



Serie Proyectos de Investigación e Innovación

Superintendencia de Seguridad Social
Santiago - Chile

INFORME FINAL
ESTUDIO DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN EN FACHADAS Y VANOS, PARA
PROYECTOS EN CONSTRUCCIÓN: EDIFICACIÓN EN ALTURA, MONTAJES Y
VIVIENDAS EN EXTENSIÓN

Claudia Valderrama Ulloa
2022





SUPERINTENDENCIA DE SEGURIDAD SOCIAL

SUPERINTENDENCE OF SOCIAL SECURITY

La serie Proyectos de Investigación e Innovación corresponde a una línea de publicaciones de la Superintendencia de Seguridad Social, que tiene por objetivo divulgar los trabajos de investigación e innovación en Prevención de Accidentes y Enfermedades del Trabajo financiados por los recursos del Seguro Social de la Ley 16.744.

Los trabajos aquí publicados son los informes finales y están disponibles para su conocimiento y uso. Los contenidos, análisis y conclusiones expresados son de exclusiva responsabilidad de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente la opinión de la Superintendencia de Seguridad Social.

Si requiere de mayor información, sobre el estudio o proyecto escriba a: investigaciones@suseso.cl.

Si desea conocer otras publicaciones, artículos de investigación y proyectos de la Superintendencia de Seguridad Social, visite nuestro sitio web: www.suseso.cl.

The Research and Innovation Projects series corresponds to a line of publications of the Superintendence of Social Security, which aims to disseminate the research and innovation work in the Prevention of Occupational Accidents and Illnesses financed by the resources of Law Insurance 16,744.

The papers published here are the final reports and are available for your knowledge and use. The content, analysis and conclusions are solely the responsibility of the author (s), and do not necessarily reflect the opinion of the Superintendence of Social Security.

For further information, please write to: investigaciones@suseso.cl.

For other publications, research papers and projects of the Superintendence of Social Security, please visit our website: www.suseso.cl.

Superintendencia de Seguridad Social
Huérfanos 1376
Santiago, Chile.

INFORME FINAL



**ESTUDIO DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN
EN FACHADAS Y VANOS, PARA
PROYECTOS EN CONSTRUCCIÓN:
EDIFICACIÓN EN ALTURA, MONTAJES Y
VIVIENDAS EN EXTENSIÓN
Código ACHS 248-2020**

30/05/2022

Ejecutor:

Pontificia Universidad Católica de Chile

Investigador Responsable

Claudia Valderrama-Ulloa

Co-investigadores Ximena Ferrada (UDD) Alfredo Serpell (UDD)

Contraparte Técnica

Rodrigo Barahona Muñoz

Este trabajo fue seleccionado en la Convocatoria de Proyectos de Investigación e Innovación en Prevención de Accidentes y Enfermedades Profesionales (2020) de la Superintendencia de Seguridad Social (Chile) y fue financiado por la Asociación Chilena de Seguridad, con recursos del Seguro Social de la Ley N° 16.744 de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales.

RESUMEN

Las caídas desde altura, que en Chile representan el 32% del total de accidentes fatales, tienen un impacto relevante no solo para los trabajadores que las sufren, sino para sus familias, empleadores y la sociedad, dado que en muchos casos provocan lesiones graves e incluso fatales. Con relación a los sistemas de protección colectivos de caídas, sólo se cuenta con requisitos generales para redes y pantallas de seguridad. Así, este proyecto busca definir cuáles deben ser los estándares mínimos que deben cumplir los sistemas de protección perimetral en obras de construcción en altura (tanto para sistemas de borde, barandas, por tipo de redes y tipos de pantallas), para disminuir los riesgos de accidentes de los trabajadores. Para ello se realizará un análisis documental de normas extranjeras y fichas técnicas, entrevistas semi estructuradas a empresas proveedoras nacionales e internacionales de sistemas de protección de fachadas y vanos y a encargados de obras/proyectos que hayan desarrollado sistemas de protección de fachada, así como una visita tecnológica internacional. Esta información permitirá desarrollar una prenorma que incluya las materias necesarias respecto al uso de sistemas de protección perimetral, identificando los estándares mínimos que debe contener.

Palabras claves: seguridad, prenorma, caídas, protección perimetral, barandas, redes

Contenido

1. JUSTIFICACIÓN Y PROBLEMA	6
Pregunta de investigación	7
2. OBJETIVOS	7
3. RESULTADOS PARA SISTEMAS PROVISIONALES DE PROTECCIÓN DE VANOS INTERIORES Y/O EXTERIORES PERIMETRALES	8
3.1 Análisis de sistemas de protección perimetral para fachadas y vanos más utilizados en empresas, nacionales e internacionales	8
3.1.1 Levantamiento de información nacional e internacional en relación con manuales o fichas técnicas	9
3.1.2 Levantamiento de información por medio de entrevistas a empresas proveedoras	13
3.1.3 Levantamiento de información nacional e internacional sobre requisitos estructurales en el uso de soluciones de protección perimetral	16
3.2 Establecer diferencias técnicas entre soluciones de protección perimetral de proveedores nacionales e internacionales y las desarrolladas por las empresas constructoras en sus obras	17
3.2.1 Recolección de tipos de sistemas de protección existentes en el mercado nacional e internacional	17
3.2.2 Levantamiento de información por medio de entrevistas semi-estructuradas a profesionales de obras/proyectos que hayan desarrollado sistemas y soluciones de protección de fachada distintas de las que ofrece el mercado nacional o internacional	21
3.2.3 Ordenamiento y agrupamiento de los tipos de sistemas de acuerdo con las características encontradas	24
3.3 Establecer mejoras o soluciones a los sistemas de protección perimetral de acuerdo con la metodología constructiva nacional	27
3.3.1 Realización de un listado de tipologías de construcción más utilizadas en proyectos en altura	27
3.3.2 Identificación de zonas, fuentes o elementos que necesitan ser resguardados con sistemas de protección anticaídas	29
3.3.3 Soluciones ad-hoc a tipos de proyectos y fuentes de peligros	34
3.3.4 Recomendaciones estructurales de los sistemas de protección	43
3.4 Marco regulatorio en materia de protección perimetral en obras de construcción	47
4. RESULTADOS PARA SISTEMAS PROVISIONALES DE PROTECCIÓN DE CONTORNO (REDES Y/O PANTALLAS)	49
4.1 Análisis de los sistemas y soluciones de protección de contorno de borde más utilizados en empresas, nacionales e internacionales	50
4.1.1 Levantamiento de información por medio de entrevistas a empresas proveedoras	50

4.1.2	Levantamiento de información normativa	51
4.2	Diferencias técnicas entre soluciones de protección de contorno perimetral de proveedores nacionales e internacionales y las desarrolladas por las empresas constructoras en sus obras	59
4.2.1	Recolección de tipos de sistemas provisionales de protección de contorno perimetral existentes en el mercado nacional e internacional	59
4.2.2	Levantamiento de información por medio de entrevistas semi-estructuradas profesionales de obras que utilicen sistema de protección provisional de contorno perimetral	64
4.2.3	Ordenamiento y agrupamiento de los tipos de sistemas provisional de protección de contorno perimetral	64
4.3	Recomendaciones estructurales de los sistemas provisionales de protección de contorno perimetral	66
4.4	Identificación de materias necesarias a incorporar en una prenorma para sistemas provisionales de protección de contorno perimetral	69
5.	VALIDACIÓN DEL CONTENIDO TÉCNICO DE LAS PRENORMAS DESARROLLADAS	70
	CONCLUSIONES	70
	REFERENCIAS	70
	ANEXOS	70

1. JUSTIFICACIÓN Y PROBLEMA

Se considera que las caídas plantean costos para los trabajadores, sus familias, empleadores y la sociedad. Las consecuencias de una caída considerando costos indirectos, directos, pérdida de productividad y el dolor de la familia hacen casi imposible una estimación monetaria (Dong et al., 2009), sobre todo considerando que las caídas desde altura provocan consecuencias en la salud de los trabajadores que muchas veces pueden ser graves e incluso fatales. Las causas de estas caídas son variadas: falta de control de la jefatura directa, irresponsabilidad o errores del trabajador, falta o indebidos sistemas de protección de caídas (colectivos o individuales), entre otras. Si bien es cierto que en el 2019 la tasa de mortalidad por accidentes del trabajo disminuyó en comparación a los últimos 5 años, ese año se registraron 197 accidentes fatales. Para el caso del sector construcción, la disminución fue de un 6% (54% en comparación al 2010), siendo las caídas de distinto nivel el 32% del total de accidentes fatales (SUSESO, 2020).

Dentro de los sistemas de protección de caídas existen 3 grupos: 1) los de protección individual como el arnés; 2) los que limitan la caída libre como la línea de vida; 3) los que impiden las caídas o protecciones colectivas, tales como barandas, pantallas o redes de seguridad. En Chile, los dos primeros grupos (protección individual y los que limitan las caídas) están ampliamente normados a través de distintas normas ISO (N°14567, N°16024) y la larga serie NCh1258 de Sistemas personales de detención de caídas (líneas de vida autorretráctiles; rieles verticales y líneas de vida verticales; estrobos y amortiguadores de impacto; o arneses para el cuerpo completo). Sin embargo, los sistemas del tercer grupo (protección perimetral colectiva), sólo cuentan con requisitos generales para redes y pantallas de seguridad (NCh2458:1999) las que requieren de una actualización debido al avance de los nuevos procesos constructivos que han aumentado las alturas máximas de los proyectos de construcción, al igual que los temas normativos para las barandas o protecciones de bordes.

Este es un tema muy relevante en el país ya que, por la escasez de terrenos de construcción debido a la extensión de las ciudades, la solución ha sido la densificación a través de la edificación en altura. Este desafío hace necesario entonces un mayor análisis, control, seguimiento y recomendaciones de uso de las protecciones perimetrales que eviten caídas desde las fachadas y vanos. Lo anterior a través de una normativa y regulaciones que respondan a estos tipos de proyectos.

Internacionalmente, estudios en Japón y Nueva Zelandia plantean la relevancia de la regulación para homologar los sistemas anticaídas y reconocen la importancia del uso de protección de bordes temporales para disminuir el riesgo de caída. Sin embargo, aún faltan evaluaciones previas sobre recomendaciones de aspectos estructurales (Escamilla, 2020). En segundo lugar, los estudios han analizado el tipo de proyectos en que los sistemas de protección se deben utilizar. Por ejemplo, en proyectos tales como reparaciones o mantenciones de edificios, se han realizado pocos estudios sobre los sistemas de protección en temas de nuevas tecnologías o capacitación del personal (Chan et al., 2008). Además, en proyectos de comercio o en proyectos pequeños en Estados Unidos, existe más vulnerabilidad a accidentes por caídas, principalmente por falta de equipo de protección de caídas o deficiencias en su uso (Kang, et al., 2017).

El aporte de este proyecto al desarrollo de normativa o regulaciones en protecciones colectivas de caídas en altura tendrá un impacto directo en la disminución o eliminación de accidentes graves o fatales a los que se exponen los trabajadores. Los resultados obtenidos en la investigación podrán implementarse en distintos rubros económicos, tales como los de construcción, minería, energía u otros que requieran en sus proyectos de protecciones colectivas anticaídas.

Pregunta de investigación

¿Cuáles deben ser los estándares mínimos que deben cumplir los sistemas de protección perimetral en obras de construcción en altura, para disminuir los riesgos de accidentes de los trabajadores? Esta pregunta, a su vez, se ha subdividido en 4 sub-preguntas:

- 1) ¿Qué modelos de protección perimetral de fachadas y vanos para obras y trabajos en altura están disponibles en el mercado nacional e internacional?,
- 2) ¿Cuáles son las diferencias técnicas entre las soluciones de protección perimetral utilizadas o necesarias en obra versus las que entregan los proveedores?,
- 3) ¿Qué mejoras requieren los actuales sistemas de protección de fachadas y vanos, de acuerdo con las metodologías constructivas actuales para obras en altura? Y
- 4) ¿Qué estándares mínimos se requieren en los sistemas de protección perimetral de fachadas y vanos para una mejor prevención de caídas en altura?

2. OBJETIVOS

Objetivo general:

Desarrollar una propuesta normativa para regular la protección perimetral en obras y trabajos en altura.

Objetivos específicos:

- 1.) Analizar los sistemas y soluciones de protección perimetral para fachadas y vanos más utilizadas en empresas, nacionales e internacionales;
- 2.) Establecer diferencias técnicas entre las soluciones de protección perimetral de los proveedores nacionales e internacionales y las utilizadas por las empresas constructoras en sus obras;
- 3.) Establecer mejoras o soluciones a los sistemas de protección perimetral de acuerdo con las brechas detectadas y la metodología constructiva nacional; y
- 4.) Proponer un marco regulatorio con alcances y estándares mínimos en materia de protección perimetral en obras de construcción en altura.

3. RESULTADOS PARA SISTEMAS PROVISIONALES DE PROTECCIÓN DE VANOS INTERIORES Y/O EXTERIORES PERIMETRALES

A continuación, se presentan los resultados de las actividades realizadas para el desarrollo de la propuesta de prenorma en sistemas provisionales de protección de vanos interiores y/o exteriores.

El presente capítulo se ha dividido en 4 subcapítulos:

1. Análisis de sistemas y soluciones de protección perimetral para fachadas y vanos más utilizadas en empresas nacionales e internacionales a través del levantamiento de información técnica, entrevistas con proveedores y levantamiento de información normativa sobre aspectos estructurales importantes a incluir en la prenorma.
2. Descripción de las diferencias técnicas entre soluciones de protección perimetral de proveedores nacionales e internacionales y las desarrolladas por las empresas constructoras en sus proyectos. En esta etapa se identificarán los tipos de sistemas de protección existentes en el mercado nacional, se entrevistarán a profesionales del sector construcción y se presentará un ordenamiento y agrupamiento de los tipos de sistemas de acuerdo con las características encontradas.
3. Propuesta de mejoras a soluciones a los sistemas de protección perimetral de acuerdo con la metodología constructiva nacional. Para ello se presentará una descripción de las tipologías de construcción más utilizadas en proyectos en altura, se identificarán zonas, fuentes o elementos que necesitan ser resguardados con sistemas de protección anticaídas, así se realizará una propuesta de soluciones ad-hoc a tipos de proyectos y se entregarán recomendaciones estructurales para los sistemas de protección.
4. Finalmente, con la información recopilada en las etapas anteriores se presentará el desarrollo de un borrador de pre-norma que incluye las materias necesarias respecto al uso de sistemas de protección perimetral, identificando los estándares mínimos a incorporar.

3.1 Análisis de sistemas de protección perimetral para fachadas y vanos más utilizados en empresas, nacionales e internacionales

Se entenderá el concepto de sistema de protección perimetral para fachadas y vanos a un elemento de protección que sirve para evitar la caída de personas de distintos niveles y que se ubicará principalmente en borde de losas estructurales, antes de una abertura importante como ductos de instalaciones o ascensor y en el borde de escaleras. Si no existe la losa estructural este sistema se ubica en el borde de la placa horizontal de encofrado. En obra a estos sistemas se los conoce como baranda o quitamiedo.

En este ítem se detallará los documentos relativos a información nacional e internacional para la protección de fachadas y vanos. En primera instancia se analizarán iniciativas no gubernamentales como el Programa Empresa Competitiva, Código de Buenas Prácticas en la Industria de la Construcción, Guía para el control de peligros en trabajos de altura física y Ficha de trabajo práctica del MPSC.

A nivel normativo reglamentario se analiza en profundidad la norma internacional UNE EN - 13374:2019 para protección de borde (AENOR, 2019) y la norma LWSC - OSHA Compliant Safety Training.

Finalmente se entrega una comparación de requisitos estructurales de sistemas de protección de borde.

3.1.1 Levantamiento de información nacional e internacional en relación con manuales o fichas técnicas

En el **Código de Buenas Prácticas en la Industria de la Construcción en su capítulo IV (CChC, 2011)**: Prevención de riesgos y salud ocupacional se hace alusión a ciertas medidas de seguridad (Artículos 1, 2, 5, 7, 11 y 12) que podrían extrapolarse específicamente a los artículos relacionados en el uso de sistemas de protección perimetral colectiva, tales como:

Artículo 1: Adoptar *las medidas necesarias para proteger eficazmente la vida y salud* de todos los trabajadores que participen de un Proyecto, cualquiera sea su dependencia.

Artículo 2: Otorgar *especial importancia a los sistemas de prevención de riesgos*, los cuales deberán estar detallados ampliamente en el contrato, con el objeto de que quien ejecute el encargo, pueda evaluarlos adecuadamente e, idealmente, revelar sus costos en la presentación de la propuesta o cotización.

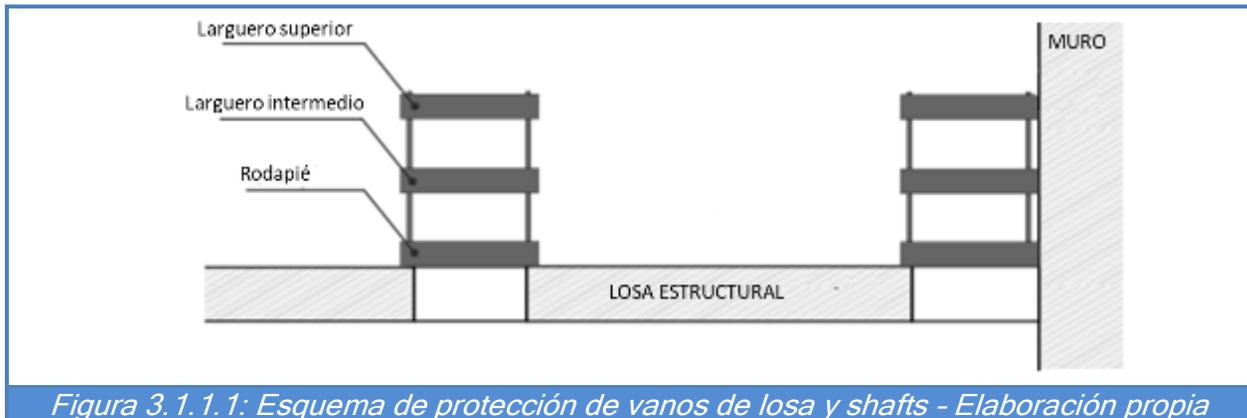
Artículo 5: Efectuar *las coordinaciones* que fueren necesarias para dar cumplimiento a las normas en materia de seguridad y salud en el trabajo.

Artículo 7: *Comunicar oportunamente a quienes trabajen en un Proyecto, las normas en materia de seguridad, prevención y salud ocupacional*, de forma tal que se conozcan y difundan estas disposiciones. Del mismo modo, se deberá poner en conocimiento de los trabajadores, *los peligros a que se exponen, por las características de sus trabajos*, los cuales serán advertidos en lugares visibles mediante afiches o señaléticas. **Artículo 11:** *Capacitar* regularmente a los trabajadores mediante cursos de prevención de riesgos de accidentes y salud ocupacional.

Artículo 12: Proporcionar a cada trabajador *las condiciones y equipos de protección personal* necesarios para la ejecución segura de sus labores.

En la **Guía para el control de peligros en trabajos de altura física** - versión mayo 2015 DPTO Desarrollo de productos y servicios de SST gerencia de seguridad y salud en el trabajo (Mutual de seguridad CChC, 2015), existe un punto específico sobre la protección de vanos de losas y/o shafts que indica las siguientes recomendaciones:

Condiciones estructurales y de materiales: Protección por medio de doble línea de largueros rígidos (de madera o metálicos), cuya resistencia asegure la retención de una persona y deberá considerar la colocación de rodapiés. En el caso de no poder implementar una doble línea de largueros rígidos, se debe usar una tapa metálica o de madera estructural que deberá resistir tránsito de personas y, traslado de material, entre otros. (Figura 3.1.1.1).



En la **Ficha de trabajo práctica del MPSC (MPSC, sf)**: protecciones estructurales en construcción - aberturas de instalaciones -pasadas de losa - cierres perimetrales - fosos - bordes de excavación, existen recomendaciones específicas sobre protecciones colectivas, las que se agrupan en los siguientes ítems:

- Definición de protecciones colectivas.
- Identificación de los riesgos asociados a vanos sin protección y/o deficiencias en protección.
- Identificación de las principales causas de los accidentes.
- Establecimiento de medidas preventivas.
- Verificación con lista de chequeo.

A nivel internacional se buscaron normativas en España, Canadá, Estados Unidos, Brasil y Australia relativas a puntos o criterios que se presentarán para protecciones provisionales de borde y sobre protección de trabajo en altura. La Tabla 3.1.1.1 muestra las principales normas que se utilizarán para el próximo análisis de criterios estructurales.

Tabla 3.1.1.1: Comparativo de normas internacionales sobre protecciones provisionales de borde y trabajos en altura – Elaboración Propia

PAÍSES	PROTECCIONES PROVISIONALES DE BORDE	PROTECCIÓN TRABAJO EN ALTURA
CHILE	NCh2458:1999: Construcción – Seguridad - Sistema de protección para trabajos en altura - Requisitos generales. (INN, 1999) * <i>Sólo cuenta con requisitos generales para redes y pantallas de seguridad, que se analizará en el Capítulo 5 de redes.</i>	La serie de normas NCh1258 de Sistemas personales de detención de caídas (líneas de vida auto-retráctiles; rieles verticales y líneas de vida verticales; estrobos y amortiguadores de impacto; o arneses para el cuerpo completo).
ESPAÑA	NTP 803: Encofrado horizontal: Protecciones colectivas (I)	NTP 816: Encofrado horizontal: protecciones individuales contra caídas de altura
CANADA	No se encuentra información	Canadian National Building Code: 4.1.10.1(1)(e), 4.1.10.1(2), 4.1.10.1(4) - Aplica en el caso que un trabajador esté expuesto al peligro de caída, cuya superficie a la que podría caer se encuentra a más de 3,0 metros por debajo de su posición.
ESTADOS UNIDOS	OSHA Regulations for Rooftop Guardrail Systems: - Guarding floor and wall openings and holes 1910.23 sf - Fall protection systems criteria and practices 1926.502 sf	No se encuentra información
BRASIL	Norma Regulatoria Brasileña NR 18 - La protección colectiva es necesario no solo cuando existe riesgo de caída sino también cuando existe riesgo de caída de material. - Esta normativa es principalmente prescriptiva, no establece requisitos de diseño. NBR 14718: Construcción de barandillas	Norma Regulatoria Brasileña NR 35 - Establece que un trabajador se encuentra en riesgo de caída si se encuentra a una altura de 2,0 metros sobre el piso inferior. - Los trabajos en altura deben ser realizados por trabajadores calificados.
AUSTRALIA	No se encuentra información	Code of Practice – Preventing Falls in Housing Construction (2012) Safe Work Australia

En la **UNE EN-13374:2013+A1:2019**: Protecciones provisionales de borde se destacan los siguientes puntos:

Esta norma entrega los requisitos de comportamiento y métodos de ensayo para los sistemas provisionales de protección de borde utilizados durante la construcción o mantenimiento de edificios y otras estructuras, en general del tipo baranda. Los ítems descritos en la norma son: una parte introductoria con el campo de aplicación de la norma, los términos y definiciones y la clasificación de los sistemas de protección de borde, luego los artículos de requisitos generales, los de cálculo y los métodos de ensayos, el grupo de artículos sobre la designación y marcado y finalmente se entregan los contenidos del manual de instrucciones y los criterios de evaluación.

Así esta norma, define un conjunto de componentes compuesto por:

- Barandilla Principal: Altura mínima a la superficie de trabajo de 1 metro.
- Barandilla Intermedia: Apertura no debe dejar pasar una esfera de más de 470 mm de diámetro
- Rodapié: Previene caída de materiales o personas fuera de la superficie. Altura mínima 150 mm. No debe dejar pasar una esfera de 20 mm entre superficie de trabajo y este elemento

Y también, define requisitos generales de materiales y sistema de protección contra corrosión: Acero, Aluminio, madera, etc. Y galvanizados, pintura.

Sobre algunas recomendaciones generales estructurales, se destacan:

- Protecciones en caso de suponer un riesgo de caída de 2,0 metros.
- Altura mínima de las barandas 90 cm, con reborde de protección, pasamanos y protección intermedia.

Pueden ser de acero, aluminio, a las que se les pide límite elástico y deformación remanente, o de madera, pero ésta debe ser contrachapada o laminar con requisito de durabilidad frente a condiciones climáticas.

El marcado debe realizarse en la barandilla, largueros, protección continua, rodapié o plinto, postes verticales y/o contrapesos y debe tener la norma de certificación, clase del sistema, nombre del fabricante, año y mes de fabricación o número de serie y los contrapesos deben estar marcado con sus pesos.

En relación con los requisitos técnicos de cálculo entregan las siguientes recomendaciones:

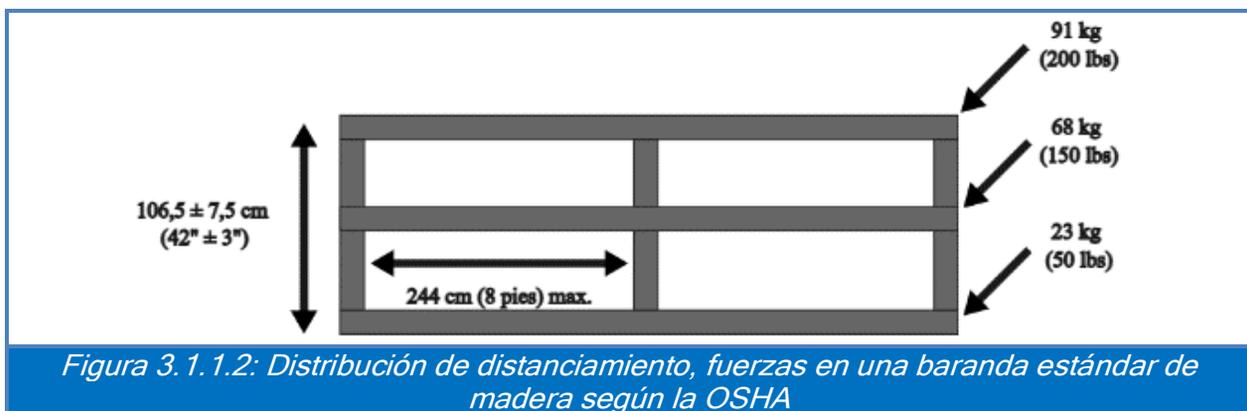
- Requisitos frente a fuerzas de tipo estático.
- Requisitos frente a fuerzas de tipo dinámico

En la **norma LWSC – OSHA Compliant Safety Training**, se dividen los sistemas de Protección contra caídas en **ACTIVOS** y **PASIVOS**

En los sistemas activos se encuentran: sistemas personales de detención de caídas, dispositivos de posicionamiento, prevención de caídas, línea de advertencias, zonas de acceso controlados, zonas controladas durante instalación de cubiertas y sistemas de monitorización de seguridad. En los sistemas pasivos se encuentran las redes de seguridad, protección contra objetos en caída, barandales, cubiertas para hoyos, análisis que se realizará en el Capítulo 5.

En los sistemas de barandas (barandales) las indicaciones son las siguientes:

- Define sistema estándar
- Deberán ser capaces de soportar una fuerza de por lo menos 200 lbs (91 kg) aplicadas dentro de 5 cm del borde superior, en cualquier dirección (según la distribución de la Figura 3.1.1.2).
- Borde superior no debe curvarse a altura menor de 1 m sobre el nivel para trabajar cuando la fuerza se aplique en dirección hacia abajo.
- Madera 2x4"; perfil ángulo estructural de 1 1/4"x1/8"; tubo acero 1x0,7", tubo aluminio 1990x0.58"
- Largueros intermedios, o cualquier elemento equivalente (malla, pieza vertical intermedia, panel) deben soportar a lo menos 150 lb (68 kg), en cualquier dirección, en cualquier punto del elemento.
- Madera 1x6"; perfil ángulo estructural de 1 1/4"x1/8"; tubo acero 1x0,7", tubo aluminio 1990x0.58"
- Rodapié debe ser capaz de resistir, sin falla, 50 libras (23 kg) aplicada en cualquier dirección a lo largo del elemento.
- Madera 2x4"; perfil ángulo estructural de 1 1/4"x1/8"; tubo acero 1x0,7", tubo aluminio 1990x0.58"
- Postes (pies derechos), distanciamiento máximo 8 pies (244 cm).
- Madera 2x4"; perfil ángulo estructural de 1 1/4"x1/8"; tubo acero 1x0,7", tubo aluminio 1990x0.58"



3.1.2 Levantamiento de información por medio de entrevistas a empresas proveedoras

A continuación, se resumen las respuestas más representativas entregadas por 4 proveedores de sistemas de protección de borde a nivel nacional

a) ¿Qué productos ofrecen en venta o en arriendo? Y si es mixto por qué esa diferenciación

Los cuatro proveedores indican que los sistemas suelen ser mixtos. Cuando las dimensiones son estándares y los proyectos pequeños, se arriendan, ya que se pueden utilizar en diferentes proyectos. Pero si las dimensiones requeridas son más bien específicas y las protecciones se deben fabricar a pedido, deben ser vendidas.

Las cuatro empresas traen productos europeos (España y Alemania) que han sido certificados allá. Lo que más se arrienda son las barandas metálicas a la que se le añade el listón de madera y, en algunas obras, la baranda metálica con malla electrosoldada que puede ir a la losa, viga o encofrado.

b) Cuando arriendan ¿Cuál es el alcance del servicio (asesoría, instalación, funcionamiento, mantenimiento y desmontaje) y si la relación es solo por venta qué servicio entregan?

Generalmente se entrega una memoria de cálculo para empresas que lo solicitan, sino los manuales de uso de proveedores.

Para soluciones especiales, se llega a un acuerdo de compra y venta en el que se realiza un modelo específico, la memoria de cálculo para ese uso y se vende, ya que después la solución no se reutilizará. Las empresas proveedoras que ofrecen productos de costos más elevados, en el servicio de arriendo le ofrecen un instructor de instalación de las barandas que se instalan en los encofrados y este instructor suele capacitar a los encofradores.

En algunas empresas el primer montaje viene con una capacitación al personal en obra y que luego se solicita periódicamente, pero se vuelve a pagar. También existe la opción de pedir personal capacitado a tiempo completo en terreno (entre 3-5 personas). Esta opción sólo se usa para grandes obras, generalmente de empresas internacionales.

En la memoria de cálculo se utilizan los planos del proyecto para determinar el largo del perímetro que se debe proteger. Con esa información se cubica la cantidad de barandas, se diseñan las EETT y se entregan las zonas en donde se deben traslapar las barandas para que no queden espacios sin proteger. Si hay arriendo hay una asesoría constante, con un supervisor y que asesora si es que se cambia de lugar.

c) ¿Qué problemas tienen durante la instalación del sistema provisional de protección? (ejemplos: geometría, tiempo, no hay afianzamientos rígidos y quedan sobrepuesto)

Los planos no siempre están apegados a la realidad, ya que cuando los proyectos están en etapas tempranas, presentan distintas modificaciones que hacen que el proyecto de ingeniería, cubicación e incluso de memoria de cálculo se debe volver a realizar.

También se indica que las solicitudes de arriendo de barandas se realizan con muy pocos días previos a que se requieran en obra y, por lo tanto, no hay tiempo de revisar en dónde se instalarán y se suele utilizar una memoria de cálculo genérica.

d) ¿En qué documento o norma se basan para recomendaciones estructurales?

Se basan en las normas europeas, debido a que sus productos son europeos y poseen esta certificación. La empresa constructora exige a veces una memoria de cálculo, pero no todas la piden, depende del proveedor
EN1263-1:2018 y DIN13374:2019.

e) ¿Cuáles son las condiciones mínimas que debe entregar la empresa constructora para que en obra se entregue un servicio de calidad?

Las condiciones que se destacan de las entrevistas son el compromiso de la empresa constructora para que los trabajadores asistan a una charla de seguridad, apoyo de parte de gerencia y área de prevención para trabajar de manera óptima (préstamo de grúas, entre otras), con disponibilidad de personal activo y entregar las condiciones necesarias de terreno y/o de obra para instalar los sistemas provisionales de protección de borde.

La importancia del estado de los planos, éstos deben estar actualizados y apegados a la realidad del proyecto, para permitir una correcta cubicación de material y confección de los sistemas de protección

f) Si existiera alguna modificación de las condiciones mínimas: ¿qué se deja de ofrecer o qué se modifica en el contrato de servicio? (cláusulas)

Lo más importante de este aspecto es que el mandante (empresa constructora) no puede cambiar las condiciones del proyecto que se utilizaron para que la empresa proveedora entregara las recomendaciones estructurales del sistema de protección de borde, ni tampoco el cambio de piezas, este aspecto repercutiría en dos consecuencias, eliminar la responsabilidad del proveedor o el cargo de los gastos asociados portener que rehacer el proyecto de protección.

Comentarios generales de las entrevistas

- Todos los parámetros estructurales utilizados para la memoria de cálculo de los sistemas se respaldan de las normas europeas, y en el caso de proyectos grandes en donde la envergadura hace que los productos sean únicos, se deben usar memorias de cálculos específicos para cada uno de esos proyectos.
- Los proyectos de dimensiones más grandes, como hospitales, entre otros, suelen estar más preocupados por la protección perimetral debido que el tiempo en que los bordes de vano o de losa quedan más tiempo expuestos y por lo tanto hay más probabilidad de caídas desde altura, además si existe un accidente fatal, se puede parar el proyecto y esto involucra mucho dinero que los mandantes no están dispuestos a perder. Esta preocupación no es la misma que existe en Europa en donde el Inspector Técnico de Obrava a obra y si existe un espacio entre los sistemas de protección, se detiene el proyecto. Como en Chile existe normativa para este sistema, las empresas constructoras sólo exigen que haya protección en el lugar donde se está trabajando y si existe un accidente en otro lugar sin protección se dice que la persona solo estaba pasando por ahí, que no estaban trabajando en ese lugar, y esto permite que reduzcan al mínimo los sistemas de seguridad.
- En términos de barandas, no hay normativa en Chile, y por este motivo se debe acompañar de una memoria de cálculo. Se advierte que no todas las empresas usan esa memoria de cálculo e incluso hay algunas empresas constructoras que no las piden.
- En el uso de barandas para ahorrar dinero y por la exigencia del rápido avance de obra, siempre habrá lugares (puntos ciegos, que además no se ve desde el exterior-calle) que no se protegen y en muchos proyectos pasa que, aunque el proveedor conozca el perímetro exacto, casi nunca se arrienda por ese total, salvo en grandes proyectos.
- En Chile no existe un procedimiento de trazabilidad luego del uso de barandas y por lo tanto se desconoce el uso y mantención que se le da posterior a la venta del producto.
- En la venta de producto la relación entre la empresa constructora y el proveedor es difícil porque como el contacto se inicia desde las etapas tempranas del proyecto, aún hay muchas preguntas técnicas que no permiten entregar el producto adecuado al proyecto
- También se indica que al mercado le hace falta un contrato de compraventa, ya que solo existe la orden de compra que no respalda al proveedor sobre el correcto uso de su producto.
- Recomiendan que siempre debe existir doble protección (baranda + red)
- Para los arreglos de la baranda arrendada el protocolo es: 1) si se entrega en buenas condiciones se reutiliza sin mayores cambios (por ejemplo, sólo sucia si se usó correctamente), 2) si tienen daños menores y si se puede, arreglar esos puntos electrosoldados (algunos soldadores tienen certificación europea) y tienen la certificación de la soldadura que va a quedar como el original y 3) si es un daño mayor se recicla.
- Hay empresas con productos no certificados internacionalmente, entonces la empresa proveedora, por cada uso de producto, entregará una memoria de cálculo para ellos protegerse.

3.1.3 Levantamiento de información nacional e internacional sobre requisitos estructurales en el uso de soluciones de protección perimetral

A continuación, se resume en la Tabla 3.1.3.1 el levantamiento de información y revisión de documentos de diseño, códigos y normativas referentes a los sistemas de protección perimetral. Este incluye los diferentes requisitos, sistemas de protección definidos, ensayos asociados, buenas prácticas y recomendaciones. En base a lo anterior, se hace mención directa a requisitos estructurales explicitados en cada norma para los sistemas citados. Por otro lado, con el fin de respaldar y complementar el buen uso, extensión de aplicaciones y vida útil de los sistemas, se exponen comentarios generales asociados a seguridad, inspecciones e información que disponen los manuales de fabricantes.

Tabla 3.1.3.1: Comparativo de normas sobre requisitos estructurales de protecciones provisionales de borde – Elaboración propia

Tema / Referencia normativa	UNE - EN 13374:2019 Sistemas provisionales de protección de borde: Protección de huecos verticales, bordes de moldajes, borde en ejecución de cubiertas, fosos grúa torre	OSHA Occupational Safety and Health Administration 29 CFR parte M - Safety and Health Regulation for Construction
Estructuras y sistemas <i>Sistemas de Seguridad especificados en Normativa</i>	Barandillas - 3 clases según uso y complejidad	Sistemas de Protección de Caídas en la Construcción Activos y Pasivos; Sistemas personales de detención de caídas, líneas de advertencias, zonas de acceso controlado, dispositivos de posicionamiento; Sistemas de Redes de Seguridad, Protección contra caída de objetos, Barandas, Cubiertas para orificios
Requisitos Estructurales <i>Definición de solicitaciones y resistencias requeridas</i>	Clase A: Sólo cargas estáticas - Persona que se apoya - 300 N Clase B: Cargas Estáticas y Cargas dinámicas leves - 1100 J Clase C: Cargas dinámicas elevadas - 2200 J	Barandas: Estructuración; Estándar y definición de aplicación de fuerzas (magnitud y dirección) a resistir en componentes de la baranda. Deflexión máxima de componente superior de baranda
Requisitos y Características Generales especificadas <i>asociadas a seguridad funcional de elementos</i>	Define Materiales y requisitos de estructuración de barandillas.	Distancia máxima por debajo de nivel de trabajo - 9m Perfil de acero o madera especificado. Distanciamiento máximo de elementos verticales.
Comentarios <i>Análisis generales asociados a restricciones, recomendaciones e inspecciones</i>	No hace alusión	Inspecciones periódicas Requiere persona calificada para diseño, instalación y uso.

Algunas recomendaciones sobre aspectos técnicos o de obra que debería cumplir el contexto normativo nacional de los sistemas de protección anticaídas, en función a la revisión realizada a las normas internacionales:

- Evitar la reutilización de productos sin garantizar los niveles mínimos de resistencia, lo que se podría evitar con un documento que certifique su cantidad de uso
- Rechazar productos que no vienen acompañados de la documentación técnica obligatoria o el contenido de ésta es insuficiente, sin que se contemplen los criterios técnicos y de instalación de estos productos.
Si el servicio es externalizado (arriendo) al menos debería existir un manual de uso que se entregue en el arriendo del producto con criterios técnicos y recomendaciones de instalación claros.
- Mejorar y documentar con suficiente información y descripción los planes de seguridad o planes de aseguramiento de calidad en obra en los que se indique claramente los criterios empleados para la selección del medio de protección de borde, así como también recomendaciones de procedimientos de montaje seguro y planteamiento de medidas preventivas durante las operaciones de desmontaje.
- Entregar procedimientos claros para asegurar la estabilidad o solidez de los elementos de soporte y el buen estado de los sistemas de protección que permitan verificar previamente su uso, de forma periódica, cada vez que las condiciones de seguridad puedan resultar afectadas por alguna modificación y luego de periodos de no utilización prolongada.
- Siempre contar con soluciones mixtas de protección y saber en qué momento se realizará el traslape o reemplazo; ejemplo, cuando se retire una red, se debe contar siempre con solución de borde (barandas).

