

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ

MÁSTER UNIVERSITARIO EN PREVENCIÓN DE
RIESGOS LABORALES



SEGURIDAD EN LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS DE
INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE
INSTALACIONES FOTOVOLTÁICAS EN CUBIERTAS

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

Junio-2025

AUTOR: Iván Muñoz Fernández

DIRECTOR: Vicente Blas Sempere López

Resumen

El presente Trabajo Fin de Máster tiene como finalidad principal el análisis exhaustivo del riesgo de caída a distinto nivel durante los trabajos de instalación y mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas en cubiertas, con el objetivo de establecer medidas preventivas eficaces que garanticen la seguridad y salud de las personas trabajadoras expuestas a este tipo de riesgo. Esta actividad profesional ha experimentado un crecimiento notable en los últimos años en España, debido al impulso de las energías renovables y los objetivos nacionales de sostenibilidad energética. No obstante, dicho crecimiento ha estado acompañado de un aumento de la siniestralidad, siendo la caída desde altura una de las principales causas de accidentes graves y mortales en este sector.

A lo largo del documento se realiza un análisis normativo, técnico y metodológico orientado a la prevención del riesgo de caída en altura, poniendo especial énfasis en la necesidad de adoptar medidas de protección colectiva como principio fundamental, tal como establece la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y su normativa de desarrollo. La estructura del trabajo se ha diseñado para abordar de forma detallada los diferentes medios de protección colectiva, tanto en fase de obra como en fase de mantenimiento, los elementos de protección a considerar y las condiciones que deben cumplirse para que el trabajo se lleve a cabo de manera segura.

Como caso práctico, y a modo de dar solución a aquellas instalaciones que se realizan en muy cortos periodos de tiempo y con presupuestos limitados, se ha desarrollado un protocolo de actuación que integra los principios de la acción preventiva y la jerarquización de medidas, comenzando por la eliminación del riesgo, continuando con medidas colectivas, y utilizando equipos de protección individual solo en casos donde no sea viable otra opción. Asimismo, se exponen las limitaciones prácticas que, con frecuencia, dificultan la aplicación de medidas de seguridad, como la falta de accesos adecuados, la inexistencia de protecciones fijas en edificios existentes, o los condicionantes arquitectónicos que impiden la instalación de ciertos sistemas de protección.

El trabajo concluye con una reflexión crítica sobre la necesidad de una mayor concienciación por parte de promotores, proyectistas y empresas instaladoras y mantenedoras, subrayando la importancia de integrar la prevención desde la fase de diseño del proyecto.

Palabras clave: Caídas en altura, Instalaciones fotovoltaicas, Equipos de Protección Colectiva (EPC), Trabajos en cubiertas, Protocolo de trabajo

Abstract

The primary objective of this Master's Thesis is to carry out an in-depth analysis of the risk of falling from height during the installation and maintenance of photovoltaic systems on rooftops, with the aim of establishing effective preventive measures that ensure the safety and health of workers exposed to this type of hazard. This professional activity has experienced significant growth in recent years in Spain, due to the promotion of renewable energy sources and national sustainability objectives. However, this expansion has been accompanied by an increase in occupational accidents, with falls from height being one of the main causes of serious and fatal incidents in the sector.

The document presents a regulatory, technical, and methodological analysis focused on the prevention of falls from height, placing special emphasis on the need to adopt collective protection measures as a fundamental principle, as established by Law 31/1995 on the Prevention of Occupational Risks and its associated regulations. The structure of the work is designed to thoroughly address the different types of collective protection systems—both during the construction phase and during maintenance operations—as well as the safety elements to be considered and the necessary conditions to carry out tasks securely.

As a practical case study, and with the intention of offering a solution for installations executed within very short timeframes and with limited budgets, a procedural protocol has been developed that incorporates the principles of preventive action and the hierarchy of control measures. It begins with risk elimination, continues with the implementation of collective protective measures, and resorts to the use of personal protective equipment only when no other options are viable. Furthermore, the study outlines practical limitations that frequently hinder the implementation of safety measures, such as the lack of suitable access points, the absence of fixed protections in existing buildings, or architectural constraints that prevent the installation of certain protective systems.

The thesis concludes with a critical reflection on the need for greater awareness among developers, designers, and installation and maintenance companies, emphasizing the importance of integrating safety and prevention from the early stages of project design.

Keywords: Falls from height, Photovoltaic installations, Collective Protection Equipment, Roof work, Work protocol

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	6
1. Introducción	8
1.1. Contextualización	8
1.2. Marco Legal	9
1.3. Principios Generales de Prevención.....	9
1.4. Antecedentes	10
2. Justificación	15
3. Objetivos.....	17
3.1. Objetivos generales.....	17
3.2. Objetivos específicos	17
4. Material y Métodos	18
4.1. Material	18
4.2. Tipos de cubiertas.....	19
4.3. Métodos	20
5. Resultados y Discusión	22
5.1. Medidas de protección colectiva para trabajos en tejados y cubiertas.....	22
5.2. Protocolo para la aplicación de medidas preventivas sin posibilidad de EPC.....	29
5.3. Discusión sobre las limitaciones habituales.....	62
6. Conclusiones.....	65
7. Bibliografía	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Accidentes de trabajo por desviación que produjo el accidente - Año 2020.....	11
Tabla 2 Accidentes de trabajo por desviación que produjo el accidente - Año 2021.....	11
Tabla 3 Accidentes de trabajo por desviación que produjo el accidente - Año 2022.....	11
Tabla 4 Accidentes de trabajo por desviación que produjo el accidente - Año 2023.....	12

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Comparativa del total de accidentes (Acc. Totales) sufridos en España y accidentes por caída a distinto nivel durante la jornada	13
Figura 2 Barandilla provisional Clase A	24
Figura 3 Barandilla provisional Clase B	24
Figura 4 Barandilla provisional Clase C	25
Figura 5 Red sistema “U”	26
Figura 6 Perfiles metálicos sobre cubierta.....	38
Figura 7 Conectores placas fotovoltaicas	38
Figura 8 Ejemplo de retranqueos de línea de vida.....	41
Figura 9 Ejemplo de línea de vida de cinta	42
Figuras 10 y 11 Ejemplos flecha del sistema anticaídas tipo “rana”	43
Figura 12 Ejemplo sistema de retención.....	45
Figuras 13 y 14 Puntos de anclaje estructurales mediante cindill	50
Figuras 15 y 16 Anclajes mecánicos (izquierda) y anclaje químico (derecha)	50
Figuras 17 y 18 Ejemplos anclaje principal y reenvío del anclaje principal en trabajos verticales	51
Figuras 19 y 20 Línea de vida horizontal de cinta.....	52
Figura 21 Protector línea de vida vertical.....	53
Figuras 22 y 23 Puntos de anclaje para uso en puertas	53
Figura 24 Punto de anclaje para ventanas	54
Figura 25 Anclaje trípode SYAM	54
Figura 26 Gancho simple de cuerda.....	55

Figuras 27 y 28 Doble gancho de cinta y doble gancho con cuerda	55
Figuras 29 y 30 Sistema anticaídas retráctil	55
Figura 31 Conexión de doble gancho a estructura	56
Figura 32 Elemento de amarre simple a línea de vida	56
Figura 33 Croquis líneas de vida con gaza injerida	57
Figuras 34 y 35 Cinta anillada y anclaje puerta (NORMA UNE EN 795 CLASE B)	58
Figura 36 Doble gancho con absorbedor de energía	58
Figura 37 Croquis instalación líneas de vida, elementos y ejemplo zona de peligro	59
Figura 38 ejemplos de soluciones a caída lateral	60
Figuras 39, 40 y 41 Sistemas de protección de claraboyas y lucernarios	61
Figura 42 Protección de lucernario y delimitación de zona de peligro	61



1. Introducción

La Prevención de Riesgos Laborales constituye un pilar esencial dentro del ámbito de la salud laboral en cualquier sector productivo. En el caso concreto del sector de las energías renovables, y más específicamente en los trabajos de instalación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos en cubiertas, esta disciplina cobra una relevancia particular debido a la naturaleza de las tareas, que conllevan exposición a múltiples riesgos, siendo especialmente críticos los relacionados con el trabajo en altura.

En los últimos años, el crecimiento del sector fotovoltaico en España ha sido exponencial, impulsado por las políticas de descarbonización, las ayudas institucionales y la progresiva reducción de costes de los sistemas. Esta expansión ha traído consigo una elevada demanda de actividades técnicas sobre cubiertas, tanto en entornos urbanos como industriales, lo que ha multiplicado las situaciones de riesgo para las personas trabajadoras implicadas.

Este Trabajo Final de Máster se centra en el análisis de los riesgos inherentes a los trabajos de instalación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos sobre cubiertas, desde la especialidad de seguridad, con el objetivo el análisis detallado de los riesgos y medidas preventivas en este tipo de intervenciones.

1.1. Contextualización

La transición energética en España ha experimentado en los últimos años un impulso significativo, especialmente en el ámbito de las energías renovables. Dentro de estas, la energía solar fotovoltaica se ha consolidado como una de las principales fuentes de generación eléctrica, favorecida por el marco normativo europeo, los compromisos en materia de sostenibilidad y los incentivos económicos. El incremento de proyectos de instalación de sistemas fotovoltaicos en cubiertas de edificaciones industriales, comerciales y residenciales ha conllevado una intensificación de los trabajos de instalación y mantenimiento en altura, en condiciones que, en muchas ocasiones, presentan elevados niveles de riesgo.

En este contexto, el sector de la energía solar demanda cada vez más profesionales que trabajen sobre cubiertas, expuestos a peligros específicos como caídas de altura, riesgos eléctricos y factores medioambientales adversos. La prevención de riesgos laborales en estas actividades resulta, por tanto, un elemento esencial no solo para el cumplimiento normativo, sino también para garantizar la integridad física de las personas trabajadoras y la sostenibilidad de los proyectos.

1.2. Marco Legal

El marco normativo aplicable en España en materia de prevención de riesgos laborales está constituido, principalmente, por:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL), que establece el derecho de las personas trabajadoras a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Normas UNE, tales como UNE-EN 365 sobre sistemas de protección contra caídas o UNE-EN 795:2012 relativa a los dispositivos de anclaje para la protección contra caídas, las cuales especifican requisitos técnicos para equipos y sistemas de seguridad.

Además, deben considerarse otras disposiciones específicas en materia de utilización de equipos de trabajo, trabajos temporales en altura (Real Decreto 2177/2004) y las normativas técnicas sectoriales que afectan directamente a la ejecución de instalaciones fotovoltaicas.

El cumplimiento de esta legislación resulta imperativo para diseñar procedimientos seguros, evaluar correctamente los riesgos y establecer las medidas preventivas pertinentes en los trabajos objeto de este estudio.

1.3. Principios Generales de Prevención

La LPRL, en su artículo 15, establece los principios generales de la acción preventiva que deben guiar toda actividad en materia de prevención de riesgos laborales. Entre ellos destacan:

- Evitar los riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se puedan evitar.
- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona.
- Tener en cuenta la evolución de la técnica.
- Sustituir lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún peligro.

Planificar la prevención buscando un conjunto coherente que integre la técnica, la organización del trabajo, las condiciones laborales, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.

En el ámbito de los trabajos en cubiertas para instalaciones fotovoltaicas, estos principios se traducen en acciones concretas como la planificación detallada de los trabajos, la selección adecuada de sistemas de protección colectiva e individual, la formación específica de las personas trabajadoras, y la implantación de medidas organizativas que minimicen la exposición a los riesgos.

1.4. Antecedentes

Históricamente, los trabajos en altura han sido una de las principales causas de accidentes laborales graves y mortales en España. Según datos del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), los accidentes por caídas de altura continúan representando un porcentaje significativo de la siniestralidad laboral, a pesar de los esfuerzos normativos y de sensibilización realizados en los últimos años.

El crecimiento acelerado del sector fotovoltaico ha traído consigo nuevas tipologías de trabajos en altura, a menudo ejecutados en cubiertas con características constructivas variadas (inclinadas, planas, frágiles, etc.) y bajo condiciones ambientales que pueden agravar los riesgos. Además, la rapidez exigida en la ejecución de los proyectos y la externalización de los servicios de instalación y mantenimiento incrementan la necesidad de establecer procedimientos normalizados y medidas preventivas específicas.

En este sentido, en las siguientes tablas se muestra la evolución de los accidentes graves y mortales, tanto los totales como los producidos por caídas en altura, en España entre 2020 y 2023 (a fecha del presente trabajo no se han publicado los datos de 2024), datos elaborados por el INSST en sus informes anuales “Estadísticas de accidentes de trabajo”:

Tabla 1 Accidentes de trabajo por desviación que produjo el accidente - Año 2020

ACCIDENTES DE TRABAJO					ATR			
ATR-A.4.4. ACCIDENTES DE TRABAJO CON BAJA, EN JORNADA E IN ITINERE, SEGÚN GRAVEDAD, POR DESVIACIÓN QUE PRODUJO EL ACCIDENTE								
Año 2020								
	EN JORNADA				IN ITINERE			
	Total	Leves	Graves	Mortales	Total	Leves	Graves	Mortales
TOTAL	446.195	441.916	3.642	637	59.333	58.383	832	118
Caída de personas – Resbalón o tropezón con caída	78.083	76.826	1.180	77	11.684	11.549	135	-
Caída de una persona - desde una altura	21.926	21.066	791	69	1.516	1.504	12	-
Caída de una persona - al mismo nivel	53.165	52.788	369	8	9.828	9.710	118	-
Caída de personas – Resbalón o tropezón con caída - Sin especificar	2.992	2.972	20	-	340	335	5	-

Fuente: Elaboración del INSST a partir del Fichero de microdatos de accidentes de trabajo 2020. Ministerio de Trabajo y Economía Social (MITES).

Tabla 2 Accidentes de trabajo por desviación que produjo el accidente - Año 2021

ACCIDENTES DE TRABAJO					ATR			
ATR-A.4.4. ACCIDENTES DE TRABAJO CON BAJA, EN JORNADA E IN ITINERE, SEGÚN GRAVEDAD, POR DESVIACIÓN QUE PRODUJO EL ACCIDENTE								
Año 2021								
	EN JORNADA				IN ITINERE			
	Total	Leves	Graves	Mortales	Total	Leves	Graves	Mortales
TOTAL	523.800	519.293	3.895	612	77.323	76.292	901	130
Caída de personas – Resbalón o tropezón con caída	92.322	91.001	1.241	80	18.445	18.289	154	2
Caída de una persona - desde una altura	24.987	24.095	814	78	1.799	1.778	19	2
Caída de una persona - al mismo nivel	63.989	63.583	404	2	16.255	16.121	134	-
Caída de personas – Resbalón o tropezón con caída - Sin especificar	3.346	3.323	23	-	391	390	1	-

Fuente: Elaboración del INSST a partir del Fichero de microdatos de accidentes de trabajo 2021. Ministerio de Trabajo y Economía Social (MITES).

