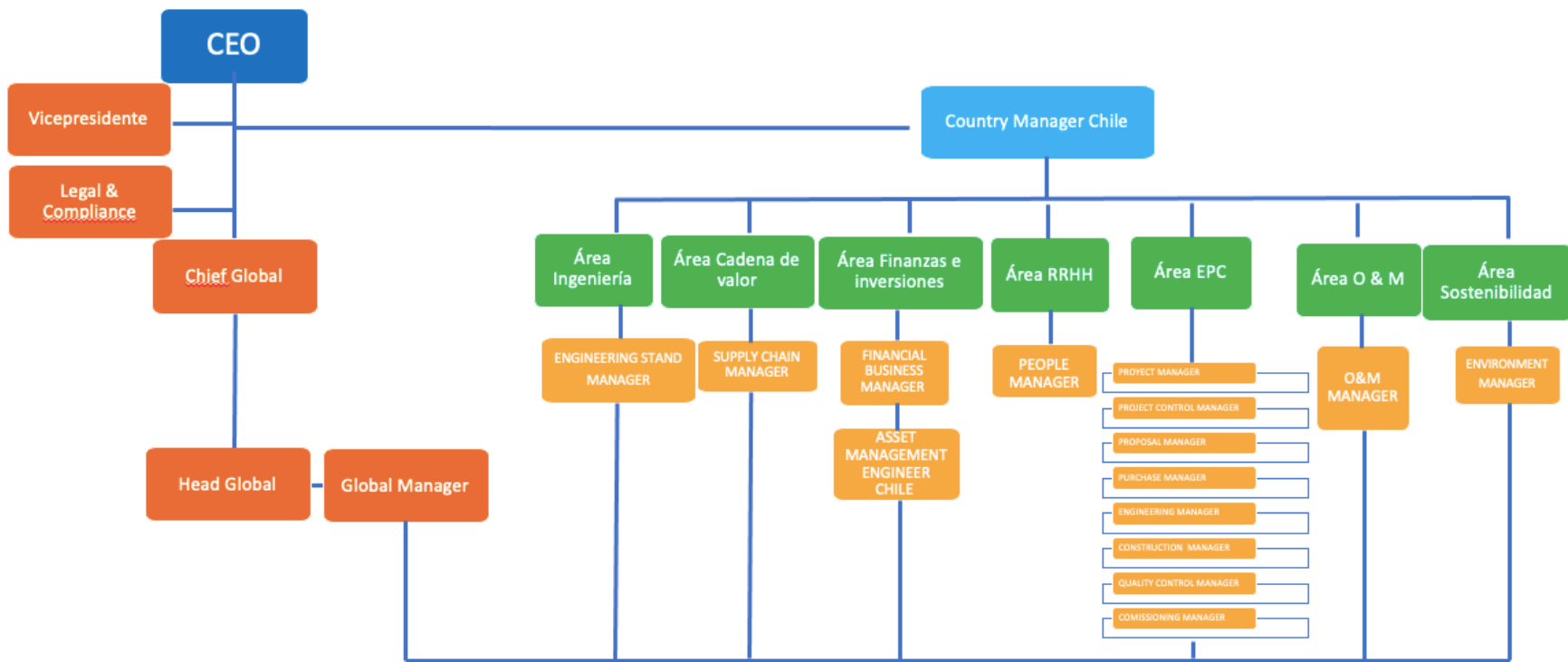
El puesto directivo de mayor jerarquía dentro de compañía se encuentra a cargo del CEO (Chief Executive Officer) o Director Ejecutivo, el cual se ubica en la oficina central corporativa ubicada en España.

En cada sede de país, se establece un Country Manager, el cual tiene como función representar a la compañía en el país extranjero, a través de la implementación de la estrategia comercial,

su gestión operacional y el aumento de la rentabilidad, su comunicación, y el cual reporta de manera directa con el director ejecutivo (CEO).

Para el desarrollo y operación del negocio, en cada país se encuentran los diversos departamentos de apoyo que en conjunto hacen posible la concepción de los proyectos solares, partiendo desde su diseño hasta la operación. Para llevar una adecuada gestión y control, cuentan con un Manager en cada departamento, quien es encargado de gestionar su correcto desarrollo.

Cabe destacar que, el diseño de los proyectos se realiza bajo la premisa de dar cumplimiento a la normativa ambiental y laboral legal aplicable. No obstante, recientemente están implementado un sistema de gestión basado en la norma ISO 14001, 9001, 45001, lo cual da cuenta de la disposición de la compañía por mejorar sus estándares ambientales, laborales y de calidad, tanto a nivel corporativo como en sus productos y servicios.



Fuente: Elaboración propia en base a información proporcionada por empresa solar fotovoltaica

Figura 3. Organigrama empresa gestora Parque Solar Fotovoltaico

Flujo de procesos para el desarrollo de un Parque Solar Fotovoltaico (PSF)

Etapas de evaluación ambiental y permisos sectoriales: Corresponde a la etapa donde se realiza el levantamiento de líneas base y consecuentemente la respectiva declaración o evaluación de impacto ambiental (DIA o EIA). Una vez obtenida la resolución de calificación ambiental favorable (RCA) se comienza la tramitación de permisos sectoriales, necesarios para su ejecución.

Fase de construcción: Levantamiento del parque solar fotovoltaico (4 meses aprox.) e instalación de trazado eléctrico.

Fase de operación: Operación remota del PSF, mantenciones esporádicas PSF + trazado eléctrico

Fase de cierre: Desmantelamiento del PSF y restauración del medio

Recursos de una CSF:

- Tangibles:
 - Campo delimitado con cerco perimetral (terreno)
 - Bodegas de residuos no peligrosos, residuos y sustancias peligrosas
 - Infraestructura eléctrica (paneles solares, inversores, transformadores, circuitos eléctricos, tendido eléctrico)
 - Unidad de control y monitoreo
 - Centro de seccionamiento
 - Anemómetro
 - Pirheliometro
- Intangibles:
 - Trabajadores fase de construcción
 - Trabajadores esporádicos mantenciones
 - Sistemas de alerta
 - Sistema de monitoreo remoto
 - Sistemas de comunicación con la comunidad (mail, número telefónico)

Tipos de PSF

En cuanto a diseño, cabe destacar que existen 2 tipos de parques solares fotovoltaicos, los pequeños medios de generación y los Utility Scale, cuya diferencia radica en la potencia máxima de inyección al sistema eléctrico.

Los Pequeños Medios de Generación (PMG) y Pequeños Medios de Generación Distribuida (PMGD) corresponden a proyectos que inyectan al sistema una potencia máxima de 9 MW, y los cuales se conectan a un sistema de distribución o de transmisión respectivamente.

La venta de energía de estos proyectos puede ser mediante el mercado spot, donde el valor pagado corresponderá al costo marginal del sistema, o sea, al costo variable de la última central despachada, o, pueden acogerse al precio estabilizado, y ser remunerada a un precio que es fijado cada seis meses por la Comisión Nacional de Energía (CNE).

Por otro lado, los proyectos Utility Scale (US), son proyectos de gran escala y de alta inversión, con procesos de conexión con el Coordinador Eléctrico Nacional, y los cuales despachan energía directamente al sistema de transmisión.

Las centrales US valorizan su inyección a costo marginal del sistema o precio spot. Para no estar sometidos a la variación de precios que significa el Costo Marginal del sistema, es común que este tipo de proyectos vendan la energía inyectada a través de contratos de licitaciones para clientes regulados o PPA's con clientes libres.

5.2.1.1 Cadena de Porter (1986)

Con tal de identificar y visualizar de manera representativa como se entrelazan internamente las actividades de la organización, se utilizó la Cadena de Porter, la cual permite tener una visión integral de los diferentes elementos que componen la organización. La cadena de valor de la organización describe las actividades que generan valor en el producto final a lo largo de toda la cadena de suministro.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4. Cadena de Valor de Michael Porter

Actividades Primarias

- i. **Logística entrada:** Las actividades iniciales de un proyecto solar están determinadas por la aprobación ambiental, para posteriormente continuar con la fase de construcción del proyecto, donde se requerirán todos aquellos recursos necesarios para su materialización, provisión de insumos y contratación de servicios.
- ii. **Operaciones:** La operación corresponde a la transformación de energía solar a eléctrica mediante la captación de las células fotovoltaicas. Los parques funcionan de manera autónoma y son monitoreados mediante un sistema remoto.
Durante este periodo, sólo requieren mantenciones esporádicas de tipo preventiva y correctiva en el parque solar y en el tendido eléctrico que permite la evacuación de la energía.
- iii. **Logística salida:** Corresponde al parque solar construido y listo para operar e inyectar al Sistema Eléctrico Nacional (SEN), ya sea a la red de distribución o las SE pertenecientes al sistema de transmisión.
- iv. **Marketing y venta:** Existe la opción de venta de proyectos Ready to Be (RTB), donde se entrega el proyecto construido al inversionista listo para solicitar la operación comercial (COD) u operar proyectos de manera propia y así obtener la retribución de la venta de energía para la compañía.
- v. **Servicios:** Existe el servicio de mantención y operación (O&M) de la central y la gestión de venta de energía.

Actividades de soporte

- i. **Infraestructura de la empresa:** Corresponde al parque solar en si mismo, junto a su infraestructura.
- ii. **Recursos humanos:** Corresponde al departamento que ejecuta selección de personal y contrataciones internas y externas.
- iii. **Desarrollo tecnológico:** Corresponde a aquella área encargada de buscar productos más eficientes y/o la inclusión de sistemas innovadores que mejoren el proceso productivo.
- iv. **Compras:** Para su viabilidad requiere compra de insumos necesarios para su materialización y operación, así como coordinar gestiones con proveedores.

5.3 Caracterización del contexto externo de la organización

5.3.1 Análisis del macroentorno (PESTAL)

a. Político:

Política Energética Nacional 2050

Frente a la necesidad de enfrentar la crisis climática global, Chile ha considerado como asunto de estado planificar el desarrollo y el futuro energético del país, impulsando a movilizar a los diversos actores del sector energético a robustecer el sistema energético mediante una infraestructura que garantice la seguridad, la resiliencia y la calidad del suministro, y a su vez que vaya en línea con el compromiso de trascender a energías más limpias y sustentables, y que garanticen el bien común.

Es así como la Política Energética Nacional 2050, se proponía alcanzar un 70% de generación eléctrica con energías renovables al 2050. Sin embargo, según las últimas proyecciones, se estima que se podría alcanzar la meta antes del 2030. Para lograr dicho objetivo, se ha definido una Política Energética Nacional 2050, la cual define 18 objetivos generales:

1. Energía sin emisiones
2. Acceso universal y equitativo
3. Ciudades energéticamente sustentables
4. Transporte sustentable
5. Educación ciudadana en energía
6. Desarrollo económico inclusivo
7. Más capital humano
8. Sustentabilidad social y ambiental del desarrollo energético
9. Industria eficiente y sustentable
10. Desarrollo local y descentralización
11. Suministro de energía confiable y de calidad
12. Sistema eléctrico para el empoderamiento de las personas
13. Políticas públicas participativas
14. Inserción equilibrada en los territorios

15. Información para la transición energética
16. Coordinación entre instituciones
17. Institucionalidad y gobernanza en energía
18. Interculturalidad y diálogo permanente

Dentro de las metas propuestas, se destacan aquellas que se enfocan y tienen relación con el desarrollo de energía renovable:

- 100% energías cero emisiones al 2050 en generación eléctrica y 80% energías renovables al 2030.
- 60% menos emisiones anuales de GEI en sector energético al 2050, respecto a 2018, lo que permitirá alcanzar la carbono neutralidad antes del 2050.
- Todos los nuevos proyectos energéticos incorporan medidas de resguardo de los ecosistemas al 2030, tales como el enfoque de pérdida neta cero de biodiversidad.

Retiro Centrales a Carbón de la Matriz Energética

En la misma línea de descarbonizar la matriz energética de Chile y con el fin de avanzar a una matriz energética más limpia, es que el Gobierno de Chile, en el año 2020 anunció el retiro voluntario de las centrales a carbón a través del Plan de Retiro y/o Reconversión de Unidades de Carbón.

Dicho proceso contempla el retiro de todas las centrales a carbón (las que generan 40% de la electricidad) antes del 2040. La primera fase, contempla la salida de once unidades al 2024, equivalente al 31% de la capacidad instalada (Ministerio de Energía, 2020).

Para el 2025, se habría retirado el 65% de las centrales a carbón del país para que al 2030 el 100% de estas plantas hayan sido retiradas o reconvertidas a energías limpias, procurando conservar la seguridad del sistema eléctrico (Subsecretaría de Energía, 2021).

Agenda de energía 2022- 2026

La agenda de energía reúne aquellas acciones de corto y mediano plazo para comenzar a implementar de forma coherente los compromisos establecidos en la Política de Energía 2050. Cuenta con 8 ejes, 32 líneas de trabajo y 123 medidas. Para efectos de este estudio, se centrará en el Eje 4, el cual tiene relación directa con la construcción de infraestructura energética.

EJE 4: Transición justa e infraestructura sustentable

La descarbonización de la matriz eléctrica hacia un sistema energético sustentable deberá realizarse de manera respetuosa por las personas y por el impacto que ocasionará en sus vidas. Así como también, el desarrollo futuro del sistema deberá realizarse de manera sustentable, mejorando los requerimientos de los proyectos y facilitando el desarrollo de infraestructura con características sostenibles. Este desarrollo debe concebirse desde el inicio en conjunto con las comunidades que habitan los territorios, trabajando para que el desarrollo energético sea una buena noticia para todos y todas.

Líneas de trabajo

1. Planes de transición energética justa: El proceso de transición debe materializarse de forma decidida pero gradual, dado que implica un cambio en la vida y quehacer de los y las trabajadores y también de sus familias. Por ello desarrollaremos planes integrales que nos permitan realizar el cambio de manera responsable y segura, para asegurar el suministro energético nacional y su precio, sin afectar la calidad de los servicios energéticos en nuestro país y apoyando al mismo tiempo el desarrollo de nuevas competencias en los trabajadores a nivel local.

2. Desarrollo sustentable de proyectos: El desarrollo energético debe ir de la mano con un crecimiento social y medioambientalmente sustentable, respetando al medio ambiente y a las comunidades en los territorios. Por eso es que se mejorará los estándares para el desarrollo de proyectos y la normativa que los regula, en coordinación con las instituciones públicas relacionadas.

Mejoramiento en la gestión y eficiencia en la tramitación de proyectos energéticos y promover la sustentabilidad de la infraestructura energética a través de la mejora del marco normativo y desarrollo de estándares, instrumentos y guías de buenas prácticas y/o principios orientadores de manera de guiar la localización e inserción territorial de los proyectos de energía, junto con minimizar sus impactos ambientales.

- (1) Mejorar el marco normativo actual a través del perfeccionamiento y desarrollo de la normativa ambiental y territorial acorde a la realidad y necesidades del sector energético, estableciendo directrices para orientar las decisiones de localización de la infraestructura y una mejor inserción territorial, de modo que el desarrollo energético se realice de

manera compatible y respetuosa de las sensibilidades del territorio y en armonía con los intereses de sus habitantes, y apuntando a aprovechar las oportunidades existentes y a potenciar la complementariedad y sinergia con otros sectores. Para esta medida se debe propiciar un coordinado trabajo conjunto con instituciones pertinentes en la materia.

- (2) Desarrollar guías de orientación y/o buenas prácticas en temas no regulados, considerando aspectos como paisaje, proximidad de lugares habitados, presencia de patrimonio natural y/o cultural, efectos sinérgicos y equilibrio territorial, con el objetivo de orientar el desarrollo de proyectos y otros procesos como la planificación energética.
- (3) Trabajar también en la definición de estándares de sustentabilidad aplicables a los proyectos energéticos.

3. Relación entre empresas, comunidades y Estado: Continuaremos trabajando con la ciudadanía, las organizaciones de la sociedad civil, el sector privado y el sector público para que el desarrollo de la infraestructura energética sea participativa. Se quiere concebir y construir el futuro energético en conjunto con la ciudadanía y los actores del sector, integrando las distintas perspectivas y conocimientos, y minimizando las características que nos alejan de la visión de sustentabilidad que compartimos.

Para aquello, se compromete realizar mesas de trabajo entre los distintos actores del sector energético, tales como comunidades, gobiernos locales, organizaciones sociales, pueblos indígenas, empresas y universidades; que especifique los requisitos, las condiciones y las oportunidades para el desarrollo de los proyectos de energía, en armonía con los territorios, las comunidades y respetando los derechos humanos.

Algunos temas que se abordarán en las conversaciones son: diálogo comunidad-empresa; participación temprana vinculada a proyectos que respondan a necesidades locales; nivelación de asimetrías y fortalecimiento de las partes en temáticas tales como derechos humanos y empresas; diálogo con comunidades indígenas; y relación comunidad-empresas en las distintas etapas del ciclo de vida de los proyectos.

Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde

Chile tiene una oportunidad única para desarrollar una industria competitiva de hidrógeno verde que, a partir de electricidad producida con recursos renovables de bajo costo, permita formar un energético de uso local y de exportación, impulsando una economía sustentable en torno a esta (Minería, 2020).

b. Económico:

De acuerdo al reporte Climatescope (2022) publicado por Bloomberg New Energy Finance, el cual realiza el ranking de países más atractivos para la inversión en energías limpias, reconoció a Chile como el mejor país para invertir en energías renovables entre los mercados emergentes del mundo, seguido por India, China, Colombia y Croacia.

Entre sus potenciales se destaca un sistema bien establecido de licitaciones, objetivos ambiciosos en materia de sustentabilidad, un fuerte compromiso con lograr una matriz energética más verde y salida de la capacidad instalada suministrada por termoeléctricas, lo cual se traduce en que el país apuesta por una ola de inversión renovable liderada por el sector privado para lograr sus ambiciosos objetivos climáticos, generando múltiples oportunidades de inversión en energías renovables (InvestChile, 2022).

Cabe destacar que, el sistema de incentivo para las energías renovables en el país está determinado por un sistema de cuotas, donde no prioriza ningún tipo de tecnología renovable, sino que sólo establece un porcentaje de obligatorio de generación por medio de energías renovables y fija multas por incumplimiento de las cuotas, permitiendo que el mercado se desarrolle bajo libre competencia. Sin embargo, las tecnologías limpias de menor costos son las que adquieren altos niveles de desarrollo en desmedro de las demás (Sauma, 2012).

Es importante destacar que, los costos de la tecnología fotovoltaica han disminuido considerablemente durante los últimos años, donde los paneles fotovoltaicos cristalinos vendidos en Europa han descendido alrededor de un 91% entre Diciembre del 2009 y Diciembre del 2021. Esto hace cada vez más rentable y por ende explosivo el desarrollo de proyectos de generación eléctrica mediante energías limpias en nuestro sistema eléctrico (IRENA, 2021).

No obstante, su construcción significa altos niveles de inversión en un corto plazo (6 a 12 meses), por lo que, son desarrollados principalmente por agentes de mercado con alto poder adquisitivo, como lo son grandes generadoras de energía.

En lo que respecta a la fase de operación, este tipo de proyectos requiere bajos costos, debido a que la planta opera de manera remota, y sólo es necesario la realización de ciertas mantenciones preventivas o correctivas, con una periodicidad mensual y/o semestral. Por lo tanto, durante este periodo que es el de mayor extensión (desde 25 a 40 años), su actividad es netamente la ganancia de utilidades a través de la venta de energía.

Por último, debido al alto potencial de generación solar, el gobierno ha proyectado que Chile posee grandes propiedades para convertirse en un exportador de energía renovable, priorizando interconexión con países vecinos como Perú y Argentina (Minergía, 2019).

c. Social:

Desde la prehistoria, la fuente de generación de energía ha provenido de combustibles fósiles. Considerando que, la población mundial irá incrementando cada vez más, también lo hará la demanda energética de las ciudades, sus economías y con ello la generación de gases de efecto invernadero. Bajo este paradigma, la preocupación por el medio ambiente se ha incrementado durante los últimos años, donde los ciudadanos demandan la generación de energía limpia y confiable.

El desarrollo de las tecnologías renovables ha mostrado ser una de las soluciones más eficiente contra el cambio climático. En lo que respecta a la energía solar fotovoltaica, ésta se basa en el aprovechamiento de la radiación solar para generar energía eléctrica, proceso que no emite gases de efecto invernadero, por lo que, su inserción en el territorio ha ido aumentando considerablemente como una solución para enfrentar la demanda energética y frenar el cambio climático.

La producción de electricidad mediante la tecnología solar fotovoltaica contribuye a la explotación de un recurso inagotable que es autóctono de los territorios, permitiendo generar riquezas energéticas a partir de la radiación solar del sector donde se emplaza y a su vez robusteciendo la infraestructura eléctrica de los territorios. Esta dotación de infraestructura energética renovable también propicia la generación de empleo local, mediante la apertura de

puestos de trabajos no calificados necesarios para llevar a cabo la construcción y la mantención de los parques solares.

Por último, con el objetivo de integrar a la comunidad en hacerse participe en la transición energética, el Ministerio de Energía en conjunto a la Agencia de Sostenibilidad Energética lanzaron un programa llamado “Casa Solar” cuyo propósito es potenciar el uso de energías renovables para las familias de todo el país, a través de la instalación de sistemas fotovoltaicos de 1 kWp, gracias cofinanciamientos estatales (Minergía, 2021).

d. Tecnológico

Durante la década del 2010 al 2020, se ha visto una mejora dramática en la competitividad de las energías renovables, entre ellas la solar fotovoltaica y la eólica, donde los costos de generación de la energía mediante estas tecnologías han disminuido significativamente, desplazando cada vez más las fuentes basadas en combustibles fósiles.

En el proceso, ha quedado claro que las energías renovables se convertirán en la columna vertebral del sistema eléctrico y ayudarán a descarbonizar la generación de electricidad, con costos más bajos que en un futuro normal (IRENA, 2021).

Las disminuciones de los costos de la electricidad del sector fotovoltaico se deben principalmente a la caída de los costos totales de instalación, debido a la mejora de la tecnología, las economías de escala, la competitividad de la cadena de suministro y la creciente experiencia de los desarrolladores (PV Magazine, 2020).

En este contexto, el Informe de China Silicon Industry Association, ha indicado que los principales fabricantes chinos, Longi Green Energy Technology, TCL Zhonghuan y Tongwei Solar, rebajaron los precios hasta un 27%, producto de una caída en los precios del polisilicio, material clave en su fabricación. De esta manera, precios más bajos promoverán aún más la demanda y expansión de las energías renovables y acelerar la descarbonización (World Energy Trade, 2023).

A su vez, las empresas fabricantes de paneles, día a día están innovando en la generación de celdas de mayor potencia. Cabe precisar que, estas mejoras tecnológicas permiten utilizar una menor cantidad de paneles/ha para alcanzar una misma potencia, haciendo los parques mucho más eficientes y con una capacidad instalada mayor en la misma superficie.

Cabe destacar que, que también, en los parques fotovoltaicos se están implementando otras mejoras tecnológicas, referentes con la capacidad de almacenamiento de energía, por medio de sistemas de almacenamiento de energía Battery Energy Storage System (BESS). En su mayoría, los BESS utilizan baterías de iones de litio para almacenar electricidad.

Estos sistemas sirven, para la acumulación de energía y también como complemento de las fuentes renovables, donde pueden ser útiles para ayudar a eliminar las intermitencias de la red eléctrica dando resiliencia a los usuarios finales gracias a que pueden asegurar el suministro energético y dar continuidad operativa, o incluso maniobrar las bandas horarias donde se pretende inyectar la energía al sistema eléctrico y así lograr un precio de venta más competitivo (Reporte Sostenible, 2023).

Sin embargo, un tema complejo dentro del sistema de transmisión actual es la dificultad para transportar la energía producida por Energías Renovables No Convencionales (ERNC), hasta los lugares de consumo, donde muchas veces la energía se pierde en el camino, producto de restricciones del sistema de transmisión o inflexibilidad térmica, lo que se conoce como vertimientos o curtailment, donde el coordinador eléctrico ordena que las plantas de energía dejen de producir energía durante un periodo concreto. De acuerdo con datos de la Asociación Chilena de Energías Renovables y Almacenamiento (ACERA) los vertimientos han aumentado en 225% respecto de 2021. En 2022, el recorte de generación solar fotovoltaica y eólica fue de 1,4 TWh, equivalentes al consumo anual de electricidad de 600.000 hogares o a toda la generación eléctrica producida por centrales diésel durante el año pasado (ACERA, 2023).

e. Ecológico:

La escasez hídrica disminuye la participación de las hidroeléctricas en la generación (tanto las de embalse como las de pasada). Las generadoras deberán compensar esta menor oferta con nuevas alternativas ERNC, donde los FV y eólicos son las más factibles.

Actualmente, a nivel mundial la producción y el uso de la energía representan 2/3 de las emisiones responsables del cambio climático. Por lo que, para contrarrestar y/o frenar sus efectos es importante migrar las actuales fuentes de combustión fósil hacia fuentes más sustentables (López, 2016).

Chile tiene zonas donde las energías renovables presentan condiciones privilegiadas y gran potencial para superar con creces el crecimiento de la demanda eléctrica nacional y contribuir con la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y mitigación del cambio climático (MMA, 2014). Sobre todo, considerando que la energía eléctrica generada a partir de tecnología solar fotovoltaica no genera gases de efecto invernadero y es amigable con el medio ambiente.

A la fecha, la capacidad instalada en Chile al mes de marzo del 2023, el 40,2% proviene de las termoeléctricas, 21,3% de hidroeléctricas y el 38,5% de ERNC (CNE, 2023). Sin embargo, hay que considerar que el desarrollo de la industria solar podría verse afectada en algún momento por el cambio climático, puesto que su gran talón de Aquiles es su dependencia del recurso solar, el cual es intermitente y podría verse alterado por cambios disruptivos en los patrones de nubosidad y viento, generando cambios en el número de días con condiciones poco favorables para la generación fotovoltaica, haciéndose indispensable la necesidad de incorporar sistema de almacenamiento de energía y de servicios de estabilización de la red, lo cual se traduce en mayores costos de producción. Así como también, altas temperaturas ($< 50^{\circ}\text{C}$) podrían generar pérdidas de eficiencia sobre los paneles (Feron et al., 2021).

Por último, es relevante mencionar que, –a nivel mundial– el principal conflicto de las ERNC ha sido la ocupación de tierras agrícolas. En Chile, la actual sequía podría inclinar la balanza del uso del suelo hacia la generación de ERNC en desmedro de la producción agrícola, más allá de lo conveniente en varias regiones con aptitud agrícola, transformándose finalmente, en una amenaza, tanto por sustitución de uso del suelo como por los posibles efectos ambientales que estas instalaciones puedan generar en los terrenos donde se disponen (Gil et al., 2022).

f. Legal:

Ley de Fomento al Desarrollo de Energías Renovables No Convencionales (ERNC)

La ley 20.257, también conocida como la Ley de Fomento al Desarrollo de las Energías Renovables No Convencionales fue promulgada en Chile en 2008. Esta ley tuvo como objetivo fomentar el desarrollo y uso de las energías renovables no convencionales en el país, como la energía solar, eólica, hidráulica y geotérmica. Obligando a cualquier empresa eléctrica que efectúe retiros de energía desde los sistemas eléctricos con capacidad instalada superior a 200

megawatts para comercializarla con distribuidoras o con clientes finales, estén o no sujetos a regulación de precios, deberá acreditar ante la Dirección de Peajes del CDEC respectivo, que una cantidad de energía haya sido inyectada a cualquiera de dichos sistemas, por medios de generación renovables no convencionales, propios o contratados (BCN, 2008).

Posteriormente, por medio de la Ley 20.698 /2013, se actualizó y se estableció que al año 2025, el 20% de la energía comercializada debe provenir de fuentes renovables no convencionales, e introduce mecanismos de licitación de bloques de ERNC para apoyar el cumplimiento de esta nueva meta (BCN, 2013).

Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)

En Chile, la construcción y operación de aquellos proyectos que contemplen un diseño superior a los 3 MW, deben ingresar al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, de acuerdo a literal c) de la Ley 19.300 Ley Sobre Bases Generales del Medio Ambiente y su correspondiente reglamento, D.S. N°40 Reglamento del Sistema de Evaluación Ambiental, con el objetivo de presentar pormenorizadamente las características del proyecto y así poder asegurar que el proyecto no genera impactos de tipo significativo en su defecto se hace cargo de aquellos mediante la implementación de medidas de mitigación y/o compensación.

