



UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

**DISEÑO DE PERFILES DE ANCLAJE PARA TRABAJOS EN ALTURA EN LA
CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

Autor(a)

Álvarez Montalvo Angelica Doraliz

Tutor(a)

Ing. Ron Valenzuela Pablo Elicio MSc.

QUITO – ECUADOR

2025

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL
TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo, Álvarez Montalvo Angelica Doraliz, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “Diseño de perfiles de anclaje para trabajos en altura en la construcción de estructuras metálicas”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 30 días del mes de octubre de 2025, firmo conforme:

Autor: Angelica Álvarez.

Firma:

Número de Cédula: 2200014575

Dirección: Orellana, Francisco de Orellana, Dayuma.

Correo Electrónico: aalvarez15@indoamerica.edu.ec

Teléfono: 0997620151

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “**DISEÑO DE PERFILES DE ANCLAJE PARA TRABAJOS EN ALTURA EN LA CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS**” presentado por Álvarez Montalvo Angelica Doraliz para optar por el Título Ingeniero Industrial.

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Quito, 30 de octubre del 2025

.....
Ing. Ron Valenzuela Pablo Elicio MSc

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Integración Curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Quito, 30 de octubre del 2025

.....

Álvarez Montalvo Angelica Doraliz

2200014575

APROBACIÓN DE PAR LECTORES

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: **DISEÑO DE PERFILES DE ANCLAJE PARA TRABAJOS EN ALTURA EN LA CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS**, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Quito, 30 de octubre del 2025.

.....

Ing. Fabian Sarmiento Ortiz, MSc

LECTOR

.....

Ing. Hernán Espejo-Viñán. MSc

LECTOR

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía y fortaleza.

Dedico este logro, en primer lugar, a mis padres, cimiento de mi vida, por su amor incondicional y por enseñarme que esta meta es tan suya como mía. Agradezco a mis profesores y amigos por su invaluable conocimiento y apoyo constante, que hicieron este camino más ligero. Este trabajo es un tributo a la perseverancia y, con esa misma pasión, lo dedico a quienes le dan su verdadero sentido: los trabajadores del sector de la construcción en altura, con la esperanza de que esta investigación sirva para proteger la vida de aquellos que, día a día, construyen nuestro futuro.

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a Dios, por ser mi guía y fortaleza. A mis padres, por su amor incondicional, inspiración y por creer en mí siempre.

Mi especial gratitud al Ing. Pablo Ron, por su invaluable orientación y compromiso, que fueron fundamentales para este trabajo. A mis docentes, compañeros y amigos, gracias por su apoyo constante y por hacer este camino más llevadero.

Finalmente, este estudio es un reconocimiento a la perseverancia y está dedicado a los profesionales de la seguridad en la construcción, con la firme esperanza de contribuir a crear un entorno laboral más seguro y eficiente.

INDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|----|
| Capítulo I | 3 |
| Introducción | 3 |
| Antecedentes | 5 |
| Marco Teórico | 7 |
| Definición de trabajo en altura..... | 9 |
| Sistemas de solución para los trabajos en altura. | 10 |
| Sistemas Fijos | 10 |
| Sistemas Temporales | 11 |
| Clasificación del Trabajo en Altura | 12 |
| Restricción de movimiento | 13 |
| Detención de caídas | 13 |
| Acceso por cuerdas | 14 |
| EPIS para el Trabajo en Alturas..... | 15 |
| Arneses | 15 |
| Mosquetones..... | 16 |
| Cabos de anclaje | 17 |
| Justificación..... | 18 |
| Objetivo General | 20 |
| Objetivos Específicos | 20 |
| Capítulo II..... | 21 |
| Ingeniería del Proyecto | 21 |
| Diagnóstico de la Situación Actual de la Empresa | 21 |
| Recopilación y Análisis de Datos y Evidencias | 23 |
| Análisis mediante Diagrama de Pareto | 24 |
| Área de Estudio..... | 27 |
| Modelo Operativo | 28 |
| Capítulo III..... | 33 |
| Propuesta y Resultados Esperados..... | 33 |
| Análisis de situación actual de las empresas | 33 |
| Estructura organizacional..... | 34 |
| Presentación de la propuesta | 35 |
| Justificación de la propuesta | 36 |
| Diseño y especificación técnica del perfil de anclaje..... | 36 |
| Justificación de la Selección del Material: Acero Estructural ASTM A36..... | 38 |

| | |
|---|-----|
| Características técnicas del perfil de anclaje..... | 39 |
| Perfil Tipo 1: Placa Base Soldada a Estructura Metálica..... | 40 |
| Perfil Tipo 2: Anclaje de Abrazadera para Vigas | 43 |
| Perfil Tipo 3: Anclaje de Poste para Cubiertas Metálicas..... | 46 |
| Perfil Tipo 4: Anclaje de Contrapeso Portátil | 49 |
| Líneas de Vida para Trabajos en Altura..... | 51 |
| Procedimientos Seguros para la Instalación y Uso de Perfiles de Anclaje | 63 |
| Equipamiento de Protección Personal (EPP) | 72 |
| Descripción de actividades y tiempos | 92 |
| Cálculo de costos de implementación | 92 |
| 1. Reducción de Accidentes Laborales | 96 |
| 2. Optimización de Costos en Materiales..... | 96 |
| 3. Reducción de Costos de Mantenimiento | 97 |
| 4. Cumplimiento Normativo | 97 |
| 5. Mejora en la Eficiencia Operativa..... | 97 |
| 6. Impacto Positivo en la Reputación..... | 97 |
| Conclusión..... | 98 |
| Capítulo IV..... | 99 |
| CONCLUSIONES | 99 |
| RECOMENDACIONES | 100 |
| BIBLIOGRAFIA | 102 |
| ANEXOS | 105 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------------|---|----|
| Tabla 1 | Comparación de resistencia de materiales utilizados en anclajes | 5 |
| Tabla 2 | Comparación de resistencia de materiales utilizados en anclajes | 8 |
| Tabla 3 | Comparación de deficiencias en sistemas de anclaje..... | 22 |
| Tabla 4 | Evaluación de materiales para el perfil de anclaje..... | 37 |
| Tabla 5 | Comparación de perfiles de anclaje | 55 |
| Tabla 6 | Especificaciones técnicas del perfil de anclaje | 60 |
| Tabla 7 | Cronograma de capacitación e implementación | 91 |
| Tabla 8 | Cronograma de actividades..... | 92 |
| Tabla 9 | Cálculos de costos de implementación | 93 |
| Tabla 10 | Resumen de Ahorros..... | 94 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 Sistemas fijos..... | 11 |
| Figura 2 Sistemas temporales | 12 |
| Figura 3 Restricción de movimiento..... | 13 |
| Figura 4 Detención de caídas..... | 14 |
| Figura 5 Acceso por cuerdas..... | 14 |
| Figura 6 Arneses | 16 |
| Figura 7 Mosquetones..... | 17 |
| Figura 8 Cabos de anclaje..... | 18 |
| Figura 9 Frecuencia de incidentes en trabajos en altura periodo 2015-2022..... | 24 |
| Figura 10 Diagrama de Pareto | 26 |
| Figura 11 Modelo operativo | 28 |
| Figura 12 Estructura organizacional | 34 |
| Figura 13 Perfil tipo 1 | 40 |
| Figura 14 Perfil tipo 2..... | 43 |
| Figura 15 Perfil tipo 3 | 46 |
| Figura 16 Perfil tipo 4..... | 49 |
| Figura 17 Líneas de vida..... | 52 |
| Figura 18 Casco Hero | 72 |
| Figura 19 Códigos de cascos | 73 |
| Figura 20 Arnés Sparta | 74 |
| Figura 21 Scaffold Duo..... | 75 |
| Figura 22 Positioning..... | 76 |
| Figura 23 Casco Hero | 77 |
| Figura 24 Códigos de cascos | 78 |
| Figura 25 Metis ANSI..... | 79 |
| Figura 26 Double Sicurope | 80 |
| Figura 27 Anclaje de apoyo: Band 23 | 81 |
| Figura 28 Casco POP | 82 |
| Figura 29 Arnés BIA..... | 83 |
| Figura 30 Sistema anticaídas Fall Block..... | 84 |
| Figura 31 Casco POP | 85 |
| Figura 32 Arnés Iris | 86 |

Figura 33 Sistema Anticaídas Fall Block87

ÍNDICE DE ANEXO

| | |
|---|-----|
| Anexo 1 Catálogos y Fichas Técnicas de Equipos de Protección Personal (EPP)..... | 105 |
| Anexo 2 Aprobación de abstract departamento de idiomas | 107 |

UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**TEMA: DISEÑO DE PERFILES DE ANCLAJE PARA TRABAJOS EN ALTURA EN
LA CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS**

AUTOR(A): Álvarez Montalvo Angelica Doraliz

TUTOR (A): Ing. Ron Valenzuela Pablo Elicio MSc.

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación tiene como objetivo principal diseñar perfiles de anclaje para trabajos en altura en la construcción de estructuras metálicas, con el fin de reducir los riesgos laborales y cumplir con las normativas internacionales de seguridad. En la industria de la construcción, las caídas desde altura representan una de las principales causas de accidentes, lo que evidencia la necesidad de desarrollar sistemas de anclaje eficientes, resistentes y certificados. Se realizó un diagnóstico de tres empresas del sector metalmeccánico, donde se identificaron deficiencias comunes: ausencia de anclajes fijos certificados, uso de materiales no validados, falta de procedimientos estandarizados y capacitación insuficiente del personal. Estas falencias repercuten directamente en la seguridad de los trabajadores y en los costos operativos. Con base en este diagnóstico, se desarrolló un modelo operativo integral que abarca el diseño técnico de los anclajes, la elaboración de planos, los procedimientos de instalación, la capacitación del personal y el uso obligatorio de equipos de protección personal (EPP). Tras un análisis comparativo de materiales, se seleccionó el acero estructural ASTM A36 por su alta resistencia, buena soldabilidad y relación costo-beneficio, complementado con galvanizado para mejorar su durabilidad. El estudio propone cuatro tipos de perfiles de anclaje: placa base soldada, abrazadera para vigas, poste para cubiertas metálicas y contrapeso portátil, todos validados bajo las normas OSHA 1926.502 y EN 795, con capacidad mínima de 22 kN. Los resultados demuestran que la implementación de estos perfiles reduce significativamente la accidentabilidad, optimiza costos de mantenimiento y fortalece la cultura de seguridad industrial. En conclusión, el diseño técnico de perfiles de anclaje estandarizados constituye una solución práctica, segura y sostenible para mejorar las condiciones laborales en la construcción de estructuras metálicas.

PALABRAS CLAVE: Diseño ingenieril, Estructuras metálicas, Perfiles de anclaje, Seguridad laboral, Trabajos en altura

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTY OF ENGINEERING

Industrial Engineering

AUTHOR: ALVAREZ MONTALVO ANGELICA

TUTOR: RON VALENZUELA PABLO ELICIO

Abstract

**DESIGN OF ANCHOR PROFILES FOR WORK AT HEIGHT IN THE CONSTRUCTION
OF STEEL STRUCTURES.**

The main objective of this research is to design anchor profiles for working at height in the construction of steel structures, aiming to reduce occupational risks and comply with international safety standards. In the construction industry, falls from height represent one of the main causes of accidents, highlighting the necessity to develop efficient, resistant, and certified anchorage systems. A diagnostic was carried out three companies in the metalworking sector, identifying common deficiencies: absence of certified fixed anchors, use of unvalidated materials, lack of standardized procedures, and insufficient staff training. These shortcomings have a direct impact on worker safety and operational costs. Based on this assessment, a comprehensive operational model was developed, encompassing the technical design of anchors, the drafting of plans, installation procedures, personnel training, and mandatory use of personal protective equipment (PPE). Following a comparative analysis of materials, ASTM A36 structural steel was selected due to its high strength, good weldability, and cost-effectiveness, complemented by galvanization to enhance durability. The study proposes four types of anchor profiles: welded base plate, beam clamp, roof post, and portable counterweight, all validated according to OSHA 1926.502 and EN 795 standards, with a minimum load capacity of 22 kN. The results demonstrate that implementing these profiles significantly reduces accident rates, optimizes maintenance costs, and strengthens the industrial safety culture. In conclusion, the technical design of standardized anchor profiles constitutes a practical, safe, and sustainable solution for improving working conditions in the construction of steel structures.

Keywords: Anchor profiles, Engineering design, Metal structures, Occupational safety, Work at height.

Anexo 2 Aprobación de abstract departamento de idiomas

Capítulo I

Introducción

En la industria de la construcción, los trabajos en altura representan uno de los mayores desafíos en términos de seguridad laboral. La correcta implementación de sistemas de anclaje es fundamental para garantizar la protección de los trabajadores, reducir el riesgo de accidentes y cumplir con las normativas de seguridad vigentes. Sin embargo, el diseño de perfiles de anclaje adecuados para estructuras metálicas continúa siendo un aspecto crítico que requiere un análisis técnico y estructural detallado. El presente estudio se centra en el diseño y optimización de perfiles de anclaje específicamente orientados a la construcción de estructuras metálicas, considerando factores como resistencia de materiales, distribución de cargas y cumplimiento de normativas de seguridad internacional. A través de un enfoque analítico y comparativo, esta investigación busca desarrollar soluciones eficientes que no solo mejoren la seguridad en el trabajo en altura, sino que también optimicen costos y procesos dentro de la industria.

Con este propósito, el estudio abordará los principios fundamentales del diseño de anclajes, las exigencias normativas aplicables y las mejores prácticas en ingeniería estructural. Además, se analizarán modelos existentes en el mercado y se propondrán mejoras basadas en pruebas técnicas y simulaciones de carga, con el fin de establecer criterios de diseño que maximicen la estabilidad y funcionalidad de los anclajes en diversas condiciones de trabajo. En el ámbito de la construcción, los trabajos en altura representan un riesgo significativo para la seguridad de los trabajadores, siendo una de las principales causas de accidentes laborales a nivel mundial. Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT), aproximadamente el 17% de los accidentes fatales en la construcción están relacionados con caídas desde alturas superiores a los dos metros (OIT, 2021) En Ecuador, el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2020) reportó que, entre 2015 y 2020, se registraron

más de 1,500 accidentes graves en actividades vinculadas al montaje de estructuras metálicas, lo que evidencia la necesidad de optimizar los sistemas de anclaje para mejorar la seguridad en estas operaciones. A pesar de la existencia de normativas internacionales, como la OSHA 1926.502 y la EN 795, la aplicación efectiva de estos estándares sigue siendo un desafío en proyectos locales.

Un aspecto crítico en la prevención de accidentes es el diseño de perfiles de anclaje adecuados, los cuales deben cumplir con parámetros de resistencia y adaptabilidad estructural para soportar cargas dinámicas y estáticas. Estudios recientes han demostrado que el 80% de los sistemas de anclaje utilizados en construcciones metálicas no cuentan con pruebas de validación bajo condiciones extremas de esfuerzo (Gómez & Ramírez, 2022). En la Tabla 1 se presentan datos comparativos sobre la resistencia de distintos materiales utilizados en anclajes, donde el acero galvanizado muestra una capacidad de carga superior en comparación con el aluminio estructural. Sin embargo, la elección del material debe considerar factores como el peso, la exposición a agentes corrosivos y la facilidad de instalación. Estos elementos influyen en la durabilidad y seguridad del sistema, lo que subraya la importancia de establecer un diseño óptimo basado en simulaciones técnicas y pruebas de carga.

Se busca desarrollar un diseño de perfiles de anclaje optimizados para trabajos en altura en estructuras metálicas, garantizando el cumplimiento de normativas de seguridad y la reducción de riesgos. Para ello, se realizará un análisis comparativo de diseños existentes y se aplicarán simulaciones de carga mediante software especializado en cálculo estructural. Además, se implementarán pruebas de validación en escenarios controlados para determinar la eficacia de los anclajes propuestos. Los resultados obtenidos permitirán generar recomendaciones concretas para mejorar la seguridad laboral en la construcción, contribuyendo al desarrollo de soluciones sostenibles y eficaces en el sector.

Tabla 1

Comparación de resistencia de materiales utilizados en anclajes

| Material | Carga Máxima Soportada (kN) | Peso (kg/m²) | Resistencia a Corrosión |
|----------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Acero Galvanizado | 30 kN | 15 kg/m ² | Alta |
| Aluminio Estructural | 18 kN | 8 kg/m ² | Media |
| Polímeros Reforzados | 12 kN | 5 kg/m ² | Baja |

Nota: Esta tabla muestra la comparación de resistencia de los materiales que se utilizan en los anclajes. Elaborado por investigadora, 2025.

Antecedentes

La seguridad en trabajos en altura ha sido un tema de preocupación dentro del sector de la construcción desde hace varias décadas. Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT), las caídas desde alturas superiores a los dos metros representan entre el 17% y el 20% de los accidentes fatales en el ámbito de la construcción (OIT, 2021). Ante este panorama, diversas regulaciones han sido implementadas a nivel global para minimizar los riesgos asociados a estas actividades, siendo el diseño de perfiles de anclaje uno de los factores clave para garantizar la protección del trabajador.

Históricamente, el diseño de sistemas de anclaje ha evolucionado de soluciones rudimentarias a modelos altamente especializados, que combinan materiales de alta resistencia y diseños estructurales optimizados. En la década de los 90, las primeras normativas internacionales, como la OSHA 1926.502 en Estados Unidos y la EN 795 en Europa, establecieron requisitos básicos para la fabricación e instalación de dispositivos de

anclaje (OSHA, 2019) (ISO, 2018). Sin embargo, estudios recientes han evidenciado que más del 80% de los sistemas de anclaje utilizados en estructuras metálicas presentan deficiencias en pruebas de resistencia bajo condiciones extremas de carga (Gómez & Ramírez, 2022). Esta situación ha llevado a la industria a replantear los diseños existentes y proponer mejoras basadas en simulaciones avanzadas y pruebas de laboratorio.

Investigaciones realizadas por (Fernández, 2019) han demostrado que los perfiles de anclaje con geometría adaptativa pueden reducir el impacto de carga en un 25%, mejorando la estabilidad estructural y la seguridad del operario. Asimismo, estudios de (Martínez A. , 2021) han confirmado que el uso de doble refuerzo en los puntos de fijación permite aumentar la capacidad de carga en un 40%, asegurando una mayor resistencia frente a fuerzas dinámicas. Estos avances han llevado al desarrollo de modelos más eficientes, integrando materiales como acero galvanizado, aluminio estructural y polímeros reforzados, con el fin de mejorar la durabilidad y funcionalidad de los anclajes.

En el contexto ecuatoriano, el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) reportó que, entre 2015 y 2020, se registraron más de 1,500 accidentes graves en actividades de montaje de estructuras metálicas, lo que refuerza la necesidad de implementar sistemas de anclaje optimizados (INEC, 2020). A pesar de la existencia de regulaciones nacionales que exigen la validación de estos dispositivos, muchas empresas continúan utilizando métodos tradicionales que no cumplen con los estándares actuales de seguridad. Por ello, el presente estudio busca desarrollar perfiles de anclaje con diseño optimizado, aplicando simulaciones técnicas y pruebas estructurales que permitan validar su eficacia en condiciones reales de trabajo.

Marco Teórico

La seguridad en los trabajos en altura dentro del sector de la construcción ha sido objeto de estudio durante décadas, debido al elevado índice de accidentes que se registran en este tipo de actividades. De acuerdo con la Organización Internacional del Trabajo (OIT), las caídas desde altura representan entre el 17% y el 20% de los accidentes laborales fatales en el sector de la construcción a nivel mundial (OIT, 2021). Esta estadística refleja la gravedad del problema y la necesidad de implementar medidas efectivas de control y prevención. En el contexto ecuatoriano, el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) reportó que, entre los años 2015-2020, se registraron más de 1,500 incidentes graves relacionados con trabajos en estructuras metálicas. Esta cifra evidencia una realidad preocupante y subraya la urgencia de fortalecer los sistemas de seguridad laboral, especialmente en actividades que implican exposición a riesgos por altura (INEC, 2020).