3.2 Establecer diferencias técnicas entre soluciones de protección perimetral de proveedores nacionales e internacionales y las desarrolladas por las empresas constructoras en sus obras

En este capítulo se presentan las características de los principales de sistemas provisionales de protección de vanos interiores y exteriores perimetrales presentes en el mercado nacional. Se entrevistó a profesionales de obras de construcción para entender cómo se utilizan estos sistemas y qué aspectos se podrían mejorar. Posteriormente se entrega un levantamiento de sistemas provisionales realizados *in situ* en donde se analiza la solución junto con aspectos positivos y negativos.

3.2.1 Recolección de tipos de sistemas de protección existentes en el mercado nacional e internacional

En esta descripción se realiza un levantamiento de los principales proveedores nacionales e internacionales que entregan soluciones de baranda de protección de borde.

La siguiente Tabla 3.2.1.1 señala los resultados obtenidos de la búsqueda de proveedores de sistemas de protección colectiva tipo baranda. En la búsqueda de sus requerimientos varias de las empresas señalan en su página el cumplimiento normativo basándose en normativas españolas.

Protección colectiva	Cantidad de proveedores	Principales empresas	Modelos
Barandas	7	Barseg, Metal Red, Heko, 3M, HOHE ESPAC,ISCHEBECK, DASCO	Metálicas, Plásticas, Tablones de madera

De la búsqueda realizada se destaca la siguiente información:

- En el caso de barandas, el modelo predominante son perfiles de acero o complementadas con madera (Figura 3.2.1.1). Las especificaciones señalan dimensiones variables; alturas de 1,0 a 1,5 m, largos 0,5 a 2,5m y anchos 0,4 m.

Sus uniones a la estructura pueden ser simplemente apoyadas, arriostradas o ancladas. En la siguiente imagen se visualizan dos soluciones presentes en el mercado que permite uniones de hasta 45° y por lo tanto permite que una tabla de 1x5” o 1x6” se inserten en cualquier dirección. Pero también dependiendo de los conectores de esta baranda (Figura 3.2.1.3) es posible agregar estructura metálica completa en forma de grilla o en placa. Y al igual que madera también perfiles metálicos. Los Sistema de Protección Lateral XP - DOKA se pueden utilizar para fin de losas ya hormigonadas y también anexadas a los sistemas de encofrados ya existentes. Sus recomendaciones de factores de cálculo son $\gamma_F = 1,5 / \cdot \gamma_M$, madera = $1,3 / \cdot \gamma_M$, acero = $1,1$ y $k_{mod} = 0,9$.

- Para el caso de ULMA cuenta con barandas de seguridad, adaptables a bordes complejos y a superficies horizontales o inclinadas, el material predominante es acero, recubierto de resinas de poliéster. Acorde a Norma EN13374:2019, posee esquinas reforzadas, de geometría suave y también poseen barandillas con rodapié.



Figura 3.2.1.1: Baranda ULMA

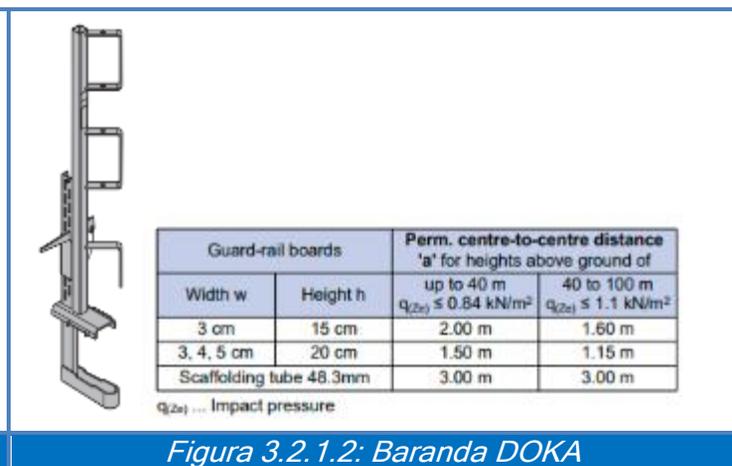
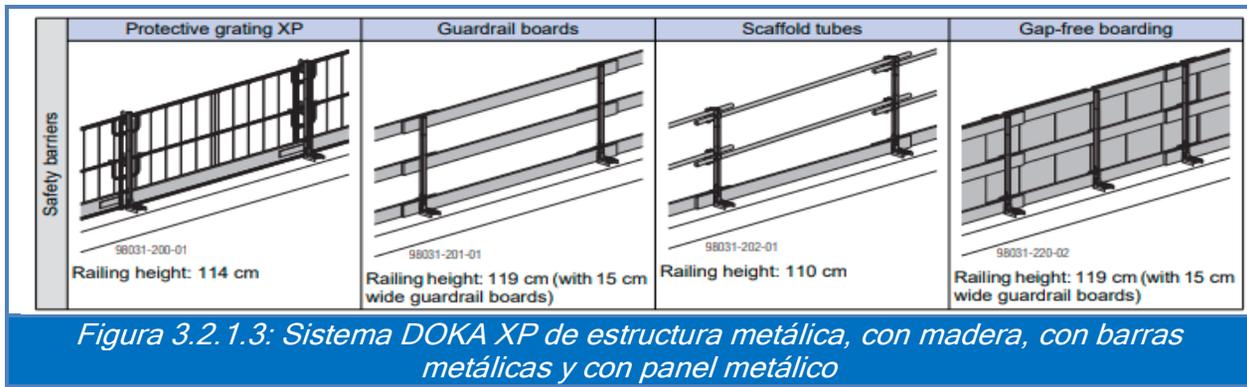


Figura 3.2.1.2: Baranda DOKA



- En la empresa ESPAC existen una baranda (Figura 3.2.1.4) de seguridad estándar con soporte de acero con opción de rodapié, adaptable a distintos espesores de losas y vigas, posee una terminación en pintura electroestática y zincado. Utilizada en borde losa y en huecos de interior de construcciones. Sus características son: ancho de vigas máximo 250 mm, altura de 1 m, Largos 0,5 – 1 – 1,5 m, regulación máxima 40 cm, con pesos que fluctúan de 6,39 kg para barandas pintadas y de 6,99 kg barandas zincadas.



- En 3M se pueden encontrar barandas de seguridad con configuraciones adaptables, tipo modular. Su principal componente es el acero, resistentes al montaje y a la acción del ambiente. Y posee acabados en resinas, o galvanizados.
- En ISCHEBECK existen barandas de seguridad protegidas con protección de aluminio, basados en la norma DIN EN 13374:2019 clase A. La baranda se compone de la estructura de seguridad estándar y el soporte de aluminio. Las utilizan como protección de bordes en losa y uso en huecos de interior de construcciones y para posibles usos sobre alturas de hasta 100 m sobre nivel del suelo.

- En DASCO las barandas de seguridad poseen protección de aluminio y son adaptables a distintos espesores de losas o vigas. Estas se componen de una baranda de seguridad estándar y el soporte baranda de 6 kg. Recomienda una separación máxima entre barandas de 1,5 m.
- HOHE comercializa barandas de seguridad y también son adaptables a distintos espesores de losas (máximo 40 cm) o vigas. Sus barandas poseen 2 componentes: baranda de seguridad estándar+ soporte baranda con pasadores para madera o compatible con malla de seguridad.

También se encontraron las siguientes innovaciones en barandas perimetrales que entregan una fácil y rápida instalación, realizada por sólo un trabajador como la Figura 3.2.1.5.



También permite proteger los vanos de edificaciones de gran altura. Uno de los aspectos más favorables es su flexibilidad dado que un mismo tipo de baranda logra proteger los vanos perimetrales, vanos interiores, fosos de ascensores y shafts como lo que se observa en la Figura 3.2.1.6.



Figura 3.2.1.6: Barandas de protección para distintos usos - Fuente: Smart Edge DOKA

3.2.2 Levantamiento de información por medio de entrevistas semi-estructuradas a profesionales de obras/proyectos que hayan desarrollado sistemas y soluciones de protección de fachada distintas de las que ofrece el mercado nacional o internacional

Para realizar el levantamiento de información se realizaron entrevistas semiestructuradas con preguntas del tipo: 1) en qué tareas o elementos se utilizan los sistemas de protección y cómo se utilizan, 2) opciones de adquisición y responsables, y 3) mejoras a realizar a los sistemas.

Para ello se contactó a profesionales de terreno que trabajan en edificios en altura (habitacionales y no habitacionales) y viviendas en extensión. Se contactó a 24 empresas constructoras, pero sólo 9 respondieron.

a) En qué tareas o elementos se utilizan los sistemas de protección y cómo se utilizan

Edificios en altura: se protege ascensor, algunos shaft, vanos o límites de estructura, es decir, fin de losa, vanos con vigas invertidas para ventanales o balcones y coronación de techumbre antes de hojalatería y cubierta.

Edificios en extensión: solo se utilizan en vanos (a veces) y es el andamio el que ayuda a reemplazar la protección de borde.

Edificios de retail o singulares: se protegen bordes de losas estructurales, zonas de escaleras de emergencia, los bordes de espacios en donde irán las escaleras mecánicas, shaft de instalaciones y borde de espacio para ascensores.

Para las soluciones de BORDES, del tipo baranda (perfiles metálicos verticales con largueros horizontales metálicos o de madera), mencionadas anteriormente, se indica que los sistemas son en su mayoría sistemas ya existentes en la empresa (se compraron) y luego se han ido reutilizando con algunas modificaciones *in situ* cuando se requieren reemplazar piezas faltantes. Sólo en el caso de grandes empresas y por tanto grandes proyectos de retail o singulares (número de pisos o superficie construida), además de contar con sistemas propios, también existe la opción de arriendo a través de leasing para que sea la empresa proveedora la que se pueda encargar después de su uso de la revisión del estado del sistema para que pueda ser reutilizado en otro proyecto.

Para las soluciones de FIN DE ESTRUCTURA o LÍMITE, el principal sistema utilizado es del tipo baranda que en el lenguaje coloquial de obra se conoce como “quitamiedo”. Algunos son largueros horizontales de madera y otros son de marco metálico con malla metálica electrosoldada utilizada durante las tareas en el encofrado de losas, enfierraduras y hormigonado (colocación, fraguado y curado); también se utilizan las barandas metálicas de perfiles verticales y largueros, los que se anclan al elemento estructural (a presión, atornilladas o clavadas), cuyos largueros se complementan con piezas de madera, con un sistema mixto con alzaprimas a las que se les instala una huincha de plástico que permite indicar el límite de borde o la opción de alzaprimas con malla Rashel o alzaprimas con cables de acero.

Durante la ejecución del revestimiento localizado en cantos de vano es el andamio el que actúa como protección de borde a la que se le instala una malla Rashel.

Para la ejecución de VANOS con antepechos (cuando el vano tiene menos de 90 cm de altura libre según los encuestado no se requiere sistema de protección de borde) se utiliza madera de 1 x 5” que se clava a los cantos verticales. Su uso no es de protección anticaídas, sino solo de marcar o delimitar ese espacio.

En la zona de ESCALERAS (uso como pasamanos) o fosos para la posterior ejecución de una escalera, la protección de la zona o cercana a la escalera se va realizando por avance, es decir cuando hay más de una cuadrilla o trabajadores que deben circular por ahí o trabajar en ese piso, ya que el material utilizado para construir la protección es, en su mayoría, material reutilizado de la obra y éste se va trasladando de lugar. En esta zona se utiliza una baranda construida *in situ* con retazos de madera a la que se le instala una huincha de seguridad. Pero por los tiempos de avance de obra, en muchos casos, no se instala nada, ya que se espera en un corto plazo la instalación de la baranda-pasamanos definitivo.

Para los SHAFT de instalaciones, los sistemas de protección de borde utilizados son instalación de Placa de OSB y en proyectos de mayor envergadura una red del tipo S.

Para los espacios de los ASCENSORES, las opciones son variadas de acuerdo con el tamaño de la empresa constructora y el sistema interno de seguridad. La placa es la solución más nombrada en formato de OSB, yeso cartón o placas metálicas del tipo zinc. También se nombran el uso de alzaprimas como limitadores, y nuevamente para grandes empresas el uso de redes.

Finalmente, para la coronación de techumbre, se repite el uso de barandas de madera o metálicas o solo perfiles verticales con huinchas de seguridad de plástico, y según la conformación de la estructura el uso de huinchas de cable de acero.

b) Opciones de adquisición y responsabilidades del proveedor

Las opciones de adquisición indicadas por los entrevistados fueron 5: 1) la fabricación in situ con el material que hay en obra y que reutilizan para proteger vanos como listones de madera o alzaprimas, 2) la compra masiva para edificación repetitiva de muchos pisos o varias torres, 3) el arriendo para algunas zonas específicas en donde la empresa proveedora lleva, retira y luego le hace mantención a su producto arrendado, 4) arriendo interno entre empresas del mismo holding, es decir la empresa constructora le arrienda a otra unidad contable que se encarga de administrar las máquinas o equipos del holding para todos sus proyectos y al igual que la figura de arriendo con proveedores externos, esta unidad lleva, retira y luego le hace mantención al producto arrendado y finalmente 5) la figura de leasing para grandes proyectos.

De acuerdo con las respuestas sobre la responsabilidad del proveedor, estos comentan que dependiendo del tipo de sistema a instalar (modulares con piezas especiales) existe la opción de que sean los proveedores los que instalan, pero en la mayoría de los casos para el caso de barandas, entregan y retiran y no participan de la instalación o inspección de lo instalado.

c) Responsables en la instalación o verificación en obra

En la mayoría de los casos es el Prevencionista de Riesgos es el que realiza la verificación en obra y si existe el caso también lo puede hacer su cuadrilla de carpinteros.

En el caso de la verificación a veces lo hace el inspector técnico de obra y él le avisa al prevencionista que proteja o revise ciertos sectores no protegidos.

d) Características destacadas por los profesionales o que requieren una mejora

- Los sistemas de protección artesanales son muy flexibles para las singularidades del edificio y para el avance del proyecto.
- En general se repite el uso de barandas con perfiles metálicos modificados, ya que los largueros suelen perderse en obra y es fácil y rápido completar el sistema con largueros de madera, en su mayoría retazos.
- Cuando se consulta por elección de un sistema u otro, descartando el precio, las características que se priorizan son el peso del sistema, facilidad de modularización y de configuración y los tiempos de horas hombres que se requieren para hacer los cambios o traslados.
- Aspectos destacados para mejorar: cómo evitar el tiempo de deterioros y mejoras en los tipos de fijación que puedan ser más estándar o que abarque a sistemas que no requieran de cierto ancho o espacio.
- Sobre lo que debe ser estandarizado, destaca la necesidad de características estructurales y arquitectónicas que permitan un uso repetitivo del sistema de protección.
- Se propone y se sugiere que, si los sistemas de protección son utilizados en edificios sobre 4 pisos, los sistemas sean certificados.
- Que el mercado presente más opciones para uniones singulares o proyectos especiales.

3.2.3 Ordenamiento y agrupamiento de los tipos de sistemas de acuerdo con las características encontradas

En base al levantamiento de información realizado en proyectos de construcción a continuación se entregan distintas soluciones de sistemas de protección provisionales de borde para fachadas y vanos para evitar caídas. Esta información servirá posteriormente para identificar los sistemas utilizados más representativos del mercado nacional para luego realizar modelos de cálculo que se entregarán como parte de este estudio.

	<p>Tablones de madera 1" x 5" clavadas Usos: vanos de ventanas y baranda de escaleras Defectos: no es un sistema resistente y solo delimita bordes</p> <p>En la imagen, es posible observar un sistema informal de protección por medio de maderas que "avisan" de una posible caída, pero en la misma imagen se observa la ausencia de algún sistema en los pisos superiores. Esta imagen entrega un ejemplo claro de que por privilegiar el avance de obra, se deja de lado la seguridad.</p>
	<p>En la imagen se observa que por avance de obra se olvidan los sistemas de protección, tanto antes de finalizar la baranda de protección definitiva o en los pisos superiores a nivel de vanos descubiertos.</p>
	<p>Sistema en base de largueros de tablones de madera 1" x 5" clavadas en cantos verticales con limitadores de alzaprima simplemente arriostradas Usos: vanos de ventanas y ventanales (losa de piso y cielo) Defectos: no es un sistema resistente, solo delimita bordes y el esfuerzo se le traspassa al alzaprimado. También en la zona de coronamiento de techumbre se observa un sistema continuo de una baranda modular metálica entrelazada con malla metálica electrosoldada</p>
	<p>En el coronamiento de la techumbre de este proyecto se puede observar el sistema tipo baranda metálica con malla electrosoldada y anclaje tipo presión en la viga invertida. Lo destacable de esta instalación es la solución de continuidad que se le da a la protección.</p>
	<p>Sistema de marco de tablones de madera 1" x 5" clavadas en pies derechos y cerrados con malla Rashel. Usos: vanos de ventanas, terrazas y ventanales Defectos: no es un sistema resistente, solo delimita bordes y al usar el soporte de la malla Rashel ésta solo serviría para detener riesgo de caídas de material liviano.</p>



Protección mixta de cables de alambres anclados con tarugo y segunda protección de barandas con perfiles verticales y largueros horizontales metálicos.

Usos: vanos de ventanas, terrazas y ventanales

Desventaja: el tipo de arriostamiento de la baranda y la fuerza resistente del anclaje del cable es el factor principal que permitirían detener la caída.



Baranda arriestrada en viga

Uso cierre de terrazas y coronación de techumbres

Defectos: este sistema se limita a su ancho y por tanto no se alcanza a proteger todo el perímetro del balcón.



Modelo de baranda metálica en que los perfiles verticales se pueden arriostar de losa de piso a cielo

Uso: cierres de ventanales

Defectos: el esfuerzo lo recibe el torque del pilar vertical metálico.



En esta imagen se observa un sistema mixto de protección, es decir el sistema de baranda de madera que ha sido instalado hacia el interior del vano y por el lado exterior la instalación de alzaprimas, disminuyendo los anchos libres sin proteger.



Baranda metálica con rodapié anclada con tornillo en losa y malla electrosoldada

Uso: bordes de losas

Defecto: profundidad de anclaje y requerirá de una reparación posterior



Sistema de protección mixto ULMA de perfiles metálicos arriestrados por el exterior al muro estructural y largueros horizontales de listones de madera de 1 x 6".

Uso: bordes de losas y de encofrados

Defectos: altura libre de la primera línea de tablonos, como requiere anclaje en el elemento de hormigón se necesita posterior reparación.



Baranda (ULMA) para encofrados de perfiles metálicos verticales y horizontales, al que se le instala un pie derecho de madera en su borde inferior.
En la imagen se observa además el uso de una malla plástica instalada en todo el sistema de protección.
La ventaja de este sistema es que al ser un modelo modular las pasadas para el anclaje de los perfiles verticales vienen listos en el sistema de encofrado y por tanto facilita su instalación en obra.



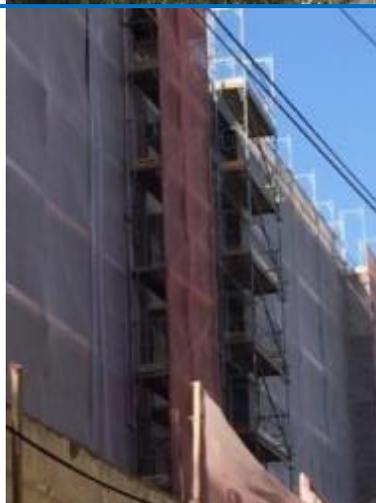
Sistema de protección parecido al anterior, pero acá se aprecia que el anclaje de los perfiles verticales se realiza a presión en el borde inferior del encofrado. Aunque también se aprecia que para limitar el riesgo de caídas en este caso se han instalado malla Rashel sobre el sistema de protección.



Baranda metálica anclada a presión en elemento horizontal de piso.
Uso: principalmente en edificios no habitacionales, ya que por la forma de unión de los pies derechos permite cerrar bordes de losa circulares. Además, como tiene la posibilidad de aumentar el espesor de anclaje, es una opción válida para losas y vigas.
Defectos: la fuerza de anclaje solo se entrega en el nivel de torque que se le dé a las barras de presión. Y la distancia entre el piso terminado con el primer larguero horizontal es ancho, por lo tanto le falta un rodapié de protección adicional.



En la imagen se observa que la empresa constructora optó por un solo método de protección a través de baranda metálica afianzada a la losa que sirve como antepecho en los vanos de los ventanales. Se observa en la fotografía el gasto en sistema de seguridad ya que esta solución está presente en todos los vanos del edificio y en todas sus fachadas. La inquietud que acá se plantea es si una única solución es suficiente para el riesgo de caída o este sistema deberá acompañarse por otra solución.



Sistema artesanal de malla Rashel en el perímetro de edificio.
Defecto: efecto vela y no es resistente.

3.3 Establecer mejoras o soluciones a los sistemas de protección perimetral de acuerdo con la metodología constructiva nacional

En este ítem, se identifican las tipologías de construcción más utilizadas en proyectos en altura y por ende se realiza un análisis detallado de las zonas, elementos y actividades que pueden presentar riesgos a caídas y en base a esa información se entregan propuestas de configuraciones de sistemas de protección perimetral junto con alternativas de unión y tipos de anclajes. Finalmente se entregan recomendaciones estructurales a incluir en los contenidos de la pre-norma.

3.3.1 Realización de un listado de tipologías de construcción más utilizadas en proyectos en altura

Las tipologías constructivas que requieren trabajos en altura, sobre 7 metros, se dividen principalmente en función de la estructura portante y se clasifican en 4 grupos (MINVU, 2018).

1. Estructura portante en acero (Figura 3.3.1.1): en las que los elementos esbeltos (pilares y vigas) son de acero y se pueden complementar con losas de hormigón armado. Según la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (MINVU, 2018) la altura máxima de piso a cielo alcanza un máximo de 2,30 m y es una tipología utilizada mayoritariamente en oficinas o comercio (retail o fábricas).
2. Estructura portante en hormigón armado estructurado en base a muros y losas, o en base a marcos de pilares, vigas o losas en donde los muros son reemplazados por tabiquería estructural, muros cortinas o ventanales (Figuras 3.3.1.2, 3.3.1.3 y 3.3.1.4). Al igual que la clasificación anterior posee una altura máxima de piso a cielos de 2,30 m y es utilizada preferentemente para edificación habitacional (muros y losas) y los de marcos para edificios no habitacionales (oficinas).
3. Estructura portante de albañilería de ladrillo confinado entre pilares, cadenas o vigas de hormigón armado (Figura 3.3.1.6). Su altura máxima de piso a cielo puede llegar hasta los 5 m, pero la OGUC lo limita hasta 4 pisos. Generalmente este tipo de construcción es de uso masivo en Chile para viviendas en extensión de dos pisos en el que el primero es de albañilería y el segundo o tercero es reemplazado con una estructura liviana de tabiquería estructural en base a acero galvanizado o de madera.
4. Estructura portante en base a paneles de madera, de fibrocemento, de yeso cartón o similares (Figura 3.3.1.5). Aun así, las estructuradas de madera que no se sometan a cálculo estructural pueden alcanzar una altura hasta los 7m en la que se incluye la mansarda o cubierta. Esta solución se utiliza mayoritariamente como reemplazo para segundos o terceros pisos de las estructuras precedentes en vivienda en extensión.



Figura 3.3.1.1: Estructura de acero

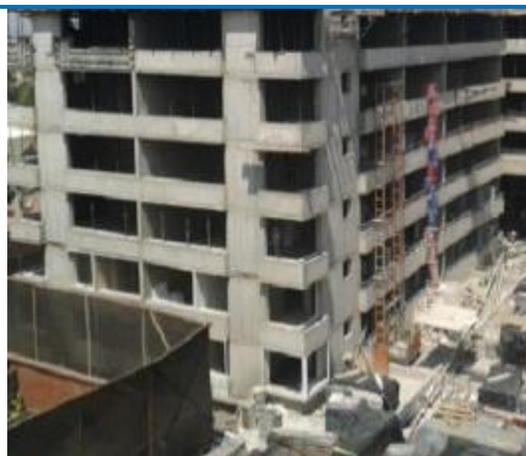


Figura 3.3.1.2: Estructura de hormigón maciza



Figura 3.3.1.3: Estructura de hormigón en base a marcos



Figura 3.3.1.4: Estructura de hormigón revestida con ventanales



Figura 3.3.1.5: Solución liviana de acero galvanizado que se utilizan en vivienda en extensión y en segundos pisos



Figura 3.3.1.6: Estructura de albañilería confinada con segundo piso estructura de madera

Una dificultad para elegir el sistema de protección colectiva ad-hoc responderá a la geometría del edificio que puede ser completamente rectangular (Figura 3.3.1.7) o con distintas singularidades geométricas (3.3.1.8).

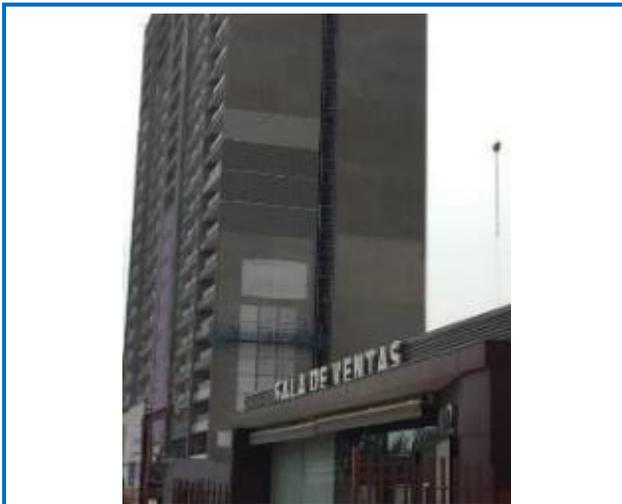


Figura 3.3.1.7: Proyecto simétrico, liso

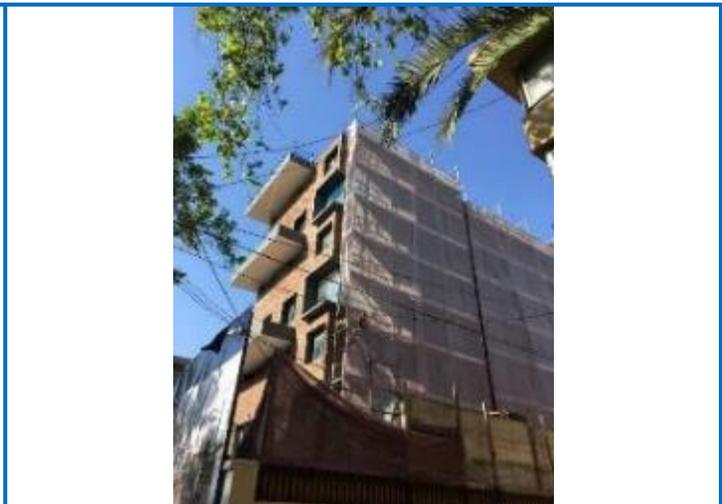


Figura 3.3.1.8: Proyecto asimétrico con puntos singulares

3.3.2 Identificación de zonas, fuentes o elementos que necesitan ser resguardados con sistemas de protección anticaídas

A partir de la revisión de procedimientos de identificación de peligros sobre trabajos en altura de empresa constructoras, se extrajeron las actividades que poseen como incidente o evento las caídas de altura o dematerial. Este análisis permitió identificar en qué procesos y actividades se concentran en mayor medida las caídas. En la Tabla 3.3.2.1, se detallan los procesos y actividades identificadas para el análisis.

Tabla 3.3.2.1: Detalle de partidas y actividades con riesgo de caídas de altura, de materiales o del mismo nivel – Elaboración Propia

PROCESOS	ACTIVIDAD/TAREA	IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO
DEMOLICIÓN	Retiro de materiales de interior y exterior a la construcción existente. Techumbre, cerchas, puertas, ventanas, pisos, cables, tuberías, accesorios. Presencia de asbesto	Trabajos en andamios y plataforma de trabajo para retiro de distintos materiales
		Trabajo de maquinarias: Demoliciones de construcción existente
PREPARACIÓN DE TERRENOS	Escarpes, rellenos compactados, trazados	Trazados, niveletas; rellenos y compactación

INSTALACIÓN DE FAENAS	Construcción o montaje de oficinas, bodegas, paños, comedores, baños, duchas, talleres, depósitos de combustibles, casetas de guardias, entre otras	Trabajos en andamios y plataformas de trabajo
		Trabajos de excavaciones, hormigonado, enfierradura, moldajes, descimbre, estructuras
		Trabajos de montaje de contenedores
		Instalación de agua potable, alcantarillado, eléctricas
		Construcción de carpintería de madera
		Construcción de carpintería metálica
		Trabajos en cubiertas, estructuras y cubiertas
EXCAVACIONES	Pilas de socalzado; excavación masiva; excavación de fundaciones	Excavaciones de pilas
		Excavaciones de fundaciones de cimientos y sobrecimientos
		Excavaciones masivas en edificios
		Excavación de drenes
		Excavación de cámaras
		Excavaciones e instalación de tuberías en colectores en general
TRABAJOS DE ENFIERRADURA	Descarga del fierro; preparación; corte; doblado; traslado e instalación del fierro de construcción	Instalación del fierro en losa; muros; machones; vigas
TRABAJOS DE MOLDAJES	Preparación del moldaje, acopio del moldaje, traslado a la obra específica, instalación en losa, en muros, machones, vigas	Limpieza de moldajes
		Instalación de moldajes y losas
		Instalación de moldajes en muros, "machones" y vigas
FAENAS DE HORMIGONADO	Aplicación de hormigones en fundaciones: cimientos, sobrecimientos, en losas, en muros, en machones, en vigas, otros	Descarga y traslado de hormigón
		Hormigonado de losa
		Hormigonado de muros
		Hormigonado de fundaciones
		Hormigonado de machones, vigas, otros
TRABAJOS DE DESCIMBRE	Descimbre de moldajes	Descimbre de losas
		Descimbre de muros, machones, vigas

FAENAS CON DEMOLEDOR DE HORMIGÓN	Trabajos con demolidor de hormigón en distintas etapas constructivas	Trabajos de juntas de hormigón en losas de avance
		Trabajos de juntas de hormigón en fundaciones
		Trabajos de puntereo y descarachado interior. Bordes de edificación. Muros
		Trabajos de puntereo en fachada de edificaciones
		Trabajos de puntereo y descarachado interior de viviendas
TRABAJOS DE ESTUCOS	Aplicación de estucos en edificios y viviendas: remates, rasgos de ventanas, puertas, muros, otros	Trabajos de estucos exteriores en viviendas y edificios
		Trabajos de estucos en interior de viviendas y edificios en bordes de edificaciones
		Trabajos de estuco en fachadas de edificios: andamios, andamios colgantes, plataformas cremallera (bi y mono mástil)
INSTALACIONES ELECTRICAS	Instalaciones eléctricas exteriores e interiores en viviendas y edificios	Instalaciones exteriores - faena: Postaciones, Tendidos eléctricos y Tableros
		Instalaciones interiores: tableros, extensiones, mantenciones
		Instalación de luminarias
		Revisión de tableros, extensiones, mantención general
INSTALACIONES SANITARIAS	Instalaciones de tuberías de agua potable, alcantarillado, artefactos sanitarios, calefón, cámaras, medidores, otros	Instalación de tuberías de cobre, PVC o PPR o similar para agua potable a nivel y en altura. En shaft de edificios
		Instalación de calefont
		Instalación de artefactos y accesorios en baños, cocinas

En función a este análisis de actividades y procesos, se pudo contabilizar dónde se concentran los principales riesgos por caídas de altura y de materiales, concluyendo que en promedio cada proceso constructivo presenta 3,6 veces la posibilidad de una caída.

Específicamente para el proceso de obra gruesa, que es en donde se focaliza el mayor número de incidentes (Figura 3.3.2.1), el riesgo de caídas se concentra en el grupo de tareas de hormigonado, enfierradura y colocación de moldaje. Se observó que este grupo tiene 4 veces más riesgos de caídas en comparación a otros grupos de tareas. Con este tipo de análisis que pueden realizar empresas constructoras se podrían pedir recomendaciones a las empresas proveedoras sobre los criterios que deberían cumplir distintos sistemas de protección perimetral colectiva y hacer más eficaz el proceso de seguridad en obra.

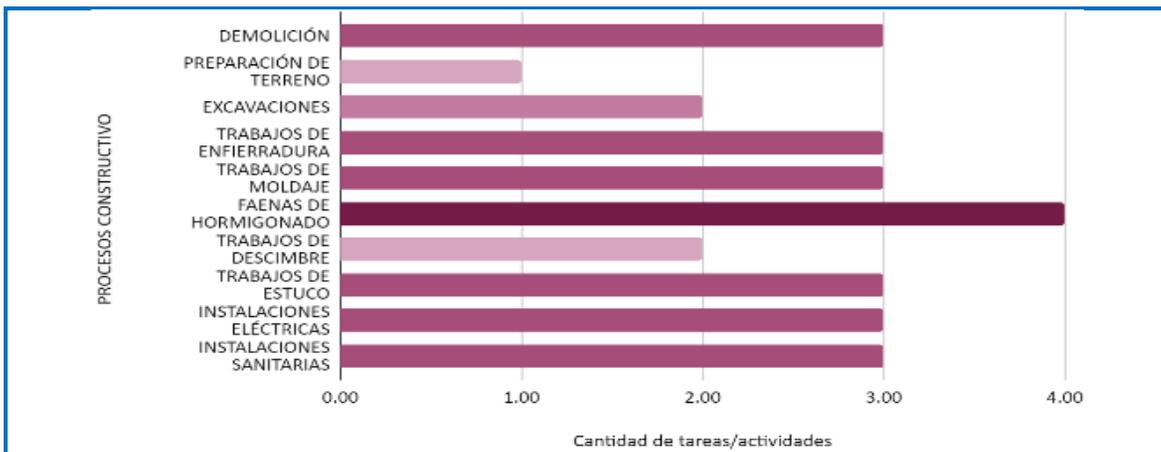


Figura 3.3.2.1: Análisis de riesgos por caídas de altura y materiales en distintos procesos constructivos - Elaboración Propia

A continuación, se muestran algunas imágenes de actividades (Figuras 3.3.2.2 a la 3.3.2.9) de excavación, enfierradura, encofrado, hormigonado, colocación de ventanas, terminación de techumbre o impermeabilizante y finalmente las actividades de revestimientos exteriores que presentan mayor riesgo de caídas y que siempre deberían protegerse con sistemas provisionales de protección perimetral.



Figura 3.3.2.2: Borde de excavación



Figura 3.3.2.3: Enfierraduras de muros



Figura 3.3.2.4: Colocación de encofrado (vigas y placa)



Figura 3.3.2.5: Hormigonado de losas



Figura 3.3.2.6: Rasgos de ventanas



Figura 3.3.2.7: Colocación de cubierta



Figura 3.3.2.8: Colocación de impermeabilización



Figura 3.3.2.9: Ejecución de revestimientos exterior (enchape u otros)

Al interior de las obras destacan las zonas de riesgos en espacio de ascensores (figura 3.3.2.10) y bordes de escaleras (figura 3.3.2.11).



Figura 3.3.2.10: Ascensores

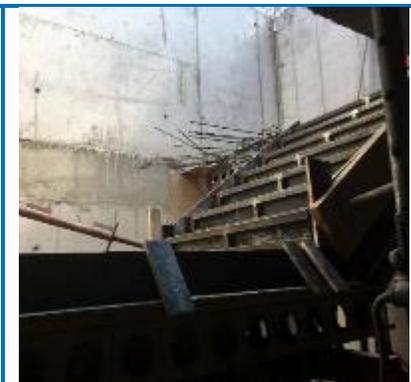


Figura 3.3.2.11: Escaleras

3.3.3 Soluciones ad-hoc a tipos de proyectos y fuentes de peligros

De acuerdo con el levantamiento de información realizada a través de las entrevistas a profesionales de la construcción, análisis de proyectos de construcción en ejecución y las posibles fuentes de peligros, se identificaron como sistemas provisionales de protección la baranda metálica completa o con madera como elemento horizontal de borde para edificios en altura de hormigón armado en estructura maciza o de marco (pilares, vigas o losas), y la de alzaprimas como el de la Figura 3.3.3.2

Así las soluciones identificadas fueron:



Figura 3.3.3.1: Baranda mixta con elementos de madera anclada al muro de coronación



Figura 3.3.3.2: Baranda de marco metálico y malla de alambre arriostrada arriba y abajo por medio de alzaprimas

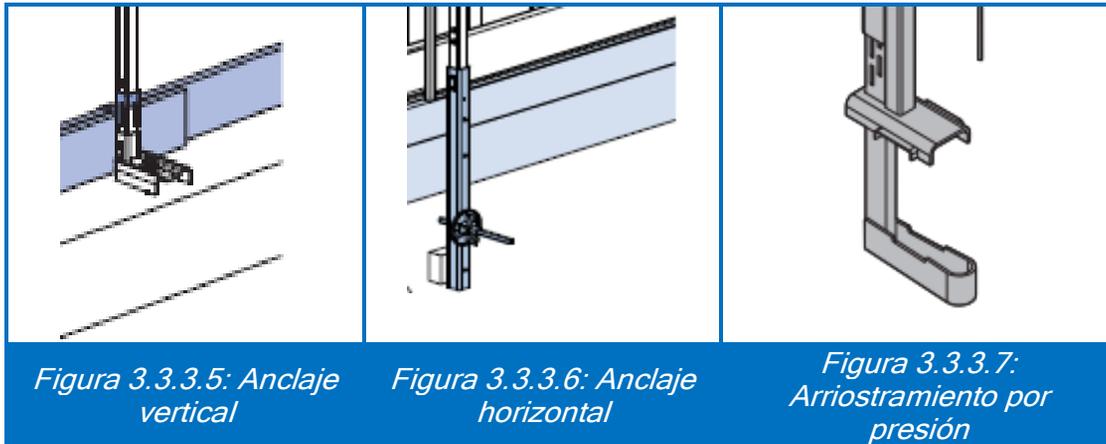


Figura 3.3.3.3: Baranda de marco metálico y malla de alambre atornillada a la losa



Figura 3.3.3.4: Baranda de marco metálico y malla de alambre acoplada al elemento de hormigón

En las Figuras 3.3.3.5 se puede observar algunos tipos de fijación de los sistemas descritos anteriormente, los que se utilizan según los parámetros de bordes que tenga la zona que se desea proteger como el alto, ancho o espesor.