Tabla 3 Accidentes de trabajo por desviación que produjo el accidente - Año 2022

ACCIDENTES DE TRABAJO

ATR

ATR-A.4.4. ACCIDENTES DE TRABAJO CON BAJA, EN JORNADA E IN ITINERE, SEGÚN GRAVEDAD, POR DESVIACIÓN QUE PRODUJO EL ACCIDENTE

Año 2022

	EN JORNADA				IN ITINERE			
	Total	Leves	Graves	Mortales	Total	Leves	Graves	Mortales
TOTAL	571.274	566.601	3.957	716	82.236	81.136	946	154
Caída de personas – Resbalón o tropezón con caída	97.649	96.331	1.238	80	15.849	15.716	132	1
Caída de una persona - desde una altura	26.898	26.026	798	74	2.182	2.160	22	-
Caída de una persona - al mismo nivel	67.438	67.011	421	6	13.261	13.155	105	1
Caída de personas – Resbalón o tropezón con caída - Sin especificar	3.313	3.294	19	-	406	401	5	-

Fuente: Elaboración del INSST a partir del Fichero de microdatos de accidentes de trabajo 2022. Ministerio de Trabajo y Economía Social (MITES).

Tabla 4 Accidentes de trabajo por desviación que produjo el accidente - Año 2023

ACCIDENTES DE TRABAJO					ATR			
ATR-A.4.4. ACCIDENTES DE TRABAJO CON BAJA, EN JORNADA E IN ITINERE, SEGÚN GRAVEDAD, POR DESVIACIÓN QUE PRODUJO EL ACCIDENTE					Índice			
Año 2023								
	EN JORNADA				IN ITINERE			
	Total	Leves	Graves	Mortales	Total	Leves	Graves	Mortales
TOTAL	558.936	554.396	3.921	619	88.559	87.407	1.006	146
Caída de personas – Resbalón o tropezón con caída	101.287	100.033	1.171	83	17.527	17.361	166	-
Caída de una persona - desde una altura	27.784	26.943	763	78	2.382	2.360	22	-
Caída de una persona - al mismo nivel	70.292	69.900	387	5	14.714	14.577	137	-
Caída de personas – Resbalón o tropezón con caída - Sin especificar	3.211	3.190	21	-	431	424	7	-

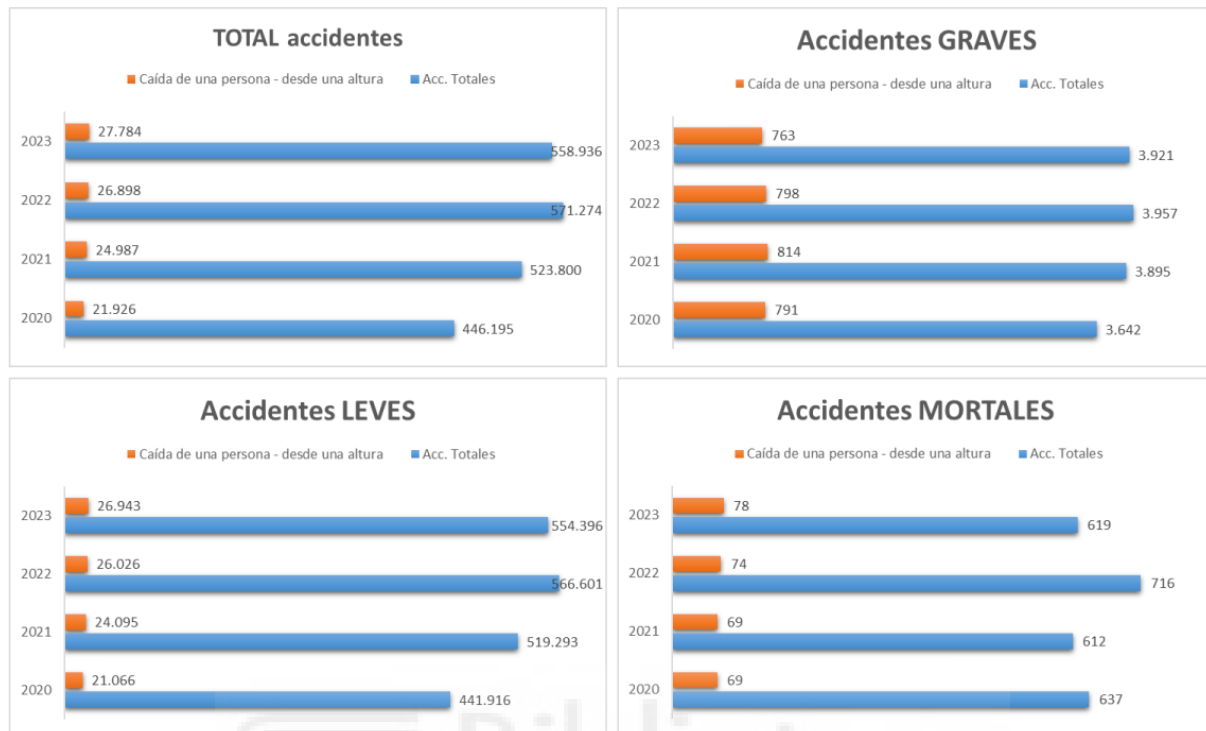
Fuente: Elaboración del INSST a partir del Fichero de microdatos de accidentes de trabajo 2023. Ministerio de Trabajo y Economía Social (MITES).

A continuación, se muestra en forma de gráficos los datos analizados. Se comparan, de forma cuatrienal (2020-2023):

- **TOTAL accidentes** – Accidentes totales por cualquier tipo de accidente y los accidentes totales por caída a distinto nivel.
- **Accidentes LEVES** – Accidentes totales LEVES por cualquier tipo de accidente y los accidentes totales LEVES por caída a distinto nivel.
- **Accidentes GRAVES** – Accidentes totales GRAVES por cualquier tipo de accidente y los accidentes totales GRAVES por caída a distinto nivel.
- **Accidentes MORTALES** – Accidentes totales MORTALES por cualquier tipo de accidente y los accidentes totales MORTALES por caída a distinto nivel.

Si bien los accidentes por caída a distinto nivel a los que se hace referencia en este estudio no son específicos del sector fotovoltaico, mediante este análisis podemos ver cuán grave puede llegar a ser este riesgo, el cual está presente prácticamente en todas las fases de montaje y mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas, y cómo de importante es disponer de medidas preventivas eficaces y específicas para eliminar o reducirlo.

Figura 1 Comparativa del total de accidentes (Acc. Totales) sufridos en España y accidentes por caída a distinto nivel durante la jornada



Fuente: Elaborado a partir de los datos obtenidos en el Fichero de microdatos de accidentes de trabajo 2020-2023 del INSST. Ministerio de Trabajo y Economía Social (MITES).

Como podemos observar, la tendencia cuatrienal muestra un crecimiento sostenido de la siniestralidad, con un incremento del 28% en el volumen total de accidentes entre el año base 2020 (446.195 casos) y el pico registrado en 2022 (571.274 casos), seguido de una ligera bajada a la baja en 2023 (558.936 casos). Si bien, esta última variación, aunque positiva, no alcanza a compensar el deterioro acumulado los años anteriores, sugiriendo una eficacia limitada de las medidas preventivas implementadas.

Dentro de este contexto general, los accidentes por caída a distinto nivel presentan una dinámica particularmente alarmante. **Los accidentes por caída a distinto nivel han experimentado un crecimiento del 26,7% en el cuatrienio**, pasando de 21.926 casos en 2020 a 27.784 en 2023, superando así la tasa de crecimiento de la siniestralidad global. En este sentido, una de las posibles causas de este incremento podría deberse al aumento del número de trabajos realizados en altura, especialmente por el auge de las instalaciones fotovoltaicas en tejados y cubiertas. No obstante, cabe señalar que este incremento manifiesta una peligrosa tendencia.

Por otro lado, y en cuanto a la media de la **tasa de mortalidad general**, esta se sitúa en el **0,12%**, mientras que la media de la **tasa de mortalidad por caídas a distinto nivel alcanza el 0,28%**, duplicando ampliamente el riesgo de sufrir un accidente con consecuencias fatales. Paralelamente, la proporción de **accidentes graves por caídas a distinto nivel (3,11%)** cuadruplica la **media del conjunto total (0,73%)**. Estas cifras adquieren mayor relevancia al constatar que, pese a su menor frecuencia, **las caídas a distinto nivel son responsables del 11% de la mortalidad laboral anual**.

En cuanto a la ligera reducción observada en 2023 (-2,2% interanual), esta podría interpretarse como un primer efecto de ciertas medidas correctivas aplicadas. Sin embargo, la persistencia del crecimiento en caídas a distinto nivel (+3,3% entre 2022 y 2023) evidencia las carencias específicas en la gestión preventiva de este riesgo. Este desfase sugiere que las estrategias genéricas de prevención, aunque necesarias, resultan insuficientes para abordar los factores de riesgo particulares asociados a los trabajos en altura.

Desde la perspectiva técnica de la prevención de riesgos laborales, este análisis plantea la necesidad de disponer de estrategias claras y definidas para poder hacer frente al aumento de los trabajos que conllevan caídas a distinto nivel promovidos por el auge del sector fotovoltaico. La falta de planificación y de instrucciones específicas, la falta o insuficiencia de los sistemas de protección colectiva, la falta de uso o el uso inadecuado de equipos de protección individual, y la insuficiente formación del personal junto con una insuficiente coordinación entre empresas son factores que, recurrentemente, se identifican como causantes de accidentes en este tipo de actividades.

Con todo esto, y a modo de conclusión se hace necesario profundizar en el análisis de los riesgos específicos asociados a la instalación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos sobre cubiertas, con el fin de proponer soluciones preventivas eficaces, adaptadas a las características particulares de cada entorno de trabajo.

2. Justificación

El presente estudio se justifica por la convergencia de factores técnicos, normativos y operativos que demandan un análisis específico de los riesgos laborales en instalaciones fotovoltaicas sobre cubiertas. El auge del sector fotovoltaico en España, con un crecimiento anual sostenido superior al 25% en potencia instalada según Red Eléctrica de España, ha generado un incremento significativo de trabajos en altura con características técnicas particulares que requieren soluciones preventivas adaptadas.

Los datos del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) revelan que los accidentes por caídas en altura mantienen una proporción de gravedad desproporcionada respecto a su frecuencia. Mientras representan aproximadamente el 5% del total de accidentes laborales, concentran cerca del 11% de la mortalidad anual y muestran tasas de accidente grave cuatro veces superiores a la media. Esta persistencia de indicadores negativos sugiere limitaciones en la efectividad de las medidas preventivas cuando se aplican a instalaciones fotovoltaicas sobre tejados o cubiertas.

Desde la perspectiva normativa, la ejecución de estos trabajos se encuentra en un espacio intermedio entre la legislación de construcción (RD 1627/1997) y la de lugares de trabajo (RD 486/1997), generando vacíos interpretativos. Esta ambigüedad regulatoria dificulta la estandarización de medidas preventivas.

Técnicamente, las instalaciones fotovoltaicas introducen particularidades que van más allá de los riesgos convencionales de trabajos en altura: superficies que pueden ser inclinadas, con limitada capacidad de carga, con coexistencia de riesgos eléctricos y con condiciones meteorológicas adversas que afectan a la seguridad. A esto se suma la diversidad tipológica de cubiertas (industriales, residenciales, según su resistencia, etc.) que impide disponer de soluciones únicas.

Operativamente, la externalización de estos servicios y los plazos ajustados de ejecución junto con los reducidos costes de instalación o mantenimiento, generan presiones que pueden comprometer los tiempos necesarios para implementar medidas preventivas robustas, como sí se hace de forma cada vez más extendida en obras de larga duración. De igual manera, la movilidad de los equipos de trabajo añade un plus de complejidad por la necesidad de disponer de capacidad para adaptar el trabajo y los medios de seguridad a las características específicas de cada cubierta, del edificio donde se encuentra esta y de su entorno.

Este trabajo pretende cubrir el vacío existente entre los principios generales de prevención y su aplicación concreta en entornos fotovoltaicos, aportando un marco metodológico que considere tanto los requisitos legales como las particularidades técnicas de estas instalaciones. La propuesta se fundamenta en la necesidad de desarrollar protocolos específicos que, partiendo de la identificación rigurosa de riesgos, integren soluciones técnicas adaptadas y medidas organizativas efectivas para este sector en crecimiento.



3. Objetivos

3.1. Objetivos generales

Analizar los riesgos laborales específicos asociados a los trabajos de instalación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos sobre cubiertas, desde la perspectiva de la especialidad de Seguridad, con el fin de proponer medidas preventivas técnicas y organizativas eficaces que permitan minimizar la siniestralidad laboral en estas actividades.

3.2. Objetivos específicos

- Clasificar los tipos de cubiertas más habituales en los entornos industriales y residenciales en los que se desarrollan este tipo de trabajos, así como las condiciones estructurales y funcionales que inciden en la seguridad.
- Identificar los principales factores de riesgo que inciden en la seguridad de las personas trabajadoras durante la ejecución de trabajos en altura sobre cubiertas en el contexto de instalaciones fotovoltaicas desde la especialidad de "Seguridad".
- Establecer un protocolo técnico-metodológico para la aplicación de medidas preventivas específicas con el fin de adaptar estas medidas a las características del entorno de trabajo, la naturaleza del riesgo y las características del proyecto.
- Proponer soluciones preventivas innovadoras o mejoradas en base a la evolución tecnológica y a las buenas prácticas contrastadas en el sector.
- Fomentar la integración de la prevención en todas las fases del proyecto fotovoltaico (diseño, instalación, mantenimiento), promoviendo una cultura preventiva proactiva entre los agentes intervinientes.

4. Material y Métodos

El presente estudio se ha desarrollado siguiendo una metodología técnica basada en la recopilación, análisis e interpretación de datos tanto cuantitativos como cualitativos, orientados a identificar y proponer medidas eficaces en materia de seguridad para la ejecución de trabajos en altura vinculados a la instalación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos sobre cubiertas.

4.1. Material

Para el desarrollo del estudio se han empleado diferentes fuentes documentales y técnicas, agrupadas en tres bloques principales:

- **Fuentes estadísticas oficiales** – Se ha trabajado con los informes anuales del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), particularmente el “Fichero de microdatos de accidentes de trabajo” de los años 2020 a 2023, que recoge datos desagregados por tipo de accidente, gravedad, sector de actividad y desviación. También se han utilizado informes del Ministerio de Trabajo y Economía Social, así como datos sectoriales publicados por entidades como Red Eléctrica de España (REE).
- **Normativa técnica y legal** – Se han consultado los principales cuerpos legales que regulan los trabajos en altura, la prevención de riesgos laborales y el uso de equipos de protección individual y colectiva. Entre ellos destacan la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, el Real Decreto 1627/1997 sobre obras de construcción, el Real Decreto 486/1997 sobre condiciones de los lugares de trabajo, el Real Decreto 2177/2004 sobre trabajos temporales en altura y las normas UNE-EN relativas a dispositivos anticaídas y sistemas de anclaje (UNE-EN 795, UNE-EN 365, entre otras).
- **Documentación técnica y buenas prácticas** – Se han tenido en cuenta manuales técnicos de fabricantes de sistemas fotovoltaicos, estudios de ingeniería, guías técnicas del INSST, publicaciones especializadas y experiencias prácticas documentadas en proyectos reales de instalación y mantenimiento. También se han analizado contenidos formativos utilizados en cursos de capacitación para trabajos en altura.

Adicionalmente, se han utilizado herramientas ofimáticas y de análisis gráfico (Microsoft Excel, Power BI, etc.) para la representación visual de los datos y elaboración de gráficos comparativos, así como esquemas ilustrativos de los diferentes tipos de cubiertas.