Uno de los elementos fundamentales en la protección contra caídas en trabajos en altura es el diseño adecuado de los perfiles de anclaje. Estos componentes deben estar diseñados para resistir tanto cargas dinámicas como estáticas sin comprometer la integridad del sistema de seguridad. Investigaciones recientes indican que aproximadamente el 80% de los sistemas de anclaje utilizados en obras de construcción metálica no superan las pruebas de validación bajo condiciones extremas de carga (Gómez & Ramírez, 2022). Esta deficiencia representa un riesgo significativo en términos de seguridad estructural y durabilidad, lo que ha llevado a distintos organismos de regulación a establecer normativas técnicas más estrictas para su diseño, instalación y verificación.

El diseño de sistemas de anclaje debe ajustarse a normativas internacionales que establecen los criterios específicos en cuanto a resistencia, ubicación y compatibilidad con otros sistemas de protección contra caídas. La *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA), mediante la norma 1926.502, establece que los puntos de anclaje

deben ser capaces de soportar una carga mínima de 22 kN, con el fin de garantizar la estabilidad y seguridad del trabajador en altura (OSHA, 2019). Por su parte, la norma europea EN 795 clasifica los dispositivos de anclaje en cinco tipos según su función y método de instalación, enfatizando la necesidad de que los sistemas de anclaje sean inspeccionados periódicamente para prevenir fallas estructurales derivadas del desgaste, la corrosión u otros factores de deterioro (ISO, 2018).

Las investigaciones de (Fernández, 2019) han evidenciado que la resistencia de los perfiles de anclaje está estrechamente vinculada con la geometría del diseño. En particular, la incorporación de refuerzos adicionales en los puntos de contribuye significativamente a una mejor distribución de la carga, lo que permite reducir hasta en un 25% el impacto generado por las fuerzas dinámicas. Este hallazgo resalta la importancia de un diseño estructural optimizado como factor clave para garantizar la seguridad en trabajos en altura. En la Tabla 2 se representa los materiales más utilizados en la fabricación de anclajes, junto con una comparación de su capacidad de carga y su comportamiento frente a condiciones adversas como la corrosión, la fatiga estructural y los cambios de temperatura.

Tabla 2

Comparación de resistencia de materiales utilizados en anclajes

| Material | Carga Máxima Soportada (kN) | Vida útil estimada (años) | Resistencia a Corrosión |
|----------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Acero Galvanizado | 30 kN | 20 años | Alta |
| Aluminio Estructural | 18 kN | 12 años | Media |
| Polímeros Reforzados | 12 kN | 8 años | Baja |

Nota: Esta tabla muestra una comparación de resistencia de materiales utilizados en anclajes.

El diseño de anclajes para estructuras metálicas debe considerar no solo la resistencia del material, sino también factores como el tipo de conexión, la ubicación del punto de anclaje y la compatibilidad con los sistemas de protección colectiva. Según (Martínez A. , 2021), el uso de doble refuerzo en los puntos de fijación incrementa la capacidad de carga en un 40%, permitiendo que los anclajes puedan soportar esfuerzos dinámicos sin comprometer la seguridad del trabajador.

Los estudios realizados mediante simulaciones en ANSYS y SAP2000 han permitido evaluar el comportamiento de distintos modelos de anclaje bajo cargas reales. Se ha identificado que los anclajes con refuerzos longitudinales en estructuras metálicas presentan una menor deformación mecánica en comparación con los modelos convencionales, lo que indica un mejor desempeño en situaciones de alto estrés estructural.

El análisis de las normativas, el comportamiento estructural y los materiales utilizados en los sistemas de anclaje evidencia la necesidad de diseñar perfiles optimizados que cumplan con los estándares internacionales de seguridad. Esta investigación busca aportar soluciones técnicas basadas en cálculos y simulaciones, con el objetivo de mejorar la seguridad en trabajos en altura dentro del sector de la construcción metálica.

Definición de trabajo en altura.

El trabajo en altura comprende cualquier actividad en la que un trabajador se encuentre expuesto al riesgo de caída desde distintos niveles. En términos técnicos, se considera trabajo en altura cuando existe una diferencia de cota de 1.5 metros o más respecto al plano horizontal inferior más próximo. Este tipo de tareas requiere medidas de seguridad específicas, dado el potencial de accidentes derivados de la altura.

Además, no solo se limita a superficies elevadas. Se incluyen también aquellas labores realizadas por debajo del nivel cero, como la entrada a pozos, tanques enterrados o

excavaciones profundas que superen los 1.5 metros de profundidad. En estos escenarios, las condiciones laborales comparten aspectos con el trabajo en espacios confinados, lo que demanda precauciones adicionales para minimizar riesgos asociados a la movilidad reducida y la ventilación limitada (Escuela Colombiana de Ingeniería, 2023).

Sistemas de solución para los trabajos en altura.

En el desarrollo diario de las actividades dentro de una organización, numerosos trabajadores enfrentan el riesgo de caídas desde diferentes alturas, muchas de ellas superiores a 1.5 metros. Este escenario hace que los principios de trabajo en altura sean una práctica constante en diversas empresas, convirtiéndose en un aspecto fundamental de la gestión de seguridad laboral.

No obstante, la aplicación de estas políticas no es uniforme, ya que depende tanto de la frecuencia con la que se realizan estas actividades como del número de empleados expuestos a estos riesgos. Con base en estos criterios, es posible establecer una clasificación en dos grandes grupos, diferenciando las medidas preventivas y los protocolos de seguridad según las características y necesidades específicas de cada situación (TAlturasSO., 2024).

Sistemas Fijos

Cuando una empresa lleva a cabo actividades de manera habitual que involucran a un grupo numeroso de trabajadores expuestos al riesgo de caídas desde altura, resulta imprescindible la implementación de sistemas fijos de prevención. Estas medidas no solo buscan reducir la posibilidad de accidentes, sino que también garantizan condiciones laborales más seguras y eficientes.

Entre las estrategias de prevención más utilizadas se encuentran pasarelas, barandas, túneles y escaleras fijas, todas ellas integradas de manera permanente en las instalaciones de la empresa. Su propósito es claro: minimizar o eliminar los peligros asociados al trabajo en

altura, proporcionando estructuras seguras que disminuyan el riesgo al que están expuestos los trabajadores. (Administrador , 2013)

Para aquellas organizaciones que realizan este tipo de actividades de forma rutinaria, la existencia de guías de seguridad bien definidas no es una opción, sino una necesidad. Contar con procedimientos adecuados permite establecer medidas preventivas efectivas, fortalecer la protección del personal y asegurar que cada tarea se lleve a cabo bajo condiciones óptimas.

Figura 1

Sistemas fijos



Nota: Esta figura muestra los sistemas fijos. Fuente: Google Imágenes.

Sistemas Temporales

Cuando una actividad se lleva a cabo de manera ocasional, es necesario recurrir a sistemas temporales de seguridad que garanticen la protección de los trabajadores mientras ejecutan sus tareas. Estas soluciones permiten desarrollar el trabajo de forma segura, adaptándose a escenarios donde la frecuencia de la actividad no justifica la instalación de estructuras permanentes. (Administrador , 2013)

Entre los ejemplos más comunes se encuentran los andamios, plataformas y escaleras móviles, elementos diseñados para ser utilizados en situaciones no recurrentes o cuando el número de personas involucradas es reducido. Su implementación proporciona estabilidad y seguridad sin requerir una modificación permanente en el entorno de trabajo.

Asimismo, toda organización que realice este tipo de actividades de manera esporádica debe asegurarse de contar con los permisos de trabajo correspondientes, lo que garantiza el cumplimiento de normativas de seguridad y minimiza los riesgos asociados a la labor.

Figura 2

Sistemas temporales



Nota: Esta figura muestra los sistemas temporales. Tomado de Google Imágenes.

Clasificación del Trabajo en Altura

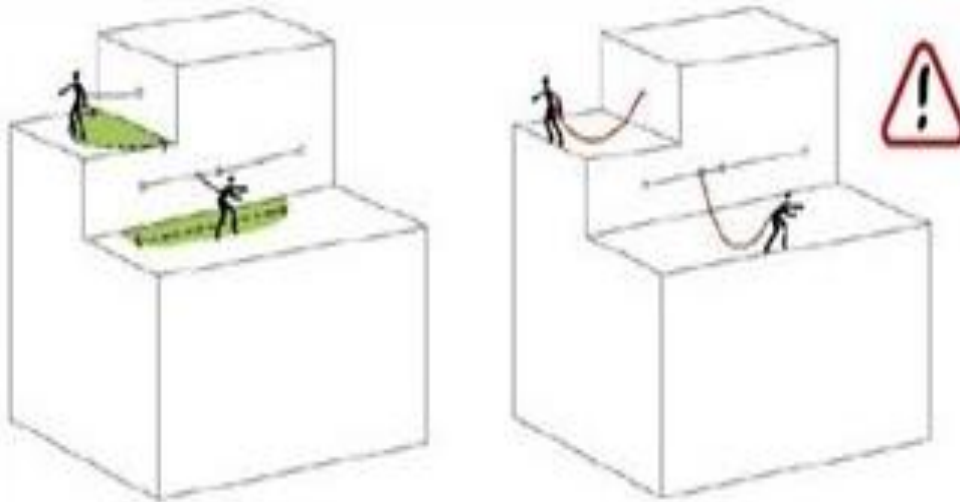
Para analizar las actividades que implican trabajo en altura, es útil establecer una clasificación basada en cuatro categorías principales. Cada una presenta técnicas específicas y requiere el uso de Equipos de Protección Individual (EPI) adaptados a la naturaleza del riesgo. Este esquema se ordena de menor a mayor complejidad, permitiendo distinguir claramente los niveles de exposición y las medidas de seguridad necesarias para cada caso.

Restricción de movimiento

Este enfoque se basa en un principio fundamental: mantener al trabajador alejado del riesgo. Mediante el uso de EPIs diseñados para limitar el desplazamiento, se garantiza que el trabajador permanezca dentro de una zona segura, reduciendo significativamente la posibilidad de accidentes.

Figura 3

Restricción de movimiento



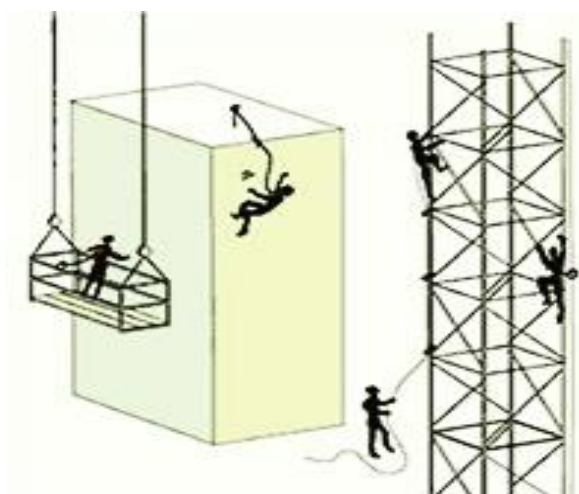
Nota: Esta figura muestra la restricción de movimiento. Tomado de Google Imágenes.

Detención de caídas

En situaciones donde no es posible evitar por completo la exposición al riesgo de caída, es indispensable implementar sistemas que minimicen las consecuencias de un accidente. La premisa central de esta técnica es que, en caso de una caída, las medidas adoptadas impidan lesiones en el trabajador y protejan los equipos involucrados.

Figura 4

Detención de caídas



Nota: Esta figura muestra la detención de caídas. Tomado de Google Imágenes.

Acceso por cuerdas

Cuando la estructura sobre la que se desarrolla la actividad no ofrece condiciones seguras para sostenerse o avanzar, las técnicas de acceso por cuerdas se convierten en la alternativa más viable. En estos casos, se requiere el uso de dos sistemas independientes: uno destinado a progresión y posicionamiento, y otro enfocado en detención de caídas. La independencia entre ambos mecanismos garantiza que, ante cualquier falla, el sistema de seguridad continúe protegiendo al trabajador (TAlturasSO., 2024).

Figura 5

Acceso por cuerdas



Sistema de posicionamiento



Sistema de ascenso/descenso controlado

Nota: esta figura muestra el acceso por cuerdas, Tomado de Google Imágenes

EPIS para el Trabajo en Alturas.

Los Equipos de Protección Individual (EPI) utilizados en el trabajo en altura representan avances tecnológicos que brindan seguridad y eficiencia a los trabajadores. Estos dispositivos no solo permiten realizar las tareas con mayor protección, sino que también reflejan la evolución de los materiales y procesos de manufactura, incorporando estándares de alta precisión y resistencia.

Hoy en día, los EPIs son el resultado de investigaciones avanzadas y requieren una inversión significativa. Sin embargo, pese a su importancia, algunos empleadores optan por reemplazarlos con elementos no certificados y de baja calidad, lo que pone en riesgo la seguridad de los trabajadores y compromete la integridad de las operaciones.

Para garantizar su eficacia, todos los EPIs destinados al trabajo en altura deben cumplir con normativas nacionales e internacionales, asegurando que su diseño, fabricación y desempeño responden a los más altos estándares de protección. Además, es responsabilidad de los empleadores implementar políticas de control que incluyan revisiones periódicas y el mantenimiento adecuado de estos equipos. Llevar un registro detallado de cada EPI no solo optimiza su gestión, sino que también contribuye a la seguridad y bienestar de quienes los utilizan a diario. (TAlturasSO., 2024)

Arneses

El arnés constituye el componente fundamental dentro de cualquier sistema de restricción de movimiento, detención de caídas, posicionamiento bajo tensión o acceso por cuerdas. Su función principal es brindar soporte al cuerpo, permitiendo una distribución equilibrada de las cargas generadas tanto durante la ejecución del trabajo como en el momento de detener una caída, al igual que en la mayoría de los países, la normativa vigente exige el uso exclusivo de arneses de cuerpo completo para la realización de trabajos en altura.

Este diseño es esencial, ya que garantiza que el impacto de una caída se distribuya adecuadamente en los muslos, la pelvis, el pecho y los hombros, reduciendo la posibilidad de lesiones graves.

Además, el uso de un arnés de cuerpo completo juega un papel crucial en la protección del trabajador en caso de una suspensión involuntaria. En situaciones en las que la persona queda inconsciente, este equipo evita que el tronco se incline hacia atrás, lo que podría provocar un sobre tiramiento de las vértebras lumbares debido a la falta de tensión en los músculos abdominales. Su correcta implementación no solo mejora la seguridad individual, sino que también optimiza las condiciones generales de trabajo en altura. (Escuela Colombiana de Ingeniería, 2023)

Figura 6

Arneses



Nota: Esta figura muestra el arnés. Tomado de Google Imágenes.

Mosquetones

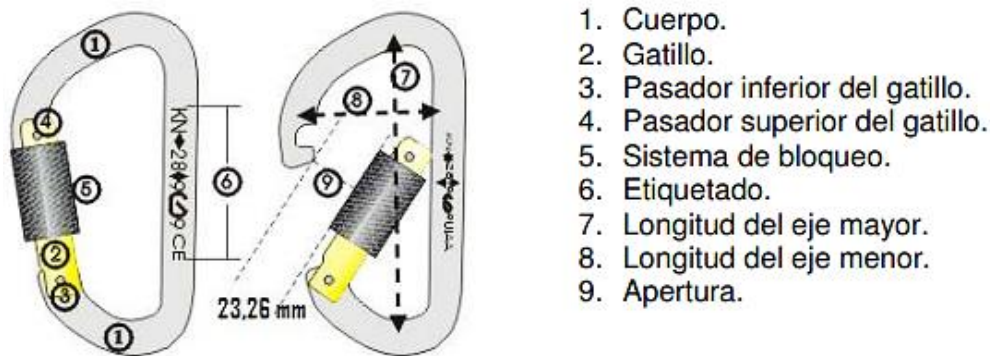
Los mosquetones son conectores metálicos diseñados para unir diferentes elementos a través de un sistema de apertura y cierre. Su versatilidad permite la creación de múltiples configuraciones, facilitando la seguridad y estabilidad en diversas aplicaciones, la normativa vigente establece que únicamente se pueden utilizar mosquetones automáticos, es decir, aquellos que se bloquean de manera autónoma después de ser manipulados por el operario.

Esta característica es fundamental para prevenir aperturas accidentales, ya sea por descuido o por una manipulación inadecuada.

Además, todos los mosquetones deben cumplir con un estándar mínimo de resistencia certificada de 22.2 kN y estar fabricados en acero, garantizando su durabilidad y capacidad de soportar cargas exigentes en entornos de alto riesgo.

Figura 7

Mosquetones



Nota: Esta figura muestra los mosquetones con todas sus partes. Tomado de Google

Cabos de anclaje

Los cabos de anclaje, también conocidos como eslingas, suelen estar confeccionados en material textil, como cintas planas o cuerdas, y desempeñan un papel fundamental en la seguridad del trabajador. Su función principal es establecer conexiones seguras con otros Equipos de Protección Individual (EPI), líneas de vida o distintos puntos de anclaje, garantizando estabilidad y prevención de riesgos.

Para cumplir eficazmente con su propósito, los cabos de anclaje deben limitar la distancia de caída a un máximo de 1.8 metros. Esta restricción no es arbitraria; responde a la necesidad de reducir el impacto en caso de un accidente y preservar la integridad física del trabajador. Dependiendo de su aplicación específica, estos sistemas pueden restringir el

movimiento, mantener la posición del trabajador o detener una caída, asegurando condiciones laborales más seguras. (Escuela Colombiana de Ingeniería, 2023)

Figura 8

Cabos de anclaje



Nota: Esta figura muestra los cabos de anclaje. Tomado de Google Imágenes

Justificación

La seguridad en trabajos en altura dentro del sector de la construcción es una **preocupación global**, debido a la **alta tasa de accidentes** asociados en este tipo de actividades. La importancia de abordar este problema se refleja en los datos de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), que indican que las caídas desde altura representan aproximadamente el **17% de los accidentes fatales** en la industria de la construcción (OIT, 2021). En Ecuador, el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) reportó que entre 2015 y 2020, se registraron más de **1,500 incidentes graves** relacionados con trabajos en estructuras metálicas, lo que evidencia la **necesidad de desarrollar medidas de seguridad más eficientes** (INEC, 2020).

En este contexto, el **diseño de perfiles de anclaje optimizados** para estructuras metálicas se convierte en una **solución fundamental** para **minimizar los riesgos** asociados a

las caídas en altura. Diversas normativas internacionales, como la **OSHA 1926.502** y la **EN 795**, establecen requisitos específicos sobre la resistencia y funcionalidad de los sistemas de anclaje, asegurando su efectividad en la **prevención de accidentes laborales** (OSHA, 2019; ISO, 2018). No obstante, estudios recientes han demostrado que más del **80% de los sistemas de anclaje** utilizados en construcciones metálicas **carecen de pruebas de validación estructural** en condiciones extremas (Gómez & Ramírez, 2022), lo que evidencia una **brecha significativa** en el desarrollo y aplicación de soluciones técnicas adecuadas.

El presente estudio busca **diseñar perfiles de anclaje optimizados** que cumplan con los **estándares internacionales de seguridad** y respondan a las necesidades específicas de la industria. A través de un enfoque analítico y experimental, se permitirá **validar la eficacia** de los modelos propuestos. La utilidad de este trabajo radica en ofrecer **soluciones prácticas y técnicamente viables** para mejorar la seguridad en trabajos en altura.