3.3.3.1 Propuesta de diseños estructurales para sistemas de protección perimetral para vanos y fachadas

En base a lo anterior se han modelado estructuralmente 4 tipos de sistemas de protección perimetral para vanos y fachadas:

1. Perfiles metálicos verticales con listones de madera horizontales
2. Marco completo de perfiles metálicos verticales u horizontales y el subgrupo de malla metálica electrosoldada
3. Sistema de perfiles metálicos complementados con alzaprima a losa inferior a losa superior y
4. Sistema conectable de cables de acero tensados horizontales como protección de vanos

Adicionalmente se entregan detalles de tipos de fijación y uniones. En las siguientes Figuras se entregan detalles del diseño estructural de los distintos sistemas seleccionados, el que se apoya en la memoria de cálculo del **Anexo C**.

Las recomendaciones generales para los materiales son:

- Para la madera se recomienda madera estructural pino insigne G2, de acuerdo con NCh2150:1989 (1991): Madera laminada encolada. Clasificación mecánica y visual de madera aserrada de pino radiata (INN, 1989) y NCh2165:1991: Tensiones admisibles para la madera laminada encolada estructural de pino radiata (INN, 1991).
- Para el acero se recomiendan perfiles A240ES según NCh203:2006: Acero para uso estructural. Requisitos (INN, 2006), placas de acero A36, soldaduras E70 AWS y pernos de acero SAE1020.

Para la opción del sistema (Figura 3.3.3.8-derecha) con largueros horizontales de 4x4" y distanciamiento de 200 cm, se entrega como alternativas a los perfiles verticales los siguientes perfiles:

- tubo Ø2", diámetro exterior = 60.3 mm y espesor = 3.91 mm (ASTM A53 NCh40);
- tubo Ø2", diámetro exterior = 60.3 mm y espesor = 2.9 mm (ISO 65 Serie liviana II);
- tubo Ø 1 1/2", diámetro exterior = 63.5 mm y espesor = 3 mm (ASTM 500)

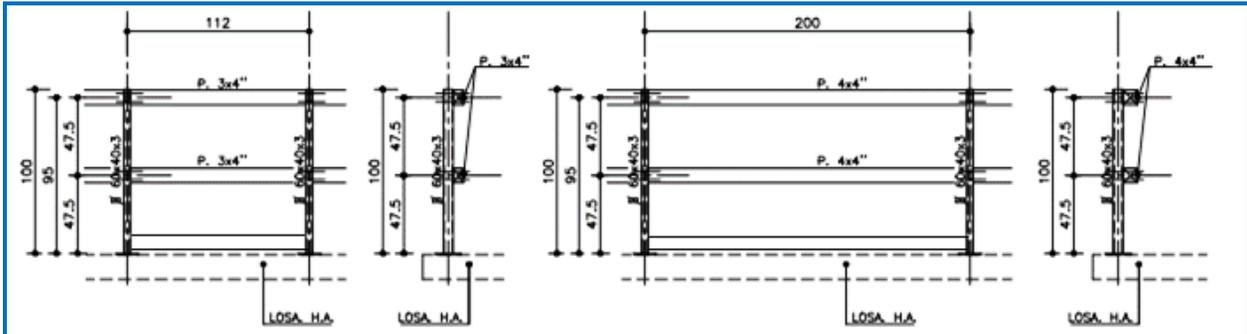


Figura 3.3.3.8: Baranda modular de perfil cuadrado metálico vertical 60x40x3 y largueros de madera 3x4" y 4x4" (medidas en cm)- Elaboración Propia

Para la siguiente opción del sistema (Figura 3.3.3.9) con largueros horizontales de tubo circular Ø1 1/4", y distanciamiento de 200 cm, se entrega como alternativas a los largueros horizontales los siguientes perfiles:

- tubo Ø1 1/4", diámetro exterior = 42.2 mm y espesor = 3.56 mm (ASTM A53 NCh40);
- tubo Ø1 1/4", diámetro exterior = 42.2 mm y espesor = 2.6 mm (ISO 65 Serie liviana II);
- tubo Ø1 7/8", diámetro exterior = 47.63 mm y espesor = 2 mm (ASTM 500)

Y alternativas para los perfiles verticales los siguientes perfiles:

- tubo Ø2", diámetro exterior = 60.3 mm y espesor = 3.91 mm (ASTM A53 NCh40);
- tubo Ø2", diámetro exterior = 60.3 mm y espesor = 2.9 mm (ISO 65 Serie liviana II);
- tubo Ø 1 1/2", diámetro exterior = 63.5 mm y espesor = 3 mm (ASTM 500)

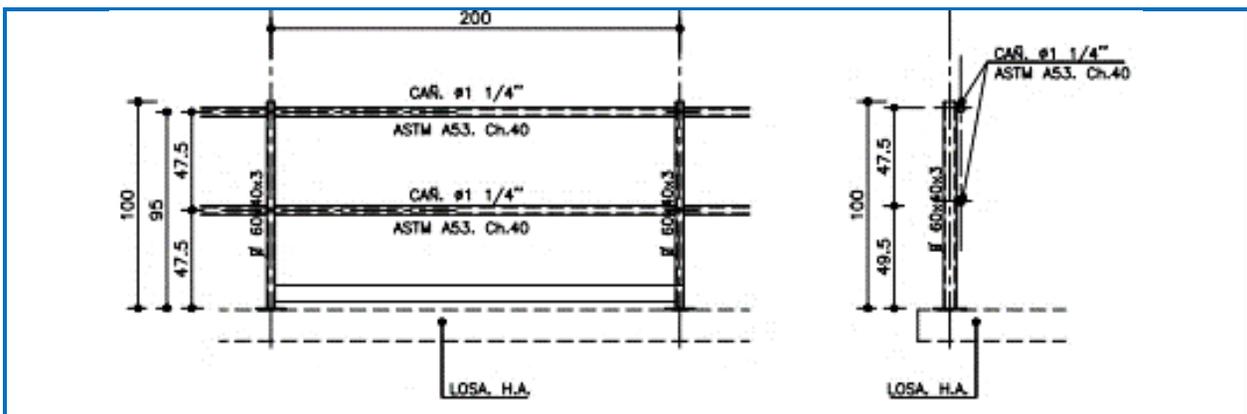


Figura 3.3.3.9: Baranda modular de perfil cuadrado metálico vertical 60x60x3 y largueros horizontales metálicos de Ø1 1/4" (medidas en cm)- Elaboración Propia

Para la siguiente opción del sistema (Figura 3.3.3.10) con perfiles verticales de alzaprima $\varnothing 1\ 1/2''$, y distanciamiento de 200 cm, se entrega como alternativas a las alzaprimas los siguientes perfiles:

- tubo $\varnothing 1\ 1/2''$, diámetro exterior = 48.3 mm y espesor = 3.68 mm (ASTM A53 NCh40);
- tubo $\varnothing 1\ 1/2''$, diámetro exterior = 48.3 mm y espesor = 2.9 mm (ISO 65 Serie liviana II);
- tubo $\varnothing 2''$, diámetro exterior = 50.8 mm y espesor = 3 mm (ASTM 500)

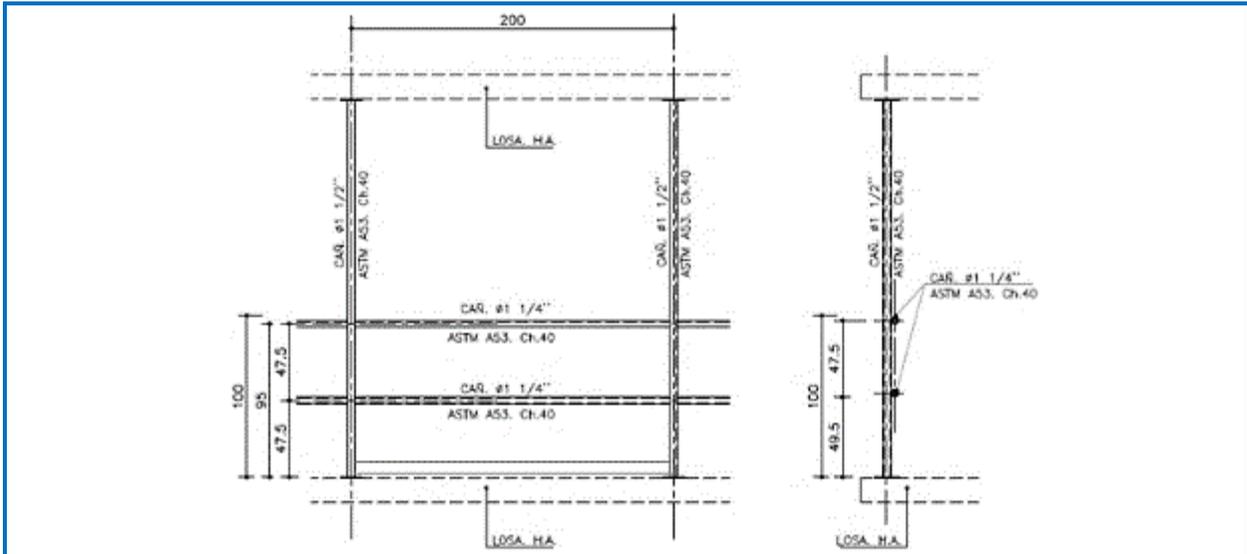


Figura 3.3.3.10: Baranda modular de alzaprima de perfil circular $\varnothing 1\ 1/2''$ y largueros horizontales metálicos de $\varnothing 1\ 1/4''$ (medidas en cm)- Elaboración Propia

A continuación, se detallan las soluciones de anclajes (Figura 3.3.3.11) del tipo químico con epóxico vertical y horizontal y de fijación sobrepuesta para los sistemas de protección esquematizados en las figuras anteriores:

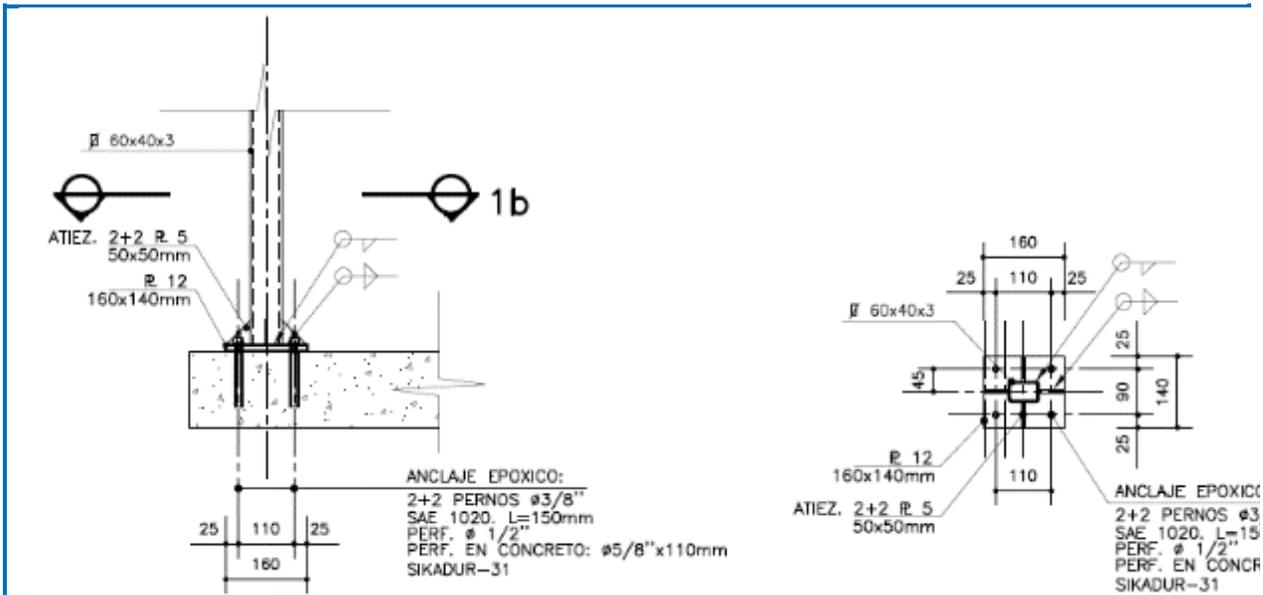
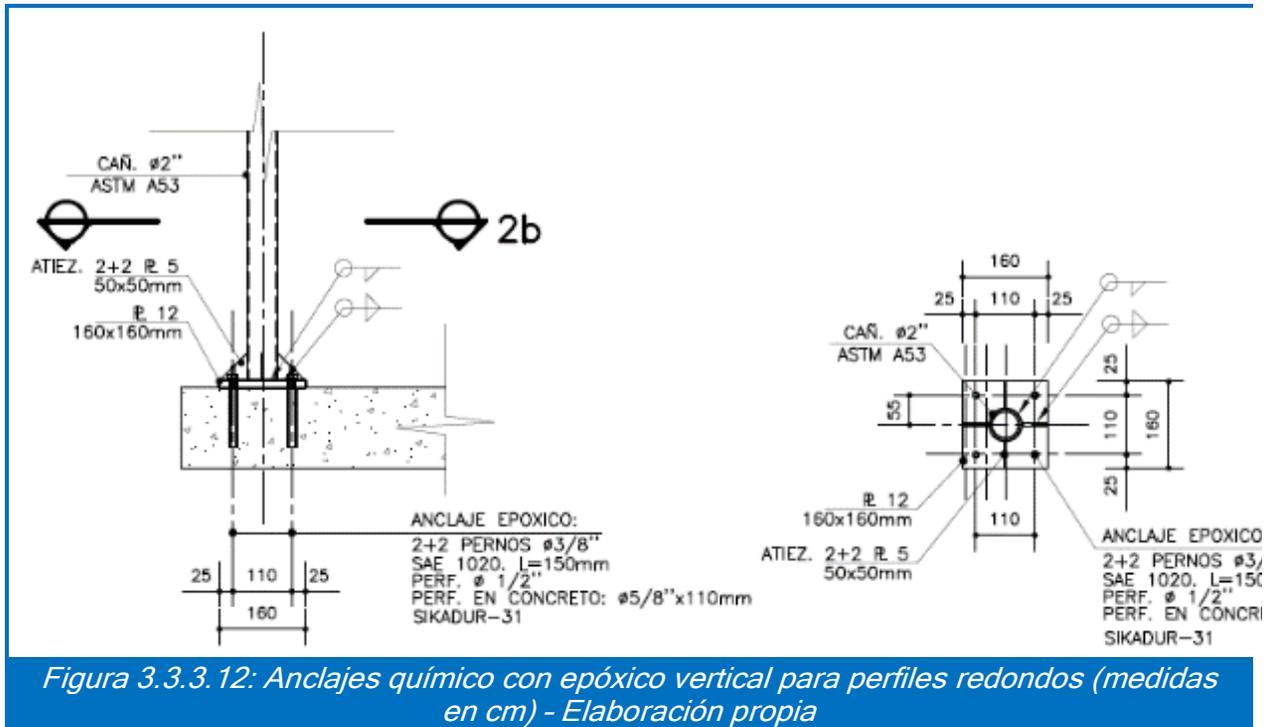


Figura 3.3.3.11: Anclajes químico con epóxico vertical para perfiles rectangulares (medidas en cm) - Elaboración propia



Para la fijación con anclaje químico con epóxico horizontal (Figura 3.3.3.13) este tipo de anclaje se recomienda solo para bordes con viga, cuidando que la perforación del perno se debe distanciar lo máximo posible del borde del elemento estructural para evitar desprendimientos.

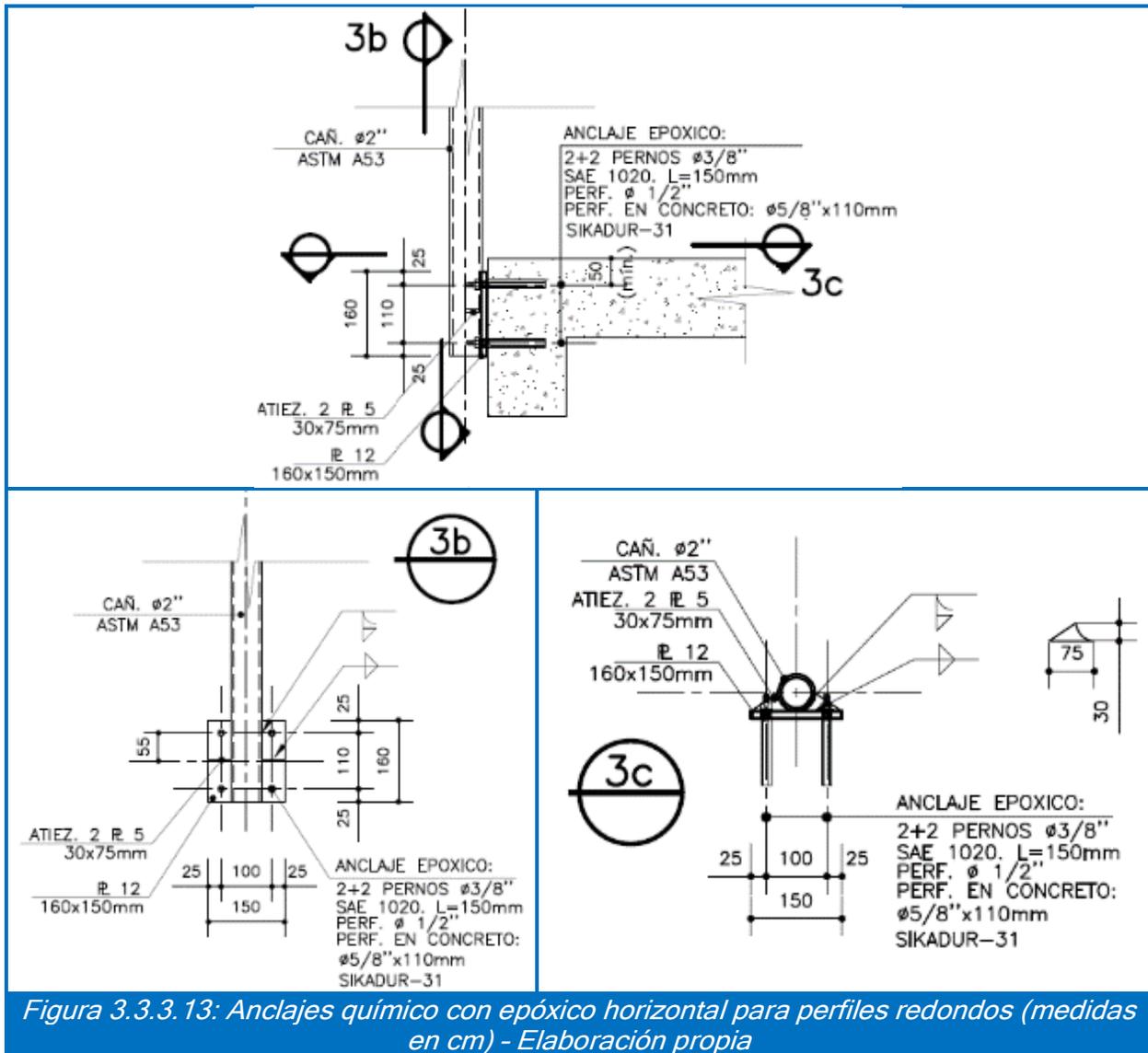


Figura 3.3.3.13: Anclajes químico con epóxico horizontal para perfiles redondos (medidas en cm) - Elaboración propia

Para la propuesta de fijación sobrepuesta (Figura 3.3.3.14), se recomienda una fijación por apriete por reducción de la abertura del espacio, como se esquematiza en la figura siguiente:

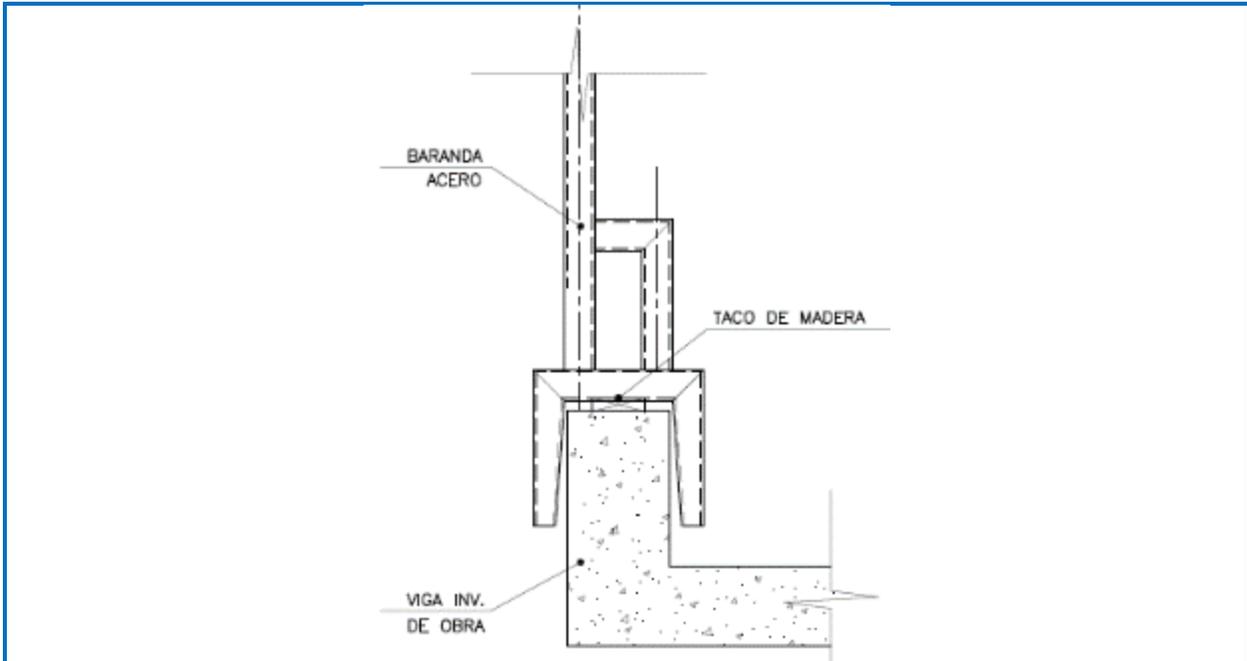


Figura 3.3.3.14: Solución de fijación sobrepuesta (medidas en cm) - Elaboración propia

Para las uniones entre elementos horizontales y verticales se proponen placa metálica o pernos, de acuerdo a los detalles de la Figura 3.3.3.15:

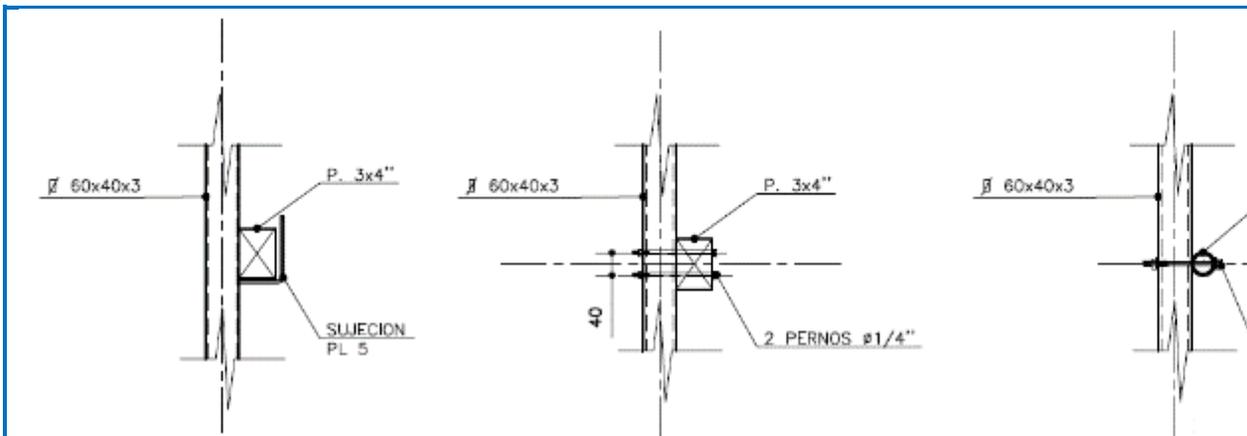


Figura 3.3.3.15: Alternativas de unión entre la placa metálica en L del perfil vertical y larguero horizontal de madera y pernos para los largueros horizontales de madera y para el perfil metálico de pasamano (medidas en cm) - Elaboración propia

Para la alternativa de sistema de protección provisional “conectable” en base a cables de acero (pretensado a 500 kg máximo) se proponen 3 opciones (Figuras 3.3.3.16 a la Figura 3.3.3.19): fijada a un perfil metálico, fijada a un muro estructural y la fijada a una losa estructural, de acuerdo con los esquemas que se muestran continuación:

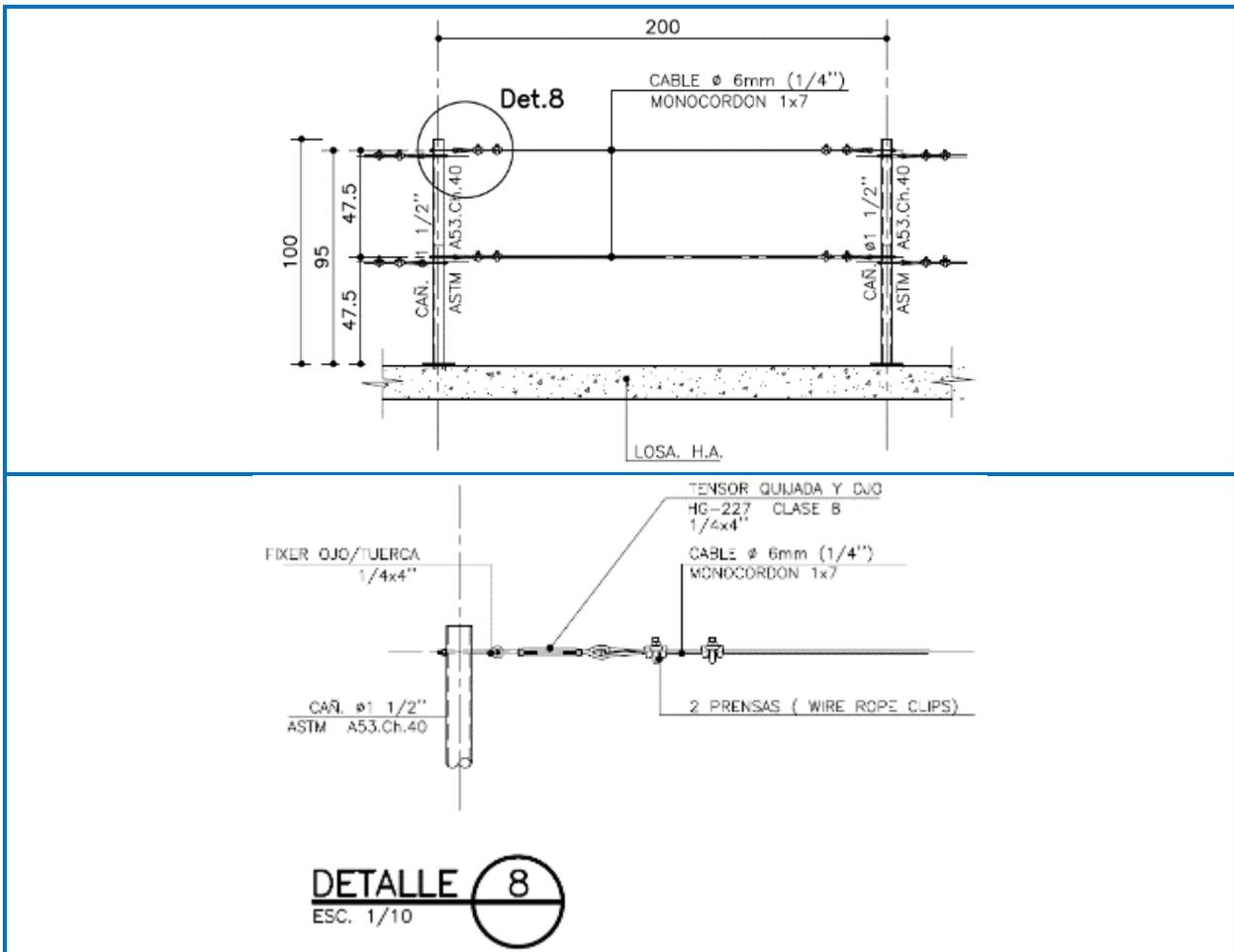


Figura 3.3.3.16: Sistema de protección conectable delimitado por perfiles metálicos verticales (medidas en cm)- Elaboración Propia

En la Figura 3.3.3.17 se esquematiza una fijación alternativa del cable cuando su tramo terminal se utiliza un pilar de soporte y éste debe ser anclado a través de fijación epóxica con pernos.

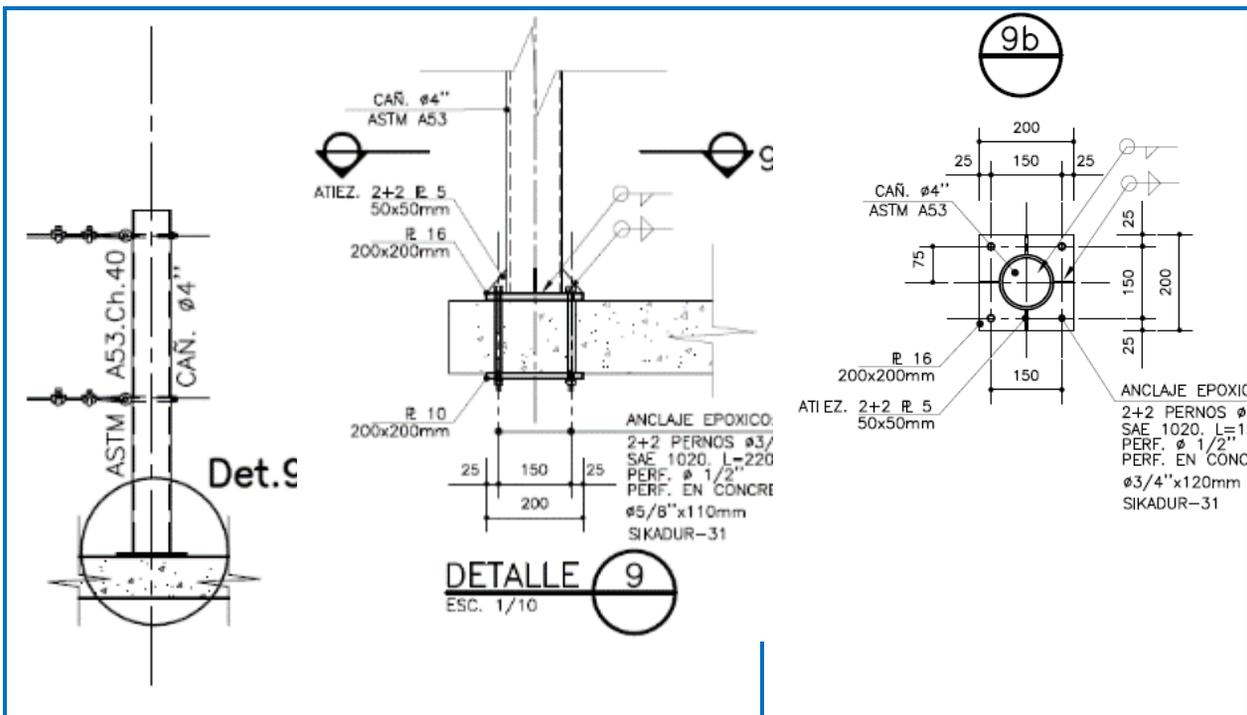


Figura 3.3.3.17: Sistema de protección conectable a un tramo terminal del tipo pilar metálico (medidas en cm)- Elaboración Propia

En la alternativa de la Figura 3.3.3.18 se esquematiza la opción de un sistema de protección conectable que se ancla a un muro estructural existente.

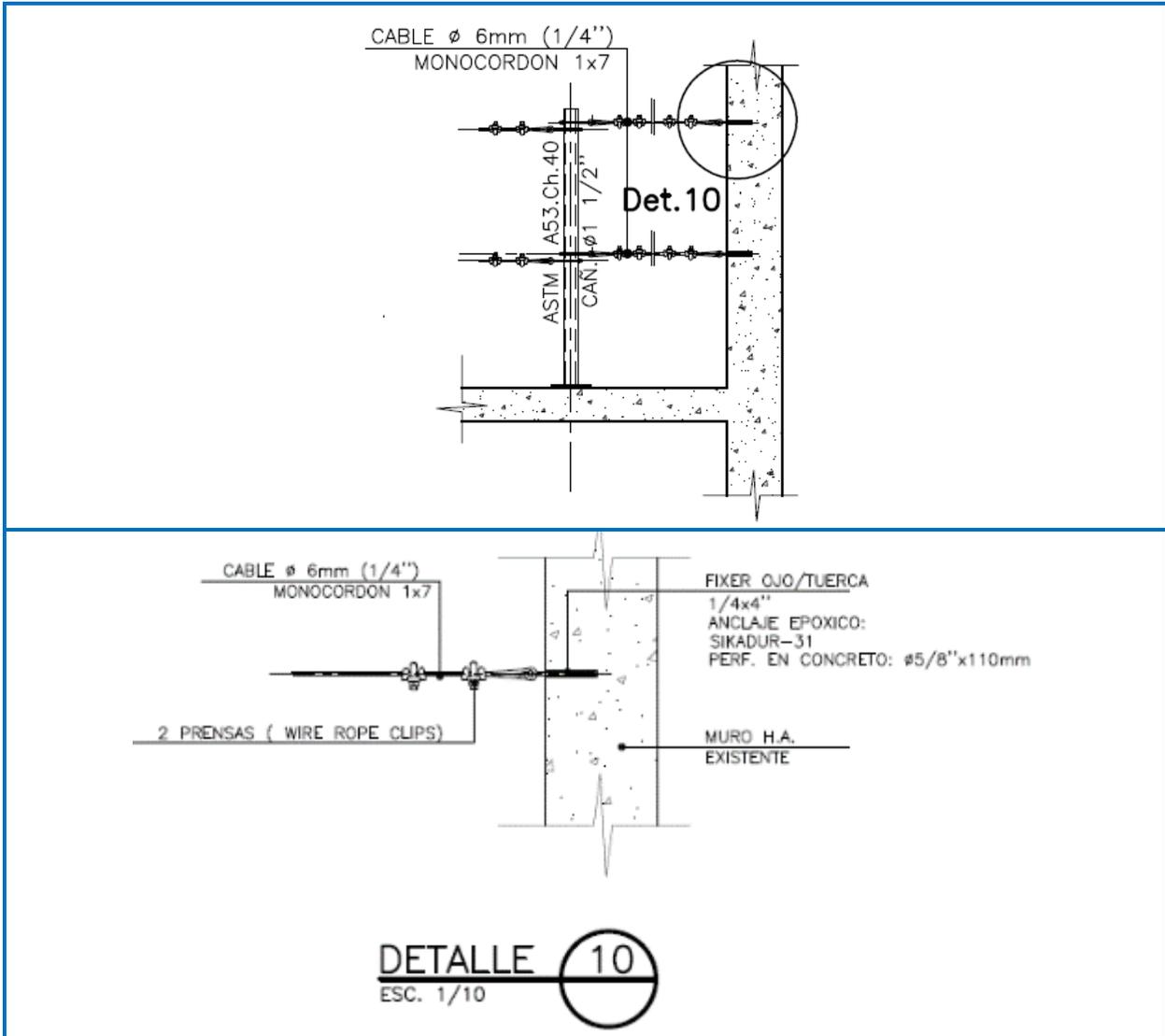


Figura 3.3.3.18: Sistema de protección conectable anclado a un muro estructural (medidas en cm)- Elaboración Propia

Y en la alternativa de la Figura 3.3.3.19 se esquematiza la opción de un sistema de protección conectable que se ancla a una losa estructural existente.