Con el fin de facilitar la comprensión y evaluación de este tipo de proyectos, el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) ha elaborado y publicado una guía para la descripción de proyectos de centrales solares de generación de energía eléctrica en el SEIA, la cual debe ser utilizada como margen de referencia para la presentación de los estudios o declaraciones de impacto ambiental.

Una vez superado el proceso de evaluación ambiental, la comisión de evaluación ambiental definirá si este es aprobado o no para permitir su ejecución, emitiendo en caso favorable, una resolución de calificación ambiental (RCA), documento formal que equivale a un salvoconducto o licencia para operar dentro de los estándares ambientales nacionales. Sin embargo, cabe destacar que, para dar inicio a su construcción y operación, es necesario posterior a la obtención de la RCA, realizar la tramitación y obtener la aprobación de diversos permisos sectoriales que quedaron condicionados en la RCA.

Ley N°20.920/2016 MMA Establece marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje

El objetivo de esta ley es disminuir la generación de residuos y fomentar su reutilización, reciclaje y otro tipo de valorización, a través de la instauración de la responsabilidad extendida del productor y otros instrumentos de gestión de residuos, con el fin de proteger la salud de las personas y el medio ambiente (BCN, 2016).

La Ley establece que se debe establecer un decreto de metas y otras obligaciones asociadas (para abreviar, Decreto de Metas) para cada producto prioritario. La publicación del decreto determinará el momento en que comenzará a regir la obligación de organizar y financiar la recolección y tratamiento de cada uno de estos.

Según la Guía Informativa para Chile elaborada el año 2019 por el Ministerio de Medio Ambiente, los aparatos eléctricos y electrónicos se dividen en 6 categorías (definidas para Chile), donde la categoría 3 corresponde a paneles fotovoltaicos grandes con una dimensión exterior superior a 50 cm.

Sin embargo, de acuerdo al anteproyecto de aparatos eléctricos y electrónicos publicado con fecha 28 de febrero del 2022 (BCN, 2022), se establece la exclusión de estos dentro del anteproyecto del decreto, por lo tanto, no están sujetos a las metas de recolección y valorización. Sin embargo, su introducción en el mercado deberá anualmente informar a través del RETC, la siguiente información:

- a) Cantidad de productos comercializados en el país.
- b) Actividades de recolección, valorización y eliminación realizadas y su costo.
- c) Cantidad de residuos recolectados, valorizados y eliminados.
- d) Indicación de si la gestión para las actividades de recolección y valorización es individual o colectiva.

Planificación urbana, tipo de uso de suelo infraestructura energética

De acuerdo a la circular ORD N°0295 /2009, DDU 218 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), la división de desarrollo urbano establece que, en el área rural de los planes reguladores intercomunales o metropolitanos, la infraestructura energética (redes,

trazados y las instalaciones asociadas a la infraestructura de la red) estará siempre admitida y se sujetarán a las disposiciones que establezcan los organismos competentes (MINVU, 2009).

Clasificación de paneles fotovoltaicos fuera de uso

Con tal de establecer un manejo adecuado y sanitariamente seguro de los paneles solares en desuso o dañados, las seremis de Salud de todo el país acordaron según ORD B32/ N°2516 de fecha 01 de Junio del 2022 que deben ser manejados como residuos peligrosos, en tanto, no sean desclasificados de acuerdo a lo establecido en el D.S. N°148/2003 del MINSAL.

5.3.2 Análisis de Mercado: 5 Fuerzas de Porter

- i. **Amenaza productos sustitutos:** El sector eléctrico en Chile, se basa en la generación de energía mediante fuentes convencionales y no convencionales. Si bien, la matriz eléctrica se abastece en su mayoría de combustibles fósiles, las energías renovables cada vez van tomando más relevancia, entre estas se encuentra la energía solar, energía eólica, geotérmica, hidráulica y concentración solar de potencia. Al mes de Junio 2023, el 22,82% de la capacidad instalada de la matriz eléctrica corresponde a solar fotovoltaica.
Mientras que, en el mes de abril 2023, del total de generación bruta de ERNC, la tecnología solar fotovoltaica alcanzó el 59% (Energía abierta, 2023).
- ii. **Amenaza nuevos competidores:** El aumento de la participación de la ERNC en la matriz eléctrica chilena creció rápidamente en el año 2010 con la publicación de la Ley 20.257, sumado a la caída del costo de las tecnologías y con la alta disponibilidad de recursos renovables del país. Esto ha permitido y propiciado una alta inversión de estas tecnologías limpias durante los últimos años, lo que ha generado la entrada de variadas empresas desarrolladoras y operados al país.
- iii. **Rivalidad entre competidores:** La principal rivalidad que se genera en éste tipo de Proyectos, es poder conseguir un punto de conexión para poder inyectar la energía eléctrica (PMGD), puesto que, dicho hito está supeditado a que exista capacidad de inyección en el alimentador y en el transformador perteneciente a la Distribuidora Local. Para acceder y conseguir el punto de conexión, es necesario presentar los antecedentes eléctricos a la distribuidora, la cual evaluará y determinará si existe disponibilidad o no.

Por otro lado, se encuentran los proyectos Utility Scale, quienes deben conectarse necesariamente a una subestación perteneciente al sistema de transmisión, para conseguir dicho hito, es necesario realicen su tramitación mediante acceso abierto al CEN, donde deben cumplir un check list y sea admitido proyecto a trámite), en base a los antecedentes entregados, el CEN evaluará la capacidad de la barra para soportar la potencia eléctrica, la existencia de espacio físico dentro de la subestación y finalmente si la línea de transmisión posee la capacidad de conducir la carga eléctrica.

Cabe precisar, que dichos trámites son solicitados por variados desarrolladores de energía, por lo tanto, se vuelve una competencia de quien obtiene el punto de inyección o el espacio en la subestación dentro del territorio donde se va a generar la energía.

Por último, y no menos importante, la búsqueda de terrenos propicios para su emplazamiento (cercano a puntos de conexión, superficie adecuada, pendiente, radiación, etc.) también juegan un nivel de competencia entre desarrolladores, ya que estos generalmente requieren grandes extensiones de superficie y se consiguen bajo contratos de arrendamiento con los propietarios, donde los terrenos óptimos para su emplazamiento, así como el interés y la rentabilidad por el arrendatario para cambiar el rubro de sus predios se torna escasos y difíciles de conseguir.

iv. **Poder de negociación con clientes:**

Los proyectos solares pueden ser comercializados como proyecto aprobado ambientalmente o construido listo para conectarse al sistema (Ready To Be) y obtener los activos o simplemente seguir siendo el Titular y comercializar la energía del parque. En caso de vender el proyecto aprobado ambientalmente, el proyecto más atractivo para el inversionista será el que tiene menos costos, es más fácil su construir y tenga mayor rentabilidad.

En cuanto a la venta de energía, esta se encuentra regulada por ley, donde las distribuidoras compran la energía de los proyectos PMGD de manera directa, a través de precio estabilizado o por banda de energía. Mientras que los proyectos Utility Scale tienen la capacidad de generar contratos PPA con empresas privadas y vender energía al mejor postor.

- v. **Poder negociación proveedores:** A nivel estructural, existen un diverso mercado donde comprar los insumos necesarios para materializar un parque solar. No afectando la rentabilidad ni viabilidad del proyecto. A nivel de servicios, se prioriza trabajar con proveedores locales, los cuales son acotados. Sin embargo, en caso de no existir, se recurre a proveedores lo más cercano al punto de requerimiento.

5.4 Grupos de interés o partes interesadas (Stakeholders)

5.4.1 Identificación de partes interesadas en la norma ISO 26000

Tabla 5. Partes interesadas de la organización

Grupo de interés	Posición (+) (-) (Neutra)	Interés y/o expectativa	
Internos	Directorio	+	Rentabilidad, generación de valor, aporte al cambio de matriz eléctrica
	Accionistas	+	Rentabilidad, aporte al desarrollo
	Colaboradores	+	Económico (trato justo, estabilidad laboral, desarrollo humano)
Externos	Bancos internacionales	+	Financiamiento proyectos de ERNC
	Propietarios terrenos	+	Económico y Seguridad
	Clientes	+	Rentabilidad
	Gobierno	+	Fomento ERNC

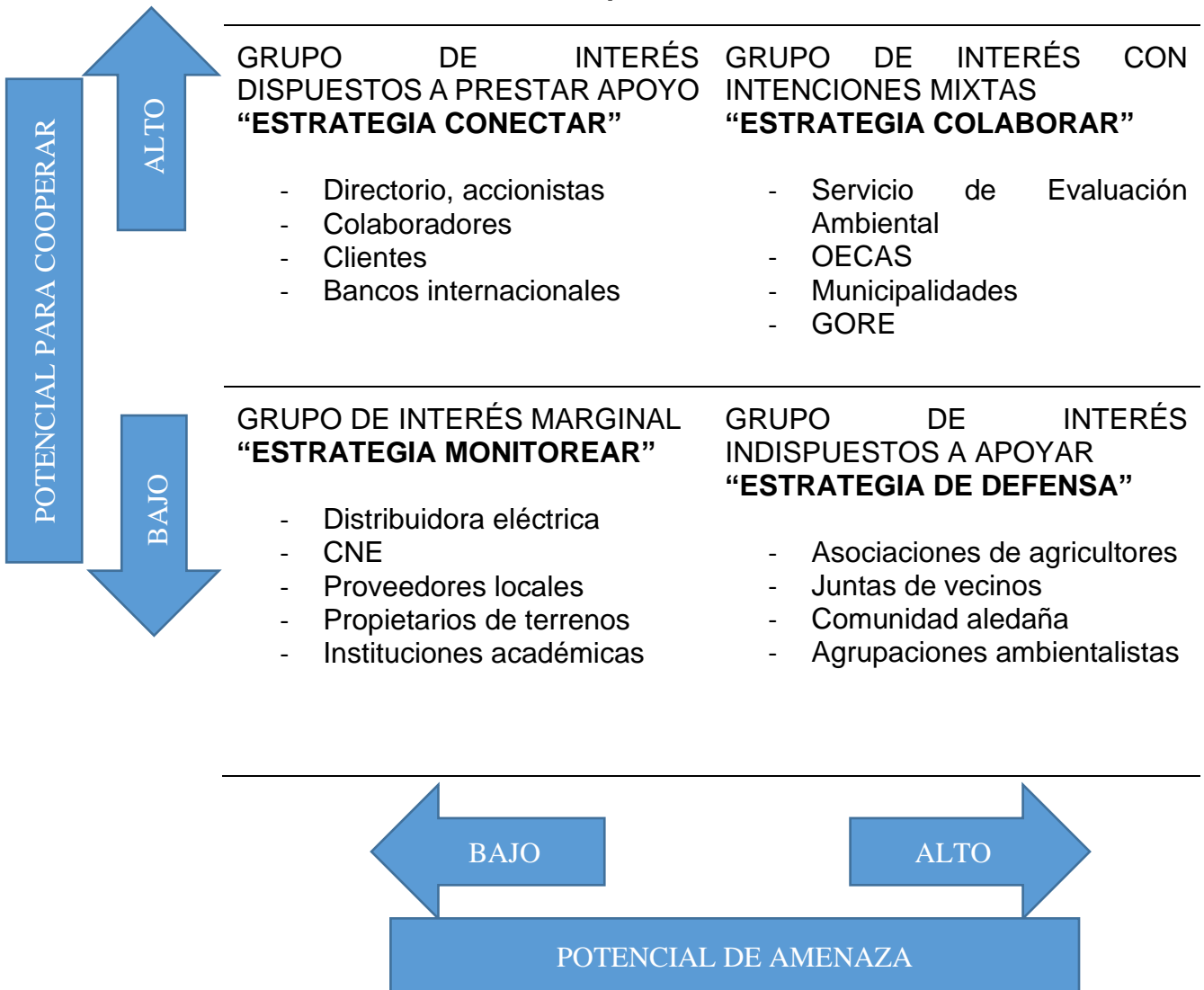
Servicio de Evaluación Ambiental	=	Cumplimiento normativa legal y ambiental aplicable
Proveedores locales	+	Económico
Comunidad aledaña	-	Beneficios sociales, vías de comunicación activa Aporte al desarrollo local
Juntas de vecinos	=	Beneficios sociales, transparencia
Agrupaciones ambientalistas	-	Fuera del territorio (estigma por zonas de sacrificio)
CNE	=	Cumplimiento legal, descarbonización
Distribuidoras eléctricas	=	Cumplimiento legal
SMA	=	Cumplimiento legal
OEAS	=	Cumplimiento legal
GORE	-	Protección territorios, posición desfavorable frente a la inserción en la región
Municipalidades	-	Solicitud de beneficios comunales,

		posición desfavorable a su emplazamiento cierto de ciertas comunas.
Instituciones académicas	+	Apoyo investigación

Fuente: Elaboración propia

5.4.2 Potencial de Cooperación o Amenaza de Stakeholders (Modelo de Savage)

Tabla 6. Potencial de amenaza o cooperación de stakeholders



Fuente: Elaboración propia en base a Modelo de Savage (1991)

Figura 5. Stakeholders industria solar

5.5 Verificación de cumplimiento legal

5.5.1 Legislación Ambiental

Chile cuenta desde el año 1994 con la Ley 19.300 Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente, la cual establece un marco general de regulación del derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental. En su artículo 10°, establece que aquellos proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental en cualquiera de sus fases, deben someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA); por su parte, el artículo 11° de la citada Ley, enumera aquellas circunstancias en que los proyectos o actividades requieren, además, para ingresar al SEIA, la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA). En consecuencia, aquellos proyectos que no cumplan con las características del artículo 11°, deben hacerlo a través de una Declaración de Impacto Ambiental (DIA).

En esta misma línea, se cuenta con Ley 20.417/2010, la cual crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia de Medio Ambiente. En este sentido, el Sistema de Evaluación Ambiental tiene la función principal de administrar el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), instrumento de gestión ambiental de carácter preventivo que permite evaluar las características, obras y/o acciones de un proyecto antes de su ejecución y determinar si cumple con la legislación ambiental vigente y/o se hace cargo de los potenciales impactos ambientales de carácter significativo. Para su desarrollo y presentación, es necesario aplicar y dar cumplimiento a lo estipulado en el D.S. 40/2012 Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

Por su parte, en el marco de ingreso de Proyectos al SEIA, el concepto de normativa de carácter ambiental o normativa ambiental aplicable comprende aquellas normas cuyo objetivo es asegurar la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental, e imponen una obligación o exigencia cuyo cumplimiento debe ser acreditado por el titular del proyecto o actividad durante el proceso de evaluación. Es por ello, que toda DIA o EIA, debe contener dentro de sus materias, un plan de cumplimiento de la legislación ambiental aplicable, el que debe incluir:

- La identificación de las normas ambientales aplicables al proyecto;
- La descripción de la forma y fases en las que se dará cumplimiento a las obligaciones contenidas en la normativa ambiental, incluyendo indicadores de cumplimiento;
- El listado de los permisos y pronunciamientos ambientales sectoriales aplicables al proyecto
- Los contenidos técnicos y formales que acrediten el cumplimiento de los requisitos de otorgamiento de los respectivos permisos y pronunciamientos ambientales sectoriales, según lo dispuesto en el Título VI del Reglamento, incluyendo indicadores de cumplimiento, si corresponde.

En este contexto, la legislación ambiental aplicable a los Proyectos de Generación Solar Fotovoltaica se presenta regularmente al SEIA, según los siguientes tópicos:

- Normativa Ambiental de Carácter General
- Normas relacionadas con las partes, obras, actividades o acciones
 - Emisiones
 - Residuos
 - Sustancias peligrosas del proyecto
- Normas relacionadas con componentes ambientales (fauna, vegetación y flora, suelo, agua, patrimonio cultural).
- Otras normativas (condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo).

A continuación, se presenta la normativa ambiental que correspondería aplicar obligatoriamente a los proyectos solares fotovoltaicos desarrollados en el territorio nacional, en base a las actividades y acciones generadas durante su etapa de construcción, operación y cierre:

Tabla 7. Normativa ambiental aplicable a un Proyecto de Generación Solar Fotovoltaico

Tema	Normativa	Objeto de regulación
General	D.S. N° 1.150 Constitución Política de la República de Chile del 24 de octubre de 1980, del Ministerio del interior	La Constitución Política establece las bases de la regulación ambiental al reconocer como un derecho fundamental en su artículo 19, el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. Es deber del estado velar por que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza. La ley podrá establecer restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos o libertades para proteger el medio ambiente.
General	Ley N° 19.300 Sobre Bases Generales del Medio Ambiente, del 9 de marzo de 1994, del Congreso Nacional.	La ley, a partir de la dictación del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, Decreto Supremo N° 40/12, adquirió un instrumento operativo cuya finalidad precisa fue diseñar la reglamentación de todo el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, estableciendo los requisitos formales y procedimientos a los que deben ser sometidos tanto las declaraciones como los estudios de Impacto Ambiental, en caso de que los Proyectos de inversión requieran tramitarse en esta instancia.

General	Decreto Supremo N° 40/2012 MMA Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (Reg. del SEIA) del 12 de agosto del 2013, del Ministerio de Medio Ambiente.	Obligación de someterse a evaluación de impacto ambiental según tipología c) Centrales de generación eléctrica mayores a 3 MW.
General	Ley N° 20.417 Crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente, del 20 de enero 2010, del Ministerio Secretaría General De La Presidencia.	Crea una nueva institucionalidad medioambiental basada en cuatro pilares de diseño que son: <ul style="list-style-type: none"> - El Ministerio del Medio Ambiente, a cargo de las definiciones de políticas y regulación. - La Superintendencia del Medio Ambiente, como organismo central del modelo integrado de fiscalización ambiental. - El Servicio de Evaluación Ambiental, a cargo de la gestión de las autorizaciones ambientales. - El Consejo de Ministros para la Sustentabilidad, como organismo de deliberación de la política pública.
General	Decreto N° 47 Ordenanza General de Urbanismo y Construcción del 05 de Junio de 1992, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo	Someterse a calificación industrial ante la Secretaría Regional Ministerial de Salud. "Los establecimientos industriales o de bodegaje serán calificados caso a caso por el Secretaría Regional Ministerial de Salud respectiva, en consideración a los riesgos que su funcionamiento

		pueda causar a sus trabajadores, vecindario y comunidad".
Emisiones atmosféricas	D.S. N° 144 Establece Normas para Evitar Emanaciones o Contaminantes Atmosféricos de Cualquier Naturaleza del 2 de mayo de 1961 del Ministerio de Salud	Establece que los gases, vapores, humos, polvo, emanaciones o contaminantes de cualquier naturaleza, producidos en cualquier establecimiento fabril o lugar de trabajo, deberán captarse o eliminarse en forma tal que no causen peligros, daños o molestias al vecindario.
Emisiones atmosféricas	D.S. N°47 Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones de 05 de junio de 1992 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Art 5.8.3.	El artículo 5.8.3 de la Ordenanza, inserto en su capítulo referido a las Faenas Constructivas, dispone que el responsable de la ejecución de la obra, con el objeto de mitigar el impacto de las emisiones de polvo y material en toda obra de construcción, reparación, modificación, alteración, reconstrucción o demolición, deberá implementar las medidas que se indican con el objeto de mitigar el impacto de las emisiones de polvo y material en toda obra de construcción.
Emisiones atmosféricas	D.S. N° 75 Establece condiciones para el transporte de cargas, así como medidas de manejo destinadas a evitar emisiones de polvo del 7 de julio de 1987, del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones	El presente decreto establece condiciones para el transporte de carga en vehículos. Artículo 2°. Los vehículos que transporten desperdicios, arena, ripio, tierra u otros materiales, ya sean sólidos, o líquidos, que puedan escurrirse y caer al suelo, estarán contruidos de forma

		<p>que ello no ocurra por causa alguna. En las zonas urbanas, el transporte de materiales que produzcan polvo, tales como escombros, cemento, yeso, etc. deberá efectuarse siempre cubriendo total y eficazmente los materiales con lonas o plásticos de dimensiones adecuadas, u otro sistema, que impida su dispersión al aire.</p>
Emisiones atmosféricas	<p>Decreto 4 Establece normas de emisión de contaminantes aplicables a los vehículos motorizados y fija los procedimientos para su control Supremo del 29 de enero de 1994, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.</p>	<p>Establece las concentraciones máximas para la emisión de contaminantes por el tubo de escape de los vehículos motorizados de encendido por chispa (ciclo Otto) de dos y cuatro tiempos, respecto de los cuales no se hayan establecido normas de emisión expresadas en gr/km, gr/HP-h, o gr/kW-h.</p>
Emisiones atmosféricas	<p>Decreto Supremo 12 Establece norma primaria de calidad ambiental para material particulado fino respirable MP2,5 del 09 de mayo del 2011, del Ministerio del Medio Ambiente</p>	<p>Establece la norma primaria de calidad ambiental para material particulado fino, MP2,5 cuyo objetivo es proteger la salud de las personas de los efectos agudos y crónicos de dicho contaminante, con un nivel de riesgo aceptable.</p>
Emisiones atmosféricas	<p>D.S. N°75 de 1987, del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, que establece condiciones para el transporte de cargas.</p>	<p>El presente texto reglamentario señala en su artículo 2, inciso 2º, que “en las zonas urbanas, el transporte de material que produzca polvo, tales como escombros, cemento, yeso, etc.</p>

		deberá efectuarse siempre cubriendo total y eficazmente los materiales con lonas o plásticos de dimensiones adecuadas, u otro sistema que impida su dispersión al aire”.
Emisiones atmosféricas	Decreto 112 Norma primaria de calidad de aire para ozono de 6 de marzo de 2003 de la Secretaría General de la Presidencia.	Establece que la norma primaria de calidad del aire para el contaminante ozono.
Emisiones atmosféricas	Decreto 113 Norma primaria de calidad de aire para dióxido de azufre (SO ₂)” de 6 de marzo de 2003 de la Secretaría General de la Presidencia”	Establece que la norma primaria de calidad del aire para el contaminante dióxido de azufre (SO ₂).
Emisiones atmosféricas	Decreto 114 Establece norma primaria de calidad de aire para el dióxido de nitrógeno (NO ₂) de 6 de marzo de 2003 del Ministerio Secretaría general de la Presidencia	La presente norma de calidad ambiental tiene por objetivo proteger la salud de la población de aquellos efectos agudos y crónicos generados por la exposición a niveles de concentración de dióxido de nitrógeno (NO ₂) en el aire.
Emisiones atmosféricas	Decreto 115 norma primaria de calidad de aire por monóxido de carbono (CO) de 10 de septiembre de 2002 de la Secretaría General de la Presidencia	Establece que la norma primaria de calidad del aire para el contaminante monóxido de carbono.
Emisiones atmosféricas	Decreto 59 Norma de calidad primaria para material particulado respirable MP10, en especial de los valores que definen situaciones de emergencia del 25 de mayo de 1998	La presente norma de calidad ambiental tiene por objetivo proteger la salud de la población de aquellos efectos nocivos generados por la exposición a altos niveles de

	de la Secretaría General de la Presidencia	concentración de material particulado respirable (MP10).
Emisiones acústicas	Decreto Supremo N° 38/2011 Establece norma de emisión de ruidos generados por fuentes que indica del 12 de Junio del 2012, del del Ministerio de Medio Ambiente	Establece niveles de presión sonora máximos permitidos.
Residuos peligrosos	Decreto Supremo N° 148/2003 Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos, del 16 de Junio del 2004, del Ministerio de Salud.	Establece las condiciones sanitarias y de seguridad mínimas a que deberá someterse la generación, tenencia, almacenamiento, transporte, tratamiento, reuso, reciclaje, disposición final y otras formas de eliminación de los residuos peligrosos.
Residuos sólidos	DFL N°1 Determina materias que requieren autorización sanitaria expresa del 21 de febrero de 1990 del Ministerio de Salud	Esta normativa en el punto 25 indica que las siguientes materias requieren autorización sanitaria expresa: 25. Instalación de todo lugar destinado a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios de cualquier clase.
Residuos sólidos	D.F.L. N° 725 Código Sanitario del 29 de abril de 2000, del Ministerio de Salud	El artículo 80, señala que le corresponde al Servicio Nacional de Salud autorizar la instalación y vigilar el funcionamiento de todo lugar destinado a la acumulación, selección, industrialización, comercio o

		disposición final de basuras y desperdicios de cualquier clase.
Residuos líquidos	D.F.L. N° 725 Código Sanitario del 29 de abril de 2000, del Ministerio de Salud	Regula la evacuación de desagües, aguas servidas y residuos industriales. En particular en el artículo 71 letra b) señala que corresponde al Servicio Nacional de Salud aprobar los Proyectos relativos a la construcción, reparación, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular destinada a la evacuación, tratamiento o disposición final de desagües, aguas servidas de cualquier naturaleza y residuos industriales o mineros.
Residuos líquidos	D.S. N°46 Establece norma de emisión de Residuos líquidos a aguas subterráneas del 08 de marzo del 2002, Ministerio Secretaría General de la Presidencia.	Determina las concentraciones máximas de contaminantes permitidas en los residuos líquidos que son descargados por la fuente emisora, a través del suelo, a las zonas saturadas de los acuíferos, mediante obras destinadas a infiltrarlo.
Gestión de residuos	Ley N°20.920 Marco para la gestión de residuos, responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje del 01 de Junio del 2016 del Ministerio de Medio Ambiente	Disminuir la generación de residuos y fomentar su reutilización, reciclaje y otro tipo de valorización, a través de la instauración de la responsabilidad extendida del productor y otros instrumentos de gestión de residuos, con el fin de proteger la salud de las personas y el medio ambiente.

Sustancias peligrosas	Decreto N° 160/08 Aprueba Reglamento de Seguridad Para las Instalaciones y Operaciones de Producción y Refinación, Transporte, Almacenamiento, Distribución y Abastecimiento de Combustibles Líquidos de 07 de Julio del 2009, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción	Establece los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir las instalaciones de combustibles líquidos derivados del petróleo y biocombustibles, en adelante e indistintamente CL, y las operaciones asociadas a la producción, refinación, transporte, almacenamiento, distribución y abastecimiento de CL que se realicen en tales instalaciones.
Sustancias peligrosas	Decreto N°43 "Reglamento de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas" del 29 de marzo del 2016 del Ministerio de salud	Establece las condiciones de seguridad de las instalaciones de almacenamiento de sustancias peligrosas.
Arqueológico	Ley N°17.288 Ley sobre monumentos nacionales del 04 de febrero de 1970, del Ministerio de Educación Pública	En caso de efectuarse un hallazgo arqueológico o paleontológico, el Titular. procederá según lo establecido en la Ley N°17.288 (Art. 26 y 27) y en el D.S. 484/90 (Art. 20 y 23); es decir, se dará aviso al Gobernador Provincial quien ordenará a Carabineros que se haga responsable de la vigilancia del hallazgo hasta que el Consejo de Monumentos Nacionales se haga cargo del mismo. Además, el Titular dará aviso inmediato y por escrito al Consejo de Monumentos Nacionales para que este organismo determine los procedimientos a seguir, de cuya

		implementación será responsable el Titular.
Arqueológico	Decreto N° 484 Reglamento de la Ley N°17.288, sobre excavaciones y/o prospecciones arqueológicas, antropológicas y paleontológicas, del 02 de abril de 1991 del Ministerio de Educación	En caso de efectuarse un hallazgo arqueológico o paleontológico, el Titular procederá según lo establecido en la Ley N°17.288 (Art. 26 y 27) y en el D.S. 484/90 (Art. 20 y 23); es decir, se dará aviso al Gobernador Provincial quien ordenará a Carabineros que se haga responsable de la vigilancia del hallazgo hasta que el Consejo de Monumentos Nacionales se haga cargo del mismo. Además, el Titular dará aviso inmediato y por escrito al Consejo de Monumentos Nacionales para que este organismo determine los procedimientos a seguir, de cuya implementación será responsable el titular.
Fauna	Ley N° 19.473 Sustituye Texto de la Ley N° 4.601 Sobre Caza y el Artículo 609 del Código Civil de 27 de septiembre de 1996 del Ministerio de Agricultura	Prohíbe en todo el territorio nacional la caza o captura de ejemplares de la fauna silvestre catalogados como especies en peligro de extinción, vulnerable, rara y escasamente conocida, así como especies catalogadas como beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria, para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales o que presenten densidades poblacionales

		<p>reducidas.</p> <p>Prohíbe en toda época, levantar nidos, destruir madrigueras o recolectar huevos y crías, con excepción de los pertenecientes a las especies declaradas dañinas. Se prohíbe la caza o captura en reservas de regiones vírgenes, parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, santuarios de la naturaleza, áreas prohibidas de caza, zonas urbanas, líneas de ferrocarriles, aeropuertos, en y desde caminos públicos y en lugares de interés científico y de aposentamiento de aves guaníferas.</p>
Forestal	Decreto Ley N° 701 Fija Régimen Legal de los Terrenos Forestales o Preferentemente Aptos para la Forestación, y Establece Normas de Fomento sobre la Materia de 28 de octubre de 1974 del Ministerio de Agricultura	Tiene por objetivo regular la actividad forestal en suelos de aptitud preferentemente forestal y en suelos degradados e incentivar la forestación en espacial, por parte de los pequeños propietarios forestales y aquella necesaria para la prevención de la degradación, protección y recuperación de los suelos del territorio nacional.
Bosque nativo	Ley N°20.283 Ley sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal del 30 de Julio del 2008, del Ministerio de Agricultura	Toda acción de corta de bosque nativo, cualquiera sea el tipo de terreno en que éste se encuentre, deberá hacerse previo plan de manejo aprobado por la Corporación. Deberá

		<p>cumplir, además, con lo prescrito en el decreto ley N° 701, de 1974. Los planes de manejo aprobados deberán ser de carácter público y estar disponibles en la página web de la Corporación para quien lo solicite.</p>
Infraestructura	<p>D.S. N°47 Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones de 05 de junio de 1992 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.</p>	<p>Art 5.8.3. La infraestructura energética se encuentra siempre admitida conforme lo dispone el artículo 2.1.29 de la OGUC y lo indicado por la División de Desarrollo Urbano del MINVU, en su DDU N°218/2009. A su turno, para aquellas construcciones que requieran cumplir con el inciso final del artículo 55 de la LGUC, se solicitará la autorización de cambio de uso de suelo contenida en el artículo 160 del Reglamento del SEIA, cuyos antecedentes se presentan en el anexo 3.3 denominado PAS 160.</p>
Agua Potable	<p>D.S. N° 41 Reglamento sobre condiciones sanitarias para la provisión de Agua Potable mediante el uso de camiones aljibe de 08 de febrero de 2018, del Ministerio de Salud.</p>	<p>Establece las condiciones sanitarias básicas que debe cumplir todo sistema de provisión de agua potable mediante el uso de camiones aljibe.</p>

Fuente: Elaboración propia

5.5.2 Legislación Laboral

La legislación laboral comprende todo el cuerpo normativo que regula las relaciones entre trabajadores y empleadores, esto quiere decir que establece los derechos y obligaciones de cada una de las partes.