Los resultados de esta investigación tendrán un **impacto significativo** en el fortalecimiento de los sistemas de protección, al promover el uso de anclajes más seguros y confiables. Además, la implementación de estos diseños contribuirá a **reducir los costos** asociados a accidentes laborales y a **minimizar las interrupciones** en los procesos constructivos, reforzando así la **cultura de prevención** dentro del sector.

Finalmente, los **principales beneficiarios** de este proyecto serán tanto las **empresas constructoras**, que podrán optimizar sus prácticas de seguridad y reducir riesgos operativos, como los **trabajadores**, quienes contarán con sistemas de anclaje más seguros. De esta manera, se busca fomentar un **entorno laboral más protegido y eficiente** para todos los actores involucrados.

Objetivo General

Proponer un sistema para la selección y empleo de perfiles de anclaje en trabajos de altura sobre estructuras metálicas; esto se logrará a través del análisis técnico de soluciones comerciales y la definición de procedimientos estandarizados, todo en concordancia con la normativa internacional de seguridad.

Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual de la seguridad en trabajos en altura dentro de empresas del sector de la construcción metálica, mediante el análisis de datos de accidentabilidad y la identificación de deficiencias críticas en los sistemas de anclaje existentes.
- Establecer los criterios técnicos para la selección de perfiles de anclaje, a partir del análisis de normativas internacionales de seguridad (OSHA 1926.502 y EN 795) para identificar los requerimientos de resistencia, materiales y funcionalidad.
- Especificar las soluciones de anclaje más idóneas para diferentes escenarios en estructuras metálicas, basándose en un análisis comparativo de las características técnicas, materiales y capacidad de carga de cuatro perfiles comerciales.
- Elaborar un manual de procedimientos estandarizados para la correcta instalación, uso y mantenimiento de los perfiles de anclaje seleccionados, incluyendo las especificaciones del equipamiento de protección personal (EPP) compatible para cada sistema.

Capítulo II

Ingeniería del Proyecto

Diagnóstico de la Situación Actual de la Empresa

En el sector de la construcción de estructuras metálicas, los trabajos en altura representan una de las actividades de mayor riesgo, debido a la exposición constante de los trabajadores a caídas, impactos y fallas estructurales, a pesar de la existencia de normativas internacionales como la OSHA 1926.502 y la EN 795, muchas empresas aún presentan deficiencias en la implementación de sistemas de anclaje adecuados, lo que compromete la seguridad laboral y la eficiencia operativa.

Para el presente estudio, se realizó un análisis comparativo de tres empresas del sector de la construcción metálica, identificando deficiencias comunes relacionadas con la ausencia de perfiles de anclaje certificados, la falta de procedimientos estandarizados y el uso de materiales no validados. Estas deficiencias han sido documentadas en estudios técnicos y tesis previas, que evidencian un incremento en la accidentabilidad y en los costos operativos derivados de fallas en los sistemas de seguridad.

A continuación, se describen brevemente las características de las empresas analizadas:

Empresa A: Dedicada al montaje de estructuras metálicas para edificaciones industriales. Presenta un historial de accidentes leves y graves relacionados con trabajos en altura, principalmente por la falta de puntos de anclaje fijos.

Empresa B: Especializada en mantenimiento de cubiertas metálicas. Ha reportado incidentes por uso inadecuado de equipos de protección personal y ausencia de protocolos de instalación de anclajes.

Empresa C: Ejecuta proyectos de construcción de galpones metálicos. Sus registros muestran deficiencias en la capacitación del personal y en la inspección periódica de los sistemas de seguridad.

Por otro lado, las breves características de las empresas permiten realizar una tabla de comparación de deficiencias en sistemas de anclaje del sector de estructuras metálicas como se demuestra en la.

Tabla 3

Comparación de deficiencias en sistemas de anclaje

| Empresa | Actividad principal | Deficiencias identificadas | Accidentabilidad reportada (últimos 2 años) | Cumplimiento normativo (OSHA/EN 795) |
|------------------|--------------------------------------|--|--|--|
| Empresa A | Montaje de estructuras metálicas | Ausencia de puntos de anclaje fijos | 15 incidentes leves | Parcial (no se realizan inspecciones periódicas) |
| | | Falta de procedimientos de instalación | 5 graves | |
| | | Uso de materiales no certificados | 1 fatal | |
| Empresa B | Mantenimiento de cubiertas metálicas | Uso inadecuado de EPP | 18 incidentes leves | Bajo (no se aplican normas internacionales) |
| | | No existen protocolos de anclaje | 7 graves | |
| | | Personal sin capacitación | 2 fatales | |
| Empresa C | Construcción de galpones metálicos | No se inspeccionan los sistemas de seguridad | 12 incidentes leves | Parcial (uso de normas locales sin validación técnica) |
| | | Falta de diseño técnico en anclajes | 4 graves | |

| | |
|----------------------|---------|
| Instalación empírica | 1 fatal |
|----------------------|---------|

Nota: Esta tabla muestra datos obtenidos de tesis previas sobre seguridad en trabajos en altura en el sector de la construcción metálica. Elaborado por la investigadora, 2025.

Interpretación: Simultáneamente, las tres empresas presentan deficiencias comunes en la implementación de sistemas de anclaje, lo que ha derivado en altos índices de accidentabilidad y costos operativos. Esto evidencia la necesidad de una propuesta técnica que estandarice y optimice los perfiles de anclaje en estructuras metálicas

Recopilación y Análisis de Datos y Evidencias

La credibilidad de cualquier diagnóstico depende de la solidez de los datos y la evidencia que lo respalda. Por ello, es fundamental esclarecer el origen de la información utilizada. En caso de que los datos no provengan directamente de una empresa específica, es imprescindible señalar que el análisis se fundamenta en una síntesis de estudios técnicos o tesis previas sobre trabajos similares, asegurando siempre la inclusión de referencias bibliográficas pertinentes. Esta transparencia no solo fortalece la validez de las conclusiones, sino que también preserva la integridad académica del trabajo.

Asimismo, la presentación de datos estadísticos juega un papel clave en la argumentación. En el contexto de trabajos en altura, resulta esencial detallar la frecuencia de incidentes, clasificándolos en tres categorías: incidentes leves, incidentes graves y accidentes fatales.

A continuación, se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** permite visualizar la distribución de estos eventos de manera clara y estructurada:

Figura 9

Frecuencia de incidentes en trabajos en altura periodo 2015-2022

| Total | | | | | | | |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 19.968 | 19.295 | 14.987 | 17.313 | 16.631 | 10.225 | 11.503 | 14.315 |
| % Mortales | | | | | | | |
| 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1,3% | 1,1% | 1,2% | 1,3% | 1,1% | 1,1% | 1,2% | 0,9% |
| % No mortales | | | | | | | |
| 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 98,7% | 98,9% | 98,8% | 98,7% | 98,9% | 98,9% | 98,8% | 99,1% |

Nota: Esta tabla muestra los boletines Estadísticos del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.

Esta tabla no solo cuantifica la magnitud del problema de seguridad, sino que proporciona una base empírica sólida para el diagnóstico. Permite identificar tendencias a lo largo del tiempo y establecer una referencia contra la cual evaluar la efectividad de las soluciones propuestas. La inclusión de datos concretos transforma el problema de una percepción anecdótica a una afirmación respaldada por evidencia verificable.

Por ejemplo, en Ecuador se registraron 20,597 accidentes laborales en 2023, con un promedio anual de 15,530 casos entre 2015 y 2022. Estos números no solo reflejan la gravedad de la situación, sino que también subrayan la necesidad de intervenciones estratégicas que reduzcan la incidencia de estos eventos. (TAGLINE SOLUCIONES, 2024)

Análisis mediante Diagrama de Pareto

Con el objetivo de identificar las deficiencias más críticas en los sistemas de anclaje utilizados en trabajos en altura dentro del sector de estructuras metálicas, se aplicó un diagrama de Pareto. Esta herramienta permite visualizar cuáles son los problemas que generan el mayor impacto, siguiendo el principio 80/20, que establece que aproximadamente el 80% de los efectos provienen del 20% de las causas.

La información para este diagnóstico se obtuvo del análisis de los registros de seguridad y reportes de incidentes de tres empresas del sector de la construcción metálica,

cuyos nombres se mantienen en anonimato por motivos de confidencialidad. Se revisaron los informes correspondientes al período 2023-2024, identificando y cuantificando la frecuencia de las siguientes deficiencias:

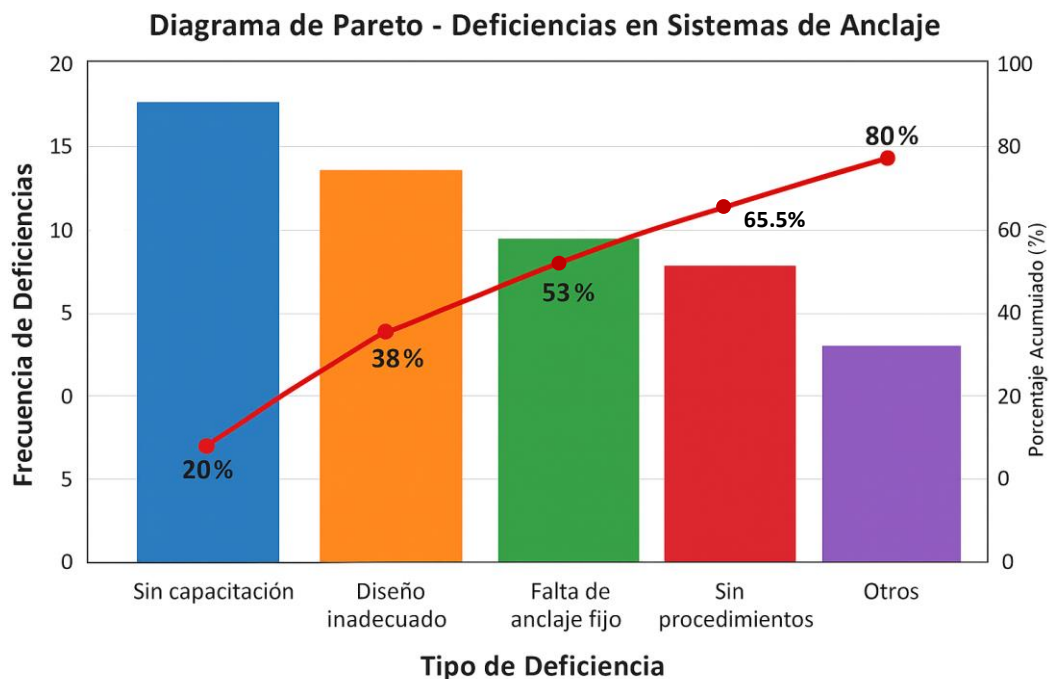
Los resultados indican que las tres deficiencias más frecuentes son:

1. Personal sin capacitación (20 casos)
2. Uso inadecuado de equipos de protección personal (EPP) (18 casos)
3. Ausencia de puntos de anclaje fijos (15 casos)

Estas tres causas representan aproximadamente el 60% del total de deficiencias detectadas, lo que evidencia su alta incidencia en los problemas de seguridad laboral. A partir de este análisis, se puede concluir que la falta de formación del personal y la ausencia de sistemas de anclaje adecuados son los principales factores que comprometen la seguridad en trabajos en altura. Así que este diagnóstico justifica la necesidad de desarrollar una propuesta técnica enfocada en el diseño de perfiles de anclaje optimizados, acompañada de procedimientos de instalación estandarizados y programas de capacitación para el personal operativo.

Figura 10

Diagrama de Pareto



Nota: Datos obtenidos de tesis previas sobre seguridad en trabajos en altura. Elaborado por , 2025.

Conclusión del diagnóstico. El análisis del Diagrama de Pareto (Figura 10) demuestra que la mayor parte de los problemas en los sistemas de anclaje se concentra en unas pocas causas críticas. Las cuatro deficiencias principales, según el gráfico, son:

- Sin capacitación
- Diseño inadecuado
- Falta de anclaje fijo
- Sin procedimientos

En conjunto, estas cuatro causas representan el 65.5% del total de las deficiencias identificadas. Aunque no se alcanza la proporción exacta del 80/20, el principio se cumple, ya

que un número reducido de factores genera la mayoría de los problemas. Por lo tanto, estas deficiencias deben ser consideradas prioritarias. Abordarlas tendrá un impacto significativo en la mejora de la seguridad y el cumplimiento normativo.

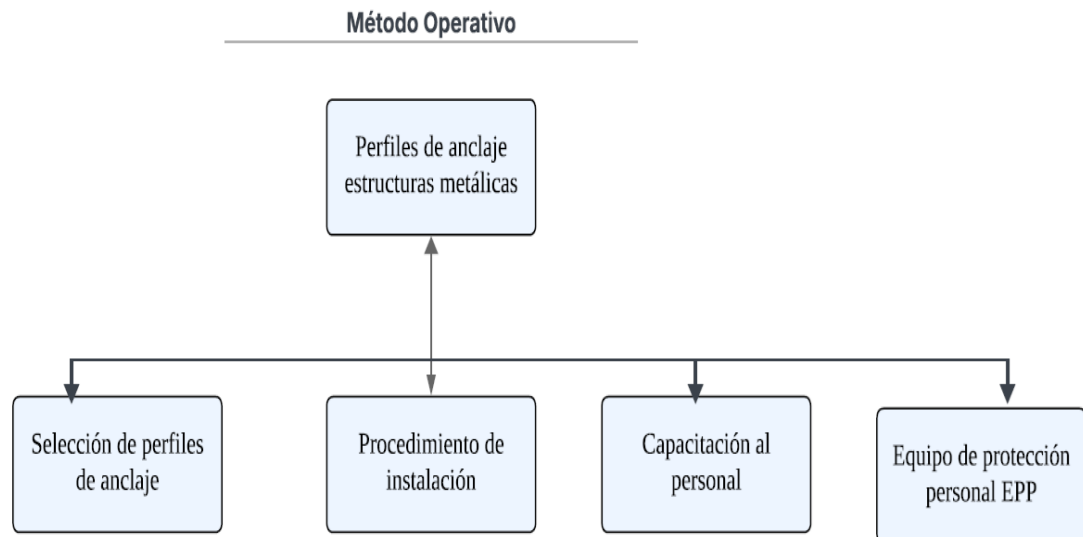
Área de Estudio

- **Dominio:** Tecnología y Sociedad.
- **Línea de investigación:** Seguridad, salud laboral y ambiente.
- **Campo:** Ingeniería Industrial.
- **Área:** Seguridad Industrial
- **Aspectos:** Perfiles de anclaje para trabajos en altura
- **Objeto de estudio:** Diseño de Perfiles de Anclaje para trabajos en altura en la construcción de estructuras metálicas
- **Periodo de análisis:** Mayo del 2025

Modelo Operativo

Figura 11

Modelo operativo



Nota: En esta figura se muestra el modelo operativo para la presente investigación.

Elaboración del autor, 2025.

Desarrollo del Modelo Operativo

El modelo operativo presentado para los perfiles de anclaje en estructuras metálicas permite estructurar de manera integral y ordenada los elementos clave que garantizan su correcta implementación en obras de construcción. La jerarquía del diagrama muestra que el proceso inicia con el diseño, base fundamental que contempla los parámetros técnicos requeridos según normativa vigente y condiciones específicas del proyecto, y que se concretan en la elaboración de planos técnicos detallados. Posteriormente, se incluye el procedimiento de instalación, que estandariza los pasos a seguir para asegurar una fijación segura y eficiente. La capacitación al personal es indispensable para que los operarios comprendan e implementen correctamente tanto el diseño como la instalación, minimizando errores y riesgos. Finalmente, se incorpora el uso obligatorio de elementos de protección personal (EPP), lo cual refuerza el enfoque preventivo en seguridad laboral. Este modelo

operativo facilita una gestión técnica y segura del uso de perfiles de anclaje, integrando criterios de diseño, ejecución y protección de los trabajadores.

El Diseño: de los perfiles de anclaje para estructuras metálicas, según el modelo operativo propuesto, constituye la base técnica fundamental para garantizar la seguridad y funcionalidad del sistema de anclaje en trabajos en altura. Este diseño parte del análisis de los parámetros de diseño, los cuales consideran factores como la capacidad de carga, el tipo de esfuerzo al que estará sometido el anclaje (tracción, corte o combinación), el tipo de estructura metálica receptora y las normativas técnicas aplicables (como la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 14567 y recomendaciones de la OSHA y ANSI Z359). La correcta determinación de estos parámetros asegura que los perfiles cumplan con los requisitos de resistencia estructural y compatibilidad con los sistemas de protección contra caídas. Además, el diseño se plasma en planos técnicos detallados, los cuales permiten su fabricación e instalación con precisión. Justificar este diseño en el modelo operativo es clave, ya que de su exactitud depende la integridad del sistema completo, afectando directamente la seguridad del personal y el cumplimiento de la normativa en el ámbito de la construcción metálica.

Parámetros de Diseño: dentro del modelo operativo para perfiles de anclaje en estructuras metálicas es fundamental, ya que estos definen las condiciones técnicas y de seguridad que deben cumplir los anclajes para garantizar su correcta funcionalidad. Estos parámetros consideran aspectos como la capacidad de carga máxima permitida, el tipo de esfuerzo mecánico (tracción, cortante o combinado), el tipo de fijación (mecánica o química), las dimensiones geométricas del perfil, el material de fabricación, y la compatibilidad con la estructura metálica receptora. También se contemplan factores externos como la exposición a condiciones ambientales adversas, la frecuencia de uso y las normas técnicas aplicables, tales como la NTE INEN, ANSI Z359 y OSHA 1926, que regulan el diseño y uso de sistemas de

protección contra caídas. Justificar estos parámetros dentro del modelo operativo permite estandarizar el diseño de los perfiles de anclaje, facilitando su fabricación, instalación segura y cumplimiento normativo. Además, establecen una base sólida para la elaboración de los planos técnicos y el posterior proceso de instalación y capacitación del personal.

Planos: la elaboración de planos técnicos representa un componente esencial que traduce los parámetros de diseño en representaciones gráficas detalladas, necesarias para la fabricación e instalación precisa de los perfiles. Estos planos permiten visualizar con exactitud las dimensiones del perfil, la ubicación y diámetro de los orificios de fijación, el tipo de material, y los detalles constructivos que aseguran la resistencia y compatibilidad del anclaje con la estructura metálica receptora. Además, incluyen simbología normalizada, cortes, vistas y especificaciones técnicas que garantizan la interpretación unificada por parte del equipo de trabajo. La justificación de los planos dentro del modelo operativo radica en que constituyen el vínculo directo entre el diseño teórico y su ejecución práctica en campo.

Al contar con documentación gráfica clara y normada, se minimizan errores de fabricación e instalación, se optimiza el tiempo de montaje, y se refuerza el cumplimiento de estándares técnicos y de seguridad. Por tanto, los planos son un instrumento clave para asegurar la calidad y funcionalidad del sistema de anclaje en obras de construcción metálica.

Procedimiento de instalación: de los perfiles de anclaje en estructuras metálicas, dentro del modelo operativo propuesto, cumple una función crítica al garantizar que los perfiles diseñados sean colocados de manera segura, eficiente y conforme a los parámetros técnicos establecidos. Este procedimiento estandariza cada una de las etapas del montaje, desde la verificación de la superficie estructural, el marcado de puntos de fijación, el uso de herramientas adecuadas, hasta la inspección final del anclaje instalado. Además, contempla aspectos como el tipo de fijación (mecánica o química), los pares de apriete recomendados y los controles de calidad requeridos durante la instalación. La justificación de este

procedimiento dentro del modelo operativo radica en que permite reducir errores humanos, garantizar la integridad estructural del sistema de anclaje, y asegurar que el montaje cumpla con las normas de seguridad laboral y constructiva, como la OSHA 1926, ANSI Z359 y regulaciones locales. Un procedimiento claro y bien definido no solo facilita el trabajo del personal técnico, sino que también contribuye a la trazabilidad y sostenibilidad del sistema, garantizando su correcto desempeño durante el uso en actividades de trabajo en altura.