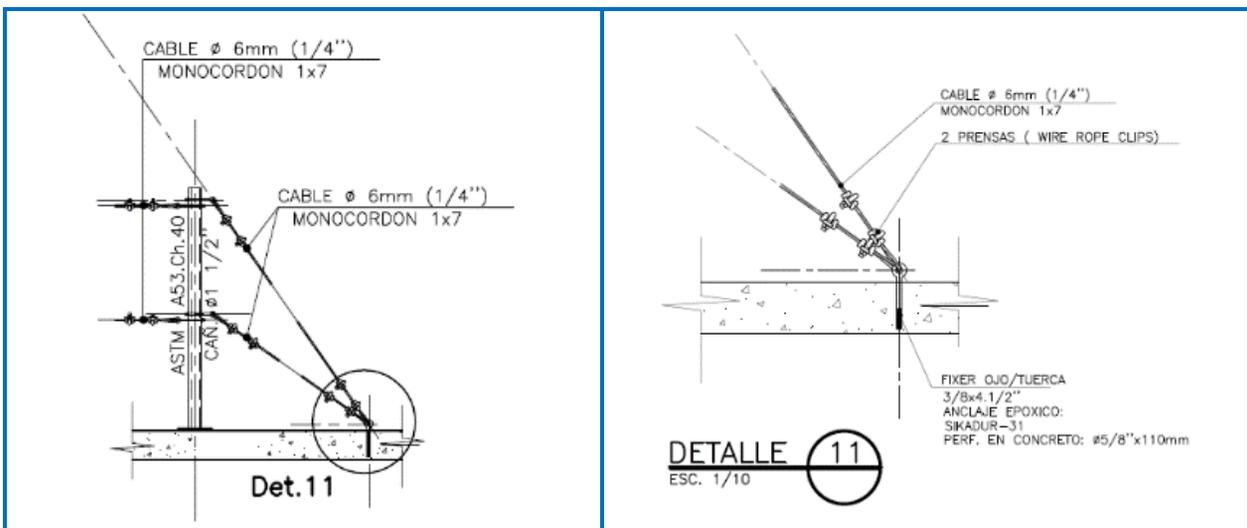


Figura 3.3.3.19: Sistema de protección conectable anclado a una losa estructural (medidas en cm)- Elaboración Propia

3.3.4 Recomendaciones estructurales de los sistemas de protección

Para definir los aspectos estructurales para el desarrollo de la normativa, de manera preliminar se ha realizado un análisis crítico de los códigos expuestos, nacionales e internacionales, estudiando las metodologías utilizadas y cómo varían los requerimientos de acuerdo con las diferentes normativas. En base a lo anterior, y a partir de un análisis global de las referencias expuestas anteriormente, se han definido las siguientes categorías y requerimientos (Tabla 3.3.4.1) y en el **Anexo B** se entrega el análisis comparativo normativo que permitió entregar las recomendaciones estructurales en función a las categorías estructurales expuesta:

Tabla 3.3.4.1: Resumen de categorías y detalles estructurales para la elaboración de recomendaciones – Elaboración propia

CATEGORÍA ESTRUCTURAL	¿QUÉ SE DEBE CUMPLIR?	DETALLE ESTRUCTURAL
C1 - CARGAS Y SOLICITACIONES	¿Se definen categorías de cargas? ¿Qué tipo de cargas le corresponden a cada categoría?	Estáticas - N personas
		Dinámicas - Cargas eventuales, caídas
		Cargas máximas asociados a trabajo y movimiento de personas
		Cargas Periódicas (si corresponde)
		Combinaciones de Carga: Estáticas + Eventuales
C2 - ESTRUCTURACIÓN Y MATERIALIDAD	¿Cómo deben disponerse y cuál debe ser el desempeño de los elementos resistentes?	Cantidad y tipos de apoyos
		Condición de Superficie de Soporte
		Limitación de movimiento
		Vibraciones
		Homogeneidad Geométrica
		Adosamiento mínimo en % según elemento
		Puntos o elementos referenciales de apoyo
		Relaciones Largo - Ancho
		Esbeltez
		Numero de anclajes
C3 - MATERIALES	¿Qué requisitos deben cumplir los materiales de los sistemas perimetrales?	Acero Calidad Certificada
		Madera Certificada
		Polipropileno

C4 - SEGURIDAD	¿Qué estándares deben cumplir los sistemas de protección para asegurar un funcionamiento seguro?	Factores de Seguridad
		Distancia mínima de resguardo al impacto
		Durabilidad - Vida Útil - Degradación integral de estructura
		Estados Límites: Definir estado límite de servicio y durabilidad
C5 - ENSAYOS	¿Qué ensayos se requieren dentro y/o fuera de la obra para certificar los materiales o sistemas?	Resistencia mínima especificada por elemento de seguridad
		Deformaciones y deflexiones máximas
		Fatiga de Material
		Energía
		Desgaste - Fatiga de Materiales
C6 - UNIONES	¿Qué metodologías de cálculo o requisitos en obra requieren las fijaciones? (se analizará en específico en el Capítulo 5 de redes)	Apernadas - Certificadas
		Soldadas Certificadas
		Anclajes post-instalados, expansores - Certificadas
C7 – COMENTARIOS FINALES	¿Qué recomendaciones o buenas prácticas se mencionan?	Se recomienda incluir de manera específica el alcance y definición de “Profesional Competente”, “Personal Calificado”
		Incluir Manual de Instalación de sistemas, Manual de uso y Almacenamiento
		Especificar periodicidad de inspecciones y mantenimientos
		Considerar Marcha blanca de uso de sistemas
		Considerar factores de entorno de uso

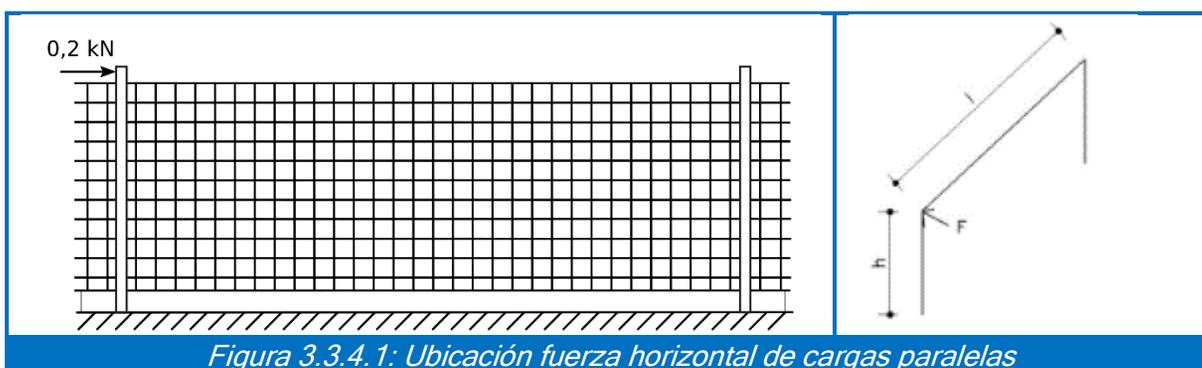
Así las recomendaciones para cada categoría estructural son las siguientes (detalle de la comparación en el Anexo B):

C1: Cargas y Solicitaciones

La normativa NCh 2458:1999 no considera explícitamente las barandas, estableciendo solo criterios de resistencia para redes. A partir del análisis comparativo, se propone la siguiente recomendación:

- Definir expresamente la separación de categorías de Barandas y Redes
- En el caso de las **barandas**, se propone definir la misma resistencia definida en la UNE EN 13374:2019 para las cargas estáticas:

Cargas paralelas a la barandilla. Cada protección de borde y sus componentes debe resistir una fuerza horizontal de 0.2 kN en punto más desfavorable (Figura 3.3.4.1)



Fuerzas debidas al viento. Deben calcularse suponiendo presión del viento sobre superficie de protección de borde.

Carga accidental. Las estructuras deben poder resistir carga puntual hacia debajo de $F_D = 1,25 \text{ kN}$ sobre 100 mm

C2: Estructuración

Es necesario analizar los criterios para las barandas que se relacionan con alturas mínimas de barandas y la distancia entre sus componentes. A partir del análisis comparativo, se propone la siguiente recomendación para **barandas**:

Considerar lo estipulado en la UNE EN 13374:2019, donde se define 1 m mínimo de altura para la baranda y un rodapié a una distancia mínima de 150 mm.

C3: Materiales

La normativa actual hace referencia a una “compatibilidad de materiales”, donde se plantea la posibilidad de que realicen trabajos en conjunto. Sin embargo, no hace referencia explícita a la calidad de los materiales. Las normativas extranjeras hacen referencias a ciertos materiales específicos, protección a la corrosión y certificaciones de materiales. Este punto se encuentra relacionado tanto con el punto de uniones, como de ensayos, por lo cual, a partir del estudio se propone que se consideren los siguientes puntos:

- Los materiales utilizados deben certificar la resistencia utilizada en las memorias de cálculo.
- Los materiales utilizados deben contar con protección ante la corrosión.
- Los materiales utilizados deben satisfacer los requisitos definidos en los ensayos solicitados.

C4: Seguridad

Este punto solo lo aborda la normativa europea, a partir de la cual se definen condiciones de serviciabilidad estructural (tales como la resistencia, rigidez o estabilidad) y factores de seguridad dependiendo de si se habla para barandas o redes. A partir del análisis comparativo, se propone la siguiente recomendación para **barandas**:

- Utilizar los factores de seguridad definidos en la UNE UN 13374:2019, que se detallan a continuación:

Para el estado límite último, los coeficientes parciales de seguridad deben ser:

- $\gamma_f = 0.9$ para las cargas favorables, por ejemplo, el contrapeso, cuando se calcula la estabilidad de la producción con contrapeso;
- $\gamma_f = 1.5$ para todas las cargas permanentes y variadas;
- $\gamma_m = 1.1$ para los materiales metálicos dúctiles;
- $\gamma_m = 1.25$ para los materiales metálicos frágiles;
- $\gamma_m = 1.3$ para la madera.

Para el estado límite de servicio, los coeficientes parciales de seguridad deben ser:

- $\gamma_f = 1.0$ para todas las cargas;
- $\gamma_m = 1.0$ para todos los materiales.

Para las acciones accidentales (carga de viento y de combinación), los coeficientes parciales de seguridad deben ser:

- $\gamma_f = 1.0$ para todas las cargas
- $\gamma_m = 1.0$ para todos los materiales

C5: Ensayos

Como las **barandas** son sistemas tradicionales, a juicio de la empresa de cálculo contratada para el análisis (Adyacente), las verificaciones a través de las memorias de cálculo son suficientes para certificar su desempeño y por lo tanto siempre debieran ser solicitadas por la empresa constructora al proveedor.

C6: Uniones. Esta temática se abordará en el Capítulo 4 sobre protección tipo redes.

C7: Comentarios finales de buenas prácticas de la NCh2458:1999 que se podrían incluir en una nueva propuesta de prenorma de sistemas de protección de borde, tipo baranda

Las recomendaciones en su instalación se enfocan a temas distintos entre ellos, lo que se podrían ordenar en temas de la estructura como tal, hacia el usuario y el entorno. A modo de ejemplos, estas podrían ser las nuevas temáticas agrupadas:

- A la forma de instalación, sobre sus partes (pernos, abrazaderas), lo que podría mejorarse con dibujos explicativos y con procedimientos de verificación.
- Estas recomendaciones son apoyadas con contenidos sobre lo que no se puede usar (ej.: uso de alambre o fibras)
- El capítulo de inspecciones se observa bien estructurado en el que la mejora fundamental podría ser la incorporación de un listado de verificación para utilizar en obra, con responsables y periodicidad, y el cómo se inspecciona.
- En el capítulo sobre precauciones de instalación y uso también se mezclan temáticas, que podrían abordarse en la instalación, como etapa constructiva y luego recomendaciones de uso y consideraciones en inspección u operación.

3.4 Marco regulatorio en materia de protección perimetral en obras de construcción

En base a las características encontradas y la búsqueda de la información se describen las principales temáticas que se desarrollaron en la prenorma. Así mismo a esta propuesta de marco regulatorio se acompaña de un manual de instalación (Anexo D) y listas de verificación (Anexo E).

Y en el Capítulo 5 se entregan los aspectos críticos que se destacaron en la validación del contenido de las prenormas por parte de profesionales y proveedores del sector construcción nacional.

En este documento se presentarán las recomendaciones e información a incluir en una prenorma para sistemas provisionales de protección de vanos (verticales u horizontales) interiores y/o exteriores perimetrales, que de acuerdo con levantamiento de información técnica nacional, de terreno, de encuestas y entrevistas se han clasificado en:

- Modulares: 1) barandas de postes metálicos con largueros horizontales de madera, 2) barandas de postes y largueros metálicos; 3) barandas con bordes metálicos y una malla completa electrosoldada
- Conectables: 4) barandas de cables de acero galvanizado anclados a una estructura vertical

La propuesta de capítulos específicos para sistemas de protección provisional de protección de vanos interiores y/o exteriores perimetrales del tipo modular y conectable son los siguientes. El desarrollo completo se entrega en el Anexo F.

1. Introducción

En este capítulo se resume lo que presenta la prenorma referente a distintos tipos de sistema de protección provisional de protección de vanos interiores y/o exteriores perimetrales del tipo modular y conectable.

2. Marco de aplicación

En este capítulo se define en dónde y en qué ámbitos se puede utilizar esta norma, pero también en dónde no se aplica.

3. Términos y definiciones

En este apartado se entregan las principales definiciones utilizadas para los sistemas de protección provisional de protección de vanos interiores y/o exteriores perimetrales del tipo modular y conectable.

4. Clasificación

En este apartado se entrega una clasificación de acuerdo con los materiales utilizados y clasificación según cargas.

5. Condiciones que se deben cumplir

En este capítulo se incluyeron las precauciones a considerar que no estén presentes en el manual de instrucciones o que por motivos de seguridad debe ser obligación su cumplimiento.

6. Recomendaciones de ubicación

En función al tipo de elemento estructural a proteger y según actividades o trabajos que presentan riesgos de caídas, se identifican y recomiendan posibles ubicaciones a proteger.

7. Requisitos

En este capítulo se incluyen los requisitos generales a considerar que no están presentes en el manual de instrucciones o que por motivos de seguridad su cumplimiento debería ser obligatorio.

8. Requisitos estructurales

En este apartado se entregan las recomendaciones estructurales a cumplir para las cargas estáticas, la estructuración y requisitos de seguridad.

9. Manual de instrucciones

En este apartado se entregan instrucciones o requisitos a cumplir por parte del trabajador que instala los sistemas provisionales de protección de vanos del tipo modular y conectable, recomendaciones para la instalación, requisitos para la inspección, precaución en obra o en su uso, requisitos a entregar o cumplir por parte del fabricante e ingeniero calculista y por último algunas recomendaciones para su almacenamiento.

4. RESULTADOS PARA SISTEMAS PROVISIONALES DE PROTECCIÓN DE CONTORNO (REDES Y/O PANTALLAS)

A continuación, se presentan los resultados de las actividades realizadas para el desarrollo de la propuesta de prenorma en sistemas provisionales de protección de contorno que pueden ser de redes y/o pantallas.

Como la recopilación de la información para este sistema se realizó en paralelo con la información de los sistemas provisionales de protección de vanos interiores y/o exteriores perimetrales, en los siguientes capítulos se destaca la información solo a lo relativo de redes. Entonces al igual que el Capítulo 3 este capítulo se compone de 4 subcapítulos:

1. Análisis de sistemas y soluciones de protección de contorno (redes y/o pantallas) más utilizadas en empresas nacionales e internacionales a través de entrevistas con proveedores y levantamiento de información normativa sobre aspectos estructurales importantes a incluir en la propuesta de prenorma.
2. Descripción de las diferencias técnicas entre soluciones de protección perimetral de proveedores nacionales e internacionales y las desarrolladas por las empresas constructoras en sus proyectos. En esta etapa se identificarán los tipos de sistemas de protección de contorno perimetral existentes en el mercado nacional, se entrevistarán a profesionales del sector construcción y se presentará un ordenamiento y agrupamiento de los tipos de sistemas provisionales de protección de contorno perimetral.
3. Propuesta de recomendaciones estructurales para los sistemas provisionales de protección de contorno perimetral, en base a la comparación de la normativa nacional con normativas extranjeras y levantamiento de información técnica de obra y de productos existentes en el mercado. Se proponen recomendaciones estructurales que pueden ser incluidos en la prenorma.
4. Finalmente, con la información recopilada en las etapas anteriores se presentará el desarrollo de un borrador de pre-norma que incluye las materias necesarias respecto al uso de sistemas provisionales de protección de contorno perimetral, identificando los estándares mínimos a incorporar en la prenorma.

4.1 Análisis de los sistemas y soluciones de protección de contorno de borde más utilizados en empresas, nacionales e internacionales

Para comenzar, se entenderá como sistema de protección de contorno de borde contra caídas a las redes de protección que permitan retener la caída de una persona desde la altura, pantallas de protección que permitan retener la caída de objetos o a sistemas compuestos de ambos componentes, que cumplan características estructurales de resistencia y que se instalan completamente adosados a la obra de construcción, en todo el contorno perimetral donde exista riesgo de caída de personas u objetos.

4.1.1 Levantamiento de información por medio de entrevistas a empresas proveedoras

A continuación, se resumen las respuestas más representativas entregadas por 4 proveedores de sistemas de protección de contorno perimetral

a) ¿Qué productos ofrecen en venta o en arriendo? Y si es mixto por qué esa diferenciación

En el caso específico de redes éstas siempre se venden, ya que van perdiendo sus propiedades con el sol, la salinidad del ambiente, entre otros factores y no se suelen realizar en Chile las certificaciones de las propiedades mecánicas (por el costo).

b) ¿Qué problemas tienen durante la instalación de los sistemas de protección de borde, tipo red? (eg. geometría, tiempo, no hay afianzamientos rígidos y quedan sobrepuesto)

En el uso de redes la principal dificultad se presenta en coordinación, en específico en el uso de las grúas, uso que debe estar previamente coordinado con el jefe de terreno, para hacer el montaje y desmontaje.

c) Si la empresa comercializa redes qué ventajas y desventajas poseen los modelos y en qué casos ustedes pueden recomendar uno por sobre otro modelo

Tipos de redes:

- Tipo V: para losas de avance, la normativa europea menciona que el pescante tiene que estar siempre 1m como mínimo por sobre la losa de avance. En Chile, pueden estar incluso 7m bajo la losa de avance. Utilizan una cuerda perimetral de 20kN.
- Tipo S: redes horizontales, utilizan una cuerda perimetral de 30kN (por normativa europea) y resiste una caída de 100kg a 7m de altura en las mejores condiciones. Se utilizan para cerrar vanos, patio interior, shaft de ventilación y fosos de ascensor. Sistema mixto con la Red U.
- Tipo U: red vertical, utilizan una cuerda perimetral de 20kN. Pero esta red directamente evita las caídas (es como una pared).
- Otra diferencia es sobre los puntos de anclajes, si va en losa de encofrado, losa o viga.

Comentarios finales de los proveedores

Las redes siempre deben ser vendidas, ya que con el pasar del tiempo, comienzan a perder sus propiedades debido a las condiciones presentes en los proyectos, ya sea la exposición al sol o los mismos materiales particulados, entre otros. Las redes poseen una duración de 1-2 años, que es la duración de un proyecto promedio. En el caso hipotético de que exista un proyecto de pocos meses, y se pida arrendar las redes, se deben realizar ensayos para corroborar sus propiedades.

4.1.2 Levantamiento de información normativa

A nivel normativo reglamentario se analiza en profundidad la norma chilena NCh2458:1999 (INN, 1999), las normas UNE EN-1263-1:2018 y 1263-2:2016 para redes de seguridad (AENOR, 2016; AENOR, 2018) y finalmente la norma LWSC - OSHA Compliant Safety Training.

Por otra parte, para proponer algunas recomendaciones en la actual normativa de sistemas de protección para trabajos en altura, se realizó un resumen de los aspectos técnicos que actualmente posee la norma chilena y luego se presentan aspectos relevantes que poseen las normas europeas en sistemas de protección de borde, y que podrían incluirse en la actual normativa chilena. Se han dejado explícitamente algunas temáticas y luego recomendaciones a considerar en la NCh2458:1999: Construcción - Seguridad - Sistema de protección para trabajos en altura - Requisitos generales.

Se analizó la norma chilena **NCh2458:1999: Construcción – Seguridad - Sistema de protección para trabajos en altura – Requisitos generales** (INN, 1999). Esta norma establece los requisitos de seguridad para el diseño, construcción, instalación y uso de sistemas de protección contra caídas durante la construcción, reparación y demolición de obras de construcción. En el análisis de temáticas que pueden mejorarse o incluirse en una nueva propuesta normativa (Nueva propuesta Anexo I) se relacionan a condiciones de uso, aspectos de la instalación, inspecciones o precauciones de instalación y de uso se detallan a continuación:

Las condiciones de uso de los sistemas de protección contra caídas que indica son las siguientes:

- Uso de redes para trabajos sobre los 7 m de altura
- Uso de pantallas cuando exista la posibilidad de caída de materiales y puedan lesionar a las personas que se encuentran o transiten por niveles inferiores
- Si se realiza un trabajo sobre los 7 m de altura y existe el riesgo de caída de materiales, se deben utilizar complementariamente la red con la pantalla
- Su diseño estructural debe ser realizado por un ingeniero calculista
- Pueden ser construidas de estructuras modulares
- Definición de ancho y largo en función el ángulo de proyección de la caída y la altura
- Materiales compatibles para asegurar trabajo solidario de piezas
- Asegurar homogeneidad geométrica para garantizar que no queden espacios suficientemente grandes entre las uniones de los módulos o entre éstos
- No se puede utilizar acero soldado

Las recomendaciones respecto a su instalación se enfocan a temas distintos, lo que se podrían ordenar en temas de la estructura como tal, hacia el usuario y el entorno. A modo de ejemplo, estas son las temáticas agrupadas.

- A la forma de instalación, inclinaciones, sobre sus partes (pernos, abrazaderas, lo que podría mejorarse con dibujos explicativos y con procedimientos de verificación.
- Estas recomendaciones son mezcladas con contenidos sobre lo que no se puede usar ej.: uso de alambre o fibras
- También mezcla en su capítulo de instalación recomendaciones para el usuario, pero desde el punto de vista de su protección y de opciones para evitar que elementos caigan y no en el uso de la red o pantalla como tal, sino el evitar utilizarlas.
- Existen también recomendaciones sobre el entorno; ejemplo líneas eléctricas.

El capítulo de inspecciones se observa bien estructurado en el que la mejora fundamental podría ser la incorporación de un listado de verificación para utilizar en obra, con responsables y periodicidad y el cómo se inspecciona.

En el capítulo sobre precauciones de instalación y uso también se mezclan temáticas, que podrían abordarse en la instalación, como etapa constructiva y luego recomendaciones de uso y consideraciones en inspección u operación.

Por otra parte, las dos normas internacionales bases utilizadas para el análisis fueron la UNE EN -13374:2019 para protección de borde y la UNE EN-1263-1:2018 para redes de seguridad. En relación con esas dos se puede observar las siguientes recomendaciones que se podrían incluir en la nueva propuesta normativa (Nueva propuesta Anexo I).

En la **UNE EN-1263-1:2018: Redes de seguridad, requisitos de seguridad, métodos de ensayo**, se destaca: La prioridad a las redes de seguridad que evitan la caída respecto a las que sólo limitan o atenúan las posibles consecuencias. Las redes de seguridad pueden usarse también combinadas con la utilización de EPI (Equipos de protección individual) anticaídas.

Se entrega una clasificación según energía y tamaño de malla (A1, A2, B1 y B2). Además, se establecen resistencias mínimas a la tracción de las cuerdas (Tabla 4.1.2.1):

Tabla 4.1.2.1: Resistencia mínima a la tracción cuerdas - Fuente: a partir de INSL – Ficha técnicas de prevención

Tipo de cuerda	Sistema				Resistencia mínima a la tracción (kN)
	S	T	U	V	
Cuerda perimetral sin extremos	X			X	S: 30 - V: 20
Cuerda de atado un ramal de carga	X			X	S: 30 - V: 20
Cuerda de atado doble ramal de carga	X			X	S: 15 - V: 10
Cuerda de unión	X	X	X	X	7,5

Red: conexión de cuerdas de malla en forma geométrica de cuadro o rombo.

Lo destacable de esta norma son las recomendaciones generales a los tipos de redes, pero sobre todo en aspectos específicos, centrados principalmente en temas estructurales que deberán evaluarse en la revisión estructural.

Sistema S

Deben instalarse lo más cerca posible por debajo del nivel de trabajo; en ningún caso la altura de caída debe exceder los 6 m; si se utilizan como protección de caída lateral, la anchura de recogida, es decir, la distancia horizontal entre el borde del área de trabajo y el borde de la red de seguridad, estará en relación con la altura de caída.

Esta red debe instalarse con cuerdas de atado en puntos de anclaje separados por menos de 2,5 m y capaces de resistir la carga característica de al menos 6 kN aplicada con un ángulo $\alpha = 45^\circ$. Para el cálculo de la estructura de soporte sólo deben considerarse tres cargas características de 4 kN, 6 kN y 4 kN aplicadas en la posición más desfavorable.

La unión de distintas unidades de redes de seguridad se hará con cuerdas normalizadas de manera que no existan distancias mayores a 100 mm sin sujetar dentro del área de la red. En el caso de unión de sistemas S de redes de seguridad por solapado, el solape debe ser al menos de 2 m.

Sistema T:

En el caso de unión de este sistema por solapado, el solape mínimo debe de ser de 0,75 m.

Sistema U:

Esta red de seguridad sirve como protección intermedia de una protección de borde, necesitando por lo tanto de barandillas resistentes, rodapié y su estructura de soporte.

Sistema V:

Esta red debe estar sujeta a soportes tipo horca cuyas dimensiones y sección resistente estarán fijados por el fabricante. Además de recomendaciones de distancia entre las horcas, de los anclajes, tipos de atados de las cuerdas superior e inferior y entre ellas, las que se deben verificar para el nivel sísmico de Chile.

Finalmente, en la **norma LWSC – OSHA Compliant Safety Training**, específicamente en los sistemas de Redes de Seguridad (sistema pasivo) se indican las siguientes recomendaciones:

- Redes deben instalarse lo más cerca posible por debajo de la superficie a trabajar, no excediendo los 9 m por debajo de este nivel.
- Inspecciones se deben realizar una vez por semana para revisar desgaste
- Tamaño máximo apertura de malla 230 cm² y lado 15 cm.
- Toda red deberá tener un borde de cuerda con resistencia a ruptura mínima de 22,2 kN.
- De acuerdo con las normas de OSHA para la protección contra caídas, se puede requerir una persona calificada para asegurar diseño instalación y uso apropiado de estos sistemas

En la Tabla 4.1.2.1 se resumen el levantamiento de información y revisión de documentos de diseño, códigos y normativas referentes a los sistemas de protección de contorno perimetral. Este incluye los diferentes requisitos, sistemas de protección definidos, ensayos asociados, buenas prácticas y recomendaciones. En base a lo anterior, se hace mención directa a requisitos estructurales explicitados en cada norma para los sistemas citados. Por otro lado, con el fin de respaldar y complementar el buen uso, extensión de aplicaciones y vida útil de los sistemas, se exponen comentarios generales asociados a seguridad, inspecciones e información que disponen los manuales de fabricantes.

Tabla 4.1.2.1: Comparativo de normas sobre requisitos estructurales de protecciones provisionales de borde – Elaboración Propia

Referencia normativa	Estructuras y sistemas Sistemas de Seguridad especificados en Normativa	Requisitos Estructurales Definición de solicitaciones y resistencias requeridas	Requisitos y Características Generales especificadas asociadas a seguridad funcional de elementos	Comentarios Análisis generales asociados a restricciones, recomendaciones e inspecciones
UNE-EN 1263 -1:2018 UNE-EN 1263-2:2016 Equipamiento para trabajos Temporales en Obra - Redes de Seguridad	Redes de Seguridad y Accesorios	Rango de Temperatura de comportamiento Mecánico; Resistencia Estática de red - Ensayo Estático Laboratorio; Resistencia Dinámica de red - Ensayo: Flechas máximas, Resistencia mínimas a la tracción para las cuerdas	Tamaño de malla según clase Mallas en cuadrado o rombos	Especifica requisitos de seguridad conforme al manual de instrucciones del fabricante: Fuerzas de anclaje, altura de caída máxima, ancho de recogida, uniones de redes, distancia mínima bajo red, almacenamiento, inspección, sustitución
UNE - EN 81652:2013 Sistemas provisionales de protección de borde Redes de Seguridad bajo forjado	Redes de Seguridad - Clases A y B	Resistencia mínima de cuerdas 7,5 kN	Tamaño de malla según clase Mallas en cuadrado o rombos Define distancia libre respecto suelo 1 metro Sujeción de paños mediante ganchos de acero 8 mm	Especifica marcado y etiquetado de redes; Fabricante y/o suministrador deberá elaborar y suministrar manual con instrucciones, aplicaciones, almacenamiento, alturas de caída indicaciones de retiro; información para instalación, utilización desmontaje; ubicación de dispositivos de anclaje.
NCh 2458:1999 Construcción - Seguridad - Sistema de Protección para trabajos en altura	Sistemas de protección contra caídas (genérico) Redes	Resistencia Integral de Materiales, uniones, Sistema y Estructura Homogeneidad Geométrica Dimensionamiento según proyección de caída Redes de Protección: Caídas de 2 personas	Compatibilidad de Materiales Instalaciones adosadas a estructura de construcción - anclaje debe ser sistema a estructura Ubicación de anclajes e inclinación Especifica utilización de abrazaderas según NCh885	Excluye el sistema de fierro de construcción soldado como parte de cualquiera de sus componentes; no permite uso de alambres para suspensión; inspecciones completas después de cada instalación, modificación, reparación, evento natural o esfuerzo de estructura por persona calificada.
OSHA Occupational Safety and Health Administration 29 CFR parte M - Safety and Health Regulation for Construction	Sistemas de Protección de Caídas en la Construcción Activos y Pasivos; Sistemas personales de detención de caídas, líneas de advertencias, zonas de acceso controlado, dispositivos de posicionamiento; Sistemas de Redes de Seguridad, Protección contra caída de objetos, Barandas, Cubiertas para orificios	Redes de seguridad deben ser capaces de absorber fuerza de impacto definida; Cuerda de borde de red de seguridad con resistencia ruptura 22 kN	Tamaño apertura de malla Distancia máxima por debajo de nivel de trabajo - 9m Distanciamiento máximo de elementos verticales.	Inspecciones periódicas Requiere persona calificada para diseño, instalación y uso.

Algunos aspectos que deberían ser incluidos en la nueva propuesta normativa (Nueva propuesta Anexo I)

Los aspectos destacados de la revisión normativa son las temáticas de clasificación, tipos de cuerdas o tipo de información que debe entregarse en la venta o arriendo de las redes.

- 1) Clasificación según energía, tamaño y configuración de las redes S, T, U y V
- 2) Las cuerdas utilizadas en las redes de seguridad se denominan según su uso:
 - Cuerda de malla: cuerda con la que están fabricadas las mallas de una red
 - Cuerda perimetral cuerda que pasa a través de cada malla en los bordes de una red y que determina las dimensiones de la red de seguridad
 - Cuerda de atado: cuerda utilizada para atar la cuerda perimetral a un soporte adecuado.
 - Cuerda de unión: cuerda utilizada para unir varias redes de seguridad.

Las cuerdas utilizadas en las redes de seguridad deben estar certificadas y su designación debe incluir la referencia a esta norma europea, denominación de la cuerda y su longitud en metros.

- 3) La información que debe acompañar a las redes de seguridad es al menos lo referente al marcado y etiquetado, manual de instrucciones y aspectos de la vida útil:
 - Marcado y etiquetado, incluida la designación de la red de seguridad:
 - Las redes de seguridad deben tener un marcado permanente, por ejemplo, mediante etiquetas o discos cosidos a la red de forma que no puedan retirarse sin dañarla, con los siguientes datos:
 - nombre o marca del fabricante o importador
 - la designación de la red de seguridad, la cual incluirá: la denominación, la referencia a la norma europea EN 1263-1:2018, el sistema de red de seguridad, la clase de red y los detalles sobre el tamaño de malla, la forma de malla, el tamaño de red y el nivel de control de la producción en su caso.
 - el número de identificación de la red de seguridad
 - el año y mes de fabricación de la red de seguridad
 - la capacidad mínima de absorción de energía de la malla de ensayo
 - el código del artículo del fabricante
 - tipo de nivel de control de la producción, o del organismo competente que certifique.

Comentario general de este aspecto: En el caso el marcado y/o etiquetado se debe revisar para que si es lo mismo que se pide en Chile, no sea redundante.

- Manual de instrucciones.
 - El manual de instrucciones debe acompañar a cada envío de red de seguridad. Dará información completa sobre los siguientes aspectos de instalación, utilización y desmontaje:
 - fuerzas de anclaje necesarias.
 - altura de caída máxima.
 - anchura de recogida mínima.
 - unión de las redes de seguridad.
 - distancia mínima libre bajo la red de seguridad
 - almacenamiento, cuidado e inspección
 - fechas para el ensayo de las mallas de ensayo
 - condiciones para la retirada del servicio
 - otras advertencias sobre riesgos (p.ej.: temperaturas extremas y agresiones químicas)
 - la declaración CE de conformidad.

Comentario general de este aspecto: El montaje de las redes de seguridad debe ser realizado por personal formado siguiendo un procedimiento establecido en el manual de instrucciones del fabricante.

- Vida útil de la red de seguridad.

La estabilidad y solidez de los elementos de soporte y el buen estado de las redes de seguridad deberán verificarse previamente a su uso, posteriormente de forma periódica, y cada vez que sus condiciones de seguridad puedan verse afectadas por una modificación de las condiciones, periodo de no utilización o cualquier otra circunstancia.

4.2 Diferencias técnicas entre soluciones de protección de contorno perimetral de proveedores nacionales e internacionales y las desarrolladas por las empresas constructoras en sus obras

En este subcapítulo se presenta un levantamiento de oferta de sistemas provisionales de protección de contorno perimetral, se entrega un breve análisis de comentarios de profesionales de obra respecto a las redes y finalmente se caracterizan sistemas utilizados en distintos proyectos de construcción, identificando factores de riesgos que podrían mejorarse.

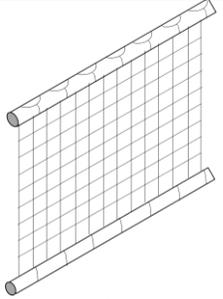
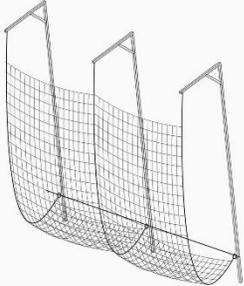
4.2.1 Recolección de tipos de sistemas provisionales de protección de contorno perimetral existentes en el mercado nacional e internacional

La siguiente Tabla 4.2.1.1 señala los resultados obtenidos de la búsqueda de proveedores de sistemas de protección provisional de contorno perimetral, que se dividen en pantallas y tipos de redes, en donde se visualiza que el sistema de pantalla aún es de uso incipiente en el contexto nacional.

Tabla 4.2.1.1: Proveedores identificados – Elaboración Propia

Protección colectiva	Cantidad de proveedores	Principales empresas	Modelos
Pantallas	1	Ulma	HWS
Redes	4	Barseg, Segma, Metal Red, HOHE	Sistemas U, S, V y T

- En el caso de **pantallas**, se encuentra un solo proveedor (ULMA) que ofrece un sistema HWS que elimina el efecto visual negativo de la altura, permite una extensión de losa para acopio de material y cierra todos los vanos del perímetro de la edificación.
- En el caso de **redes de seguridad**, existe mayor oferta de los diferentes modelos existentes (sistemas en U, V, T y S) que se diferencian principalmente en:

<p>○ Red de seguridad del sistema S: red de seguridad con cuerda perimetral, cuya instalación se realiza en posición horizontal, uniéndose directamente a los elementos estructurales definitivos a través de cuerdas y puntos resistentes, y que permite cubrir el riesgo de caída, para importantes superficies de trabajo horizontales ($\geq 35\text{m}^2$).</p> <p>Redes de seguridad certificadas según norma europea EN1263-1:2018. La mayoría son redes de polipropileno de alta tenacidad.</p>	 <p>Elaboración propia</p>
<p>○ Red de Seguridad del sistema T: es una red de seguridad sujeta a estructuras de soporte tipo consola, y éstas a su vez, se fijan a los elementos estructurales definitivos (vigas de hormigón, pilares, etc.), conformando un sistema, cuya configuración, permite la retención de una caída en altura en posición horizontal.</p>	 <p>SISTEMA T</p> <p>Fuente: INSL</p>
<p>○ Red de Seguridad del sistema U: es aquella red de seguridad sujeta a estructura soporte para su uso en posición vertical, conformando un sistema que permite cubrir el riesgo de caída por el perímetro de las estructuras.</p>	 <p>Elaboración propia</p>
<p>○ Red de Seguridad del sistema V: se trata de una red con cuerda perimetral, sujeta a estructuras soporte verticales tipo horca, y estas a su vez fijadas a los elementos estructurales definitivos, conformando un sistema, que permite cubrir el riesgo de caída por el perímetro exterior de las estructuras.</p> <p>Soportes mediante estructuras modulares metálicas: Pescantes, anclados a elementos estructurales del edificio por medio de placas de anclajes que restringen el espacio libre para objetos.</p> <p>Diseñado para soportar la caída de un cuerpo de 100 kg desde 7 metros de altura</p>	 <p>Elaboración propia</p>

Y existe una solución más avanzada de DOKA RED (Figura 4.2.1.1) edificios grandes alturas. Que posee una capacidad de carga de diseño requerida de los pernos de anclaje: Resistencia a tracción: 13,90 kN y Fuerza cortante: 9,40 kN.

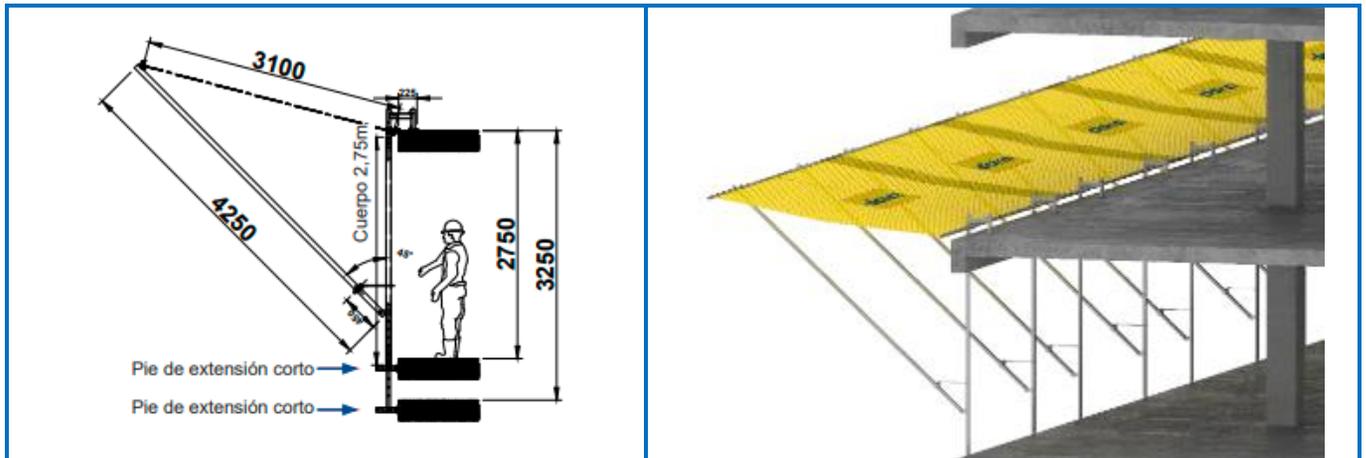


Figura 4.2.1.1: Red de contención DOKA con recomendaciones de inclinaciones

En HEKO una red tipo V (Figura 4.2.1.2), unidas entre sí con soportes mediante estructuras modulares metálicas: Pescantes, anclados a elementos estructurales de edificio por medio de placas de anclajes que restringen el espacio libre para objetos. Diseñado para soportar caída de un cuerpo de 100 kg desde 7 metros de altura. Posee un peso específico de 0,91 g/cm³, las redes son 100% inertes, poseen gran resistencia a la abrasión, protección UV, resistente a ambientes ácidos o alcalinos y baja absorción.



Figura 4.2.1.2: Red de contención HEKO con detalle de anclaje

La empresa 3M comercializa redes de gran resistencia que incorporan además revestimiento UV para aplicaciones interiores y exteriores, las que se puede utilizar para contención de escombros, caídas de personal, según el tipo de malla especificada para ello. Las redes pueden ser de polipropileno y nylon. Poseen un diseño disipante de energía con distribución diamante, protección ignífuga con material inerte, es resistente a roce y abrasión y otorga configuraciones estándar o personalizadas. Además, cuentan con una estructura de anclaje para acero estructural, pisos de hormigón o columnas.

Finalmente, también se han incorporado sistemas innovadores extranjeros en soluciones de protección provisional colectiva de contorno perimetral que se adecúan al edificio, avanzan con él o cumplen doble función, como en el caso de moldaje y que no se encuentran en Chile.

Moldaje trepante que se anexa a red o pantalla

Los sistemas de moldajes trepantes (Figura 4.2.1.3) permiten mejorar la eficiencia de los proyectos de construcción, proporcionando un rápido montaje mediante izaje o componentes hidráulicos, además de entregar flexibilidad al adaptarse perfectamente a cualquier estructura, dejando todo el perímetro protegido. Sumado a lo anterior, la incorporación de pantallas o redes mejoran la seguridad, evitan la caída de personas y/o materiales, así como también, los efectos adversos del clima.