Tabla 8. Normativa laboral aplicable a un Proyecto de Generación Solar Fotovoltaico

Normativa	Objeto de regulación
DFL 1 Código del Trabajo (Modificado Ley 20001) del 16 de enero del 2003, del Ministerio del Trabajo y Previsión Social.	El empleador estará obligado a tomar todas las medidas necesarias para proteger eficazmente la vida y salud de los trabajadores, manteniendo las condiciones adecuadas de higiene y seguridad en las faenas, como también los implementos necesarios para prevenir accidentes y enfermedades profesionales.
Decreto Supremo N° 594 Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo del 29 de abril del 2000, del Ministerio de Salud.	La empresa está obligada a mantener en los lugares de trabajo las condiciones sanitarias y ambientales necesarias para proteger la vida y la salud de los trabajadores que en ellos se desempeñan.
Ley 16.744 Establece Normas sobre accidentes del trabajo y enfermedades profesionales del 01 de febrero de 1968, del Ministerio del trabajo.	Mediante esta ley se declara obligatorio el Seguro Social contra riesgos de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales, y se establecen disposiciones para su aplicación.
Decreto N°18 Certificación de calidad de elementos de protección personal contra riesgos ocupacionales del 23 de marzo de 1982, del Ministerio de salud Pública.	Los equipos y elementos de seguridad deberán cumplir con las exigencias de calidad que rigen dichos artículos, sean estos de procedencia extranjera o nacional.
Decreto N°63 Reglamento para la aplicación de la Ley 20.001, que regula el peso de carga humana del 12 de	Regular la normativa sobre: a) Manipulación manual de carga que implique riesgo a la salud

septiembre del 2005, del Ministerio del Trabajo y Previsión Social.	o a las condiciones físicas de los trabajadores b) Obligación del empleador.
Decreto N°487 Exento Guía técnica sobre radiación ultravioleta de origen solar del 14 de junio del 2011, del Ministerio de Salud.	Regula el riesgo de exposición a la radiación ultravioleta de origen solar y las medidas de control y protección que deben implementar los empleadores al respecto, con la finalidad de minimizar el daño en salud y promover conductas de autocuidado en los trabajadores.
Decreto N°1052 Aprueba norma técnica N° 156 denominada "Protocolo sobre normas mínimas para el desarrollo de programas de vigilancia de la pérdida auditiva por exposición a ruido en los lugares de trabajo, del 14 de Octubre del 2013, del Ministerio de Salud.	Protocolo Prexor: se aplica a todos los trabajadores expuestos ocupacionalmente a Ruido.
Resolución Exenta N°2580 Aprueba Instrumento para la Gestión Preventiva del Riesgo Psicosocial en el Trabajo del 08 de octubre del 2018, del Ministerio de Salud.	Sustituye Resolución 218/2013 estableciendo un nuevo instrumento de evaluación de riesgos psicosociales.
Decreto N°40 Aprueba reglamento sobre Prevención de Riesgos Profesionales" del 11 de febrero de 1969, del Ministerio del Trabajo y Previsión Social.	Título IV de la obligación de informar los riesgos laborales.
Ley 18.490 Seguro obligatorio de accidentes personales causados por circulación de vehículos motorizados del 04 de enero de 1986, del Ministerio de Hacienda.	Todo vehículo motorizado que para transitar por la vía pública del territorio nacional requiera de un permiso de circulación, deberá estar asegurado contra el riesgo de accidentes personales a que se refiere esta ley
Ley 21.088 Ley de Tránsito del 10 de mayo de 2018, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.	Ninguna persona podrá conducir ningún vehículo sin poseer licencia de conducir.

<p>Ley 20.949 Modifica el código del trabajo para reducir el peso de las cargas de manipulación manual del Ministerio del Trabajo y Previsión Social.</p>	<p>Reduce el peso en las operaciones de carga y descarga, de 50 a 25 kilogramos. Asimismo, establece que los menores de 18 años y las mujeres no podrán llevar o transportar cargas superiores a 20 kilogramos</p>
<p>Ley 20.105 Regula actividades que indica relacionadas con el tabaco del 09 de octubre de 1995, del Ministerio de Salud.</p>	<p>Prohibición de fumar en lugares de trabajo incluyendo patios y espacios al aire libre interiores. c) aquéllos en que se fabriquen, procesen, depositen o manipulen explosivos, materiales inflamables, medicamentos o alimentos.</p>
<p>Ley 20.096 Establece mecanismos de control de las sustancias agotadoras de la capa de ozono del 23 de marzo del 2006, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.</p>	<p>Establece la obligación del empleador de adoptar las medidas necesarias para proteger eficazmente a los trabajadores cuando puedan estar expuestos a la radiación ultravioleta (artículo 19).</p>
<p>D.S. N° 327 Fija Reglamento de la Ley General de Servicios Eléctricos de 10 de septiembre de 1998 del Ministerio de Minería.</p>	<p>Este Reglamento establece, entre otras materias, las relaciones entre propietarios de instalaciones eléctricas, clientes y autoridad, y además de indicar que se deberá velar por el normal funcionamiento de las instalaciones de otros concesionarios de servicios públicos, la seguridad y comodidad de la circulación en las calles, caminos y demás vías públicas, y también la seguridad de las personas, las cosas y el medio ambiente. También establece que la construcción y el mantenimiento de instalaciones eléctricas sólo podrán ser ejecutados por personal calificado y autorizado en la clase que corresponda, de acuerdo a lo</p>

	establecido en los reglamentos y normas técnicas vigentes.
Decreto N°115/2004 Aprueba Norma Técnica N°4/2003, Instalaciones de consumo en baja tensión" del 18 de junio del 2004 del Ministerio de Economía; Fomento y Reconstrucción.	Esta Norma tiene por objeto fijar las condiciones mínimas de seguridad que deben cumplir las instalaciones eléctricas de consumo en Baja Tensión, con el fin de salvaguardar a las personas que las operan o hacen uso de ellas y preservar el medio ambiente en que han sido construidas.
Resolución Exenta N°29 Aprueba Modificaciones a la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio de Conformidad al Artículo 34° del Decreto Supremo N°11, de 2017, del Ministerio de Energía y Aprueba Texto Refundido y Sistematizado de Dicha Norma Técnica" del 03 de mayo del 2018, del Ministerio de Energía Ministerio de Energía.	Dicta la Norma Técnica con exigencias de Seguridad y Calidad de Servicio para el Sistema Eléctrico Nacional (SEN).
NCh N°409, Parte 1 OF.2005. Oficializada por Decreto Exento N° 446/2006 Norma Chilena de Agua Potable del Ministerio de Salud.	Establece la norma técnica a cumplir para el agua potable, respecto a los parámetros físicos, químicos y biológicos.
D.F.L. N° 735 Reglamento de los servicios de agua destinados al consumo humano del 19 de diciembre de 1969, del Ministerio de Salud	Establece el Reglamento de los servicios de agua destinados al consumo humano. En su Art.1° establece que todo servicio de agua potable deberá proporcionar agua de buena calidad en cantidad suficiente para abastecer satisfactoriamente a la población que le corresponde atender, debiendo asegurar la continuidad del suministro contra interrupciones ocasionadas por fallas de sus instalaciones o de

su explotación. En este sentido aclara que se autorizará explotación y funcionamiento del servicio de agua cuando ésta, sometida a análisis bacteriológico, no acuse existencia de gérmenes del grupo coliforme.

Fuente: Elaboración propia

5.5.3 Legislación Social

En lo que concierne a normativas de protección social respecto a proyectos de inversión de generación solar fotovoltaica no existe una legislación específica para aquello que restrinja o limita su emplazamiento en cercanía de grupos humanos, sino más bien, busca establecer un marco de resguardo a su salud por medio de normas de emisión y/o de calidad primaria, lo cual aseguran no generar ningún efecto, característica o circunstancia del artículo 5 del RSEIA, relacionado a generar un riesgo para la salud de las personas.

Al objeto de evaluar si se genera o presenta el riesgo a que se refiere el inciso anterior, se considerará la presencia de población en el área de influencia, cuya salud pueda verse afectada por:

- a) La superación de los valores de las concentraciones y períodos establecidos en las normas primarias de calidad ambiental vigentes o el aumento o disminución significativos, según corresponda, de la concentración por sobre los límites establecidos en éstas. A falta de tales normas, se utilizarán como referencia las vigentes en los Estados que se señalan en el artículo 11 del presente Reglamento.
- b) La superación de los valores de ruido establecidos en la normativa ambiental vigente. A falta de tales normas, se utilizarán como referencia las vigentes en los Estados que se señalan en el artículo 11 del presente Reglamento.
- c) La exposición a contaminantes debido al impacto de las emisiones y efluentes sobre los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire, en caso de que no sea posible evaluar el riesgo para la salud de la población de acuerdo a las letras anteriores.
- d) La exposición a contaminantes debido al impacto generado por el manejo de residuos sobre los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire.

Tabla 9. Normativa social aplicable a un Proyecto de Generación Solar Fotovoltaico

Tema	Normativa	Objeto de regulación
<p>Tratado internacional - Derechos pueblos indígenas y tribales dentro del Estado</p>	<p>Decreto Supremo N° 236 Promulga el Convenio N°169 sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes de la organización internacional del trabajo del 14 de octubre del 2008 del Ministerio de Relaciones Exteriores</p>	<p>Promulgase el Convenio N° 169 sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes, adoptado el 27 de junio de 1989 por la Conferencia General de la Organización Internacional del Trabajo, en su Septuagésima Sexta Reunión. Establece la consulta obligatoria a los pueblos originarios para medidas que les afecten.</p>
<p>Reconocimiento y protección de etnias indígenas</p>	<p>Ley 19.253 Establece normas sobre protección, fomento y desarrollo de los indígenas y crea la corporación nacional de desarrollo del 05 de octubre de 1993, del Ministerio de Planificación y Cooperación.</p>	<p>Es deber de la sociedad en general y del Estado en particular, a través de sus instituciones respetar, proteger y promover el desarrollo de los indígenas, sus culturas, familias y comunidades, adoptando las medidas adecuadas para tales fines y proteger las tierras indígenas, velar por su adecuada explotación, por su equilibrio ecológico y propender a su ampliación.</p>

Reglamento consulta indígena	<p>Decreto N°66/2014 Aprueba reglamento que regula el procedimiento de consulta indígena en virtud del artículo 6 n°1 letra a) y n°2 del convenio n°169 de la organización internacional del trabajo y deroga normativa que indica del Ministerio de Desarrollo Social</p>	<p>El presente reglamento tiene por objeto dar ejecución al ejercicio del derecho de consulta a los pueblos indígenas, el cual se realiza a través del procedimiento establecido en el presente instrumento por parte de los órganos señalados en el artículo 4° del presente reglamento, de acuerdo al artículo 6 N° 1 letra a) y N° 2 del convenio N° 169 de la Organización Internacional del Trabajo, promulgado por el D.S. N° 236, de 2008, del Ministerio de Relaciones Exteriores, los tratados internacionales ratificados por Chile que versen sobre la materia que se encuentran vigentes y de conformidad a la Constitución Política de la República de Chile.</p>
Acceso a la información y participación ciudadana	<p>Decreto 209 Acuerdo de Escazú del 25 de octubre de 2022, del Ministerio de Relaciones Exteriores</p>	<p>El Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe, conocido como Acuerdo de Escazú, es un tratado internacional, cuyo objetivo principal es garantizar la implementación plena y efectiva en América Latina y el Caribe de</p>

		los derechos de acceso a la información ambiental, participación pública en los procesos de toma de decisiones ambientales y acceso a la justicia en asuntos ambientales.
Participación ciudadana - SEIA	Ley 20.417/2010 de la Secretaría General de la Presidencia; Art. 30 bis de la Ley N°19.300 y artículo 94 inciso 3° del RSEIA	La participación ciudadana comprende los derechos a acceder y conocer el expediente físico o electrónico de la evaluación, formular observaciones y obtener respuesta fundada de ellas.
Derecho a la Participación ciudadana	Resolución Exenta N°601 Aprueba norma general de participación ciudadana del Ministerio de medio ambiente que establece modalidades formales y específicas en el marco de la ley 20.500 del 12 de mayo del 2023, del Ministerio de Medio Ambiente.	Consagra y reconoce el derecho de las personas a participar en las políticas, planes y programas y acciones del Estado. Esto significa que todos los órganos de la Administración del Estado deben garantizar espacios y mecanismos institucionalizados por medio de los cuales las personas puedan participar en el diseño, formulación, ejecución y evaluación de políticas públicas.

Fuente: Elaboración propia

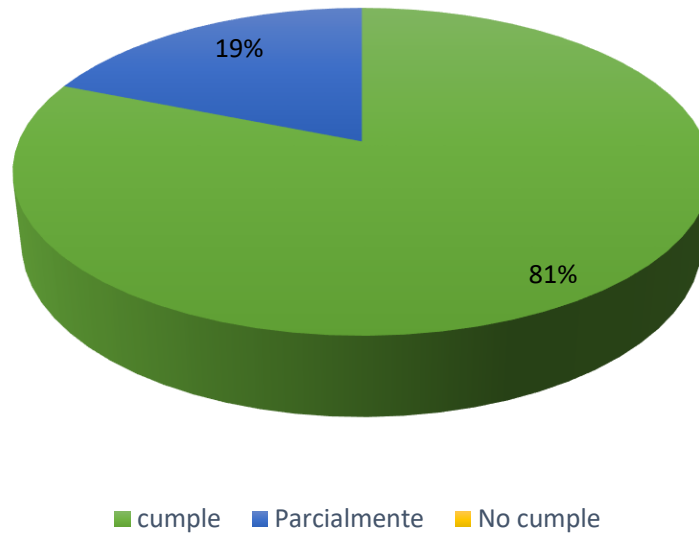
5.6 Evaluación del grado de cumplimiento legal

A continuación, se muestran los resultados correspondientes a la aplicación de las herramientas de análisis metodológicas para evaluar el desempeño del cumplimiento legal de la organización

a. Componente ambiental

En el componente ambiental, de un total de 37 cuerpos normativos la organización cumple en un 81% y un 19% parcialmente.

Status Cumplimiento Normativa Ambiental Aplicable



Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Grado de cumplimiento de la normativa ambiental aplicable

Lo anterior, se debe a que se detectaron las siguientes inconformidades durante la visita a terreno y a partir de datos de fiscalizaciones:

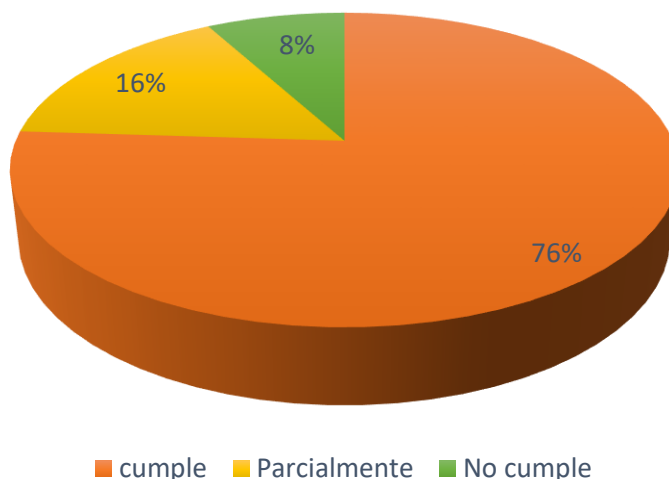
- No se implementa el total de medidas para mitigar emisiones de polvo y material dentro de la faena constructiva D.S N°47/92 OGUC (no existe lavado de ruedas por lodo, accesos poco estables, no se implementa tela para evitar dispersión de polución).
- Existen de sitios de almacenamiento de residuos no peligrosos y peligrosos sin autorización sanitaria (D.S N°148/2003 Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos y DFL N°1/1990 "Determina materias que requieren autorización sanitaria expresa").
- Se evidencian residuos peligrosos, no peligrosos y sustancias peligrosas acopiados en sitios no autorizados. (D.F.L. N° 725 "Código Sanitario" del 29 de abril de 2000, del Ministerio de Salud
- Inexistencia de pretil antiderrame (SUSPEL) (Decreto N°43 Reglamento de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas del 29 de marzo del 2016 del Ministerio de salud").

- Falta de herramientas para manejo de derrames (D.S. N°148/2003 "Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos y Decreto N°43 Reglamento de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas del 29 de marzo del 2016 del Ministerio de Salud).

b. Componente laboral

En lo que respecta al área laboral, de 20 cuerpo normativos aplicable, la organización cumple en un 76%, cumple parcialmente en un 16% y no cumple en un 8%.

Status Cumplimiento Normativa Laboral Aplicable



Fuente: Elaboración propia

Figura 7. Grado de cumplimiento de la normativa laboral aplicable

Las causas principales se deben a que, la empresa cumple parcialmente el D.S. N° 594. Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo del 29 de abril del 2000, del Ministerio de Salud.

- Espacios desorganizados, falta de comedores, duchas y algunos lavamanos al interior de baños químicos
- No se da cumplimiento a L/día de agua potable por trabajador (<100L)

No se aplica protocolo PREXOR y no existe control de riesgos asociados al manejo de manual de carga.

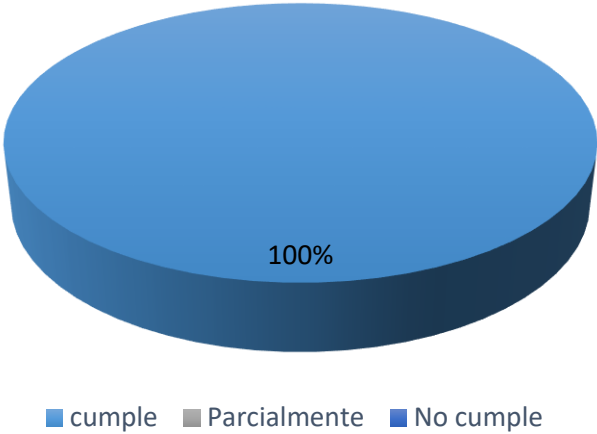
Por su parte, el incumplimiento radica en la NCh 1433.Of78 Ubicación y señalización de los extintores portátiles.

- Extintores ubicados a la intemperie no cumplen con condiciones de ubicación y almacenamiento.

c. Componente social

En cuanto al componente social, cabe destacar que el derecho de participación ciudadana en los procesos de evaluación ambiental se encuentra resguardado por el reglamento del SEIA y la Ley 19.300. Por lo tanto, la organización cumple taxativamente.

**Status Cumplimiento Normativa Social
Aplicable**



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Grado de cumplimiento de la normativa social aplicable

5.7 Diagnóstico de la gestión social, ambiental y laboral

En este apartado se procede a la realización de un diagnóstico en relación a la dimensión ambiental, laboral, social y legal de la organización, de manera que permita medir el estado actual de la misma en relación a las variables definidas y, establecer una base a partir de la cual detectar oportunidades de mejora.

5.7.1 Desempeño ambiental

Como punto de partida del diagnóstico ambiental se procedió a recolectar información a modo general sobre el desempeño ambiental de diversas generadoras solares, cuyos antecedentes se encuentran disponibles en el Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental (SNIFA) perteneciente a la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA), organismo encargado de realizar seguimiento y fiscalización de los compromisos establecidos en las Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA).

A partir de los reportes de fiscalización ambiental disponibles, fue posible catastrar que, la totalidad de hallazgos identificados al momento de fiscalizar los parques solares fotovoltaicos son producidos durante la fase de construcción, dado que, por su naturaleza es donde se genera la mayor cantidad de impactos del proyecto.

Los impactos más relevantes asociados a los PFV se generan sobre los objetos de protección ambiental de flora y fauna, suelo y medio humano. Los principales tipos de hallazgos de la fiscalización de PVF están asociados a la implementación distinto a lo autorizado y a la no ejecución de la obligación, donde se evidencia:

- Área construida difiere de lo aprobado ambientalmente
- Obras y/o acciones sin autorización vigente
- No entrega antecedentes a la autoridad
- Especies de fauna al interior de la CSF
- Suelos desnudos
- Corta no autorizada de bosque nativo
- No realización de reforestación y/o compromisos ambientales adoptados
- Acopio de residuos en áreas no correspondientes
- Hallazgos arqueológicos

En base a lo anterior es posible identificar a priori la existencia de diversos riesgos:

- Riesgos ambientales fauna: Pérdida de flora endémica, afectación de fauna protegida y alteración de relaciones ecosistémicas.
- Riesgos ambientales suelo: Pérdida de sustrato, afectación de corredores biológicos, alteración del hábitat.

- Riesgos medio humano: Alteración del patrimonio arqueológico y afectación del patrimonio antropológico y cultural.

Bajo esta misma revisión, es posible evidenciar que algunos Titulares reportan resultados mensuales de programas internos de gestión ambiental, como medida de seguimiento de los documentos y acciones comprometidas en el periodo de construcción de sus RCA. Donde dentro de sus items, incluyen detalles de hallazgos identificados en faena, la notificación de eventos significativos y la forma de respuesta en caso de adoptarse medidas correctivas.

Lo anterior da cuenta que, existen generadores que llevan un adecuado y riguroso seguimiento de sus aspectos e impactos ambientales, y de las capacitaciones y medidas que se están adoptando frente a cuestiones ambientales, de manera tal, de llevar un control periódico y dar cumplimiento a la normativa ambiental aplicable y a lo comprometido en la RCA.

Cabe destacar que, no todos los desarrolladores de proyectos solares cuentan con las áreas de ingeniería propias, y muchas veces se debe trabajar a subcontrata. No obstante, es imprescindible que se incorporen programas internos de gestión ambiental, ya que permiten llevar un control de cumplimiento e identificar inconformidades de manera activa. Así, pudiendo gestionar las inconformidades detectadas a través de un Plan de Acción Correctiva.

Evaluación Empresa Solar

Ahora bien, con el fin de evaluar el desempeño ambiental de la empresa colaboradora, se procedió en primer lugar a revisar la Política Ambiental Corporativa, la cual establece las directrices y objetivos que la empresa establece como principios formales en materia ambiental.

En dicho documento expone su compromiso con la mejora continua de los procesos internos de la compañía, así como con los impactos sociales y ambientales que genera, en todos aquellos ámbitos y localizaciones en los que tiene actividad, presencia y/o influencia. Así como también, deseos de colaborar con las comunidades locales para minimizar el impacto de sus proyectos.

La organización considera “imprescindible que todo su personal laboral tenga una actitud máxima de respeto por el medio ambiente”. Encontrándose alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) seis, siete, doce, trece, catorce, quince y diecisiete aprobados por

la Organización de las Naciones Unidas (ONU). A continuación, se presenta el análisis de cumplimiento con los ODS:

Tabla 10. Análisis de cumplimiento ODS de la organización

ODS	Forma de Cumplimiento
<p>6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO</p> 	<p>Se abastece de agua potable de calidad a cada uno de los trabajadores a través de agua embotellada. Se vela por el uso eficiente de los recursos hídricos, no generando extracción de agua. Respecto a la humectación de caminos, se utiliza agua industrial para diluir el supresor de polvo por única vez cada 1 año.</p>
<p>7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE</p> 	<p>La energía solar es renovable y no contaminante, los proyectos solares FV contribuyen considerablemente a aumentar infraestructura energética sostenible y a contribuir a cubrir de energía renovable la matriz eléctrica.</p>
<p>12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES</p> 	<p>La energía solar fotovoltaica insta a generar una producción y por ende un consumo energético sustentable, demostrando que se puede obtener el mismo activo de una manera más armónica con el medio ambiente, generando una transición hacia economías más verdes y bajas en emisiones atmosféricas.</p>
<p>13 ACCIÓN POR EL CLIMA</p> 	<p>Los proyectos de energía solar FV genera energía eléctrica limpia, libre de gases de efecto invernadero, en contraste a los generadores de energía en base a combustibles fósiles. Por lo tanto, su sustitución como fuente generadora ayuda a paliar la disminución de GEI, y no comprometiendo la oferta de electricidad.</p>
<p>14 VIDA SUBMARINA</p> 	<p>La energía solar fotovoltaica al ser energía limpia y no generar GEI, contribuye a disminuir la acidificación por CO₂.</p>
<p>15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES</p> 	<p>El diseño de los proyectos solares FV vela por la conservación de los ecosistemas terrestres, mediante su emplazamiento respetuoso con la fauna y flora local. Además, su permanencia en los suelos genera un efecto similar al barbecho, donde permite que suelos degradados por actividades de agricultura, puedan mejorar o recuperar sus características biológicas y fisicoquímicas al no ser explotados durante su operación.</p>



La ONU impulsó un Plan de Acción Mundial para impulsar la energía limpia y económica. El programa de desarrollo apoya a los países en la consecución de una transición energética justa, ayudando a avanzar en el cumplimiento de los ODS. En este contexto, los generadores solares han generado alianzas estratégicas para superar la crisis energética ambiental y la emergencia climática.

Fuente: Elaboración propia

Para ello, busca establecer sistemas de gestión necesarios para alcanzar la excelencia de protección del medio ambiente y la adopción de las mejores prácticas existentes en términos de sostenibilidad a lo largo de toda su cadena de valor.

Lo positivo de la organización es que el desarrollo de su actividad se realiza directamente por esta o por cualquier sociedad controlada por la misma, por lo tanto, son ellos quienes establecen el relacionamiento con sus propios trabajadores, comunidades locales, proveedores, clientes, socios comerciales y resto de grupos de interés. No obstante, en caso de que la organización no ostente una posición de dominio, promoverá el alineamiento de sus políticas.

Supervisión y Seguimiento Ambiental

A la fecha no han tenido ningún proceso sancionatorio producto de una fiscalización de la SMA. Durante la fase de construcción de los Proyectos existe un área ambiental especializada en la auditoría de los diversos parques solares en construcción, la cual asiste generalmente cada 15 días a faena y se encarga de hacer el seguimiento de cada una de las actividades que se desarrollan al interior de la faena, los compromisos ambientales adoptados, las capacitaciones y/o inducciones necesarias al personal y los medios de verificación requeridos para dar cumplimiento a lo estipulado por RCA.

A su vez, llevan un reporte mensual de los consumos, residuos generados y emisiones atmosféricas, así como estado de cumplimiento de permisos sectoriales, derechos mineros, permisos ambientales, autorizaciones sanitarias.