Capacitación al personal: es un componente clave dentro del modelo operativo de perfiles de anclaje en estructuras metálicas, ya que garantiza que los trabajadores comprendan y apliquen correctamente cada una de las etapas del proceso, desde la interpretación de los planos hasta la instalación y uso seguro del sistema. Esta capacitación debe abordar temas como el funcionamiento de los perfiles de anclaje, la correcta manipulación de herramientas, la aplicación de procedimientos de instalación, y el cumplimiento de normativas de seguridad, incluyendo la NTE INEN, OSHA 1926 y ANSI Z359. La justificación de esta fase radica en que incluso un diseño técnicamente correcto puede fallar si no se instala o utiliza adecuadamente, lo cual pone en riesgo la integridad estructural y la seguridad del trabajador. A través de la capacitación, se promueve la conciencia preventiva, se reducen los errores humanos y se refuerza la cultura de seguridad en el entorno de trabajo. Por tanto, incluir esta etapa en el modelo operativo permite asegurar no solo la efectividad técnica del sistema de anclaje, sino también su correcta adopción y uso responsable por parte del personal involucrado.

EPP Elementos de Protección Personal (EPP): en el modelo operativo de perfiles de anclaje para estructuras metálicas es fundamental, ya que refuerza el enfoque de prevención de riesgos laborales en actividades de trabajo en altura. El uso adecuado de EPP como arneses de seguridad certificados, líneas de vida, mosquetones, cascos, guantes y calzado de seguridad, garantiza la protección del trabajador ante posibles caídas o accidentes

durante la instalación y utilización de los perfiles de anclaje. Este componente del modelo operativo no solo complementa las etapas técnicas de diseño e instalación, sino que también cumple con las exigencias de normativas nacionales e internacionales como la NTE INEN, OSHA 1926 y ANSI Z359, que exigen el uso obligatorio de EPP en entornos de riesgo. Justificar esta fase dentro del modelo operativo permite establecer protocolos claros para el uso, inspección y mantenimiento de los equipos de protección, promoviendo una cultura de seguridad activa. De esta manera, se protege la integridad física del personal, se reducen incidentes laborales y se garantiza el cumplimiento de los estándares de seguridad ocupacional en el uso de perfiles de anclaje en estructuras metálicas.

Capítulo III

Propuesta y Resultados Esperados

Análisis de situación actual de las empresas

En el sector de la construcción de estructuras metálicas, los trabajos en altura representan una de las actividades más riesgosas, debido a la exposición constante de los trabajadores a caídas, impactos y fallas estructurales. A pesar de la existencia de normativas internacionales como la OSHA 1926.502 y la EN 795, muchas empresas del sector aún presentan deficiencias significativas en la implementación de sistemas de anclaje adecuados, lo que compromete tanto la seguridad laboral como la eficiencia operativa.

Se realizó un análisis comparativo de tres empresas del sector de la construcción metálica, identificando deficiencias comunes que afectan la seguridad en el trabajo en altura. Empresa A, dedicada al montaje de estructuras metálicas para edificaciones industriales, presenta un historial preocupante de accidentes leves y graves, principalmente atribuibles a la falta de puntos de anclaje fijos. Empresa B, especializada en el mantenimiento de cubiertas metálicas, ha reportado incidentes relacionados con el uso inadecuado de equipos de protección personal (EPP) y la ausencia de protocolos de instalación de anclajes. Por otro lado, Empresa C, que ejecuta proyectos de construcción de galpones metálicos, muestra deficiencias en la capacitación del personal y en la inspección periódica de los sistemas de seguridad.

Las deficiencias identificadas en estas empresas incluyen:

- Ausencia de Perfiles de Anclaje Certificados: Las tres empresas carecen de sistemas de anclaje que hayan sido validados técnicamente, lo que aumenta el riesgo de accidentes laborales.

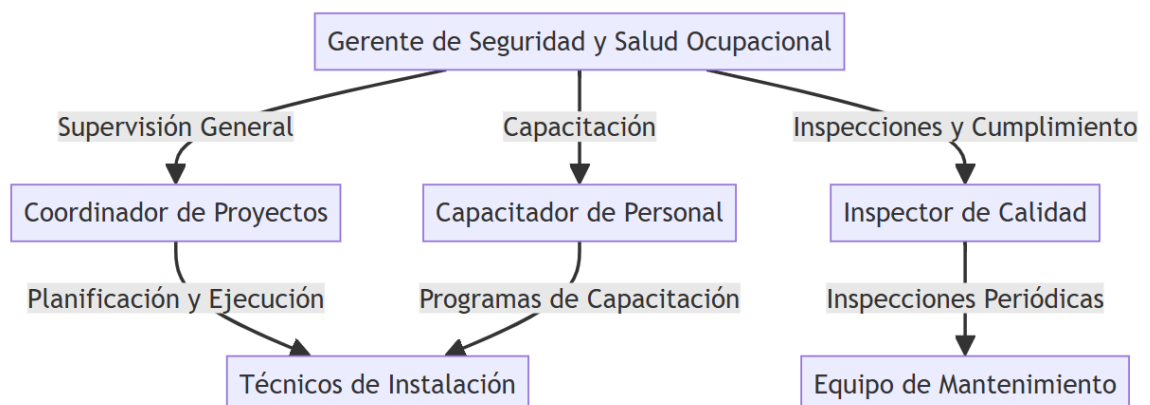
- **Falta de Procedimientos Estandarizados:** No existen protocolos claros para la instalación de anclajes y el uso de EPP, lo que contribuye a la ineficacia de las medidas de seguridad implementadas.
- **Uso de Materiales No Validados:** Muchas de estas empresas utilizan materiales que no cumplen con los estándares requeridos, afectando la resistencia y durabilidad de los sistemas de anclaje.
- **Capacitación Insuficiente del Personal:** La falta de capacitación adecuada en el uso y mantenimiento de los sistemas de anclaje y EPP es un factor crítico que incrementa la probabilidad de accidentes.

Este diagnóstico revela que las deficiencias en la implementación de sistemas de anclaje son comunes entre las empresas del sector, lo que ha derivado en altos índices de accidentabilidad y costos operativos. Por lo tanto, es evidente la necesidad de desarrollar una propuesta técnica que estandarice y optimice los perfiles de anclaje en estructuras metálicas, así como la capacitación del personal para mejorar la seguridad laboral en trabajos en altura.

Estructura organizacional

Figura 12

Estructura organizacional



Nota: Esta figura muestra la estructura organización de una empresa que tenga area de seguridad y salud ocupacional laborado por investigadora, 2025.

Presentación de la propuesta

El contexto de la propuesta se sitúa en un entorno donde la seguridad en los trabajos en altura se ha convertido en una prioridad fundamental dentro de la industria de la construcción, especialmente en lo que respecta a las estructuras metálicas. La creciente incidencia de accidentes laborales asociados con caídas ha llevado a la implementación de normativas más estrictas y a una mayor conciencia sobre la importancia de contar con sistemas de anclaje eficientes y seguros. En este sentido, los perfiles de anclaje juegan un papel crucial, ya que son elementos diseñados para proporcionar puntos de sujeción que garantizan la estabilidad y seguridad de los trabajadores durante sus labores en altura.

La necesidad de un diseño adecuado de estos perfiles se justifica por la diversidad de condiciones en las que se realizan las tareas de construcción. Factores como la carga a la que estarán sometidos, las condiciones climáticas, y la naturaleza específica de cada proyecto, son determinantes para asegurar que los sistemas de anclaje sean efectivos. Por ello, esta propuesta se orienta a desarrollar un enfoque integral que contemple no solo el diseño técnico de los perfiles de anclaje, sino también la capacitación del personal en su uso y mantenimiento, así como la implementación de procedimientos estandarizados que aseguren su correcta instalación.

Adicionalmente, el contexto actual exige una revisión crítica de los métodos utilizados hasta ahora, promoviendo la innovación en el diseño de los perfiles de anclaje. Esto incluye la exploración de nuevos materiales y tecnologías que puedan ofrecer soluciones más seguras y eficientes. La propuesta, por lo tanto, no solo busca cumplir con las normativas existentes, sino también establecer un estándar elevado de seguridad que contribuya a la reducción de accidentes laborales en el sector de la construcción.

Justificación de la propuesta

La seguridad en los trabajos en altura es un aspecto crítico en la industria de la construcción, especialmente en el contexto de las estructuras metálicas. La necesidad de un sistema de anclaje seguro se deriva de la naturaleza intrínsecamente peligrosa de estas labores, donde los trabajadores se encuentran expuestos a riesgos significativos de caídas. Según datos de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), las caídas son una de las principales causas de accidentes fatales en el sector de la construcción, representando aproximadamente el 40% de todas las muertes laborales. Esta alarmante estadística subraya la urgencia de implementar un sistema de anclaje que no solo cumpla con las normativas vigentes, sino que también garantice la seguridad de los trabajadores.

El diseño de un perfil de anclaje optimizado es fundamental para mitigar estos riesgos. Un sistema de anclaje bien diseñado debe ser capaz de soportar cargas extremas, ofrecer facilidad de instalación y garantizar su durabilidad en condiciones adversas. Además, debe ser compatible con los equipos de protección personal (EPP) utilizados por los trabajadores, como arneses y líneas de vida. La implementación de un sistema de anclaje seguro no solo es una obligación legal, sino también una responsabilidad ética hacia los trabajadores, garantizando su bienestar y promoviendo una cultura de seguridad en las obras.

Diseño y especificación técnica del perfil de anclaje

El diseño y la especificación técnica del perfil de anclaje son fundamentales para garantizar la seguridad y la eficacia en los trabajos en altura dentro de la construcción de estructuras metálicas. Un sistema de anclaje adecuado no solo protege a los trabajadores de caídas, sino que también contribuye a la estabilidad general de la estructura en la que se utiliza. La elección de materiales, las características técnicas del perfil y el cumplimiento de



normativas son aspectos críticos que deben ser cuidadosamente considerados en el desarrollo de estos sistemas.

Selección de materiales

La selección de materiales es un proceso crucial en el diseño del perfil de anclaje. A continuación, se presenta una tabla que resume los materiales evaluados, sus ventajas y desventajas:

Tabla 4

Evaluación de materiales para el perfil de anclaje

| Material | Ventajas | Desventajas | Imagen Referencial |
|------------------------------|--|---|--|
| Acero Inoxidable | Alta resistencia a la corrosión Durabilidad Estética | Alto costo Dificultad en la soldadura |  |
| Aluminio Estructural | Ligero Fácil de manejar Resistente a la corrosión | Menor resistencia mecánica Puede comprometer la seguridad en aplicaciones críticas |  |
| Acero Estructural (ASTM A36) | Alta resistencia mecánica (250 MPa) Relación costo-beneficio Buena soldabilidad Durabilidad (vida útil > 20 años con galvanizado) | Susceptible a la corrosión si no se trata adecuadamente |  |

Nota: Esta tabla muestra los materiales por perfil de anclaje. Elaborado por investigadora, 2025.

Justificación de la Selección del Material: Acero Estructural ASTM A36

Tras evaluar las opciones presentadas en la Tabla 4, se ha seleccionado el Acero Estructural ASTM A36 como el material principal para el diseño de los perfiles de anclaje, especialmente para el Perfil Tipo 1 (Placa Base Soldada). Esta decisión se fundamenta en un balance óptimo entre seguridad, viabilidad técnica y costo, basado en los siguientes criterios clave:

1. **Superior Resistencia Mecánica y Seguridad:** El acero ASTM A36 posee una resistencia a la fluencia de 250 MPa, lo que garantiza una capacidad de carga muy superior a la requerida por las normativas de seguridad (OSHA exige soportar 22 kN). Esto proporciona un elevado factor de seguridad, un aspecto no negociable para un dispositivo de protección de la vida.
2. **Excelente Relación Costo-Beneficio:** En el sector de la construcción, el costo es un factor determinante. El acero ASTM A36 es uno de los materiales estructurales más económicos y disponibles en el mercado. Ofrece un rendimiento mecánico comparable al de materiales mucho más caros, convirtiéndolo en la opción económicamente más viable sin comprometer la seguridad.
3. **Facilidad de Fabricación y Soldabilidad:** El diseño del anclaje soldado (Perfil Tipo 1) requiere un material con excelente soldabilidad. El acero A36 es conocido por su facilidad para ser soldado utilizando procedimientos estándar (como el arco eléctrico), lo que simplifica su fabricación e instalación en obra y asegura uniones fiables y resistentes.
4. **Durabilidad Comprobada (con Tratamiento):** Si bien su principal desventaja es la susceptibilidad a la corrosión, este problema se mitiga de manera altamente efectiva y económica mediante el galvanizado por inmersión en caliente. Este tratamiento le

confiere una vida útil superior a los 20 años, incluso en ambientes industriales agresivos, haciendo que su durabilidad sea comparable a la del acero inoxidable a una fracción del costo.

Análisis Comparativo y Descarte de Alternativas

- El Acero Inoxidable, aunque ofrece una resistencia superior a la corrosión, fue descartado principalmente por su alto costo, que puede triplicar o cuadruplicar el del acero A36 galvanizado, haciéndolo inviable para una aplicación a gran escala en la construcción. Además, su soldadura requiere procesos más controlados.
- El Aluminio Estructural, a pesar de ser ligero y resistente a la corrosión, tiene una menor resistencia mecánica que el acero. Para cumplir con los mismos requisitos de carga, el perfil de aluminio tendría que ser significativamente más grande y grueso, lo que anularía sus ventajas de peso y aumentaría su costo.

En conclusión, el acero ASTM A36, combinado con un tratamiento de galvanizado, ofrece la solución más robusta, segura y económicamente viable para la fabricación de perfiles de anclaje en el contexto de la construcción de estructuras metálicas.

Características técnicas del perfil de anclaje

Las características técnicas del perfil de anclaje son esenciales para su correcto funcionamiento, a continuación, se presenta una tabla con las especificaciones técnicas del perfil diseñado:

Perfil Tipo 1: Placa Base Soldada a Estructura Metálica

Figura 13

Perfil tipo 1



Nota: Esta figura muestra un perfil tipo 1. Tomado de Google Imágenes

Parámetros de Diseño

- **Material:** Acero Estructural ASTM A36 (Resistencia a la fluencia: 250 MPa)
- **Dimensiones:** Placa base de 150 mm x 150 mm con espesor de 12 mm
- **Punto de Conexión:** Anilla de acero forjado con diámetro de 14 mm
- **Método de Fijación:** Soldadura por arco eléctrico con cordón de 5 mm
- **Tratamiento Superficial:** Galvanizado por inmersión en caliente

Cálculo de la Base

El diseño de la placa base debe considerar las cargas estáticas y dinámicas:

Ecuación 1. *Formula de Carga Máxima de Impacto*

$$F_{max} = W + (C \times Fd)$$

Donde:

- $F_{m\acute{a}x}$ = Carga máxima soportada
- W = Peso del trabajador y equipo (aproximadamente 1.2 kN)
- C = Coeficiente de seguridad (se utiliza 2.0)
- Fd = Fuerza dinámica (estimada en 4.0 kN para una caída típica)

$$F_{max} = 1.2 \text{ kN} + (2.0 \times 4.0 \text{ kN})$$

$$F_{max} = \mathbf{9.2 \text{ kN}}$$

El área de la placa base ($A = 150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} = 22,500 \text{ mm}^2$) debe soportar esta carga, resultando en una tensión de:

Ecuación 2. *Formula de Tensión sobre la Placa Base*

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = (9,200 \text{ N}) / (22,500 \text{ mm}^2)$$

$$\sigma = 0.41 \text{ MPa}$$

Este valor es significativamente menor que el límite elástico del acero ASTM A36 (250 MPa), proporcionando un amplio margen de seguridad.

Justificación de la Selección del Material

La elección del Acero Estructural ASTM A36 se fundamenta en ser la solución más equilibrada entre seguridad, viabilidad económica y facilidad de fabricación. Como demuestran los cálculos, su resistencia a la fluencia de 250 MPa es excepcionalmente superior a la tensión calculada de 0.41 MPa, lo que garantiza un altísimo margen de seguridad sin necesidad de recurrir a aceros de mayor costo. Además, su amplia disponibilidad en el mercado y su excelente soldabilidad son factores cruciales que simplifican tanto la adquisición de materiales como el proceso de instalación en obra.

Ventajas

- Alta resistencia mecánica (soporta hasta 30 kN)
- Excelente estabilidad estructural
- Instalación permanente y segura
- Resistencia a la corrosión por galvanizado
- Vida útil prolongada (aproximadamente 20 años)

Desventajas

- No es reutilizable en diferentes ubicaciones
- Requiere personal calificado para su instalación
- Modificación de la estructura existente
- Mayor tiempo de instalación
- Inspección periódica obligatoria

Características

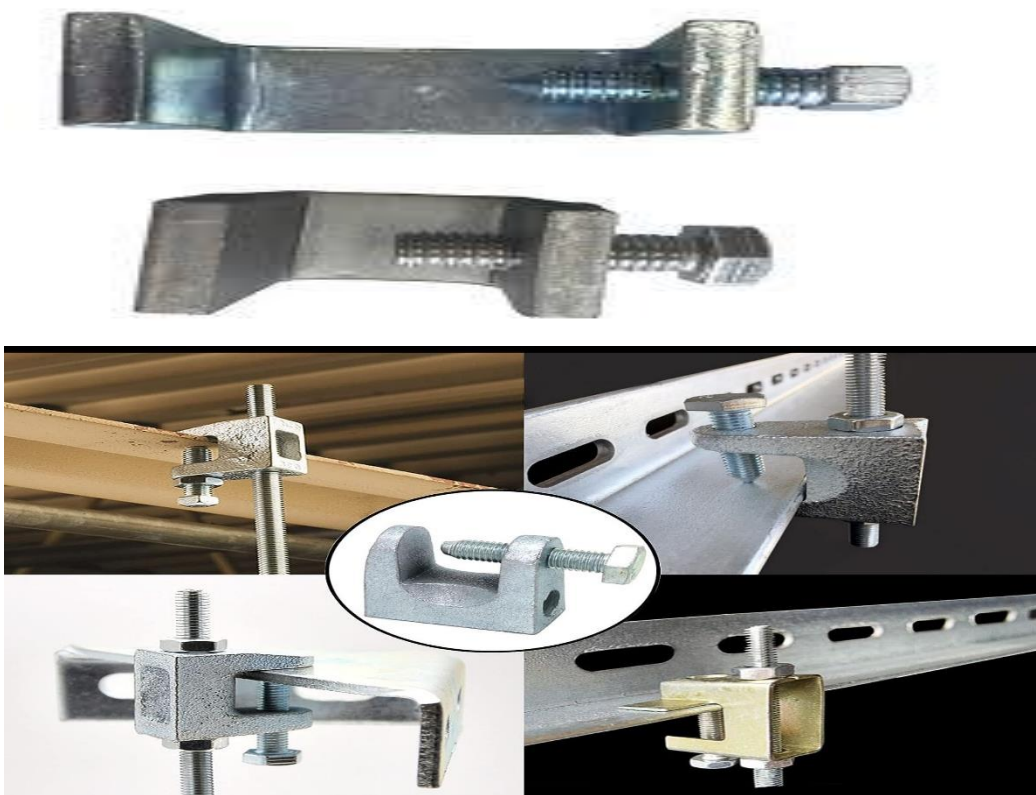
- Cumple con normativas OSHA 1926.502 y EN 795
- Resistencia a la corrosión en ambientes industriales

- Capacidad de carga certificada de 22 kN
- Compatible con todos los tipos de arneses y líneas de vida
- Requiere inspección anual y mantenimiento preventivo

Perfil Tipo 2: Anclaje de Abrazadera para Vigas

Figura 14

Perfil tipo 2



Nota: Esta figura muestra un perfil tipo 2. Tomado de Google Imágenes

Parámetros de Diseño

- **Material:** Aleación de aluminio estructural 6061-T6 con componentes de acero
- **Dimensiones:** Abrazadera ajustable para vigas de 75 mm a 300 mm de ancho
- **Punto de Conexión:** Anilla giratoria de acero forjado con capacidad de 22 kN

- **Método de Fijación:** Sistema de tornillos de alta resistencia con tuercas autoblocantes
- **Tratamiento Superficial:** Anodizado para el aluminio y cincado para componentes de acero

Cálculo de la Base

Para este tipo de anclaje, se debe considerar la distribución de fuerzas en la abrazadera:

Ecuación 3. *Formula de Carga por Tornillo de Sujeción*

$$F_t = \frac{F_{max}}{4}$$

Donde:

- F_t = Fuerza por tornillo
- $F_{máx}$ = Carga máxima estimada (9.2 kN)

$$F_t = \frac{9.2 \text{ kN}}{4} = 2.3 \text{ kN por tornillo}$$

Los tornillos de grado 8.8 utilizados tienen una capacidad de carga de 5.6 kN, proporcionando un factor de seguridad adicional de 2.4.

