

08-005

## PLAN FOR THE PREVENTION OF OCCUPATIONAL RISKS IN A PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY PROJECT.

Otero-Mateo, Manuel <sup>(1)</sup>; Cerezo-Narváez, Alberto <sup>(1)</sup>; Peinado-Bueno, Francisco Manuel <sup>(1)</sup>;  
Pastor-Fernández, Andrés <sup>(1)</sup>; García-Hochenleyter, María Del Carmen <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Universidad de Cádiz, <sup>(2)</sup> Diputación de Cádiz

It is considered essential, in any project, the establishment, monitoring and compliance with quality specifications, reflected in the Project Quality Plan, which defines how they will be achieved, as well as the procedures to carry them out. The case study corresponds to a Spanish engineering company, subcontracted to perform the work of foundation and installation of solar trackers, as well as the installation of photovoltaic modules in the northern area of Chile, and must comply with the regulations on Risk Prevention. The director of the project is the executive responsible for the quality of this, responsible for the production department, for the approval of the deliverables of the project, among which is the Occupational Risk Prevention Plan, for which the safety and health in the Work is not an element alien to the competences that the Project Director must develop. In this way, the integration of safety and health is strengthened, identifying from the initial phase of the project the activities necessary to perform the evaluation of the performance of the Management System, it is possible to establish those responsible for monitoring, measuring and reporting the indicators.

**Keywords:** *Prevention; Risks Quality plan; Project Director; Photovoltaic*

## PLAN DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES EN UN PROYECTO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.

Se estima imprescindible, en cualquier proyecto, el establecimiento, seguimiento y cumplimiento de unas especificaciones de calidad, reflejado en el Plan de Calidad del Proyecto, el cual define cómo se va a lograr cumplirlas, así como los procedimientos para llevarlos a cabo. El caso de estudio corresponde a una empresa de Ingeniería española, subcontratada para realizar los trabajos de cimentación e instalación de los seguidores solares, así como la instalación de los módulos fotovoltaicos en la zona norte de Chile, debiendo cumplir con la normativa en Prevención de Riesgos Laborales. El director del proyecto es el responsable ejecutivo de la calidad de este, responsable del departamento de producción, de la aprobación de los entregables del proyecto, entre los cuales está el Plan de prevención de riesgos laborales, por lo que la seguridad y salud en el trabajo no es un elemento ajeno a las competencias que debe desarrollar el Director del Proyecto. De esta forma, se potencia la integración de la seguridad y salud, identificando desde la fase inicial del proyecto las actividades necesarias para realizar la evaluación del desempeño del Sistema de Gestión, es posible establecer los responsables del seguimiento, medición e informe de los indicadores.

**Palabras clave:** *Prevención; Riesgos; Plan de Calidad; Director del Proyecto; Fotovoltaica*

Correspondencia: Manuel Otero Mateo [manuel.otero@uca.es](mailto:manuel.otero@uca.es)

Acknowledgements/Agradecimientos: Al Departamento de Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial de la Escuela Superior de Ingeniería de Cádiz y al Grupo de Investigación TEP955-Ingeniería y Tecnología para la Prevención de Riesgos Laborales (INTELPREV), de la Universidad de Cádiz



©2019 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## **1. Introducción**

En un mundo cada vez más globalizado, el mercado de ventas y oportunidades se encuentra en gran diversidad de países del mundo, situación que ofrece la coyuntura idónea para el crecimiento, tanto empresarial como laboral para multitud de trabajadores y, de forma específica, para la productividad en Chile, tal como analiza Canales, et al. (2018). Con esta visión, el sector de las energías renovables cumple un papel importante en el desarrollo, refuerzo y crecimiento de las nuevas infraestructuras de generación eléctrica de los países, tal como indica Solimiano (2017).

Por la propia naturaleza de este tipo de instalaciones, la ubicación de estas requiere de grandes extensiones de terreno, normalmente remotas, como es el caso del Desierto de Atacama, aunque sin embargo idóneas debido a su potencial energético solar, como analizan Escobar et al. (2018). Este contexto lleva a la aparición de nuevos riesgos para la salud de los trabajadores implicados (muchos de ellos inmigrados), desconocimiento de las propias normativas (internacionales, nacionales y locales) en materia de seguridad y salud, así como posibles incompatibilidades de regulación en la materia.

La generación de un plan de prevención, la integración de este en el proyecto global, así como el acompañamiento durante todo el proceso, de una cultura preventiva, se hace imprescindible. El Plan de Prevención, deberá contener, además de los propios apartados de su propia disciplina, una estructura alineada con la metodología de Dirección de Proyectos elegida.