De acuerdo a las auditorías internas, las no conformidades detectadas en terreno han sido las siguientes:

- Botellas de plásticas encontradas en lugares de trabajo
- Derrames de petróleo y/o sustancias químicas

- Acopio de residuos peligrosos y no peligrosos en sitio no autorizados
- Falla mecánica de brazo hidráulico que genera derrame de aceite hidráulico

Si bien, en este último caso se ha evidenciado que el subcontrato no cuenta con un plan de contingencia y emergencia para tomar todas las medidas pertinentes en caso de un derrame. Se procedió a dar respuesta ante la situación, deteniendo la actividad y conteniendo el área afectada con arena, para luego ser retirado todo el material y manejado como residuos peligrosos.

En visita a terreno se pudo identificar que la generación de residuos de paneles solares fotovoltaicos durante la fase de construcción dista a lo normalmente declarado en los procesos de evaluación ambiental (+5 paneles) y no son manejados como residuos peligrosos. También, han generado nuevas iniciativas a nivel interno, como la donación de excedentes de materiales a la comunidad y entrega de botella de hidratación a personal de obra como medida correctiva a la generación de residuos plásticos.

De lo anterior se desprende que, la principal etapa para prevenir la afectación de los objetos de protección ambiental es la fase de construcción.

Identificación de Riesgos Ambientales

Con tal de identificar las principales actividades generados de impacto ambiental, se procedió a evaluar su proceso productivo y se identificaron los siguientes aspectos e impactos ambientales:

Tabla 11. Principales aspectos e impactos ambientales generados producto de la construcción de un parque solar fotovoltaico

Actividad	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental
Acondicionamiento del terreno	Tala de bosque nativo	Disminución RRNN
Acondicionamiento del terreno	Pérdida de suelo	Disminución RRNN
Acondicionamiento del terreno	Desplazamiento de fauna	Alteración de fauna
Tránsito de vehículos y maquinarias, combustión de maquinarias	Generación de emisiones atmosféricas	Contaminación del aire
Paneles solares en desuso	Generación de residuos peligrosos	Contaminación suelo/agua
Faena trabajadores al interior de la CSF	Generación de residuos sólidos domiciliarios	Contaminación suelo/agua
Restos de materiales no utilizados	Generación de residuos industriales no peligrosos	Contaminación suelo/agua
Uso baños químicos y/o fosa séptica	Generación de efluentes líquidos domiciliarios	Contaminación suelo/agua
Funcionamiento maquinarias	Consumo de combustible	Disminución RRNN
Abastecimiento consumo humano	Consumo de agua	Disminución RRNN
Funcionamiento maquinarias	Generación de ruido	Contaminación acústica
Funcionamiento maquinarias	Generación de ruido	Alteración de fauna

Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, con el objetivo de complementar lo anterior, e identificar aquellos impactos ambientales que puedan generar efectos adversos significativos, se realizó una entrevista y una visita a terreno con la encargada ambiental y así obtener de primera fuente aquellos impactos más relevantes a nivel ambiental, con la finalidad de obtener de primera fuente los impactos ambientales detectados con mayor frecuencia en faena y poder visualizar in situ su

interacción con los distintos componentes ambientales (aire, agua, flora, fauna, patrimonio arqueológico, medio humano) y así poder ver los aspectos ambientales generados en terreno e identificar impactos y pesquisar hallazgos.

De acuerdo a la encargada ambiental, uno de los impactos ambientales más importantes son la generación de emisiones atmosféricas, dado que de forma previa a la construcción es necesario realizar un acondicionamiento de terreno, el cual consiste en realizar un escarpe, donde se eliminan los primeros 10 cm del suelo natural, lo cual genera levantamiento de material particulado. Así también, se generan altas emisiones atmosféricas por la apertura de zanjas para el entramado eléctrico, el cual es controlado por medio de humectación. De igual forma, los caminos internos del Proyecto son de suelo natural, para evitar polución se implementa como medida de control un supresor de polvo.

Otro impacto importante, siempre y cuando existan grupos humanos y fauna sensible, es la generación de presión acústica por el uso y tránsito de maquinarias al interior del área de emplazamiento. Sin embargo, se da cumplimiento al D.S. N°38/2011 Norma de emisión de ruido y a la Guía del SEIA Criterios de evaluación de impactos por ruido sobre fauna nativa mediante la implementación o no de medidas de control que permitan un nivel de ruido aceptable.

A nivel de impacto paisajístico, los campos solares han pasado a modificar muchos paisajes agrícolas rurales que podrían generar contaminación visual y alteración del territorio.

Por último, uno de los impactos que se desconoce aún a nivel ambiental, es la modificación de las propiedades del suelo de los campos solares, situación por lo cual, el SAG y el Ministerio de Agricultura están comenzando a solicitar que se realicen mediciones de las propiedades físico químicas del suelo previa a la construcción del proyecto FV y periódicamente durante la fase de operación, con tal de evaluar en el tiempo con antecedentes concretos los cambios en las propiedades del suelo, ya que, en los procesos de evaluación ambiental se señala que no existirán alteraciones fisicoquímicas ni biológicas en el componente suelo, pero anteriormente no se comprometía ningún tipo de verificador. Al ser algo exigido recientemente, no existen registros de informes de este tipo aún en la plataforma de seguimiento ambiental.

5.7.2 Desempeño laboral

De acuerdo al artículo 19, inciso a.8 del D.S. 40/12 (RSEIA), los proyectos sometidos a evaluación de impacto ambiental, deben identificar cuáles son las contingencias y emergencias que pueden desarrollarse producto de la ejecución de sus obras, acciones y/o actividades y a partir de las cuales se deducen eventuales situaciones de riesgo al medio ambiente, obligándolos a incorporar un Plan de Prevención de Contingencias y Emergencias de acuerdo a las situaciones de riesgo identificadas según lo indicado en el párrafo 2º del título VI del mismo cuerpo legal, artículos 102, 103 y 104, con objeto de evitar que estas se produzcan o de minimizar su probabilidad de ocurrencia, según:

Párrafo 2º

Del Plan de Prevención de Contingencias y del Plan de Emergencias.

Artículo 102.- Procedencia de estos planes.

Si de la descripción del proyecto o actividad o de las características de su lugar de emplazamiento, se deducen eventuales situaciones de riesgo al medio ambiente, el titular deberá proponer un plan de prevención de contingencias y un plan de emergencias.

Art. 103. Plan de prevención de contingencias. El Plan deberá identificar las situaciones de riesgo o contingencia que puedan afectar al medio ambiente o la población y describir las acciones o medidas a implementar para evitar que éstas se produzcan o minimizar la probabilidad de ocurrencia.

Art. 104. Plan de emergencias. El plan deberá describir las acciones a implementar en caso de que se produzca una emergencia. El objetivo de estas medidas es controlar la emergencia y/o minimizar sus efectos sobre el medio ambiente o la población. Así mismo, indicará la oportunidad y vías de comunicación a la Superintendencia de la activación de dicho plan.

En este contexto, de forma previa a la ejecución del proyecto, ya existe una identificación de riesgos ambientales y por ende a los trabajadores dada su exposición frente a las actividades de los cuales derivan.

Por lo tanto, desde antes de comenzar su ejecución existe una aproximación a los posibles peligros a los cuales se pueden ver expuestos los trabajadores, donde como medida previa al inicio de la fase de construcción, se realiza una capacitación e inducción a cada uno de los

trabajadores participantes, con tal de exponer los riesgos y las medidas de manejo y/o control para evitar ciertas situaciones y/o en su defecto abordar las emergencias, así como también charlas de sensibilización respecto a tema ambiental, que muchas veces para constructores es desconocida.

Aun así, su conocimiento y existencia, no elimina el peligro, por lo tanto, existe la probabilidad de que se los trabajadores se vean expuestos a un incidente o accidente, con mayor o menor severidad dependiendo las medidas de control implementada.

En base a antecedentes recopilados, es posible identificar que alguno de los incidentes o accidentes que se producen con más frecuencia durante la fase de construcción de una CSF son los siguientes:

- Caídas por desnivel o terreno barroso
- Golpes por paneles
- Atrapamiento por viga de acero 400 kg
- Cortes y golpes por manipulación de objetos
- Incendios
- Daños eléctricos
- Daños explosivos
- Arco eléctrico (quemaduras eléctricas, internas y externas), choque eléctrico y electrocución, y caídas a distinto nivel a causa de un choque eléctrico.

Status laboral de la organización.

En base a entrevistas realizadas a prevencionistas de riesgos que han estado en faena constructivas de parques solares, señalan que los accidentes más recurrentes tienen relación con caídas al mismo/distinto nivel, dada la inestabilidad de la superficie de campo y a la ejecución de trabajos en altura sobre sillas de levante. También se han generado cortes y aprietes con estructuras durante el montaje. Entre los menos frecuentes, dado que se tomó mayor precaución respecto a su suceso, se encuentran los golpes por maquinaria a trabajadores, arco eléctrico y caída de estructuras sobre estos.

Algunos trabajadores han indicado que han tenido cierto tipo de molestias por el ruido de la hincadora y algunos dolores lumbares y de hombros. Sin embargo, los trabajadores tienden a no informar ni reportar sucesos.

En lo que respecta a enfermedades profesionales durante la fase de construcción, no se han identificado efectos a largo plazo aún dado la baja duración de las faenas.

Por su parte, durante la fase de operación las condiciones para realizar el mantenimiento de forma segura en sistemas FV conectados bajo la Ley 20.571, están reglamentadas en el numeral 20 del RGR N° 2 de la SEC, los cuales incluyen: disposiciones generales de O&M, seguridad en las labores de O&M, y exigencias para realizar intervenciones seguras. Aun así, han existido registros de incidentes de arco eléctrico.

Por último, durante la etapa de operación se han reportado golpes de calor en el mantenimiento de la instalación solar. A la fecha no se han reportado accidentes con fatalidad.

5.7.3 Desempeño social

El desempeño del área social tiene un alcance local, regional y nacional. Por lo tanto, a la hora de diseñar es importante tomar en cuenta los riesgos que afecten dichas partes interesadas.

Entre los principales se encuentra, lograr la aceptación social en general, al ser algo ajeno a su territorio. Además, las consecuencias sociales que se generan como resultado de la adquisición de los terrenos.

Status organización

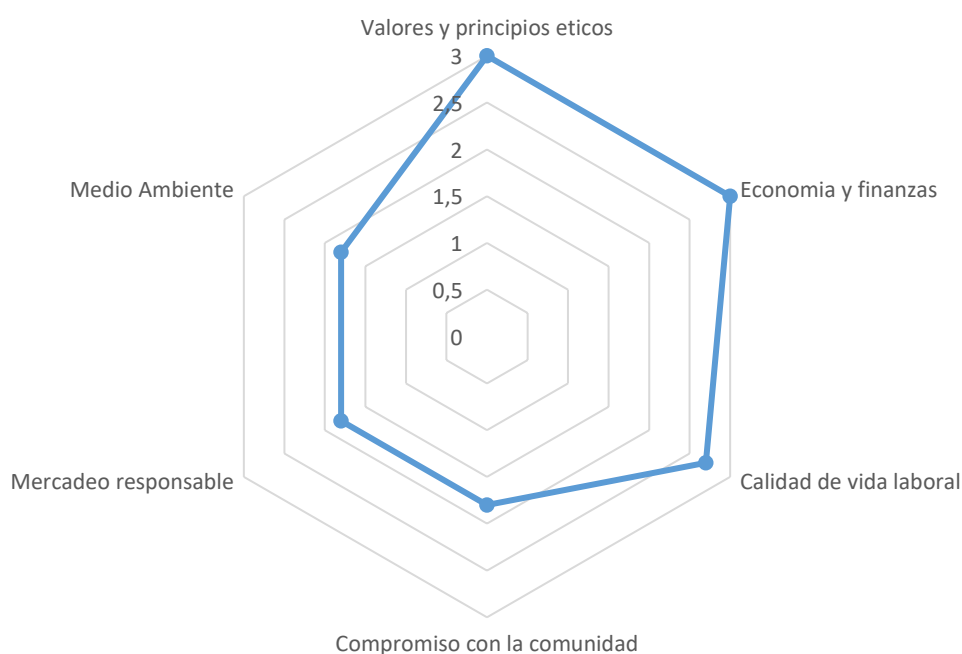
Si bien la organización no cuenta con un departamento de relacionamiento comunitario, dentro de ciertas RCA, comprometen mantener un canal de dialogo activo entre las comunidades y la empresa, con tal de que puedan hacer consulta, quejas y/o reclamos (PRQ). En caso de existir alguna notificación esta es incorporada dentro del programa de gestión ambiental interno que se genera de manera mensual, el cual mantiene un indicador que cuantifica tanto las quejas internas o externas y la existencia de divulgación/publicaciones en medios de comunicación, así como el porcentaje de las PRQ socioambientales atendida.

A la fecha, sólo han existido quejas de vecinos por emanación de emisiones atmosféricas producto del tránsito y operación de maquinarias y vehículos al interior de la faena. La cual, si

bien no constituían emisiones que superasen alguna norma (se encontraban dentro de norma), esta fue atendida por la organización, incorporando una medida de control de polvo (malla Rashel) y recibiendo finalmente un entendimiento entre las partes.

Por último, durante la fase de operación, dado su desarrollo remoto, no existe personal permanente diurno ni nocturno al interior del parque solar, por lo que, en numerosas ocasiones han recibido robos mal intencionados.

De acuerdo a la autoevaluación de responsabilidad social realizada por la organización, se obtuvo el siguiente desempeño:



Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Autoevaluación de la organización en materias de responsabilidad empresarial

Estigmatización social sobre proyectos renovables

En base a la experiencia de la organización, es posible señalar que por parte de las comunidades aledañas existe un prejuicio sobre los proyectos de generación eléctrica de tipo renovable, ya que, constantemente manifiestan preocupación y señalan que están cansados de malas experiencias que han vivido frente a los efectos causados por los parques eólicos, los cuales generan destellos de luces en la noche, ruido, impactos visuales y afectación patrimonial.

En este contexto, muchas veces cuando se presentan los proyectos a las comunidades, éstos hacen la comparación inmediata con los parques eólicos, donde el discurso de los ciudadanos

es “Que los titulares de los parques eólicos indican que estos proyectos son amigables con el medio ambiente y que son de generación de energía limpia, pero, la opinión de la comunidad es que esta es una estrategia para minimizar los impactos reales y que ahora los parques fotovoltaicos invadirán el territorio ancestral causando contaminación visual”.

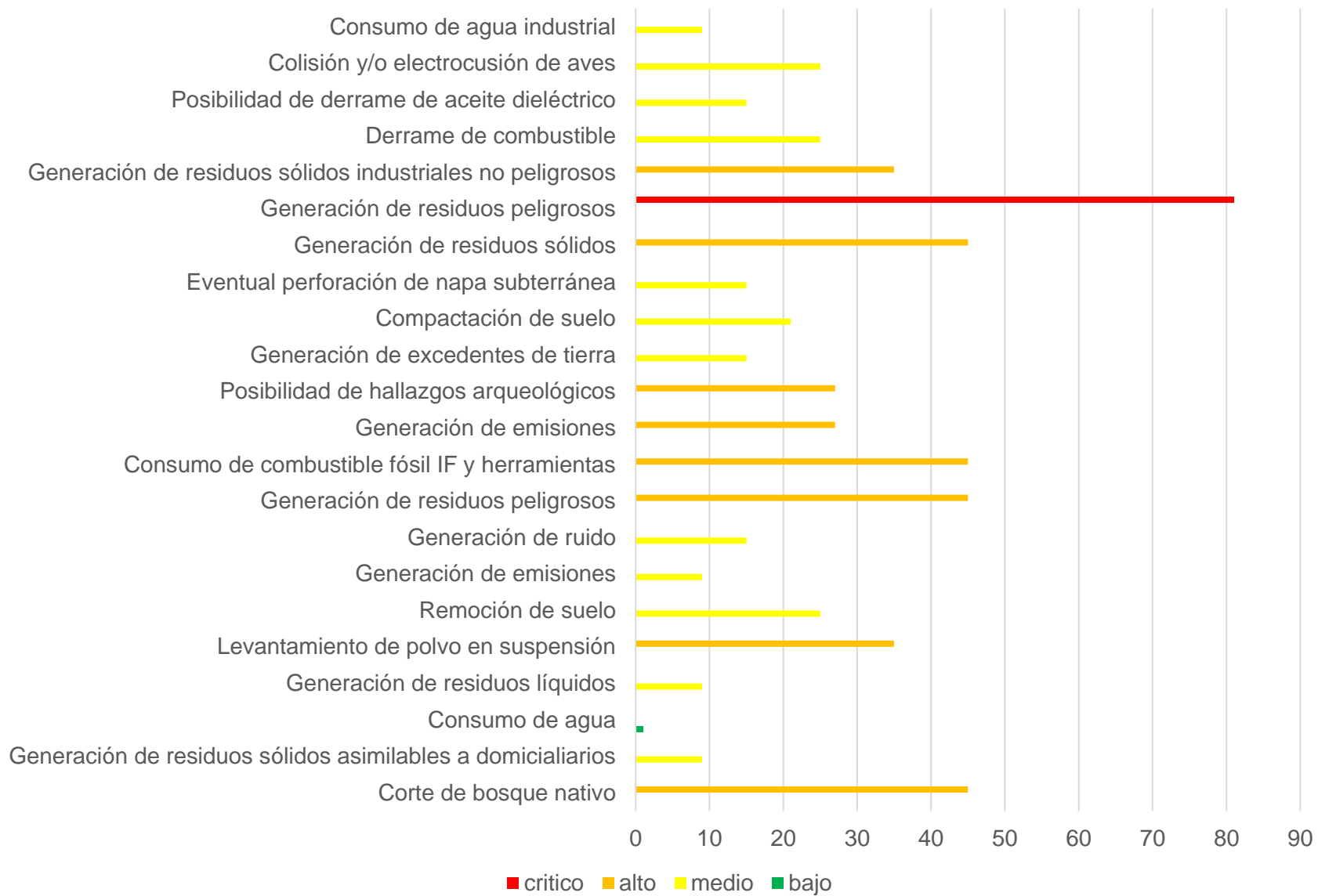
Tal es el caso, que, en ciertos sectores de la zona sur, especialmente en la Araucanía la organización ha tenido problemas con las comunidades vecinas, incluso siendo sometidos a procesos de invalidación de RCA, dado su oposición tajante frente a su desarrollo. Sin embargo, los alegatos fueron administrativamente rechazados por el Servicio de Evaluación Ambiental, pero, aun así, siguieron los inconvenientes, donde finalmente lograron calmar la situación vía monetaria y así poder operar la construcción del parque solar sin inconvenientes. A la fecha no se han reportado eventos de tipo social sobre el proyecto en cuestión.

Por último, cabe destacar que, una de las consultas más recurrentes en los procesos de participación ciudadana, son los beneficios que la comunidad obtendría al desarrollarse un proyecto de inversión dentro de su comuna, precisamente en temas de electrificación y/o retornos gananciales para el municipio que permitan mejorar el entorno de la zona. Donde sólo en casos excepcionales, luego de reiteradas demandas, ciertos titulares ceden y deciden apoyar de manera voluntaria a través de una mejora de vialidad, de alumbrado o de mejoramiento de áreas de esparcimiento. Sin embargo, cabe destacar que, dichas medidas poseen un fondo más bien de asistencialismo filantrópico que de responsabilidad social empresarial.

5.8 Riesgos ambientales, laborales y sociales detectados dentro de la organización

5.8.1.1 Evaluación de impactos ambientales

A partir de la evaluación a través de la matriz integrada, fue posible identificar que uno de los aspectos ambientales más relevantes a nivel ambiental, son la generación de paneles solares rotos, en desuso o que serán desmantelados frente a un eventual recambio y/o desmantelación, principalmente por su carácter peligroso y las deficientes medidas de control o relevancia sobre su manejo o disposición adecuada que podrían generar una contaminación del suelo y de cursos de agua.

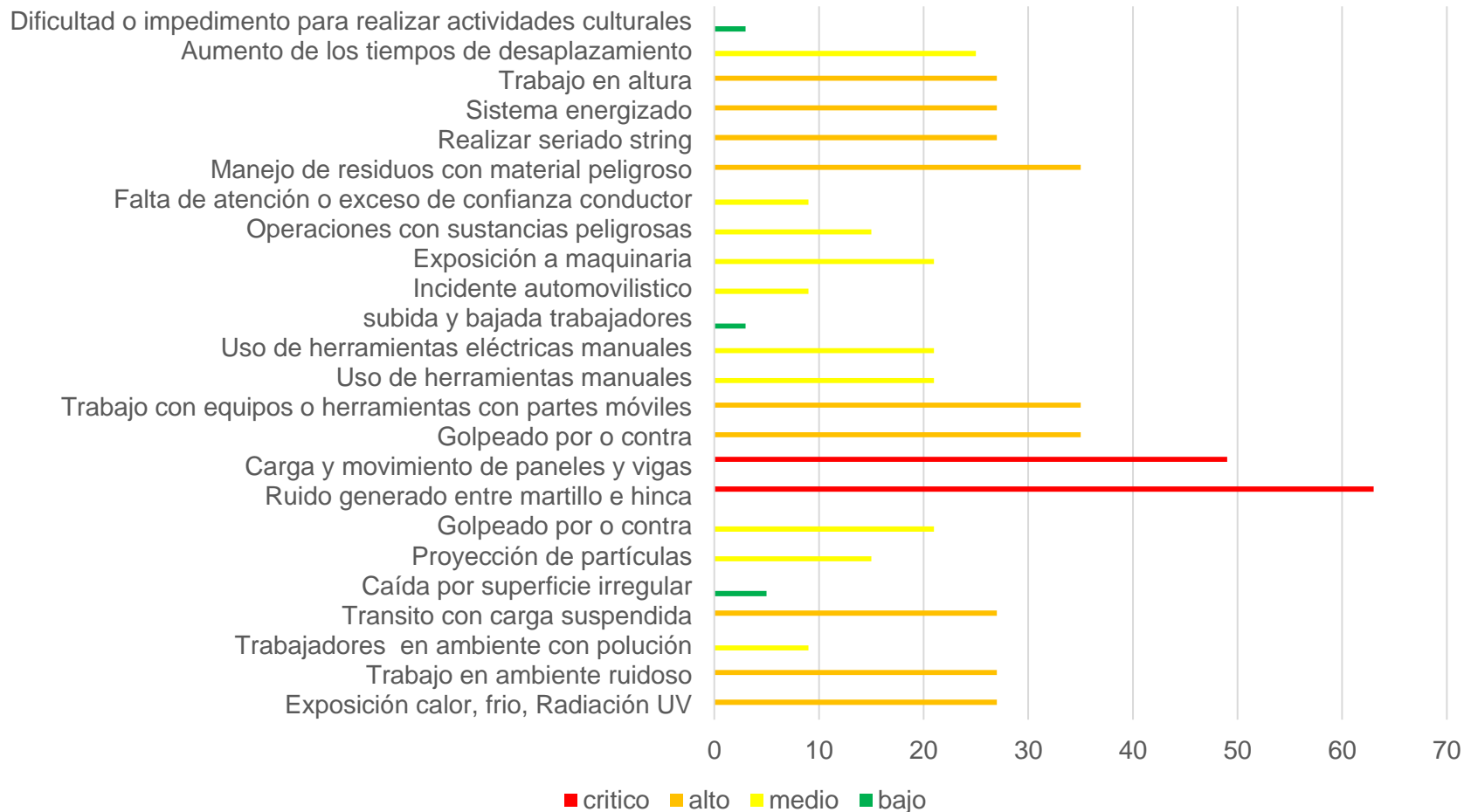


Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Valorización del nivel de riesgo de aspectos ambientales

5.8.1.2 Evaluación de riesgos de Salud y Seguridad Laboral

A partir de la evaluación a través de la matriz integrada, fue posible identificar que uno de los riesgos laborales más relevantes, son el ruido generado por la maquina utilizada en el proceso de hincas y las actividades asociadas a la carga y montaje de la estructura metálica que soportará los paneles y el montaje de estos últimos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 11. Valorización del nivel de riesgos laborales

5.9 Riesgos significativos y su causalidad

Cabe destacar que los riesgos más significativos identificados dentro del proceso que lleva a cabo la organización afectan directamente el desempeño de la organización en sus dimensiones ambiental, laboral y social, por lo que, la identificación de estos de forma preventiva contribuye directamente en la determinación de implementar medidas de mejoramiento sobre aquellas brechas identificadas dentro de la organización y así poder transformarse en una organización integralmente sustentable.

a) Componente ambiental

Una de las problemáticas con mayor significancia dado su carácter de peligrosidad al medio ambiente, es el manejo de los paneles solares fotovoltaicos que resultan rotos, dañados o aquellos que se generarán frente a un eventual desmantelamiento.

Por ordenanza del Ministerio de Salud, estos deben ser manejados como residuos peligrosos. Sin embargo, al ser una indicación reciente (2021), muchos proyectos que se encontraban en funcionamiento con fecha previa evaluaron sus paneles solares como no peligrosos y por ende no están recibiendo el tratamiento adecuado. Dado que la resolución indica que la medida es aplicable de la fecha de indicación en adelante y todos aquellos que fueron evaluados con anterioridad siguen con la misma estrategia que presentaron ante el SEIA, clasificándolos como residuos no peligrosos.

Por su parte, aquellos proyectos nuevos, sólo están considerando una tasa de 5 paneles/fase que sufran algún daño, y por ende una bodega con una capacidad máxima para aquello. Sin embargo, la realidad dista de la capacidad que debería tener una bodega para almacenar paneles rotos o con algún desperfecto, ya que en la práctica se generan alrededor de 20 paneles dañados.

Por último, respecto a la desmantelación de parques solares, es preciso hacer notar que, se presentan medidas muy laxas y que se desconoce si se podrán llevar a la práctica, debido a que los Titulares declara que Una vez que los paneles solares sean clasificados como un residuo, existen dos formas para gestionar, la más común es derivar el material a rellenos sanitarios autorizados por la secretaria regional ministerial de salud. La otra opción que se implementa es el programa de reciclado, cuyo procedimiento está a cargo de la empresa

fabricante, también, en algunos casos los módulos fotovoltaicos están certificados por la empresa PV-CYCLE la cual se encarga de reciclar la mayor parte de los componentes.

Sin embargo, según la recolección de datos el mayor porcentaje de los planes de manejo que son presentados al SEIA, escogen un relleno sanitario para la disposición final de los paneles solares, esto debido a que actualmente en Chile no existe una empresa destinada precisamente a la gestión de los paneles solares, solo se cuenta con la información de PV-CYCLE que opera en Europa y otras regiones que posee convenios con varios fabricantes de paneles solares (Morán, 2022).

En base a lo expuesto, el manejo y el tratamiento de los residuos de paneles solares presentan un potencial riesgo significativo. Por lo tanto, continuación, se presenta el análisis de causalidad que podría llevar a una potencial contaminación del suelo o agua por el almacenamiento o disposición de paneles solares fotovoltaicos rotos, en desuso o desmantelados.

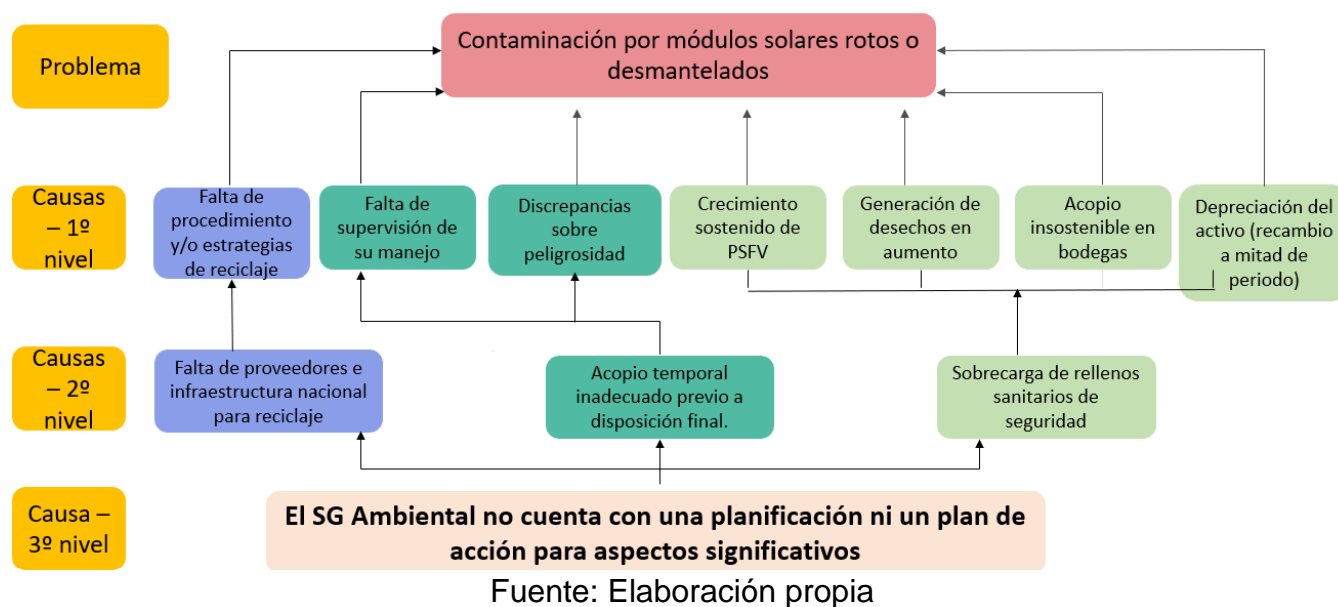


Figura 12. Árbol de causas: contaminación por módulos solares rotos o desmantelados

b) Componente laboral

Los riesgos presentes que podrían generar una mayor severidad en el área laboral se originan durante la fase de construcción, en las actividades relacionadas con el hincado y el montaje de paneles solares fotovoltaicos y sus componentes eléctricos.