Ventajas

- Portátil y reutilizable en diferentes ubicaciones
- Instalación rápida sin necesidad de modificar la estructura
- No requiere soldadura ni herramientas especializadas
- Ajustable a diferentes tamaños de vigas
- Fácil inspección visual

Desventajas

- Menor capacidad de carga que los anclajes soldados
- Requiere verificación periódica del ajuste de los tornillos
- Mayor costo inicial
- Limitaciones en el tipo de vigas donde puede instalarse
- Menor vida útil (aproximadamente 10 años)

Características

- Peso ligero (aproximadamente 3.5 kg)
- Certificado según norma EN 795 Clase B
- Capacidad de carga de 18 kN
- Diseño giratorio de 360° para mayor movilidad
- Incluye indicador de tensión para verificar la correcta instalación

Perfil Tipo 3: Anclaje de Poste para Cubiertas Metálicas

Figura 15

Perfil tipo 3



Nota: Esta figura muestra un perfil tipo 3. Tomado de: Google Imágenes

Parámetros de Diseño

- **Material:** Acero galvanizado ASTM A500 Grado B para el poste y soportes
- **Dimensiones:** Poste de 50 mm de diámetro con altura de 600 mm
- **Placa Base:** 200 mm x 200 mm con espesor de 8 mm
- **Punto de Conexión:** Anilla giratoria con capacidad de 25 kN
- **Método de Fijación:** 8 tornillos autoperforantes para cubiertas metálicas

Cálculo de la Base

El diseño de este tipo de anclaje debe considerar el momento flector generado por la carga excéntrica:

Ecuación 4. Formula del Momento Flector

$$M = F \times d$$

Donde:

- M = Momento flector
- F = Fuerza aplicada (9.2 kN)
- d = Distancia desde el punto de aplicación al centro de la base (0.6 m)

$$M = 9.2 \text{ kN} \times 0.6 \text{ m} = 5.52 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

La resistencia del poste se calcula mediante:

Ecuación 5. Formula de Tensión por Flexión en el Poste

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

Donde:

- σ = Tensión máxima
- W = Módulo resistente de la sección (para un tubo de 50 mm de diámetro y 3 mm de espesor, $W = 5.23 \text{ cm}^3$)

$$\sigma = \frac{5.52 \text{ Kn} \cdot \text{M}}{5.23 \text{ cm}^3} = 105.5 \text{ MPa}$$

Este valor es menor que el límite elástico del acero ASTM A500 Grado B (290 MPa), proporcionando un factor de seguridad de 2.75.

Ventajas

- Alta resistencia a cargas verticales y horizontales
- Diseño específico para cubiertas metálicas

- Instalación sin necesidad de acceder al interior de la estructura
- Resistencia a la intemperie y corrosión
- Compatible con líneas de vida horizontales

Desventajas

- Requiere perforación de la cubierta metálica
- Potencial de filtraciones si no se sella adecuadamente
- Instalación más compleja que otros sistemas
- Mayor peso que soluciones portátiles
- Requiere mantenimiento periódico

Características

- Cumple con normativas OSHA 1926.502 y EN 795 Clase A
- Capacidad de carga certificada de 25 kN
- Diseño que distribuye la carga sobre la superficie de la cubierta
- Incluye sistema de impermeabilización
- Vida útil estimada de 15 años con mantenimiento adecuado

Perfil Tipo 4: Anclaje de Contrapeso Portátil

Figura 16

Perfil tipo 4



Nota: Figura que muestra un perfil tipo 4. Tomado de Google Imágenes

Parámetros de Diseño

- **Material:** Acero galvanizado para el marco base y poste central, hormigón de alta densidad para los contrapesos
- **Dimensiones:** Base de 1.5 m x 1.5 m, altura total de 1.2 m
- **Contrapesos:** Bloques modulares de 25 kg cada uno (configuración estándar: 8 bloques = 200 kg)
- **Punto de Conexión:** Anilla giratoria de acero forjado con capacidad de 22 kN

- **Método de Fijación:** Sistema autónomo, no requiere fijación a la estructura

Cálculo de la Base

El diseño de contrapeso debe considerar el equilibrio de momentos para evitar el vuelco:

Ecuación 6. *Formula de Estabilidad contra el Vuelco*

$$Mr \geq F.S. \times Mv$$

Donde:

- Mr = Momento resistente (peso \times distancia al punto de vuelco)
- Mv = Momento de vuelco (fuerza \times altura)
- $F.S.$ = Factor de seguridad (se utiliza 2.0)

Para una fuerza horizontal de 4 kN a una altura de 1.2 m: $Mv = 4 \text{ kN} \times 1.2 \text{ m} = 4.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$

El peso necesario para contrarrestar este momento, considerando una distancia media de 0.6 m al punto de vuelco:

$$Mr = \text{Peso} \times 0.6 \text{ m} \geq 2.0 \times 4.8 \text{ kN} \cdot \text{m} \text{ Peso} \geq \frac{2.0 \cdot 4.8 \text{ Kn} \cdot \text{m}}{0.6 \text{ m}} = 16 \text{ kN} \approx 1,632 \text{ k}$$

Se utiliza un sistema modular que permite ajustar el peso según los requerimientos específicos, con un mínimo de 200 kg para aplicaciones estándar.

Ventajas

- Completamente portátil y reutilizable
- No requiere perforación ni modificación de la superficie
- Instalación rápida sin herramientas especializadas

- Adaptable a diferentes configuraciones de peso
- Ideal para trabajos temporales

Desventajas

- Peso considerable que dificulta el transporte
- Menor capacidad de carga que anclajes fijos
- Requiere superficie plana y con suficiente capacidad portante
- No adecuado para todos los tipos de cubiertas
- Sensible a condiciones de viento extremo

Características

- Cumple con normativa EN 795 Clase E
- Capacidad de carga certificada de 15 kN
- Sistema modular que permite ajustar el contrapeso
- Incluye almohadillas antideslizantes para mayor estabilidad
- Compatible con líneas de vida temporales
- Vida útil estimada de 10 años con mantenimiento adecuado

Líneas de Vida para Trabajos en Altura

Las líneas de vida constituyen un componente esencial en los sistemas de protección contra caídas, proporcionando un punto de anclaje continuo que permite al trabajador desplazarse con seguridad mientras permanece conectado. Estos sistemas se clasifican según su configuración, aplicación y temporalidad.

Líneas de Vida Horizontales

Las líneas de vida horizontales permiten el desplazamiento seguro del trabajador a lo largo de una trayectoria paralela a la superficie de trabajo. Se instalan en cubiertas, fachadas y estructuras metálicas, ofreciendo protección continua sin necesidad de desconectarse.

Figura 17

Líneas de vida



Nota: La figura muestra líneas de vida. Tomado de Google Imágenes

Características Técnicas:

- Materiales: Cable de acero inoxidable (8-10 mm) o cuerda sintética de alta resistencia

- Capacidad: Diseñadas para soportar entre 15-30 kN, dependiendo del número de usuarios
- Distancia entre soportes: Generalmente entre 10-15 metros
- Tensión de instalación: 0.8-1.2 kN para sistemas de cable metálico

Consideraciones de Diseño:

- La flecha máxima del cable no debe superar el 10% de la distancia entre soportes
- Los extremos deben contar con absorbedores de energía para reducir las fuerzas transmitidas
- Los soportes intermedios deben permitir el paso del conector sin desengancharse
- La altura de instalación debe considerar el espacio libre de caída necesario

Aplicaciones:

- Mantenimiento de cubiertas metálicas
- Trabajos en fachadas y estructuras
- Zonas de carga y descarga en altura
- Pasarelas y plataformas elevadas
- Líneas de Vida Verticales

Las líneas de vida verticales se utilizan principalmente para el ascenso y descenso seguro en estructuras como escaleras, torres y postes. Proporcionan un punto de anclaje móvil que acompaña al trabajador durante su desplazamiento vertical.

Características Técnicas:

- Materiales: Cable de acero galvanizado (8 mm) o cuerda semiestática (10-12 mm)
- Capacidad: Diseñadas para un usuario (12-15 kN)
- Longitud máxima recomendada: 30 metros para sistemas sin tensores intermedios
- Dispositivos anticaídas: Deslizantes automáticos o manuales según aplicación

Consideraciones de Diseño:

- Deben instalarse a una distancia mínima de 30 cm de la estructura
- Requieren un tensor inferior para mantener la tensión adecuada
- Los anclajes superior e inferior deben soportar al menos 12 kN

Es necesario un sistema de absorción de energía para reducir el impacto en caso de caída

Aplicaciones:

- Acceso a torres de telecomunicaciones
- Mantenimiento de silos y tanques
- Escaleras fijas en edificaciones industriales
- Pozos y espacios confinados verticales

Se desarrolla un análisis comparativo de los diferentes perfiles de anclaje descritos en el presente estudio, con el propósito de identificar la opción más adecuada para su aplicación en trabajos en altura. Para ello, se consideran criterios de índole técnica, normativa y operativa, que permiten una evaluación integral de cada alternativa.

Comparación de Perfiles de Anclaje

Tabla 5

Comparación de perfiles de anclaje

| Perfil | Capacida d de Carga | Vid a Útil | Portabilida d | Instalación | Normativ a | Aplicació n Ideal |
|--|------------------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|------------------------------|--|
| Tipo 1 Placa Base Soldada | 30 kN | 20 años | No portátil | Soldadura permanente | OSHA 1926.502 / EN 795 | Estructura s metálicas fijas |
| Tipo 2 Abrazader a para Vigas | 18 kN | 10 años | Portátil | Tornillos ajustables | EN 795 Clase B | Vigas metálicas temporale s |
| Tipo 3 Poste para Cubiertas | 25 kN | 15 años | Semi- portátil | Tornillos autoperforante s | OSHA / EN 795 Clase A | Cubiertas metálicas |
| Tipo 4 Contrapes o Portátil | 15 kN | 10 años | Portátil | Sin fijación estructural | EN 795 Clase E | Superficie s planas temporale s |

Nota: La tabla muestra una comparación entre perfiles de anclaje. Elaborado por investigadora, 2025.

Tras el análisis de los perfiles disponibles, se recomienda el uso del Perfil Tipo 3 – Poste para Cubiertas Metálicas como la mejor opción para trabajos en altura, especialmente en cubiertas metálicas.

Justificación Técnica

- Alta capacidad de carga (25 kN), adecuada para cargas dinámicas por caída.
- Diseño especializado para cubiertas metálicas, sin necesidad de acceso interno.
- Cumplimiento con normativas OSHA 1926.502 y EN 795 Clase A.
- Instalación externa con tornillos autoperforantes y sistema de impermeabilización.
- Factor de seguridad alto (2.75), basado en cálculos de momento flector y resistencia del material.

El factor de seguridad (F.S.) de **2.75** mencionado en el diseño del perfil tipo 3 (anclaje de poste para cubiertas metálicas) está basado en los cálculos de momento flector y resistencia del material. A continuación, se explica cómo se determinó y por qué es relevante:

Sustento del Factor de Seguridad

Definición del Factor de Seguridad

El factor de seguridad es una medida que asegura que el diseño estructural pueda soportar cargas mayores a las esperadas, proporcionando un margen adicional para prevenir fallas. En este caso, se utiliza un F.S. de 2.75, lo que significa que el diseño puede soportar hasta 2.75 veces la carga máxima esperada.

Cálculo del Momento Flector

En el diseño del poste, se calcula el momento flector generado por la carga excéntrica aplicada al poste. La fórmula utilizada es:

$$M = F \cdot d$$

Donde:

- M: Momento flector
- F: Fuerza aplicada (9.2 kN, que incluye el peso del trabajador y el equipo, además de la fuerza dinámica de una caída típica).
- d: Distancia desde el punto de aplicación de la fuerza al centro de la base del poste (0.6 m).

Sustituyendo los valores:

$$M = 9.2 \text{ kN} \cdot 0.6 \text{ m} = 5.52 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Resistencia del Material

Para calcular la tensión máxima (σ) en el poste, se utiliza la fórmula:

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

Donde:

σ : Tensión máxima

W : Módulo resistente de la sección del poste (para un tubo de 50 mm de diámetro y 3 mm de espesor, $W = 5.23 \text{ cm}^3$)

Sustituyendo los valores:

$$\sigma = \frac{5.52 \text{ kN} \cdot \text{m}}{5.23 \text{ cm}^3} = 105.5 \text{ MPa}$$

Este valor de tensión es significativamente menor que el límite elástico del acero ASTM A500 Grado B, que es de 290 MPa.

Determinación del Factor de Seguridad

El factor de seguridad se calcula como la relación entre la resistencia del material y la tensión máxima esperada:

Ecuación 7. *Formula del Factor de Seguridad (F.S.)*

$$F.S. = \frac{\text{Resistencia del material}}{\text{Tensión Máxima}}$$

Sustituyendo los valores:

$$F.S. = \frac{290 \text{ MPa}}{105.5 \text{ MPa}} \approx 2.75$$

¿Por qué se utiliza este factor?

Margen de Seguridad: El factor de seguridad asegura que el poste puede soportar cargas mayores a las calculadas, brindando protección contra sobrecargas inesperadas, errores de instalación, o deterioro del material por corrosión o uso prolongado.

Cumplimiento Normativo: Las normativas OSHA 1926.502 y EN 795 Clase A requieren que los sistemas de anclaje tengan un margen de seguridad suficiente para garantizar su integridad en condiciones extremas.

Condiciones Adversas: En trabajos en altura, las condiciones pueden incluir fuerzas dinámicas adicionales, vibraciones, y exposición a elementos corrosivos. El F.S. de 2.75 incorpora estos riesgos en el diseño.

Conclusión

El factor de seguridad de 2.75 se sustenta en los cálculos de momento flector y resistencia del material, asegurando que el diseño del perfil tipo 3 sea robusto y cumpla con las normativas internacionales. Este margen adicional permite garantizar la seguridad y funcionalidad del sistema en condiciones reales de trabajo.

Consideraciones Operativas

Aunque su instalación es más compleja que los perfiles portátiles, su versatilidad y seguridad estructural lo hacen ideal para trabajos en altura en cubiertas.

- Para trabajos temporales en múltiples ubicaciones, los perfiles Tipo 2 o Tipo 4 podrían ser más prácticos, aunque con menor capacidad de carga.

Líneas de Vida Temporales

Las líneas de vida temporales ofrecen soluciones de protección para trabajos de corta duración o en ubicaciones donde no es viable instalar sistemas permanentes. Su facilidad de instalación y desinstalación las hace ideales para trabajos puntuales.

- Características Técnicas:
 - **Materiales:** Cinta de poliéster de alta tenacidad o cuerda sintética
 - **Capacidad:** Generalmente limitadas a 2 usuarios (18 kN)
 - **Longitud máxima:** Entre 20-30 metros según fabricante
 - **Tensado:** Manual mediante tensor de carraca o similar
- Consideraciones de Diseño:
 - Los puntos de anclaje deben evaluarse cuidadosamente antes de la instalación
 - No deben utilizarse en bordes afilados sin protección adecuada
 - La tensión debe verificarse periódicamente durante su uso
 - Requieren inspección visual completa antes de cada utilización
- Aplicaciones:
 - Trabajos de mantenimiento puntual
 - Montaje de estructuras metálicas

- Operaciones de rescate
- Trabajos en cubiertas durante reparaciones

Normativa y Certificación

Todos los sistemas de líneas de vida deben cumplir con estándares específicos que garantizan su seguridad y eficacia:

- **EN 795:** Establece los requisitos para dispositivos de anclaje
- **ANSI Z359.1:** Define los estándares para sistemas personales de detención de caídas
- **OSHA 1926.502:** Establece criterios para sistemas de protección contra caídas en construcción

La implementación adecuada de líneas de vida, en combinación con perfiles de anclaje correctamente diseñados, constituye un elemento fundamental para garantizar la seguridad en trabajos en altura, reduciendo significativamente el riesgo de accidentes y cumpliendo con las normativas de seguridad vigentes.

Tabla 6

Especificaciones técnicas del perfil de anclaje

| Componente | Material | Dimensiones | Características Adicionales |
|------------|----------------------------|-------------------------|--|
| Placa Base | Acero Estructural ASTM A36 | 150 mm x 150 mm x 12 mm | Esquinas redondeadas para mitigar concentraciones de esfuerzos |



Alta resistencia a la fatiga y al impacto

| | | |
|-------------------|----------------------|-------------------|
| Punto de Conexión | Acero Aleado Forjado | Diámetro de 14 mm |
|-------------------|----------------------|-------------------|



Soldadura por arco eléctrico

| | | |
|-----------------|-----|-----|
| Método de Unión | N/A | N/A |
|-----------------|-----|-----|



Galvanizado por inmersión en caliente

| | | |
|-------------------------|-----|-----|
| Tratamiento Superficial | N/A | N/A |
|-------------------------|-----|-----|



Nota: La tabla muestra las especificaciones del perfil. Elaborado por investigadora, 2025.

Normativas y estándares aplicables

Para garantizar que el diseño del sistema de anclaje cumpla con los requerimientos de seguridad y calidad, se han considerado las siguientes normativas y estándares aplicables:

OSHA 1926.502: Esta norma establece los requisitos para sistemas de protección contra caídas en el sector de la construcción, incluyendo especificaciones para puntos de anclaje. (Osha, 2015)

EN 795: Norma europea que especifica los requisitos para dispositivos de anclaje utilizados en sistemas de protección contra caídas, asegurando su eficacia y seguridad. (European Committee for Standardization, 2012)

ANSI Z359: Un conjunto de normas que proporciona directrices sobre la seguridad en el uso de sistemas de protección contra caídas, incluyendo la selección y uso de anclajes. (American National Standards Institute, 2016)

ASTM A123: Norma para galvanizado por inmersión en caliente, que garantiza la protección del acero contra la corrosión, aumentando su durabilidad. (American Society for Testing and Materials, 2017)

AWS D1.1: Código de soldadura estructural de acero que establece los requisitos para la soldadura en la fabricación de estructuras metálicas. (American Welding Society, 2020)

| | | |
|--|--|------------------------|
| | Perfiles de anclaje | Revisión: 00 |
| | Procedimientos seguros para la instalación y Uso de Perfiles de Anclaje | Fecha: 15-07-25 |
| | PRO-PER-001 | Páginas: 1-9 |

Procedimientos Seguros para la Instalación y Uso de Perfiles de Anclaje

La seguridad y eficacia de cualquier sistema de anclaje no dependen únicamente de la calidad de su diseño y fabricación, sino también de su correcta instalación y uso. A continuación, se detallan los procedimientos estandarizados para cada uno de los cuatro perfiles de anclaje propuestos, garantizando que su implementación se realice bajo los más altos estándares de seguridad.