Aunque el propio documento debe cumplir con la normativa chilena en materia de seguridad (Ley 16.744 que establece las normas sobre Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales, de 1968), esta se tratará de reforzar mediante la complementación de la normativa española (Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales), eligiendo las condiciones más favorables de ambas para garantizar el cuidado de la salud de todos los trabajadores del proyecto.

## **2. Objetivos**

En esta investigación se pretende presentar los aspectos principales a tener en cuenta para el desarrollo de un Plan de Prevención de Riesgos Laborales inserto en un proyecto solar fotovoltaico en una zona desértica de Chile, llevado a cabo por una empresa española, así como la integración del mismo en un proyecto global, además de la comparativa de normas y el establecimiento de estándares mínimos de calidad en materia de prevención. Los principales objetivos de la presente comunicación son:

- Establecer las medidas mínimas para la elaboración de un plan de prevención de riesgos laborales de una empresa española en Chile.
- Indicar las acciones mínimas para la integración del plan en el proyecto.
- Asegurar la calidad del Plan en base al del proyecto fotovoltaico.
- Establecer criterios mínimos de prevención de riesgos laborales, mediante comparación de normas españolas y chilenas.

## **3. Metodología**

La metodología utilizada en esta investigación es el estudio de caso. Al no separar el fenómeno de su contexto, y partiendo de un modelo teórico preliminar para construir una teoría y alcanzar un modelo explicativo más completo, se crean nuevos marcos teóricos, comprobando su aplicación práctica, se analiza en profundidad la complejidad del fenómeno

objeto de estudio y se llegan a considerar los puntos de vista de todas las partes involucradas (Vargas, Arandia, y Cordova, 2016).

En primer lugar, habrá de asegurarse la alineación del proyecto parcial en el total (insertando el plan de prevención de riesgos en el proyecto fotovoltaico). A continuación, habrá de establecerse las medidas que aseguren la calidad de la redacción del propio documento. Seguidamente, es necesario proceder a la elaboración de la memoria del plan de prevención de riesgos laborales y de los procedimientos de trabajo seguro. Una vez establecido el marco de trabajo, es necesario realizar la evaluación de riesgos y establecer las medidas de mitigación correspondientes, planificándolas y dotándolas de un soporte de recurso económico. Para finalizar, se procederá a la comparación de las normativas implicadas contextuales.

### **3.1. Alineación del plan al proyecto fotovoltaico.**

Ya que la seguridad y salud está presente en toda la vida útil del proyecto solar, la estructuración del Plan de Prevención, así como la de sus procesos asociados, se deberán alinear con dicho proyecto, desde la redacción de la propia Acta de Constitución que empodera a la dirección del proyecto hasta el cierre del proyecto. De este modo, la dirección del proyecto deberá asegurar la inclusión de la Seguridad y Salud en todos los grupos de procesos del proyecto: desde el inicio, hasta el cierre, pasando por la planificación, ejecución y monitoreo y control. No obstante, una vez iniciado el proyecto, una parte importante del esfuerzo se centra en los procesos de planificación, ejecución y monitoreo y control, reduciéndose paulatinamente hasta su cierre.

El Director de Proyecto deberá evaluar el impacto de la gestión de prevención de riesgos laborales tanto en el aspecto económico, como en el desarrollo del cronograma, adquisiciones y subcontrataciones, comunicaciones, involucramiento de las partes interesadas, riesgos, además de la gestión de la calidad del proyecto, haciendo referencia a la misma con la gestión del alcance del mismo, desde la definición de Requisitos y Objetivos hasta la Planificación y Control de Cambios, tal como menciona Cerezo-Narváez, Otero-Mateo y Pastor-Fernández (2017).

### **3.2. Plan de calidad durante la redacción del plan.**

El Director del Proyecto se encargará de planificar la calidad, revisar estándares, entregables, aceptarlos o disponer su reproceso, deliberar para generar acciones correctivas, actualizar el registro de las NO Conformidades (NC), así como clasificarlas en el proyecto. Por otra parte, el Responsable de Prevención de Riesgos Laborales deberá realizar el aseguramiento de la calidad, en este caso del Plan de Prevención, detectando y documentando las NC detectadas, tomar acciones correctivas no documentadas (en el caso de pequeñas desviaciones o defectos de calidad), así como realizar el seguimiento de los informes de NC realizados. Para la elaboración de un correcto aseguramiento de la calidad, se usará como referencia:

- Documentación de requerimientos de Prevención de Riesgos Laborales.
- Línea base del alcance.
- Línea base del cronograma.
- Registro de las partes interesadas.