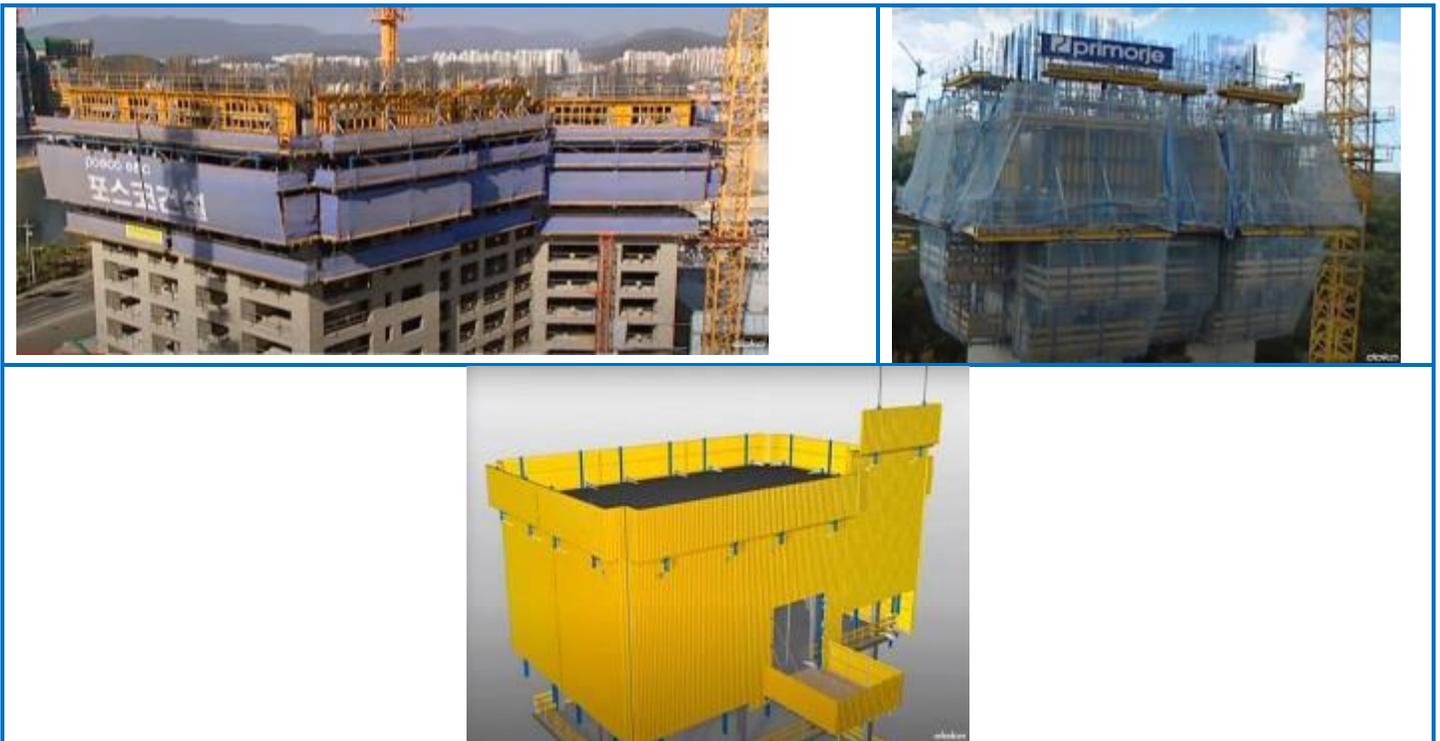


Figura 4.2.1.3: encofrado trepante de protección a las que se anexan redes - Fuente: Doka Climbing Systems

Pantalla trepante

Las pantallas de seguridad autotrepantes (Figura 4.2.1.4) son productos estandarizados de fácil transporte ideales para pequeñas instalaciones de faena de edificios de gran altura. Su elevación se logra mediante componentes hidráulicos, resultando independientes a las labores de la grúa torre. Estas pantallas entregan protección a una gran cantidad de pisos (2 ½), logrando un cierre completo de todo el perímetro que evita la caída de personas, materiales y los efectos adversos del clima y demás construcciones cercanas.



Figura 4.2.1.4: Pantalla de protección trepante - Fuente: SAFESCREEN from Hünnebeck

En sistema innovadores de redes se encuentra este sistema que se asemeja a una pantalla trepante que sube, a medida que el edificio crece, de forma manual, pero además se puede extender cuando se requiera su uso cerrar para permitir desplazamiento de algún equipo por la fachada (andamio móvil o descarga desde la grúa), tal como se observa en las imágenes de la Figura 4.2.1.5



Figura 4.2.1.5: Redes - Fuente: Safety Edge Protection - Speed Fan

4.2.2 Levantamiento de información por medio de entrevistas semi-estructuradas a profesionales de obras que utilicen sistema de protección provisional de contorno perimetral

Los profesionales consultados mencionan que en cuanto a redes son pocos los proyectos que utilizan esta opción y, si lo hacen, el objetivo principal es para detener caídas de objetos y no de personas. Las opciones presentes son las mallas inclinadas hacia avenidas principales para evitar impactar a vehículos o peatones y la opción de red del tipo V con pasadores o mástiles.

Es la empresa proveedora la que entrega el manual de usuario con las recomendaciones del sistema y también la que instala la primera vez, luego para un posterior traslado son los andamios o los instaladores de encofrados los que realizan el traslado de la red a pisos superiores.

4.2.3 Ordenamiento y agrupamiento de los tipos de sistemas provisional de protección de contorno perimetral

A continuación, se describen tipos de sistemas provisional de protección de contorno perimetral, junto con destacar buenas y malas prácticas.

		<p>Red tipo V con perfiles metálicos inclinados y un larguero horizontal. Defectos: cuando el edificio presenta singularidades geométricas la red no es completa, y el anclaje debe quedar pasado desde el hormigonado.</p>
		<p>En la imagen se observa una solución mixta de protección de borde, que responde al avance del proyecto. En la zona superior existen barandas de madera con malla Rashel en todo el perímetro en la partida de avance de hormigonado y bajo ella una red de apoyo también en todo el perímetro dos pisos más abajo.</p>
		<p>En la imagen se observa que en la intersección de los muros no fue posible instalar la red anticaídas debido a la dificultad de colocación en estas zonas singulares.</p>

	<p>Red tipo S amarrada de forma horizontal Uso interior: Huecos interiores, ascensor, shaft. Defectos: su alcance se ve limitado a las dimensiones del shaft.</p>
	<p>Red Tipo U: Uso: protección en vanos verticales que actúan como muro perimetral. Defectos: se debe anclar cada cierta separación.</p>
	<p>Pantalla metálica con malla Rasha Uso: principalmente para detener escombros de pisos superiores. Defectos: se desconoce pesos máximos de retención. Además, se visualiza en la imagen que los ángulos de inclinación son variables.</p>
	<p>Sistema tipo red de protección de caídas del tipo V, con mástiles en L invertidos. En la imagen se observa la instalación de red sobre casi 5 pisos de avance y además se visualiza que la red ha recibido caídas de escombros. Defecto: se desconoce el tiempo en que el escombros esté haciendo trabajar a la red dado que no ha sido retirado con anterioridad, para evitar mayores deformaciones.</p>
	<p>En la Figura se observa la construcción de una torre de oficina ubicada en la Región Metropolitana. Su fachada ha sido protegida a través de una pantalla trepante que se adecúa a la forma geométrica del edificio. .</p>

4.3 Recomendaciones estructurales de los sistemas provisionales de protección de contorno perimetral

Para definir los aspectos estructurales para el desarrollo de la normativa, de manera preliminar se ha realizado un análisis crítico de los códigos expuestos, nacionales e internacionales, estudiando las metodologías utilizadas y cómo varían los requerimientos de acuerdo con las diferentes normativas. En base a lo anterior, y a partir de un análisis global de las referencias expuestas anteriormente, se han definido las siguientes categorías y requerimientos (Tabla 3.3.4.1) y en el **Anexo B** se entrega el análisis comparativo normativo que permitió entregar las recomendaciones estructurales en función a las categorías estructurales expuesta:

C1: Cargas y Solicitaciones:

En el caso de las redes, también se propone utilizar el enfoque de la normativa europea, donde se define la energía que debe resistirlas redes, definida según categorías, dichas energías son las siguientes (**UNE EN 1263 1:2018 y UNE EN 1263 -2:2016**):

- Clase A1: EA = 2,3 kJ; tamaño máximo de malla = 60 mm
- Clase A2: EA = 2,3 kJ; tamaño máximo de malla = 100 mm
- Clase B1: EB = 4,4 kJ; tamaño máximo de malla = 60 mm
- Clase B2: EB = 4,4 kJ; tamaño máximo de malla = 100 mm

Comentario: Para el diseño de redes, la carga que tendrán que soportar los parantes no solo depende de la energía que soporte la red, adicionalmente dependerá de la deformación de esta misma. Esto requiere de un análisis más detallado, pero se sigue incluir una deformación característica de acuerdo con las mallas disponibles para que la persona encargada del cálculo pueda estimar las cargas en los apoyos.

C2: Estructuración:

Es necesario analizar los criterios para las redes, en donde los principales criterios son la altura bajo el nivel de trabajo y el espacio entre las redes.

Para las **redes** se propone lo siguiente:

- Limitar el espacio de las redes a 100 [mm] como lo estipula la normativa europea.
- Respecto a la distancia máxima de instalación de redes, se puede apreciar que la normativa chilena considera 7 [m], la normativa norteamericana considera 9 [m], en tanto la normativa europea no presenta este parámetro de manera explícita y solo establece una energía mínima de rotura asociada. Si se consideran los 4.4 [kJ] definidos en la norma europea y se les asocia una masa de 200 [kg] (2 personas), esto es equivalente a una caída de 2.5 [m]. Tomando como referencia los 200 [kg] esto corresponde a una energía de 13.7 [kJ]. A partir de los comentarios de los proveedores, este es un punto relevante, por lo que se propone disminuirla altura de caída o asegurar una energía mínima mayor de rotura en las redes mayores, ajustada a los tipos de redes que se comercializan en Chile o a las alturas de piso-cielo.

C3: Materiales

Este aspecto solo se abordó para las materialidades de las barandas, debido a que en las redes el tipo de material de cada uno de los elementos que la componen se analiza con la resistencia estructural del conjunto completo.

C4: Seguridad

Este punto solo lo aborda la normativa europea, a partir de la cual se definen condiciones de serviciabilidad estructural (la resistencia, rigidez y estabilidad) y factores de seguridad dependiendo de si se trata de barandas o redes. En el caso de la normativa chilena sobre redes y pantallas, se hace referencia a las distancias a equipamientos eléctricos, lo que no es mencionado en otras normativas, sin embargo, esto no tiene una influencia en el desempeño estructural, por lo cual se proponen los siguientes contenidos para asegurar un correcto desempeño estructural:

Para las redes se propone lo siguiente, a partir de lo establecido en la EN 1663 - 1 y 2:

- Definir rango de temperatura entre los 10° y los 40°.
- Definir deformaciones máximas de acuerdo con la Figura 4.3.1. y la siguiente nomenclatura:

l: es el vano de la red de seguridad (lado menor)

h: es la distancia vertical entre el punto de anclaje de la red de seguridad y el punto de trabajo superior H_i ;

es la distancia vertical entre la red de seguridad y el punto de trabajo superior

f_0 : es la deformación causada por el peso de la red de seguridad

f_{adm} : es la deformación máxima causada por el peso de la red de seguridad más la carga dinámica

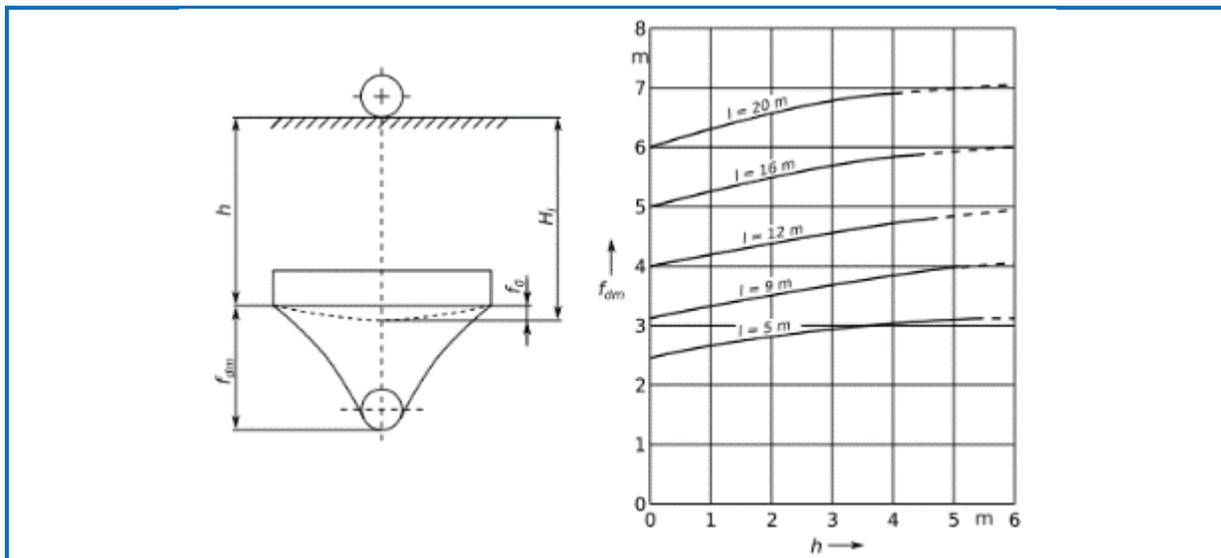


Figura 4.3.1: Deformaciones admisibles - Imagen mejorada de la UNE EN 1263-2:2016

- Definir una energía de rotura considerando las condiciones de servicio con un año de envejecimiento.

C5: Ensayos

Este punto es uno de los más deficientes en la normativa actual, donde no se exige explícitamente ningún ensayo ni certificado del desempeño de las redes, las cuales cuentan con importantes supuestos para su funcionamiento, como el desempeño en rangos no lineales y energías mínimas de rotura.

A partir de lo planteado se proponen los siguientes ensayos para las **redes**:

- Ensayo Estático: De acuerdo con lo estipulado en la sección 7.7 de la EN 1263-1:2018 y que indica:

- *Ensayo Estático Laboratorio. Esfera de Acero 500 mm de diámetro, Masa de 100 kg, Dinamómetro 50 kN. Se aplica la fuerza a la masa de ensayo situada en el centro de la red, hasta que la red se rompa.*

Registro de fuerza de rotura.

Registro de desplazamiento

- Ensayo Dinámico: De acuerdo con lo estipulado en la sección 7.8 de la EN 1263-1:2018 y que indica: *Ensayo Dinámico para Redes. Definido para cada sistema: SISTEMAS S,T. Masa de ensayo 100 kg a 7 metros altura. SISTEMAS U. Masa cilíndrica de ensayo 75 kg. 5 metros de longitud de rampa.*

Resistencia Dinámica Ensayo: Flechas máximas

- Ensayo de Envejecimiento Artificial: De acuerdo con lo estipulado en la sección 7.7 de la UNE EN81652:2013 y que indica

7.7 Ensayo de envejecimiento artificial. Se realiza para determinar coeficiente específico de seguridad. De acuerdo al procedimiento de laboratorio estipulado en la norma UNE 81652:2013

- Ensayo de Carga de Rotura: De acuerdo con lo estipulado en la sección 7.5 de la EN 81652:2013 y que indica

7.5 Ensayo de carga de rotura de las cuerdas perimetrales, de atada y de unión. La carga de rotura (resistencia mínima a tracción) de las cuerdas perimetrales, de atado y de unión se debe determinar de acuerdo con las Norma UNE-EN-ISO 2307:2019

- Inspección de Dimensiones Mínimas de la Malla: De acuerdo con lo estipulado en la sección 7.2 de la EN81652:2013 y que indica:

Para mallas Q o D: La inspección de las dimensiones de la malla se debe llevar a cabo después de aplicar unapretensión (10 +/- 1) N a cada cuerda, en la dirección de la medida. El tamaño de la malla se debe especificar con precisión 1 mm, midiendo al menos 10 mallas y dividiendo la dimensión obtenida por el número de mallas medidas. Se debe medir por separado en ambas direcciones de la malla.

La inspección de las dimensiones de la malla junto con la cuerda perimetral se debe llevar a cabo después de aplicar una pretensión (50 +/- 1) N en la cuerda perimetral, en la dirección de la medida. El tamaño de la malla se debe especificar con precisión 1 mm, midiendo al menos 10 mallas y dividiendo la dimensión obtenida por el número de mallas medidas (malla Q), o dividiéndola por la raíz cuadrada de 2 veces el número de mallas medidas (malla D). Se debe medir por separado en ambas direcciones de la cuerda perimetral.

Comentario: Estos ensayos pueden ser presentados como certificado de calidad del producto que arriendan o venden los proveedores presentes en el mercado nacional.

C6: Uniones:

La NCh 2458:1999 hace referencia a la ubicación de las uniones donde se define que tanto el cable de tensión como la pantalla deben ser ancladas a la losa de cada piso. En contraste, la UNE-EN 1263 -1:2018 y UNE-EN 1263 -2:2016 define esfuerzos y condiciones de carga para el sistema de fijaciones.

A partir de esta información se propone lo siguiente:

- Mantener la estructuración propuesta en la NCh 2458:1999
- Solicitar memoria de cálculo o documento de respaldo asegurando que las uniones son capaces de resistirlas solicitaciones producto de las cargas definidas según categoría.

4.4 Identificación de materias necesarias a incorporar en una prenorma para sistemas provisionales de protección de contorno perimetral

A continuación, se describen los capítulos específicos para sistemas provisionales de protección de contorno perimetral del tipo redes S, U y V. El desarrollo completo se entrega en el Anexo I.

1. Introducción

En este capítulo se resumen lo que presenta en la prenorma referente a sistemas provisionales de protección de contorno perimetral del tipo redes.

2. Marco de aplicación

En este capítulo se definirá en dónde y en qué ámbitos se puede utilizar esta prenorma, y para qué tipos de redes.

3. Términos y definiciones

En este apartado se entregan las principales definiciones de partes, componentes y elementos que conforman los sistemas provisionales de protección de contorno perimetral del tipo redes.

4. Clasificación

En este apartado se entrega la clasificación de los tipos de redes según su configuración de formas y tipos. Luego se recomiendan las dos designaciones para referirse a los tipos de redes, la primera según el tipo de red y la segunda la designación que debe utilizar el fabricante para el etiquetado de la red.

5. Requisitos

En este apartado se entregan requisitos generales a considerar en el uso de los sistemas provisionales de protección de contorno perimetral tipo red.

6. Requisitos estructurales

En este apartado se indican las recomendaciones de cálculo para los requerimientos de cargas y solicitaciones, de acuerdo con la estructuración de la red, los tipos de materiales utilizados, aspectos de seguridad, recomendaciones para uniones, requisitos para la tracción de las cuerdas y los tipos de ensayos a solicitar.

7. Manual de instrucciones

En este apartado se entregan instrucciones o requisitos a cumplir por parte del trabajador que instala los sistemas provisionales de protección de contorno perimetral del tipo redes, recomendaciones para la instalación, precaución de uso en obra, requisitos para la inspección, requisitos a entregar o cumplir por parte del fabricante e ingeniero calculista y por último algunas recomendaciones para su almacenamiento.

5. VALIDACIÓN DEL CONTENIDO TÉCNICO DE LAS PRENORMAS DESARROLLADAS

A continuación, se resumen las respuestas de validación de contenido técnico recibido por parte de profesionales y proveedores del sector construcción nacional y algunos comentarios generales sobre lo que se puede mejorar en el sector de la construcción para que los sistemas analizados cumplan eficiente su función.

Capítulo de materialidad

Considerando que en Chile existen normas específicas para materiales, no es necesario incluir el detalle de resistencias de los materiales a utilizar en los sistemas de protección provisional de protección de vanos interiores y/o exteriores y de contorno perimetral y solo es recomendable especificar (listar) las normas que se utilizarán para verificar las resistencias de materiales que se utilizarán en la configuración de los sistemas.

Capítulo de las resistencias estructurales

Además de cumplir los requerimientos estructurales para los sistemas de protección tipo modulares y conectables de la norma UNE 13374:2013 y para los de redes de las normas UNE EN 1263 1:2018; UNE EN 1263 2:2016; UNE81652:2013, también es importante incluir un párrafo en que se indique que las fijaciones deben cumplir los mismos requerimientos.

Medidas y rangos a corroborar

Se consulta sobre la opinión de altura para los sistemas de protección del tipo modular y conectable. Los entrevistados están de acuerdo con la altura de 100 cm desde el nivel de piso.

Sobre el rango de temperaturas de la red de 10°C a 40°C se considera un rango aceptable considerandolos tipos de materialidades de las cuerdas. Se sugiere la importancia de incorporar la mención de que los materiales utilizados deben estar protegidos y resistir los rayos UV.

Capítulo de responsabilidades del proveedor

Para todos los sistemas de protección provisional de protección consultados (modulares, conectables y tipo redes) el proveedor es el que debe entregar la ficha técnica del producto con el máximo de información posible y por sobre todo indicar que si no existe cumplimiento de las recomendaciones no se puede asegurar el correcto desempeño del producto instalado.

Esta información puede estar incluida en un manual de usuario con recomendaciones, además de recomendaciones específicas para las etapas de instalación e inspección del producto.

Este formato de entrega de la información asegura que los productos utilizados sean más estandarizados y que posean respaldos en su uso. Los productos que se utilizan en Chile se importan de países en donde la normativa es más exigente que en Chile.

Capítulo de responsabilidades del ingeniero calculista

El ingeniero calculista que participe de las recomendaciones de los sistemas provisionales de protección puede ser distinto al ingeniero calculista del proyecto y solo se requiere para proyectos singulares en donde no existen en el mercado soluciones ya existentes o probadas. También participa cuando la empresa constructora adquiere sus propios productos, y los reutiliza en los nuevos proyectos, pero solo serán recomendaciones de verificación de que se siguen cumpliendo los requisitos entregados por los proveedores.

Importancia de las condiciones de uso

En Chile los sistemas provisionales de protección de vanos interiores y/o exteriores (barandas modulares o conectables) e incluso los sistemas tipos redes no pueden ser sistemas de detección de caídas por sí sola, ya que el sistema que debe actuar como base son los sistemas de caídas individuales.

En el caso de los sistemas modulares o conectables estos se deben utilizar como elemento de prevención al indicarle al trabajador que se acerca a un borde y es una zona de riesgo.

En el caso de las redes, su uso en Chile es principalmente para detener caídas de materiales o escombros y evitar un accidente a trabajadores que están debajo, peatones o tránsito.

En lo ideal, estos sistemas deberían jerarquizarse y complementarse entre sí: 1) SIEMPRE un sistema de caída individual, más 2) sistema de borde del tipo modular o conectable y 3) el sistema tipo red o pantalla.

Aspectos de la trazabilidad

En el caso de los sistemas de protección del tipo modular o conectable, un aspecto importante es la trazabilidad si este producto se vendió a una empresa constructora y el proveedor ya no tiene opción de verificar.

Para ello será la empresa constructora la que deba tener un sistema de verificación enmarcado en el plan de calidad, para que con aspectos claves se pueda verificar in situ si el sistema se puede reutilizar.

En el caso de la red, cuando el producto es de alto estándar y de empresas proveedoras con un sistema estricto de calidad, en la venta del material se entrega un muestrario tipo para que de esa forma ese patrón sirva para comparar el estado actual de las cuerdas de la red. En el caso de una fuerte caída (X cantidad de kilos) se recomienda el retiro de la red.

Importancia de la certificación del producto

Como los productos utilizados en Chile son importados y no existe un aspecto de la norma actual que lo señale, estos productos sí debieran certificarse al llegar a Chile o al menos obtener una homologación, sobre todo en sistemas tipo red.

Además, como este proceso es de alto costo también debería existir la opción de realizar ensayos de campo y de esa forma cualquier cambio que realice a puntos del sistema como anchos libres, tipos de anclajes o traslapes, pueden quedar verificados con un ensayo estándar de caída de peso muerto que permita verificar in situ la deformación de la red con el conjunto de los elementos que la componen.

En el caso de los sistemas modulares, es más difícil lograr una certificación, por eso se vuelve a destacar la entrega de las resistencias de los materiales a través de las normas nacionales de materiales. Esto debido a que cualquier modificación en las distancias o sistemas de anclajes o fijación cambiaría el desempeño del producto completo.

Temas a destacar

En el caso de la red es complejo que sea un ingeniero estructural el que entregue las recomendaciones de diseño para la red, ya que para que el sistema funcione debe cumplir un conjunto de factores: tipo de apoyo, tipo de fijación, tipo y materialidad de las cuerdas de malla, de las cuerdas de atado, entre otros y el que puede entregar esa información es el proveedor que conoce su producto y sabe cuáles son los límites de rotura o aspectos de rechazo.

En el uso de redes es importante sensibilizar a los usuarios sobre la ubicación y altura, ya que esa ubicación tiene relación con el proyecto y por lo tanto es un elemento de seguridad que se debe considerar ANTES del desarrollo del proyecto y no DURANTE el avance del proyecto. Además, los puntos de anclajes siempre deben estar fijados en elementos estructurales definitivos del proyecto, por ello la importancia de la antelación.

En el caso de baranda es importante trabajar en la estandarización o tipificación del producto ya que de esa forma se puede cubrir más elementos que necesitan protección con sistemas de fácil transporte, instalación o de fácil acoplamiento.

CONCLUSIONES

Las principales conclusiones de los antecedentes analizados se discuten a continuación:

Aspectos generales para los dos sistemas provisionales de protección colectivas

Las empresas constructoras chilenas utilizan ciertos documentos técnicos en que se basan para determinar requisitos para evitar caídas, tales como las guías para el trabajo en altura (Condiciones de uso y materiales en vanos y/o shafts), fichas de trabajo que ha realizado grupos de trabajos sectoriales (Identificación de riesgos y principales causas de accidentes, medidas preventivas y listas de verificación) y sistemas de seguridad y salud ocupacional propios de la empresa constructora. Esta información suele ser un complemento al uso normativo, ya que al ser de un lenguaje más simple y cercano es más fácil readaptarlos para usarlos en obra. Es por ello que en este trabajo también se propone un manual de instalación (Anexos C y G) y listas de verificación (Anexos E y H) para todos los sistemas provisionales de protección analizados.

De acuerdo con la información recopilada en las entrevistas a los proveedores, destacan aspectos tales como: importancia de la exigencia de una memoria de cálculo, sobre todo cuando el producto no presenta una ficha técnica o una certificación que lo acompañe; la importancia de la trazabilidad del producto una vez vendido: condiciones de su reuso, cuántas veces ha sido reutilizado; quién y cómo se le hace mantención además de quién y cómo se fiscaliza.

Sobre el uso en obra destacan aspectos tales: cómo se fiscaliza el seguimiento de las modificaciones en obra, que los sistemas de protección de borde estén bien instalados o que todo el perímetro cuente con un sistema de protección de borde. A esto último se observó de las entrevistas que el uso de redes siempre debería utilizar como complemento y doble sistema de protección a las barandas.

En el análisis de riesgo se pudo observar que el riesgo de caídas por altura y de materiales se encuentra presente en todas las actividades de la construcción. La mayor parte se concentra en la obra gruesa, principalmente en las actividades de enfierradura, encofrado y hormigonado. En las instalaciones éstas se concentran en las eléctricas y sanitarias dado el trabajo que se debe realizar cerca de vanos y en las aberturas de las pasadas de las instalaciones.

Análisis de requerimientos y barreras de implementación: del análisis de riesgo se observa la necesidad de contar con sistemas de provisionales de protección perimetral, tanto de vanos perimetrales como en las zonas de contorno del proyecto, en cada una de las actividades que se realizan en obra. Aunque esta necesidad se contrapone por el avance cambiante y acelerado de los proyectos de construcción que hace que vanos, aberturas de pasadas de instalaciones o fachadas puedan quedar desprotegidos. Es por ello por lo que las **principales barreras identificadas** en el uso de sistemas de protección perimetral colectiva son:

- a) Los sistemas de protecciones colectivas no concuerdan con los diseños de los edificios. Existe poca flexibilidad de los sistemas utilizados en Chile.
- b) Existe un alto costo de sistemas de protección que avanzan junto a la obra. Ejemplo: Sistema de moldaje trepante, pantallas trepantes, redes trepantes, barandas multiusos, que se han utilizado solo en algunos edificios emblemáticos o de gran altura.
- c) El rápido avance de las actividades suele dejar desprotegidas las protecciones de los pisos inferiores que continúan siendo un foco de riesgo.

En base a las tipologías constructivas, se identificaron 4 tipologías para edificios en altura sobre los 7 metros, destacándose los de i) acero de uso mayoritario para oficinas o comercio, ii) de hormigón armado macizo de uso habitacional o de marco para edificios no habitacionales, iii) los de albañilería de ladrillo confinado para edificios hasta 4 pisos, pero en Chile son utilizados mayoritariamente en primer piso de viviendas en extensión y iv) la tipología estructurada en madera también utilizada en viviendas de extensión, pero en este caso en los segundos pisos.

También se identificaron algunos diseños arquitectónicos de edificios en altura los de geometría rectangularo los que presentan muchas singularidades, características geométricas que hace que algunas empresas constructoras elijan un sistema de protección de borde por sobre otros. Y finalmente, se identificó que la tipología constructiva más usada en Chile es la de hormigón armado.

Finalmente, en las materias a incluir en los contenidos de la pre-norma, en base a la información internacional recopilada, se propuso separar la actual norma de redes y pantallas en una específica para sistemas provisionales de protección de vanos interiores y/o exteriores perimetrales modular y conectable y una norma para redes a la que se identificó como sistema provisional de protección de contorno perimetral. Los contenidos más relevantes de cada uno se han confirmado por medio de entrevistas de validaciones a profesionales y proveedores presentes en el mercado nacional.

Para los dos grupos se entregan como capítulos de base 1) la introducción; 2) marco de aplicación; 3) términos y definiciones; 4) requisitos generales y un capítulo de 5) manual de instrucciones en donde se entregan recomendaciones para el trabajador, la instalación, precauciones en obra o uso, inspección, requisitos para el fabricante e ingeniero calculista y recomendaciones para el almacenamiento.

Para los sistemas modulares y conectables se entregan capítulos específicos de clasificación según materiales y cargas, algunas condiciones que se deben cumplir, recomendaciones de ubicación según elemento estructural a proteger y actividades o trabajos que presentan peligros de caídas y en el capítulo de requisitos estructurales recomendaciones para el cálculo de cargas estáticas, estructuración y seguridad.

Para los sistemas del tipo redes se entregan capítulos específicos de clasificación según configuración con la designación del tipo de red y designación de fabricación (etiquetado); en los requisitos estructurales se entregan recomendaciones de cálculo para cargas y solicitaciones, estructuración, materiales, seguridad, uniones, resistencia a la tracción de cuerdas y ensayos.

Conclusiones específicas para los sistemas provisionales de protección de vanos interiores y/o exteriores perimetrales

Del análisis realizado a las entrevistas a profesionales de la construcción en conjunto con el análisis de las tipologías constructivas, se pudo identificar los elementos de decisión que poseen las empresas constructoras al momento de elegir un sistema de protección perimetral en vez de otro. Descartado el económico, que es el mínimo denominador en todas las entrevistas, los otros elementos destacados fueron flexibilidad del sistema, la óptima relación entre tiempos de instalación de los sistemas de protección con los tiempos de avance del proyecto, características estructurales y arquitectónicas que permitan el uso de sistemas de protección repetitivos, el peso de la solución y su nivel de durabilidad.

Algunas recomendaciones que deben cumplir los sistemas y se destacaron de las entrevistas fueron: deben ser certificados para edificios en altura sobre los 4 pisos, más opciones de solución para puntos singulares del proyecto y verificar temas de pesos de las soluciones.

En la caracterización de las soluciones ad-hoc de sistemas provisionales de protección de vanos interiores y exteriores perimetrales a las que se les denominó “modulares”, se identificó barandas metálicas estructuradas completamente de acero en perfiles verticales y horizontales y en el que entra el subgrupo de barandas con malla de acero electrosoldada, los sistemas con listones horizontales de madera y perfiles verticales metálicos o los sistemas de apoyos de alzaprimas con largueros horizontales metálicos. Esta solución es una de las más versátiles en el mercado y presenta un abanico de alternativas en los tipos de anclajes: el más usado es el simplemente apoyado a través de fuerza de apriete en su anclaje, a través de anclajes desde la estructura con pasadores y algunos pocos casos con solución química a través de un epóxico que permita la unión entre la baranda y el elemento de hormigón. Por otra parte, dependiendo de las características de las barandas, es posible intercambiar los largueros horizontales por distintas medidas, de acuerdo con las recomendaciones de diseño.

También se identificó un 4to grupo de sistemas denominado “conectables” que protegen un vano por medio de cables de acero tensados cuya fijación se puede realizar a perfiles verticales metálicos, a muros estructurales existentes o en otros casos a losas estructurales existente. En todos los casos el tipo de fijación recomendada fue el químico con epóxico y tornillo. En este sistema el factor importante a considerar fue la tensión del cable y la correcta ejecución de los anclajes.

Todas las recomendaciones de tipos de sistemas, estructuración, uniones y fijaciones se respaldaron por una memoria de cálculo en la que se presentan los criterios de diseño y los factores de seguridad utilizados.

Conclusiones específicas para los sistemas provisionales de protección de contorno perimetral (redes y/o pantallas)

Sobre la situación normativa en Chile, sólo existe la norma NCh 2458:1999 que se basó en la norma europea UNE-EN 1263-1:2018 pero en su versión de 1997 (la que además ya cuenta con dos partes y ha sido ratificada por la Unión Europea en dos ocasiones). En la norma NCh 2458:1999 sólo se entregan recomendaciones generales de instalación de redes y pantallas, pero no se hace distinción en los tipos de redes o tipos de pantallas. Respecto a barandas u otras protecciones de borde no existe normativa relacionada. Además, muchos de los requerimientos que exigen o demuestran las empresas proveedoras nacionales se basan en la UNE-EN 1263 1:2018 y UNE-EN 1263 2:2016.

Por otra parte, las normas europeas solicitan información más detallada al proveedor y han creado requerimientos específicos a los distintos modelos que existen en el mercado.

Sobre los requisitos estructurales recomendados es importante destacar que la normativa chilena actual presenta pocas condiciones explícitas para el cálculo estructural de los sistemas provisionales de protección de contorno perimetral, estableciendo algunos criterios concretos, pero dejando fuera puntos de gran importancia identificados tanto en el estudio de las normativas extranjeras como a partir de e los proveedores. Los principales puntos ausentes en la normativa chilena son: 1) No se definen categorías para las redes de seguridad: En las normativas extranjeras se presentan diferentes tipos de redes de seguridad, debido a que los sistemas de apoyo y estructuración internas de estos varían de acuerdo con su tipología, por lo que los requisitos pueden variar; 2) No existen requerimientos de ensayos para las redes de seguridad: La normativa europea, principal referente de los proveedores chilenos, se basa en gran manera en los criterios entregados por los ensayos para definir cargas e inspecciones a las redes, sin embargo, la normativa chilena no lo estipula como requisito, ni hace referencia a un ensayo normado; y 3) No se solicita de manera explícita una memoria de cálculo: Si bien el punto 7.1 de la NCh 2458:1999 habla de que los sistemas deben ser sometidos a un cálculo estructural, no se solicitan documentos de respaldo ni se entregan suficientes parámetros de diseño para efectuar dicho análisis de manera apropiada, es decir, considerando las cargas y consideraciones mínimas de estructuración.