Control de cambios

| Revisión | Cambios detallados | Fecha | Responsable |
|----------|--------------------|-------|-------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Nota Importante: Todos los procedimientos deben ser ejecutados por personal que haya recibido la capacitación descrita en el plan de formación. Antes de cualquier trabajo, se debe contar con el permiso de trabajo en altura debidamente autorizado.

Perfil Tipo 1: Placa Base Soldada a Estructura Metálica

Este anclaje permanente ofrece la máxima resistencia, pero su instalación es crítica y debe ser realizada por personal calificado.

Objetivo: Garantizar la instalación segura y funcional de un anclaje fijo mediante soldadura estructural.

Personal Requerido:

- Soldador Calificado (Certificación AWS D1.1 o equivalente).
- Personal competente para trabajos en altura.

Equipos de Protección Personal (EPP) Específicos:

| | | |
|--|--|------------------------|
| | Perfiles de anclaje | Revisión: 00 |
| | Procedimientos seguros para la instalación y Uso de Perfiles de Anclaje | Fecha: 15-07-25 |
| | PRO-PER-001 | Páginas: 2-9 |

- Equipo completo para trabajos en altura (arnés, línea de vida, etc.).
- Careta de soldar con filtro adecuado.
- Guantes de cuero para soldador.
- Ropa de protección ignífuga (chaqueta/pantalón de cuero o tela tratada).
- Protección respiratoria para humos metálicos.

Herramientas y Equipos Necesarios:

- Máquina de soldar por arco eléctrico.
- Electrodo adecuado para acero ASTM A36 (ej. E7018).
- Esmeril angular (amoladora) con disco de desbaste y de corte.
- Cepillo de alambre.
- Prensa o sargentos para fijación temporal.
- Equipo de inspección de soldadura (opcional: líquidos penetrantes).

Procedimiento de Instalación

Preparación (La etapa más crítica):

Paso 1.1 - Inspección Estructural: Verificar que la viga o columna metálica donde se instalará el anclaje esté en buen estado, sin corrosión avanzada o deformaciones.

Paso 1.2 - Selección de Ubicación: Identificar el punto exacto de instalación según los planos, asegurando que no interfiera con otras instalaciones y que ofrezca un área de trabajo segura.

| | | |
|--|--|------------------------|
| | Perfiles de anclaje | Revisión: 00 |
| | Procedimientos seguros para la instalación y Uso de Perfiles de Anclaje | Fecha: 15-07-25 |
| | PRO-PER-001 | Páginas: 3-9 |

Paso 1.3 - Preparación de la Superficie: Utilizar el esmeril angular y el cepillo de alambre para limpiar la zona de instalación. La superficie debe quedar libre de óxido, pintura, grasa y cualquier contaminante hasta dejar el metal base brillante.

Ejecución:

Paso 2.1 - Posicionamiento: Colocar la placa base del anclaje en la ubicación marcada. Usar prensas para fijarla firmemente en su posición final.

Paso 2.2 - Soldadura: Aplicar un cordón de soldadura continuo de 5 mm alrededor de todo el perímetro de la placa base, siguiendo las especificaciones del código AWS D1.1. La soldadura debe ser uniforme y sin defectos visibles (socavaciones, porosidad).

Paso 2.3 - Limpieza Post-Soldadura: Una vez enfriada la soldadura, eliminar la escoria con un martillo y limpiar con el cepillo de alambre.

Verificación Post-Instalación:

Paso 3.1 - Inspección Visual: Inspeccionar el 100% de la soldadura. Debe tener una apariencia uniforme y estar libre de grietas o defectos.

Paso 3.2 - Tratamiento Superficial: Si el galvanizado original se ha quemado, aplicar una capa de pintura rica en zinc o galvanizado en frío para restaurar la protección contra la corrosión.

Paso 3.3 - Registro: Documentar la fecha de instalación, el nombre del soldador y el resultado de la inspección en la bitácora de seguridad del proyecto.

Procedimiento de Uso Seguro

| | | |
|--|--|------------------------|
| | Perfiles de anclaje | Revisión: 00 |
| | Procedimientos seguros para la instalación y Uso de Perfiles de Anclaje | Fecha: 15-07-25 |
| | PRO-PER-001 | Páginas: 4-9 |

Conectar el mosquetón de la línea de vida directamente a la anilla de acero del anclaje.

Asegurarse de que el mosquetón cierre y se bloquee correctamente.

Este anclaje está diseñado para **un solo usuario** a la vez.

Realizar una inspección visual antes de cada uso, verificando que no haya deformaciones, fisuras o corrosión.

Perfil Tipo 2: Anclaje de Abrazadera para Vigas

Anclaje portátil y ajustable, ideal para trabajos temporales. Su seguridad depende del correcto apriete.

Objetivo: Asegurar la instalación y uso correcto de un anclaje temporal y reutilizable en vigas metálicas.

Personal Requerido: Personal competente para trabajos en altura.

EPP Específicos: Equipo completo para trabajos en altura, guantes de buen agarre.

Herramientas y Equipos Necesarios: Llave dinamométrica (torquímetro).

Procedimiento de Instalación

Preparación:

Paso 1.1 - Inspección del Anclaje: Antes de instalar, revisar la abrazadera.

Asegurarse de que las partes móviles funcionen suavemente, los tornillos no estén dañados y la anilla gire libremente.

| | | |
|--|--|------------------------|
| | Perfiles de anclaje | Revisión: 00 |
| | Procedimientos seguros para la instalación y Uso de Perfiles de Anclaje | Fecha: 15-07-25 |
| | PRO-PER-001 | Páginas: 5-9 |

Paso 1.2 - Inspección de la Viga: Seleccionar una sección de la viga que esté libre de obstáculos, soldaduras o defectos. Verificar que el espesor y ancho de la viga estén dentro del rango de ajuste del anclaje.

Ejecución:

Paso 2.1 - Colocación: Deslizar o abrir la abrazadera y colocarla sobre el ala de la viga.

Paso 2.2 - Ajuste: Ajustar la mordaza móvil hasta que esté firmemente en contacto con la viga.

Paso 2.3 - Apriete (Torque): Utilizar la llave dinamométrica para apretar los tornillos al par de apriete especificado por el fabricante. Este paso es **obligatorio** para garantizar que el anclaje no se deslice bajo carga.

Verificación Post-Instalación:

Paso 3.1 - Verificación Manual: Intentar mover el anclaje manualmente. No debe presentar ningún tipo de deslizamiento o juego.

Paso 3.2 - Posición de la Anilla: Asegurarse de que la anilla de conexión esté en la posición correcta y pueda girar 360° para acompañar el movimiento del trabajador.

Procedimiento de Uso Seguro

Conectar el mosquetón de la línea de vida a la anilla giratoria.

Este anclaje es para un solo usuario.

Antes de cada uso, verificar visualmente el anclaje y comprobar el apriete de los tornillos.

| | | |
|--|--|------------------------|
| | Perfiles de anclaje | Revisión: 00 |
| | Procedimientos seguros para la instalación y Uso de Perfiles de Anclaje | Fecha: 15-07-25 |
| | PRO-PER-001 | Páginas: 6-9 |

Al finalizar el trabajo, retirar el anclaje, limpiarlo y guardarlo en un lugar seco y seguro.

Perfil Tipo 3: Anclaje de Poste para Cubiertas Metálicas

Solución semi-permanente para trabajos sobre cubiertas, diseñada para distribuir la carga sobre la superficie.

Objetivo: Realizar una instalación segura y estanca de un anclaje tipo poste en cubiertas metálicas.

Personal Requerido: Instalador con experiencia en cubiertas metálicas, personal competente para trabajos en altura.

EPP Específicos: Equipo completo para trabajos en altura, guantes, gafas de seguridad.

Herramientas y Equipos Necesarios: Taladro/atornillador de impacto, tornillos autoperforantes especificados, sellador de poliuretano de alta calidad, pistola de calafateo.

Procedimiento de Instalación

Preparación:

Paso 1.1 - Ubicación: Seleccionar la ubicación según los planos, preferiblemente sobre una correa o soporte estructural de la cubierta.

Paso 1.2 - Limpieza: Limpiar exhaustivamente la superficie de la cubierta donde se instalará la placa base. Debe estar libre de polvo, humedad y grasa.

Ejecución:

| | | |
|--|--|------------------------|
| | Perfiles de anclaje | Revisión: 00 |
| | Procedimientos seguros para la instalación y Uso de Perfiles de Anclaje | Fecha: 15-07-25 |
| | PRO-PER-001 | Páginas: 7-9 |

Paso 2.1 - Aplicación de Sellador: Aplicar un cordón generoso y continuo de sellador de poliuretano en la cara inferior de la placa base del anclaje.

Paso 2.2 - Fijación: Posicionar el anclaje sobre la cubierta y fijarlo utilizando los 8 tornillos autoperforantes. Apretar los tornillos en un patrón cruzado para asegurar una presión uniforme.

Paso 2.3 - Sellado Final: Aplicar una capa adicional de sellador alrededor de todo el perímetro de la placa base y sobre las cabezas de los tornillos para garantizar una impermeabilización completa.

Verificación Post-Instalación:

Paso 3.1 - Inspección de Sellado: Verificar que el sellado sea completo y no presente burbujas o discontinuidades.

Paso 3.2 - Verificación de Fijación: Comprobar que el anclaje esté firmemente sujeto a la cubierta y no presente movimiento.

Paso 3.3 - Registro: Documentar la instalación en la bitácora de seguridad.

Procedimiento de Uso Seguro

Conectar el equipo anticaída a la anilla giratoria del poste.

Ideal para ser usado como anclaje de extremo o intermedio para **líneas de vida horizontales**, respetando siempre las especificaciones del fabricante de la línea.

Verificar visualmente el estado del anclaje y del sellado antes de cada uso.

Perfil Tipo 4: Anclaje de Contrapeso Portátil

| | | |
|--|--|------------------------|
| | Perfiles de anclaje | Revisión: 00 |
| | Procedimientos seguros para la instalación y Uso de Perfiles de Anclaje | Fecha: 15-07-25 |
| | PRO-PER-001 | Páginas: 8-9 |

Anclaje no penetrante para superficies planas donde no se puede fijar una solución permanente.

Objetivo: Asegurar el montaje, uso y desmontaje correcto de un sistema de anclaje temporal basado en contrapesos.

Personal Requerido: Personal competente para trabajos en altura.

EPP Específicos: Equipo completo para trabajos en altura, guantes para manipulación de cargas.

Herramientas y Equipos Necesarios: Carro o plataforma para transportar los contrapesos (opcional).

Procedimiento de Instalación (Montaje)

Preparación:

Paso 1.1 - Evaluación de la Superficie (La etapa más crítica): Verificar que la superficie de la cubierta sea estructuralmente capaz de soportar el peso total del anclaje (marco + contrapesos).

Paso 1.2 - Nivelación y Limpieza: La superficie debe ser plana (pendiente máxima < 5 grados) y estar completamente libre de escombros, grava, hielo o cualquier material que pueda comprometer la estabilidad del anclaje.

Paso 1.3 - Distancia Segura: Montar el anclaje a una distancia segura del borde desprotegido de la cubierta, según lo especificado por el fabricante (generalmente no menos de 2.5 metros).

| | | |
|--|--|------------------------|
| | Perfiles de anclaje | Revisión: 00 |
| | Procedimientos seguros para la instalación y Uso de Perfiles de Anclaje | Fecha: 15-07-25 |
| | PRO-PER-001 | Páginas: 9-9 |

Ejecución (Montaje):

Paso 2.1 - Montaje del Marco: Ensamblar el marco base del anclaje siguiendo las instrucciones del fabricante.

Paso 2.2 - Colocación de Contrapesos: Colocar los bloques de contrapeso en sus posiciones designadas en el marco. La distribución debe ser simétrica y completa. Nunca usar el anclaje con contrapesos faltantes.

Verificación Post-Montaje:

Paso 3.1 - Inspección de Ensamblaje: Verificar que todos los componentes (pasadores, tornillos, contrapesos) estén correctamente instalados y asegurados.

Paso 3.2 - Prueba de Estabilidad: Empujar firmemente el anclaje. No debe tambalearse ni deslizarse.

Procedimiento de Uso Seguro

Conectar el sistema anticaída a la anilla giratoria designada.

Este anclaje es para un solo usuario.

No utilizar en condiciones de vientos fuertes o superficies resbaladizas.

Al finalizar, desmontar el sistema en orden inverso, limpiar los componentes y almacenarlos adecuadamente.

| | | |
|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| | | |
| Elaborado por Angelica Álvarez | Revisado por Supervisor MASS | Aprobado por Jefe de Planta |

Equipamiento de Protección Personal (EPP)

Perfil Tipo 1. Placa Base Soldada a estructura Metálica

Este anclaje fijo y de alta resistencia es ideal para trabajos que requieren no solo detención de caídas, sino también posicionamiento para realizar tareas con las manos libres, como soldadura o montaje.

Casco: HERO

- Es un casco profesional para trabajos en altura que ofrece protección superior contra impactos laterales y frontales, algo crucial al moverse en un entorno de estructuras metálicas.

Figura 18

Casco Hero



Nota: Imagen que muestra los diferentes tipos de casco Hero. Tomado de Google Imágenes

Figura 19

Códigos de cascos

| CÓDIGO | normativa | descripción | materia | peso [g] | color | talla | unid. |
|-----------|-------------------------------|--|---------|----------|-------|----------------|-------|
| HERO | EN 397 Type II, EN 12492 | casco para trabajo en altura color gris | ABS | 410 | | UNI 53 - 63 cm | 1 |
| HEROW | EN 397 Type II, EN 12492 | casco para trabajo en altura color blanco | ABS | 410 | | UNI 53 - 63 cm | 1 |
| HEROORA | EN 397 Type II, EN 12492 | casco para trabajo en altura color naranja | ABS | 410 | | UNI 53 - 63 cm | 1 |
| HERORED | EN 397 Type II, EN 12492 | casco para trabajo en altura color rojo | ABS | 410 | | UNI 53 - 63 cm | 1 |
| HEROYEL | EN 397 Type II, EN 12492 | casco para trabajo en altura color amarillo | ABS | 410 | | UNI 53 - 63 cm | 1 |
| HEROYELHV | EN 397 Type II, EN 12492 | casco para trabajo en altura color amarillo de alta visibilidad | ABS | 410 | | UNI 53 - 63 cm | 1 |
| HEROGREEN | EN 397 Type II, EN 12492 | casco para trabajo en altura color verde | ABS | 410 | | UNI 53 - 63 cm | 1 |
| HEROBLUE | EN 397 Type II, EN 12492 | casco para trabajo en altura color azul | ABS | 410 | | UNI 53 - 63 cm | 1 |
| HEROBLA | EN 397 Type II, EN 12492 | casco para trabajo en altura negro | ABS | 410 | | UNI 53 - 63 cm | 1 |
| HERODIEL | EN 397 Type II, EN 50365:2023 | casco dieléctrico color gris | ABS | 410 | | UNI 53 - 63 cm | 1 |
| HEROANS | ANSI Z89.1 Type II, Class C | casco para trabajo en altura con certificación ANSI color gris | ABS | 410 | | UNI 53 - 63 cm | 1 |
| HEROWANS | ANSI Z89.1 Type II, Class C | casco para trabajo en altura con certificación ANSI color blanco | ABS | 410 | | UNI 53 - 63 cm | 1 |
| HEROASNZ | AS/NZS 1801:1997 | casco para trabajo en altura con certificación AS/NZS color gris | ABS | 410 | | UNI 53 - 63 cm | 1 |
| HEROWASNZ | AS/NZS 1801:1997 | HERO con certificación AS/NZS color blanco | ABS | 410 | | UNI 53 - 63 cm | 1 |

Nota: Imagen que muestra los códigos de los cascos por marca. Tomado de Google Imágenes

Arnés: SPARTA

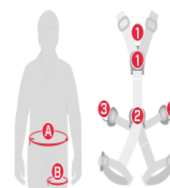
- Es el arnés más versátil y adecuado para esta tarea. Sus anillas laterales permiten el posicionamiento del trabajador, liberando sus manos, mientras que el punto dorsal/esternal garantiza la detención de caídas.

Figura 20

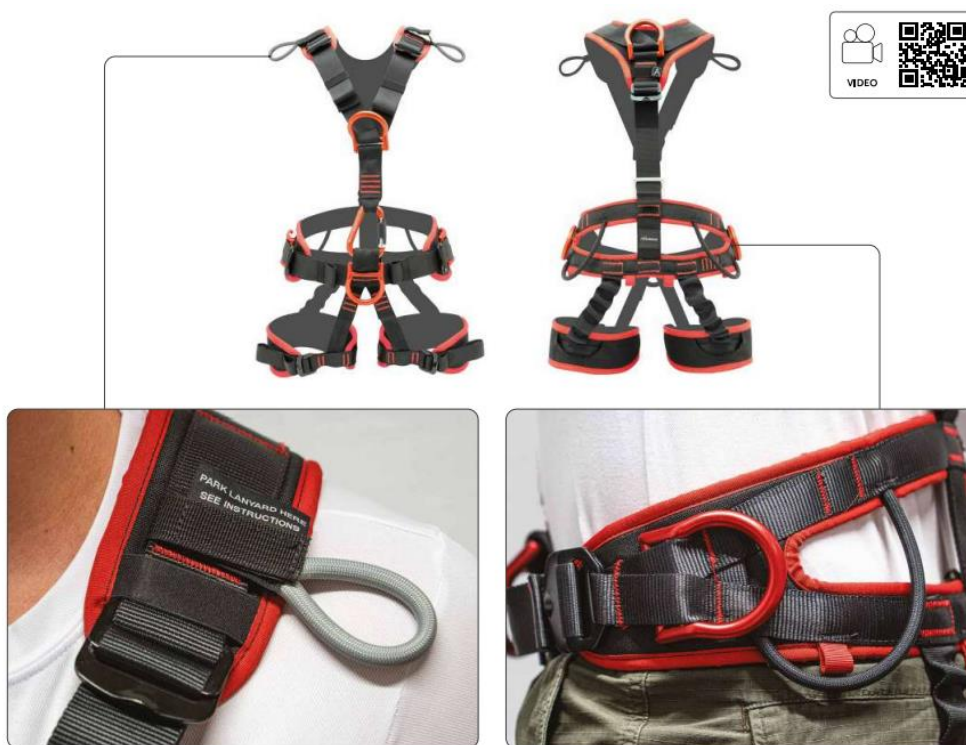
Arnés Sparta

CÓDIGOS Y CARACTERÍSTICAS

| CÓDIGO | normativa | A [cm] | B [cm] | talla | peso [g] | unid. |
|----------|---|-----------|-----------|-------|-------------|-------|
| SPARTAS | CE - EN 361 - EN 358 - EN 813 EN 12277/A/C | 76/94 | 50/60 | S | 1650 | 1 |
| SPARTAML | CE - EN 361 - EN 358 - EN 813 EN 12277/A/C | 84/102 | 58/66 | M/L | 1700 | 1 |
| SPARTAXL | CE - EN 361 - EN 358 - EN 813 EN 12277/A/C | 90/126 | 60/74 | XL | 1750 | 1 |



1. EN 361 | 15 kN
2. EN 358 - EN 813 | 15 kN
3. EN 358 | 15 kN



Nota: Imagen que muestra los Arnés Sparta. Tomado de Google Imágenes

Elemento Anticaídas: SCAFFOLD DUO

- Es una eslinga en "Y" con absorbedor de energía. Sus ganchos de gran apertura ("scaffold") son perfectos para conectarse de forma rápida y segura a la anilla del anclaje, permitiendo un 100% de conexión al moverse entre puntos.