Cronológicamente, el procedimiento para la Gestión de las NC llevará la siguiente secuencia:

1. **Identificación:** La identificación de la NC se documentará mediante la plantilla de informe de NC, en el que entre otras se realizará una descripción, se clasificará la gravedad, el tipo, se establecerá una acción correctora principal.
2. **Comunicación:** Se comunicará el informe de No Conformidades al Director del Proyecto, con copia al resto de participantes implicados en la ejecución del proyecto.
3. **Validación:** El Director del Proyecto revisará el informe de no conformidades para confirmar si es completo, ver si finalmente se procede a la apertura de la No Conformidad, la enumerará y podrá proponer y/o completar las acciones correctivas propuestas. Consultará con los implicados las NC y finalmente establecerá el responsable de seguimiento y la fecha de resolución.
4. **Seguimiento y cierre:** El responsable del seguimiento que, en este caso será el Responsable de Prevención de Riesgos Laborales, comunicará el cierre de la No Conformidad al Director de Proyecto, el cual validará el OK de la No conformidad.

Asimismo, las NC se clasificarán de la siguiente manera:

- **Leve:** Aquellas NC que no tienen un efecto significativo en los entregables y procesos, pero deben ser corregidas.
- **Grave:** Aquellas NC que no tienen un impacto serio en la calidad del proyecto y su no corrección puede suponer una NC muy grave.
- **Muy grave:** Aquellas NC que tienen un impacto crítico en la calidad de los entregables del proyecto o en los objetivos de calidad de este.

Para el correcto desarrollo del Plan de Prevención, a este se le marcarán los objetivos de calidad del proyecto global que resume la Tabla 1, considerando métrica, frecuencia de medición y de reporte:

**Tabla 1. Objetivos de calidad del proyecto global.**

ID	Factor de Calidad	Objetivo de Calidad	Métrica a usar	Frecuencia de medición	Frecuencia de reporte
1	Eficiencia de costes	CPI > 0,90	CPI	Semanal	Semanal
2	Eficiencia de tiempo	SPI > 0,90	SPI	Semanal	Semanal
3	Eficiencia en alcance	100 % aceptación	Entregable aprobado	Semanal	Semanal
4	Cumplimiento PGP	< 1 NC Muy Grave	Nº NC	Semanal	Semanal
		< 3 NC Grave			
		< 5 NC Leve			
5		NC MG < 2 semanas	T NC	Semanal	Semanal
		NC G < 10 días			

Siendo:

- PGP Plan de gestión de calidad
- CPI Cost performance index
- SPI Schedule performance index
- T Tiempo de resolución

Por otra parte, para comprobar el grado de cumplimiento de los objetivos antes planteados, es necesario definir los índices de calidad del proyecto, tal y como recoge la Tabla 2. Su recopilación se utiliza como referencia la norma UNE 66175 Guía de implantación de sistemas de indicadores (AENOR, 2003):

**Tabla 2. Índices de calidad del proyecto global.**

Nº NC	Malo: > 1 NC Muy Grave, > 3 NC Graves, > 5 NC Leves
	Bueno: 0 NC Muy Grave, < NC Graves, < 5 NC Leves
	Muy Bueno: 0 NC Muy Grave, 0 Graves, < 5 NC Leves
CPI	Malo: CPI < 0,90
	Bueno: 0,90 < CPI < 1,00
	Muy Bueno: CPI > 1,00
SPI	Malo: SPI < 0,90
	Bueno: 0,90 < SPI < 1,00
	Muy Bueno: SPI > 1,00
T NC	Malo: NC Muy Grave > 2 semanas, NC Grave > 10 días
	Bueno: NC Muy Grave < 2 semanas, NC Grave < 10 días
	Muy Bueno: NC Muy Grave < 1 semana, NC Grave < 5 días

En las reuniones periódicas de proyecto, se revisarán y evaluarán las NC, su registro y la realización del control y aseguramiento de la calidad del proyecto, además de las propuestas de cambios que hayan sido presentadas, o la incorporación de nuevas necesidades detectadas. Es necesario resaltar que los cambios aprobados resultantes de los procesos de la gestión de la calidad del proyecto se deberán incorporar a aquellos documentos que se vieran afectados.

Antes de la elaboración del plan de prevención, es importante que la dirección del proyecto, además de la gestión de las partes interesadas, así como del establecimiento de las comunicaciones adecuadas con las mismas, sea conocedor de la normativa de aplicación del proyecto, no solo en los aspectos administrativos y técnicos, sino también en lo referente a materia preventiva. No solo intervendrán en el proyecto trabajadores pertenecientes al país donde se ubique el proyecto, sino que, por la propia naturaleza del sector fotovoltaico, el equipo de trabajo está cada vez más deslocalizado de su país de procedencia y, durante la fase de ejecución de la planta solar, se empleará personal el cual tendrá su lugar de trabajo en España, pero al que se le deberá asegurar todos sus derechos como trabajador, incluyendo los derivados de la prevención de riesgos laborales.