4.2. Tipos de cubiertas

Las cubiertas sobre las que se instalan sistemas fotovoltaicos presentan una gran variedad de tipologías, determinadas tanto por la arquitectura del edificio como por la finalidad de uso. A efectos de este estudio, se ha realizado una clasificación técnica de las cubiertas más frecuentes, considerando los siguientes criterios:

- **Según su inclinación:**

- **Cubiertas planas:** con pendiente inferior al 10° , generalmente accesibles, pero que pueden presentar riesgos por presencia de claraboyas, bordes sin protección, acumulación de agua, etc.
- **Cubiertas inclinadas:** con pendientes igual o superiores al 10° , frecuentes en edificaciones residenciales. Representan un mayor riesgo debido a la propia inclinación, siendo necesario hacer uso de la técnica de trabajos verticales en aquellas cubiertas con 30° de inclinación o con materiales muy escurridizos.

- **Según su resistencia estructural:**

- **Cubiertas transitables:** diseñadas para soportar la carga de personas y equipos de forma segura. Estas suelen ser de hormigón y con una inclinación mínima.
- **Cubiertas no transitables:** son de materiales como fibrocemento, policarbonato o chapa ondulada, los cuales no están concebidos para soportar peso humano, lo que incrementa notablemente el riesgo de hundimiento y caída a distinto nivel. Dentro de esta categoría incluimos las cubiertas tipo “sándwich”, las cuales pueden tener una resistencia por metro cuadrado que soporte el peso de una persona y sus herramientas, no se consideran cubiertas transitables. En caso de querer trabajar sobre este tipo de cubiertas, se debe prever la utilización de elementos que refuercen su resistencia y los caminos seguros a transitar.

4.3. Métodos

La metodología aplicada en este estudio se ha estructurado en cuatro fases diferenciadas:

a) Revisión bibliográfica y normativa

En esta fase se ha realizado una recopilación exhaustiva de la normativa legal y técnica aplicable. Se han identificado los requisitos de seguridad exigibles y las recomendaciones de buenas prácticas específicas para trabajos en cubiertas con riesgo de caída.

b) Análisis estadístico de la siniestralidad

Se ha llevado a cabo un análisis longitudinal de los datos de accidentalidad laboral en España entre los años 2020 y 2023, centrado en los accidentes por caída a distinto nivel durante la jornada laboral. Para ello, se han procesado los ficheros de microdatos del INSST y se han elaborado representaciones gráficas para estudiar la evolución de los accidentes leves, graves y mortales, tanto en el conjunto del país como en relación directa con este tipo de trabajos.

c) Identificación de sistemas de protección colectiva

La prevención de caídas en trabajos en altura, como la instalación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos en cubiertas, prioriza las medidas de protección colectiva sobre las individuales, según la Ley 31/1995. Estas medidas, como barandillas y redes de seguridad (UNE-EN 13374, UNE-EN 1263-1), protegen a varios trabajadores simultáneamente y no dependen del uso individual. Los sistemas de protección perimetral (UNE-EN 13374) son esenciales en la fase de obra para evitar caídas desde el borde de la cubierta. En mantenimiento, se prefieren soluciones permanentes como barandillas fijas o abatibles. También es crucial la protección de huecos y elementos frágiles con cubrimientos rígidos, mallas metálicas o redes.

d) Propuesta metodológica de protocolo de seguridad

En base a la realidad técnica de las instalaciones fotovoltaicas en clientes particulares y las medidas de prevención a aplicar, se ha elaborado un protocolo técnico de actuación preventiva, estructurado en ocho bloques: objeto, alcance, identificación de riesgos, medios necesarios, análisis y realización del trabajo, uso e instalación de protecciones individuales y colectivas, tipos de cubiertas y anexos.

El objetivo de esta propuesta es proporcionar una guía de aplicación práctica para empresas instaladoras y servicios de prevención, adaptable a diferentes tipos de cubierta y condiciones operativas. Este protocolo desarrollado integra los principios de la acción preventiva y la jerarquización de medidas, comenzando por la eliminación del riesgo, continuando con medidas colectivas, y utilizando equipos de protección individual solo en casos donde no sea viable otra opción.

Este enfoque metodológico tiene un carácter aplicado, orientado a la mejora continua y a la integración efectiva de la seguridad en los procesos de instalación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos.



5. Resultados y Discusión

5.1. Medidas de protección colectiva para trabajos en tejados y cubiertas

En el ámbito de la prevención de riesgos laborales, y especialmente en trabajos que implican riesgo de caída desde altura, como es el caso de las instalaciones y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos en cubiertas, la adopción de medidas de protección colectiva representa no solo una medida eficaz, sino una obligación legal prioritaria.

El fundamento jurídico principal se encuentra en el artículo 15, apartado h) de la Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales, que establece como uno de los principios de la acción preventiva la necesidad de anteponer las medidas de protección colectiva a las individuales. Esta jerarquía de control implica que, siempre que sea técnicamente viable, debe optarse por soluciones que protejan simultáneamente a todas las personas expuestas, sin depender del uso o comportamiento individual, como ocurre con los EPIs.

Este principio se concreta y refuerza en otras disposiciones normativas, tales como:

- El Real Decreto 2177/2004, que modifica al RD 1215/1997 en relación con los trabajos temporales en altura, especificando que *“deberá darse prioridad a las medidas de protección colectiva frente a las medidas de protección individual y que la elección no podrá subordinarse a criterios económicos.”* (4.1.1. del Anexo del Real Decreto 2177/2004).
- El Real Decreto 1627/1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad en obras de construcción, en el apartado 3 de la Parte C del Anexo IV, establece la prioridad de las protecciones colectivas ante caídas a distinto nivel en casos tales como trabajos sobre plataformas, andamios, así como en los desniveles, huecos, aperturas, etc.

- El Real Decreto 486/199, en el apartado 3º del artículo 2 del Anexo I, establece que *“Las aberturas o desniveles que supongan un riesgo de caída de personas se protegerán mediante barandillas u otros sistemas de protección de seguridad equivalente”*.

A nivel técnico, estas exigencias se complementan con los requisitos definidos por normas UNE-EN armonizadas, como la UNE-EN 13374 (barandillas temporales), UNE-EN 1263-1 (redes de seguridad) y UNE-EN 12811-1 (sistemas provisionales de trabajo en altura como andamios).

Desde una perspectiva preventiva, las protecciones colectivas ofrecen además una serie de ventajas estratégicas frente a los equipos de protección individual:

- No requieren intervención activa ni formación específica de la persona trabajadora para su funcionamiento.
- Protegen simultáneamente a varias personas en una misma zona de riesgo.
- Son visibles y fácilmente comprobables por parte del técnico de prevención.
- No entorpecen el trabajo.

5.1.2 Tipología de protecciones colectivas en trabajos sobre tejados y cubiertas

Las protecciones colectivas aplicables a instalaciones fotovoltaicas en cubiertas pueden clasificarse en función de su finalidad, su localización y su modo de funcionamiento. A continuación se describen los tipos más relevantes, diferenciando las protecciones perimetrales utilizadas en fase de obra (instalación), en fase de mantenimiento y las protecciones de huecos y elementos frágiles.

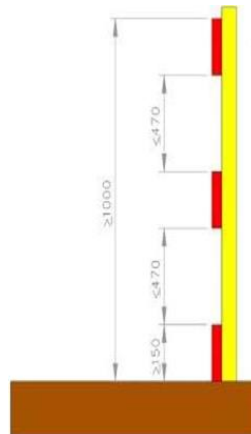
Protecciones perimetrales en fase de obra

Diseñadas para evitar caídas al vacío por los bordes de la cubierta. Podemos encontrar los siguientes tipos

- Sistemas provisionales de protección de borde “SPPB” (UNE-EN 13374); instaladas en el borde de cubiertas, terrazas o plataformas de trabajo. Distinguimos tres tipos de clases:
 - Clase A – Sistema de protección de borde que únicamente se puede utilizar en el caso en el que sólo se pudieran dar cargas estáticas (apoyar la mano mientras se camina o detener a una persona que cae mientras camina).

Hasta 10º de inclinación de la superficie de trabajo, sin límite de altura de caída.

Figura 2 Barandilla provisional Clase A



Fuente: Figura propia.

- Clase B – Sistema de protección de borde que puede soportar cargas estáticas (apoyar la mano mientras se camina o detener a una persona que cae mientras camina) o dinámicas débiles.

Hasta 30° de inclinación de la superficie de trabajo, sin límite de altura de caída.

De 30° a 60° de inclinación de la superficie de trabajo, con límite de altura de caída de 2 m.

Se recomienda que la altura del sistema sea de 4 metros en la peor de las situaciones (30°)

Figura 3 Barandilla provisional Clase B



$A \leq 250mm$

Fuente: Figura propia.

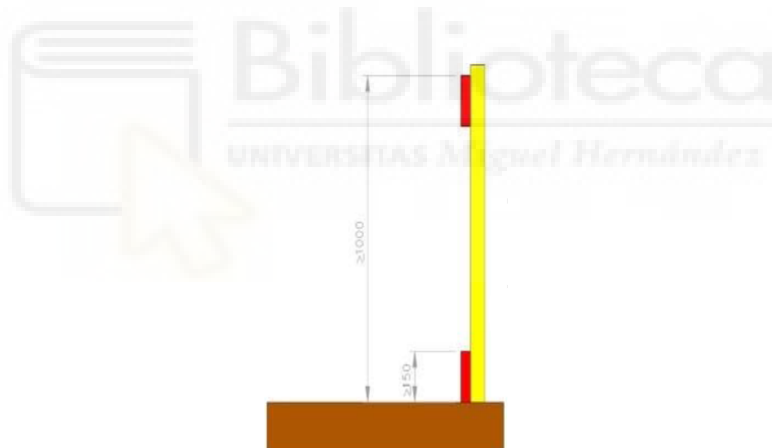
- Clase C – Sistema de protección de cubiertas inclinadas (más de 30° respecto a la horizontal). Preparada para soportar cargas estáticas y dinámicas elevadas, destinada a detener a una persona que resbala por una fuerte pendiente.

Entre 30° y 45° de inclinación de la superficie de trabajo: sin límite de altura de caída.

Entre 45° y 60° de inclinación de la superficie de trabajo: límite de altura de caída de 5 m.

Se recomienda que la altura del sistema sea de 5 metros en la peor de las situaciones (60°)

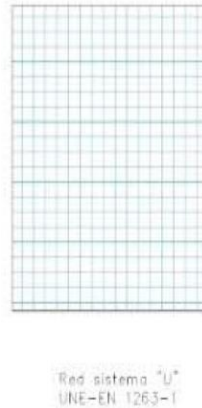
Figura 4 Barandilla provisional Clase C



Fuente: Figura propia.

Estos sistemas van acompañado de red de protección:

Figura 5 Red sistema "U"



Fuente: Figura propia.

Además, se debe colocar una malla tipo "mosquitera" para evitar la caída de objetos.

- Según el sistema de fijación a la estructura de soporte:
 - **Sistemas tipo "sargento"** – Este sistema, comúnmente identificado como tipo mordaza o sargento, funciona mediante la sujeción del poste vertical mediante presión directa sobre el borde de la estructura, sin necesidad de perforación. Puede utilizarse sobre superficies de diversos materiales como hormigón, madera o acero. Para garantizar su correcta instalación, es imprescindible seguir las instrucciones proporcionadas por el fabricante, ya que estas indicarán aspectos fundamentales como el tipo de estructura compatible, los espesores mínimos y máximos del soporte, y las distancias máximas permitidas entre postes verticales.
 - **Sistemas fijados mediante elementos mecánicos** – En este caso, los postes se instalan sobre placas metálicas que se anclan a la superficie mediante tornillos, tacos de expansión, clavos o elementos similares. Estas bases pueden presentar múltiples configuraciones geométricas, como casquillos redondos, cuadrados o incluso diseños angulados que permiten su fijación en cantos de forjado, fachadas, cubiertas, peldaños de escaleras u otras zonas

estructuralmente viables. La elección del tipo de base debe ajustarse tanto al soporte como a los requerimientos del sistema de protección colectiva previsto.

- **Sistema de redes verticales perimetrales** – Se pueden instalar en un sistema SPPB, como hemos visto anteriormente. Si estas no van instaladas en un sistema SPPB, estas deben instalarse con cuerda de atado en puntos de anclaje capaces de resistir la carga.

Protecciones perimetrales en fase de mantenimiento

Durante las tareas de mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas, especialmente en cubiertas sin peto o con riesgo de caída a distinto nivel, es esencial implantar sistemas de protección perimetral colectiva que garanticen la seguridad del trabajador. En esta fase, a diferencia de la ejecución de obra, las soluciones deben ser permanentes, dado que no es viable instalar protecciones colectivas temporales cada vez que se realiza un trabajo de mantenimiento. A continuación se detallan los sistemas de protección colectiva más habituales:

- **Barandillas fijas sobre peto** – Se anclan directamente sobre el peto del edificio y se componen de postes, barras superior e intermedia, y rodapié. El peto, junto con las barandillas, deben llegar a una altura mínima de 110 cm.
- **Barandillas fijadas al borde de la cubierta sin peto** – Estas consisten en un sistema fijado directamente al borde de la cubierta mediante anclajes químicos o mecánicos. Deben llegar a una altura mínima de 110 cm.
- **Barandillas abatibles o replegables (uso fijo con funcionalidad ocasional)**. Se trata de sistemas fijos con elementos móviles que permiten plegar o abatir la barandilla cuando no se requiere, manteniendo una estética mínima. Siempre que exista espacio, se trata de una solución viable en aquellas cubiertas donde ya se han instalado paneles fotovoltaicos y no se quiere perder potencia por las posibles sombras que pueden generar barandillas fijas. Igual que las anteriores, deben llegar a una altura mínima de 110 cm.

Protecciones de huecos y elementos frágiles

Durante la instalación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos sobre cubiertas, la presencia de huecos estructurales, claraboyas, lucernarios u otros elementos frágiles constituye un riesgo de caída a distinto nivel de especial gravedad. Para controlar este riesgo, la normativa de prevención de riesgos laborales en España — en concreto el Real Decreto 1627/1997 sobre obras de construcción y el Real Decreto 2177/2004 relativo a trabajos en altura — establece la necesidad de proteger adecuadamente estos huecos siempre que existan personas trabajadoras expuestas a su proximidad.

Las protecciones de huecos y elementos frágiles tienen como finalidad impedir la caída de personas o materiales a través de aberturas no protegidas, asegurando que el lugar de trabajo en altura mantenga condiciones de seguridad equivalentes a una superficie cerrada. Además, deben cumplir criterios de resistencia, estabilidad y permanencia durante todo el tiempo que dure la exposición al riesgo.

A continuación se enumeran y describen las soluciones técnicas más empleadas:

- **Cubrimiento rígido de huecos** – Estos están constituidos de materiales sólidos resistentes tales como acero galvanizado o inoxidable, aluminio, fibra de vidrio, etc. Si bien se pueden utilizar para proteger huecos, lucernarios, etc. se pueden instalar de forma lineal sobre elementos estructurales sólidos de las cubiertas frágiles para generar pasillos por donde pueda desplazarse de forma segura el personal de mantenimiento. En este sentido, se pueden combinar con barandillas o líneas de vida.
- **Mallas metálicas de protección** – Estas están fabricadas en acero galvanizado o inoxidable y pueden llegar a plastificarse para aumentar su resistencia al deterioro. Protegen completamente los huecos o elementos frágiles de la cubierta. Se anclan a elementos sólidos de la cubierta. Si bien se pueden utilizar en obras y mantenimientos, son más habituales en estos últimos.
- **Redes horizontales para huecos y zonas frágiles** – Se trata de redes de seguridad que preferiblemente se deben instalar sobre el hueco o zona frágil a proteger, funcionando de forma similar a las mallas metálicas pero, en este caso, tienen carácter de EPC temporal, por lo que su uso se extiende, por lo general, a obras.