El proceso de hincado se realiza a través de una hincadora, maquinaria que, a través de la pulsión y golpe vertical, permite incorporar las hincas en el terreno para conformar el soporte de las mesas de montaje.



Fuente: Imagen referencial

Figura 13. Procedimiento de hincado

La presión acústica de la maquinaria supera los 110 dB(A) y los trabajadores se ven expuestos periódicamente durante una jornada de trabajo a este nivel de ruido.

En cuanto a las actividades de montaje de estructuras y paneles, cabe destacar que las estructuras en promedio bordean un peso de 40 kg (paneles, hincas, tubo torque, tracker) y deben ser manipuladas y montada a pulso en el lugar de posicionamiento, tal como se observa en la siguiente figura:



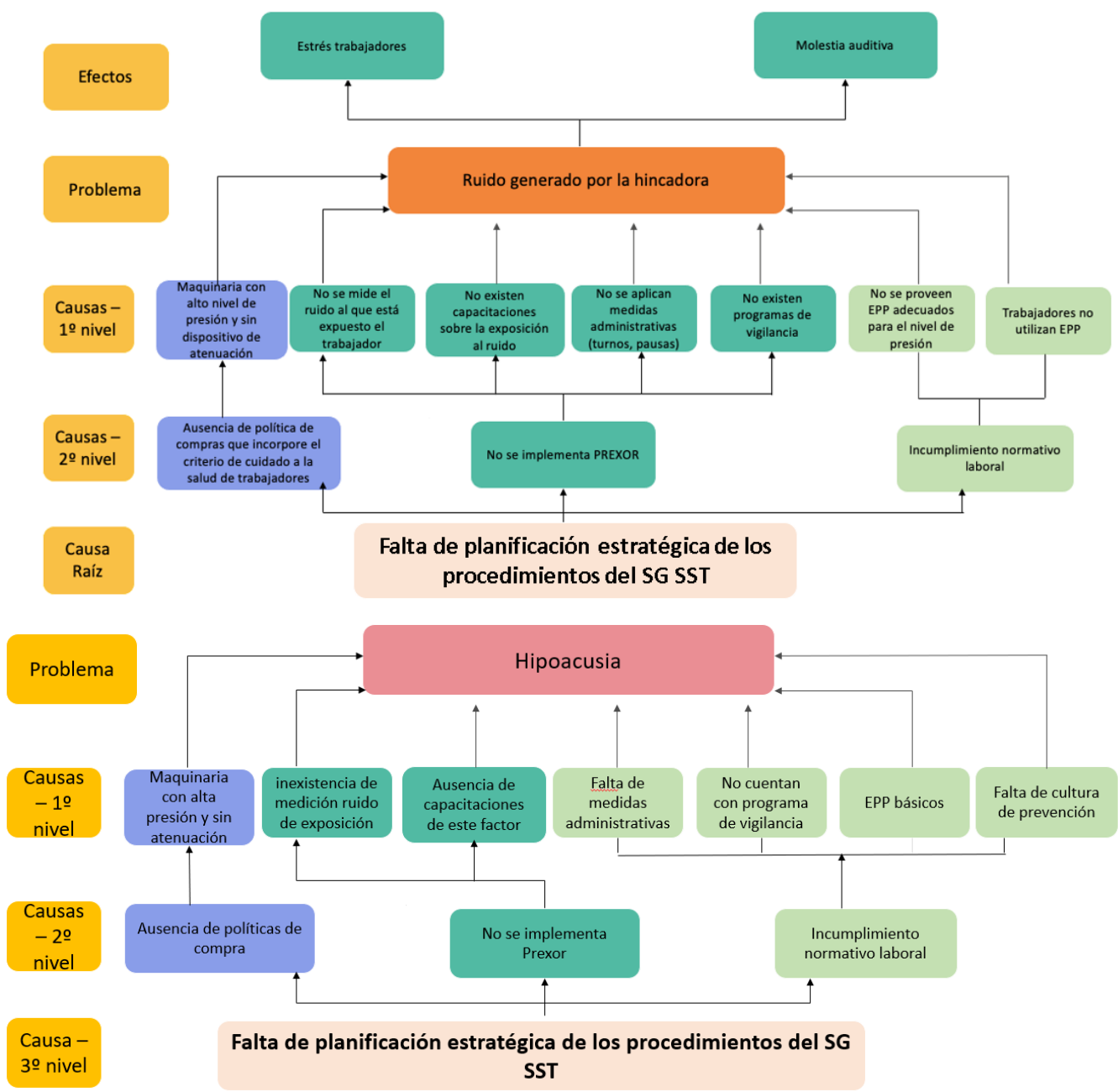
Fuente: Imagen referencial

Figura 14. Procedimiento de instalación de tubo torque

Una vez armada la infraestructura de soporte, sobre aquellas se montan los paneles solares (~40 kg), los cuales son posicionados en altura mediante dos trabajadores, para luego realizar actividades de apriete de forma manual y mediante herramientas eléctricas.

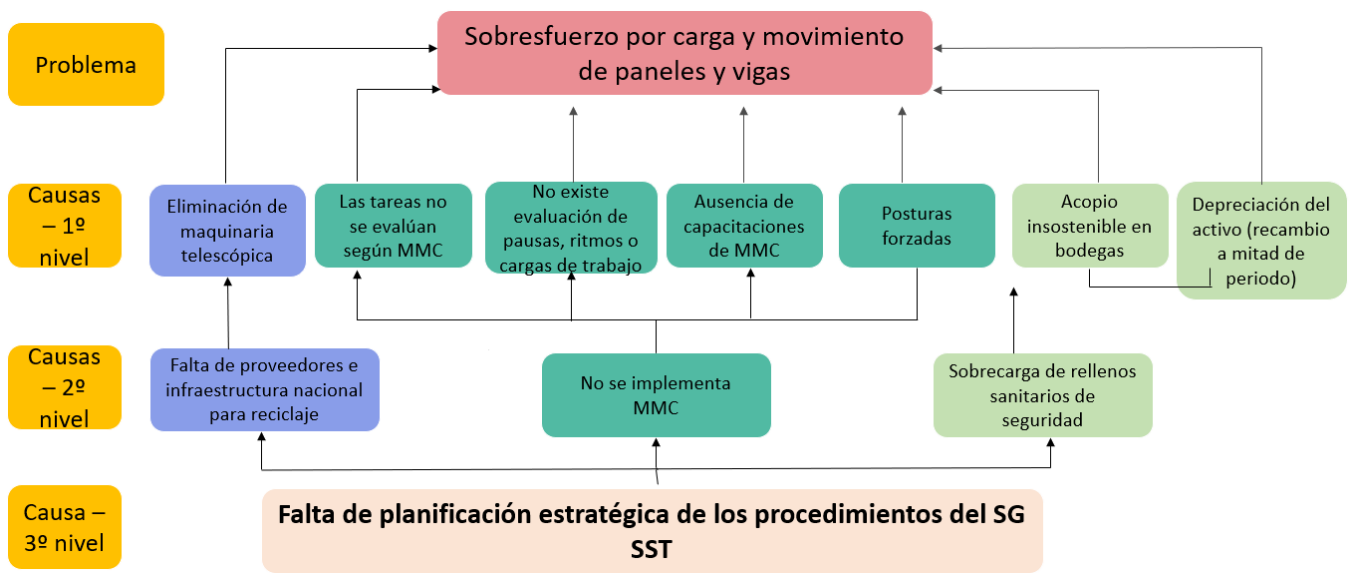
Lo anterior, coloca en riesgo el cumplimiento del Decreto N° 48 de la Ley 20.001, donde en su artículo 2° señala que el manejo o manipulación manual de carga no debe superar los 25 kg para hombres mayores de edad, dado que no siempre son manipulados por dos trabajadores.

En este sentido, otro factor relevante, es que el trabajador muchas veces no es informado/capacitado sobre los riesgos a los que se encuentra expuesto, las medidas preventivas y los métodos de trabajo correctos. En base a lo anterior, a continuación, se presenta el análisis de causalidad de aquellos impactos más significativos que se podrían desarrollar:



Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Árbol de causas: Ruido generado por hincadora



Fuente: Elaboración propia

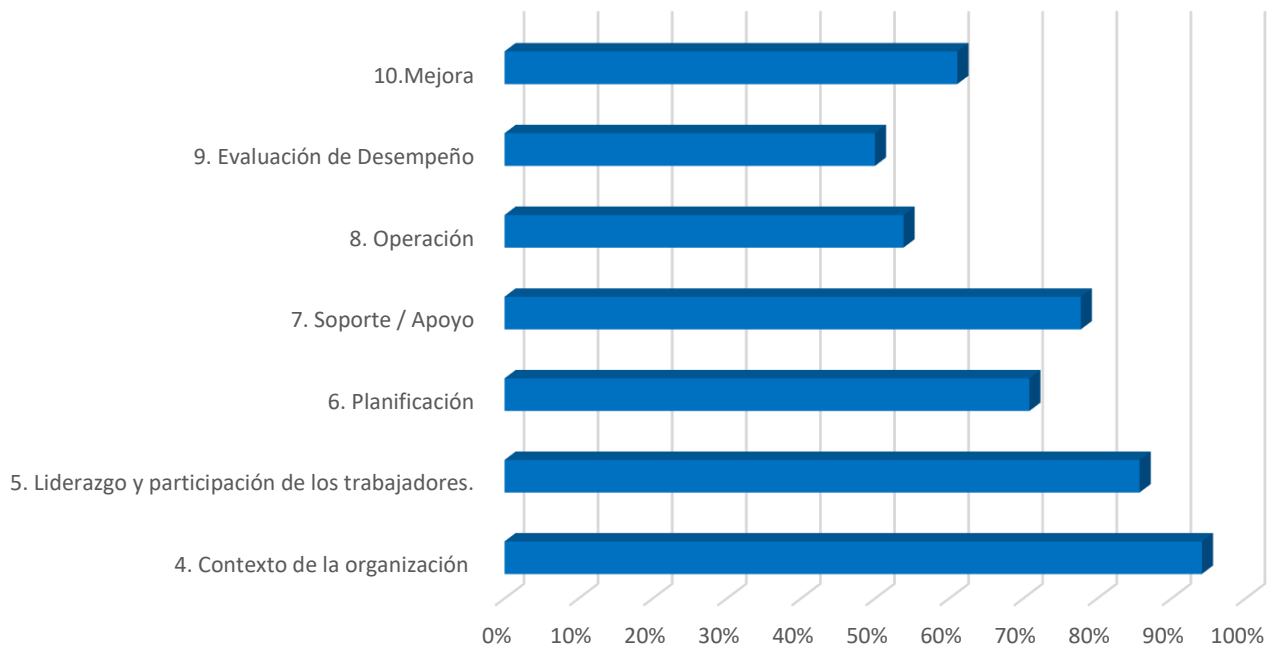
Figura 16. Árbol de causas: Carga y movimiento de paneles y vigas

5.10 Desempeño del Sistema de Gestión de la organización

Para realizar un análisis de desempeño del Sistema de Gestión de la organización, se realizó una matriz integrada de las normas ISO (9001:2015; 14001:2015; 45001:2018; 26000:2010) y se verificó su nivel de cumplimiento respecto a los requisitos establecidos.

A continuación, se presenta de manera gráfica el nivel de desempeño de la organización en cada una de las materias que componen las ISO:

CUMPLIMIENTO REQUISITOS ISO INTEGRADAS (9001;14001;45001;26000)



Fuente: Elaboración propia

Figura 17. Análisis de desempeño organización ISO integradas

En la siguiente tabla se presenta un resumen de cómo la organización aborda las diferentes materias de las ISO y serán claves para desarrollar el plan de implementación para mejorar su sistema de gestión:

Tabla 12. Desempeño de la organización – ISO 9001:2015, 14001:2015; ISO 45001:2018; ISO 26000:2010

Materia	Sistema de Gestión	Requisito	Detalle
Contexto de la organización	ISO 9001; ISO 14001; ISO 45001	Organización y contexto	La organización determina las cuestiones internas y externas que pueden afectar los resultados del SGI
	ISO 9001; ISO 14001; ISO 45001; ISO 26001	Necesidades, expectativas, respeto e involucramiento con partes interesadas	Se identifican las partes interesadas y sus necesidades y expectativas
	ISO 9001; ISO 14001; ISO 45001	Alcances Sistema de gestión integrado	La empresa establece el alcance del SGI La empresa establece, implementa y mantiene un SGI
Liderazgo		Liderazgo y compromiso	La alta dirección posee altas expectativas y compromiso con respecto al SGI
	ISO 9001; ISO 14001; ISO 45001	Política integrada	Existen políticas separadas (ENV, H&S y Comunidades) Se han identificado inconsistencias
		Roles, responsabilidades y autoridades	Los responsables y responsabilidades se encuentran asignados
	ISO 45001	Consulta y participación de los trabajadores	Se ha implementado proceso de consulta y participación, a la fecha los resultados aún no han sido analizados.
	ISO 26000	Comportamiento ético y transparente	La organización se compromete a actuar de una manera socialmente responsable sobre la cultura y costumbre de comunidades presentes

			en la zona de sus proyectos
		Respeto al principio de legalidad	La matriz de cumplimiento legal no tiene seguimiento y no se va actualizando
		Respeto a los derechos humanos	Se da cumplimiento a los DDHH y los procedimientos de relacionamiento con comunidades sigue las recomendaciones de las Normas de Desempeño de la Corporación Financiera Internacional (IFC)
Planificación	ISO 9001; ISO 14001; ISO 45001	Acciones para abordar riesgos y oportunidades	Se encuentran realizando análisis de riesgo y oportunidades Matrices ambientales y de riesgos de H&S no actualizadas No existe seguimiento ni actualización de requisitos legales No se han determinado controles para aspectos ambientales significativos
	ISO 9001; ISO 14001; ISO 45001	Objetivos y planificación para lograrlos	No se ha logrado cerrar acciones previstas para los objetivos establecidos
	ISO 9001	Planificación de los cambios	Los cambios quedan documentados y existe responsable
Soporte	ISO 9001; ISO 14001; ISO 45001	Recursos	Existe deficiencia de procedimientos y falta de evidencia para asegurar conformidad de servicio
	ISO 9001; ISO 14001; ISO 45001	Competencia	Se han realizado formaciones y capacitaciones, sin embargo, no se ha evidenciado su eficacia.

	ISO 9001; ISO 14001; ISO 45001	Toma de conciencia	A todo personal que ingresa se le instruye sobre las políticas
	ISO 9001; ISO 14001; ISO 45001	Comunicación	Se establece procedimiento de comunicación y responsables.
	ISO 9001; ISO 14001; ISO 45001	Información documentada	Existen procedimientos e información que no son de conocimiento de algunos encargados de área. Se están realizando capacitaciones para asegurar disponibilidad.
Operación	ISO 9001; ISO 14001; ISO 45001	Planificación y control operacional	Falta de estandarización de procesos e implementación de controles operacionales con proveedores, de H&S y ENV.
	ISO 9001	Requisitos para el servicio	Falta definición de requisitos legales, control de productos y mecanismo de satisfacción del cliente.
	ISO 14001; ISO 45001	Preparación y respuesta ante emergencias	Inexistencia de preparación frente a potenciales emergencias ambientales y de H&S.
	ISO 9001	Control de productos y servicios externos	Se están actualizando procedimientos de evaluación de proveedores ya que el tiempo era poco efectivo (3años)
	ISO 9001	Provisión del servicio	En proceso de diseño
	ISO 9001	Control de salidas no conformes	En proceso de diseño
	Evaluación de desempeño	ISO 9001; ISO 14001; ISO 45001	Seguimiento, medición, análisis y evaluación

			Falta evaluar eficacia de acciones sobre NC.
	ISO 9001; ISO 14001; ISO 45001	Auditoría interna	Se han realizado auditorías internas, sin embargo, se evidencia la falta de un programa de auditoría. Se cuenta con planilla de seguimiento de NC
	ISO 9001; ISO 14001; ISO 45001	Revisión por la dirección	Se encuentra en proceso de revisión
	ISO 26000	Rendición de cuentas	En caso de impactos negativos la empresa ha actuado de forma reactiva a dar respuesta de solución
Mejora	ISO 9001; ISO 14001; ISO 45001	Incidentes, no conformidades y acciones correctivas	Pendiente al cierre de brechas, se está trabajando en el mecanismo de comunicación de NC e incidentes y como tratarlos.
	ISO 9001; ISO 14001; ISO 45001	Mejora continua	No se han establecido medidas de mejora

Fuente: Elaboración propia

Como es posible observar en la tabla anterior, las falencias más destacables al interior de la organización se deben a una falta de planificación para la determinación de riesgos y oportunidades ambientales, de seguridad y salud laboral, y sus respectivos planes de acción.

A nivel operacional, existen deficiencias en el control operacional de procesos con proveedores y falta de preparación y respuesta frente a emergencias de índole ambiental y de salud y seguridad laboral.

Por último, se identifica que existe falta de indicadores para algunos procesos y los procesos de seguimiento y medición no están actualizados. Así como también, no se ha logrado evaluar la eficacia de las acciones tomadas sobre las no conformidades identificadas en las auditorías internas.

Lo anterior, puede ser razón de la reciente implementación del sistema de gestión y de los bajos recursos humanos disponibles, que dificultan la organización necesaria para su implementación, ya que existen encargados del sistema de gestión a nivel internacional, lo que dificulta su revisión y ejecución.

5.11 Modelos de gestión de excelencia de calidad

A diferencia de los Sistemas de Gestión de la Calidad (ISO 9001 o Buenas Prácticas de Manufactura), los Modelos de Gestión de Calidad no son certificables. Sin embargo, si son aplicados en conjunto con las normas se posibilita la gestión total en las organizaciones.

Actualmente, existen varios Modelos de Gestión de la Calidad desarrollados y utilizados como base en muchas organizaciones para el logro de sus metas (Saumeth et al., 2013). Los Modelos más conocidos a nivel mundial son: Modelo PHVA o Ciclo de Shewhart, Modelo Malcolm Baldrige, El EFQM e Iberoamericano.

a) Modelo PHVA

El Ciclo de Shewhart es considerado la primera representación gráfica del proceso de mejora continua, se conoce comúnmente como el ciclo de Planificar, Hacer, Verificar y Actuar (PHVA) o PDCA (por su sigla en inglés), y aunque fue descrito inicialmente por Walter Shewhart en 1939 en la ciudad de Nueva York, solo fue hasta los años cincuenta cuando fue popularizado, en plena revolución de la calidad en Japón, por William Edwards Deming.

El vértice (V) de la espiral representa la excelencia y es un punto al que la curva se acerca siempre pero que nunca llega a alcanzar. La organización planifica (P), lleva a cabo su plan (D), comprueba o controla los resultados (C) y actúa (A) las correcciones que se estimen necesarias.

El PDCA o PHVA es un ciclo dinámico que puede desarrollarse dentro de cada proceso de la organización y a su vez en la red de procesos como un todo. El eje central del modelo es la Mejora Continua íntimamente relacionado con la planificación, implementación y el control de los procesos de la organización.

b) Modelo Malcolm Baldrige:

El modelo de Malcolm Baldrige es un modelo que evalúa la excelencia en la gestión de la empresa, enfocándose en el enfoque al cliente y su satisfacción. Es conocido como Modelo de Calidad Total de Estados Unidos (Malcolm Baldrige), modelo estadounidense o modelo americano.

El modelo está estructurado en siete criterios, cuya aplicación se traduce en una mejora continua en las relaciones de los empleados, una mayor productividad, una mayor satisfacción del cliente, un incremento en la cuota de mercado y en una mejora en la rentabilidad:

1. Liderazgo
2. Planificación estratégica
3. Enfoque al cliente y mercado
4. Enfoque hacia los recursos humanos
5. Información y análisis
6. Gestión de procesos
7. Resultados de negocios

c) Modelo Europeo EFQM:

La integración de un modelo de gestión de excelencia como lo es el modelo European Foundation for Quality Management (EFQM), consiste en alinearse a directrices o principios que permitirán mejorar la gestión de la organización en vías de la sostenibilidad, permitiendo realizar un diagnóstico de la situación en la que se encuentra la organización, le da coherencia en la dirección a seguir y permite identificar sus puntos fuertes y áreas de mejora.

El modelo EFQM ayudará a la organización a alcanzar el éxito, midiendo donde se encuentra en el camino de crear valor sostenible, ayudará a identificar y comprender las brechas y a buscar posibles soluciones disponibles, lo cual permitirá progresar y mejorar significativamente el rendimiento de la organización (EFQM, 2013).

Para alcanzar el éxito, las organizaciones necesitan establecer un sistema de gestión apropiado. El modelo EFQM de excelencia es un instrumento práctico y no prescriptivo que permite a las organizaciones.

- Evaluar donde se encuentran en su camino hacia la excelencia, ayudándoles a identificar sus fortalezas clave y posibles carencias con relación a su visión y misión.
- Disponer de un lenguaje y modo de pensar único, lo que facilita una comunicación eficaz dentro y fuera de la organización
- Integrar las iniciativas existentes y planificadas, eliminar duplicidades e identificar carencias.
- Disponer de una estructura básica para el sistema de gestión

Cabe destacar que, el Modelo EFQM de excelencia, da por sentado que toda organización excelente respeta y cumple los 10 principios del Pacto Mundial de la ONU, independientemente de si está legalmente obligada a ello (EFQM, 2013).

La estructura del modelo EFQM de Excelencia está conformado por nueve criterios. Cinco de los criterios son Agentes Facilitadores y cuatro a Resultados.

Agentes Facilitadores

1. Liderazgo
2. Personas
3. Estrategia
4. Alianza y recursos
5. Procesos, productos y servicios

Resultados

6. Resultados en las personas
7. Resultados en los clientes
8. Resultados en la sociedad
9. Resultados claves

d) Modelo Iberoamericano

El modelo Iberoamericano de Excelencia en la Gestión se establece como un mecanismo para la mejora de la competitividad entre las empresas de los países miembros de la Fundación Iberoamericana para la Gestión de la Calidad (FUNDIBEQ).

En cuanto a la misión del modelo, éste posee una premisa basada en que los resultados excelentes se consiguen no solo con el liderazgo, sino que también con un estilo de dirección y procesos adecuados.

La estructura está fundamentada en nueve criterios, los cuales se clasifican en dos categorías; cinco criterios pertenecen a la categoría de Agentes o Procesos Facilitadores y cuatro a la categoría Resultados:

Categoría Procesos Facilitadores

1. Liderazgo y estilo de gestión
2. Política y Estrategia
3. Desarrollo de las personas
4. Recursos y asociados
5. Clientes

Los procesos facilitadores cubren todo aquello que la organización hace y la forma en que lo hace.

Categoría Resultados

6. Resultados de clientes
7. Resultados del desarrollo de las personas
8. Resultados de la sociedad
9. Resultados globales

Y en la parte inferior del modelo se encuentra el aprendizaje, la creatividad y la innovación, los que dan cuenta de lo dinámico que es el modelo, y como estos ayudan a mejorar los agentes facilitadores y por tanto a la consecución de la mejora de los resultados.

e) Modelo Chileno de Excelencia

El Modelo Chileno de Gestión de la Excelencia es gestionado por el Centro Nacional de Productividad y Calidad – ChileCalidad (fundado en 1996). Su misión es “promover la gestión de excelencia, para mejorar la calidad y la productividad e incrementar la competitividad en las organizaciones del país”. Los principios sobre los que se fundamenta el Modelo son los siguientes:

- Liderazgo y compromiso de la dirección superior.
- Gestión orientada hacia la satisfacción de los clientes.
- Apreciación de las personas como el principal factor estratégico.
- Mejoramiento permanente de la productividad y la calidad.
- Flexibilidad y capacidad de respuesta.
- Perfeccionamiento permanente de los sistemas de planificación y decisión.
- Valoración de la responsabilidad pública, protección del medio ambiente y del aporte social de la organización.
- Orientación de la gestión a los resultados.
- Adhesión a la no-discriminación

La revisión de los distintos modelos de gestión de excelencia a nivel mundial, da cuenta de su uso como método para implantar sistemas de gestión de calidad en las empresas. Donde la mayor parte de ellos, constituyen modelos de referencia para evaluar a los concursantes de premios nacionales y continentales de calidad.

Finalmente, fue posible identificar que los modelos convergen en criterios similares para alcanzar la excelencia, entre ellos:

- Liderazgo
- Desarrollo personas
- Enfoque procesos
- Planificación estratégica
- Recursos
- Evaluación de resultados
- Mejora continua

5.12 Modelo ISO

El disponer de un modelo de gestión resulta un componente diferenciador entre las organizaciones debido a que permite contar con un marco conceptual completo, proporcionando unos objetivos y estándares claros, que determinan una administración coherente de las actividades de mejora y posibilita la evaluación a lo largo del tiempo; por lo que es fácil detectar si se están alcanzando o no, las metas trazadas, como también ayuda a establecer acciones de mejoras.

Ignorar el desarrollo de estándares de calidad o también conocidos como sistemas de gestión de calidad puede conllevar a incumplimientos en los requisitos de productos de cualquier índole para su distribución y consumo por el cliente final incluso para la participación de las organizaciones en el mercado, por lo cual una revisión bibliográfica se convierte en una herramienta de gran utilidad para las organizaciones de la actualidad interesadas en optimizar sus procesos con una visión hacia la excelencia (Saumeth et al., 2013).

5.12.1 Integración ISO

La existencia de normas internacionales que sustentan estos sistemas ha dado lugar a que numerosas organizaciones implementen y certifiquen los sistemas de gestión de forma independiente, en paralelo; esto provoca semejanzas en el contenido y estructuras. Otras más avanzadas los integran, para conformar un denominado Sistema de Gestión Integrado (SIG).

La integración de sistemas no significa una suma o adición de sistema de gestión. El objetivo es sistematizar todos los procesos de la organización y en mayor medida los procesos claves y relevantes que intervienen, con el propósito de lograr un nivel de integración en la gestión, para así aumentar la eficiencia y la eficacia.

La necesidad de integrar los distintos sistemas de gestión surge debido al propio desarrollo organizacional existente, a los intereses y prioridades que tenga la organización y a los procesos productivos, aunque se reconoce la influencia que realizan los accionistas, el gobierno y la sociedad; en síntesis, dada a la necesidad de ser más competitivo y tener una mejor imagen corporativa (Cabrera et al., 2015).