### **3.3. Comparación de normas.**

Con la finalidad de evitar conflictos legales, así como de garantizar la seguridad de los trabajadores, la dirección del proyecto deberá ser responsable de que se apliquen las medidas de seguridad adecuadas a cada puesto, para lo cual, deberá comparar las normativas locales con las españolas en materia preventiva y, establecer el criterio más conservador, lo que lleva a asignar los recursos necesarios para la realización de un adecuado plan de prevención.

Es muy importante que las empresas extranjeras conozcan la normalización del país, no solo en materia técnica y de legalizaciones, sino en materia de prevención de riesgos laborales. Ya que pudiera darse el caso que la norma local sea menos exigente que la del país natal de la empresa, debe ser responsabilidad de esta, que se cumplan las medidas

más favorables para la salud de los trabajadores, no entrando así en conflicto con ninguna de las normas.

En el caso de la normativa donde se ubicará el proyecto (Desierto de Atacama, en el Norte de Chile), se ha comparado la ley chilena “Ley 16.744 Establece normas sobre Accidente del trabajo y Enfermedades Profesionales” de 1968 con la ley española “Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales” de 1995, confirmándose que, aunque la estructuración de las mismas son diferentes, los objetivos, ámbitos de aplicación y la sensibilidad con la salud del trabajador, son muy similares. La mayor diferencia entre ambas reside en la propia estructura de la Seguridad Social. Esto último deberá tenerse en cuenta especialmente en el ámbito de contrataciones. En el caso de los trabajadores desplazados desde España, se garantizará las mismas condiciones que en su territorio nacional.

### **3.4. Desarrollo del plan de prevención.**

Con la finalidad de poder integrar el plan de prevención con el proyecto, y de facilitar el entendimiento de las partes interesadas, se establece para el desarrollo de este la siguiente estructura básica:

- Memoria de plan de prevención.
- Procedimiento de trabajo seguro.
- Evaluación de riesgos y establecimiento de las medidas de mitigación.
- Planificación.
- Estructura económica.

#### *3.4.1. Memoria del plan de prevención*

La memoria del plan, se desarrolla como cuerpo principal y debe ser nexo de unión del resto de documentos contenidos en la estructura descrita más arriba.

Este documento, además de describir la ubicación y la naturaleza del proyecto, normativas de referencia y aplicación, y otros apartados más genéricos, deberá incluir un apartado claro y diferenciado, en el que se describa la línea base de la política de la empresa, de modo que todas las partes interesadas del proyecto puedan conocer cuál es la estrategia preventiva del proyecto y, así pueda alinearse con la misma e, incluso proponer mejoras a la misma. Será en este documento donde se detallará en profundidad la planificación y los criterios de calidad, además de descripción de auditorías y las planificaciones necesarias.

Por último, se detalla en esta parte del documento, las normas de seguridad así como el modo de proceder durante el transcurso del proyecto, desde cómo se trabajará las comunicaciones de ingeniería y el especialista en prevención, hasta la descripción de cómo será el acceso de los trabajadores contratados o subcontratados a la obra.

#### *3.4.2. Procedimientos de trabajo seguro*

Estos documentos son un claro ejemplo de la integración de la prevención de riesgos laborales y el propio proceso productivo, dando una visión más específica de los trabajos en obra, así de cómo se han de hacer, siempre del modo más seguro. Asimismo, se desarrollarán para cada una de las actividades principales durante la obra, debiendo contener cada uno de ellos una estructura genérica como la siguiente:

- Alcance de los trabajos: reflejando también cuando sea necesario explicitar las exclusiones del alcance.

- Normativa específica: lista más específico y exacto de los estándares y normativas que sean de aplicación para la actividad en concreto.
- Definiciones de los términos principales que se usen en el documento.
- Responsabilidades de los participantes en el proceso.
- Metodología o procedimiento: se describe la propia metodología o proceso constructivo.
- Emergencias: define las medidas básicas, así como teléfonos de emergencia y flujograma de comunicación.
- Equipos y Herramientas: cuya referencia a la normativa específica del mismo se deberá hacer en apartado anterior. No podrá faltar la lista de equipos de seguridad, tanto colectivos como individuales.
- Análisis del trabajo: con la descripción de las actividades, los riesgos asociados, así como las medidas de control.
- Evaluación de riesgos: plantillas de las comunicaciones de los riesgos derivados del trabajo.