A modo de conclusión, la implantación de medidas de protección colectiva constituye una estrategia preventiva esencial y prioritaria en trabajos sobre cubiertas, especialmente en entornos con riesgo grave de caída en altura, como ocurre en las instalaciones fotovoltaicas en tejados y cubiertas. La normativa española no solo recomienda, sino que exige que estas medidas sean la primera opción de actuación, siempre que sea técnicamente viable, por encima de soluciones individuales basadas en arneses o líneas de vida.

Este apartado pone de manifiesto que la protección colectiva no es un complemento, sino un componente central de la planificación preventiva, y debe contemplarse desde el replanteo inicial de los trabajos, incluyendo su montaje, verificación, mantenimiento y desmontaje. Integrar estas medidas en los procedimientos operativos es clave para lograr una reducción real de la siniestralidad y una mejora continua en las condiciones de seguridad en cuanto a lo referente a accidentes por caída a distinto nivel.

5.2. Protocolo para la aplicación de medidas preventivas sin posibilidad de EPC

Una vez realizada la identificación y valoración de las posibilidades de protecciones colectivas existentes, resulta imprescindible establecer un protocolo técnico de aplicación de medidas preventivas que garantice la eficacia y coherencia de la actuación preventiva **en aquellas situaciones donde no es posible instalar equipos de protección colectiva (EPC)**. Este protocolo tiene por objeto traducir el análisis de riesgos en acciones concretas, sistematizadas y adaptadas al entorno operativo, permitiendo que las medidas de seguridad no se limiten a una formulación teórica, sino que sean implementadas de forma real y práctica sobre el terreno.

Este procedimiento se diseña como una herramienta de gestión preventiva integrada, aplicable tanto por servicios de prevención propios como ajenos, responsables de obra, técnicos de seguridad, y personal ejecutor. Su finalidad es garantizar que:

- Las medidas de seguridad se adopten antes del inicio de las tareas.
- Su selección esté basada en criterios técnicos y normativos objetivos.
- Su implementación se integre en la planificación diaria de los trabajos.
- Su eficacia pueda ser verificada, mantenida y mejorada de forma continua por todas las personas responsables implicadas en el proyecto.

Este protocolo se organiza en diferentes apartados: objeto, alcance, identificación de riesgos, medios necesarios, análisis y realización del trabajo, uso e instalación de protecciones individuales y colectivas, tipos de cubiertas y anexos. A continuación se presenta el protocolo específico:

PROTOCOLO DE SEGURIDAD PARA MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES DE AUTOCONSUMO SOBRE TEJADOS, CUBIERTAS Y SIMILARES

1. Objeto

Definir y desarrollar la metodología para realizar con seguridad los trabajos incluidos en el montaje y mantenimiento de placas fotovoltaicas en tejados y cubiertas para instalaciones de autoconsumo.

2. Alcance

Es de aplicación a la empresa principal y sus empresas subcontratistas, para todos los trabajos de esta tipología, ejecutados en tejados y cubiertas que no cuentan con líneas de anclaje fijas (horizontales o verticales), ni presenten una protección colectiva perimetral (muros, petos, barandillas, redes...), o que presentándola, por las características del trabajo, exista riesgo de caída a distinto nivel (>2m): claraboyas, lucernarios o que las características de los tejados y cubiertas no aseguren su resistencia para el tránsito de las personas trabajadoras. En estos casos será obligatorio delimitar la zona de influencia y evitarlas en caso de no contar con protecciones como pasarelas (Tramex, paneles o rastreles) o redes como medios de refuerzo.

3. Identificación de riesgos

Los riesgos específicos previsibles que se pueden presentar en estos trabajos son:

- Caídas a distinto nivel (por rotura de la superficie soporte o pérdida de equilibrio/resbalones en los tejados y cubiertas).
- Riego eléctrico: durante el conexionado de placas y la instalación de circuitos eléctricos, así como el conexionado en el cuadro general y equipos intermedios.
- Caída de objetos.

Además de los correspondientes a la actividad que se vaya a realizar en sí (caídas al mismo nivel, golpes, cortes, etc.).

4. Medios necesarios

4.1 Equipo humano

Se define a continuación el personal y la formación necesaria para la realización de los trabajos en función de la tipología de los mismos.

- Jefe de equipo: responsable directo de la brigada que ejecuta los trabajos y contará con la formación adecuada al convenio. Será a su vez responsable en materia de Seguridad y Salud de las personas trabajadoras de empresas subcontratistas si las hubiera.
- Recurso preventivo: trabajador formado y designado para vigilar el cumplimiento de las actividades preventivas que así lo requieran y deberá contar con la formación del nivel básico en materia de PRL.
- Personal que realicen trabajos en altura:
 - Las personas trabajadoras que desarrollen trabajos temporales sobre tejados y cubiertas, han de estar formados específicamente para este tipo de actividades, contando con la formación de “Trabajos en altura: tejados y cubiertas” o equivalente.
 - Han de ser conocedores de criterios y normas de seguridad básicas que deben aplicarse durante el desarrollo de los trabajos sobre tejados y cubiertas, así como de los EPI’s necesarios, instalación de anclajes (fijos o provisionales), líneas de vida provisionales horizontales y verticales, uso de dispositivos anticaídas (deslizantes o retráctiles), manipulación de cargas en altura y maniobras básicas de rescate de personas accidentadas en altura...
- Personal que utilicen plataformas elevadoras:
 - En el caso de que se vayan a ejecutar parte de los trabajos mediante plataformas elevadoras móviles de personal, las personas trabajadoras que manejen las mismas han de contar con la formación especificada.
 - Así mismo deberán contar con la autorización de uso, de forma escrita.
- Personal que monten andamios:
 - Las personas trabajadoras que realicen el montaje de los andamios han de contar con la formación.
- Trabajos con riesgo eléctrico

- Para los trabajos con riesgo eléctrico las personas trabajadoras deberán contar con formación de riesgo eléctrico específica.
- Así mismo deben contar con la cualificación o autorización por escrito acorde a los trabajos que vayan a ejecutar.

4.2 Equipos y medios necesarios

En función de los trabajos a realizar, los equipos de trabajo y protección a utilizar, se encontrarán entre los siguientes, no siendo a veces todos los descritos a continuación, ya que los dispositivos anticaidas dependerán del sistema utilizado en cada caso:

EPI'S y SISTEMAS ANTICAÍDAS	HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES
Casco de seguridad con barbuquejo ¹	Andamio portátil
Calzado de seguridad ¹	Plataforma elevadora
Guantes mecánicos ¹	Protector de cuerda
Chaleco de alta visibilidad ²	Poleas con pestillo de seguridad
Arnés anticaidas con anilla pectoral y dorsal ³	Escaleras
Dispositivo anticaidas deslizante “rana” ³	Cuerdas de servicio
Mosquetones ³	Cinta de balizamiento
Cuerdas semiestáticas o de anclaje ³	Conos de señalización
Líneas de vida horizontales ³	Herramientas aisladas ⁴
Dispositivo anticaidas retráctil(con función horizontal y vertical) ³	Tela vinílica ⁴
Puntos de anclaje (estructurales –cuerda o cintillos-, mecánicos, químicos, temporales...) ³	
Elementos de amarre (simple o doble) ³	
Absorbedor de energía ³	
Ropa Ignífuga y de protección contra arco eléctrico ⁴	
Pantalla de protección contra arco eléctrico ⁴	
Guantes aislantes e ignífugos ⁴	

1. Obligatorio para todos los trabajos rodado

2. Obligatorio en presencia de tráfico

3. Obligatorio según tarea en trabajos en altura eléctrico

4. Obligatorio para trabajos con riesgo eléctrico

5. Análisis y realización del trabajo

Lo primero que se deberá realizar es un análisis del trabajo y la elección de la metodología de trabajo más adecuada acorde al tejado de la misma y los posibles puntos de anclaje que podamos utilizar.

Para los trabajos temporales que se desarrollan en tejados y cubiertas es muy importante la elección, utilización, mantenimiento y conservación de los diferentes medios auxiliares, anclajes, dispositivos y equipos de protección individual. No se trabajará en cubiertas de fibrocemento con contenido en amianto.

Antes de trabajar sobre este tipo de localizaciones se analizarán las mismas examinando el modo de acceso a la cubierta, la estructura soporte, el tipo de techumbre instalada (chapa, vidrio, resinas o polímeros termoplásticos, pizarras, tejas...), la forma constructiva de la cubierta y la inclinación o pendiente, la existencia o no de protecciones, climatología... para así diseñar el sistema de trabajo, medios de trabajos, acceso seguros, elección de equipos de protección individual y la forma de instalarlos y usarlos.

Una vez elegido el método de trabajo en altura, se deberá balizar la zona de trabajo para evitar el riesgo de caída de objetos a terceros, se prepararán los accesos, los puntos de anclaje y los medios necesarios para poder ejecutar los trabajos en condiciones de seguridad.

En este punto se definirá si es necesario delimitar una zona de ubicación del equipo auxiliar que vayamos a utilizar para la realización del trabajo, pudiendo ser éste, escalera, andamio o una combinación de varios.

No se deberá acceder a las cubiertas cuando las condiciones climatológicas sean adversas: fuerte viento (superior a 50 km/h), lluvia, tormentas eléctricas, etc. Se ha de tener igualmente en cuenta el material de la misma. Se debe evitar acceder a los tejados en los meses más fríos a primeras horas del día para evitar escarcha / hielo. En los meses de calor se debe evitar las horas centrales del día para prevenir golpes de calor, etc.

5.1 Acceso a la zona de trabajo

En este apartado se definen los medios alternativos de acceso cuando la cubierta no dispone de acceso propio.

5.1.1 Escaleras de mano

Colocación de la escalera

- Para poner en pie las escaleras se apoyarán las patas sobre obstáculos resistentes, para impedir su deslizamiento.
- Se apoyará sobre la pared o apoyo firme y si es extensible, se elevará a la posición de trabajo.
- Se apoyarán en superficies planas y sólidas o sobre elementos horizontales, resistentes y no deslizantes.
- En el caso de existir pendientes o zonas con desnivel, se deberán ajustar las patas regulables en altura, hasta conseguir la posición horizontal.
- Es obligatorio, en zonas transitadas, señalizar y/o proteger las escaleras mediante señales para el tráfico rodado y barrera física que impida el paso de peatones a la zona de trabajo.
- En el caso de que se ocupe la calzada, total o parcialmente, o cuando exista riesgo de atropello, la zona de trabajo deberá quedar claramente señalizada y balizada. Las personas trabajadoras deberán hacer uso del chaleco de alta visibilidad, que en el caso de trabajos con riesgo eléctrico, deberá ser ignífugo.
- Las escaleras se colocarán teniendo en cuenta que la relación correcta es de: 1:4 (siendo 1m la separación de la base de la escalera a la pared y 4m la longitud de la escalera en su punto de apoyo superior, ver anexo A). Correspondiendo a una inclinación aproximada de un ángulo de 75° con la horizontal.
- Nunca se colocarán frente a una puerta que se abra hacia ella, salvo que se hayan tomado las medidas oportunas para que no pueda abrirse.
- Si se usan las escaleras para ascenso y descenso del personal, deberán tener la longitud necesaria para sobresalir al menos un metro del plano de trabajo al que se accede. Las mismas deberán atarse o estabilizarse de manera segura, en su parte superior y/o inferior

Acceso por la escalera

- Para el acceso por escalera la altura se limitará a 7 m.
- Siempre que sea posible, utilizarán escaleras de fibra con el peldaño macizado y preparado como punto de anclaje, la escalera se deberá asegurar al menos en la parte inferior e intermedia, o mediante arriostramiento lateral y el trabajador se anclará a la línea de vida que estará sujeta al peldaño destinado a tal fin de la propia escalera. A su vez la línea de vida se anclará a los peldaños inferiores para darle tense.
- El desembarco desde la escalera al tejado deberá realizarse de forma segura por lo que el trabajador deberá contar en la cubierta con un punto de anclaje, y deberá disponer por tanto de otro sistema anticaídas para realizar el tránsito de la escalera a la cubierta, para que en todo momento cuente con un sistema anticaídas.
- En caso de no ser posible asegurar la escalera, ésta se ubicará en la zona de acceso y se ascenderá mediante línea de vida independiente de la escalera, atendiendo a lo establecido en el Anexo F de la presente instrucción.

5.2.1 Andamio

Se definen aquí las medidas preventivas más importantes a tener en cuenta durante el montaje, revisión y uso de los andamios, pero será de aplicación todo lo descrito en la evaluación de riesgos realizada para estos trabajos, así como lo indicado en los manuales de instrucciones de los fabricantes.

Montaje del andamio:

- No se iniciará un nuevo nivel sin antes haber concluido el de partida con todos los elementos de seguridad, amarres, arriostramientos y medios de acceso que le correspondan.
- La seguridad alcanzada en el nivel ya consolidado será tal que ofrecerá las garantías necesarias como para amarrar a él el mosquetón del sistema anticaídas
- Las uniones entre tubos se realizarán con el sistema previsto por el fabricante, nunca mediante el uso de cuerdas, alambres, etc.
- Se montarán todas las protecciones necesarias (barandilla superior, intermedia y rodapié).

- Para la realización de todos los trabajos de montaje, y revisión, que se realicen a más de dos metros de altura, se deberá hacer uso continuado de arnés y sistema anticaídas correctamente fijado.
- El sistema anticaídas más recomendado para este tipo de trabajos, es el doble gancho con absorbedor de energía, para garantizar el amarre durante todos los desplazamientos derivados del montaje. No obstante se puede hacer uso de uno diferente, siempre y cuando sea efectivo.
- Una vez montado el andamio deberá señalizarse y balizarse de forma que no suponga un riesgo para terceros.
- Se deberá contar con un “Plan de montaje” en el caso el andamio supere los 6 metros desde el punto más bajo hasta coronación.

Uso y acceso desde el andamio:

- No se realizarán trabajos temporales en altura, cuando las condiciones meteorológicas supongan un peligro para la seguridad de las personas trabajadoras. En el caso de andamios motorizados y colgados, las condiciones de viento máximo, deben venir especificadas en la placa informativa del mismo.
- No se desmontarán amarres, en caso de necesidad se consultará con el técnico competente.
- Acceder a las plataformas únicamente por los lugares previstos para ello. Se prohíbe expresamente subir o bajar por el exterior de los andamios.
- No se podrán sobrecargar las plataformas. Las personas trabajadoras deben conocer la carga máxima que admiten, en el caso de andamios de cremallera, se deberá facilitar a los usuarios el diagrama de pesos que soporta, teniendo en cuenta que es preferible que los pequeños acopios necesarios para el trabajo, se ubiquen junto al propio mástil, y recordar que no es un montacargas. En el caso de andamios colgados, la carga máxima nominal debe venir marcada en la placa de información del mismo.
- Las plataformas deberán estar limpias y despejadas, libres de objetos que puedan propiciar resbalones, tropezones, etc.