5.13 Propuesta de mejora

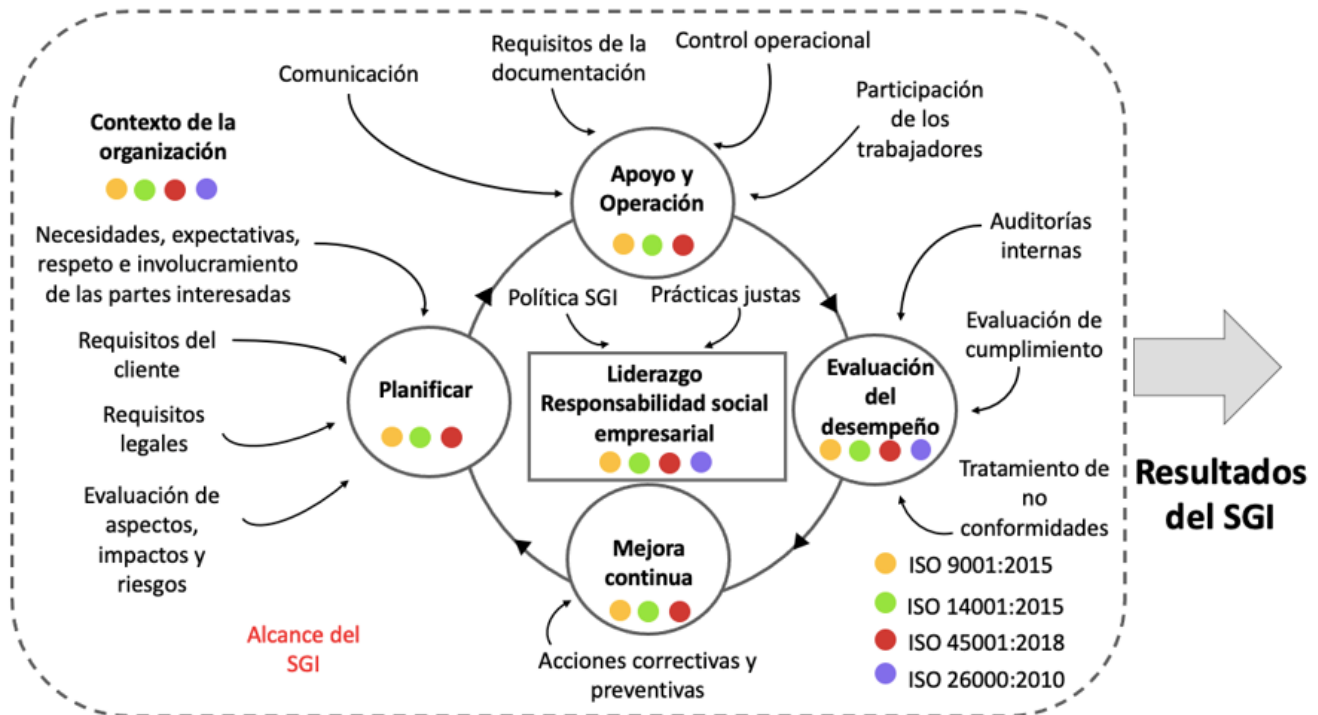
Con el objetivo de robustecer el sistema de gestión actual de la organización, se diseñará una propuesta de mejoramiento que logre estructurar los requisitos de los procesos, y el cumplimiento de los objetivos y expectativas de las partes interesadas a través de la incorporación de criterios e indicadores que den cuenta de su avance para lograr el éxito.

A continuación, se realiza la descripción de la propuesta de mejoramiento del SGI de la organización, así como del plan de implementación del mismo.

5.13.1 Propuesta de modelo del sistema de gestión integrada

A partir de los resultados de la caracterización y diagnóstico de desempeño de la organización, fue posible identificar que las principales falencias radican en la falta de planificación y organización de la organización para alcanzar los objetivos propuestos del Sistema de Gestión, falta de medidas de control operacional y deficiencias en la evaluación de desempeño.

Por lo tanto, se plantea como propuesta la mejora del sistema de gestión integral, a través de la integración de las normas ISO (9001:2015;14001:2015;45001:2018 y 26000:2010) a través del ciclo PHVA, el cual contribuye a gestionar los procesos de la organización hacia una mejora continua. A continuación, se presenta el modelo de Sistema de Gestión Integrada Propuesto:



Fuente: Elaboración propia

Figura 18. Modelo de gestión integrado propuesto para la organización

Así, mediante la integración de los criterios de las distintas ISO, se logrará sistematizar y colocar atención a aquellos procesos que contribuirán a alcanzar una mejora continua en lo que respecta a calidad, medio ambiente, salud y seguridad ocupacional y a su vez, se mejorando la responsabilidad social empresarial de la organización.

5.13.2 Plan de mejora

I. Mejoramiento de brechas ambientales, laborales y sociales

En primero lugar, cabe destacar que, a partir del diagnóstico y evaluación de desempeño realizado sobre la organización, fue posible identificar brechas significativas en lo que respecta al componente de medioambiente, salud y seguridad laboral y responsabilidad social empresarial.

Con el objetivo de mejorar la sustentabilidad de la organización, se presentan las siguientes acciones, las cuales se buscarán cerrar a través de la propuesta de un proyecto de inversión y por medio del plan de implementación del sistema de gestión propuesto:

Tabla 13. Plan de acción propuesto para mejorar el sistema de gestión de la organización

Brecha	Objetivo	Acciones
Generación de paneles solares en desuso o desmantelados	Disminuir la generación de residuos sólidos peligrosos	Proyecto para abordar la reutilización de los paneles en desuso
Sobreesfuerzo manual, movimientos repetitivos, exposición a ruido	Mejorar la gestión laboral preventiva	Programa de inducción Procedimientos de trabajo enfocados en disminuir riesgos Implementación de Prexor, TMERT, Manual de carga Promover cultura preventiva
Pobreza energética en asentamientos cercanos a área de proyecto	Electrificar vivienda de personas que no cuentan con suministro eléctrico	Integrar principios de RS al SGI Documentar acciones Diseño de proyecto de cooperación a comunidades

Fuente: Elaboración propia

II. Mejoramiento del Sistema de Gestión

Tabla 14. Plan de mejora al sistema de gestión de la organización.

Materia	Requisito	Detalle
Liderazgo	Política integrada	Crear política integrada que involucre el compromiso de los requisitos de la ISO 9001:2015; 14001:2015; 45001:2018; 26000:2010 y la mejora continua
	Roles, responsabilidades y autoridad	Establecer responsables del SGI por cada sede nacional
Planificación	Acciones para abordar riesgos y oportunidades	Adoptar mecanismos eficaces para gestionar los riesgos estratégicos identificados mediante la planificación de escenarios.

	Objetivo y planificación para lograrlos	Desplegar la estrategia y políticas de apoyo de forma sistemática para alcanzar el conjunto de resultados deseados
Operación	Planificación y control operacional	Gestionar sus procesos de principio a fin, incluyendo aquellos procesos que exceden los límites de la organización. Desarrollar para sus procesos un conjunto significativo de indicadores de rendimiento y de medidas de resultados, para permitir la revisión de la eficiencia y la eficacia de los procesos clave y de su contribución a los objetivos estratégicos. Incorporar prácticas justas de operación y responsabilidad ambiental en toda su cadena de valor
	Preparación y respuesta ante emergencias	Sensibilizar al personal y contar con la preparación de acciones y medidas frente a situaciones de riesgo mediante la implementación de escenarios de simulación.
	Evaluación de desempeño	Seguimiento, medición, análisis y evaluación
Mejora	Mejora continua	Compromiso de mejorar continuamente el SGI a través de la retroalimentación de las auditorías

Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar que respecto a la materia contexto de la organización sólo está pendiente establecer los medios de satisfacción al cliente, criterio correspondiente a la ISO 9001:2015, por lo que la presente propuesta se centrará en aquellos aspectos que se encuentran bajo un 90% de cumplimiento y que tienen relación con la ISO 14001:2015, 45001:2018 y 26000:2010.

5.13.3 Plan de implementación

A continuación, se presenta el plan de implementación del SIG, detallando las actividades necesarias para su consecución, los responsables y la cronología para su desarrollo:

Etapa del modelo	N°	Actividad	Responsable	Año 1												Año 2											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Planificar	1	Establecer compromiso del directorio de implementar un SGI	Directorio																								
	2	Establecer responsables y sistema de documentación	Gerencia																								
	3	Conformación de comités de trabajo	Gerencia																								
	4	Revisión de no conformidades actuales	Jefes de departamento																								
	5	Establecer objetivos estratégicos a partir de FODA	Jefes de departamento																								
	6	Establecer Política Integrada que contribuya al DS y responsabilidad social	Gerencia y jefes de departamento																								
	7	Actualizaciones matrices de aspectos e impactos ambientales, MIPER	Dpto. SSO y Ma																								
	8	Establecer check list de requisitos legales	Dpto. SSO y Ma																								

5.14 Análisis estratégico

5.14.1 Análisis FODA

A partir del diagnóstico realizado sobre la organización y el rubro fotovoltaico, a continuación, se detallan las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas que pudieron ser identificadas.

Análisis interno: Identificación de Fortalezas y debilidades

En base a los elementos y características internas identificadas para la organización, fue posible detectar las siguientes fortalezas y debilidades:

Tabla 15. Fortalezas y debilidades de la organización

Fortalezas	<ul style="list-style-type: none">- La empresa posee una extensa trayectoria y experiencia en el rubro- Las empresas desarrolladoras tienen la capacidad de intervenir desde la concepción el diseño de los proyectos y poder incorporar principios de sustentabilidad o economía circular.
Debilidades	<ul style="list-style-type: none">- Financiamiento externo (altos requerimientos)- El diseño se realiza sólo en base al cumplimiento legal aplicable al país.- No se consideran principios de economía circular- Inexistencia de departamento de relacionamiento comunitario

Fuente: Elaboración propia

Análisis externo: Identificación de Oportunidades y Amenazas

A partir de los factores externos identificados en el macroentorno donde desenvuelve este tipo de proyectos, así como el nivel de competitividad existente en el mercado eléctrico, es posible determinar las siguientes oportunidades y amenazas.

Tabla 16. Oportunidades y amenazas de la organización

<p>Oportunidades</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Condiciones climáticas idóneas para el desarrollo de proyectos FV. - El potencial solar de Chile resulta atractivo para inversionistas extranjeros con potencial económico y experiencia. - Mercado de libre competencia (Neutralidad tecnológica) tecnologías renovables compiten de igual a igual. - Política Energética 2050: Apoyo y fomento a las energías renovables no convencionales. - Ley ERNC: % obligatorio de energía limpia – Industrias o Distribuidoras. - Estrategia Nacional Hidrógeno Verde (amplía el mercado de demanda, ya que se generará a partir de fuentes renovables). - Contribuir a descarbonizar matriz eléctrica (sustituir tecnología dependiente de fuentes fósiles) y disminuir GEI. - Potencial para cubrir energía que generaban las centrales de paso hidráulicas y han mermado su producción por escasez hídrica. - Mercado ofrece paneles con mayor eficiencia. - Implementar fuentes de almacenamiento de energía que le den seguridad al sistema y que de la opción de guardar energía para cuando la demanda sea mayor a lo ofertado en el sistema. - Posibilidad de reutilizar paneles en desuso por un uso menos intensivo. - Abrir mercado de paneles de segunda mano. - Generar alianzas público-privadas para impulsar la economía circular dentro de su cadena de valor. - Incentivo mano de obra local y participación de empresas locales en la cadena de suministro (disminuir huella ecológica). - La infraestructura de red siempre admitida territorialmente.
-----------------------------	---

	<ul style="list-style-type: none"> - La construcción de estos proyectos es rápida y la operación es remota, requiriendo mínimas mantenciones y por tanto costos (OPEX). - Al tener bajo costo marginal, el Coordinador Eléctrico prioriza su ingreso al sistema eléctrico.
<p>Amenazas</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Intermitencia de la generación (susceptible a condiciones climáticas). - Dependencia de insumos internacionales (alta huella de carbono) - Cambio climático puede afectar eficiencia de los parques solares (temperatura, nubosidad, viento). - Falta de oportunidades por saturación de la capacidad de alimentadores (PMGD) y/o congestión del sistema de transmisión. - Territorios de emplazamiento cada vez más lejos de la red o zonas de consumo energético. - Dificultad para encontrar territorios que cumplan los criterios para desarrollar Compromiso Ambiental Voluntario por pérdida temporal de uso agrícola. - Impacto ambiental por disposición final de paneles solares (altos volúmenes de residuos peligrosos). - Altos costos para disponer paneles solares que presenten características de peligrosidad. - No existe la suficiente oferta y capacidad de tratamiento por proveedores que reciclen paneles dentro del país. - Desinformación de actores sociales respecto a regulación y estrategia nacional. - Activistas sociales y ambientales que se oponen a estos proyectos energéticos en su territorio y retrasan el proceso de evaluación. - Criterios más rigurosos incorporados al proceso de evaluación ambiental (retrasos). - Retrasos obtención permisos sectoriales.

	<ul style="list-style-type: none"> - Volatilidad de los precios. - Riesgo de volumen de energía vendida (Curtailment). - Falta de infraestructura y regulación nacional para el reciclaje de paneles solares.
--	--

Fuente: Elaboración propia

5.1 Propuesta de mejora para el cierre de brecha significativa de la organización.

El desarrollo y detalle del proyecto de inversión está detallado en el Anexo I del presente documento

6 Discusión de resultados

La energía solar fotovoltaica se ha convertido en una de las tecnologías claves para alcanzar los objetivos de descarbonizar la matriz eléctrica y reducir los gases de efecto invernadero, contribuyendo considerablemente a transitar a un sistema energético más limpio y sostenible.

Si bien, las energías renovables se consideran energías limpias y amigables con el medio ambiente, cabe destacar que, dicha apreciación se debe a que únicamente toma en cuenta que mejora aspectos ambientales concretos en una etapa de su ciclo de vida; su uso. Sin embargo, una de las problemáticas de la industria solar tanto a nivel nacional como mundial, radica en la gestión de los paneles solares una vez acaba la vida útil de los proyectos o bien, se ven enfrentados a un recambio de tecnología que requiere la desmantelación de miles de módulos.

Por lo tanto, es necesario mirar a largo plazo y pensar en diseñar procesos sostenibles, dejando atrás la economía lineal y trascender a modelos de producción más sustentables como lo es la economía circular, haciéndose cargo de todo el ciclo de vida de sus elementos y desarrollando estrategias sistémicas que contribuyan efectivamente a hacer frente a los desafíos globales como el cambio climático y el manejo de residuos.

Con el objeto de evaluar el desempeño de la organización e identificar puntos de mejora en la industria solar que le permitan avanzar hacia el desarrollo de proyectos sustentables, el presente Proyecto de Título consistió en realizar un diagnóstico del contexto de la organización y una evaluación de su desempeño en el ámbito legal, ambiental, laboral y social.

A partir del diagnóstico realizado, es posible señalar, que la regulación nacional sobre paneles solares en desuso expresa que deben ser manejados como residuos peligrosos y por ende enviados a rellenos sanitarios de seguridad. Sin embargo, este indicativo no es retroactivo para resoluciones de calificación anteriores a su publicación, por lo que, dicha medida no está siendo aplicada en todos los parques solares, dando cuenta de un real riesgo sanitario.

Respecto al desempeño ambiental, en general, es aceptable, dado que, los proyectos de forma previa a su construcción pasaron por una evaluación ambiental donde participaron los diversos organismos sectoriales. Los impactos ya están identificados y cuentan con sus medidas respectivas. Sin embargo, la problemática nace de una deficiente cultura por parte de los subcontratistas y una deficiente fiscalización por parte de los organismos atingentes, dada su rápida construcción la fiscalización no alcanza a ser diligente, y se detectan incumplimientos principalmente en el manejo de residuos y uso de sustancias peligrosas.

En el componente de seguridad y salud ocupacional, si bien en las faenas cuentan con un prevencionista de riesgo que se encarga de realizar la matriz de riesgo laboral y fiscalizar que los procedimientos se aborden de manera correcta, la matriz no se encuentra actualizada lo que deja en evidencia peligros sin tratar y brechas que pueden colocar en riesgo a trabajadores. Por otro lado, se evidencia que no existe un seguimiento de la efectividad de las medidas implementadas para la exposición de agentes que puedan alterar la salud ocupacional de los trabajadores, principalmente por la baja duración de las faenas. Sin embargo, hay casos en que estas exceden el año de desarrollo y es necesario implementar protocolos de salud. Por lo tanto, en primer lugar, es importante desarrollar una cultura de crear entornos de trabajo seguro, para posteriormente monitorear y evaluar el bienestar de cada uno de los trabajadores.

Los riesgos ambientales más significativos identificados tienen relación con el manejo y disposición final de los paneles solares fotovoltaicos, dado que no en todas las faenas son tratados como tal, y su disposición inadecuada puede generar contaminación del suelo o agua con metales tóxicos.

Por otro lado, cabe resaltar que en caso de que todos los generadores tomen la decisión de disponer los paneles solares en desuso en rellenos sanitarios, la autoridad sanitaria no está vislumbrando la alta carga ambiental que significará aquello, y el riesgo sanitario que se podría generar.

En lo laboral, los riesgos más significativos tienen relación con el ruido generado en el proceso de hincado y con el montaje de los paneles solares y su estructura, debido a que son materiales de alto peso y deben ser manipulados a pulso.

Por último, los riesgos sociales varían dependiendo la cercanía con los grupos humanos, donde lo más recurrentes son debido al ambiente ruidoso y al levantamiento de material particulado sobre viviendas aledañas al área de proyecto.

Ahora bien, en lo que respecta al sistema de gestión de la organización, si bien cuenta con la implementación de un Sistema de gestión calidad, ambiental y laboral certificado en ISO 9001:2015, 14001:2015 y 45001:2018, el diagnóstico realizado deja puesto en evidencia notables deficiencias a nivel de liderazgo, planificación y operación, producto de un bajo nivel de personal a cargo del SGI, y de la asignación de roles y responsabilidades a nivel internacional, que dificultan la ejecución y la supervisión de la operatividad del sistema de gestión en sus distintas faenas.

Respecto a la RSE, si bien cuentan con una política que se compromete a mejorar los impactos sobre aquellos territorios donde tiene actividad o influencia y que su visión contempla empoderar a las comunidades locales en temas de energías renovables, para que sean autónomos y al mismo tiempo contribuyan a cuidar al planeta, no se otorga ningún beneficio social para comunidades del entorno.

Por último, se considera que las mejoras al sistema de gestión y el proyecto de inversión presentado contribuirá a mejorar la sustentabilidad de la organización, mediante la incorporación de principios de economía circular, permitiendo generar valor agregado a un producto en desuso (residuo), y de manera transversal siendo concordante con su visión al apoyar a comunidades aledañas a las zonas de proyecto.

7 Conclusiones

El proyecto de graduación se enfoca en proponer un modelo de gestión integral que contribuya a diseñar y operar proyectos solares sustentables. En este sentido, de forma inicial se realizó un diagnóstico de la organización y empresas del rubro, de manera tal de evaluar su desempeño en aspectos legales, ambientales, laborales y sociales, para luego poder identificar brechas o riesgos, establecer las causalidades y así poder evaluar un plan de mejoramiento que permita hacerlas avanzar hacia la sustentabilidad.

A partir del uso de herramientas de análisis estratégico, fue posible evaluar el contexto externo e interno de la organización, pudiendo identificar las ventajas y las limitaciones internas de la empresa fotovoltaica, así como aquellos factores externos que pueden afectar o potenciar su desarrollo, en este sentido, los resultados del estudio arrojan lo siguiente:

De acuerdo a la matriz FODA, es posible indicar que las empresas desarrolladoras y generadoras de proyectos eléctricos poseen gran experiencia en el rubro fotovoltaico, donde ya se ha convertido en una tecnología madura dentro del sector energético. Si bien, estas operan conforme a la normativa ambiental y legal aplicable, el desarrollo de este tipo de tecnología renovable para que sea sostenible y ambientalmente verde a lo largo de toda su cadena de valor es necesario que se diseñen para operar de forma armónica con los ecosistemas y su entorno social. Para lograrlo, es fundamental que la incorporación de medidas vaya de la mano de principios de responsabilidad empresarial en conjunto a una gobernanza efectiva y la contribución mediante incentivos estatales.

En cuanto al análisis PESTEL se puede señalar que la industria solar fotovoltaica en Chile presenta una serie de oportunidades debido a factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ambientales y legales favorables. Sin embargo, también puede enfrentar desafíos relacionados con la evaluación ambiental, relacionamiento comunitario, la capacidad de transmisión/distribución, competencia en el mercado y la disponibilidad de recursos financieros para proyectos solares de gran envergadura.

En materia legal, se determinó que la organización presenta ciertas falencias en el cumplimiento total de la normativa aplicable, siendo más relevante en el ámbito laboral, puesto que al ser faenas breves que duran entre 6 meses y 1 año, e la fiscalización por parte de las autoridades no es oportuno, y se toman con mayor laxitud ciertos requerimientos para las condiciones del

trabajo y para los trabajadores, tales como niveles de agua potable mínimos, ausencia de duchas, y la no aplicación de protocolos de seguimiento para pesquisar enfermedades profesionales.

Las brechas más significativas en el área ambiental corresponden a un inadecuado manejo de los paneles solares que se generan como residuos, ya que no se visualiza el riesgo potencial para los sitios de disposición final y no hay un consenso dentro de los generadores de ser manejado como un residuo peligroso. Mientras que, en el área laboral las brechas más significativas radican en el alto nivel de ruido que genera el proceso de hincado y el sobreesfuerzo y posturas inadecuadas que produce el montaje de estructuras de soporte y paneles solares.

A partir del análisis de causalidad de riesgos se determina que existen diversos factores que favorecen la ocurrencia de los riesgos identificados. Sin embargo, la totalidad coincide en que la causa raíz tienen relación con una baja comunicación entre las distintas áreas del proceso de negocio, baja implementación, supervisión, seguimiento de los sistemas de gestión.

La propuesta de mejora del sistema de gestión de la organización apunta a integrar las normas ISO 9001:2015, 14001:2015, 45001:2018 y 26000:2010 a través del modelo PHVA, y contribuir bajo un sistema iterativo al mejoramiento continuo de la organización en aspectos de calidad, medio ambiente, salud y seguridad en el trabajo y de manera transversal la responsabilidad social.

Es así como se busca reforzar aquellas materias que poseen un menor grado de cumplimiento y lograr una mayor integración de los distintos sistemas de gestión, ya que la integración ofrece una visión integrada de los procesos, un cumplimiento único y unificación de los responsables. De manera transversal al sistema de gestión se integran criterios de responsabilidad social, de tal manera, el sistema alcance los tres pilares fundamentales de la sustentabilidad, medio ambiente, sociedad, y economía.

En lo que respecta al proyecto de inversión, se busca ser pioneros en una solución sustentable frente a los paneles solares catalogados fuera de uso dentro de los parques solares, adquiriendo beneficios sociales y privados y a su vez proponiendo una medida viable previa a que existan regulaciones claras y sustentables de cómo tratar adecuadamente los residuos fotovoltaicos.

Se espera que mediante la implementación de mejoras al SGI se logre subsanar aquellos procesos que impiden mejorar el desempeño de la organización, y permita corregir aquellas desviaciones del estándar de cumplimiento esperado, acercándolo cada vez más a lograr procesos sustentables.

8 Referencias Bibliográficas

- ACERA. (2023). Los vertimientos de energía renovable han aumentado en un 225% desde 2021. Recuperado el 25 de mayo de 2023 de <https://acera.cl/los-vertimientos-de-energia-renovable-han-aumentado-en-un-225-desde-2021/>
- Acuña, A. La gestión de los stakeholders, análisis de los diferentes modelos. Argentina: Universidad Nacional del Sur.
- Arce, J. (2021). Desarrollo de la energía solar fotovoltaica a gran escala en Chile y los desafíos asociados a la gestión de residuos. Universidad de Concepción.
- B. Huang, J. Zhao, J. Chai, B. Xue, F. Zhao, and X. Wang. (2017). Environmental influence assessment of china's multi-crystalline silicon (multi-si) photovoltaic modules considering recycling process, *Solar Energy*,143, 132–141..
- BCN. (2008). Ley 20.257: Introduce modificaciones a la ley general de servicios eléctricos respecto de la generación de energía eléctrica con fuentes de energías renovables no convencionales. Recuperado el 30 de mayo del 2023 de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar/imprimir?idNorma=270212&idVersion=2013-10-22>
- BCN. (2013). Ley 20.698: Propicia la ampliación de la matriz energética, mediante fuentes renovables no convencionales. Recuperado el 01 de Junio del 2023 de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1055402>
- BCN. (2016). Establece marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje. Recuperado el 01 de Junio del 2023 de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1090894>
- BCN. (2022). Resolución Exenta N°207 Aprueba Anteproyecto de Decreto Supremo que establece metas de recolección y valorización y otras obligaciones asociadas de pilas y aparatos eléctricos y electrónicos. Recuperado el 19 de septiembre del 2023 de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1173525>
- Cabrera, H., Medina, A., Abab, J., Nogueira, D., Nuñez, Q. (2015). La integración de sistemas de gestión empresariales, conceptos, enfoques, tendencias. *Ciencias de la información*, 46(3), 3-8.
- CDT. (2013). Documento Técnico N°37 Diseño y dimensionamiento de sistemas solares fotovoltaicos conectados a red (Primera edición). Santiago: Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) de la Cámara Chilena de la Construcción (CChC). .
- CEPAL. (2005). Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas. Recuperado el 05 de abril del 2023 de <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/2d86ecfb-f922-49d3-a919-e4fd4d463bd7/content>
- Céspedes, J. (2022). Principios de Gestión de Riesgos. Presentación clases ppt., Universidad de Concepción . Concepción, Chile.

- CNE. (2023). Reporte Solar Energético Mensual ERNC Marzo 2023. Recuperado el 31 de marzo del 2023 de <https://www.cne.cl/nuestros-servicios/reportes/informacion-y-estadisticas/>.
- De Acevedo, T. y Serrano, S. (2019). Manual de diagnóstico, implementación, monitoreo y evaluación de la responsabilidad social basado en la norma ISO 26000 e indicadores GRI4. Concepción.
- Deng, R., Chang, N., Monteiro, M., Dias, P., Bilbao, J., Ji., J., Mun, C. (2020). Remanufacturing end-of-life silicon photovoltaics: Feasibility and viability analysis. *Progress in photovoltaics: Research and Applications*, 29(7), 760-774.
- EFQM. (2013). Modelo EFQM de excelencia. Recuperado el 02 de diciembre del 2023 de <https://www.ehu.eus/documents/1904000/1915838/9+Modelo+EFQM+2013.+Comentarios.pdf/2f1798ca-fd39-4e0e-a772-a17146f6003a?t=1532094623000>
- Farrell, C., Osman, A. I., Doherty, R., Saad, M. H. I., Zhang, X., Murphy, A., Harrison, J., Vennard, A., Kumaravel, V., Al-Muhtaseb, A. H., & Rooney, D. (2020). Technical challenges and opportunities in realising a circular economy for waste photovoltaic modules, *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 128, 109911.
- Feron, S., Cordero, R., Damiani, A., & Jackson, R. (2021). Climate change extremes and photovoltaic power output. *Nature Sustainability*, 4, 270-276.
- Gil, P., Maldini, F., Godoy, L., Perez-Donoso, A., Ayala, M., & Zaviezo, T. (2022). Competencia y coexistencia de campos solares y eólicos con campos agrícolas en el contexto chileno. Santiago, Chile: Centro de Políticas Públicas UC.
- Heide, A., Tous L., Wambach, K., Poortmans, J., Clyncke, J., Voroshazi, E. (2021). Towards a successful re-use decommissioned photovoltaic modules. *Progress in photovoltaics*, 30(8), 910-920.
- IDEAM. (2007). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y cambio climático.. Recuperado el 20 de diciembre del 2023 de <http://ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf>
- IEA. (2014). Review of Failures of Photovoltaic Modules. Recuperado el 29 de septiembre de 2023 de https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/01/IEA-PVPS_T13-01_2014_Review_of_Failures_of_Photovoltaic_Modules_Final.pdf
- InvestChile. (2022). Chile es el país más atractivo para invertir en energías renovables. Recupeado el 21 de noviembre del 2023 de <https://blog.investchile.gob.cl/bloges/chile-el-pais-mas-atractivo-para-invertir-en-energias-renovables>
- IRENA. (2016). End-of-life Management Solar Photovoltaic Panels. Recuperado el 02 de Junio del 2023 https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_IEAPVPS_End-of-Life_Solar_PV_Panels_2016.pdf?rev=49a75178e38c46288a18753346fb0b09

- IRENA. (2021). Costos de generación de energía renovable en 2020. Recuperado el 28 de Julio del 2023 de https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Jun/IRENA_Power_Generation_Costs_2020_highlights_ES.pdf?la=en&hash=7167169864B1530F3947D1F6E5BB32260A93B4FB
- López, P. (2016). Cambia la energía cambia el mundo: Cambio climático y su impacto en el sector energético. Ecuador.
- Lunardi, M., Alvarez-Gaitan, J., Bilbao, J., Corkish, R. 2018. Comparative life cycle assessment of end-of-life silicon solar photovoltaic modules. Applied sciences, 8(8), 1396.
- Mathur, N., Hapuwatte, B. M., & Morris, K. C. (2023). A proposed integrated model to assess product recovery pathways: the case of solar photovoltaics. Procedia CIRP, 116, 83-88.
- Midesof. (2023). Informe Precios Sociales 2023. Recuperado el 12 de diciembre del 2023 de https://sni.gob.cl/storage/docs/230401_Informe_Precios_Sociales_2023_SNI.pdf
- Minergia. (2019). Chile podría exportar energía a Perú. Recuperado el 02 de agosto del 2023 de <https://energia.gob.cl/noticias/nacional/chile-podria-exportar-energia-peru>
- Minergia. (2020). Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde: Chile, fuente energética para un planeta cero emisiones. Santiago de Chile: Ministerio de Energía.
- Minergia. (2021). Programa Casa Solar. Recuperado el 21 de septiembre del 2023 de <https://www.casasolar.cl/>
- Ministerio de Energía. (2020). Plan de retiro y/o reconversión de unidades a carbón. Santiago: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
- MINVU. (2009). Planificación urbana, Tipo de Suelo, Infraestructura. Recuperado el 01 de noviembre del 2023 de <https://www.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2019/06/DDU218-modificada-por-DDU-287.pdf>
- MITECO. (2022). Guía para la elaboración de estudios de impacto ambiental de proyectos de plantas solares fotovoltaicas y sus infraestructuras de evacuación. Recuperado el 02 de Junio del 2023 de https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/guiaelaboracionesiaplantafotovoltaicassgea_tcm30-538300.pdf
- MMA. (2014). Energías Renovables en Chile el Potencial Eólico, Solar e Hidroeléctrico De Arica A Chiloé. Santiago de Chile: Ministerio de Energía y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
- MMA. (2017). Estrategia Nacional de Biodiversidad. Santiago: Departamento de Políticas y Planificación de la Biodiversidad División de Recursos Naturales y Biodiversidad.
- Morán, I. (2022). Plan de manejo de los residuos sólidos asociados a los paneles solares en desuso. Valparaíso, Chile: Universidad de Valparaíso.
- Nain, P., & Kumar, A. (2022). A state-of-art review on end-of-life solar photovoltaics. Journal of Cleaner Production, 343, 130978.