### 3.4.3. Evaluación de riesgos y establecimiento de medidas de mitigación.

La evaluación de riesgos de las actividades a desarrollar es una de las tareas más específicas del responsable de prevención de riesgos laborales del proyecto. En este caso, se ha seguido la guía de evaluación de la Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT, 2008), y por otro, la aplicación del método FINE, recogido en la NTP 101, también elaborada por el INSHT (2008). Es destacable que Chile no tiene un método propio normativo para este aspecto, dejando abierto la posibilidad de normas extranjeras. Incluso en documentos oficiales del Ministerio de Salud de Chile, como es el caso de la “Guía de para la identificación y evaluación de riesgos seguridad en los ambientes de trabajo” (Instituto de Salud Pública, 2014) hace referencia al INSHT de España, por lo que se justifica así, que este apartado sea abordado directamente con normas españolas.

Antes de la elaboración de la evaluación como tal, se ha identificado los distintos riesgos para cada una de las actividades, que la empresa de montaje de estructuras solares tiene dentro de su alcance. Para ello se ha partido de los procedimientos de trabajo seguro, de modo que se consigue dentro de la evaluación una estructura organizada del mismo modo que el resto del proyecto. A cada riesgo específico se le asignará un código identificativo.

Se procede a una evaluación de grado de riesgo según severidad y probabilidad de que el riesgo se materialice, como muestra la Tabla 3. Así, para cada uno de los riesgos anteriormente identificado, se tendrá un indicador de la necesidad de llevar acciones a cabo, así como la temporización de estas.

**Tabla 3. Grado de riesgo según severidad y probabilidad.**

NIVELES DE RIESGO		CONSECUENCIAS		
		Ligeramente Dañino	Dañino	Extremadamente Dañino
PROBABILIDAD	Baja	<b>Riesgo Trivial</b>	<b>Riesgo Tolerable</b>	<b>Riesgo Moderado</b>
	Media	<b>Riesgo Tolerable</b>	<b>Riesgo Moderado</b>	<b>Riesgo Importante</b>
	Alta	<b>Riesgo Moderado</b>	<b>Riesgo Importante</b>	<b>Riesgo Intolerable</b>

Una vez realizado este ejercicio, se procede a un análisis del grado de peligrosidad, utilizando para ello el método FINE expuesto en la NTP 101, donde se define el grado de peligrosidad por la expresión de la Ecuación (1) y a los cuales se les dará un valor concreto dependiendo de cada caso y, siguiendo la clasificación de dicha NTP:

$$G.P. = C \times E \times P \quad (1)$$

Dónde:

- C = Consecuencias: normalmente esperadas en caso de producirse el accidente.
- E = Exposición al riesgo: Tiempo que el personal se encuentra expuesto al riesgo de accidente.
- P = Probabilidad: de que el accidente se produzca cuando se esté expuesto al riesgo.

Así, para cada uno de los riesgos detectados y, en las diferentes actividades contempladas para el proyecto, se tendrá otro indicador adicional de las medidas a tomar:

- Si  $G.P. > 200$  Se requiere corrección inmediata. La actividad debe ser detenida hasta que el riesgo se haya disminuido.
- Si  $200 > G.P. > 85$  Actuación urgente. Se requiere atención lo antes posible.
- Si  $85 > G.P.$  El riesgo debe ser eliminado sin demora, pero la situación no es una emergencia.

Una vez evaluados los riesgos, se realizará una comunicación de una propuesta de las medidas preventivas, que será evaluada según el Método FINE.

El detalle de estas medidas se recogerá en cada uno de los correspondientes procedimientos de trabajo seguro incluido en el plan de prevención. Una vez analizadas las medidas preventivas, haremos el correspondiente análisis y justificación de estas. Como criterio general, y no limitativo, se considerará que la medida deberá ser aceptada cuando el valor de la "Justificación de la acción correctora" sea mayor de 10.

Se podría dar el caso en el que los costos de reducción de riesgos no estuvieran justificados. No obstante, en un entorno con cultura preventiva, esto no tendría sentido, considerándose cualquier costo para salvaguardar la integridad humana como perfectamente viables.

#### 3.4.4. Planificación

La estructura de un plan de prevención debe estar alineada con la del proyecto, por lo que las acciones de la seguridad y salud también se deberán planificar, teniendo como un mínimo de programación:

- Plan de capacitación preventiva: distinguiendo por actividades.
- Plan de prevención de riesgos: recogiendo la frecuencia de inducciones, actualización de procedimientos y, en general, la frecuencia de actualización del propio plan de prevención.