REFERENCIAS

- American Iron and Steel Institute (2001). Norma AISI 2001. Diseño estructuras de acero. North American specification for the design of cold formed Steel structural members
- Asociación Española de Normalización AENOR (2013). UNE - EN 81652.2013: Redes de Seguridad bajo forjado. Requisitos de seguridad y métodos de ensayo
- Asociación Española de Normalización AENOR (2016) UNE EN-1263-2: Equipamiento para trabajos temporales de Obra - Redes de Seguridad. Parte 2: Requisitos de seguridad para los límites de instalación
- Asociación Española de Normalización AENOR (2018) UNE EN-1263-1: Equipamiento para trabajos temporales de obra. Redes de seguridad. Parte 1: Requisitos de seguridad y métodos de ensayos
- Asociación Española de Normalización AENOR (2019). UNE EN-13374:2013+A1:2019: Sistemas provisionales de protección de borde. Especificaciones del producto, Métodos de ensayo
- BARSEG. Empresa proveedora de barandas y redes. <https://www.barseg.cl/>
- Cámara Chilena de Construcción - CChC (2011). Código de buenas prácticas en la Industria de la Construcción. 40 pp
- Canadian National Building Code: 4.1.10.1(1)(e), 4.1.10.1(2), 4.1.10.1(4)
- Chan, A. P., Wong, F. K., Chan, D. W., Yam, M. C., Kwok, A. W., Lam, E. W., & Cheung, E. (2008). Work at height fatalities in the repair, maintenance, alteration, and addition works. *Journal of construction engineering and management*, 134(7), 527-535.
- Escamilla, A. C., García, M. D. L. N. G., & Pérez, N. L. (2020). Static load behavior and energy absorption of safety guardrails for construction works. *Journal of Construction*, 15(2), 46-54.
- Espac. Empresa proveedora de barandas http://www.espac.cl/wp-content/uploads/2015/09/Ficha_t%C3%A9cnica_Valla_Baranda.pdf
- Departamento de Seguridad y Salud en el Trabajo (DSST-Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho) del MTE. Norma Regulatoria Brasileña NR 18: Condiciones y Medio Ambiente del Trabajo en la Industria de la Construcción
- Departamento de Seguridad y Salud en el Trabajo (DSST-Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho) del MTE. NBR 14718: Construcción de barandillas
- Departamento de Seguridad y Salud en el Trabajo (DSST-Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho) del MTE. Norma Regulatoria Brasileña NR 35: Trabajos en altura
- Doka Climbing Systems. Empresa proveedora moldaje trepante

- DOKA Smart Edge. Empresa proveedora de redes.
- Dong, X. S., Fujimoto, A., Ringen, K., & Men, Y. (2009). Fatal falls among Hispanic construction workers. *Accident Analysis & Prevention*, 41(5), 1047-1052.
- HEKO. Empresa proveedora de barandas y redes <http://www.heko.cl/wp-content/uploads/2018/05/HEKO-Cata%CC%81logo-protecciones-colectivas-lq.pdf>
- Hünnebeck SAFESCREEN. Empresa proveedora pantalla trepante
- HWS. Empresa proveedora de pantallas. <https://www.ulmaconstruction.com/es/encofrados/sistemas-de-seguridad/pantalla-proteccion-perimetral-hws>
- Instituto Nacional de Normalización - INN (1986). NCh1537:1986(2009). Diseño estructural. Cargas permanentes y cargas de uso
- Instituto Nacional de Normalización - INN (1989). NCh2150:1989 (modificada en 1991): Madera laminada encolada. Clasificación mecánica y visual de madera aserrada de pino radiata
- Instituto Nacional de Normalización - INN (1991). NCh2165:1991: Tensiones admisibles para la maderalaminada encolada estructural de pino radiata
- Instituto Nacional de Normalización - INN (1991b). NCh1198:1991(2014). Madera. Construcciones enmadera. Cálculo
- Instituto Nacional de Normalización - INN (1999). NCh 2458:1999: Construcción. Seguridad. Sistema de protección para trabajos en altura. Requisitos generales
- Instituto Nacional de Normalización - INN (2006). NCh203:2006: Acero para uso estructural. Requisitos
- Instituto Nacional de Normalización - INN (2016) - NCh-ISO14567:2016: Equipo de protección personal para la protección contra caídas de altura - Dispositivos con un único punto de anclaje
- Instituto Nacional de Normalización - INN (2016b) - NCh-ISO16024:2016: Equipo de protección personal para la protección contra caídas de altura - Sistemas de línea de vida horizontal flexible.
- Instituto Nacional de Normalización - INN (2016c). NCh427:2016. Construcción. Estructuras de acero. Parte 1: Requisitos para el cálculo de estructuras de acero para edificios
- Instituto Nacional de Normalización - INN (2017) NCh3171:2017. Diseño estructural. Disposiciones generales y combinaciones de cargas
- Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo (2008) NTP 803: Encofrado horizontal: Protecciones colectivas (I)
- Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo (2008) NTP 816: Encofrado horizontal: protecciones individuales contra caídas de altura

- Kang, Y., Siddiqui, S., Suk, S. J., Chi, S., & Kim, C. (2017). Trends of fall accidents in the US construction industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(8), 04017043.
- Mesa Participación Social de la Construcción. MPSC (sf) Ficha de trabajo práctica: Protecciones estructurales en construcción. shaft -pasadas de losa - cierres perimetrales - fosos - bordes de excavación.
- Metal Red. Empresa proveedora de barandas <http://metalred.cl/productos/barandas/#barandas-plasticas>
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) - Gobierno de Chile (1992) Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Clase de edificios. Modificada 2018.
- Mutua de seguridad (sf). Manual programa PEC empresa competitiva, 82 pp
- Mutua de seguridad (2015). Guía para el control de peligros en trabajos de altura física. Construcción. 42 pp
- OSHA Regulations for Rooftop Guardrail Systems: Guarding floor and wall openings and holes 1910.23
- OSHA Regulations for Rooftop Guardrail Systems: Fall protection systems criteria and practices 1926.502
- SAFETYRESPECT Edge protection solutions. Empresa proveedora baranda
- Safe Work Australia. Code of Practice - Preventing Falls in Housing Construction (2012)
- SEGMA Empresa proveedora de redes. <http://segma.cl/>
- Superintendencia de Seguridad Social-SUSESO, Gobierno de Chile (2020). Estadísticas de accidentabilidad 2019. Presentación. 52pp
- Ulma. Empresa proveedora de barandas y redes https://www.ulmaconstruction.cl/es-cl/ulma/multimedia/catalogos-de-productos#b_start=0

ANEXO A – DETALLES DE ENTREVISTAS

A.1 ENTREVISTA A PROFESIONALES DE LA CONSTRUCCIÓN FICHA DE ANTECEDENTES SOCIODEMOGRÁFICO

Sexo		Edad	
Ocupación / cargo		Actividad o partida que controla	
Años de experiencia		Estudios	
Capacitación sistemas de protección y fecha		Antecedentes de accidente, cuándo	
Tipo protección que se utiliza en la obra y ha tenido que usar o revisar			

GUIÓN DE PREGUNTAS – ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA

1. ¿Quisiéramos conocer cómo ha sido la experiencia en la utilización de sistemas de protección defachadas y vanos (SP) en la empresa?
2. ¿La empresa constructora cuenta con políticas y protocolos en seguridad y salud ocupacional? En caso de si) ¿Este contempla la protección de vanos y fachadas? En caso de no) ¿Según qué organismo se apoya para realizar dichas tareas?
3. ¿La empresa constructora cuenta con un sistema de protección colectiva estandarizado? cuáles
4. Según su parecer ¿Qué tan flexibles son los elementos de protección colectiva? ¿Logran cerrar toda la fachada y los vanos establecidos por diseño? Y qué elemento específico poseen que le permite lograesa flexibilidad
5. En los últimos años ¿La empresa constructora ha invertido en seguridad de protección de fachada ovanos
En caso de sí) ¿En qué exactamente? y, según su parecer, ¿Cómo ha mejorado el éxito en la ejecución de los proyectos?
En caso de no) ¿Cómo influyen los sistemas actuales en la seguridad de los proyectos?
6. En obra ¿De qué manera la seguridad influye en los procesos de planificación?
7. En obra ¿Quién/es es/son el/los responsable/s del cumplimiento de las protecciones colectivas?
8. En obra ¿Qué sistema de protección colectiva ocupan y por qué? (costos, plazos, flexibilidad de la solución o requerimientos de oficina central)
9. En obra ¿La protección colectiva cumple con todas las expectativas?
En caso de no) ¿Por qué y qué otros sistemas pueden suplir esta falencia?
10. En obra ¿Cómo se protegen los fosos de ascensores y los shafts?
11. Puede describir el procedimiento interno de revisión para uso de sistema de protección
12. Puede describir el procedimiento interno de mantención de los sistemas de protección
13. Existe alguna cuadrilla de seguridad en estos temas
14. ¿Qué problemas se han enfrentado o han tenido en el armado/uso/mantención de los sistemas deprotección?
15. ¿Cómo ha sido el servicio que prestan los proveedores? Y cuál es.
16. Basado en lo anterior, ¿qué oportunidades de mejora ve en el uso de las barreras?

A.2 ENTREVISTA A PROVEEDORES

FICHA DE ANTECEDENTES SOCIODEMOGRÁFICO

Sexo		Edad	
Ocupación / cargo			
Años de experiencia			
Capacitación sistemas de protección y fecha			
Tipo protección que la empresa comercializa			

GUIÓN DE PREGUNTAS – ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA

1. ¿Qué productos ofrecen en venta o en arriendo? Y si es mixto por qué esa diferenciación
2. Cuando arriendan ¿Cuál es el alcance del servicio (asesoría, instalación, funcionamiento, mantención y desmontaje) y si es solo venta dan otro?
3. Qué problemas tienen durante la instalación del SP: eg. geometría, tiempo, no hay afianzamientos rígidos y quedan sobrepuesto (en el caso de redes v/s barandas)
4. Si la empresa comercializa redes qué ventajas y desventajas poseen los modelos y en qué casos ustedes pueden recomendar uno por sobre otro modelo
5. En qué documento o norma se basan para recomendaciones estructurales
6. Cuáles son las condiciones mínimas que debe entregar la empresa constructora para que en obra se entregue un servicio de calidad
7. Si existiera alguna modificación de las condiciones mínimas: ¿qué se deja de ofrecer o qué se modifica en el contrato de servicio? (cláusulas)

ANEXO B – COMPARATIVO NORMATIVO ESTRUCTURAL PARA LAS RECOMENDACIONES ESTRUCTURALES

Tabla B.1: Comparativo estructural normativa para las categorías estructurales propuestas

CATEGORÍAS	CHILE NCh 2458:1999	UNE - EN13374:2019	UNE - EN 1263-1:2018 UNE - EN 1263-2:2016	UNE - EN 81652:2013	OSHA CFR1926.502 sf
C1-CARGAS Y SOLICITACIONES	<p>De acuerdo al punto 7.1, asociado a "Requisitos mínimos", los sistemas de protección deben ser construidos lo suficientemente resistentes para permitir la detención de la caída de dos personas simultáneamente.</p> <p>En la norma se exige que este cálculo y por tanto la determinación del tipo de carga y categorías debe ser determinadas por un ingeniero calculista.</p>	<p>Se detallan las siguientes 2 categorías de cargas:</p> <p>Cargas estáticas: En el punto 6.3, se especifican las diferentes cargas estáticas que deben ser consideradas.</p> <p>6.3.1 Carga horizontal FH, la cual actúa perpendicularmente al sistema de protección de borde.</p> <p>6.3.2 Cargas paralelas a la barandilla. Cada protección de borde y sus componentes debe resistir una fuerza horizontal de 0.2 Kn en punto más desfavorable.</p> <p>6.3.3 Fuerzas debidas al viento. Deben calcularse suponiendo presión del viento sobre superficie de protección de borde.</p> <p>6.3.6. Carga accidental. Las estructuras deben poder resistir carga puntual hacia debajo de $FD = 1,25 \text{ Kn}$ sobre 100 mm</p> <p>Cargas Dinámicas. 6.4.1 Para sistemas de protección de borde Clase A: No se especifican cargas dinámicas. 6.4.2 Para sistemas de protección de borde Clase B: La protección debe absorber 1100 J de energía cinética en cualquier punto de la protección, a una altura de 200 mm por encima de superficie de trabajo y 500J en todas las partes a mayor altura.</p>	<p>De acuerdo con sección 4 "Tipos"</p> <p>4.1 Se clasifican tipos de redes según anchuras máximas y se expresan las energías mínimas de rotura (Ea y Eb)</p> <p>De acuerdo a sección 6 "Requisitos de seguridad", en el artículo 6.1. Se detallan las cargas a rotura a tracción y donde deben ser verificadas. Se categorizan según el tipo de cuerda (cuerda de ensayo, cuerda perimetral, cuerda de atado y cuerda de unión)</p>	<p>De acuerdo a sección 6.2 se determinan las resistencias mínimas a la tracción de las cuerdas (cuerda perimetral, cuerda de atado y cuerda de unión).</p>	<p>REDES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Redes de seguridad deben ser capaces de absorber fuerza de impacto definida. <p>Ref. 1926.451(h)(2)(v) - Cuerda de borde de red de seguridad</p> <ul style="list-style-type: none"> - Especifica Resistencia ruptura 22 kN <p>Ref. 1926.451(h)(2)(v) BARANDAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Deberán ser capaces de soportar una fuerza de por lo menos 200 lbs(890 N) aplicadas dentro de 5 cm del borde superior, en cualquier dirección. <p>Ref. 1926.451(g)(4)(vii) - Largueros intermedios, o cualquier elemento equivalente (malla, pieza vertical intermedia, panel) deben soportar a lo menos 150 lb (666 N), en cualquier dirección, en cualquier punto de elemento.</p> <p>Ref. 1926.451(g)(4)(ix) - Rodapié debe ser capaz de resistir, sin falla, 50 libras (222 N) aplicada en cualquier dirección a lo largo del elemento.</p> <p>Postes, distanciamiento máximo 8 pies Ref. 1926.451(h)(4)(i)</p>

Tabla B.1: Comparativo estructural normativa para las categorías estructurales propuestas

CATEGORÍAS	CHILE NCh 2458:1999	UNE - EN13374:2019	UNE - EN 1263-1:2018 UNE - EN 1263-2:2016	UNE - EN 81652:2013	OSHA CFR1926.502 sf
C2 - ESTRUCTURA-CIÓN	<p>De acuerdo con el punto 5, “Condiciones que requieren sistemas de protección”:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 5.1, las Estructuras tipo redes deben ubicarse por debajo del nivel de trabajo susceptible de sufrir caídas de personas o materiales, con una distancia máxima de 7 metros. - 5.2, debe implementarse el uso de pantallas de protección en caso de posibilidad de caída de materiales, herramientas, escombros, etc. - Según 5.3, en caso de producirse 5.1 y 5.2, se requiere sistema mixto - Según 7. 2 es posible construir estructuras modulares, instaladas convenientemente alineadas y adosadas unas con otras. -7.3 Los módulos deben contar con dimensiones aptas para asegurar que cualquier cuerpo u objeto que caiga en caída libre lo haga sobre pantalla o red. 7.4. Se deben usar materiales que aseguren resistencia y buenas conexiones 	<p>De acuerdo con la sección 5 “Requisitos”:</p> <ul style="list-style-type: none"> 5.1.2 Redes: Se utilizan como medio de protección lateral. Deben ser tipo U de acuerdo con la norma. 5.1.3 Barandilla Principal: La distancia entre parte más alta de protección de borde y la superficie de trabajo debe ser al menos de 1,0 m. 5.1.4 Plinto o rodapié: Borde superior al menos a 150 mm por encima de superficie de trabajo. 	<p>De acuerdo con sección 4.” Tipos”.</p> <ul style="list-style-type: none"> 4.1 Se detallan los tipos de redes (4 tipos según energía mínima a rotura y según anchuras máximas). Estos correspondena tipo A1, tipo A2, tipo B1 y tipo B2. 4.2 Redes de Seguridad. Se distinguen 4 tipos de redes de seguridad (Tipo S, T, U, V) <p>En sección 6.2 “Fabricación” Se indica: 6.2.1 Tamaño y forma de las mallas requeridas; 6.2.2 Disposición segura de los extremos de las cuerdas; 6.2.3 La longitud de gaza mínima 150 mm; 6.2.4 Se indica disposición y dimensión de cuerda de ensayo; 6.2.5 Requisito de estructura de soporte. La estructura de soporte debe estar diseñada para alcanzar la deformación plástica. Debe estar asegurada para movimientos accidentales y diseñada para que elementos no puedan desprenderse. Y el 6.2.6 Requisito sobre fijaciones.</p>	<p>De acuerdo a sección 6 “Requisitos”</p> <ul style="list-style-type: none"> 6.1.1 Se detalla requisito de fabricación para malla testigo de ensayo. 6.1.2 Se detalla requisito de fabricación de Redes tipo A y B. Estas deben contar con mallas cuadradas (Q) o rombo (D). En ningún caso el tamaño de la malla debe ser superior a 100 mm. 	<p>REDES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tamaño máximo apertura de malla 230 cm2 y lado 15 cm. - Redes deben instalarse lo más cerca posible por debajo de la superficie a trabajar, no excediendo los 9 m por debajo de este nivel. <p>Ref. 29 CFR, 1926.502(c)</p> <p>BARANDAS: Define Sistema estándar.</p> <p>Ref. 29 CFR 1926, Subparte L, Andamios, Apéndice A</p>

Tabla B.1: Comparativo estructural normativa para las categorías estructurales propuestas

CATEGORÍAS	CHILE NCh 2458:1999	UNE - EN13374:2019	UNE - EN 1263-1:2018 UNE - EN 1263-2:2016	UNE - EN 81652:2013	OSHA CFR1926.502 sf
C3- MATERIALES	<p>De acuerdo con punto 7 “Requisitos mínimos”: 7.4 Los materiales deben ser compatibles entre si asegurando una resistencia indicada.</p> <p>De acuerdo a punto 5.3.</p> <p>5.3.2. Acero. No se deben usar aceros de desoxidación.</p> <p>Se hace alusión al uso de la norma EN 12811-2 para productos contra corrosión.En caso de acoplamiento conformes a proyecto Norma EN74-1.</p> <p>5.3.3. Aluminio: Para acoplamiento conformes al proyecto Norma pr EN-74,1, se requiere considerar límite de elasticidad nominal de 0,2%.</p> <p>5.3.4 Madera: Se requiere de alta resistencia según la norma EN338. Los paneles de contrachapado deben ser a lo menos de 5 capas y espesor de 9 mm.</p> <p>5.3.5 Material para contrapesos: Deben ser sólidos. No se deben usar con agua materiales granulares o fluidos.</p> <p>En Introducción de documento se establece que la normativa aplica a materiales más comúnmente utilizados, tales como poliamida y polipropileno.</p>			<p>De acuerdo con sección 8. Las redes A y B deben venir identificadas con la naturaleza del material textil, con el que se ha fabricado: polipropileno (PP), poliamida (PA), poliéster (PES), etc..</p>	<p>BARANDAS: Madera certificada Acero Estructural Aluminio Ref. 29 CFR 1926, Subparte L, Anda-mios, Apéndice A</p>
C4- SEGURIDAD	<p>De acuerdo con punto 8.4: Los elementos de anclaje, seguridad, o medios de amarre que pueden ser usados para atar el sistema a los cables de soportes, estructuras o vigas, deben soportar el peso para el cual fueron diseñados.</p> <p>De acuerdo con 8.7 Si el sistema de protección queda cerca de cables eléctricos, las partes metálicas de pantalla se deben aislar y mantener las distancias de seguridad que se mencionan en “Distancias de Seguridad”, (Figura 3 - Anexo 1).</p>	<p>De acuerdo con sección 6.2 “Coeficientes parciales de seguridad”, se definen los siguientes coeficientes: -6.2.1 Estado límite último. -6.2.2 Estado límite de servicio. -6.2.3 Estado Límite para las acciones de accidentes. El detalle de los coeficientes expuestos se encuentra Figura 4, anexo 2.</p>	<p>Norma define rangos de parámetros según su uso y funcionamiento: - Define rangos de temperaturas para comportamiento mecánico. - 10°C a 40°C - Define deformaciones máximas, de acuerdo con la Figura 3, Anexo 3. - Cuando se ensaya para inspección una malla de ensayo, ésta debe mostrar una resistencia suficiente respecto a su deterioro debido al envejecimiento en un periodo de 1 año. - Energía de Rotura: Factores de seguridad y envejecimiento aplicados a la Energía de rotura de red en estado nuevo, de acuerdo al ítem 4.</p>	<p>De acuerdo con sección 7.7 “Ensayo de envejecimiento artificial” El ensayo considera la obtención de coeficiente de seguridad específico mediante ciclo de envejecimiento artificial con fuente luminosa en laboratorio. No hace referencia explícita a información de la categoría asociada.</p>	<p>No hace referencia explícita a información de la categoría asociada.</p>

Tabla B.1: Comparativo estructural normativa para las categorías estructurales propuestas					
CATEGORÍAS	CHILE NCh 2458:1999	UNE - EN13374:2019	UNE - EN 1263-1:2018 UNE - EN 1263-2:2016	UNE - EN 81652:2013	OSHA CFR1926.502 sf
C5-ENSAYOS	<p>No hace referencia explícita a información de la categoría asociada.</p> <p>No define el uso de materiales certificados o estructuras o sistemas con respaldo de memoria de cálculo.</p>	<p>De acuerdo a sección 7 “Métodos de ensayo”: 7.2 Aplicación de cargas: Se define punto de aplicación de carga considerando el tipo de estructuración. La estabilidad de la estructura de dispositivo de ensayo queda definida por en 4.4 de la norma EN 364:1992; 7.3 Descripción del montaje de la muestra. Se detallan las características de la muestra de ensayo. 7.4 Ensayos de conformidad con los requisitos de carga estática (clase A y B). Se describe el procedimiento desde la aplicación de carga inicial, protocolo de carga, además de definir el procedimiento de evaluación de los resultados. 7.4.3 Ensayo de Resistencia Se describe procedimiento para llevar a cabo incrementos regulares hasta carga máxima de ensayo, midiendo flecha instantánea de la protección de borde y posteriormente la flecha residual. Finalmente, el sistema será cargado hasta la carga de rotura. 7.5 Ensayos de conformidad con los requisitos de carga dinámica para las clases B y C Se detallan los procedimientos en 7.5.2.1 para llevar a cabo ensayos de resistencia a cargas laterales para los tipos B y C.</p>	<p>Ensayos Generales a Redes: - Examen visual, medición de longitudes y masas. - Inspección dimensional del tamaño de malla posterior a aplicación de tensión de 10 N a cada cordón adyacente. En la sección 7.7 de EN 1263-1:2018 - Ensayo Estático Laboratorio Esfera de Acero 500 mm de diámetro Masa de 100 kg. Dinamómetro 50 kN Se aplica la fuerza a la masa de ensayo situada en el centro de la red, hasta que la red se rompe. Registro de fuerza de rotura. Registro de desplazamiento. De acuerdo con sección 7.8 de EN 1263-1:2018 Ensayo Dinámico para Redes. Definido para cada sistema: SISTEMAS S, T Masa de ensayo 100 kg. 7 metros altura. SISTEMAS U Masa cilíndrica de ensayo 75 kg. 5 metros de longitud de rampa. Resistencia Dinámica Ensayo: Flechas máximas. Se definen los siguientes ensayos de cuerdas 7.2 Ensayo de carga de rotura de las cuerdas perimetrales, de atado y de unión 7.3 Ensayo de carga de rotura de la malla de red 7.4 Ensayo de envejecimiento natural 7.5 Ensayo de envejecimiento artificial.</p>	<p>En sección 7 se detallan los diferentes métodos de ensayos. 7.2 Considera la inspección de las dimensiones de la malla 7.3 Se detalla el Método de ensayo de las cuerdas de malla. 7.4 Ensayo estático de resistencia de redes Se especifica el uso de una esfera de 500 mm, el uso de un equipo de tracción, un dinamómetro de hasta 60 kN y un instrumento de medición de desplazamiento capaz de registrar hasta 2,5 m.; 7.8-7.9 Ensayos dinámicos de resistencia para redes tipo A y B. Se indican las dimensiones de muestras a ensayar y procedimientos requeridos para malla tipo A y tipo B. 7.5 Ensayo de carga de rotura de las cuerdas. Se determina por UNE - EN ISO 2307:2019 7.6 Ensayo de la capacidad de absorción de energía de las mallas de red. Esta capacidad se obtiene de apartado 7.7.4 7.7 Ensayo de envejecimiento artificial Se realiza para determinar coeficiente específico de seguridad</p>	<p>No hace referencia explícita a información de la categoría asociada.</p> <p>No define el uso de materiales certificados o estructuras o sistemas con respaldo de memoria de cálculo</p>

Tabla B.1: Comparativo estructural normativa para las categorías estructurales propuestas					
CATEGORÍAS	CHILE NCh 2458:1999	UNE - EN13374:2019	UNE - EN 1263-1:2018 UNE - EN 1263-2:2016	UNE - EN 81652:2013	OSHA CFR1926.502 sf
C6- UNIONES	<p>No se especifica metodología de cálculo de uniones, pero se detallan los siguientes requisitos:</p> <p>Punto 8.1: Los sistemas de protección deben ser instalados, asegurando estabilidad de sistema de anclaje para unir pantalla a la construcción.</p> <p>Punto 8.4: Los pernos de anclaje, ganchos de seguridad, abrazadera y otros medios de amarre deben soportar peso para el cual fueron diseñados.</p> <p>Punto 8.5: Las abrazaderas para amarrar cables de acero deben ser colocadas de acuerdo a NCh 885.</p> <p>Punto 9.1: Los pernos de anclaje y conectores deben ser inspeccionados por completo por una persona calificada posterior a la instalación.</p>	No hace referencia explícita a información de la categoría asociada.	No hace referencia explícita a información de la categoría asociada.	No hace referencia explícita a información de la categoría asociada.	No hace referencia explícita a información de la categoría asociada.

Tabla B.1: Comparativo estructural normativa para las categorías estructurales propuestas

CATEGORÍAS	CHILE NCh 2458:1999	UNE - EN13374:2019	UNE - EN 1263-1:2018 UNE - EN 1263-2:2016	UNE - EN 81652:2013	OSHA CFR1926.502 sf
COMENTARIOS	<p>- Los sistemas de protección, cables, pernos de anclaje, cuerdas, etc., deben ser inspeccionados por completo por una persona calificada después de cada instalación, fenómeno de naturaleza o prolongada paralización de trabajos, se deben efectuar inspecciones después de efectuar modificaciones, reparaciones o después de exigencias de carga al sistema.</p> <p>No permite el uso de alambres como sistema de suspensión de parte del sistema, tampoco el uso de fibras sintéticas o naturales que no aseguren la permanencia de sus características de resistencia frente al uso prolongado.</p>		Manual de instrucciones debe incluir la siguiente información: Fuerzas de anclaje; Altura de caída máxima; Anchura de recogida mínima; Unión de redes de seguridad; Distancia mínima debajo de la red de seguridad; Almacenamiento; Inspección; Sustitución.		<p>Las Inspecciones deberían realizarse una vez por semana para revisar desgaste.</p> <p>Se puede requerir una persona calificada para asegurar diseño instalación y uso apropiado de estos sistemas.</p>

ANEXO C – MANUAL DE CÁLCULO

A continuación, se presentan los modelos de cálculo que respaldan la información estructural de los sistemas de protección provisional de protección de vanos interiores y/o exteriores perimetrales del tipo modular y conectable propuestos en el Capítulo 3.3.3.

GENERALIDADES:

El presente estudio ha sido solicitado por la Asociación Chilena de seguridad (ACHS), con el fin de elaborar una ficha de recomendaciones de diseño de sistemas de protección provisional de protección de vanos interiores y/o exteriores perimetrales del tipo modular y conectable para ser instaladas durante la ejecución obras de construcción, por lo que la presente memoria de cálculo define antecedentes generales que permitan definir dichos parámetros.

DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO:

Las barandas deberán ser instaladas en forma provisoria durante la ejecución de obras de construcción en altura en bordes que revisten riesgo de caída, vanos, shaft, o losa y vigas de coronamiento de techumbre en edificación de hormigón armado. Estas tendrán 100 cm de altura. Se definen 4 tipologías de barandas, que a su vez se combinan con otras tres tipologías de anclaje:

- Baranda con soportes verticales de acero y baranda horizontal de tablón de madera fijado en su base.
- Baranda con soportes verticales de acero y baranda horizontal de perfil de acero, fijado en su base.
- Baranda tipo alzaprima con vertical de acero, fijado en su base y en cielo superior, con horizontal baranda horizontal de madera o acero.
- Baranda conformada por tensores de cables de acero.

TIPOLOGÍAS DE ANCLAJE

Se han definido las siguientes tipologías de anclajes

- Fijación en la base con pernos de anclaje epóxicos o de expansión verticales.
- Fijación en la base con pernos de anclaje epóxicos o de expansión horizontales.
- Fijación tipo abrazadera.

NORMAS DE APLICACIÓN

Las normativas utilizadas para el cálculo han sido las siguientes:

- Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (MINVU, 1992)
- NCh3171:2017. Diseño estructural. Disposiciones generales y combinaciones de cargas (INN, 2017)
- NCh1537:1986(2009). Diseño estructural. Cargas permanentes y cargas de uso (INN, 1986)
- NCh1198:1991(2014). Madera. Construcciones en madera. Cálculo (INN, 1991b)
- NCh427:2016. Construcción. Estructuras de acero. Parte 1: Requisitos para el cálculo de estructuras de acero para edificios (INN, 2016c)
- Norma AISI 2001. Diseño estructuras de acero. North American specification for the design of cold formed Steel structural members (American Iron and Steel Institute, 2001)

MATERIALES A UTILIZAR

Los materiales utilizados para los diseños estructurales han sido: Acero para perfiles plegados A 240ES.

Acero para planchas A 36 Anclaje: Barra roscada SAE 1020

Cables de acero grado 140daN/mm² Soldadura E70XX según AWS

Madera estructural pino insigne calidad G2

ANEXO C.1 – Manual de cálculo para sistemas modulares

CONSIDERACIONES DE CARGA PARA BARANDA S/nch 1537.Of.2009: Art.7: Cargas sobre barandas, pasamanos, antepechos, escaleras verticales fijas, barras de apoyo y barreras vehiculares. Barandas, pasamanos y antepechos

Los antepechos, pasamanos y barandas para escaleras y balcones, tanto exteriores como interiores, deben ser diseñados para soportar en condiciones de servicio las siguientes cargas (Figura 1), y transferirlas a través de sus soportes a la estructura.

Una carga concentrada de 0,9 kN aplicada en la parte superior del antepecho, pasamano o baranda, en cualquier punto y dirección, que produzca el efecto más desfavorable.

Una carga uniformemente distribuida, aplicada en la parte superior del antepecho, pasamano o baranda, de acuerdo a lo siguiente:

a) En general y nunca menor que 0,5 kN/m en la dirección que produzca el efecto más desfavorable.

Los pts. b) y c) son para teatros, salas de reunión, centros comerciales, edificios deportivos, salas de baile, escenarios, salas de conciertos, estadios, centros de eventos y andenes de pasajeros, por lo tanto, no son válidos para este estudio.

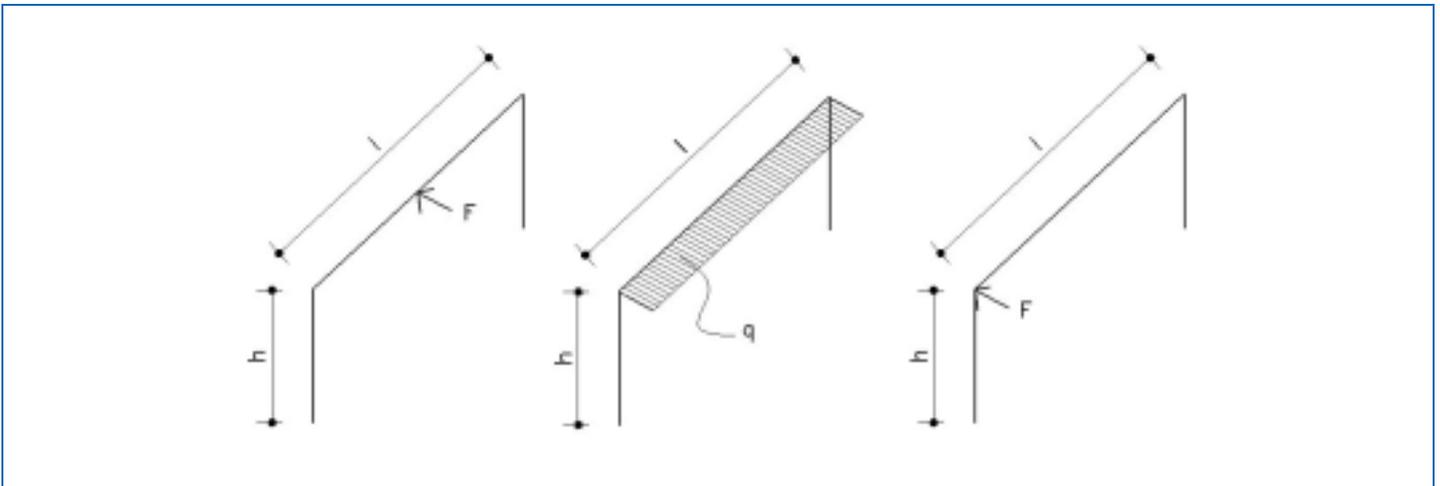


Figura 1: Esquema de tipos de cargas para realizar los análisis estructurales

Es decir, se debe considerar la situación más desfavorable entre una carga puntual F , o una carga repartida q , con los siguientes valores:

$F = 0,9 \text{ kN} = 90 \text{ kg}$

$q = 0,5 \text{ kN/m} = 50 \text{ kg/ml}$

FACTORES DE SEGURIDAD

Los siguientes son los factores de seguridad recomendados:

- Para elementos de acero que trabajan a compresión, flexión y tracción:
 $R_a \leq R_n/W$, con $W=1.67$ Sobre valor de fluencia
- Para cables que trabajan a tracción:
 $FS= 2,0$ Sobre valor de rotura
- Para unión por fricción:
 $\gamma_\mu=1,3$

CÁLCULO ELEMENTOS HORIZONTALES:

BARANDA DE MADERA:

Las características del material utilizado para el cálculo son las siguientes:

Madera de baja calidad clase G2, según NCh1198.Of91:

$F = 4,0\text{Mpa}$ (Pino insigne clase G2) = 40 kg/cm^2 $E=0,67$, $E_f=7.000\text{Mpa} = 46.900 \text{ kg/cm}^2$

MADERA DE SECCIÓN: 3x4" (6,5x9 cm)

Para este tipo de sección, el cálculo de las propiedades mecánicas se resume en la Tabla 1, el que se apoya de la Figura 2.

Tabla 1: Propiedades mecánicas de una tabla de madera de 3x4"

Propiedad	Valor	Unidad
A	58,50	cm ²
I _x	394,80	cm ⁴
I _y	205,90	cm ⁴
W _x	87,75	cm ³
W _y	63,38	cm ³
i _x	2,59	cm
i _y	1,87	cm

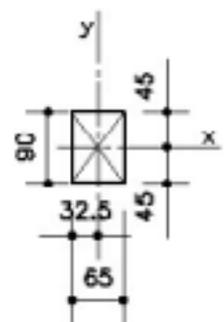


Fig. 2: esquema de la sección 3x4"

La distancia máxima entre apoyos verticales se obtiene de la siguiente forma:

$$M_{\max} = W_y \cdot F_f = 2.534,7 \text{ kg-cm}$$

1.-Carga repartida: $q=50 \text{ kg/ml}$

$$M_{\max} = ql^2/8$$

$$\text{Entonces } l = \sqrt{\frac{8 \times M_{\max}}{q}} = 201,4 \text{ cm.}$$

2.-Carga puntual: $F=90 \text{ kg}$

$$M_{\max} = Fl/4$$

$$\text{Entonces } l = 4 \times M_{\max} / P = 112,6 \text{ cm}$$

Así la distancia máxima (l_{\max}) entre apoyos verticales, es igual a: $l_{\max} = 112 \text{ cm}$

MADERA DE SECCIÓN: 4x4" (9x9 cm)

Para este tipo de sección, el cálculo de las propiedades mecánicas se resume en la Tabla 2, el que se apoya de la Figura 3.

Tabla 2: Propiedades mecánica tabla de madera de 4x4"

Propiedad	Valor	Unidad
A	81,00	cm ²
ix	546,75	cm ⁴
ly	546,75	cm ⁴
Wx	121,5	cm ³
Wy	121,5	cm ³
ix	2,59	cm
iy	2,59	cm

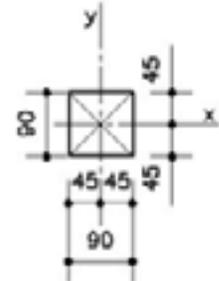


Fig. 3: esquema de la sección 4x4"

La distancia máxima entre apoyos verticales se obtiene de la siguiente forma:

$$M_{max} = W_y \text{ y } F_f = 4.860 \text{ kg-cm}$$

1.-Carga repartida: $q=50 \text{ kg/ml}$

$$M_{max} = ql^2/8 \quad \text{Entonces } l = \sqrt{\frac{8xM_{max}}{q}} = 277,3 \text{ cm.}$$

2.-Carga puntual: $F=90 \text{ kg}$

$$M_{max} = Fl/4 \quad \text{Entonces } l = 4xM_{max} / P = 216 \text{ cm}$$

Distancia máxima entre apoyos verticales: $l_{max} = 216 \text{ cm}$

BARANDA DE ACERO:

Las características del material utilizados para el cálculo, junto con el esquema de carga (Figura 4) son las siguientes:

Acero ASTM A36/A240ES: $F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$

$$R_a \leq R_n / WW = 1.67$$

Entonces:

$$R_n = \frac{2.400}{1,67} = 1.440 \text{ kg/cm}^2$$

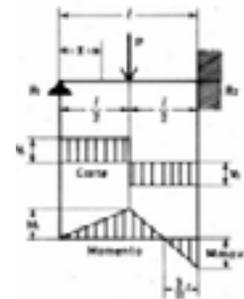


Figura 4: esquema de cálculo para el acero

SECCIÓN MÍNIMA PARA APOYOS CADA 2,0 m

1.-Carga repartida: $q=50 \text{ kg/ml}$ $M=ql^2/8= 2.500 \text{ kg-cm}$ Entonces $W_{min} = M/R_n = 1,736 \text{ cm}^3$

2.-Carga puntual: $F=90 \text{ kg}$ $M=3Fl/16= 3.375 \text{ kg-cm}$ Entonces $W_{min} = M/R_n = 2,3475 \text{ cm}^3$

ALTERNATIVAS:

TUBO Ø1 ¼" ASTM A53 SH.40; ØEXT: 42,2 mm y e=3,56 mm

Para este tipo de alternativa, el cálculo de las propiedades mecánicas se resume en la Tabla 3, el que se apoyade la Figura 5.

Tabla 3: Propiedades mecánicas Tubo Ø1 ¼" ASTM A53 Sh.40

Propiedad	Valor	Unidad
A	5,16	cm ²
I	8,13	cm ⁴
W	3,85	cm ³
Fuerza máxima:		
$f_f = \frac{Mx}{Wx} = \frac{3.375}{3,85} = 876 \frac{kg}{cm^2} \quad F_u = 0,6 \text{ (60\%)}$		

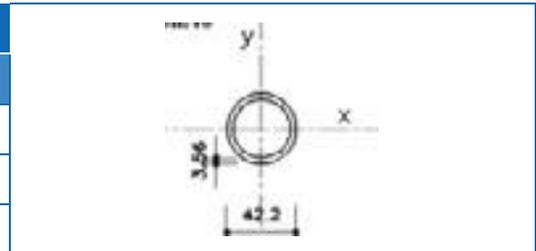


Figura 5: Esquema sección tubo Ø1 ¼"

Tubo Ø1 ¼" ISO 65 Serie Liv. II, de ØExt: 42,2 mm y e=2,6 mm

Para este tipo de alternativa, el cálculo de las propiedades mecánicas se resume en la Tabla 4, el que se apoyade la Figura 6.

Tabla 4: Propiedades mecánicas Tubo Ø1 ¼" ISO 65 Serie Liv. II

Propiedad	Valor	Unidad
A	3,25	cm ²
I	6,46	cm ⁴
W	3,05	cm ³
Fuerza máxima:		
$f_f = \frac{Mx}{Wx} = \frac{3.375}{3,05} = 1.106 \frac{kg}{cm^2} \quad F_u = 0,77 \text{ (77\%)}$		

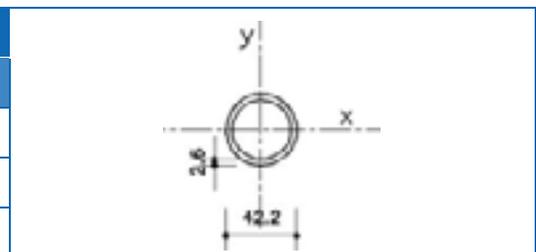


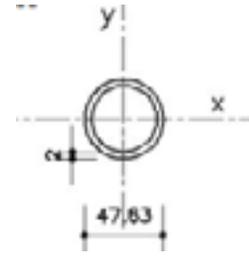
Figura 6: Esquema sección tubo Ø1 ¼" ISO

TUBO Ø1 7/8" ASTM A500, de ØExt: 47,63 mm y e=2,0mm

Para este tipo de alternativa, el cálculo de las propiedades mecánicas se resume en la Tabla 5, el que se apoya en la Figura 7.

Tabla 5: Propiedades mecánicas Ø1 7/8" ASTM A500

Propiedad	Valor	Unidad
A	2,67	cm ²
I _x =I _y	7,48	cm ⁴
W _x =W _y	3,14	cm ³



Fuerza máxima:

$$f_f = \frac{M_x}{W_x} = \frac{3.375}{3,14} = 1.079 \frac{kg}{cm^2} \quad F_u = 0,74 \text{ (74\%)}$$

Figura 7: Esquema sección tubo Ø1 7/8"

CÁLCULO ELEMENTOS VERTICALES

Acero ASTM A36/ A240ES: $F = 2400 \text{ kg/cm}^2$
 $R_a \leq R_n/W$ $W=1.67$
 Entonces $R_n = 2400/1,667 = 1.440 \text{ kg/cm}^2$
 Y se considera una altura de la baranda $h=100 \text{ cm}$

Los cálculos son los siguientes:

APOYOS VERICALES CADA 2,0 m

1.-Carga repartida: $q=50 \text{ kg/ml}$

Entonces $P=ql=50 \times 2,0=100 \text{ kg}$

2.-Carga puntual: $F=90 \text{ kg}$

Entonces $P=F=90 \text{ kg}$.