- Pais Circular. (2020). En 2050 Chile tendrá 10 paneles solares por habitante: gestionarlos cuando se conviertan en residuos será uno de los grandes desafíos. Recuperado el 29 de abril del 2023 de <https://www.paiscircular.cl/industria/en-2050-chile-tendra-10-paneles-solares-por-habitante-gestionarlos-cuando-se-conviertan-en-residuos-sera-uno-de-los-grandes-desafios/#:~:text=Industria%20%2F%20Ley%20REP-.En%202050%20Chile%20tendr%C3%A1%2010%20paneles%20solares%20por%20habitante%3A%20gestionarlos,grandes%20proyectos%20de%20generaci%C3%B3n%20solar.>
- Porter, M. (1986). Ventaja Competitiva. Editorial C.E.C.S.A. México.
- PV Magazine. (2020). Los costes solares han caído un 82% desde 2010. Recuperado el 12 de abril del 2023 de <https://www.pv-magazine-latam.com/2020/06/03/los-costes-solares-han-caido-un-82-desde-2010/>
- Reporte Sostenible. (2023). Retrieved from Los BESS y su amplio campo de acción. Recuperado el de 28 de abril del 2023 de <https://reportesostenible.cl/blog/los-bess-y-su-amplio-campo-de-accion/>
- Rosas, I. (2022). Modelo de proyección de residuos fotovoltaicos y opciones de uso para su revalorización. Santiago, Chile: Universidad de Chile.
- Salim, H. K., Stewart, R. A., Sahin, O., & Dudley, M. (2019). End-of-life management of solar photovoltaic and battery energy storage systems: A stakeholder survey in Australia. *Resources, Conservation And Recycling*, 150(2019), 104444.
- Sargentis, G., Siamparina, P., Sakki, G., Efstratiadis, A., Chiotinis, M., & Koutsoyiannis, D. (2021). Agricultural Land or Photovoltaic Parks? The Water–Energy–Food Nexus and Land Development Perspectives in the Thessaly Plain, Greece. *Energy Management for Sustainable Development*, 13(16):8935.
- Sauma, E. (2012). Políticas de fomento a las energías renovables no convencionales (ERNCC) en Chile . Santiago: Centro de Políticas Públicas UC.
- Saumeth, K., Ruiz, T., Solís, L. y Martínez, F. 2013. Una mirada hacia los modelos de gestión de calidad. *Revista Ciencias sociales y humanas*, 4(1), 2216-1473.
- Sayago, S. (2014). El análisis del discurso como técnica de investigación cualitativa y cuantitativa en las ciencias sociales. *Cinta moebio* 49: 1-10
- Schnarwiler, J., Roberts, J., Prado, P., Bocero, S., & Cassula, A. (2017). Centrales solares fotovoltaicas en áreas con pasivos ambientales. Río de Janeiro: The 10th Latin-American Congress on Electricity generation and transmission - CLAGTEE.
- SEA. (2010). Sitios prioritarios para la conservación en el Sistema de Evaluación Ambiental. Santiago. Recuperado el 01 de abril del 2023 de <https://www.sea.gob.cl/instructivos-para-la-evaluacion-del-impacto-ambiental>

- Segura, P. (2023). ¿Están realmente protegidas las «áreas protegidas»? Recuperado de 07 de abril del 2023 de <https://www.ciperchile.cl/2023/03/23/estan-realmente-protegidas-las-areas-protegidas/>
- SNI. (2022). Metodología de formulación y evaluación social de proyectos de electrificación rural
- SNIFA. (2023). Fiscalizaciones. Recuperado el 09 de agosto del 2023 de <https://snifa.sma.gob.cl/Fiscalizacion>
- Subsecretaria de Energía. (2021). Balance de gestión integral. Recuperado el 01 de agosto del 2023 de https://www.dipres.gob.cl/597/articles-279926_doc_pdf.pdf
- Tao, M., V. Fthenakis, and B. Ebin. (2020). Major challenges and opportunities in silicon solar module recycling, *Progress in Photovoltaics Wiley*, 28, 1077–1088.
- Turney, D., & Fthenakis, V. (2011). Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(6), 3261-3270.
- UNEF. (2022). Guía de mejores prácticas para el desarrollo de plantas solares. Andalucía, España: Unión española fotovoltaica.
- World Energy Trade. (2023). Retrieved from La caída de los precios de los paneles solares en China estimulará la demanda global: <https://www.worldenergytrade.com/energias-alternativas/energia-solar/caida-precios-paneles-solares-en-china-demanda-global>
- Yepes, G. (2016). Manual para la Evaluación de la Responsabilidad Social en la Organización Social. Bogotá, Colombia: Universidad Externado de Colombia.

9 Anexo

Anexo 1. Anexo A: Formulación de Proyecto de inversión para brecha significativa

I. DATOS GENERALES

Título proyecto: Reacondicionamiento y valorización de paneles solares en desuso

Autor (es): Paula González Valdés, Jorge Jiménez

Palabras claves: Fin vida útil paneles solares; gestión de residuos fotovoltaicos; Desarrollo sostenible energía

Región y ciudad de desarrollo del proyecto: Chile

Actividad (es) económica (s) en la que se efectuará el proyecto: Energía Renovable; Eficiencia energética

II. RESUMEN DEL PROYECTO

Los paneles solares fotovoltaicos generan un desafío en cuanto a su tratamiento una vez que cumplen su vida útil. La disposición de estos paneles una vez terminan su vida útil en el proyecto genera presiones ambientales si no se buscan alternativas de reutilización. En este sentido, pueden verse como problema u oportunidad.

Si con anticipación se comienza a planificar la contención de estos residuos, es posible revertir la situación y pasar desde un escenario inmediato con un impacto ambiental, como es disponer casi un millón de toneladas de residuos porque no se tomaron las medidas adecuadas. Otro escenario sería la reutilización de los paneles que aún cuentan con un potencial adecuado para su uso y podrían generar beneficios para las comunidades, mientras que al mismo tiempo evita un escenario de generación de residuos electrónicos.

Es así como, el presente proyecto tiene como propósito proponer una alternativa de gestión de los paneles solares que se encuentren en desuso o que sean generados por la desmantelación y que aún cuente con capacidad de conversión de energía, a través de una propuesta de revalorización y así poder otorgarles una segunda vida útil.

III. DELIMITACIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA / OPORTUNIDAD Y ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE

Datos Generales

I. Delimitación y formulación del Problema

Cuando se habla de energías renovables o energías verdes, como lo es la energía solar, se dice que es una energía limpia y amigable con el medio ambiente, dado que se toma en cuenta únicamente que mejora aspectos ambientales concretos en una etapa de su ciclo de vida; su uso. Sin embargo, una de las problemáticas de la industria tanto a nivel nacional como mundial, proviene de su activo principal, la gestión de los paneles solares como desechos una vez acaba

la vida útil de los proyectos o se ven enfrentados a un recambio de tecnología que requiere la desmantelación de aquellos paneles instalados. Se espera que en Chile que se generen entre 1,3 y 1,7 millones de toneladas de residuos fotovoltaicos acumulados al 2050 (Arce, 2021).

En este contexto, dejar los desechos de paneles fotovoltaicos (FV) en un relleno sanitario no sería un método adecuado para nuestro país. De hecho, en Europa y Japón, existe la prohibición de llevar estos residuos a un vertedero. Las multas son tan altas que las empresas tienen el incentivo para resolver el problema de otra forma (Rosas, 2022).

La disposición en los vertederos como solución a largo plazo no es sostenible, así como tampoco es una opción respetuosa con el medio ambiente, dado que, contienen trazas de metales pesados, a partir de los cuales pueden surgir importantes problemas ambientales debido a la lixiviación o contaminación del suelo o del agua subterránea (Farrell et al., 2020).

Según estudios de análisis de ciclo de vida de paneles solares fotovoltaicos, los resultados han indicado que, arrojar en el vertedero estos desechos es la opción más contaminante, aun cuando se consideren todos los costos ambientales de las otras opciones de tratamiento disponibles, tales como reutilización o reciclaje de componentes (Huang et al., 2017) Por lo tanto, la acumulación de residuos fotovoltaicos se visualiza entre los principales obstáculos al desarrollo sostenible de centrales solares.

En la actualidad la organización cuenta con un Sistema de Calidad (ISO 9001), el que sirve para controlar que el producto o servicio que entrega la empresa (Parque Solar Fotovoltaico) es de calidad. Producto de sus procedimientos de control, en la etapa de montaje de paneles se produce el descarte de algunas unidades, por el hecho, de presentar rayaduras, abolladuras en los marcos, entre otros. A la fecha, se encuentran almacenados en una bodega de la organización sin uso.

Por proyecto se descartan aproximadamente 200 paneles solares, a los cuales se les ha hecho prueba y no presenta disminución respecto a los que pasan la certificación del sistema de calidad. Durante la fase de operación, no se produce mucha salida de paneles, dado que rara vez fallan si se realizan las mantenciones adecuadas y oportunas.

Por último, la fase de cierre del proyecto es en la que se proyecta la mayor cantidad de paneles solares como residuos, ya sea por un recambio tecnológico o el desmantelamiento completo de la central solar. Según fichas técnicas del fabricante, los paneles poseen una garantía hasta 30 años posteriores, con una eficiencia del 80%.

En base a lo anterior, es posible señalar que, los paneles a los 30 años de uso aún poseen una eficiencia de al menos el 80%. Sin embargo, para efectos del negocio de venta de energía, ya no son rentables, y es preferible realizar un recambio o dar de baja el proyecto, si la inversión no es económicamente rentable

Identificación manejo actual del problema

a) Disposición de paneles en relleno sanitario

Actualmente, por disposición de la Secretaria Ministerial de Salud, los paneles solares deben ser gestionados ambientalmente como residuos peligrosos en un relleno de seguridad autorizado. Para aquello, el generador debe contar con un transportista certificado y un contrato con el sitio de disposición final autorizado para estos fines.

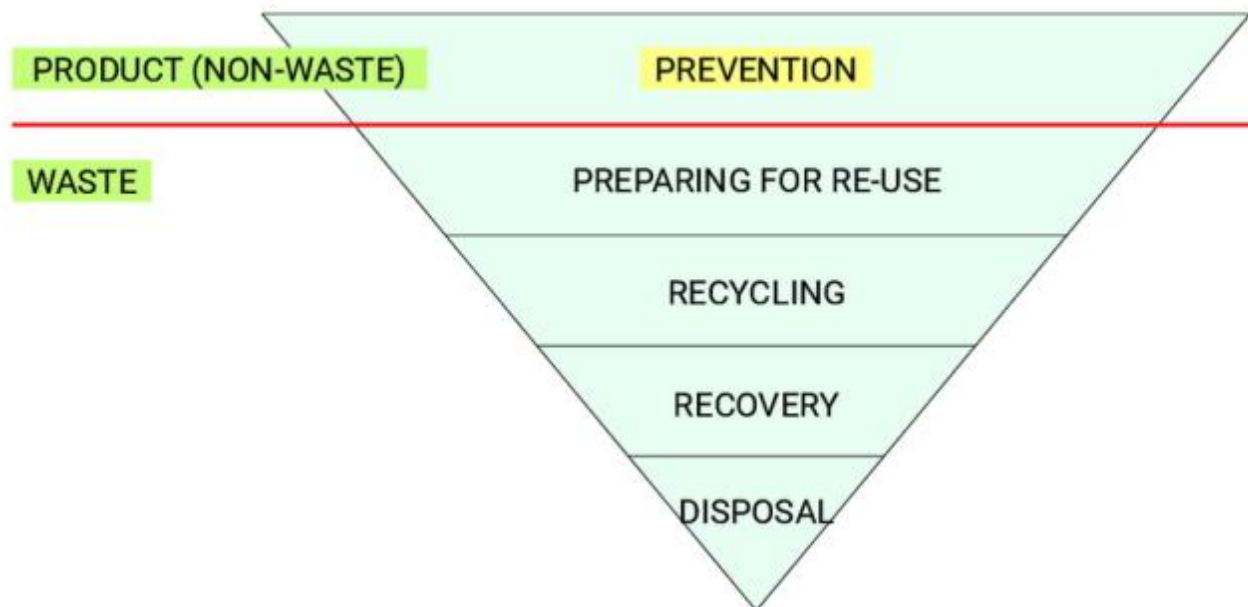
Análisis del estado del arte

El acelerado crecimiento de la energía fotovoltaica a nivel mundial generará grandes cantidades de residuos de módulos fotovoltaicos en el futuro, de hecho, recientes publicaciones estiman que para el 2030 existirán entre 1,7 y 8 toneladas de residuos acumulados, dando urgencia de la necesidad de soluciones adecuadas para la gestión de los módulos fotovoltaicos al fin de su vida útil (IRENA, 2016).

Aunque los sistemas fotovoltaicos pueden generar electricidad limpia durante 20 a 30 años, los desafíos inherentes al final de su vida útil (EoL, End of Life en inglés) de los sistemas fotovoltaicos actuales presentará una importante prueba de sostenibilidad y gestión de productos para la industria fotovoltaica en la próxima década. Por lo tanto, contar con una estrategia de fin de vida de módulos sostenibles es esencial para el futuro despliegue de tecnologías fotovoltaicas (Deng et al., 2020).

Hoy en día, la mayoría de los módulos EoL van a los vertederos, principalmente porque los procesos de reciclaje de módulos fotovoltaicos aún no son económicamente viables y la regulación en la mayoría de los países aún no está bien establecida. La inclusión tardía o no de los residuos fotovoltaicos en la legislación de residuos de los países suele estar relacionada con las cantidades hasta ahora bajas de módulos fotovoltaicos EoL, debido a su larga vida útil (hasta 25-30 años o más) (Lunardi et al., 2018).

Hay varias opciones para tratar los residuos en general, desde prepararlos para su reutilización hasta su eliminación, como se enumera esquemáticamente en el triángulo de jerarquía de residuos utilizado en la Directiva Marco Europea de Residuos (DMA) (Heide et al., 2021).



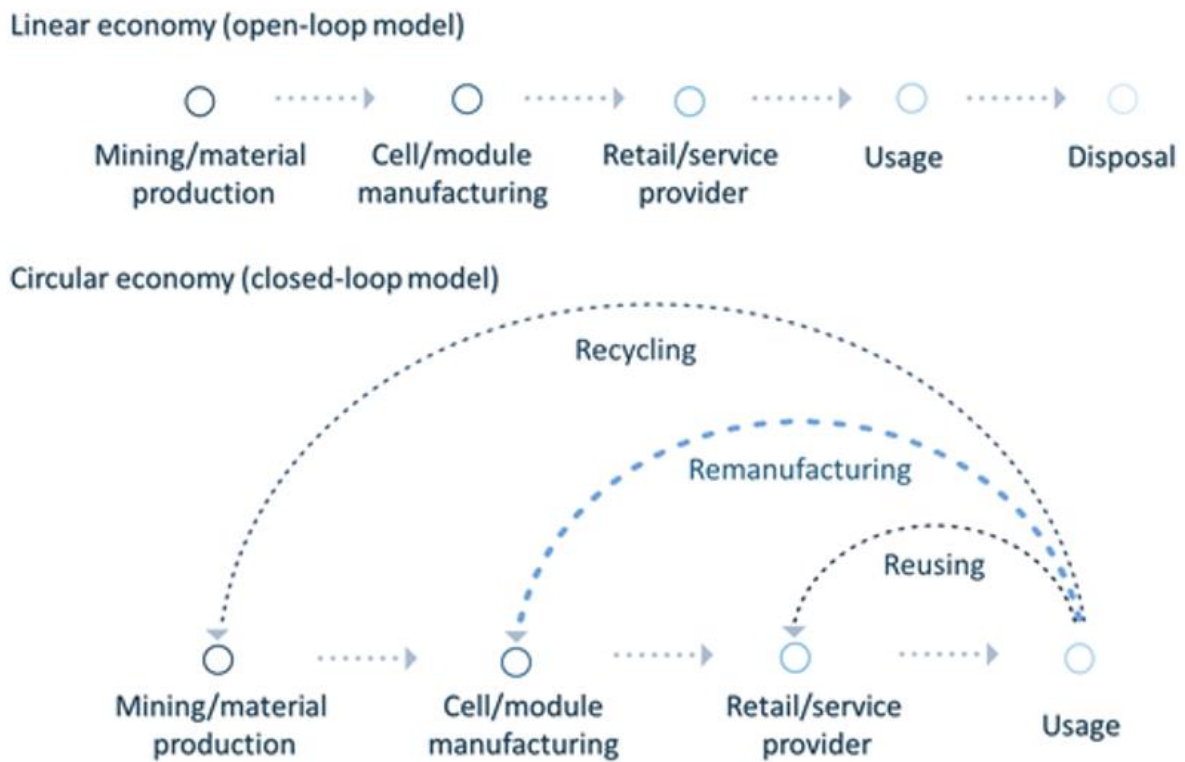
Fuente: Heide et al., 2021.

Figura 19. Triángulo de jerarquía de residuos según DMA

Avanzar en este triángulo significa avanzar hacia una opción más favorable desde una perspectiva medioambiental. Es importante salir de un enfoque de economía lineal y adoptar un enfoque de economía circular en la industria fotovoltaica, que incluya estrategias de reciclaje, remanufactura y reutilización.

En el modelo de circuito abierto, los módulos fotovoltaicos se depositan en vertederos o se almacenan cuando alcanzan el fin de vida, que es la práctica actual en la mayoría de los países. Por el contrario, el modelo de circuito cerrado recupera materiales de los módulos EoL y los devuelve a la cadena de suministro fotovoltaico para reducir los volúmenes de residuos y los impactos ambientales, al tiempo que aumenta significativamente la eficiencia de los recursos.

En el modelo de circuito cerrado se puede visualizar que la vía externa se centra en el reciclaje de materias primas, cuyo enfoque se centra en recuperar material de alta calidad que pueda introducirse directamente en la cadena de suministro del producto original sin volver a convertirse en materia prima. Por ejemplo, reciclando silicio de grado solar (SoG-Si) o intacto. obleas de silicio utilizadas para fabricar nuevos módulos fotovoltaicos.



Fuente: (Deng et al., 2020)

Figura 20. Esquemas de modelos de economía lineal y circular para la industria fotovoltaica

La remanufactura se centra en la reutilización directa de todo el módulo después de haberlo reparado o de haber reemplazado subcomponentes, como cajas de conexiones defectuosas. Los estudios de evaluación del ciclo de vida (LCA, Life Cycle Análisis en inglés) han demostrado que la remanufactura de módulos fotovoltaicos de segunda vida con silicio recuperado conduce a un resultado ambientalmente satisfactorio, principalmente porque evita las cargas ambientales derivadas de la producción primaria de materiales.

Por último, la reutilización se define como "las operaciones de control, limpieza o reparación mediante las cuales productos o componentes de productos que se han convertido en residuos se preparan de manera que puedan ser reutilizados sin ninguna otra previa" (Heide et al., 2021).

I. OBJETIVOS DEL PROYECTO

Objetivo General

Generar una propuesta de valor que contribuya a buscar soluciones sostenibles a la industria solar fotovoltaica en lo que respecta al fin de la vida útil de los paneles solares fotovoltaicos de un parque solar de mediana y gran escala.

Objetivos Específicos

- Diagnóstico de la situación actual del problema en la organización
- Diseñar propuesta de valor como alternativa de solución sostenible al problema
- Desarrollar plan de implementación del proyecto de inversión
- Evaluar económicamente la propuesta para cuantificar beneficios sociales y privados

V. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

II. Metodología

Diagnóstico de la situación actual del problema

Se realiza revisión bibliográfica de normativas y circulares que regulen los paneles solares y se complementa con información recabada a través de entrevistas semiestructuradas con encargados ambientales de la compañía con el propósito de analizar el estado actual del manejo de los paneles solares fotovoltaicos que finalizan su vida útil al interior de las plantas solares y que deben ser sometidos a disposición final.

Diseño del Proyecto.

El resultado esperado consiste en establecer una propuesta que permita revalorizar los paneles solares que se encuentren en desuso por la compañía o aquellos que serán desmantelados frente a una repotenciación del parque solar o por finalización de la vida útil del proyecto de inversión, con tal de evitar su envío a un relleno sanitario.

Plan de implementación.

El resultado esperado consiste en efectuar un cronograma de actividades para la implementación de la alternativa de solución, detallando los pasos a seguir y los responsables de llevarlo a cabo.

Evaluación económica del Proyecto

Para evaluar si la alternativa de solución al problema de paneles solares en desuso es económicamente rentable para la organización, se consideran las siguientes etapas de análisis de costos:

A. Evaluación económica sin el proyecto

Actualmente, la disposición final de los paneles solares en desuso en un relleno sanitario de seguridad constituye una solución de gestión ambiental vigente y autorizada por la autoridad correspondiente. Para estimar los costos de enviar los residuos a un relleno sanitario se recurre a información bibliográfica, entrevistas semiestructuradas a encargados de gestión ambiental dentro de la compañía y cotizaciones a empresas que entregan el servicio de transporte y disposición final de residuos peligrosos.

B. Evaluación económica con el Proyecto.

El escenario con proyecto considera la revalorización de los paneles FV en desuso a través de su reutilización en proyectos de implementación de soluciones FV en viviendas. Para realizar la evaluación se realizó una revisión de los costos de mercado necesarios para incurrir en la compra de los equipos, insumos, mano de obra e infraestructura necesarios para su materialización, y se toman como referencia un proyecto de autogeneración.

Para el caso de venta de paneles de segunda mano, se utiliza información bibliográfica que acerca los costos y ganancias que podrían generarse.

Análisis de rentabilidad.

Para el análisis se considera un enfoque de evaluación costo-beneficio a través de la cuantificación de los beneficios económicos para la sociedad al utilizar los paneles solares bajo una gestión sostenible. por otro lado, los beneficios que obtendría la empresa al revalorizar o reacondicionar los paneles solares para ser utilizados como producto de segunda mano. Para comparar los escenarios, se realiza una cuantificación a través de un flujo de caja y el uso del indicador financiero valor actual neto (VAN).

VI. PLAN DE TRABAJO:

A continuación, se detalla el plan de trabajo para lograr desarrollar el proyecto de inversión propuesto. Este tiene por objetivo proponer una alternativa sustentable a la gestión de paneles solares al fin de su vida útil, y contempla las siguientes actividades descritas en la Tabla 16.

El detalle del plan de implementación para la alternativa de solución al problema de los paneles solares en desuso o desmantelados al interior de los parques solares se presenta en la Tabla 17. Para aquello, se utiliza como marco de referencia los criterios del modelo de gestión integrada propuesto, involucrando y colocando énfasis en cada una de las materias necesarias para lograr su implementación:

Tabla 17. Plan de trabajo Proyecto de inversión

Objetivo específico	Actividades	Resultados relacionados con la actividad	MESES					
			1	2	3	4	5	
Diagnóstico de la situación actual del problema	Caracterización de los residuos	Análisis cualitativo de paneles fuera de uso en la compañía	■					
	Estado actual y proyectado de los residuos	Análisis cuantitativo de paneles solares fuera de uso en la compañía.						
Diseño de propuesta de valor como alternativa de solución sustentable al problema	Diseño del Proyecto	Alternativas de solución al manejo de paneles fuera de uso		■				
	Plan de implementación	Actividades necesarias para llevar a cabo el proyecto						
Evaluar económica y socialmente la propuesta para cuantificar beneficios sociales y privados	Evaluación económica sin el proyecto	Costos actuales por disponer paneles solares en un relleno sanitario					■	
	Evaluación económica con proyecto	Beneficios de desarrollar la alternativa de manejo sustentable						
	Rentabilidad	Viabilidad del Proyecto						

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Plan de implementación Proyecto de inversión

Materia	Actividades	Responsable
Liderazgo	Realizar diagnóstico de paneles solares fuera de uso en la compañía	
	Informar y sensibilizar a Gerencia del problema emergente de los paneles solares	Encargado ambiental
	Presentar beneficios sociales y privados de darle un segundo uso a los paneles solares descartados	Encargado SGI
Planificación	Elaborar procedimiento de carga, descarga e instalación de paneles	Encargado SSO
	Elaborar procedimiento de retiro y almacenamiento de paneles solares en desuso Establecer protocolo para medir estado de paneles solares	Encargado eléctrico
	Elaborar procedimiento para implementación de propuesta en comunidades	Encargado SGI y Gerencia
	Elaborar canales de venta de paneles de segunda mano	Encargado SGI y Gerencia
Apoyo	Informar y sensibilizar a los trabajadores en el manejo de paneles	Encargado SSO y ENV
	Capacitar acerca del protocolo de revalorización de paneles en desuso	Encargado SSO
	Capacitar personal encargado de instalación de	

	sistemas fotovoltaicos on-grid	Encargado SSO y área eléctrica
Operación	Evaluación y revisión de paneles solares descartados o en desuso	Área eléctrica
	Recertificación de paneles 2 ^{da} mano	Asesor externo
	Desarrollar indicador de paneles puestos en valor fuera de faena	Encargado SGI
Mejora continua	Comunicar a Gerencia de los resultados de la medida implementada	Encargado SGI

Fuente: Elaboración propia

VII. PRODUCTOS O RESULTADOS ESPERADOS

Descripción del producto

El presente proyecto tiene como propósito proponer una alternativa sostenible frente al manejo de paneles solares que son descartados o colocados fuera de uso al interior de los parques solares fotovoltaicos. A continuación, se presentan las alternativas propuestas:

a) Reutilización en un sistema de autogeneración ON-GRID

Se busca extender la vida útil de aquellos paneles solares que se encuentran en desuso o son desmantelados, considerando que, aún cuentan con un nivel de eficiencia aprovechable, mediante la provisión de un sistema eléctrico de autogeneración a instituciones comunitarias, tales como junta de vecinos, centros comunitarios o jardines infantiles. De esta manera, se busca incorporar principios de economía circular en el proceso de la compañía y a su vez contribuir a lograr una equidad social en el acceso a un suministro eléctrico saludable a través de energías limpias en un contexto de generación distribuida.

b) Recertificación de paneles para ingresarlos al mercado como (Reuse)

Consiste en realizar chequeos visuales y mediciones eléctricas de los paneles en desuso o desmantelados, a modo de verificar si cuentan con potencial de transformación eléctrica. Y en caso de requerir pequeñas reparaciones, lograr su reacondicionamiento para un uso menos intensivo.

Estos paneles podrían ser vendidos como activo por la organización, generando un mercado de paneles de segunda mano.

Resultado final

Se busca extender la vida útil de aquellos paneles solares que se encuentran en desuso o son desmantelados, considerando que, aún cuentan con un nivel de eficiencia aprovechable, mediante su revalorización y reutilización. De esta manera, se busca incorporar principios de economía circular en el proceso de la compañía, evitando que un producto que aún posee vida útil sea desechado a un relleno sanitario, y se convierta en basura contaminante, reduciendo la carga de residuos peligrosos a los centros de disposición final y extendiendo su uso para disminuir los GEI mediante al uso de energías limpias.