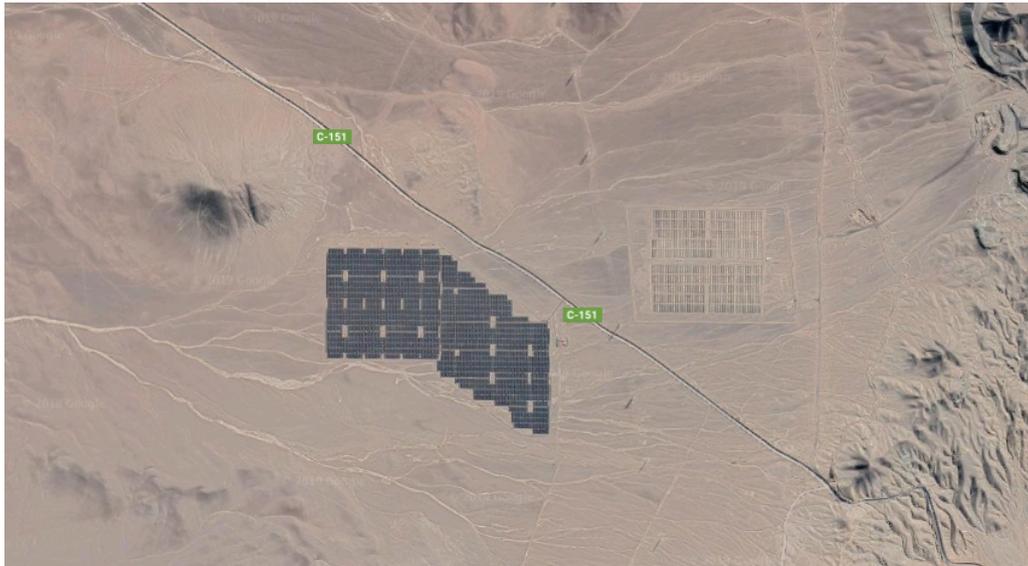
#### 3.4.5. Estructura económica

Independientemente de la cuantía de la obra, será en el proyecto global de la instalación fotovoltaica donde se incluirán todas las partidas necesarias para abordar el plan de seguridad y salud, así como todas las actividades preventivas durante la obra. Se evita además de este modo la separación de presupuestos.

#### 4. Caso de estudio

La obra de estudio se encuentra en el norte de Chile, primera región y en pleno desierto de Atacama. La superficie de la parcela es de unas 62 hectáreas, de las que la mayor parte de las mismas se ocuparán con seguidores solares, como muestra la Figura 1, así como viales interiores, inversores, transformadores y edificios, tanto provisionales de obra como permanentes para la operación y mantenimiento. La duración total del proyecto ha sido de 10 meses, con una duración de la fase de obra de 4 meses y medio.

**Figura 1. Fotografía aérea de la Planta Solar** (Fuente: Google Earth)



Al estar ubicada la parcela en el desierto de Atacama, las condiciones climatológicas son extremas para la vida, por lo que las medidas a considerar al respecto, deben ser exhaustivas. Como datos relevantes se resume las condiciones en la Tabla 4:

**Tabla 4. Datos climáticos principales de la zona.**

DATOS CLIMATOLÓGICOS	MEDIA	MÁXIMA	MÍNIMA
Radiación Solar Horizontal	1.079 W/m <sup>2</sup>	1.255 W/m <sup>2</sup>	--
Temperatura Ambiente	--	37 °C	-7 °C
Temperatura Ambiente Diurna	--	37 °C	-5 °C
Humedad Relativa	--	100 %	--
Precipitación Pluvial Anual	--	15 mm	--
Viento a 5 m	--	15 m/s	--

Se hace especial mención que, de igual manera que las radiaciones solares son muy ventajosas para la rentabilidad de la propia instalación fotovoltaica, estas mismas radiaciones son extremadamente dañinas para el ser humano, por lo que los sistemas de protección solar serán de uso permanente durante la ejecución de la planta.

Durante la ejecución de la obra habrán llegado a coincidir hasta un total de 320 trabajadores entre todas las empresas contratistas, de los cuales hasta 120, divididos en cuadrillas de 6, se corresponden con los trabajadores responsables de las cimentaciones y montaje de los seguidores solares. Para el control y supervisión del proyecto, se traslada a la zona desde

España, un total de 11 trabajadores especialistas en el sector, siguiendo el organigrama presentado en la Figura 2:

**Figura 2. Organigrama de la obra**



Incluyendo:

- 1 Director de proyecto
- 1 Jefe de obra
- 3 Supervisores de prevención (1 de ellos como responsable área)
- 3 Supervisores de calidad (1 de ellos como responsable de área)
- 3 Supervisores de producción (1 de ellos como responsable de área)

Para la identificación de los riesgos, evaluación de los mismos y estudio de las medidas para su mitigación, un factor adicional es importante a tener en cuenta es la propia ubicación de la planta solar así como la distancia al hospital más cercano que, en el caso de estudio es de más de 45 minutos. Es por ello que, en el estudio de mitigación de los riesgos se tomará un criterio más exigente de lo convencional. Adicionalmente, se dispondrá de zona de ambulancia permanente dentro de la zona de oficinas, así como de botiquines repartidos en puntos estratégicos.