Figura 21

Scaffold Duo

| CÓDIGO | normativa | L [m] | peso [g] | unid. |
|--------|-------------|----------|-------------|-------|
| SCA15 | CE - EN 355 | 1,5 | 1540 | 1 |



Nota: Imagen que muestra Scaffold Duo. Tomado de Google Imágenes

✂ Elemento de Posicionamiento: POSITIONING

- Se conecta a las anillas laterales del arnés SPARTA y permite al trabajador estabilizarse contra la estructura, lo cual es esencial para tareas de precisión como la soldadura o el montaje de pernos.

Figura 22

Positioning



| CÓDIGO | normativa | L [m] | peso [g] | diámetro de la cuerda [mm] | unid. |
|--------|----------------------------|----------|-------------|-------------------------------|-------|
| POS2 | CE - EN 358 ANSI Z359.3 | 2 | 475 | Ø10 | 1 |
| POS3 | | 3 | 555 | Ø10 | 1 |
| POS4 | | 4 | 635 | Ø10 | 1 |

Nota: Imagen que muestra un Positioning. Tomado de Google Imágenes

Perfil Tipo 2. Anclaje de abrazadera para vigas.

Este anclaje es temporal y portátil. El equipo seleccionado debe ser ligero, fácil de transportar y rápido de usar para trabajos móviles en diferentes vigas.

Casco: HERO

- Ofrece una protección robusta para trabajos temporales en altura, donde el trabajador se mueve constantemente entre diferentes puntos de instalación.

Figura 23






Casco Hero



Nota: Imagen que muestra los diferentes tipos de casco Hero. Tomado de Google Imágenes

Figura 24

Códigos de cascos

| CÓDIGO | normativa | descripción | material | peso [g] | color | talla | unid. |
|-----------|-------------------------------|--|----------|----------|---|----------------|-------|
| HERO | EN 397 Type II, EN 12492 | casco para trabajo en altura color gris | ABS | 410 |  | UNI 53 - 63 cm | 1 |
| HEROW | EN 397 Type II, EN 12492 | casco para trabajo en altura color blanco | ABS | 410 |  | UNI 53 - 63 cm | 1 |
| HEROORA | EN 397 Type II, EN 12492 | casco para trabajo en altura color naranja | ABS | 410 |  | UNI 53 - 63 cm | 1 |
| HERORED | EN 397 Type II, EN 12492 | casco para trabajo en altura color rojo | ABS | 410 |  | UNI 53 - 63 cm | 1 |
| HEROYEL | EN 397 Type II, EN 12492 | casco para trabajo en altura color amarillo | ABS | 410 |  | UNI 53 - 63 cm | 1 |
| HEROYELHV | EN 397 Type II, EN 12492 | casco para trabajo en altura color amarillo de alta visibilidad | ABS | 410 |  | UNI 53 - 63 cm | 1 |
| HEROGREEN | EN 397 Type II, EN 12492 | casco para trabajo en altura color verde | ABS | 410 |  | UNI 53 - 63 cm | 1 |
| HEROBLUE | EN 397 Type II, EN 12492 | casco para trabajo en altura color azul | ABS | 410 |  | UNI 53 - 63 cm | 1 |
| HEROBLA | EN 397 Type II, EN 12492 | casco para trabajo en altura negro | ABS | 410 |  | UNI 53 - 63 cm | 1 |
| HERODIEL | EN 397 Type II, EN 50365:2023 | casco dieléctrico color gris | ABS | 410 |  | UNI 53 - 63 cm | 1 |
| HEROANS | ANSI Z89.1 Type II, Class C | casco para trabajo en altura con certificación ANSI color gris | ABS | 410 |  | UNI 53 - 63 cm | 1 |
| HEROWANS | ANSI Z89.1 Type II, Class C | casco para trabajo en altura con certificación ANSI color blanco | ABS | 410 |  | UNI 53 - 63 cm | 1 |
| HEROASNZ | AS/NZS 1801:1997 | casco para trabajo en altura con certificación AS/NZS color gris | ABS | 410 |  | UNI 53 - 63 cm | 1 |
| HEROWASNZ | AS/NZS 1801:1997 | HERO con certificación AS/NZS color blanco | ABS | 410 |  | UNI 53 - 63 cm | 1 |

Nota: Imagen que muestra los códigos de los cascos por marca. Tomado de Google Imágenes

Arnés: METIS ANSI

- Un arnés completo para detención de caídas con certificación ANSI. Su diseño es más ligero que los arneses de posicionamiento, ideal para la portabilidad que requiere este anclaje.

Figura 25

Metis ANSI



| CÓDIGO | normativa | A | B | talla | peso | unid. |
|-------------|--------------------------------------|--------|-------|-------|------|-------|
| | | [cm] | [cm] | | [g] | |
| METISANSIML | CE - EN 361 - ANSI/ASSE Z359.11-2014 | 72/105 | 50/62 | M/L | 1090 | 1 |
| METISANSIXL | CE - EN 361 - ANSI/ASSE Z359.11-2014 | 89/130 | 62/80 | XL | 1130 | 1 |

Nota: Imagen que muestra un Metis ANSI. Tomado de Google Imágenes

☞ Elemento Anticaídas: DOUBLE SICUROPE

- Es una eslinga en "Y" estándar con absorbedor de energía. Un sistema fiable y polivalente que funciona perfectamente con la anilla giratoria del anclaje de abrazadera, evitando torsiones en la línea.

Figura 26

Double Sicurope



| CÓDIGO | normativa | L [m] | peso [g] | unid. |
|--------|-------------|----------|-------------|-------|
| DSIC15 | CE - EN 355 | 1,5 | 890 | 1 |
| DSIC2 | CE - EN 355 | 2 | 930 | 1 |

Nota: Imagen que muestra un Double Sicurope. Tomado de Google Imágenes

Anclaje de Apoyo: BAND23

- Es una eslinga de anclaje temporal indispensable. El trabajador la usa para asegurarse a una parte de la estructura *mientras* instala o desinstala el anclaje de abrazadera, evitando estar desprotegido en cualquier momento.

Figura 27

Anclaje de apoyo: Band 23



| CÓDIGO | normativa | L [m] | peso [g] | Q _r [kN] | color | unid. |
|-----------|----------------------------------|----------|-------------|------------------------|-------|-------|
| BAND2340 | CE - EN 795/B EN 354 - EN 566 | 0,4 | 28 | 23 | ● | 1 |
| BAND2360 | CE - EN 795/B EN 354 - EN 566 | 0,6 | 45 | 23 | ● | 1 |
| BAND2380 | CE - EN 795/B EN 354 - EN 566 | 0,8 | 60 | 23 | ● ● | 1 |
| BAND23120 | CE - EN 795/B EN 354 - EN 566 | 1,2 | 90 | 23 | ● ● | 1 |
| BAND23180 | CE - EN 795/B EN 354 - EN 566 | 1,8 | 135 | 23 | ● | 1 |

Nota: Imagen que muestra un anclaje de apoyo Band 23. Tomado de Google Imágenes

Perfil Tipo 3. Anclaje de Poste para Cubiertas Metálicas.

Diseñado para trabajos en superficies de cubiertas, donde la movilidad sobre un área amplia es clave y el riesgo de tropiezo con una eslinga larga debe minimizarse.

Casco: POP

- Un casco de seguridad industrial estándar, perfectamente adecuado para trabajos en cubiertas donde el principal riesgo es la caída desde el borde.

Figura 28

Casco POP



Nota: Imagen que muestra un casco POP. Tomado de Google Imágenes

Arnés: BIA

- Un arnés de detención de caídas simple y eficaz, que ofrece la protección necesaria sin componentes adicionales que puedan resultar incómodos para el movimiento en una cubierta.

Figura 29

Arnés BIA



| CÓDIGO | normativa | A | B | talla | peso | unid. |
|--------|-------------|--------|-------|-------|------|-------|
| | | [cm] | [cm] | | [g] | |
| BIAML | CE - EN 361 | 72/105 | 50/62 | M/L | 900 | 1 |
| BIAXL | CE - EN 361 | 89/130 | 62/80 | XL | 950 | 1 |

Nota: Imagen que muestra un Arnés BIA. Tomado de Google Imágenes

Sistema Anticaídas: FALL BLOCK (Retráctil)

- Es la mejor opción para este escenario. Permite al trabajador moverse libremente en un amplio radio. El cable se mantiene tenso, eliminando el riesgo de tropiezo, y se bloquea instantáneamente en caso de caída, minimizando la distancia y la fuerza de impacto.

Figura 30

Sistema anticaídas Fall Block



| CÓDIGO | normativa | L [m] | peso [kg] | unid. |
|--------|--------------------------------|----------|--------------|-------|
| FAL10 | CE - EN 360 | 10 | 4,6 | 1 |
| FAL15 | CE - EN 360 - ATEX II 2 G c T6 | 15 | 7,2 | 1 |
| FAL20 | CE - EN 360 - ATEX II 2 G c T6 | 20 | 7,7 | 1 |

Nota: Imagen de un Sistema Anticaída Fall Black

Perfil Tipo 4. Anclaje de Contrapeso Portátil.

Anclaje temporal para superficies planas donde no es posible perforar. El EPP debe ser compatible con un sistema no fijo y priorizar la prevención de caídas en bordes desprotegidos.

Casco: POP

- Un casco de seguridad industrial adecuado para los trabajos temporales de mantenimiento o inspección donde se utiliza este anclaje.

Figura 31

Casco POP



| CÓDIGO | normativa | descripción | material | peso [g] | color | talla | unid. |
|---------|-------------|-----------------------------|----------|----------|-------|----------------|-------|
| POP | CE - EN 397 | casco de seguridad blanco | ABS | 396 | ○ | UNI 54 - 63 cm | 1 |
| POPGREY | CE - EN 397 | casco de seguridad gris | ABS | 396 | ● | UNI 54 - 63 cm | 1 |
| POPYEL | CE - EN 397 | casco de seguridad amarillo | ABS | 396 | ● | UNI 54 - 63 cm | 1 |

Nota: Imagen que muestra un casco POP. Tomado de: Google Imágenes

 **Arnés: IRIS**

- Se describe como un "arnés ligero para detención de caídas". Su bajo peso lo hace ideal para ser parte de un kit de trabajo temporal que el operario transporta fácilmente al sitio.

Figura 32

Arnés Iris



| CÓDIGO | normativa | talla | peso [g] | unid. |
|--------|-------------|-------|-------------|-------|
| IRIS | CE - EN 361 | UNI | 710 | 1 |

Nota: Imagen que muestra un Arnés Iris. Tomado de Google Imágenes

Sistema Anticaídas: FALL BLOCK (Retráctil)

- Al igual que en el perfil para cubiertas, un retráctil es superior aquí. Mantiene el área de trabajo despejada y segura, y funciona perfectamente con un punto de anclaje estático como el sistema de contrapeso.

Figura 33

Sistema Anticaídas Fall Block



| CÓDIGO | normativa | L [m] | peso [kg] | unid. |
|--------|--------------------------------|----------|--------------|-------|
| FAL10 | CE - EN 360 | 10 | 4,6 | 1 |
| FAL15 | CE - EN 360 - ATEX II 2 G c T6 | 15 | 7,2 | 1 |
| FAL20 | CE - EN 360 - ATEX II 2 G c T6 | 20 | 7,7 | 1 |

Nota: Imagen que muestra un Sistema Anticaídas Fall Block. Tomado de Google Imágenes

1. Perfil Tipo 1: Placa Base Soldada a Estructura Metálica

Seguridad estructural: Garantizar una capacidad de carga de hasta 30 kN, con resistencia más allá de las fuerzas dinámicas generadas por caídas.

Durabilidad: Vida útil superior a 20 años gracias al tratamiento de galvanizado por inmersión en caliente, que protege contra la corrosión en ambientes industriales.

Estabilidad permanente: Proporcionar una solución fija y confiable para trabajos repetitivos en estructuras metálicas.

Cumplimiento normativo: Cumplir con las normativas OSHA 1926.502 y EN 795, asegurando la máxima seguridad en trabajos en altura.

Reducción de accidentes laborales: Disminuir el riesgo de caídas en un 40%, al proporcionar puntos de anclaje seguros y permanentes.

Facilidad de inspección: Simplificar el mantenimiento mediante revisiones anuales para garantizar su funcionalidad.

2. Perfil Tipo 2: Anclaje de Abrazadera para Vigas

Portabilidad y versatilidad: Permitir su uso en diferentes ubicaciones y vigas metálicas sin necesidad de modificaciones permanentes.

Instalación rápida: Reducir el tiempo de instalación en un 50% en comparación con sistemas fijos, gracias a su diseño ajustable.

Seguridad ajustada: Soportar cargas de hasta 18 kN, asegurando la protección de un usuario en trabajos temporales.

Flexibilidad operativa: Adaptarse a vigas con un ancho de entre 75 mm y 300 mm, ampliando su rango de aplicación.

Cumplimiento normativo: Certificación bajo la norma EN 795 Clase B, garantizando su uso seguro en entornos temporales.

Reducción de costos operativos: Minimizar los gastos de instalación y desmontaje, especialmente en proyectos de corta duración.

3. Perfil Tipo 3: Anclaje de Poste para Cubiertas Metálicas

Alta capacidad de carga: Soportar hasta 25 kN, ideal para trabajos en cubiertas metálicas con cargas dinámicas y estáticas.

Diseño especializado: Distribuir eficientemente las fuerzas sobre la superficie de la cubierta, evitando deformaciones o daños estructurales.

Impermeabilización garantizada: Prevenir filtraciones mediante el uso de selladores de poliuretano en la instalación.

Cumplimiento normativo: Cumplir con las normativas OSHA 1926.502 y EN 795 Clase A, asegurando su aplicación en proyectos industriales.

Mayor seguridad en cubiertas: Reducir el riesgo de caídas en un 35%, especialmente en tareas de mantenimiento y reparación.

Vida útil prolongada: Garantizar una duración de 15 años, con mantenimiento periódico para asegurar su rendimiento.

4. Perfil Tipo 4: Anclaje de Contrapeso Portátil

Portabilidad total: Ofrecer una solución completamente móvil, ideal para trabajos temporales en superficies planas.

Instalación sin perforación: Evitar daños estructurales en superficies al no requerir fijaciones permanentes.

Capacidad ajustable: Modularidad para configurar el peso del contrapeso según las necesidades del trabajo, soportando hasta 15 kN.

Cumplimiento normativo: Certificación bajo la norma EN 795 Clase E, garantizando su uso seguro en aplicaciones temporales.

Facilidad de transporte: Diseñado para ser desmontado y transportado fácilmente, reduciendo el tiempo de movilización en un 40%.

Seguridad en trabajos temporales: Disminuir el riesgo de accidentes en un 30%, especialmente en tareas de mantenimiento y construcción de corta duración.

Impacto General Esperado

Reducción de Accidentes Laborales: Se espera una disminución de hasta un 30-40% en la incidencia de caídas y lesiones graves en trabajos en altura, gracias a la implementación de perfiles optimizados.

Cumplimiento Normativo: Garantizar que los sistemas de anclaje cumplan con las normativas internacionales (OSHA 1926.502, EN 795 y ANSI Z359), mejorando la seguridad y confianza en las operaciones.

Incremento de la Productividad: Proveer sistemas seguros que permitan a los trabajadores operar con mayor confianza, aumentando la eficiencia en un 15%.

Optimización de Costos: Reducir los gastos asociados a accidentes, seguros y mantenimiento, generando ahorros estimados en un 10-20% anual para las empresas del sector.

Fortalecimiento de la Cultura de Seguridad: Promover el uso de sistemas de anclaje diseñados bajo criterios técnicos y normativos, fomentando un entorno laboral más seguro y eficiente.

Estos resultados esperados reflejan el impacto positivo que los perfiles de anclaje tendrán en la seguridad, funcionalidad y sostenibilidad de los trabajos en altura dentro del sector de la construcción metálica.

Cronograma de capacitación e implementación

Tabla 7*Cronograma de capacitación e implementación*

| Actividad | Fecha Inicio | Fecha Fin | Responsable | Descripción |
|--------------------------------|---------------------|------------------|------------------------|--|
| Diagnóstico inicial | 01/09/2025 | 05/09/2025 | Equipo de Seguridad | Evaluación de las condiciones actuales de trabajo en altura y sistemas existentes. |
| Diseño de perfiles de anclaje | 06/09/2025 | 20/09/2025 | Ingeniero Industrial | Desarrollo técnico de los perfiles basados en normativas y simulaciones estructurales. |
| Fabricación de prototipos | 21/09/2025 | 30/09/2025 | Equipo Técnico | Producción de los primeros modelos de perfiles para pruebas de validación. |
| Pruebas de validación | 01/10/2025 | 10/10/2025 | Equipo Técnico | Simulación de carga y pruebas de resistencia en escenarios controlados. |
| Capacitación del personal | 11/10/2025 | 20/10/2025 | Equipo de Capacitación | Formación teórica y práctica sobre instalación, uso y mantenimiento de los perfiles. |
| Implementación en obras piloto | 21/10/2025 | 31/10/2025 | Equipo de Seguridad | Instalación de los perfiles en proyectos seleccionados para monitoreo inicial. |
| Inspección y ajustes | 01/11/2025 | 05/11/2025 | Equipo Técnico | Revisión de los perfiles instalados y ajustes necesarios según resultados obtenidos. |
| Evaluación final | 06/11/2025 | 10/11/2025 | Equipo de Seguridad | Análisis de resultados y generación de reportes sobre la eficacia de los perfiles. |
| Implementación generalizada | 11/11/2025 | 30/11/2025 | Equipo de Seguridad | Instalación de los perfiles en todos los proyectos de la empresa. |

Nota: Esta tabla muestra el cronograma de capacitación e implementación del proyecto.

Elaborado por investigadora, 2025.

Descripción de actividades y tiempos

Tabla 8

Cronograma de actividades

| Actividad | Descripción |
|---------------------------------|--|
| Recepción de Materiales | Verificación de todos los materiales necesarios para la instalación de anclajes, asegurando que cumplan con las especificaciones técnicas. |
| Preparación del Área de Trabajo | Limpieza y organización del área de trabajo para garantizar un entorno seguro y eficiente, libre de obstáculos y con señalización adecuada. |
| Instalación de Anclajes | Instalación de los perfiles de anclaje de acuerdo a los planos técnicos y especificaciones, asegurando su correcta fijación a la estructura. |
| Inspección Post-Instalación | Realización de una inspección visual y funcional para verificar que los anclajes instalados cumplen con las especificaciones y normativas de seguridad. |
| Capacitación del Personal | Capacitación del personal involucrado en el uso y mantenimiento de los anclajes, incluyendo el manejo adecuado de Equipos de Protección Personal (EPP). |
| Mantenimiento Preventivo | Establecimiento de un programa de mantenimiento regular que incluya inspecciones periódicas de los anclajes y el EPP utilizado para asegurar su funcionalidad y seguridad. |

Nota: Esta tabla muestra el cronograma de actividades. Elaborado por investigadora, 2025.