Si bien, no es una solución a largo plazo para la problemática de los residuos de la industria solar, permitirá extender su operatividad dentro del sistema, hasta que existan políticas públicas que aborden las obligaciones de los generadores para su tratamiento, financiamiento, subvenciones del estado y así también, un mercado y los centros aptos para el reciclaje de estos desechos.

Beneficios esperados para la organización y grupos de interés involucrados

Bajo la implementación de este proyecto, se busca incorporar una alternativa de gestión ambientalmente sustentable frente a la generación de paneles solares fotovoltaicos en desuso. Evitando que se conviertan en residuos y sean llevados a un relleno sanitario. De esta forma, se evitará la generación de residuos electrónicos y por ende, la carga ambiental que recae sobre los rellenos sanitarios.

La propuesta tiene como propósito que el desarrollo energético de la organización vaya de la mano con el progreso de las comunidades, a través de soluciones seguras y sostenibles. A razón de lo anterior, se propone como alternativa principal implementar sistemas de generación de autoconsumo on-grid a instituciones comunitarias, tales como junta de vecinos, centros comunitarios o jardines infantiles, de tal forma contribuya en la transición de energías limpias y eficiencia energética. La implementación de este sistema ayudará a los beneficiarios a reducir costos de energía eléctrica y a su vez contribuirán a no generar gases de efecto invernadero.

Por otro lado, la venta de paneles de segunda mano permitirá darle valor agregado a paneles que aún cuentan con una eficiencia de conversión útil para sistemas menos intensivos. Permitiendo considerarlo como un activo dentro de la compañía, a través de la prolongación de su vida útil fuera de los parques solares.

Lo anterior, se sustenta según el análisis realizado por Tao et al. (2020), donde concluyen que la reutilización de los módulos genera más ingresos, en comparación a los métodos de reciclaje,

ya que requiere un menor número de pasos de procesamiento que el reciclaje y la extracción de materiales.

Sin embargo, cabe destacar que, el tratamiento de los módulos continúa siendo un reto de políticas públicas con repercusión en el componente ambiental y de salud pública, donde urge la comunicación entre las partes interesadas para comenzar mesas de trabajo para hacerse cargo de los impactos ambientales que significa enviar los paneles solares a relleno sanitario.

Estas deficiencias pueden superarse mediante la introducción de planes e incentivos de reciclaje; participación de los fabricantes en las prácticas de investigación y la toma de decisiones; conciencia sobre la gestión de residuos entre los fabricantes públicos y de pequeña escala (Nain y Kumar, 2020).

VIII. DETALLE DE PRESUPUESTO

Evaluación económica del Proyecto

I. Evaluación económica Situación sin Proyecto

a) Disposición de paneles en relleno sanitario

Costo servicio de retiro (Transportista certificado): \$700.000 pesos

Costo recepción en relleno sanitario= 10,5 UF/Ton

Estimación del costo de disponer 50 unidades de panel solar en relleno sanitario:

$$\text{Costo servicio de disposición final de Paneles Solares} = 10,5 \text{ UF/Ton}$$

$$10,5 \text{ UF/Ton} = \$383.765/\text{Ton}$$

Si consideramos que un panel de 500 Wp pesa aproximadamente 33 Kg cada unidad.

$$0,033 \text{ Ton/panel} * \$383.765 = \$12.664/\text{panel}$$

Durante la fase de construcción del parque solar, se generan aproximadamente 50 paneles descartados, el costo de sólo enviarlo a relleno sanitario tendrá un costo de \$633.200 pesos chilenos (CLP).

$$50 \text{ unidades panel} * \$12.664/\text{panel} = \$633.200$$

Para llegar a relleno sanitario es necesario contratar un servicio de transporte de residuos peligrosos autorizado por el Seremi de Salud, cuyo costo bordea los \$700.000 CLP.

Costo enviar a Relleno sanitario

$$= \text{Costo recepción} + \text{Costo transporte} + \text{Costo socioambiental}$$

El costo ambiental y social de enviar un panel solar fotovoltaico a relleno sanitario, tiene relación con la valorización y cuantificación de los costos que significa para la sociedad el desarrollo de aquellos impactos que se producirían al ejecutar esa alternativa tanto para el medio ambiente como los efectos de este sobre las comunidades o personas aledañas a los sitios de disposición final.

Para poder valorizar este costo, se recurre a información bibliográfica, donde se cuantificó el impacto ambiental que supone el envío de los paneles al final de la vida útil del proyecto a un relleno sanitario (landfill), y al Informe de precios sociales 2023, de la División de Evaluación Social de Inversiones (Midesof, 2023).

Tabla 19. Impactos potenciales de calentamiento global por tonelada de paneles según vía de tratamiento fuera de uso

Scenario	GWP ton CO ₂ eq/ton
A. Landfill	-60.421 (<i>negative impact</i>)
B. Reuse	60.421 (<i>avoided impact</i>)
C. Remanufacture (glass casing replaced)	58.767 (<i>avoided impact</i>)
D. Recycle	57.225 (<i>avoided impact</i>)

Fuente: Mathur et al. (2023).

Tabla 20. Precio social del carbono

Precio Social del Carbono. Año 2022		
Tipo de Vehículo	Unidad	Valor
Precio Social de CO ₂	\$CLP/ Ton CO ₂ eq	28.887

Fuente: MIDESOF, (2023).

Cantidad de kg de CO₂ por enviar 50 paneles solares fotovoltaicos a un relleno sanitario

$$\text{Costo ambiental (Landfill)} = 60.421 \text{ kg CO}_2 \text{ eq/Ton} * 1,65 \text{ Ton} = 99.695 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}$$

$$50 \text{ paneles a landfill} = 99,7 \text{ Ton CO}_2 \text{ eq}$$

$$\text{Costo social landfill} = \text{Precio social de CO}_2 * \text{Cantidad de Ton de CO}_2 \text{ eq}$$

$$\text{Costo social landfill} = 28.887 \text{ CLP/Ton CO}_2 \text{ eq} * 99,7 \text{ Ton CO}_2 \text{ eq} = \$2.880.034 \text{ CLP}$$

$$\text{Costo socioambiental} = \text{Costo social} + \text{Costo ambiental}$$

$$\text{Costo socioambiental Lanfill} = \$2.880.034 \text{ CLP}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo final de enviar a relleno sanitario (50 paneles)} \\ = \$633.200 \text{ CLP} + \$700.000 \text{ CLP} + \$2.880.034 \text{ CLP} \end{aligned}$$

$$\text{Costo de enviar a relleno sanitario 50 paneles} = \$4.213.234 \text{ CLP}$$

II. Evaluación económica Situación con Proyecto

b) Reutilización en Sistemas de autogeneración on-grid

Para el diseño de este sistema se utiliza como base el Estándar mínimo de Suministro Eléctrico Domiciliario Básico en Sistemas de Autogeneración, determinado por la división de Evaluación Social de inversiones del Ministerio de Desarrollo Social y Familia (MIDESOF).

El Ministerio de Energía a través del Oficio Ordinario N° 973 del 27 de Julio del 2015 ha definido un estándar mínimo de suministro eléctrico en proyectos de electrificación rural, en particular, en sistemas de autogeneración. Se recomienda técnicamente que el estándar mínimo sea de 24 horas de continuidad de servicio, en 220 V, corriente alterna (CA), para atender un consumo mensual mínimo de 65 kWh al mes, con una potencia por empalme por vivienda mínima de 1,7 kVA (SNI, 2022).

Proyecto: Sistema de consumo 2,2 KW día

N° de paneles: 3 unidades reutilizadas

Costo insumos

1 inversor de 1,5kW 24V = \$380.000 pesos

Medidor bidireccional: \$80.000

Kit cables para paneles solares= \$12.000

Kit montaje: \$60.000

Costo instalación mano de obra= \$50.000

Tabla 21. Evaluación económica (pesos) proyecto sistema de autogeneración ON-GRID

Proyecto Sistema	Periodo					
	0	1	2	3	4	5
Inversión						
1 inversor monofásico 1,5 KW	-380.000					
Costos						
Costo instalación (mano de obra)	-50.000					
Costo medidor bidireccional	-80.000					
Costo kit montaje coplanar	-60.000	0			0	
Kit cables para paneles solares	-12.000					
Beneficio						
Ganancia no consumir luz de Compañía eléctrica		147.756	147.756	147.756	147.756	147.756

Ganancia de no emitir CO ₂	28.740	28.740	28.740	28.740	28.740
Copago	80.000				
Flujo	-502.000	176.496	176.496	176.496	176.496
VAN SOCIAL (6%)	241.465				

Fuente: Elaboración propia

c) Remanufactura y reutilización

Para evaluar la opción de remanufacturar los paneles en desuso y habilitarlos para su reutilización, se recurrió a valores estimados por operadores de campo con experiencia en este tipo de soluciones.

Donde señalan que los módulos convencionales de segunda mano suelen venderse a un precio de 0,10 €/Wp, siendo entre 10 a 20 veces menor que su precio original.

Tabla 22. Estimación de costos totales según experiencia de operadores de campo

Defecto	Solución de reparación	Costes estimados/módulo (€)
Cables dañados	Reemplace los cables (incluidos los conectores)	20
Conector(es) de cable dañados o faltantes	Monte nuevos conectores en los cables.	5-10

Fuente: Heide et al. (2021)

Considerando que el Wp, se cotiza en aproximadamente \$100. Si se venden paneles de 500 Wp como segunda mano, se podría obtener un precio de \$50.000 aprox. por unidad.

Tabla 23. Evaluación económica (pesos) proyecto remanufactura y venta de paneles de segunda mano

Proyecto Remanufactura y venta de paneles segunda mano -	Periodo					
	0	1	2	3	4	5
Inversión						
Tester digital	-35000					
Costos						
Costo mano de obra	-1.000.000	-1.250.000	-1.250.000	-1.250.000	-1.250.000	-1.250.000
Costo reparación cables dañados	-1.000.000	-1.000.000	-1.000.000	-1.000.000	-1.000.000	-1.000.000
Costo reparación conectores de cables dañados	-250.000	-250.000	-250.000	-250.000	-250.000	-250.000
Ganancia						
Venta de paneles	2.500.000	2.500.000	2.500.000	2.500.000	2.500.000	2.500.000
Ahorro por no disposición en relleno sanitario		6.932.123	6.932.123	6.932.123	6.932.123	6.932.123
Flujo	215.000	6.932.123	6.932.123	6.932.123	6.932.123	6.932.123
VAN PRIVADO (6%)	29.415.622					

Fuente: Elaboración propia

Tal como se puede observar en los cálculos anteriores, la gestión de los paneles solares al fin de su vida útil por medio de la disposición en un relleno sanitario, tiene un costo para la empresa de \$4.213.234 pesos. Sin embargo, considerando que los paneles solares al final de la vida útil del proyecto solar, aún poseen vida útil, se presentan dos tipos de proyectos que buscan darle un valor agregado y potenciar su uso a través de un proyecto de autogeneración ongrid de menor consumo y escala de viviendas, y también la apertura de un mercado de remanufactura que permita venderlos como productos de segunda mano, para un uso menos intensivo.

A partir de la evaluación económica realizada en ambos proyectos, es posible observar, que el VAN es de carácter positivo, dando cuenta que, la inversión realizada produciría beneficios económicos, por lo que, es un buen proyecto de inversión y a su vez, contribuye momentaneamente a aplazar un problema ambiental mientras existen una legislación más clara a nivel país de que hacer con los paneles solares al finalizar la etapa de cierre de las centrales solares existentes.

IX. Bibliografía

- Arce, J. (2021). Desarrollo de la energía solar fotovoltaica a gran escala en Chile y los desafíos asociados a la gestión de residuos. Universidad de Concepción.
- Deng, R., Chang, N., Monteiro, M., Dias, P., Bilbao, J., Ji., J., Mun, C. 2020. Remanufacturing end-of-life silicon photovoltaics: Feasibility and viability analysis. *Progress in photovoltaics: Research and Applications*, 29(7), 760-774.
- Heide, A., Tous L., Wambach, K., Poortmans, J., Clyncke, J., Voroshazi, E. 2021. Towards a successful re-use decommissioned photovoltaic modules. *Progress in photovoltaics*, 30(8), 910-920.
- IRENA. (2016). End-of-life Management Solar Photovoltaic Panels. Recuperado el 07 de Noviembre de 2023. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_IEAPVPS_End-of-Life_Solar_PV_Panels_2016.pdf?rev=49a75178e38c46288a18753346fb0b09
- Lunardi, M., Alvarez-Gaitan, J., Bilbao, J., Corkish, R. 2018. Comparative life cycle assessment of end-of-life silicon solar photovoltaic modules. *Applied sciences*, 8(8), 1396.
- Midesof. (2023). Informe Precios sociales. Recuperado el x del x del 202x de https://sni.gob.cl/storage/docs/230401_Informe_Precios_Sociales_2023_SNI.pdf
- Nain, P., & Kumar, A. (2022). A state-of-art review on end-of-life solar photovoltaics. *Journal of Cleaner Production*, 343, 130978.
- Rosas, I. (2022). Modelo de proyección de residuos fotovoltaicos y opciones de uso para su revalorización. Santiago, Chile: Universidad de Chile.

Anexo 2. Anexo B. Matriz integrada de riesgos ambientales, laborales y sociales de una central solar fotovoltaica

Tabla 24. Matriz Integrada de peligros e impactos ambientales de la construcción, operación y cierre de centrales solares fotovoltaicas

MATRIZ INTEGRADA

IDENTIFICACION				EVALUACION							CONTROL	
Proceso/Rubro	Actividad	Peligro/Aspecto	Categoría de Impacto (S, Sa, D, P,E, L, C)	Riesgo Inherente (Sin controles)			Controles existentes	Eficacia de Controles %	Riesgo Residual			Acción Recomendada
				Consecuencia	Probabilidad	Nivel (A, M,B)			Consecuencia	Probabilidad	Nivel (A, M,B)	(Mejorar controles existentes/ implementar nuevos controles)
Construcción, operación y cierre	Módulos en desuso o dañados	Generación de residuos peligrosos	MA: Medio Ambiente	9	9	81	Almacenamiento RESPEL	50%	9	3	27	Se recomienda almacenar bajas cantidades y disponer en relleno de seguridad aquellos que no puedan ser reciclados
Construcción	Utilización de hormigón	Generación de residuos sólidos industriales no peligrosos	MA: Medio Ambiente	5	7	35	Piscina de lavado impermeabilizada	50%	3	5	15	-
Construcción	Carga de combustible - Camión surtidor	Derrame de combustible	MA: Medio Ambiente	5	5	25	Geotextil impermeabilizante	50%	3	3	9	-

Construcción	Uso de transformadores	Posibilidad de derrame de aceite dieléctrico	MA: Medio Ambiente	5	3	15	Pretil acumulador	%	3	3	9	-
Construcción	Cableado LMT	Colisión y/o electrocución de aves	MA: Medio Ambiente	5	5	25	Disuasores de vuelo	%	5	1	5	-
Construcción	Humectación de caminos	Consumo de agua industrial	MA: Medio Ambiente	3	3	9	Supresor de polvo	%	3	3	9	-
Construcción, operación y cierre	Trabajo general en faena	Exposición calor, frío, Radiación UV	S:Seguridad	3	9	27	EPP	25%	1	9	9	-
Construcción	Trabajo general en faena	Trabajo en ambiente ruidoso	S:Seguridad	3	9	27	EPP	25%	1	9	9	-
Construcción	Trabajo general en faena	Trabajadores en ambiente con polución	H:Salud	1	9	9	EPP	25%	1	9	9	-
Construcción	Descarga de materiales e izaje de postaciones	Transito con carga suspendida	S:Seguridad	9	3	27	Señalética, capacitación	50%	9	3	27	Establecer puntos de operación libres de personal
Construcción	Montaje paneles	Caída por superficie irregular	S:Seguridad	1	5	5	Señalética, capacitación	25%	1	5	5	-
Construcción	Hincado o perforación	Proyección de partículas	S:Seguridad	3	5	15	EPP	25%	3	3	9	-
Construcción	Hincado o perforación	Golpeado por o contra	S:Seguridad	7	3	21	Capacitación	50%	7	1	7	-

Construcción	Hincado o perforación	Ruido generado entre martillo e hinca	H:Salud	7	9	63	Protector auditivo tipo concha	25%	5	9	45	Fiscalización de uso y equipo con potencial de atenuación necesario
Construcción	Montaje de paneles	Carga y movimiento de paneles y vigas	S:Seguridad	7	7	49	Carga entre dos trabajadores	50%	3	9	27	Se recomienda manipulador telescópico
Construcción	Montaje estructuras y paneles	Golpeado por o contra	S:Seguridad	5	7	35	Capacitación, EPP	50%	3	5	15	-
Construcción	Montaje estructuras y paneles	Trabajo con equipos o herramientas con partes móviles	S:Seguridad	7	5	35	EPP, supervisión	25%	5	3	15	-
Construcción	Trabajos eléctricos	Uso de herramientas manuales	S:Seguridad	7	3	21	EPP	25%	7	3	21	-
Construcción	Apriete de estructuras	Uso de herramientas eléctricas manuales	S:Seguridad	3	7	21	EPP	25%	3	7	21	-
Construcción	Traslado de trabajadores	subida y bajada trabajadores	S:Seguridad	1	3	3	Señalética, capacitación	25%	1	3	3	-
Construcción	Traslado de trabajadores	Incidente automovilístico	S:Seguridad	9	1	9	Licencia de conducir y uso cinturones	25%	9	1	9	-
Construcción	Operación de maquinaria en faena	Exposición a maquinaria	S:Seguridad	7	3	21	Señalética, capacitación, alarma movimiento	50%	5	3	15	-

Construcción	Uso sustancias peligrosas	Operaciones con sustancias peligrosas	H:Salud	3	5	15	Capacitación	50%	1	3	3	
Construcción	Tránsito de maquinaria	Falta de atención o exceso de confianza conductor	S:Seguridad	9	1	9	Licencia de conducir	25%	9	1	9	-
Construcción, operación y cierre	Manejo de paneles solares rotos	Manejo de residuos con material peligroso	H:Salud	5	7	35	EPP	25%	5	7	35	Implementar plan de recambio y manejo
Construcción	Conexiones eléctricas	Realizar seriado string	S:Seguridad	9	3	27	Conexiones con planta desenergizada	50%	9	1	9	-
Operación	Mantenimiento conexiones eléctricas	Sistema energizado	S:Seguridad	9	3	27	Desenergizar planta	50%	9	1	9	-
Operación	Mantenimiento tendido eléctrico	Trabajo en altura	S:Seguridad	9	3	27	Arnés de seguridad	50%	9	1	9	-
Construcción	Transito y traslado vehicular	Aumento de los tiempos de desplazamiento	C: Comunidad	5	5	25	Evitar tránsito horario peak	50%	1	3	3	-
Construcción	Transito y traslado vehicular	Dificultad o impedimento para realizar actividades culturales	C: Comunidad	1	3	3	Coordinación con Municipalidad	50%	1	1	1	-

Construcción	Almacenamiento temporal de residuos	Atracción de plagas y vectores en la comunidad	C: Comunidad	3	3	9	Aseo y sitios de disposición operativos	50%	1	3	3	-
Construcción	Instalación de faena	Generación de ruido	C: Comunidad	5	5	25	Pantallas acústicas	50%	1	3	3	-
Construcción	Instalación de faena	Levantamiento de polvo en suspensión	C: Comunidad	5	5	25	Malla rashel	50%	1	3	3	-

Fuente: Elaboración propia en base a Céspedes 2022.

Anexo 3. Artículo de difusión

PROPUESTA SISTEMA GESTIÓN INTEGRADO PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS FOTOVOLTAICOS SUSTENTABLES

Paula González

Magister en Gestión Integrada: Medio ambiente, riesgos laborales y responsabilidad social empresarial.

Resumen

La energía solar se considera una energía limpia y amigable con el medio ambiente únicamente porque se toma en cuenta que mejora aspectos ambientales concretos en una etapa de su ciclo de vida; su uso. Sin embargo, el fin de la vida útil de los paneles atenta contra la sustentabilidad del rubro.

Es por ello, que el presente artículo tiene por objetivo proponer un modelo de gestión integrado que permita desarrollar proyectos solares fotovoltaicos sustentables. Su diseño plantea la incorporación de estándares ambientales, de salud y seguridad en el trabajo y de manera transversal la incorporación de principios de responsabilidad social empresarial, los que en conjunto contribuirán a desarrollar una gestión integral y que apunte a lograr un proceso sustentable.

El diagnóstico de la industria y su análisis de desempeño se logró a través del uso de herramientas estratégicas y entrevistas con encargados del sector, identificando brechas y medidas de mejoras al sistema de gestión. Como resultado, se obtiene un modelo de gestión integrado que permita articular la gestión de la organización de manera planificada y coordinada bajo consideraciones que apunten a lograr un desarrollo más sustentable.

Palabras claves: fotovoltaica, gestión integrada, desarrollo sustentable, RSE, economía circular.

Introducción

El nuevo modelo de generación eléctrica a través de fuentes de energía renovable como, la energía solar fotovoltaica, generará sin lugar a duda, innumerables ventajas para el medio ambiente, en especial en relación con el cambio climático, al evitar un incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera. Sin embargo, la instalación de nuevas plantas solares fotovoltaicas no está exenta de potenciales impactos sobre el medio ambiente y su diseño debería considerar la sensibilidad de los medios receptores, para que pueda ser ambientalmente sostenible de manera global (MITECO, 2022).

Considerando que la expansión de paneles solares se expande rápidamente por los territorios, cabe hacer presente que también lo están haciendo sus desechos, siendo esto uno de los grandes obstáculos en el horizonte para que la energía solar fotovoltaica sea sostenible (Tao et al., 2020).

Materia y métodos

De manera inicial se realizó un diagnóstico del contexto interno y externo de la organización, a través del “Manual de diagnóstico, implementación, monitoreo y evaluación de la responsabilidad social basado en la norma ISO 26.000 e indicadores GRI4” (Azevedo, J. & Serrano, S., 2019) y herramientas estratégicas tales como, cadena de Porter (Porter, 1986), análisis FODA (Thompson et al., 2012), análisis PESTAL (Johnson et al., 2008) y análisis de Stakeholders (Acuña, 2012).

Luego se realizó un análisis de desempeño ambiental, laboral y social de la organización, a través de entrevistas semiestructuradas (Sayago, 2014), revisión de Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA), reportes de fiscalización a través del Sistema Nacional de Información y Fiscalización Ambiental (SNIFA) y una autoevaluación de Responsabilidad Social Empresarial (Yepes, 2016).

Finalmente, se procedió a revisar el desempeño de la organización respecto a las ISO 9001:2015; 14.000:2015; 45.000:2018 y 26.000:2010, con el objetivo de identificar brechas y proponer las mejoras al sistema de gestión.

Resultados

A partir del diagnóstico del contexto interno y externo de la organización es posible señalar que la industria solar posee alta experiencia en el rubro y presenta una serie de oportunidades debido a factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ambientales y legales favorables.

Los riesgos más significativos dentro de la industria tienen relación con el manejo y disposición final de residuos peligrosos, el ruido generado durante el proceso de hincado y el levantamiento de material particulado.

Sin embargo, el más destacable y el que aporta mayor insustentabilidad a la industria solar, corresponde al manejo de los paneles solares, dado que no existen regulaciones claras para el tratamiento final de los paneles fuera de uso, siendo en la gran mayoría de los países enviados a vertedero (Rosas, 2022).

Con el fin de desarrollar proyectos solares sustentables, se plantea una propuesta de sistema de gestión que permita mejorar el desempeño de la organización en aspectos ambientales, laborales y sociales.

Cabe destacar que no todas las empresas solares poseen un sistema de gestión. Sin embargo, la organización estudiada contaba con un sistema de gestión de calidad, ambiental y laboral.

A partir del análisis de desempeño del sistema de gestión, fue posible identificar que las principales falencias radican en la falta de planificación de la organización para alcanzar los objetivos propuestos del sistema de gestión, falta de medidas de control operacional y deficiencias en la evaluación de desempeño.

Por lo tanto, se planteó como propuesta la mejora del sistema de gestión integral, a través de la integración de las normas ISO (9001:2015;14001:2015;45.001:2018 y 26.000:2010) a través del ciclo PHVA, el cual contribuye a gestionar los procesos de la organización hacia una mejora continua.

Por último, con el fin de abordar de manera interna lo que es la gestión de los paneles solares en desuso o que eventualmente sean desmantelados, se propone

como alternativa de gestión de aquellos que aún cuentan con capacidad de conversión de energía, ser manejados mediante técnicas de remanufactura y revalorización, que permitan incorporar principios de economía circular a los procesos de la industria y otorgarles a los paneles una segunda vida útil menos intensiva.

Discusión de resultados

Las causas principales de los riesgos ambientales, laborales y sociales de carácter significativos identificados se deben principalmente a una falta de planificación estratégica y ausencia de planes de acción para cada riesgo.

Ahora bien, en lo que respecta al sistema de gestión de la organización, si bien cuenta con la implementación de un sistema de gestión calidad, ambiental y laboral certificado en ISO 9001:2015, 14.001:2015 y 45.001:2018, el diagnóstico realizado deja puesto en evidencia notables deficiencias a nivel de liderazgo, planificación y operación, producto de un bajo nivel de personal a cargo del SGI, y de la asignación de roles y responsabilidades a nivel internacional, situación que dificulta la ejecución y la supervisión de la operatividad del sistema de gestión en sus distintas faenas.

Respecto a la RSE, si bien su visión contempla “empoderar a las comunidades locales en temas de energías renovables, para que sean autónomos y al mismo tiempo contribuyan a cuidar al planeta”, no se otorga ningún beneficio social para comunidades del entorno.

Conclusión

El Proyecto de graduación se enfoca en proponer un modelo de gestión integral que contribuya a diseñar y operar proyectos solares sustentables. Para aquello, fue imprescindible abordar las brechas significativas identificadas a partir del diagnóstico y análisis de desempeño de la organización, donde se destaca que, la causa raíz principal de los riesgos, ambientales, laborales y sociales provienen de un sistema de gestión débil, existiendo baja comunicación entre las áreas del proceso de negocio, baja implementación, supervisión y seguimiento de los sistemas de gestión.

En lo que respecta al proyecto de inversión, se busca ser pioneros en una solución sustentable frente a los paneles solares catalogados fuera de uso dentro de los parques solares, adquiriendo beneficios sociales y privados, que a su vez, lo hacen una medida viable, previa a que existan regulaciones claras y sustentables de cómo tratar adecuadamente los residuos fotovoltaicos.

En conclusión, se espera que mediante la implementación de mejoras al SGI se logre subsanar aquellos procesos que impiden mejorar el desempeño de la organización, permitiendo corregir aquellas desviaciones del estándar de cumplimiento esperado y acercándolo cada vez más a lograr procesos sustentables.

Referencias bibliográficas

- Acuña, A. (2012). La gestión de los stakeholders, análisis de los diferentes modelos. Argentina: Universidad Nacional del Sur.
- Johnson, G., Scholes, K., & Whittington, R. (2008). Exploring Corporate Strategy. Pearson Education Limited.
- MITECO. (2022). Guía para la elaboración de estudios de impacto ambiental de proyectos de plantas solares fotovoltaicas y sus infraestructuras de evacuación. Recuperado el 02 de Junio del 2023 de https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/guiaelaboracionesiaplantafotovoltaicassgea_tcm30-538300.pdf
- Porter, M. (1986). Ventaja Competitiva. Editorial C.E.C.S.A. México.
- Rosas, I. (2022). Modelo de proyección de residuos fotovoltaicos y opciones de uso para su revalorización. Santiago, Chile: Universidad de Chile.
- Sayago, S. (2014). El análisis del discurso como técnica de investigación cualitativa y cuantitativa en las ciencias sociales. Cinta moebio 49: 1-10
- Tao, M., V. Fthenakis, and B. Ebin. (2020). Major challenges and opportunities in silicon solar module recycling,,Progress in Photovoltaics Wiley,28,1077–1088.

- Thompson, A., Strickland, A., Colado, P., Sánchez, M. (2012), Dirección y Administración Estratégicas, Conceptos, casos y lecturas. Edición especial en español. México. Mac Graw Hill Inter Americana y editores.
- Yepes, G. (2016). Manual para la Evaluación de la Responsabilidad Social en la Organización Social. Bogotá, Colombia: Universidad Externado de Colombia.