Ya que la empresa no tiene experiencia previa en la zona donde se ubica el proyecto, la persona responsable de prevención ha realizado visitas previas a localidades cercanas, donde se ha entrevistado con habitantes, así como con colegas especialistas en prevención de riesgos laborales. Tras estas visitas, como riesgos locales más acusados, independientemente de las inherentes de las de la propia actividad laboral, son:

- Niveles de radiación extremadamente altas.
- Estrés térmico.
- Posibilidad de deshidratación.
- Casos de silicosis por polvo del desierto de Atacama.

No obstante, en el caso de la silicosis, se comprobó mediante evaluaciones de estudios geotécnicos del predio y revisión de los resultados con geólogos de la zona, se ha confirmado que la naturaleza del terreno no es peligrosa y que, además, los casos de silicosis detectados provienen de actividad de una compañía industrial de la zona. No obstante, será obligatorio que todo personal de la obra trabaje con mascarillas antipolvo.

Para el caso de la posibilidad de deshidratación se ubicarán repartidos por la obra dispensadores de agua para los trabajadores, además de botes de protección solar de máximo nivel. En el acceso a la obra y, mediante inspecciones frecuentes diarias, se revisará que todo personal de la obra vista con ropa adecuada para exposiciones al sol. A modo de ejemplo, se presenta en la Tabla 5 la evaluación de riesgos para la actividad de hincado de soportes metálicos:

**Tabla 5. Grado de peligrosidad en procesos de hincado de pilares metálicos.**

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	CÓDIGO	GP
FPB_06-Proc.Hincado	Caídas de personas al mismo nivel	Acc020	30
FPB_06-Proc.Hincado	Caída de objetos en manipulación	Acc040	125
FPB_06-Proc.Hincado	Pisadas sobre objetos	Acc060	300
FPB_06-Proc.Hincado	Choques contra objetos inmóviles	Acc070	60
FPB_06-Proc.Hincado	Choques contra objetos móviles	Acc080	60
FPB_06-Proc.Hincado	Atrapamientos por o entre objetos	Acc110	90
FPB_06-Proc.Hincado	Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos	Acc120	125
FPB_06-Proc.Hincado	Sobreesfuerzos	Acc130	300
FPB_06-Proc.Hincado	Exposición a temperaturas ambientales extremas	Acc140	100
FPB_06-Proc.Hincado	Atropellos o golpes con máquinas o vehículos.	Acc230	125
FPB_06-Proc.Hincado	Ruido	Enf330	500
FPB_06-Proc.Hincado	Radiación Solar	Enf355	1500
FPB_06-Proc.Hincado	Vibraciones	Enf340	100
FPB_06-Proc.Hincado	Física. Manejo de cargas	Fat440	300
FPB_06-Proc.Hincado	Tiempos de trabajo	Insat570	100

Corrección inmediata

Asimismo, la Tabla 6 recopila la primera propuesta de medidas preventivas. Puede comprobarse que, en general, las medidas preventivas son sencillas y económicas.

**Tabla 6. Medidas correctoras para riesgos de hincado de pilares.**

DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	MEDIDA PREVENTIVAS
Caídas de personas al mismo nivel	Limpieza y orden de zona de trabajo
Caída de objetos en manipulación	Permanencia fuera de dirección de objetos Señalización
Pisadas sobre objetos	Limpieza y orden de zona de trabajo Calzado seguridad
Choques contra objetos inmóviles	Casco de seguridad
Choques contra objetos móviles	Evitación de zona de movimiento vehículos Casco de seguridad
Atrapamientos por o entre objetos	Mantenimiento de distancia de seguridad Señalización
Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos	Mantenimiento de distancia de operación Señalización

Sobreesfuerzos	Establecimiento de periodos cortos reposo
Exposición a temperaturas ambientales extremas	Ropa adecuada trabajo Fuentes agua en obra
Atropellos o golpes con máquinas o vehículos	Evitación de zona de movimiento vehículos
Ruido	Protección auditiva
Radiación Solar	Ropa adecuada trabajo Protección Solar
Vibraciones	Evitación (en lo posible) de zona de origen
Física: Manejo de cargas	Establecimiento de periodos cortos reposo
Tiempos de trabajo	Organización de obra

## 5. Conclusiones

La propia naturaleza del proyecto implica la necesidad de un adecuado control de cambios, los cuales tienen una influencia directa en el Plan de Prevención de Riesgos Laborales. La integración del Plan de Prevención de Riesgos Laborales en la Dirección y Gestión del proyecto, dentro de su ciclo de vida, ayudará a conseguir el éxito del proyecto. Asimismo, las investigaciones in situ, incluyendo entrevistas con grupos especializados locales, son fundamentales para una correcta elaboración del Plan de Prevención.