- En los andamios sobre ruedas, antes de acceder a las plataformas del mismo, hay que asegurarse de que las cuatro ruedas se encuentran convenientemente bloqueadas.
- Está prohibido desplazar andamios sobre ruedas con personal sobre la plataforma.
- Si el andamio está preparado para el acceso a la cubierta, todo el personal que acceda al tejado deberá asegurarse a una línea de vida o punto fijo de la misma definido para tal fin (montada durante la preparación del trabajo).

5.2 Acopio e izado del material. Delimitación y señalización de la zona de trabajo

El material se acopiará a cota cero de forma generalizada, en una ubicación que no suponga un riesgo para terceros ni para las personas trabajadoras de la obra. El mismo estará balizado y señalizado de forma adecuada al tamaño y posición.

No se apilará material a una altura que pueda ser inestable y que su manipulación sea un riesgo de caída a distinto nivel para las personas trabajadoras.

Para el izado del material se utilizarán poleas y/o aparejos adecuados al tamaño y peso de los materiales a subir. Todas las poleas contarán con pestillos de seguridad.

Cuando para el izado del material utilicemos como punto de anclaje de las poleas y/o aparejos las escaleras o andamios, tendremos en cuenta el peso máximo a soportar por cada uno de los medios auxiliares. Así mismo todo el material que se ize deberá disponer de cuerdas guía durante el manipulado.

Una vez el material esté en la cubierta, se acopiará de forma estable si es posible cuando las cubiertas sean planas y nunca cerca de los bordes si no están protegidas.

No se acopiará más material del estrictamente necesario en cubiertas con pendientes inclinadas y se amarrará cuando exista peligro de caída. Así mismo las herramientas y el material de trabajo se sujetarán para evitar caídas sobre terceros.

Se señalizará el perímetro y/o zona de trabajo en la cota inferior, de forma que viandantes y peatones no puedan acceder a la zona de trabajo.

5.3 Montaje de las placas fotovoltaicas

El acceso a las cubiertas y tejados se realizará por uno de los medios definidos previamente, o por las escaleras del edificio, puertas o ventanas existentes.

Los trabajos a realizar en el tejado serán la instalación de las placas fotovoltaicas y las conexiones eléctricas de las mismas.

Para la colocación de las placas se realizarán, de forma general, taladros en la cubierta para el anclaje de los perfiles metálicos sobre las que van soportadas.

Figura 6 Perfiles metálicos sobre cubierta



Fuente: Figura propia.

5.4 Trabajos de conexionado eléctrico

A la vez que se va realizando el montaje de las placas fotovoltaicas, se deberá ir realizando el conexionado de las placas entre sí, mediante los conectores de las que vienen provistas, que serán conectores tipo MC4 o similares, preparados para su conexión macho-hembra sin riesgo eléctrico.

Figura 7 Conectores placas fotovoltaicas



Fuente: Niled

A su vez se deberá ir colocando el cable de tierra.

Una vez conectadas eléctricamente todas las placas solares, se conectarán al cuadro de protecciones de continua y de ahí al inversor para terminar su conexión en el cuadro general de la instalación.

Estas instalaciones están preparadas para su conexionado sin partes accesibles a la tensión hasta la conexión del inversor al cuadro general de la instalación, por lo que para la realización de estos trabajos las personas trabajadoras han de contar con autorización y formación en riesgo eléctrico para trabajos sin tensión. Por este motivo no se podrán realizar modificaciones o reparaciones sobre los equipos una vez estén conexionados.

Para la conexión definitiva del inversor al cuadro general de la instalación, dada la diversidad de las instalaciones que nos podemos encontrar, los trabajos se realizarán con técnicas de trabajos de baja tensión en tensión, método contacto, dada la dificultad de poder hacer las cinco reglas de oro sobre estas instalaciones. Las personas trabajadoras deberán ser personas trabajadoras cualificadas en baja tensión con tensión.

6. Uso e instalación de protecciones individuales y colectivas

Para la realización de estos trabajos debemos permanecer siempre asegurados mediante el arnés y un sistema anticaídas, salvo que la cubierta sea plana y disponga de un peto resistente de al menos 90 cm.

6.1 Puntos de anclaje

Para cualquiera de los sistemas anticaídas que se vayan a utilizar, es muy importante conocer los diferentes puntos de anclaje (estructurales-cintillos, cuerdas de anclaje, puntos de anclaje para ventanas y puertas, mecánicos o químicos) (Ver ANEXO A) a los que se conectarán dichos sistemas, así como la instalación en estructuras resistentes de esos puntos de anclaje.

A la hora de elegir las estructuras en las que instalar los puntos de anclaje, podremos utilizar elementos que tengan una solidez fácil de comprobar. Así, nos sujetaremos a barandillas resistentes, casetones de ascensores, grandes chimeneas, etc. Tanto en casetones de ascensores como en grandes chimeneas instalaremos cuerdas alrededor de su perímetro, las cuales protegeremos del roce contra posibles bordes cortantes que pudieran dañarla o incluso seccionarla en caso de someterla a un esfuerzo.

Evitaremos como puntos de sujeción pequeñas chimeneas, manillas de puertas, elementos plásticos, tuberías, aires acondicionados, antenas, etc.

En caso de duda, siempre será más conveniente realizar un anclaje mecánico o químico, mediante taladro. Dependiendo del tipo de pared, se elegirá un anclaje diferente:

- El anclaje mecánico se utilizará para paredes de hormigón en masa o armado y piedra compacta.
- El anclaje químico al absorber la porosidad, se utilizará en piedra poco compacta, ladrillo macizo o perforado y más cerca de aristas.

Para todos los anclajes, independientemente del tipo que sean, y cuando la línea de vida sea de cuerda, se realizará un reaseguro doble (reenvío) para cada punto de anclaje principal. Así, en caso de fallo del punto de anclaje principal, el punto de anclaje de reaseguro o reenvío tendrá la capacidad de soportar toda la energía que se produzca en una caída, evitando daños al operario (Ver ANEXO B).

Para trabajar temporalmente en tejados y cubiertas, se elegirá alguno de los siguientes sistemas, en función de la configuración del tejado o cubierta, de los trabajos a desarrollar y de la superficie a abarcar.

6.2 Líneas de vida

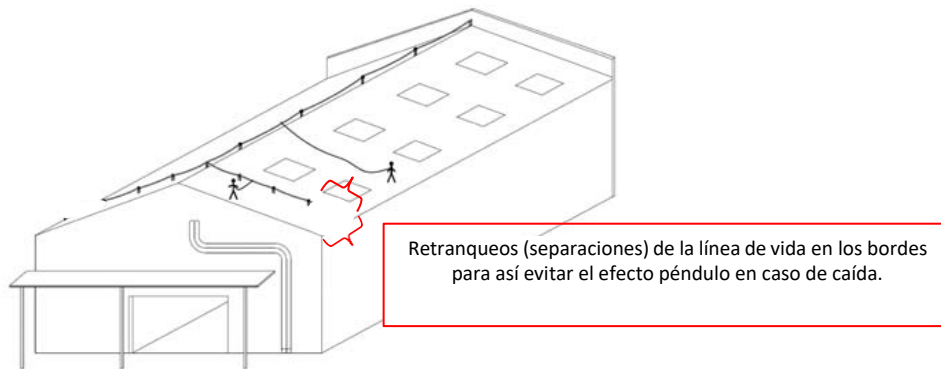
6.2.1 Líneas de vida horizontales (Ver ANEXO C)

Serán de cinta según UNE-EN 795 tipo B/C: línea de vida horizontal temporal.

Cuando se tenga que trabajar en un tejado o cubierta con desplazamientos a lo largo y ancho de tales superficies, o en el perímetro de las mismas, sin existir protecciones colectivas perimetrales o rebasando éstas en el caso de que existan, la instalación de este tipo de líneas horizontales provisionales resulta muy versátil y cómodo.

Hay que evitar el efecto péndulo en la caída; para ello lo mejor es que la línea sea paralela al borde desde donde se puede producir la caída. En algunos casos la línea se retranquea para detener las caídas.

Figura 8 Ejemplo de retranqueos de línea de vida



Fuente: INSST.

Instalación

- Ancladas a estructuras resistentes mediante puntos de anclaje (estructurales, mecánicos o químicos).
- Siempre que las características estructurales del entorno lo permitan, ancladas por encima de la cabeza.
- No ahorcadas directamente a estructuras, si no conectadas mediante puntos de anclaje (EN-795): cintillos, cuerdas de anclaje, anclajes químicos, mecánicos (cáncamos), anclajes móviles...
- Conexión a punto de anclaje mediante conector (mosquetón o gancho) y con nudo de "8" ó "9" o por la propia gaza de la cuerda.
- No existirán defectos, tipo roturas, desgarros ni nudos.
- Revisión del año de fabricación de la etiqueta: no es recomendable usarlas más de 5 años desde su fabricación, aunque se han de seguir las indicaciones marcadas por el fabricante.
- No usar elementos cortantes (navajas, radiales...) o fuentes de calor (radiales, soldaduras...) cerca de las cintas. En el caso de tener que hacer trabajos en caliente con posibilidad de quemar la cinta, se protegerán mediante mantas ignífugas o protectores a resistentes al calor.

Uso

Se podrán utilizar por 1 solo usuario, salvo que el fabricante marque un número mayor, o se realicen particiones.

Figura 9 Ejemplo de línea de vida de cinta



Fuente: Figura propia.

Podrán hacerse particiones de las líneas de vida para evitar flechas muy grandes de la línea, lo que permitirá un uso simultáneo por varias personas trabajadoras (uno en cada partición). (Ver Anexo C).

6.2.2 Líneas de vida verticales

Son muy útiles para trabajos en tejados/superficies inclinadas (un agua, dos aguas, etc...). (ANEXO D). Formadas por cuerdas semiestática (UNE-EN 1891) o por cuerda de anclaje (UNE-EN 353-2).

Instalación

- La longitud de las líneas será equivalente a la distancia a recorrer sobre la superficie inclinada.
- No se ahorcarán directamente a las estructuras si no que se conectarán, al igual que las horizontales, mediante puntos de anclaje:
 1. Estructurales:
 - a. Cintillos
 - b. Cuerdas de anclaje
 - c. Líneas de vida horizontales
 - d. Anclajes de aluminio adaptables a diferentes anchos de puertas y ventanas: muy útil para el desembarco con seguridad. Se pueden anclar hasta 2 usuarios a la vez, dependiendo del fabricante. (Ver ANEXO D)

2. Mecánicos

3. Químicos

- La conexión al punto de anclaje se hará mediante conector (mosquetón o gancho) y con nudo de “8” ó “9” o por la propia gaza de la cuerda, no mediante “ranas”.
- Las líneas de vida contarán con reenvíos o reaseguros dobles (Ver ANEXO D).
- Se colocarán protectores de cuerda para evitar la abrasión de la cuerda con aristas, perfiles...
- En el otro extremo de la cuerda existirá un nudo para evitar que se salga la “rana” al llegar al final de la cuerda.
- La conexión del usuario a la línea de vida podrá hacerse mediante anticaídas “rana” o mediante descensor fabricado para trabajar en planos inclinados (por ejemplo, tipo ID).
- La “rana” ha de estar montada correctamente, con la flecha que tiene grabada, siempre orientada hacia el punto de anclaje.

Figuras 10 y 11 Ejemplos flecha del sistema anticaídas tipo “rana”



Fuente: Figura propia.

- No existirán defectos, tipo roturas, desgarros ni nudos en las cuerdas.
- Revisión del año de fabricación de la etiqueta: no es recomendable usarlas más de 5 años desde su fabricación, aunque se han de seguir las indicaciones marcadas por el fabricante.
- No usar elementos cortantes (navajas, radiales...) o fuentes de calor (radiales, soldaduras...) cerca de las cuerdas o cintas. En el caso de tener que hacer trabajos en caliente con posibilidad de quemar la cuerda o cinta, se protegerán mediante mantas ignífugas o protectores de cuerda resistentes al calor.
- En la instalación de la línea de vida se tendrá en cuenta la necesidad de acceder a zonas de la cubierta muy próximas al final de la misma, pudiendo producir la caída y efecto péndulo del trabajador. En el replanteo inicial se debe valorar esta posibilidad y por tanto proponer la ubicación definitiva de la línea de vida. Para casos en los que la instalación implique el tener que llegar a zonas próximas al final de la cubierta, se trabajará con dos líneas de vida utilizando la más lejana para realizar estos trabajos (ver croquis anexo).

Uso

A cada línea de vida vertical se anclará un único usuario, que se conectará a ella mediante dispositivo anticaídas “rana”, anclado en cualquiera de sus anillas de anclaje (A) del arnés (pectoral o dorsal).

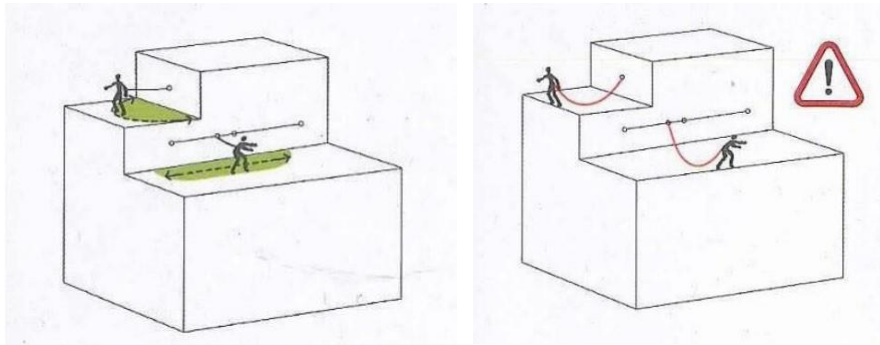
NO SE HAN DE UTILIZAR CUERDAS DINÁMICAS (ELASTICIDAD 5-10%) NI ESTÁTICAS (ELASTICIDAD 1.5-3%) PARA LA INSTALACIÓN DE UNA LÍNEA DE VIDA PROVISIONAL.

6.3 Sistemas de retención

Se utilizarán exclusivamente en cubiertas planas transitables donde sea imposible una caída a distinto nivel.

Este tipo de sistema es el que restringe el desplazamiento de un trabajador, impide que alcance una zona que presente riesgo de caída. Está formado por un elemento de amarre (sin absorbedor de energía) + arnés. La longitud del elemento de amarre ha de ser tal que impida que el trabajador entre en la zona de caída (borde).

Figura 12 Ejemplo sistema de retención



Fuente: Treballsverticalspenedes. Blogspot.

6.4 Plataforma elevadora móvil de personal (PEMP)

Cuando para la preparación del trabajo (por ejemplo para la colocación de puntos de anclaje), o la tipología del tejado se pueda utilizar para realizar el trabajo una plataforma elevadora (PEMP) se tendrán en cuenta las siguientes medidas preventivas.

Colocación de la plataforma elevadora

- Al desplazar la plataforma por la zona de trabajo, se realizará a baja velocidad, y verificando las pendientes, obstáculos, socavones y otros impedimentos que pueda haber, y conociendo las posibles limitaciones de resistencia o compactación del terreno o suelo. Nunca se transitará por superficies con pendientes mayores a las indicadas por el fabricante.
- Se mantendrá la zona de trabajo libre de obstáculos.
- Cuando por razones de la obra se ocupe calzada o acera, se señalizará y protegerá adecuadamente la zona, habilitando si es necesario pasos alternativos para los peatones debidamente señalizados y protegidos.
- Se nivelará perfectamente la plataforma, utilizando siempre los estabilizadores cuando existan.
- Se observará en todo momento el bloqueo correcto de la plataforma, cuando esta esté con personal en su interior.