La situación más desfavorable es para una carga repartida, $P=100 \text{ Kg}$

$M=Ph= 10.000 \text{ kg-cm}$

$W_{\min} = M/R_n=6,944\text{cm}^3$

ALTERNATIVAS:

PERFIL RECTANGULAR 60x40x3

Para este tipo de alternativa, el cálculo de las propiedades mecánicas se resume en la Tabla 6, el que se apoyade la Figura 8.

Tabla 6: Propiedades mecánicas perfil rectangular 60x40x3

Propiedad	Valor	Unidad
A	5,41	cm ²
I _x	25,31	cm ⁴
I _y	13,38	cm ⁴
W _x	8,44	cm ³
W _y	6,69	cm ³
i _x	2,16	cm
i _y	1,57	cm

Fuerza máxima:

$$f = \frac{Mx}{Wx} = \frac{10.000}{8,44} = 1.184 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad F_u = 0,82 \text{ (82\%)}$$

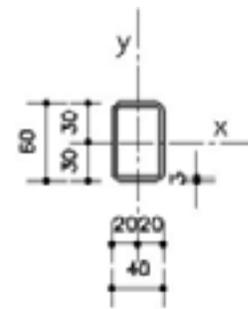


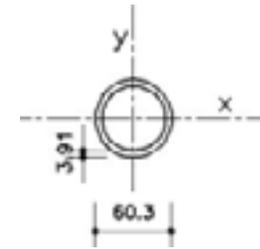
Figura 8: Esquema sección perfil rectangular 60x40x3

PERFIL CIRCULAR Ø2"ASTM A53 Sh.40, con ØExt: 60,3 mm y e=3,91 mm

Para este tipo de alternativa, el cálculo de las propiedades mecánicas se resume en la Tabla 7, el que se apoya en la Figura 9.

Tabla 7: Propiedades mecánicas Ø2"ASTM A53 Sh.40

Propiedad	Valor	Unidad
A	6,93	cm ²
I _x =I _y	27,66	cm ⁴
W _x =W _y	9,18	cm ³
i _x =i _y	2,0	cm



Fuerza máxima:

$$f_f = \frac{Mx}{Wx} = \frac{10.000}{9,18} = 1.089 \frac{kg}{cm^2} \quad F_u = 0,75 \text{ (75\%)}$$

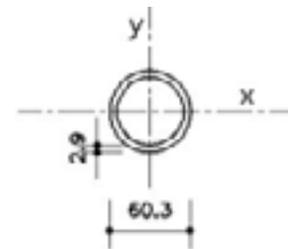
Figura 9: Esquema sección tubo Ø2"ASTM

Tubo de Ø2" de la ISO 65 Serie Liv. II, con ØExt: 60,3 mm y e=2,9 mm

Para este tipo de alternativa, el cálculo de las propiedades mecánicas se resume en la Tabla 8, el que se apoya en la Figura 10.

Tabla 8: Propiedades mecánicas Ø2"ISO 65 Serie Liv. II

Propiedad	Valor	Unidad
A	5,23	cm ²
I _x =I _y	21,59	cm ⁴
W _x =W _y	7,16	cm ³
i _x =i _y	2,03	cm



Fuerza máxima:

$$f_f = \frac{Mx}{Wx} = \frac{10.000}{7,16} = 1.397 \frac{kg}{cm^2} \quad F_u = 0,97 \text{ (97\%)}$$

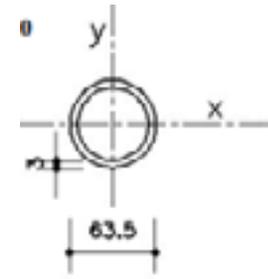
Figura 10: Esquema sección tubo Ø 2"ISO

TUBO Ø2 1/2" ASTM A500, con diámetro ØExt: 63,5mm y e=3,0 mm

Para este tipo de alternativa, el cálculo de las propiedades mecánicas se resume en la Tabla 9, el que se apoyade la Figura 11.

Tabla 9: Propiedades mecánicas Ø2 1/2" ASTM A500

Propiedad	Valor	Unidad
A	5,7	cm ²
Ix=Iy	26,15	cm ⁴
Wx=Wy	8,24	cm ³
ix=iy	2,14	cm



Fuerza máxima:

$$f_f = \frac{Mx}{Wx} = \frac{10.000}{8,24} = 1.213,5 \frac{kg}{cm^2} \quad F_u = 0,84 \text{ (84\%)}$$

Figura 11: Esquema sección tubo Ø 2 1/2" ASTM

CÁLCULO ELEMENTOS VERTICALES TIPO ALZAPRIMA:

Las características de los materiales considerados para el cálculo es un Acero ASTM A36/
A240ES: $F_y=2400\text{kg/cm}^2$

$$R_a \leq R_n / W = 1.67$$

$$\text{Entonces } R_n = 2400 / 1.667 = 1.440 \text{ kg/cm}^2$$

Y se considera una altura de la baranda $h=100 \text{ cm}$ Los cálculos son los siguientes:

APOYOS VERICALES CADA 2,0 m

1.-Carga repartida: $q=50 \text{ kg/ml}$

$$\text{Entonces } P=q \cdot l = 50 \times 2,0 = 100 \text{ kg}$$

2.-Carga puntual: $F=90 \text{ kg}$

$$\text{Entonces } P=F=90 \text{ kg.}$$

La situación más desfavorable es para una carga repartida, $P=100 \text{ Kg}$

Detalle del cálculo, si $\Sigma M=0$ (ver Figura 12 para las dimensiones)

$$\text{Entonces: } a \cdot F = h \cdot R_1$$

$$R_1 = (a \cdot F) / h$$

$$R_1 = 100 \times 100 / 240$$

$$R_1 = 41,67 \text{ kg y}$$

$$R_2 = F - R_1$$

$$R_2 = 100 - 41,67$$

$$R_2 = 58,33 \text{ kg}$$

$$M_{\max} = b \cdot R_1 = a \cdot R_2 = 5.833 \text{ kg-cm}$$

$$W_{\min} = M / R_n = 4,051 \text{ cm}^3$$

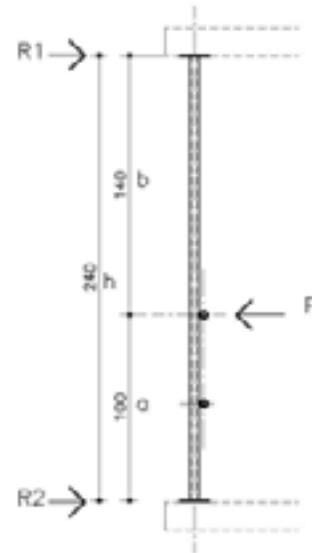


Figura 12: Esquema de dimensiones y fuerzas para la alzaprima

PERFIL CIRCULAR Ø1 ½" ASTM A53 Sh.40, con diámetro ØExt: 48,3 mm y e=3,68 mm

Para este tipo de alternativa, el cálculo de las propiedades mecánicas se resume en la Tabla 10.

Tabla 10: Propiedades mecánicas Ø1 ½" ASTM A53 Sh.40

Propiedad	Valor	Unidad
A	5,16	cm ²
I _x =I _y	12,93	cm ⁴
W _x =W _y	5,35	cm ³
i _x =i _y	1,58	cm
Fuerza máxima: $f_f = \frac{Mx}{Wx} = \frac{5.833}{5,35} = 1.090 \frac{kg}{cm^2} \quad F_u = 0,75 \text{ (75\%)}$		

PERFIL CIRCULAR Ø1 ½" ISO 65 Serie Liv. II, de diámetro ØExt: 48,3 mm y e=3,68 mm

Para este tipo de alternativa, el cálculo de las propiedades mecánicas se resume en la Tabla 11.

Tabla 11: Propiedades mecánicas Ø1 ½" ISO 65 Serie Liv. II

Propiedad	Valor	Unidad
A	4,53	cm ²
I _x =I _y	11,59	cm ⁴
W _x =W _y	4,8	cm ³
i _x =i _y	2,01	cm
Fuerza máxima: $f_f = \frac{Mx}{Wx} = \frac{5.833}{4,8} = 1.215 \frac{kg}{cm^2} \quad F_u = 0,84 \text{ (84\%)}$		

TUBO Ø2" ASTM A500, de diámetro ØExt: 50,8 mm y e=3,0mm

Para este tipo de alternativa, el cálculo de las propiedades mecánicas se resume en la Tabla 12.

Propiedad	Valor	Unidad
A	4,51	cm ²
I _x =I _y	12,92	cm ⁴
W _x =W _y	5,09	cm ³
i _x =i _y	1,69	cm
Fuerza máxima: $f_f = \frac{M_x}{W_x} = \frac{5,833}{5,09} = 1,146 \frac{kg}{cm^2} \quad F_u = 0,80 \text{ (80\%)}$		

CÁLCULO DE FIJACIONES Y ANCLAJES: CÁLCULO ANCLAJE CON PERNOS EPÓXICOS:

Se consideran PERNOS SAE 1020

Si $R_a \leq R_n/W = 1.677$

Entonces $R_n = 2700 / 1.677 = 1.620 \text{ kg/cm}^2$

TENSIÓN EN PERNOS:

$M=10.000 \text{ kg-cm}$

$N=7,2 \text{ kg}$

$$T = \frac{M \pm \left[\frac{2xd}{3} - \left(\frac{h}{2} - a \right) \right]}{\frac{2xd}{3}}$$

Donde (ver Figura 13):

$a=2,5 \text{ cm}$

$d=13,5 \text{ cm}$

$h=16 \text{ cm}$

$$T = \frac{10.000 \pm \left[\frac{2 \times 13,5}{3} - \left(\frac{16}{2} - 2,5 \right) \right]}{\frac{2 \times 13,5}{3}}$$

$T= 1.108,3 \text{ kg}$

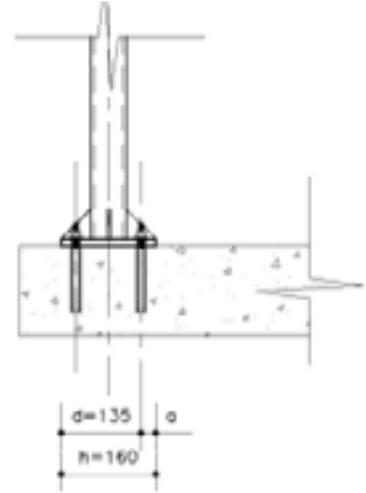


Figura 13: Esquema dimensiones de anclaje de pernos

DISEÑO DE PERNOS:

TRACCIÓN POR PERNO: $T/P = 1.108,3/2 = 554,15 \text{ kg}$

Si se consideran PERNOS $\varnothing 3/8''$, con un área bruta $A_b = 0,712 \text{ cm}^2$ y un área de tracción $A_t = 0,516 \text{ cm}^2$

$$f_t = \frac{T/p}{A_t} = \frac{554,15}{0,516} = 1.074 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} F_u = 0,66 \text{ (60\%)}$$

DISEÑO DE PLACA BASE POR COMPRESIÓN:

COMPRESIÓN: $N_{\max} = 33,5 \text{ kg}$

$$f_c^h = \frac{N}{A} = \frac{33,5}{16} = 0,13 \text{ kg/cm}^2$$

Si $h = 16 \text{ cm}$ y $H = 6 \text{ cm}$, entonces

$$m = \frac{h - (H \times 0,95)}{2} = 5,15 \text{ cm}$$

Y el espesor mínimo e , se calcula de la siguiente forma:

$$e = 2xm \times \sqrt{\frac{f_c^h}{F_y}} = 2 \times 5,15 \times \sqrt{\frac{0,13}{2400}} = 0,075 \text{ m}$$

Entonces el espesor mínimo es igual a $e_{\min} = 0,10 \text{ cm}$

DISEÑO DE PLACA BASE POR FLEXIÓN:

Tracción por perno es igual a: $T/p = 554,15 \text{ kg/perno}$

$$M_x = \frac{T}{P} \times l_x \times \frac{k_x}{\sum k} = 1.610 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$M_y = \frac{T}{P} \times l_y \times \frac{k_y}{\sum k} = 1.078 \text{ kg} - \text{cm}$$

Placa de espesor, $e = 12 \text{ mm}$, entonces $A_t = W$, es igual a $W = bh^2/6 = 1,2 \text{ cm}$ y así la fuerza de tracción (f) será igual:

$$f_t = \frac{T/p}{A_t} = \frac{1.610}{1,2} = 1.341 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} F_u = 0,93 \text{ (93\%)}$$

ANCLAJE EN HORMIGÓN:

EXTRACCIÓN POR TRACCIÓN

ARRANCAMIENTO PERNO EN CONTACTO CON HORMIGÓN

Si se considera la Tracción por perno igual a $T/p = 554,15 \text{ kg/perno}$ y un área de contacto igual a $A_v = (2\pi r) \cdot l = 54,86 \text{ cm}^2$

Entonces la fuerza de arrancamiento (f_v) es igual a

$$f_v = \frac{T/p}{A_v} = \frac{554,15}{54,86} = 10,1 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \text{ CUMPLE}$$

CÁLCULO ALZAPRIMAS. FIJACIÓN POR FRICCIÓN
VERIFICACIÓN SEGÚN Norma UNE-EN 12812:2008:

APOYOS VERICALES CADA 2,0 m
Carga repartida: $q=50$ kg/ml
 $P=100$ kg

Entonces $P=q \times l=50 \times 2,0=100$ kg

$R1 = (axF)/h = 100 \times F/240 = 41,67$ kg
 $R2 = F - R1 = 58,33$ kg

$$F_d \leq R_{f,d}$$
$$R_{f,d} = \frac{\mu}{\gamma_\mu} \times N_d + R_{m,d,i}$$

Donde:

F_d : Valor de corte

$R_{f,d}$: Resistencia de la fijación

$\mu=0,3$ Coeficiente de rozamiento mínimo

$\gamma_\mu=1,3$ Coeficiente de seguridad

N_d : Compresión normal al alzaprima

$R_{m,d,i}$: Valor d cálculo de resistencia del dispositivo mecánico,

$$N_d = \frac{(R_{f,d} - R_{m,d,i}) \times \gamma_\mu}{\mu} = \frac{100 \times 1,3}{0,3} = 433 \text{ kg}$$

ANEXO C.2 – Manual para sistemas conectables

Para los cálculos se considerará una carga puntual de $F=90 \text{ kg}$

El valor de tensión dentro del cable depende del ángulo de proyección horizontal (Figura 1) que se produce por el estiramiento de este, producto de la carga que actúa transversal a él:

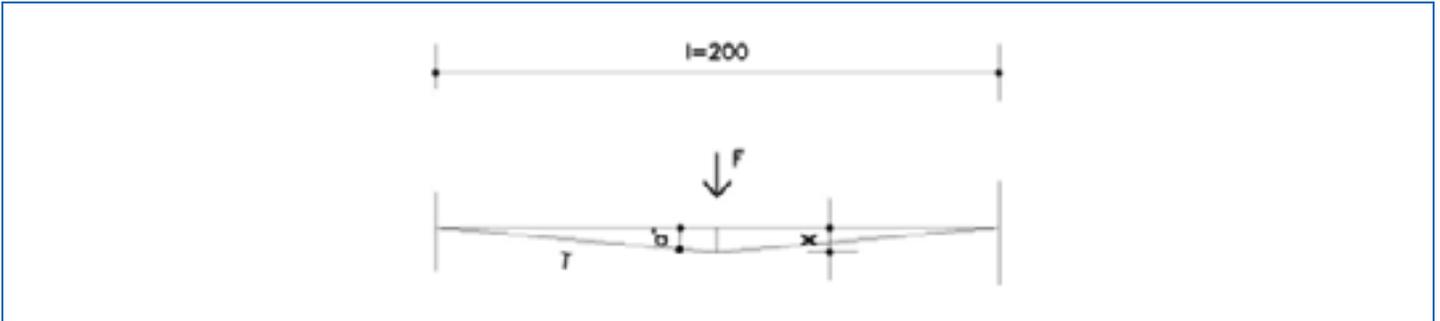


Figura 1= Esquema deformación cable – Elaboración propia

La tensión en el cable será igual a T , con $T = \frac{F}{2x \text{sen} \alpha}$ pero

Ese ángulo α depende del estiramiento del cable, producto de la tensión que actúa dentro del cable y el valor del estiramiento es igual a Δe

$$\text{Estiramiento del cable: } \Delta e = \frac{T_x x l}{E x A}$$

Por esto se debe hacer un proceso de iteración hasta obtener un valor concordante entre la tensión y el ángulo de proyección.

Si se considera un cable Acero Grado 140 $\text{daN/mm}^2 = 14.280 \text{ kg/cm}^2$, con $E=700.000 \text{ kg/cm}^2$, diámetro: $6,0\text{mm}$ ($\text{Ø}1/4''$) y un factor de seguridad $FS=2.0$.

$$\text{Entonces } R_n = 14.280/2 = 7.140 \text{ kg/cm}^2$$

Así la resistencia del cable a la rotura, según catálogos es de $29,6\text{kN}$ o $3.018,2 \text{ kg}$, si se considera una sección igual a $A=3.018,2/14.280=0,2113\text{cm}^2$, a partir de una deformación arbitraria del cable se obtiene el siguiente resultado:

$$\text{Estiramiento del cable: } \Delta e = \frac{T_x x l}{E x A} = \frac{533,7 \times 200}{700.000 \times 0,2113} = 0,7216 \text{ cm}$$

Si la longitud de la mitad del cable tensado es igual a l_e , con $l_e/2 = (l + \Delta e) / 2 = 100,3608\text{cm}$

Entonces:

$$\alpha = \frac{\cos^{-1} x l}{\frac{l_e}{2}} = 4,86^\circ, \text{ así } T \text{ es igual a } T = \frac{90}{2} x \text{sen} 4,86 = 531,16 \text{ kg y}$$

$$T_{adm} = \frac{\text{Resistencia a la rotura}}{FS} = \frac{3.018,2}{2} = 1.509 \text{ kg, con } F_u = 0,35 \text{ (35\%)}$$

Por lo que se recomienda un PRETENSADO MAXIMO: $T_{adm} - T = 978 \text{ kg}$, de 500 kg

ANEXO D – MANUALES DE OBRA PARA INSTALACIÓN DE SISTEMAS PROVISIONALES DE PROTECCIÓN DE VANOS INTERIORES Y/O EXTERIORES PERIMETRALES

El siguiente manual entrega recomendaciones de instalación para los siguientes sistemas provisionales de protección:

- Modulares: 1) barandas de postes metálicos con largueros horizontales de madera, 2) barandas de postes y largueros horizontales metálicos; 3) barandas con borde perimetral metálicos y una malla completa electrosoldada
- Conectables: 4) barandas de cables de acero galvanizado anclados a una estructura vertical

Recomendaciones para el instalador

- Verificar que el personal a instalar esté capacitado en:
Conocimientos básicos sobre montaje, funcionamiento, condiciones de seguridad, y mantención de sistemas provisionales de protección de vanos
Conocimientos necesarios para interpretar el manual y otros documentos técnicos proporcionados por el fabricante de los sistemas provisionales de protección de vanos
Capacitación y entrenamiento sobre los riesgos de caídas de altura (y usos de protección anticaídas individual)
- Verificar que los trabajadores cuenten con todos sus elementos de protección personal: arnés, casco, zapatos de seguridad y guantes.
- Verificar que el trabajador cuente con una cuerda de vida
- Verificar punto de amarre individual del trabajador, a través de un anclaje mecánico hacia el elemento estructural y un anillo por donde se atará la cuerda
- Durante todo el procedimiento de montaje y desmontaje del sistema el trabajador debe estar amarrado a su cuerda de vida, por medio del gancho del arnés de seguridad.

Recomendaciones generales para los sistemas provisionales de protección:

- Verificar que todos los elementos a instalar sean los mismos que indica la memoria de cálculo o manual del fabricante
- Verificar que el sistema esté certificado o en su defecto que cuente con una memoria de cálculo.
- El profesional competente de la obra debe entregar o dar a conocer el procedimiento interno (que se acompañe de la memoria de cálculo) para la instalación de los sistemas provisionales. En la que se encontrará las recomendaciones de distanciamiento de los perfiles, la unión de los perfiles con la losa o viga, la escuadría de la madera a utilizar y los tipos de fijación.
 - a) Para los modulares:
 - Verificar que el sistema se encuentre en buen estado:
 - Estado de los pilares principales: verticalidad, sin curvaturas, libre de corrosión; libre de impacto (abolladuras) o rasgaduras
 - Estado de los largueros: horizontalidad, sin curvaturas, libre de corrosión; libre de impacto (abolladuras) o rasgaduras
 - Estado de la malla electrosoldada: continuidad y unión de soldaduras de la malla con los pilares y/o largueros; abolladuras o rasgaduras.
 - b) Para los conectables:
 - Estado de los cables; limpios; sin rasgaduras o cortes de los filamentos.

a) **Instalación del sistema tipo modular**

Estos sistemas se dividen y se componen de los siguientes elementos (Figura 1):

- 1) barandas de pilares o postes verticales metálicos y largueros horizontales de madera,
- 2) barandas de pilares o postes verticales y largueros horizontales metálicos o
- 3) barandas con borde perimetral metálico y una malla completa electrosoldada

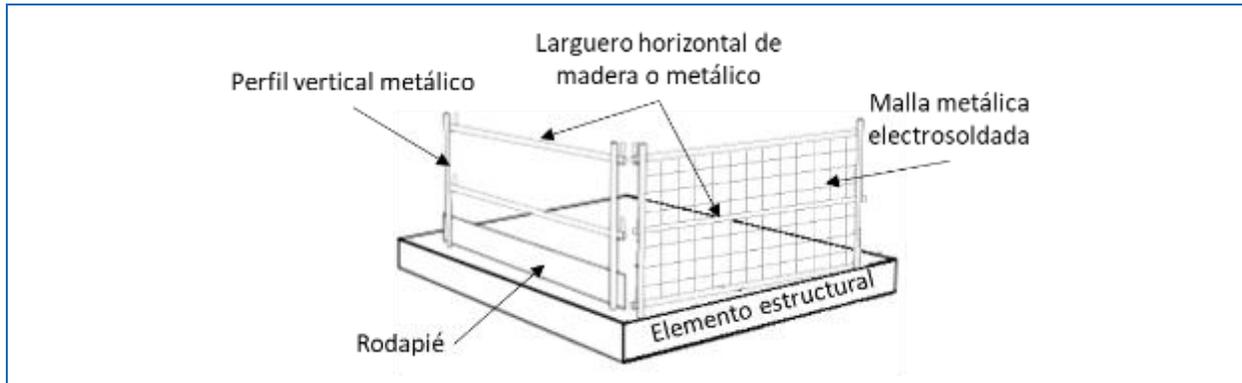


Figura 1: Componentes y partes barandas del tipo modular – Elaboración Propia

1. Instalar los perfiles verticales, de acuerdo con el distanciamiento entregado en la memoria de cálculo, ya que esta distancia depende de la escuadría de la madera (la que se recomienda que sea 3x4” de madera estructural pino insigne calidad G2) o del largo de los largueros horizontales metálicos.

2. Para los anclajes de los perfiles o postes verticales, se debe considerar el tipo de perfil a utilizar y el elemento a proteger:

a. Caso 1: Sistema de protección para bordes de encofrado de losa y anclaje tipo abrazadera

Si el perfil tiene una abrazadera como anclaje de sujeción, este anclaje se realiza en las vigas primarias (vigas que descansan en el alzaprima) del encofrado y nunca sobre la placa del encofrado, debido a que son las vigas principales las que amarran las vigas secundarias con la placa del encofrado y pueden traspasar las cargas de la presión del anclaje al alzaprima (Figura 2).

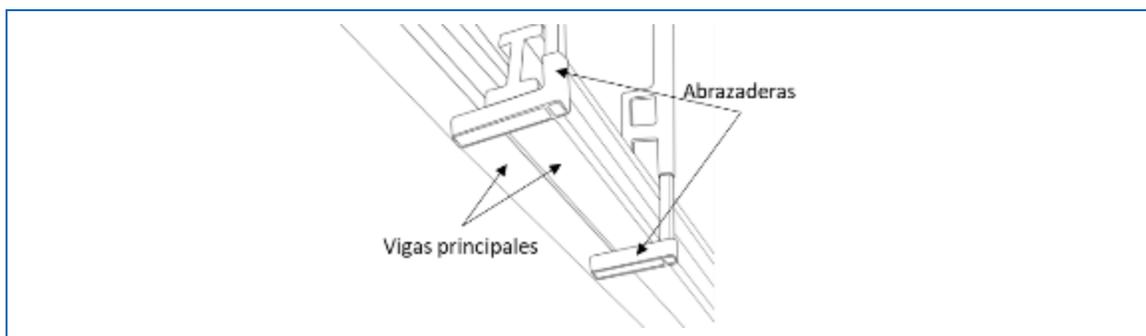


Figura 2: Vista inferior de unión de pilares verticales con las vigas principales del encofrado – Elaboración Propia

b. Caso 2: Sistema de protección para bordes de una losa estructural y anclaje mecánico tipo tornillo. El anclaje mecánico debe respetar el distanciamiento de borde del elemento de hormigón (losa) que se entrega en las recomendaciones de la memoria de cálculo (en general no menos de 15cm entre el borde y el anclaje) (Figura 3).

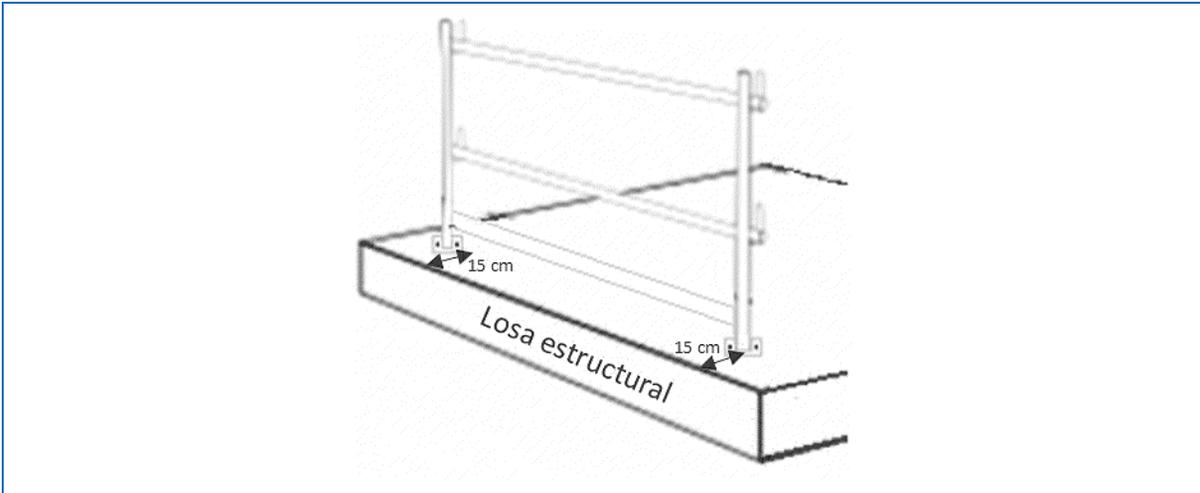


Figura 3: Esquema distanciamiento del anclaje con el borde de losa - Elaboración Propia

c. Caso 3: Sistema de protección para bordes de una losa estructural y anclaje tipo abrazadera de apriete

Al instalar los perfiles verticales, la abrazadera de apriete se debe apretar hasta que el perfil no se mueva o se desplace y el torniquete presente una resistencia de apriete (Figura 4).

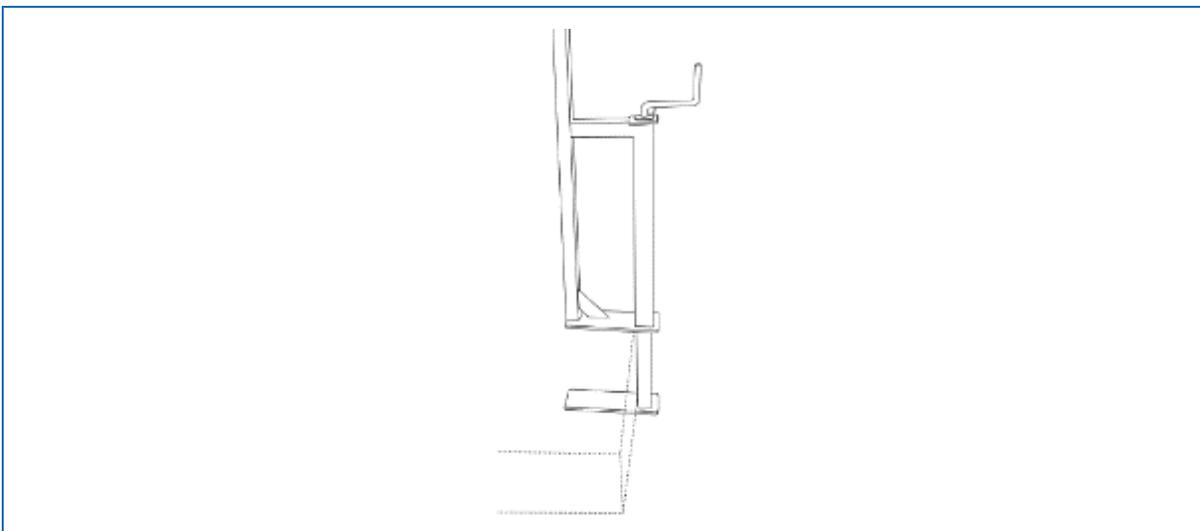


Figura 4: Esquema perfil tipo abrazadera de apriete - Elaboración Propia

d. Caso 4: Sistema de protección para vigas invertidas y anclaje mecánico tipo tornillo. Para esta situación el anclaje mecánico se realizará en el centro de la viga invertida (Figura 5).

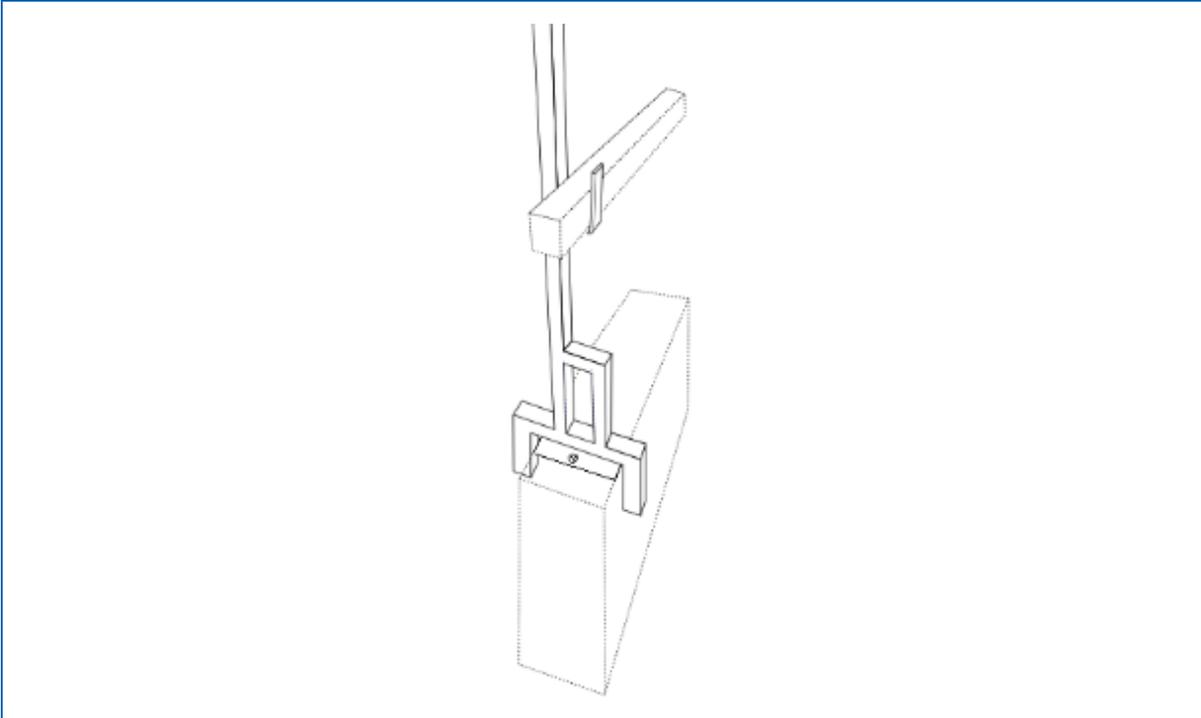


Figura 5: Esquema de anclaje mecánico del sistema de protección en vigas invertidas - Elaboración Propia

e. **Caso 5: Sistema de protección de perfiles metálicos y malla electrosoldada**
Para la instalación de esta solución se utilizará la descripción de acuerdo al tipo de modelo de anclaje del perfil metálico vertical (anclaje mecánico o abrazadera) y del tipo de elemento estructural a proteger.

3. Luego se instalan los largueros horizontales que unirán dos perfiles verticales paralelos. Lo ideal es que estos largueros sobresalgan de la luz libre que generan los pilares (Distancia D) en al menos una distancia tal que los largueros toquen a los largueros de la baranda continua a él (Figura 6).

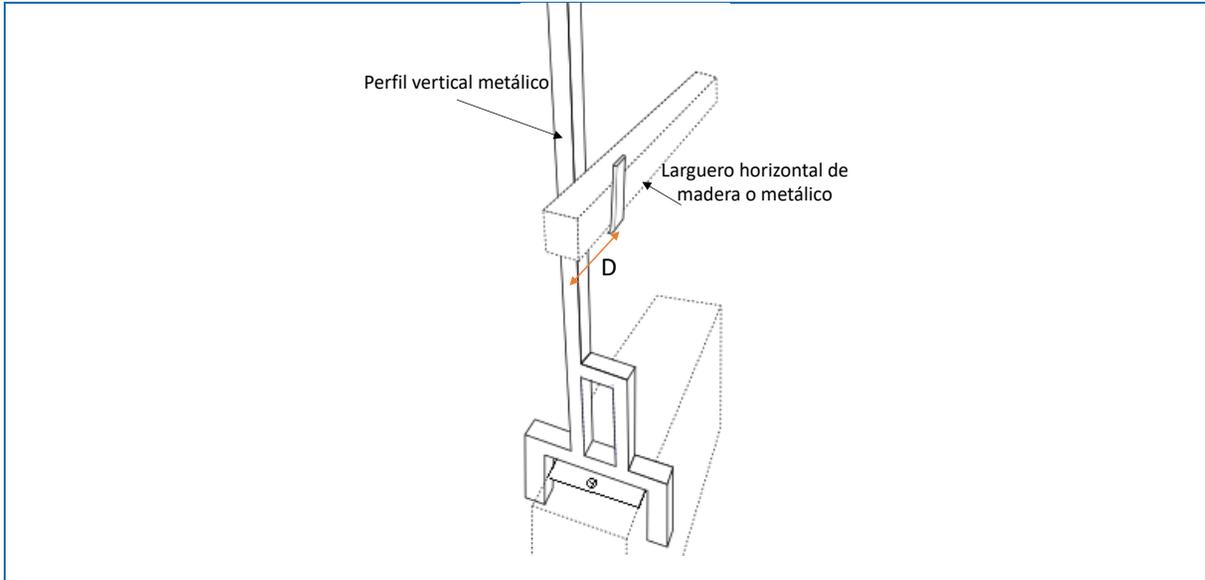


Figura 6: Esquema de instalación de largueros horizontales en perfiles verticales y la distancia de traslape – Elaboración Propia

4. Si el tipo de sistema de protección perimetral lo permite, estos largueros deben afianzarse a los perfiles verticales por medio de tornillos (Detalle Figura 7).



Figura 7: Esquema unión perfil vertical con largueros horizontales y la distancia de traslape – Elaboración Propia

5. En pareja se instala la primera línea de maderas, y así sucesivamente hasta completar la segunda línea o tercera según el modelo de la baranda (Figura 8).

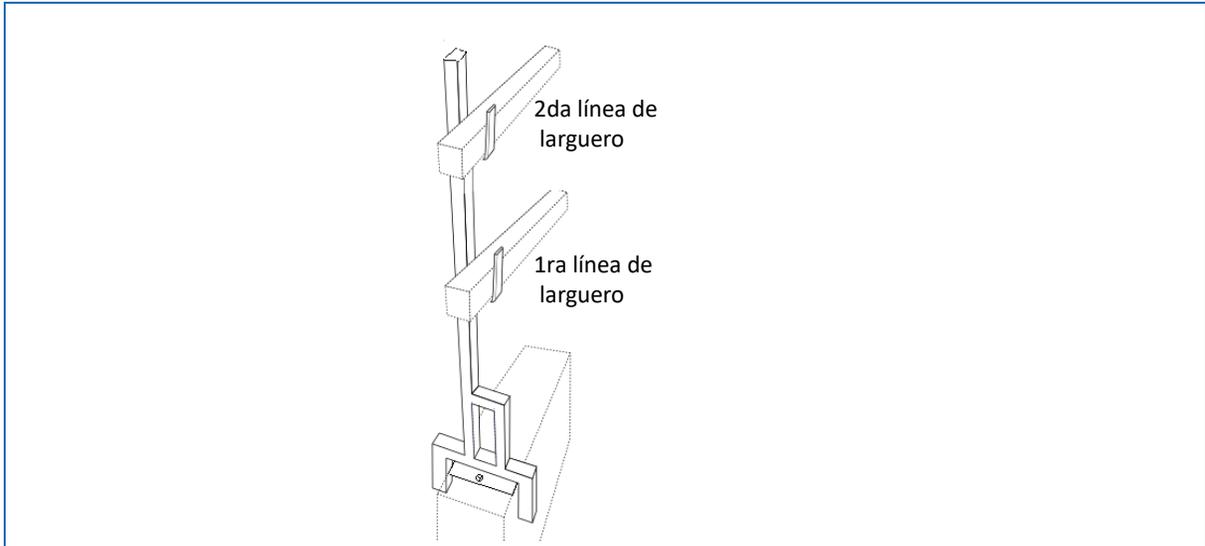


Figura 8: Instalación consecutiva de largueros – Elaboración Propia

6. La altura de la segunda línea debe estar ubicada al menos 100 cm desde el borde del elemento hormigonado
7. Una vez instaladas las barandas, se debe chequear
 - En la estructura completa que no existen espaciamiento entre dos barandas (respetar recomendación de Distanciamiento de unión entre largueros)
 - Que cuente con todos los elementos de fijación,
 - Estabilidad y firmeza de la estructura
8. El retiro de la baranda puede comenzar cuando comiencen los trabajos de remate de rasgos, trabajos de estucos o incluso la colocación de barandas definitivas de balcones o ventanas.

b) Instalación del sistema tipo conectable

Este sistema de protección se compone de cables de acero galvanizado anclados a dos estructuras verticales paralelas, de acuerdo con la Figura 9.