Respecto al ámbito geográfico, tal como se ha analizado anteriormente, la realización de proyectos en lugares donde no se dispone de precedentes, implica la aparición de nuevos riesgos asociados a la propia ubicación, lo cual no deja de ser una situación similar a la que se produce cuando se abordan proyectos de nueva naturaleza, aunque sea dentro del propio país natal. En nuestro caso de estudio, la propia lejanía de la ubicación de la obra es una variable importante a controlar, no solo por los riesgos para la vida humana inherentes a los propios procesos constructivos, sino también los procedentes de la naturaleza, como el caso del riesgo sísmico de la zona, hace que el plan de prevención deba detallar qué hacer, en el caso de que se produzca una emergencia durante la ejecución del proyecto, debiendo ser, por tanto, guía conocedora por todas las partes interesadas.

Desde el punto de vista normativo, la reglamentación chilena y española en materia de prevención, no presentan grandes diferencias, salvo en la estructuración de la seguridad social, lo que se deberá tener en cuenta cuando se expatrien trabajadores españoles a la obra. Siendo obligatorio en ambos países el desarrollo de un plan de prevención de riesgos laborales, aunque no se refleje implícitamente en la reglamentación la integración del plan de prevención de riesgos laborales dentro de la documentación del proyecto, la implantación de estándares mínimos de prevención, así como el acompañamiento durante todo el proceso de una cultura preventiva, se hace cada vez más necesaria para garantizar la salud de los trabajadores que, en muchas ocasiones son inmigrantes en los países donde se ejecute el proyecto, en el caso de empresas multinacionales.

De este modo, el desarrollo y la asignación de recursos para el plan de prevención en el proyecto debe de tenerse en cuenta desde la propia firma del Acta de Constitución del proyecto, entrando así en el proceso de control y monitoreo de la gestión de este durante el ciclo de vida del proyecto, integrando los cambios que aparezcan en el proyecto, tal como afirman Cerezo-Narváez, Otero-Mateo y Pastor-Fernández (2017).

Una lección aprendida importante es que el plan de prevención deberá contener, además de los propios apartados de la propia disciplina de la prevención de riesgos laborales, los correspondientes relacionados al Plan de Calidad, que asumirá los mismos criterios que el del proyecto de la planta solar. Quedará explícito, además de forma concisa y fácilmente entendible, el alcance de responsabilidades en materia de seguridad de todas las partes interesadas en el proyecto, así como un apartado propio para describir la política de seguridad y salud de la propia empresa.

El adecuado entendimiento de las medidas preventivas, así como de la política de seguridad y salud ocupacional de la compañía por parte de todos los trabajadores, deberán ser prioritarios durante el transcurso de la obra, reforzándose para ello la capacitación de estos, en una política de tolerancia cero tanto a accidentes de trabajo como también a enfermedades profesionales.

## 6. Bibliografía

- Asociación Española de Normalización (2003). *UNE 66175 Guía de implantación de sistemas de indicadores*. Madrid: AENOR.
- Canales, M., & García Marín, Á. (2018). Productividad, Tamaño y Empresas Súper-Estrella: Evidencia Microeconómica para Chile.
- Cerezo-Narváez, A., Otero-Mateo, M., & Pastor-Fernández, A. (2017). De acordar requisitos a integrar cambios: claves para no fracasar en los proyectos de construcción. *Dyna Ingeniería* 92(3), 254.
- Escobar, E. D., & Cano, Y. C. (2018). El potencial de la energía solar: Promesa de futuro para la región de Arica y Parinacota, Chile. *Interciencia*, 43(8), 541-543.
- Gobierno de Chile (1968). Ley 16.744 que establece las normas sobre accidente del trabajo y enfermedades profesionales. *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile*, 28650, 23.
- Gobierno de España (1995). Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. *Boletín Oficial del Estado*, 269, 32590-32611.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2008). *Guía para la evaluación de riesgos laborales*. Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2008). *NTP 101: Comunicación de riesgos en la empresa*. Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
- Instituto de Salud Pública (2014). *Guía de para la identificación y evaluación de riesgos seguridad en los ambientes de trabajo*. Santiago de Chile: Ministerio de Salud.
- Peinado Bueno, F.J. (2018). Plan de Prevención de Riesgos Laborales de una empresa solar fotovoltaica. Universidad de Cádiz.
- Solimano, A. (2017). Estrategias de desarrollo económico en Chile: Crecimiento, pobreza estructural y desigualdad de ingresos y riqueza. *Propuestas desde la economía*, 63, 1-40.
- Vargas, J.G.; Arandia, O.E.; & Cordova, A. (2016). A review of research methods in strategic management. What have been done and what is still missing. *Journal of Knowledge Management, Economics and Information Technology*, 6(2), 1-42.