- No se desplazará sin colocar la barra de protección de la plataforma, o el cierre de la puertecilla de seguridad. No se deberá sujetar dicha barra, con bridas o elemento similar, durante el trabajo.

Uso de la PEMP

- No se elevará ni conducirá la plataforma con fuerte viento (consultar instrucciones del fabricante) o con condiciones meteorológicas adversas, que dificulten la visibilidad (niebla, lluvia fuerte, etc).
- Los trabajos se realizarán siempre desde el piso de la plataforma, no subiéndose a las barandillas, ni se pondrán elementos añadidos (andamios, tablonos, escaleras, etc.) para llegar a los puntos de trabajo.
- Trabajando en la plataforma más de un operario, sólo uno será el encargado de manejarla, y antes de realizar cualquier movimiento, se cerciorará de que el resto de los operarios están advertidos del inicio del movimiento.
- En caso de que las instrucciones de seguridad lo indiquen, será obligatorio el uso de sistema anticaídas con absorbedor de energía fijado a un punto de anclaje indicado por el fabricante de la PEMP. En aquellas PEMP que dispongan del punto de sujeción (no certificado como punto de anclaje) en la parte inferior de la plataforma, y siempre que la tarea lo permita, se podrá utilizar un sistema de retención certificado compuesto por un elemento un elemento de amarre no superior a 90 cm de longitud. Este sistema se podrá utilizar siempre y cuando no contradiga las prescripciones del fabricante de la plataforma.
- En caso de existir líneas eléctricas en las cercanías del lugar de trabajo, se mantendrán las distancias de seguridad adecuadas al nivel de tensión, teniendo en cuenta los movimientos y materiales manipulados. Así mismo, la plataforma elevadora, deberá ponerse a tierra, siempre que se encuentre dentro de la distancia de proximidad y se realizará la tarea bajo la supervisión de un trabajador autorizado para riesgo eléctrico (este trabajador velará por la no invasión de la zona de peligro eléctrica por parte del operador de la PEMP).
- No se manipularán materiales o equipos que por su volumen o peso pongan en peligro la estabilidad o integridad de la plataforma.

- No se utilizara una plataforma como grúa elevadora sobrepasando la carga máxima indicada en cada plataforma elevadora.
- Para los traslados de la maquinaria desde un lugar a otro, las plataformas se trasladarán replegadas en su posición más baja antes de realizar la maniobra.

Durante los trabajos se ha de delimitar y señalizar la zona de trabajo por interferencia con otros trabajos o zonas de paso, etc. De igual modo se ha de comprobar y asegurar los distintos elementos al finalizar la jornada en el caso de trabajos que duren varios días.

6.5 Doble gancho, gancho simple y retráctil

El doble gancho y el simple están formados por un elemento de amarre de cuerda o cinta e incorporan SIEMPRE un absorbedor de energía. Si no lo incorporaran no actuarían como sistema anticaídas, sino de retención.

Los anticaídas retráctiles son dispositivos automáticos provistos de un sistema de frenado automático por inercia en el caso de caída. Interna o externamente deben incorporar un sistema absorbedor de energía. Durante su uso la cinta o cable permanecen en tensión controlada, bloqueándose en caso de caída. El sistema es en cierto modo similar al del cinturón de seguridad de un vehículo. A la hora de decidirnó por el dispositivo adecuado deberemos sobre todo prestar atención a la longitud de la cinta/cable (hasta 30m) y al peso del dispositivo.

A la hora de conectarlo, se podrá elegir en la cubierta o tejado (ANEXO E) :

- A estructuras firmes y resistentes existentes en los tejados o cubiertas (barandillas resistentes, raíles de góndolas...).
- A anclajes provisionales (estructurales) o definitivos (químicos, mecánicos...) instalados por el propio operario.
- A líneas de vida horizontales (previamente instaladas por los operarios) o existentes (fijas).

Los elementos de amarre simples y dobles permiten recorridos limitados a su longitud (máx. 2m) alrededor del punto de anclaje, mientras que el retráctil permite desplazamientos y barridos de superficie mayores (dependiendo también de su longitud que llega hasta 30m).

Aspectos importantes a tener en cuenta en el uso de retráctiles:

- Verificar que el espacio de trabajo es compatible con la longitud del retráctil (por ejemplo, no se utilizará un retráctil de 10m para recorrer en el tejado o cubierta distancias de 6m).
- Para los desplazamientos laterales ha de estar conectado por encima del usuario y el ángulo de trabajo no debe superar 30° con la vertical.
- Los desplazamientos se harán a la velocidad de marcha normal, los aceleramientos, saltos y otros accionamientos acarrearán el frenado del aparato.
- La cinta/cable tiene que estar tensa, si estuviera floja y no se enrollara de manera normal, no se podrá utilizar.
- Controlar que no se produzcan enrollamientos durante su utilización, en brazos y piernas.
- Nunca se conectará más de un trabajador al retráctil.
- Nunca se bloqueará el enrollamiento.
- Comprobar que se lleva un correcto mantenimiento del dispositivo, cumpliendo con los plazos de inspección indicados por el fabricante.

7. Tipos de cubiertas

Los trabajos se podrán realizar en cubiertas planas transitables sin claraboyas ni lucernarios sin necesidad de hacer uso de sistema anticaídas o de retención cuando éstas dispongan de un peto o barandilla perimetral e al menos 90cm y cuando para la realización del trabajo no sea necesario en ningún momento sobrepasar la altura del mismo.

Para cubiertas a dos aguas será imprescindible el uso de sistema anticaídas o similar y/o desde equipos y/o medios auxiliares con protección perimetral (andamios, PEMP)

Los tejados o cubiertas de edificios que se consideran en condiciones deficientes, NO SE REALIZARÁN TRABAJOS sobre los mismos, debiéndose planificar la realización de los mismos por otro medio alternativo más seguro (plataformas elevadoras, trabajos verticales, estabilización o refuerzo de fachadas o techumbres realizadas por técnicos competentes, etc).

Cuando se trate de cubiertas ligeras, es decir, placas planas, onduladas o nervadas, de vidrio, amianto, chapa ondulada, resinas de poliéster, lucernarios o claraboyas..., no concebidas

para soportar el tránsito de las personas, solo se podrá acceder a ellas reforzando la superficie mediante paneles o rastreles para aumentar la resistencia de la cubierta, y planificando el uso de equipos anticaídas.

En el caso de cubiertas con claraboyas o lucernarios, se deberá señalizar la zona de trabajo por exclusión de forma que se garantice que no se caminará sobre los mismos. En el caso de que por ejemplo los lucernarios sean longitudinales y haya que atravesarlos se podrán proteger previamente mediante redes de protección horizontal, tramex de paso o mallas electro soldadas de probada resistencia y fabricadas para tal fin.

8. Anexos

Anexo A: Puntos de anclaje

Anexo B: Reaseguro o reenvío de cabeceras de líneas de vida Anexo C: Líneas de vida horizontales

Anexo D: Líneas de vida verticales

Anexo E: Uso de doble gancho/simple/retráctil Anexo F: Croquis de montaje de líneas de vida

Anexo G: Protección de claraboyas y lucernarios

ANEXO A: PUNTOS DE ANCLAJE

Figuras 13 y 14 Puntos de anclaje estructurales mediante cindill



Fuente: Figura propia.

Figuras 15 y 16 Anclajes mecánicos (izquierda) y anclaje químico (derecha)



Fuente: Propia (figura izquierda) e Indufix (figura derecha).

ANEXO B: REASEGURO O REENVÍO DE CABECERAS DE LÍNEAS DE VIDA DE CUERDA

Figuras 17 y 18 Ejemplos anclaje principal y reenvío del anclaje principal en trabajos verticales



Fuente: Figura propia.

ANEXO C: LÍNEAS DE VIDA HORIZONTALES

Figuras 19 y 20 Línea de vida horizontal de cinta



Línea de vida horizontal de cinta por el exterior de la protección colectiva (barandilla)



Línea de vida horizontal de cinta conectada a punto de anclaje existente en la cubierta.

Fuente: Propia (figura superior) y Specifiedby (figura inferior).

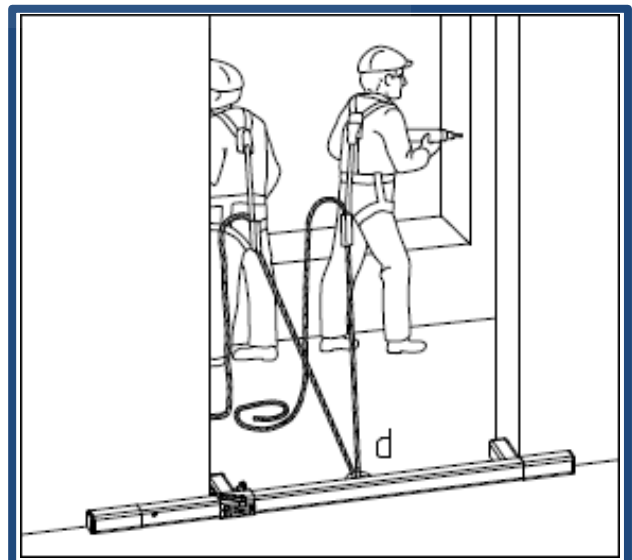
ANEXO D: LÍNEAS DE VIDA VERTICALES

Figura 21 Protector línea de vida vertical.



Fuente: Figura propia.

Figuras 22 y 23 Puntos de anclaje para uso en puertas



Fuente: Figura propia (imagen izquierda) y Wuerth (imagen derecha).

Figura 24 Punto de anclaje para ventanas



Fuente: Manomano.

Figura 25 Anclaje trípode SYAM



Fuente: Anticaídas solutions.

ANEXO E: USO DE DOBLE GANCHO/SIMPLE/RETRÁCTIL

Figura 26 Gancho simple de cuerda



Fuente: Figura propia.

Figuras 27 y 28 Doble gancho de cinta y doble gancho con cuerda



Fuente: Figura propia.

Figuras 29 y 30 Sistema anticaídas retráctil



Fuente: Figura propia.

Figura 31 Conexión de doble gancho a estructura



Fuente: Figura propia.

Figura 32 Elemento de amarre simple a línea de vida



Fuente: Figura propia.

ANEXO F: CROQUIS DE MONTAJE DE LINEAS DE VIDA EN TEJADO DE VIVIENDA

Opción A: USO DE UNA O DOS LINEAS DE VIDA CON GAZA INJERIDA (OJALES)

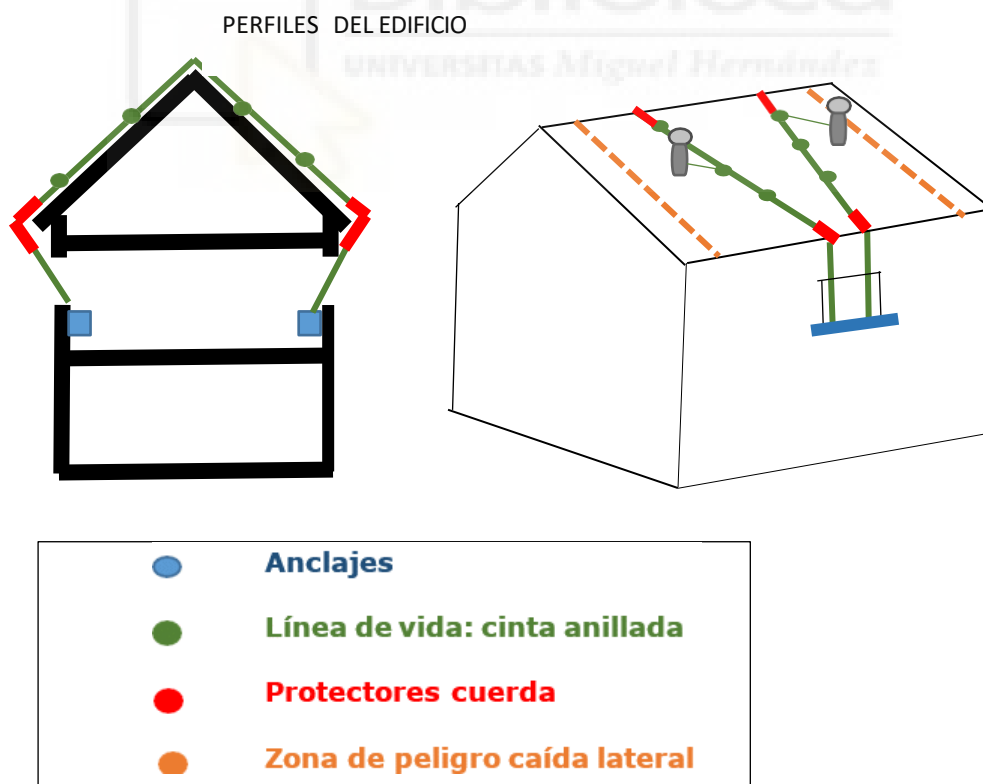
Se utilizarán dos anclajes de ventana con marcado UNE EN 795 clase B en cada una de las ventanas del edificio, y a los mismos se amarran dos líneas de vida tipo cinta anillada con el marcado UNE EN 795 clase B.

Una vez pasadas las dos líneas de vida por encima del tejado del edificio se aseguran al otro punto de anclaje colocado en la ventana del lado opuesto del edificio.

Para minimizar el rozamiento y desgastes de las líneas de vida, es importante hacer uso de protectores de cuerda en todos los puntos donde la misma pueda hacer fricción con paredes y ventanas

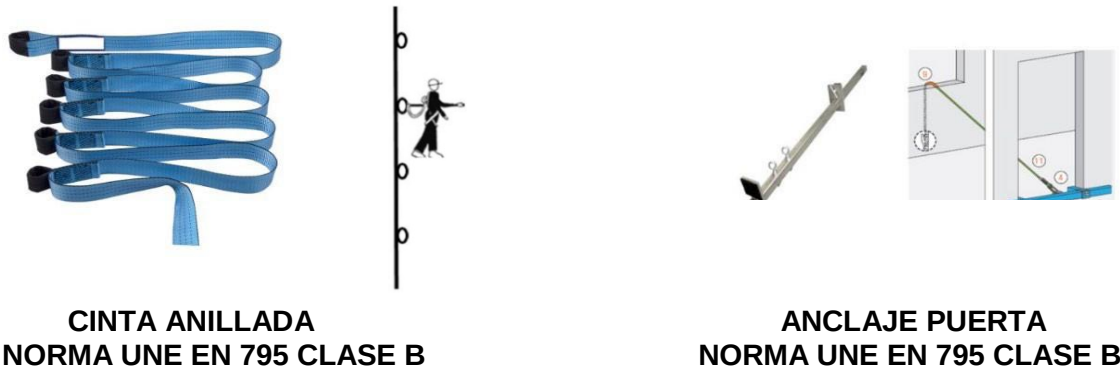
Una vez colocadas las dos líneas de vida sobre el tejado se podrá acceder al mismo mediante escalera o andamio y hacer uso de doble gancho en los distintos ojales de las líneas de vida.

Figura 33 Croquis líneas de vida con gaza injerida



Fuente: Figura propia.