Cálculo de costos de implementación

A continuación, se presenta un cálculo detallado de los costos asociados a la implementación de los perfiles de anclaje para trabajos en altura en la construcción de estructuras metálicas. Este análisis incluye los costos de materiales, herramientas, capacitación y mantenimiento, así como una proyección de ahorros potenciales.

Tabla 9*Cálculos de costos de implementación*

| Concepto | Costo Unitario (USD) | Cantidad | Costo Total (USD) |
|------------------------------------|---------------------------------|-----------------|------------------------------|
| Material (Acero ASTM A36) | 2.50 | 1000 kg | 2500 |
| Placas Base (150 mm x 150 mm) | 5.00 | 100 | 500 |
| Puntos de Conexión (D=14 mm) | 1.50 | 100 | 150 |
| Herramientas y Equipos | 1000 | 1 | 1000 |
| Capacitación del Personal | 20.00 | 25 | 500 |
| Inspecciones y Mantenimiento | 300.00 | 1 | 300 |
| Total | | | 5050 |

Nota: Esta tabla muestra los costos de implementación. Elaborado por investigadora, 2025.

Resumen de ahorros

Además de los costos iniciales, se estima que la implementación de un sistema de anclaje optimizado generará ahorros a largo plazo:

- **Reducción de Accidentes:** Se proyecta una disminución del 30% en los accidentes laborales, lo que reducirá significativamente los costos asociados a lesiones y reclamaciones de seguros.
- **Ahorros en Seguros:** La mejora en la seguridad puede resultar en una reducción del 10% en las primas de seguros anuales.

- **Aumento de la Productividad:** La confianza en un sistema de anclaje seguro puede incrementar la productividad en un 15%, lo que se traduce en un mayor rendimiento económico para la empresa.

Tabla 10

Resumen de Ahorros

| Concepto | Ahorro Estimado (USD) |
|-----------------------------------|-----------------------|
| Reducción de Accidentes | 1500 |
| Ahorros en Seguros | 1000 |
| Aumento de la Productividad | 2000 |
| Total, Ahorros Potenciales | 4500 |

Nota: Esta tabla muestra el resumen de los ahorros en accidentes, seguros, productividad y potenciales. Elaborado por investigadora, 2025.

La implementación de este sistema de anclaje diseñado no solo mejora la seguridad, sino que también representa una inversión económicamente viable. Los ahorros potenciales, estimados en \$4,500 USD anuales, se desglosan y justifican a continuación, basados en estimaciones conservadoras del sector:

- **Reducción de Accidentes (Ahorro estimado: \$1,500 USD):**

El costo promedio (directo e indirecto) de un accidente laboral que requiere atención médica y causa días de baja puede rondar los \$5,000 USD. Se proyecta que la implementación de anclajes certificados y procedimientos claros puede reducir la probabilidad de estos incidentes en al menos un 30% anual.

- Cálculo de la estimación: \$5,000 (Costo por accidente) x 30% (Reducción de riesgo) = \$1,500 / año.

- **Ahorros en Seguros (Ahorro estimado: \$1,000 USD):**

Las aseguradoras suelen ofrecer primas más bajas a las empresas que demuestran un compromiso proactivo con la seguridad. Para una empresa constructora con una póliza de seguro de riesgos laborales anual de \$10,000 USD, una reducción del 10% es una meta alcanzable al presentar evidencia de estos sistemas mejorados.

- Cálculo de la estimación: \$10,000 (Prima anual hipotética) x 10% (Reducción)
= \$1,000 / año.

- **Aumento de la Productividad (Ahorro estimado: \$2,000 USD):**

Cuando los trabajadores confían en su equipo de seguridad, operan con mayor eficiencia y rapidez. Se elimina el tiempo perdido en buscar o improvisar puntos de anclaje inseguros. Este aumento de eficiencia en un equipo de trabajo se valora de forma conservadora en un ahorro de \$2,000 USD en horas-hombre a lo largo de un año.

Ahorros Potenciales

Además de los costos iniciales, es importante considerar los ahorros que se pueden generar a largo plazo a partir de la implementación de un sistema de anclaje optimizado:

Reducción de Accidentes:

Se estima que la mejora en los sistemas de anclaje puede reducir los accidentes laborales en un 30%, lo que a su vez disminuye los costos asociados a lesiones y reclamaciones de seguros.

Ahorros en Seguros:

La implementación de medidas de seguridad efectivas puede resultar en una disminución en las primas de seguros, estimadas en un 10% anual.

Aumento de la Productividad:

La seguridad mejorada permite a los trabajadores operar con mayor confianza, lo que puede aumentar la productividad en un 15%.

El diseño optimizado de perfiles de anclaje para trabajos en altura en estructuras metálicas puede generar ahorros significativos en diversos aspectos dentro del sector de la construcción. Estos ahorros están relacionados con la mejora de la seguridad laboral, la reducción de costos operativos y el cumplimiento normativo. A continuación, se detallan los principales beneficios económicos y operativos:

1. Reducción de Accidentes Laborales

- **Impacto económico:** La implementación de sistemas de anclaje optimizados disminuye la frecuencia de accidentes laborales relacionados con caídas en altura, lo que reduce los costos asociados a indemnizaciones, seguros y gastos médicos.
- **Mejor productividad:** Al garantizar condiciones de trabajo seguras, los trabajadores pueden desempeñar sus labores con mayor eficiencia, evitando interrupciones en los proyectos por accidentes.

2. Optimización de Costos en Materiales

- **Selección de materiales duraderos:** El uso de materiales como acero galvanizado, aluminio estructural y polímeros reforzados asegura una mayor resistencia y durabilidad, disminuyendo la necesidad de reemplazo frecuente.
- **Diseño adaptativo:** Los perfiles diseñados con geometrías específicas permiten una distribución eficiente de las cargas, reduciendo el desgaste en las estructuras y prolongando su vida útil.

3. Reducción de Costos de Mantenimiento

- **Menor frecuencia de inspecciones:** Los sistemas de anclaje validados bajo condiciones extremas requieren menos mantenimiento preventivo, lo que reduce los costos operativos a largo plazo.
- **Prevención de daños estructurales:** Al distribuir las cargas de manera uniforme, se minimiza el impacto en las estructuras metálicas, evitando reparaciones costosas.

4. Cumplimiento Normativo

- **Evitar sanciones:** El diseño de perfiles que cumplen con regulaciones internacionales como OSHA 1926.502 y EN 795 asegura que las empresas eviten multas y sanciones por incumplimiento de normativas de seguridad.
- **Ahorros en certificaciones:** La validación técnica de los sistemas de anclaje facilita la obtención de certificaciones de seguridad, reduciendo los costos administrativos y legales.

5. Mejora en la Eficiencia Operativa

- **Instalación rápida:** Los perfiles diseñados con sistemas modulares y fáciles de instalar reducen el tiempo necesario para su implementación, disminuyendo los costos de mano de obra.
- **Versatilidad en aplicaciones:** La posibilidad de utilizar los mismos perfiles en diferentes proyectos evita la necesidad de adquirir sistemas específicos para cada obra.

6. Impacto Positivo en la Reputación

- **Aumento de contratos:** La adopción de medidas de seguridad avanzadas mejora la percepción de la empresa en el mercado, atrayendo más clientes y proyectos.

- **Fidelización de trabajadores:** Un entorno laboral seguro reduce la rotación de personal, disminuyendo los costos asociados al reclutamiento y capacitación.

Conclusión

El diseño optimizado de perfiles de anclaje no solo mejora la seguridad en el trabajo en altura, sino que también representa una inversión estratégica para las empresas de construcción. Los ahorros derivados de la reducción de accidentes, la optimización de materiales y procesos, y el cumplimiento normativo contribuyen a un modelo de negocio más sostenible y rentable. Además, estos sistemas fortalecen la reputación corporativa y promueven un entorno laboral más seguro y eficiente.

Capítulo IV

CONCLUSIONES

- Se concluye que las deficiencias más críticas en seguridad para trabajos en altura en el sector de la construcción metálica se concentran en la falta de capacitación del personal, la ausencia de puntos de anclaje fijos y el uso de procedimientos no estandarizados. Este diagnóstico, validado mediante el análisis de Pareto, justificó la necesidad de una solución técnica integral como la propuesta en este estudio.
- Se concluye que el análisis de las normativas internacionales OSHA 1926.502 y EN 795 fue fundamental para definir los requisitos no negociables para los perfiles de anclaje. Se establecieron parámetros clave de diseño, como la capacidad de carga mínima de 22 kN (5,000 libras), la selección de materiales con alta resistencia a la fluencia (como el acero ASTM A36) y la necesidad de tratamientos contra la corrosión para garantizar la durabilidad.
- Se concluye que no existe una única solución universal. En su lugar, se especificaron cuatro perfiles de anclaje técnica y económicamente viables, cada uno optimizado para un escenario distinto: el Perfil Tipo 1 (soldado) para instalaciones permanentes, el Tipo 2 (abrazadera) para trabajos temporales en vigas, el Tipo 3 (poste) para cubiertas metálicas y el Tipo 4 (contrapeso) para superficies no perforables.
- Se concluye con éxito la creación de un manual de procedimientos estandarizados que detalla la correcta instalación, uso y mantenimiento de cada perfil de anclaje seleccionado. Este manual incluye, además, las especificaciones del Equipamiento de Protección Personal (EPP) compatible,

constituyendo una herramienta práctica y aplicable para reducir el riesgo de error humano y mejorar la seguridad en campo.

RECOMENDACIONES

- A partir del diagnóstico de deficiencias, se recomienda a las empresas del sector implementar un programa piloto utilizando el sistema de selección y los procedimientos aquí desarrollados. Este programa debe priorizar la capacitación práctica del personal, abordando directamente la causa raíz de la siniestralidad identificada.
- Basado en los criterios técnicos establecidos, se recomienda formalizar la adopción de las normativas OSHA y EN 795 como estándar interno en las empresas. Esto puede lograrse mediante la creación de listas de verificación (checklists) de seguridad basadas en estas normas, que deberán ser aplicadas obligatoriamente antes del inicio de cualquier trabajo en altura.
- Considerando la especificidad de cada solución de anclaje, se recomienda difundir el conocimiento de este estudio mediante una "Guía Rápida de Selección de Anclajes" para supervisores y jefes de seguridad. Este documento simplificado, extraído del Capítulo III, facilitará la toma de decisiones en campo, asegurando que siempre se utilice el anclaje correcto para la tarea correcta.
- En vista de la utilidad del manual de procedimientos elaborado, se recomienda integrar dicho manual como parte obligatoria de la inducción de seguridad para todo el personal que realice trabajos en altura. Además, se debe establecer un mecanismo de revisión anual para actualizar los procedimientos con base

en la experiencia en campo y la evolución de las tecnologías, fomentando así un ciclo de mejora continua.

BIBLIOGRAFIA

- Acero Center. (17 de junio de 2024). *3 medidas que debes tomar en 2024*. Seguridad industrial en obra.: <https://acerocenter.com.ec/seguridad-industrial-en-obra-3-medidas-que-debes-tomar/>
- Administrador . (31 de diciembre de 2013). *SatirNet Safety*. Trabajo en Alturas: <https://www.satirnet.com/satirnet/2013/12/31/trabajo-en-alturas/>
- American National Standards Institute. (2016). *The Fall Protection Code - American National Standard for Personal Fall Protection Systems - Safety Requirements for Personal Fall Arrest Systems, Subsystems and Components*. American Society of Safety Professionals.
- American Society for Testing and Materials. (2017). *Standard Specification for Zinc (Hot-Dip Galvanized) Coatings on Iron and Steel Products*. West Conshohocken, PA: *ASTM International*. ASTM International.
- American Welding Society. (2020). *Structural Welding Code - Steel*. Miami. FL: American Welding Society.
- Dropbox. (05 de mayo de 2025). *El ciclo PHVA: una guía para la mejora continua*. <https://www.dropbox.com/es/resources/pdca>
- Escuela Colombiana de Ingeniería. (2023). *TRABAJO EN ALTURA PROTOCOLO*. Colombia : Edision 2009-2.
- European Committee for Standardization. (2012). *Protection against falls from a height - Anchor devices - Requirements and testing*. . Brussels: CEN.
- Fernández, J. (2019). Optimización en el diseño de perfiles de anclaje para estructuras metálicas. *Ingenieria Civil*, 25 (3), 55-71.

- García & Torres. (2020). *Ingeniería estructural aplicada a anclajes metálicos*. Técnica Avanzada.
- Gómez & Ramírez. (2022). Análisis estructural de sistemas de anclaje en construcción metálica. *Revista de Ingeniería Civil*, 18(2), 45-67.
- INEC, I. (2020). *Informe anual de seguridad laboral en el sector de la construcción en Ecuador*.
- ISO. (2018). Norma EN 795: Dispositivos de anclaje para trajes en altura. *Occupational Safety and Health Administration* .
- ISO, I. (2019). *Safety Requirements for Fall Protection Anchors*. International Organization for Standardization(ISO) ISO 14567:2019.
- Martínez, A. (2021). Evaluación de la resistencia de sistemas de anclaje mediante simulaciones en ANSYS y SAP2000. *Seguridad industrial*, 89-102.
- Martínez, C. (2019). *Materiales metálicos para construcción y seguridad industrial*. Industriales.
- OIT, O. (2021). *Estadísticas globales sobre seguridad laboral en construcción*.
- Osha. (2015). *Protección Contra caídas en construcción* . LWSC.
- OSHA, O. (2019). Norma 1926.502: Requisitos en trabajos en altura. *Departamento de Trabajo de EE.UU*.
- Ruiz, P. (2022). Vibraciones en estructuras metálicas y su impacto en anclajes de seguridad*. *Revista de Ingeniería Industrial* , 34 (2), 45-60.
- Seguridadconstruccion. (24 de febrero de 2013). *roblemática del uso de E.P.I. contra caídas de altura en obras de construcción*. Seguridadconstruccion.com.:

<https://seguridadconstruccion.wordpress.com/2013/02/24/problematika-del-uso-de-e-p-i-contra-caidas-de-altura-en-obras-de-construccion/>

Smith & Jones, B. (2021). *Structural Analysis and Load Distribution in Metal Frameworks. Engineering Press.*

TAGLINE SOLUCIONES. (25 de marzo de 2024). *Estadísticas de accidentes laborales en Ecuador. Accidentes Laborales:* <https://tagline-soluciones.com/accidentes-laborales/#:~:text=Total%20de%20Accidentes%3A%20En%202023,hacia%20o%20desde%20el%20trabajo.>

TAlturasSO. (5 de junio de 2024). TAlturasSO.: <https://formacionespecializadadesantander.com/TAlturasSO/>

UNIR. (15 de noviembre de 2024). *La reingeniería de procesos en el mundo empresarial. De Redacción de la Universidad Internacional de la Rioja:* <https://www.unir.net/revista/empresa/reingenieria-procesos/#:~:text=La%20reingenier%C3%ADa%20de%20procesos%20es,transformar%20desde%20cero%20una%20empresa.>

ANEXOS

Anexo 1 Catálogos y Fichas Técnicas de Equipos de Protección Personal (EPP)

1. KONG Safety (Italia)

- **Página principal del catálogo profesional:**
 - <https://www.kong.it/es/>
- **Equipos de esta marca referenciados en el estudio:**
 - Casco HERO
 - Arnés SPARTA
 - Elemento Anticaídas SCAFFOLD DUO
 - Elemento de Posicionamiento (ej. Lizard Plus)
 - Casco POP
 - Arnés BIA
 - Arnés IRIS
 - Sistema Anticaídas Retráctil FALL BLOCK
 - Anclaje de Apoyo (ej. Bandy)

2. IRUDEK (España)

- **Página principal:**
 - <https://www.irudek.com/es/>
- **Equipo de esta marca referenciado en el estudio:**
 - Elemento Anticaídas DOUBLE SICUROPE

3. SKYLOTEC (Alemania)

- **Página principal:**
 - <https://www.skylotec.com/>
- **Equipo de esta marca referenciado en el estudio:**
 - Arnés con certificación ANSI (ej. IGNITE PROTON)

4. Fuentes de Consulta Adicionales

- **Catálogo General de Petzl (Francia):**
 - <https://www.petzl.com/ES/es/profesional>
- **Catálogo General de MSA Safety (EE. UU.):**
 - <https://es.msasafety.com/Protección-contra-caídas/c/10>

Anexo 2 Aprobación de abstract departamento de idiomas

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTY OF ENGINEERING

Industrial Engineering

AUTHOR: ALVAREZ MONTALVO ANGELICA

TUTOR: RON VALENZUELA PABLO ELICIO

ABSTRACT

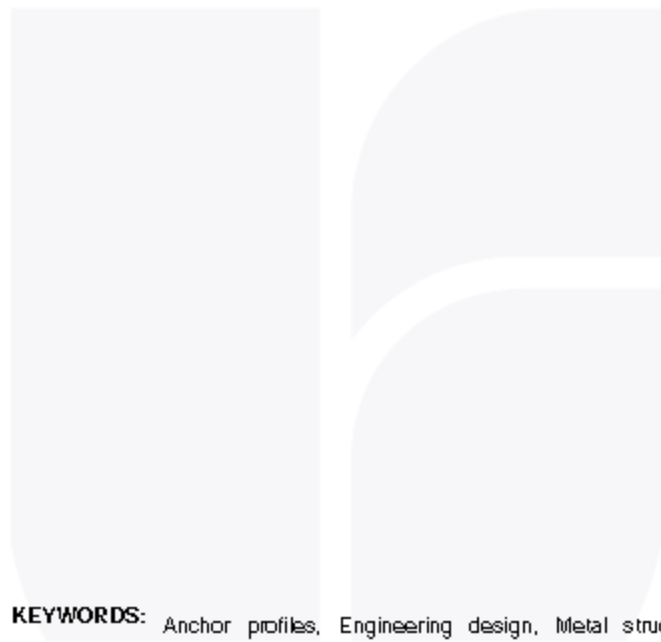
DESIGN OF ANCHOR PROFILES FOR WORK AT HEIGHT IN THE CONSTRUCTION OF STEEL STRUCTURES.

The main objective of this research is to design anchor profiles for working at height in the construction of steel structures, aiming to reduce occupational risks and comply with international safety standards. In the construction industry, falls from height represent one of the main causes of accidents, highlighting the necessity to develop efficient, resistant, and certified anchorage systems. A diagnostic was carried out three companies in the metalworking sector, identifying common deficiencies: absence of certified fixed anchors, use of unvalidated materials, lack of standardized procedures, and insufficient staff training. These shortcomings have a direct impact on worker safety and operational costs. Based on this assessment, a comprehensive operational model was developed, encompassing the technical design of anchors, the drafting of plans, installation procedures, personnel training, and mandatory use of personal protective equipment (PPE). Following a comparative analysis of materials, ASTM A36 structural steel was selected due to its high strength, good weldability, and cost-effectiveness, complemented by galvanization to enhance durability. The study proposes four types of anchor profiles: welded base plate, beam clamp, roof post, and portable counterweight, all validated according to OSHA 1926.502 and EN 795 standards, with a minimum load capacity of 22 kN. The results demonstrate that implementing these profiles significantly reduces accident rates, optimizes maintenance costs, and strengthens the industrial safety culture. In conclusion, the technical design of standardized anchor profiles constitutes a practical, safe, and sustainable solution for

KEYWORDS: Anchor profiles, Engineering design, Metal structures, Occupational safety, Work at height.



improving working conditions in the construction of steel structures.



KEYWORDS: Anchor profiles, Engineering design, Metal structures, Occupational safety, Work at height.