Figuras 34 y 35 Cinta anillada y anclaje puerta (NORMA UNE EN 795 CLASE B)



Fuente: MiguelMiranda

Figura 36 Doble gancho con absorbedor de energía

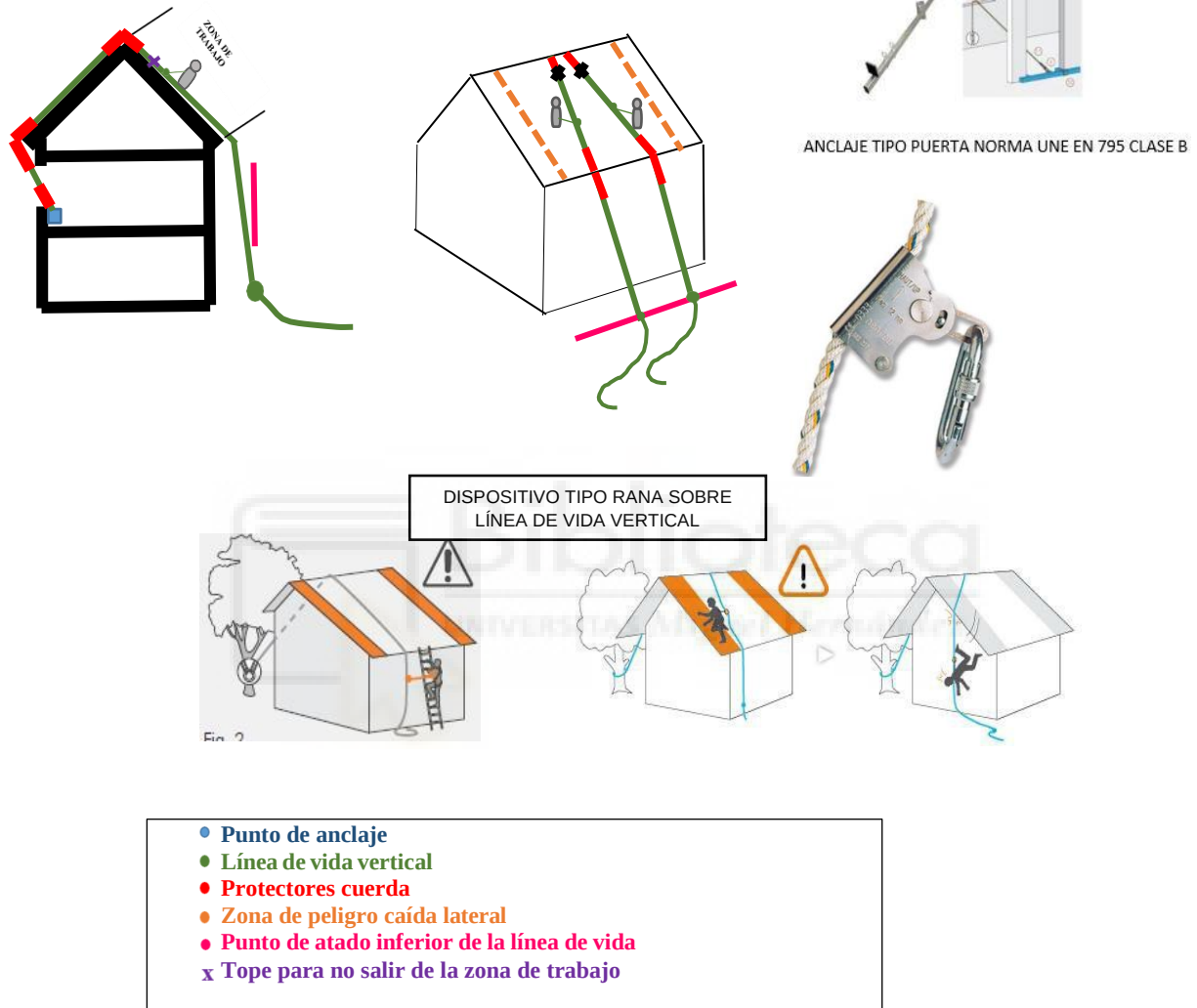


Fuente: MiguelMiranda

Se proponen varias configuraciones distintas para la colocación de las líneas de vida verticales. En todas ellas la idea principal es que la línea de vida se encuentre anclada desde la otra cara de la cubierta, esto es, que el punto de anclaje/sistema de anclaje se ubicará en el lado opuesto a la zona de la cubierta en la que se deben hacer los trabajos. Se lanzará la línea de vida, amarrada al punto de anclaje ya instalado, se colocará se atará con un nudo resistente en algún punto inferior de la cara opuesta a la ubicación del punto de anclaje, dejando suficiente margen de cuerda para poder moverse sobre la cara de cubierta de los trabajos. En el primer ascenso se instalará el tope superior en la cuerda (por ejemplo cinta aislante, un cordin...) que impida que la rana pueda pasar por la cuerda y así evitar acceder al otro lado de la cubierta, donde no funcionaría correctamente la rana.

Se utilizará un anclaje de ventana con marcado UNE EN 795 clase B, y al mismo se enganchará una línea de vida vertical de cuerda sobre la que se colocará un dispositivo deslizante tipo rana (Norma UNE 353-2).

Figura 37 Croquis instalación líneas de vida, elementos y ejemplo zona de peligro

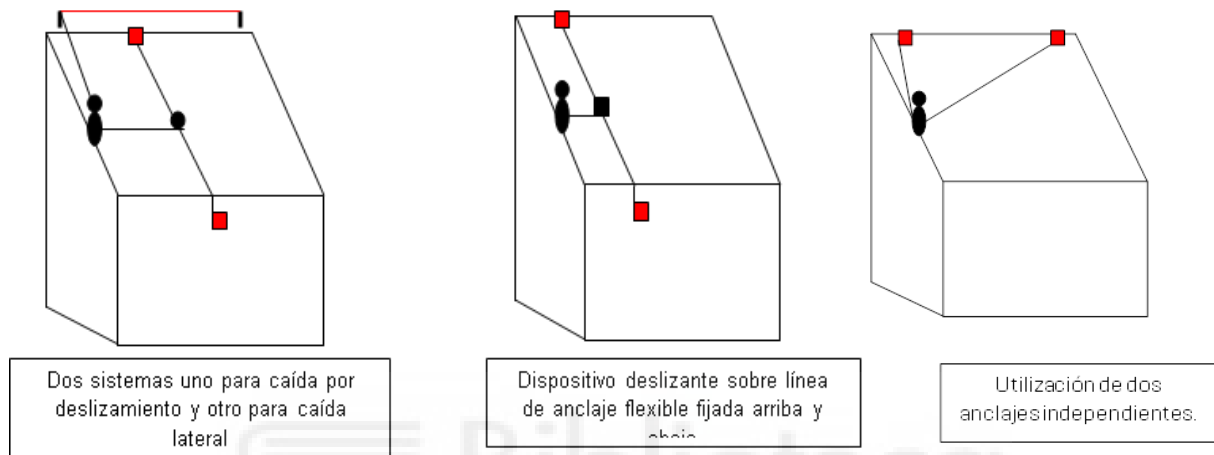


Fuente: Figura propia e Interempresas.

ZONAS DE PELIGRO DE CAIDA LATERAL

De forma general se deberá prestar atención a las denominadas zonas de peligro por caída lateral, para lo cual se deberá analizar el trabajo previamente y si fuera necesario, colocar líneas de vida adicionales para evitar la entrada de las personas trabajadoras con líneas de vida verticales en dichas zonas.

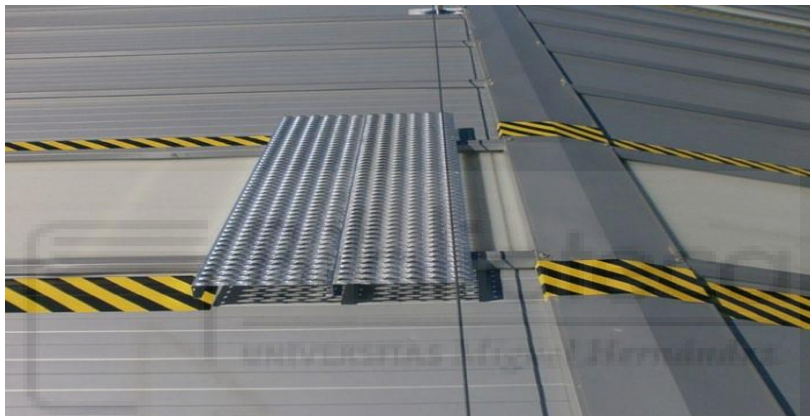
Figura 38 ejemplos de soluciones a caída lateral



Fuente: Figura propia.

ANEXO G: PROTECCIÓN DE CLARABOYAS Y LUCERNARIOS

Figuras 39, 40 y 41 Sistemas de protección de claraboyas y lucernarios



Fuente: Workprotect (arriba izquierda), Seprom (arriba derecha) y Cables y eslingas (abajo)

Figura 42 Protección de lucernario y delimitación de zona de peligro



Fuente: Workprotect

5.3. Discusión sobre las limitaciones habituales

A pesar del amplio desarrollo normativo, metodológico y técnico que sustenta la prevención de riesgos laborales en trabajos de instalación y mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas en cubiertas, su aplicación práctica presenta diversas limitaciones que deben ser objeto de análisis crítico. Estas limitaciones, muchas veces vinculadas a factores estructurales, organizativos o económicos, pueden comprometer la eficacia de las medidas preventivas propuestas y suponen uno de los principales desafíos para la mejora continua de la seguridad en este ámbito.

1. Limitaciones técnicas y estructurales del entorno de trabajo

La diversidad de cubiertas sobre las que se ejecutan los trabajos constituye uno de los factores más determinantes en la dificultad de aplicar medidas preventivas estandarizadas. Las cubiertas pueden ser planas, inclinadas, curvas, de materiales frágiles o con zonas de difícil acceso, lo que condiciona la viabilidad técnica de implantar soluciones estandarizadas.

En muchos casos, las características arquitectónicas o constructivas del edificio limitan la posibilidad de instalar sistemas de protección colectiva permanentes, obligando a recurrir a protecciones individuales o a medidas provisionales menos eficaces. Además, la presencia de elementos singulares, como lucernarios, claraboyas, conductos o instalaciones auxiliares, introducen puntos críticos de riesgo que no siempre pueden protegerse de forma sencilla ni económica.

2. Limitaciones económicas y de gestión

Otro aspecto limitante recurrente es la limitación presupuestaria en los proyectos de instalación y, especialmente, en los contratos de mantenimiento. A menudo, las empresas adjudicatarias se ven presionadas por criterios económicos que llevan a priorizar la rapidez y el ahorro de costes frente a la inversión en medidas preventivas estructurales. Esta situación puede derivar en una aplicación parcial o deficiente de las medidas de seguridad, especialmente cuando estas requieren recursos materiales y humanos adicionales, como el montaje de protecciones perimetrales e instalación de redes o mallas.

Del mismo modo, la subcontratación, habitual en este tipo de trabajos, complica la trazabilidad de responsabilidades y el control efectivo de la aplicación de las medidas preventivas. La fragmentalización de tareas entre múltiples empresas reduce la eficacia de la coordinación de actividades empresariales (CAE), lo que a menudo se puede traducir en deficiencias organizativas y omisiones preventivas.

3. Limitaciones en la cultura preventiva y la formación

Aunque las personas trabajadoras están cada vez más familiarizados con el uso de EPIs y procedimientos básicos de seguridad, aún existen carencias importantes en la cultura preventiva, en instalaciones y mantenimientos de corta duración. Esta falta de cultura preventiva se puede extender tanto al personal de campo como a los responsables de proyecto.

Por otro lado, la formación recibida, en muchos casos, se limita a contenidos generales que no se adaptan a las particularidades de las cubiertas ni a los riesgos específicos del trabajo con instalaciones fotovoltaicas.

Asimismo, la rotación frecuente del personal en este tipo de servicios impide consolidar conocimientos y prácticas preventivas sólidas, lo que incrementa la posibilidad de errores humanos, uso incorrecto de equipos o infravaloración del riesgo real.

4. Factores operativos y limitaciones temporales

Los plazos reducidos en la ejecución de obras o actuaciones de mantenimiento suponen otra barrera relevante para la aplicación completa de las medidas de seguridad propuestas. En muchas ocasiones, la instalación de protecciones colectivas o la planificación de accesos seguros exige una inversión de tiempo que no se contempla en la programación real del trabajo ni en el presupuesto del proyecto, lo que lleva a que se opte por soluciones más rápidas y económicas pero menos seguras.

Este problema se acentúa cuando surgen actuaciones correctivas no planificadas o reparaciones urgentes, en las que se actúa de forma reactiva, con escasa capacidad para garantizar un entorno de trabajo seguro. Además, la meteorología adversa o el entorno de trabajo pueden afectar en los tiempos de trabajo y la falta de medios, dificultando el cumplimiento estricto de la legalidad.

5. Limitaciones normativas

Aunque la normativa española en materia de prevención de riesgos laborales es sólida y está ampliamente desarrollada, en el ámbito concreto de las instalaciones fotovoltaicas en tejados y cubiertas no existe actualmente una guía técnica específica y oficial para este tipo de trabajos, lo que obliga a recurrir a adaptaciones de otras guías o a buenas prácticas sectoriales no normativas. Esta carencia de referencia unificada puede generar desconocimiento e incertidumbre jurídica y técnica en la toma de decisiones preventivas.

En conclusión, las limitaciones señaladas ponen de manifiesto que, aunque técnicamente es posible establecer medidas eficaces para prevenir accidentes en trabajos sobre cubiertas fotovoltaicas, su implantación efectiva en el terreno encuentra múltiples barreras. La complejidad del entorno, las restricciones económicas, la presión operativa y ciertas carencias normativas dificultan una aplicación plena del principio de seguridad integrada.

Superar estas limitaciones requiere una intervención coordinada y transversal entre proyectistas, promotores, servicios de prevención, empresas instaladoras y entidades públicas. Solo mediante una planificación preventiva proactiva, una inversión sostenida en formación, la estandarización de buenas prácticas y el desarrollo de normativa técnica específica será posible avanzar hacia una reducción real y sostenida de la siniestralidad en este tipo de trabajos.



6. Conclusiones

La realización de este Trabajo Fin de Máster (TFM), enfocado en la especialidad de “Seguridad”, ha permitido profundizar en la problemática específica de la seguridad en los trabajos de instalación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos en cubiertas, un ámbito en claro crecimiento y cuya complejidad técnica exige una respuesta preventiva rápida y eficaz.

El análisis llevado a cabo confirma que el riesgo de caída en altura continúa siendo el principal peligro al que se enfrentan las personas trabajadoras en este sector, tal y como evidencian los datos de siniestralidad laboral analizados para el período 2020-2023. Las caídas desde cubiertas y elementos frágiles no solo mantienen una incidencia elevada en términos de número de accidentes, sino que además presentan una tasa de gravedad y mortalidad muy superior a la media de accidentes laborales. Esta constatación refuerza la necesidad de disponer de estrategias de prevención específicas, efectivas y adaptadas a la realidad de estos entornos de trabajo.

Desde el punto de vista normativo, aunque el marco legal vigente ofrece bases sólidas para la protección de las personas trabajadoras (Ley 31/1995, RD 1627/1997, RD 486/1997, RD 2177/2004, entre otros), se evidencia una cierta falta de aplicación concreta a los trabajos sobre tejados y cubiertas para la instalación y mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas. Esta situación demanda una correcta interpretación normativa y una adaptación práctica que contemple la coexistencia de riesgos de distinta naturaleza (trabajo en altura, riesgo eléctrico, manipulación de cargas, condiciones meteorológicas adversas, etc.).

En términos metodológicos, el TFM ha permitido identificar que la planificación preventiva debe iniciarse en la fase de diseño de los proyectos fotovoltaicos, e incluso en el diseño estructural de nuevas edificaciones, integrando desde el origen las soluciones de protección colectiva, como barandillas fijas, cubrimientos de huecos, redes y sistemas de accesibilidad segura. La prioridad otorgada a las medidas colectivas sobre las individuales, en aplicación de los principios de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, constituye un eje fundamental para reducir la exposición al riesgo y minimizar el margen de error humano.

No obstante, también se han puesto de manifiesto limitaciones estructurales y operativas que dificultan la implantación plena de las medidas preventivas ideales, tales como:

- Las restricciones arquitectónicas de las cubiertas existentes.
- La presión de los plazos y costes en proyectos de instalación o mantenimiento.
- La cultura preventiva insuficiente en determinados segmentos del sector.

- Las carencias en la formación específica para trabajos en altura enfocadas a este sector.
- La dificultad para asegurar una adecuada coordinación de actividades empresariales (CAE) en trabajos subcontratados.

Frente a estas barreras, resulta imprescindible potenciar una cultura preventiva basada en la anticipación, la formación continua, la planificación rigurosa y la integración efectiva de la seguridad en todas las fases del proyecto. La propuesta de protocolos específicos de intervención, estructurados en torno a la evaluación técnica del riesgo y la aplicación sistemática de medidas preventivas adaptadas a cada tipología de cubierta, se configura como una herramienta operativa clave para avanzar en este objetivo.

Asimismo, debe impulsarse el uso de tecnologías y soluciones innovadoras que permitan optimizar los sistemas de protección (nuevos sistemas de protección colectiva que coexistan con este tipo de instalaciones, líneas de vida, sistemas de amarre, protecciones de elementos frágiles) y se debe fortalecer y extender la realización y cumplimiento de procedimientos de trabajo seguros.

Finalmente, este estudio concluye que la mejora de la seguridad en los trabajos de instalación y mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas sobre cubiertas no puede depender únicamente del cumplimiento formal de la normativa, sino que debe ser el resultado de una verdadera integración de la prevención en la gestión empresarial, en la formación técnica y en la conciencia colectiva todas las partes implicadas en el proceso productivo.

Solo a través de esta integración real será posible alcanzar una reducción sostenible de la siniestralidad laboral, consolidando así un crecimiento seguro, eficiente y respetuoso con los principios fundamentales de la Prevención de Riesgos Laborales.

7. Bibliografía

- [1] Díaz Cortés, J.M. (2018). TÉCNICAS DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES. Seguridad y Salud en el Trabajo (11.ª edición). Madrid: Editorial Tébar, S.L.
- [2] España. (1995). Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales [BOE]. Recuperado de: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1995-24292>
- [3] España. (1997). Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención [BOE]. Recuperado de: <https://www.boe.es/buscar/pdf/1997/BOE-A-1997-1853-consolidado.pdf>
- [4] España. (1997). Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo [BOE]. Recuperado de: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-8669>
- [5] España. (1997). Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción [BOE]. Recuperado de: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1997-22914>
- [6] España. (2004). Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo [BOE]. Recuperado de: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1997-17830>
- [7] España. (2004). Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997 en lo relativo a los trabajos temporales en altura [BOE]. Recuperado de: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2004-19739>
- [8] España. (2001). Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico [BOE]. Recuperado de: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2001-12111>
- [9] España. (2002). Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión [BOE]. Recuperado de: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2002-16402>
- [10] AENOR. (2010). UNE-EN 795:2012. Protección contra caídas en altura. Dispositivos de anclaje. Requisitos y ensayos. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).

- [11] AENOR. (2005). UNE-EN 13374:2013+A1:2019. Sistemas provisionales de protección de borde. Especificaciones del producto. Métodos de ensayo. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
- [12] AENOR. (2005). UNE-EN 365:2005. Equipos de protección individual contra caídas de altura. Requisitos generales para instrucciones de uso, mantenimiento, revisión periódica, reparación, marcado y embalaje. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
- [13] AENOR. (2004). UNE-EN 1263-1:2018. Equipos de protección individual. Redes de seguridad. Requisitos de seguridad, métodos de ensayo. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
- [14] AENOR. (2004). UNE-EN 12811-1:2004. Equipos temporales de obra. Sistemas de andamios. Parte 1: Requisitos de comportamiento y diseño general. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
- [15] AENOR. (1999). UNE-EN 1891:1999. Equipos de protección individual para la prevención de caídas desde una altura. Cuerdas trenzadas con funda de fibras sintéticas. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
- [16] AENOR. (2002). EN 353-1. Equipos de protección individual contra caídas de altura. Dispositivos anticaídas deslizantes sobre línea de anclaje rígida. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
- [17] AENOR. (2002). UNE-EN 353-2:2024. Equipos de protección individual contra caídas desde una altura. Parte 2: Dispositivos anticaídas deslizantes con línea de anclaje flexible. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
- [18] AENOR. (2002). EN 354. Equipos de protección individual contra caídas de altura. Elementos de amarre. Madrid: AENOR.
- [19] AENOR. (2002). EN 355. Equipos de protección individual contra caídas de altura. Absorbedores de energía. Madrid: AENOR.
- [20] AENOR. (2002). EN 360. Equipos de protección individual contra caídas de altura. Dispositivos anticaídas retráctiles. Madrid: AENOR.
- [21] AENOR. (2002). EN 361. Equipos de protección individual contra caídas de altura. Arnés anticaídas. Madrid: AENOR.

- [22] AENOR. (2002). EN 362. Equipos de protección individual contra caídas de altura. Conectores. Madrid: AENOR.
- [23] AENOR. (2002). EN 363. Equipos de protección individual contra caídas de altura. Sistemas anticaídas. Madrid: AENOR.
- [24] AENOR. (2002). EN 364. Equipos de protección individual contra caídas de altura. Métodos de ensayo. Madrid: AENOR.
- [25] AENOR. (2012). EN 795. Protección contra caídas de altura. Dispositivos de anclaje. Madrid: AENOR.
- [26] INSST. (2024). NTP 1205: Sistemas de protección individual contra caídas: sistemas de retención. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- [27] INSST. (2024). NTP 1204: Sistemas de protección individual contra caídas: sistemas de sujeción. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- [28] INSHT. (1989). NTP 202: Sobre el riesgo de caída de personas a distinto nivel. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- [29] INSHT. (1989). NTP 239: Escaleras manuales. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- [30] INSHT. (1999). NTP 516: Andamios perimetrales fijos. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- [31] INSHT. (2004). NTP 669: Andamios de trabajo prefabricados (I): normas constructivas. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- [32] INSHT. (2004). NTP 670: Andamios de trabajo prefabricados (II): montaje y utilización. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- [33] INSHT. (2005). NTP 682: Seguridad en trabajos verticales (I): equipos. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- [34] INSHT. (2005). NTP 683: Seguridad en trabajos verticales (II): técnicas de instalación. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- [35] INSHT. (2005). NTP 684: Seguridad en trabajos verticales (III): técnicas operativas. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- [36] INSHT. (2005). NTP 695: Torres de trabajo móviles (I): normas constructivas. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

- [37] INSHT. (2005). NTP 696: Torres de trabajo móviles (II): montaje y utilización. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- [38] INSHT. (2007). NTP 774: Sistemas anticaídas. Componentes y elementos. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- [39] INSHT. (2008). NTP 809: Descripción y elección de dispositivos de anclaje. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- [40] INSHT. (2013). NTP 969: Andamios colgados móviles de accionamiento manual (I): normas constructivas. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- [41] INSHT. (2013). NTP 970: Andamios colgados móviles de accionamiento manual (II): normas de montaje y utilización. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- [42] INSHT. (2013). NTP 976: Andamios colgados móviles de accionamiento motorizado (I). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- [43] INSHT. (2013). NTP 994: El recurso preventivo. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- [44] INSHT. (2014). NTP 1015: Andamios tubulares de componentes prefabricados (I): normas constructivas. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- [45] INSHT. (2014). NTP 1016: Andamios de fachada de componentes prefabricados (II): normas de montaje y utilización. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- [46] INSHT. (2009). NTP 843: Dispositivos de anclaje de clase C. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- [47] INSST. (2003). Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de lugares de trabajo. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- [48] Fundación Laboral de la Construcción. (2020). Guía de seguridad en cubiertas. Madrid: Fundación Laboral de la Construcción.
- [49] INSST. (2019). Trabajos en cubiertas: lo importante es bajar con vida. Campaña de sensibilización. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. Recuperado de: <https://www.insst.es/documents/94886/619819/Folleto+Trabajos+en+cubiertas+Campa%C3%B1a+-+A%C3%B1o+2019.pdf>
- [50] INVASSAT. (2021). Medidas preventivas para trabajos en cubiertas: Obligaciones preventivas para las empresas que intervienen [PDF]. Generalitat Valenciana, Instituto

Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo. Recuperado de: <https://invassat.gva.es/documents/161660384/174089286/AT-210202+Medidas+preventivas+para+trabajos+en+cubiertas+-+obligaciones+preventivas+para+las+empresas+que+intervienen.pdf>

[51] Workprotec. (s.f.). Sistemas anticaídas. Protección contra caídas en altura. Recuperado de: <https://workprotec.com/sistemas-anticaida/>

[52] Ministerio de Trabajo y Economía Social. (2021). Análisis de los accidentes de trabajo registrados 2020 (ATR 2020) [PDF]. Recuperado de: https://www.mites.gob.es/estadisticas/eat/eat20/ATR_2020_Completa.pdf

[53] Ministerio de Trabajo y Economía Social. (2022). Análisis de los accidentes de trabajo registrados 2021 (ATR 2021) [PDF]. Recuperado de: https://www.mites.gob.es/estadisticas/eat/eat21/TABLAS%20ESTADISTICAS/ATR_2021_A.pdf

[54] Ministerio de Trabajo y Economía Social. (2023). Análisis de los accidentes de trabajo registrados 2022 (ATR 2022) [PDF]. Recuperado de: https://www.mites.gob.es/estadisticas/eat/eat22/ATR_2022_Completa.pdf

[55] Ministerio de Trabajo y Economía Social. (2024). Análisis de los accidentes de trabajo registrados 2023 (ATR 2023) [PDF]. Recuperado de: https://www.mites.gob.es/estadisticas/eat/eat23/ATR_2023_Completa.pdf

[56] Asepeyo. (s.f.). Campañas de prevención: Caídas a distinto nivel. Recuperado de: <https://prevencion.asepeyo.es/campanas-prevencion/caidas-altura/>

[57] CTAIMA. (s.f.). Trabajos en altura: normativa de prevención RD 2177/2004. Recuperado de: <https://www.ctaima.com/blog/trabajos-en-altura-normativa-prevencion-rd-2177/>

[58] Mavinsa. (s.f.). Normativa aplicable a los trabajos en altura. Recuperado de: <https://www.mavinsa.es/normativa-trabajos-en-altura/>

[59] Red Eléctrica de España. (2024). España pone en servicio en 2023 la mayor cifra de capacidad de generación renovable de su historia [Nota de prensa]. Recuperado de: <https://www.ree.es/es/sala-de-prensa/actualidad/nota-de-prensa/2024/06/espana-pone-en-servicio-en-2023-la-mayor-cifra-de>

[60] INSST. (s.f.). Directrices básicas para la evaluación de riesgos laborales [PDF]. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. Recuperado de:

<https://www.insst.es/documents/94886/2927460/Directrices+evaluaci%C3%B3n+de+riesgos.pdf>

[61] Línea Prevención. (s.f.). Características generales de los sistemas provisionales de protección de borde. Recuperado de: <https://proteccioncolectivas.lineaprevencion.com/protecciones-colectivas/sistemas-provisionales-de-proteccion-de-borde/caracteristicas-generales-1>

[62] Kee Safety. (s.f.). Kee Walk® con barandilla: pasarelas y sistemas de protección para cubiertas. Recuperado de: <https://keesafety.es/barandillas-para-cubiertas/kee-walk-con-barandilla>

[63] Workprotec. (s.f.). Protección de lucernarios y elementos frágiles en cubiertas. Recuperado de: <https://workprotec.com/proteccion-lucernarios/>

[64] Niled. (s.f.). Conector solar. Recuperado de: <https://www.niled.es/en/product/conector-solar/>

[65] Treballs Verticals Penedès. (2012). Trabajos verticales: técnicas y maniobras básicas. Recuperado de: <https://treballsvERTICALSPenedes.blogspot.com/2012/07/trabajos-verticales-tecnicas-maniobras.html?m=1>

[66] Indufix. (s.f.). Chumbadores y anclajes químicos y mecánicos para fijaciones industriales. Recuperado de: <https://www.indufix.com.br/comprar-parafusos/chumbadores/>

[67] XSPlatforms. (s.f.). Mobile anchor points – Brochure. Recuperado de: https://www.specifiedby.com/xsplatforms/mobile-anchor-points/xsplatforms_Mobile-anchor-points_Brochures_Brochure.pdf

[68] Manomano. (s.f.). Punto de anclaje buhardilla VELUX EN 795 clase B. Recuperado de: <https://www.manomano.es/p/at061a-punto-anclaje-buhardilla-velux-en-795-clase-b-9505824>

[69] Roferlo. (s.f.). Equipo de protección individual. Línea de vida móvil. Recuperado de: <https://www.roferlo.com/soluciones-anticaidas/equipo-de-proteccion-individual-linea-de-vida-movil/>

[70] Prolaboral. (s.f.). Línea de vida vertical Miguel Miranda. Recuperado de: <https://www.prolaboral.com/es/2791-linea-vida-vertical-miguel-miranda.html>

[71] Interempresas. (s.f.). Solución Petzl para trabajos de cubiertas que minimiza el riesgo de caídas pendulares. Recuperado de:

<https://www.interempresas.net/Construccion/Articulos/473343-Solucion-Petzl-para-trabajos-de-cubiertas-que-minimiza-el-riesgo-de-caidas-pendulares.html>

[72] Workprotec. (s.f.). Seguridad para instalar placas fotovoltaicas: medidas y normativas aplicables. Recuperado de: <https://workprotec.com/seguridad-instalar-placas-fotovoltaicas/>

[73] Seprom. (s.f.). Protección para claraboyas. Sistemas anticaídas certificados. Recuperado de: <https://seprom.es/sistemas-anticaidas/proteccion-para-claraboyas/>

[74] CYESA. (s.f.). Balizamiento y señalización de zonas de riesgo en cubiertas y fachadas. Recuperado de: <https://www.cyesa.com/trabajos-en-altura/cubiertas-y-fachadas/balizamiento-y-senalizaciones-en-zonas-de-riesgo>

[75] Workprotec. (s.f.). Protección de lucernarios y elementos frágiles en cubiertas. Recuperado de: <https://workprotec.com/proteccion-lucernarios/>

[76] Anticaídas Solutions. (s.f.). Sistema de anclaje móvil SYAM. Recuperado de: <https://www.anticaidas.solutions/Sistema-de-Anclaje-Movil-SYAM>