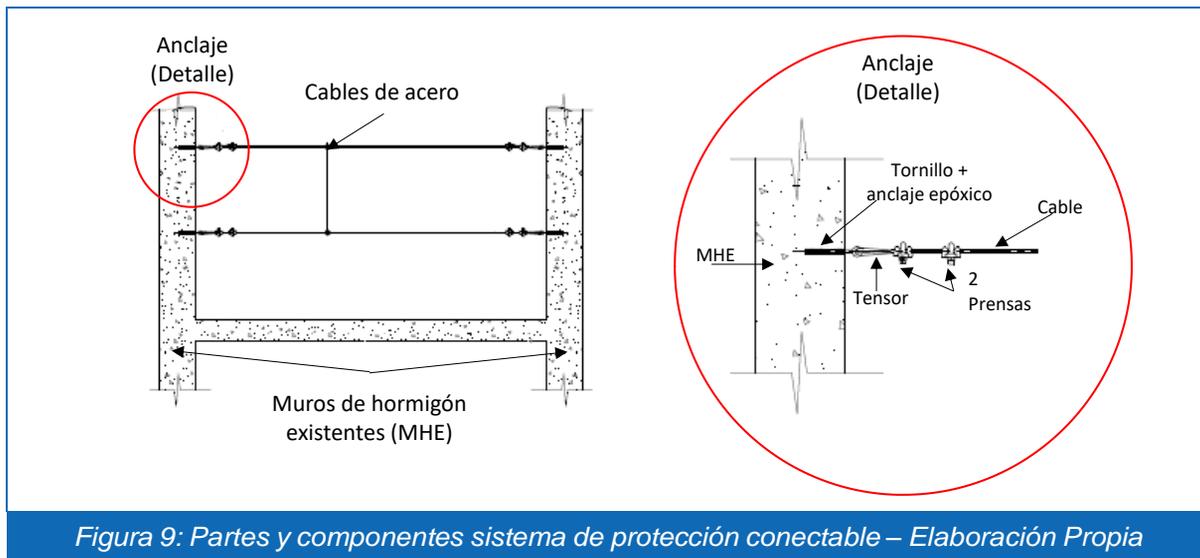


Figura 9: Partes y componentes sistema de protección conectable – Elaboración Propia

1. Al instalar el sistema se deben chequear las alturas en las que irán los cables. Al menos deben existir dos líneas de cables a 100 cm y otro a 50 cm sobre el elemento hormigonado.
2. También se deben chequear los anchos de vano que se desea proteger para estimar la longitud del largo a utilizar.
3. Realizar los anclajes en los que se instalarán los conectores de los cables, de acuerdo al detalle de la Figura 9.
4. Pasar el cable por las prensas del cable.
5. Realizar el torque del conector para lograr la tensión del cable (una tensión de 500 kg como máximo).

ANEXO E – LISTAS DE VERIFICACION DE SISTEMAS PROVISIONALES DE PROTECCIÓN DE VANOS INTERIORES Y/O EXTERIORES PERIMETRALES

Tabla E.1 -Lista de Verificación barandas modulares			
EMPRESA	OBRA		
	NÚMERO MEMORIA DE CÁLCULO Y/O FICHA PRODUCTO		
NOMBRE INSPECTOR O REVISOR	CARGO		
FECHA	FIRMA		
VERIFICACIÓN	ESTADO DE CUMPLIMIENTO		
Personal	Cumple	No Cumple	Observación
Verificar que los trabajadores cuenten con todos sus elementos de protección personal: arnés, casco, zapatos de seguridad y guantes.			
El o los trabajadores cuentan con sistema de afianzamiento individual anticaída			
Verificar que el personal esté capacitado en el montaje y desmontaje de sistemas provisionales de protección de vanos			
Previo al montaje			
Verificar que todos los elementos a instalar sean los mismos que indica la memoria de cálculo o manual del fabricante			
Verificar estado de los elementos a instalar: <ul style="list-style-type: none"> ○ Estado de los pilares principales: verticalidad, homogeneidad del elemento, libre de corrosión; zonas con impacto, curvaturas ○ Estado de los largueros: zonas sin flexión, zonas con impacto o presencia de curvaturas ○ Estado de la malla electrosoldada: continuidad y unión de soldaduras de la malla con los pilares y/o largueros; que la malla no esté cortada. 			
Durante el montaje			
Verificar distanciamiento horizontal entre perfiles según lo indicado en la memoria de cálculo			
Verificar altura entre los largueros o perfiles horizontales según lo indicado en la memoria de cálculo			
Verificar que los puntos de anclajes de los perfiles verticales sean los especificados en la memoria de cálculo (de acuerdo a las recomendaciones del artículo 9.6 de la prenorma)			
Verificar uniones o traslapes de barandas modulares según la memoria de cálculo o recomendaciones del proveedor (de acuerdo a las recomendaciones de artículo 9.5 y/o 9.6 de la prenorma)			
Verificar tipo de anclaje de los elementos horizontales contra los verticales (de acuerdo a las recomendaciones del manual de instrucciones)			
Verificar que los anclajes y uniones de las piezas (tipo, ubicación, realización) han sido aprobados por el profesional competente de la obra (de acuerdo a las recomendaciones del artículo 9.3 de la norma)			
Antes de utilizar, se debe revisar firmeza del elemento, en cuanto a: <ul style="list-style-type: none"> - Que no exista desplazamiento de los perfiles verticales 			

<ul style="list-style-type: none"> - Que los anclajes estén seguros - Que en los anclajes no se aprecie desconexión de la unión 			
Descimbre del sistema			
<p>Verificar la planificación del descimbre en cuanto a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Protección del entorno - Control potencial de caída de materiales - Uso correcto de elementos de protección personal - Ubicación y características de las zonas de acopio del sistema de protección - Horario de descimbre para evitar perturbación en la visión de los trabajadores - Presencias de chispas incandescentes 			
<p>Verificar que su retiro sólo se realice cuando haya finalizado la actividad en la zona</p>			

Tabla E.2 - Lista de Verificación de sistemas conectables			
EMPRESA	OBRA		
	NÚMERO MEMORIA DE CÁLCULO Y/O FICHA PRODUCTO		
NOMBRE INSPECTOR O REVISOR	CARGO		
FECHA	FIRMA		
VERIFICACIÓN	ESTADO DE CUMPLIMIENTO		
Personal	Cumple	No Cumple	Observación
Verificar que los trabajadores cuenten con todos sus elementos de protección personal: arnés, casco, zapatos de seguridad y guantes.			
El o los trabajadores cuentan con sistema de afianzamiento individual anticaída			
Verificar que el personal esté capacitado en el montaje y desmontaje de sistemas provisionales de protección de vanos			
Previo al montaje			
Verificar que todos los elementos a instalar sean los mismos que indica la memoria de cálculo o manual del fabricante			
Verificar estado de los elementos a instalar: <ul style="list-style-type: none"> ○ Estado de los conectores sin deformación ○ Estado de los cables sin rasgaduras o cortados 			
Durante el montaje			
Verificar distanciamiento horizontal entre los cantos verticales del vano a cubrir			
Verificar que los puntos de anclajes de los perfiles verticales sean los especificados en la memoria de cálculo			
Verificar altura de los anclajes en los cantos verticales			
Antes de utilizar, se debe revisar firmeza del elemento, en cuanto a: <ul style="list-style-type: none"> - Que los cables estén tensados - Que los cables no ondulen 			
Descimbre del sistema			
Verificar que su retiro sólo se realice cuando haya finalizado la actividad en la zona			
Revisar estado de componentes: <ul style="list-style-type: none"> - Uniformidad de los conectores - Cables sin cortaduras ni rasgaduras 			

ANEXO F – PROPUESTA DE PRENORMA PARA SISTEMAS PROVISIONALES DE PROTECCIÓN DE VANOS INTERIORES Y/O EXTERIORES PERIMETRALES

INDICE

1. Introducción
2. Marco de aplicación
3. Términos y definiciones
4. Clasificación
 - 4.1 Materiales
 - 4.2 Clasificación según cargas
5. Condiciones que se deben cumplir
6. Recomendaciones de ubicación
 - 6.1 Según elemento estructural a proteger
 - 6.2 Según actividades o trabajos que presentan peligros a caídas
7. Requisitos generales
 - a) Para sistemas provisional de protección de vano modular
 - b) Para sistemas provisional de protección de vano conectable
8. Requisitos estructurales
 - 8.1 Cargas estáticas
 - a) Para sistemas provisional de protección de vano modular
 - b) Para sistemas provisional de protección de vano conectable
 - 8.2 Estructuración
 - 8.3 Seguridad
 - a) Para sistemas provisional de protección de vano modular
 - b) Para sistemas provisional de protección de vano conectable
9. Manual de instrucciones
 - 9.1 Requisitos para el trabajador
 - 9.2 Instalación
 - a) Para sistemas provisional de protección de vano modular
 - b) Para sistemas provisional de protección de vano conectable
 - 9.3 Inspección
 - 9.4 Precauciones en obra o uso
 - 9.5 Requisitos para el fabricante
 - 9.6 Requisitos para el ingeniero calculista
 - 9.7 Almacenamiento

Referencias utilizadas

- UNE 1263-1: 2018 - Redes de seguridad, requisitos de seguridad, métodos de ensayo
- UNE1263-2: 2016 - Equipamiento para trabajos temporales de obra. Redes de seguridad. Parte 2: Requisitos de seguridad para los límites de instalación
- UNE13374: 2013 + A1 - Sistemas provisionales de protección de borde. Especificaciones del producto: Métodos de ensayo
- NPT803:2008 - Norma técnica de prevención. Encofrado horizontal: Protecciones colectivas
- I CFR1926.502 sf - OSHA Regulations for Rooftop Guardrail Systems: Fall protection systems criteria and practices
- NCh2458 Of.1999 Sistema de protección para trabajos en altura

1. Introducción

El propósito de los sistemas provisionales de protección de vanos (verticales u horizontales) interiores y/o exteriores perimetrales es detener la caída desde la altura de personas y de materiales, herramientas, escombros o cualquier objeto que pueda causar daño a las personas que se encuentren trabajando o transiten en niveles inferiores.

En este documento se presentarán recomendaciones e información a incluir en una prenorma para sistemas provisionales de protección de vanos (verticales u horizontales) interiores y/o exteriores perimetrales, que de acuerdo con levantamiento de información técnica nacional, de terreno, de encuestas y entrevistas se han clasificado en

- Modulares: 1) barandas de postes metálicos con largueros horizontales de madera, 2) barandas de postes y largueros metálicos; 3) barandas con bordes metálicos y una malla completa electrosoldada
- Conectables: 4) barandas de cables de acero galvanizado anclados a una estructura vertical

En este documento se describe la siguiente información: el contexto de aplicación, términos y definiciones; clasificación, recomendaciones de uso; requisitos estructurales y un manual de instrucciones que se especifican para los sistemas provisionales de protección de borde que se usen durante la construcción.

2. Marco de aplicación (UNE13374:2013 - NCh2458. Of1999)

Este documento especifica los requisitos para los sistemas provisionales de protección de vanos (verticales u horizontales) interiores y/o exteriores perimetrales que se usen durante la construcción.

Este documento se aplica a sistemas provisionales de protección de vanos (verticales u horizontales) interiores y/o exteriores perimetrales de dos tipos: modulares (del tipo baranda) fijados a la estructura y conectables que son fabricados in situ por medio de cables horizontales que se fijan a la estructura.

3. Términos y definiciones (UNE13374:2013 – NPT803:2008)

Los sistemas provisionales de protección de vanos (verticales u horizontales) interiores y/o exteriores perimetrales del tipo modular denominada “baranda” son sistemas modulares compuestos de dos elementos verticales (postes o pilares) que se unen por lo general de largueros horizontales de madera o estructura metálica; o una solución completa de malla de metal electrosoldada. La forma de unión a la estructura se realiza por medio de abrazaderas o pernos de anclajes.

Por otra parte, los sistemas conectables fabricados in situ se componen de elementos horizontales de hilos de cables de acero cuyos extremos se fijan a un elemento vertical por medio de anclajes.

Para los fines de este documento, se aplican los siguiente términos y definiciones:

Altura del sistema provisional de protección: distancia entre el punto más alto del sistema (para modulares el último larguero y en el conectable el último cable, desde la superficie de trabajo) y la superficie de trabajo medida perpendicularmente a la superficie de trabajo.

Baranda principal: larguero o elemento continuo que forma la parte superior del sistema de protección de borde. Está destinada a proporcionar sujeción utilizando la mano y a cortar la trayectoria de movimiento de un trabajador que se dirigiera hacia el borde a proteger, impidiendo la caída.

Baranda intermedia: larguero o elemento continuo entre la baranda principal y la superficie de trabajo.

Estado límite de servicio: tipo de estado límite que, de ser rebasado, produce una pérdida de funcionalidad deterioro de la estructura, pero no un riesgo inminente a corto plazo

Materiales rígidos: materiales que presentan baja elasticidad, es decir, se requiere una fuerza considerable para deformarlos

Materiales resistentes: materiales pueden resistir esfuerzos y fuerzas sin romperse, deformarse permanentes o deteriorarse

Materiales compatibles: tipos de materiales que al unirse pueden seguir cumpliendo la función para los que se utilizan

Postes o pilares: soporte principal vertical del sistema de protección de borde al cual se sujetan los sistemas modulares (barandas)

Sistema provisional de protección de vanos interiores y/o exteriores perimetrales: conjunto de componentes destinados a proteger a las personas contra las caídas a un nivel inferior y retener materiales.

Sistema modular de protección (baranda): conjunto de elementos verticales u horizontales que al ensamblarse mecánicamente entregan un paramento vertical transitorio de protección perimetral a vanos (verticales u horizontales).

Sistema conectable de protección (cables): conjunto de hileras de cables que al fijarse mecánicamente a un elemento estructural vertical entregan un paramento vertical transitorio de protección perimetral a vanos (verticales u horizontales).

Superficie de trabajo: superficie sobre la cual una persona está de pie, anda o trabaja.

4. Clasificación (UNE13374:2013)

4.1 Materiales

En general en el uso de sistemas provisionales de protección de vanos se permite el uso de distintas materialidades en la que se debe respetar las consideraciones estructurales de cada uno de ellos en las normas chilenas respectivas.

Así lo mínimo requerido propuesto es:

- Los materiales utilizados deben certificar la resistencia utilizada en las fichas técnicas o manual de usuario del producto.
- Los materiales utilizados deben contar con protección ante la corrosión en el caso de acero o metal y de humedad en el caso de maderas

4.2 Clasificación según cargas

Considerando las cargas que el sistema puede soportar, los sistemas provisionales de protección de vanos se clasifican en:

- Clase A: Sistemas provisionales de protección de vanos que sólo proporciona resistencia frente a cargas estáticas, por ejemplo, el peso de una persona que se apoye sobre la protección, que permita la sujeción de la mano cuando camina junto a ella o que permita la detención de una persona cuando camina hacia la protección. Que por lo general pueden ser del tipo conectables.
- Clase B: Sistema de protección de borde que proporciona resistencia a cargas estáticas y fuerzas dinámicas de baja intensidad, por ejemplo, el peso de una persona que camina o cae hacia la dirección de la protección. Que por lo general de acuerdo con el tipo de fijación responde al grupo de los sistemas modulares.

5. Condiciones que se deben cumplir (CFR1026.502.sf)

- Sólo se permite el uso de materiales rígidos, no se pueden utilizar cuerdas de fibras naturales, cintas plásticas o cadenas.
- Cualquier actividad que presente peligro a caídas de altura sobre 1.8 m sobre el nivel de terreno, no debe quedar desprovista de un sistema provisional de protección de vano.

6. Recomendaciones de ubicación (CFR1910.23.sf)

6.1 Según elemento estructural a proteger

- Toda abertura del piso de la escalera deberá estar protegida por un sistema provisional de protección de vano horizontal. Esta se colocará en todos los lados expuestos (excepto en la entrada a la escalera).
- Toda abertura o plataforma del piso de la escalera debe estar protegida un sistema provisional de protección de vano horizontal.
- Todas las escotillas, las aberturas de ductos, pasadas de cañerías o bocas de registro del piso deberán estar protegidas por al menos un sistema provisional de protección de borde. Si bajo este orificio pasan continuamente trabajadores, se recomienda el uso de un sistema modular que contenga un rodapié.
- Todas las aberturas y orificios de tragaluz del piso deben estar protegidos por un sistema provisional de protección de borde en todos los lados expuestos.
- En cada vano, en el que exista un riesgo de caída de más de 1.8 m, deberá estar protegida por un sistema provisional de protección y cuando exista paso debajo de él y riesgo de caídas de materiales, se recomienda el uso de un sistema modular que contenga un rodapié.
- En cada vano libre de una altura de más de 1.8 m y que no tenga antepecho de protección.
- Todo piso o plataforma de lados abiertos a más de 1.8 m por encima del piso o nivel del suelo adyacente deberá estar protegido un sistema provisional de protección de borde.

6.2 Según actividades o trabajos que presentan peligros a caídas (UNE 81652:2013)

Las siguientes actividades o trabajos pueden presentar peligro de caídas a alturas, por lo tanto, se requiere siempre un sistema provisional de protección de borde, complementario al sistema de protección de caídas personal. La justificación se debe a que dichas actividades se realizan generalmente en proyectos en altura y por tanto sobre los 1.8 m de altura sobre el nivel de terreno. A continuación, se presenta una lista, no exhaustiva, de actividades o trabajos que pueden presentar peligro de caídas a alturas:

- Montaje y desencofrado de la estructura de encofrado sobre 1.8 m desde el nivel de terreno
- Vertido del hormigonado sobre 1.8 m del nivel de terreno
- Excavaciones, movimiento de tierras o trabajo de fundaciones que se realicen a una profundidad mayor de 1.8 m bajo el nivel de terreno y por tanto será el borde el que se deberá proteger
- Colocación de ventanas y por tanto las tareas de remate de rasgos
- Colocación de techumbre y por tanto las tareas de impermeabilización, colocación de cubiertas u hojalaterías
- Colocación de revestimientos exteriores
- Colocación de impermeabilizantes en zonas sobre los 1.8 m del nivel de terreno
- Otras tareas de especialidades, tales como instalación de cañerías, ductos, iluminación o electricidad próximas a zonas de vanos u orificios que se encuentren sobre los 1.8 m
- Ductos, conexión e instalación de ascensores
- Armado, confección, colocación, arreglos o remates de bordes de orificios de escaleras que aún no cuenta con sistema de protección de borde definitivas.
- Entre otras

7. Requisitos generales (de las NCh 2458 Of. 1999 y UNE 13374:2013)

- Los sistemas de protección deben ser construidos lo suficientemente resistentes en todas sus partes, de acuerdo con el modelo de diseño y cálculo que entregue la memoria de cálculo del ingeniero calculista o especificaciones técnicas del proveedor.
- Los materiales utilizados deben ser compatibles entre sí para asegurar la resistencia indicada y para garantizar que las uniones entre ellos no presenten problemas estructurales y que van a trabajar solidariamente.
- Los materiales deben estar libres de impurezas, tales como restos de mortero, hormigón o aceites que se les haya adherido
- Los materiales a utilizar deben estar libres de defectos, en el caso de los modulares: torceduras de la madera, corrosión o rasgaduras del metal o soldaduras despegadas para las barandas electrosoldadas. En el caso de los conectables: los cordones del cable no pueden estar cortados o rasgados.
- La distancia entre la parte más alta de la barandilla principal y la superficie de trabajo debe ser de al menos 1 metro. Para vanos interiores horizontales como por ejemplo un foso de ascensor o cajas de escalas se recomienda una protección completa del vano de piso a cielo y entre anchos, debido a la exposición de tránsito continuo.

a) **Para sistemas provisional de protección de vano modular**

- Deberá asegurarse el correcto alineamiento del sistema por medio de pasadores, uniones entre los módulos y/o colocación de anclajes en el nivel inferior
- Debe asegurarse que una vez instalado el sistema modular no queden espacios sin cubrir del vano a proteger
- No se permite en la construcción del sistema el uso de fierro de construcción soldado como parte de cualquiera de sus componentes estructurales.

b) **Para sistemas provisional de protección de vano conectable**

- Los anclajes a utilizar deben resistir las cargas que les transmitirán los cables una vez tensados, además de la tensión de servicio
- Los anclajes no podrán deformarse cuando los cables se hayan tensado

8. Requisitos estructurales (UNE 13374:2013)

Los siguientes requisitos deben cumplirse tanto para el sistema de protección como para sus anclajes.

8.1 Cargas estáticas

a) Para sistemas provisionales de protección de vano modular

Para el cálculo de las cargas se debe incluir las cargas paralelas al sistema, las fuerzas debido al viento y las cargas accidentales, de acuerdo con las recomendaciones que se entregan a continuación:

Cargas paralelas al sistema. Cada sistema provisional de protección de vano y sus componentes debe resistir una fuerza horizontal de 0.2 kN en el punto más desfavorable que por lo general suele ser la zona superior de la baranda, así como se esquematiza en la Figura 8.1).

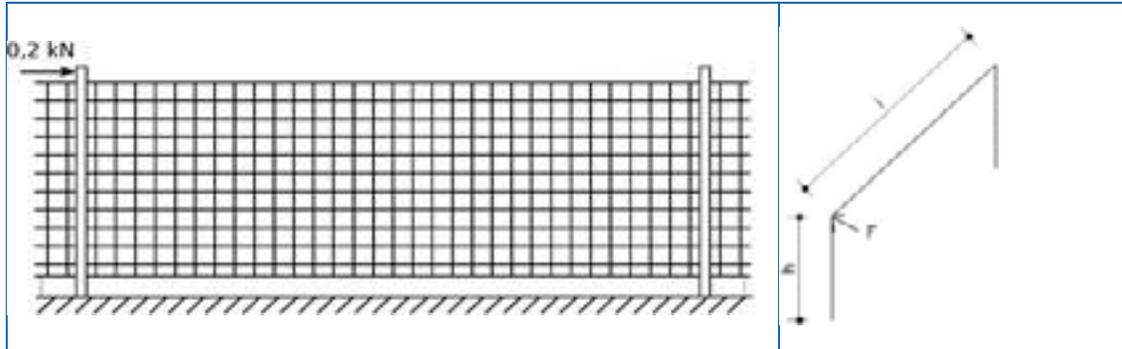


Figura 8.1: Ubicación fuerza horizontal de cargas paralelas

Fuerzas debidas al viento. Deben calcularse suponiendo que la presión del viento (Q_w) se ejerce sobre una superficie efectiva del sistema provisional de protección de borde.

$$Q_w = \sum_i (C_{fi} \times q_i \times A_i), \text{ donde:}$$

Q_w = es la resultante de las fuerzas debidas al viento;

C_{fi} = es el coeficiente de fuerza aerodinámico para los componentes i de la protección de

borde C_{f0} = es el coeficiente de fuerza de un componente con esbeltez infinita;

q = es la presión del viento actuando sobre los componentes i igual a 600 N/m^2 ;

A_i = es el área de referencia de los componentes de la protección de borde.

Carga accidental. Las estructuras deben poder resistir carga puntual hacia debajo de $FD = 1,25 \text{ kN}$ sobre 100 mm

b) Para sistemas provisionales de protección de vano conectable

Para el cálculo de las cargas se debe incluir las cargas concentradas y una carga uniformemente distribuida aplicada en la zona superior del sistema, de acuerdo con los esquemas que se muestran en la Figura 8.2.

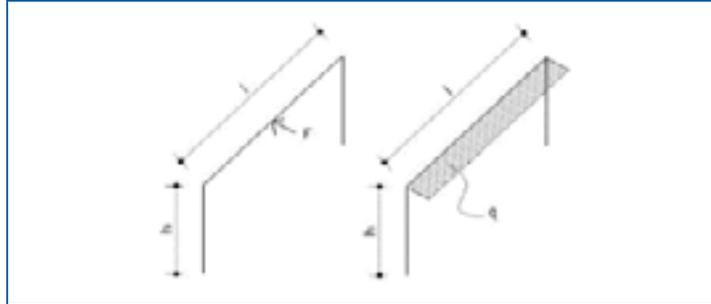


Figura 8.2: Esquema de aplicación de cargas

Es decir, se debe considerar la situación más desfavorable entre una carga puntual F (90 kg) o una carga repartida q (50kg/ml).

8.2 Estructuración

Se ha considerado lo estipulado en la UNE 13374:2013, donde se define 1 m mínimo de altura para todos los sistemas provisionales de protección de vano (modular y conectable).

Dependiendo del tipo de vano a proteger y si bajo él existe tránsito continuo, se recomienda además incluir para los sistemas modulable un rodapié que cubra un alto de al menos 15 cm. (ver Figura 8.2.1 esquemática).

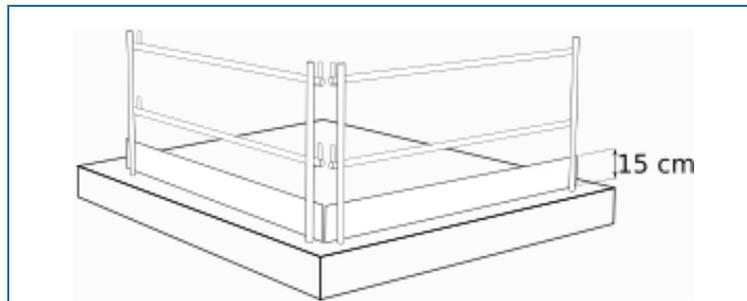


Figura 8.2.1: Esquema ubicación y altura del rodapié –
Elaboración propia

8.3 Seguridad

a) Para sistemas provisionales de protección de vano modular

Se recomienda utilizar los coeficientes parciales de seguridad (γ) definidos en la UNE13374:2013. Estos coeficientes se definen para 3 grupos de cargas: estado límite último, estado límite de servicio y acciones accidentales, los cuales se detallan a continuación:

Para el estado límite último, los coeficientes parciales de seguridad deben ser:

- $\gamma_f=0.9$ para las cargas favorables, por ejemplo, el contrapeso, cuando se calcula la estabilidad de laproducción con contrapeso;
- $\gamma_f=1.5$ para todas las cargas permanentes y variadas;
- $\gamma_m=1.1$ para los materiales metálicos dúctiles;
- $\gamma_m=1.25$ para los materiales metálicos frágiles;
- $\gamma_m=1.3$ para la madera.

Para el estado límite de servicio, los coeficientes parciales de seguridad deben ser:

- $\gamma_f=1.0$ para todas las cargas;
- $\gamma_m=1.0$ para todos los materiales.

Para las acciones accidentales (carga de viento y de combinación), los coeficientes parciales de seguridad deben ser:

- $\gamma_f=1.0$ para todas las cargas
- $\gamma_m=1.0$ para todos los materiales

b) Para sistemas provisionales de protección de vano conectable

Para los cables que trabajan a tracción $FS = 2.0$ sobre el valor de rotura

Para unión por fricción

$\gamma_u=1.3$

9. Manual de instrucciones

Algunos aspectos por considerar como recomendaciones o instrucciones son los siguientes subtítulos:

9.1 Requisitos para el trabajador:

- El trabajador instalador de los sistemas provisionales de protección de vanos debe reunir las siguientes condiciones:

- Edad mínima 18 años,
- Poseer 4to medio de escolaridad, reconocido por la Autoridad Competente,
- Condiciones psicosomáticas adecuadas al desempeño de trabajos en altura
- Salud compatible con esta actividad, demostrado con examen de altura física vigente.

- El trabajador debe contar con la siguiente instrucción:

- Conocimientos básicos sobre montaje, funcionamiento, condiciones de seguridad, y mantenimiento de sistemas provisionales de protección de vanos
- Conocimientos necesarios para interpretar el manual y otros documentos técnicos proporcionados por el fabricante de los sistemas provisionales de protección de vanos
- Capacitación y entrenamiento sobre los riesgos de caídas de altura (y usos de protección anticaídas individual).

- Los trabajadores que participen en la instalación de los sistemas provisionales de protección de vanos y que estén expuestos al riesgo de caída de altura, deben utilizar en todo momento arnés de seguridad, amarrado a un punto resistente de la estructura independiente del sistema y todo otro implemento de protección personal de acuerdo con las funciones a desempeñar. Deben disponer de bandeja porta herramientas u otro elemento que impida la caída accidental de las herramientas a utilizar.

9.2 Instalación (NCh2458. Of1999 y NPT803:2008)

- Se recomienda que durante la instalación (montaje y desmontaje) del sistema provisional de protección de vanos se evite el desplazamiento de personal debajo de su instalación, ya sea demarcando o delimitando la zona. Y en dicha situación el prevencionista de riesgo debe controlar que no circulen trabajadores.
- El responsable de la partida debe asegurar que antes que el trabajador deba instalar el sistema de provisional de protección de vanos, éste cuenta con todos los elementos que la componen de acuerdo con especificación técnica de cálculo.

a) Para sistemas provisionales de protección de vano modulares

- No se permite el uso de alambres como amarre de parte del sistema provisional de protección de vanos del tipo modular. Tampoco se permite el uso de fibras sintéticas o naturales que no aseguren la permanencia de sus características de resistencia frente al uso prolongado o a las inclemencias del tiempo.
- Antes de su instalación el responsable de la partida que requiera de la colocación de un sistema provisional de protección de vanos del tipo modular deberá revisar cada uno de los elementos que la componen y registrar su aprobación o petición de sustitución en el libro de obra o bitácora del plan de aseguramiento de calidad del proyecto. En particular verificar:
 - Estado de los pilares principales: verticalidad, homogeneidad del elemento, libre de corrosión; abolladuras o rasgaduras
 - Estado de los largueros: horizontalidad, homogeneidad; abolladuras o rasgaduras
 - Estado de la malla electrosoldada: continuidad y unión de soldaduras de la malla con los pilares y/o largueros; abolladuras o rasgaduras
- Los pernos de anclaje, abrazaderas u otro medio de fijación que pueden ser usados en los sistemas provisionales de protección de vanos modulares deberán ser aquellos en cantidad y características que se señalen en el manual de cálculo o especificaciones técnicas del proveedor.

b) Para sistemas provisionales de protección de vano conectable

- Antes de su instalación el responsable de la partida que requiera de la colocación de un sistema provisional de protección de vanos del tipo conectable deberá revisar cada uno de los elementos que la componen y registrar su aprobación o petición de sustitución en el libro de obra o bitácora del plan de aseguramiento de calidad del proyecto.
- En particular verificar: estado de los cables: alineamiento, deformaciones, homogeneidad de los cables; rasgaduras o cortaduras.

9.3 Inspección

- Los sistemas de protección de vanos deben ser inspeccionados por completo (piezas y anclajes) por una persona calificada (profesional competente de la obra) en temas estructurales antes y después de cada instalación. Y registrar su aprobación o petición de sustitución en el libro de obra o bitácora del plan de aseguramiento de calidad del proyecto.
- Adicionalmente, se deben realizar inspecciones después de efectuar modificaciones, reparaciones o después que el sistema haya sido sometido a algún tipo de esfuerzo.
- También debe ser inspeccionado el sistema en forma inmediatamente posterior a la ocurrencia de algún fenómeno de la naturaleza tales como temporal de viento, lluvia, nieve, terremoto, etc., para verificar que los elementos no se hayan soltado.
- Se debe inspeccionar completamente el sistema, así como los mecanismos de unión y anclaje, después de un tiempo prolongado (sobre 1 mes) de paralización de los trabajos.

- El sistema que muestre oxidación, desgaste, deformaciones, daños o cortes que afecten sustancialmente su resistencia, a recomendación del profesional de obra, debe ser inmediatamente retirado de servicio para una inspección completa, reparación o eliminación.
- Se debe contar en obra con una bitácora del plan de aseguramiento de calidad del proyecto que indique las inspecciones, reparaciones y mantenimientos que se le han efectuado al sistema.
- Debe efectuarse cada vez de un nuevo uso una evaluación del sistema provisional de protección de borde por un personal competente y quedar registrado en el libro de obra del plan de aseguramiento de calidad del proyecto.

9.4 Precauciones en obra o uso (NCh2458. Of1999 - UNE13374:2013)

- Los sistemas de protección no pueden ser utilizados como superficies de trabajo ni de tránsito de personas en ninguna circunstancia.
- Los sistemas de protección no pueden ser utilizados para almacenar escombros, materiales o herramientas, ni como plataforma de descarga de elevadores, montacargas, grúas ni ningún sistema de elevación de carga o personas.
- No se permite la utilización de los sistemas de protección para el apoyo de tendido de cables o extensiones eléctricas.
- Se debe tener cuidado cuando los sistemas de protección se limpien o se trasladen de lugar, para que no queden piezas o partes sueltas susceptibles de caer al efectuar tales operaciones.
- Durante la operación de traslado e instalación del sistema se debe prohibir la permanencia o el tránsito de personas bajo la zona donde se está efectuando la operación, en un área suficientemente amplia como para garantizar la seguridad de las personas que se encuentren en los niveles inferiores del edificio en construcción.
- Las aberturas entre el sistema provisional de protección de vano y otras estructuras deben ser tan pequeñas como sea posible, y a modo de recomendación no más de 12 cm.

9.5 Requisitos para el fabricante (UNE13374:2013)

Se debe suministrar un conjunto de instrucciones, contenidas en un manual de instrucciones. Será parte de las bases de la evaluación y para realizar las revisiones periódicas. Las instrucciones recomendadas son las siguientes:

- lista con cada uno de los componentes y una descripción de cada uno de ellos
- instrucciones para la secuencia de ensamblaje: distancias de anclajes, de traslape
- instrucciones para el desmantelamiento de los componentes y su manipulación
- instrucciones para almacenamiento, mantenimiento o reparación que el fabricante considere apropiadas
- especificación exhaustiva de los elementos no fabricados expresamente
- criterios de rechazo de los componentes usados o deteriorados
- información acerca de las aplicaciones para las que el sistema de protección es apropiado, de acuerdo con las normas nacionales pertinentes.

9.6 Requisitos para el ingeniero calculista (UNE13374:2013)

En el caso de proyectos especiales o singulares y de manera de complementar las fichas técnicas del proveedor, el ingeniero calculista deberá suministrar un conjunto de recomendaciones estructurales contenidas en una memoria de cálculo que permitirán la verificación in situ de la estructura.

Los puntos importantes para considerar serán los siguientes:

- restricciones de limitación de uso con relación a la velocidad del viento, cargas de hielo, cargas de nieve y condiciones resbalosas.
- requisitos en cuanto a la fijación a la estructura en función: distanciamiento; especificaciones de tipo de anclaje, tornillo o solución química; traslapes recomendados.
- las cargas transmitidas a la estructura de soporte.

9.7 Almacenamiento

- Al finalizar el uso de los sistemas de protección de borde, se realiza su limpieza final.
- Los elementos que componen el sistema de protección se almacenan en un lugar libre de humedad.

ANEXO G - MANUAL DE OBRA PARA INSTALACIÓN DE SISTEMAS PROVISIONALES DE PROTECCIÓN DE CONTORNO (REDES DEL TIPO V, S Y U)

a) Red tipo V

Se compone de una red con cuerda perimetral (líneas negras) de amarre que se afianzan a un mástil en forma de L invertido (Figura 1)

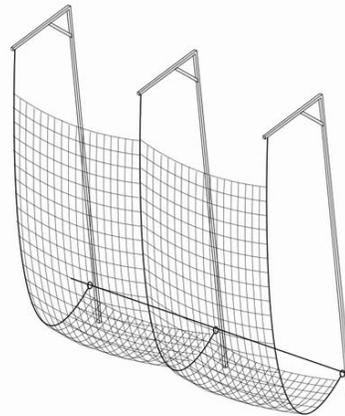


Figura 1: Esquema de los componentes de la red tipo V
– Elaboración propia

1. Antes de su instalación se debe consultar las instrucciones del fabricante.
2. Verificar el estado de cada elemento: que no existan elementos cortados y rasgados.
3. Verificar que el sistema contiene todas las piezas enumeradas en el manual de instrucciones del fabricante o las especificaciones técnicas.
4. Deben ser montadas y desmontadas por Profesional competente y en número tal que se evite la incorrecta manipulación de cargas durante su instalación, en general no más de 20 kilos por persona o 33 kilos para una pareja de trabajadores.
5. Antes de hormigonar se debe prever la instalación de los anclajes de los mástiles:
 - Dejar embutida una enfierradura en forma de omega en conjunto con la enfierradura del elemento a hormigonar o un perfil cuadrado en el que se introducirá luego el mástil cuadrado.
 - Se recomienda que el distanciamiento de los anclajes, y por ende de los mástiles, no supere los 4,5 m entre sí.
 - Además, estos embutidos deberán situarse en el canto del elemento a hormigonar.
 - Una vez situados los elementos de anclaje se hormigona el conjunto completo.
6. Se debe realizar el replanteo de cada mástil y su instalación comenzará desde en una de las esquinas del elemento de hormigón. Se recomienda que la separación entre los mástiles no supere los 4,5 m entre sí.

7. También, se deben proveer ganchos (horquillas) de enfierraduras de 8 mm de diámetro cada 50 cm (línea naranja) y retranqueados a 10 cm del borde el elemento hormigonado (línea azul) que permitirán afianzarla red una vez instalada (Figura 2).

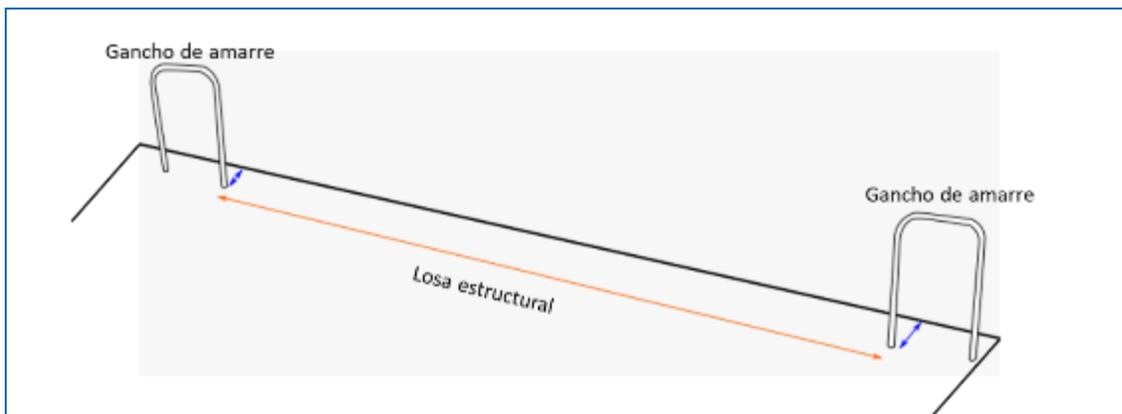


Figura 2: Recomendación de ubicación de ganchos de amarre de la red en el elemento de hormigón –Elaboración propia

8. Se deben unir las piezas de los mástiles con los tornillos y tuercas respectivas hasta lograr la altura del mástil.

9. Se pasa la cuerda de atado por los anillos del mástil dejando una longitud suficiente de cuerda de 15 metros para que alcance a la red (Figura 3).

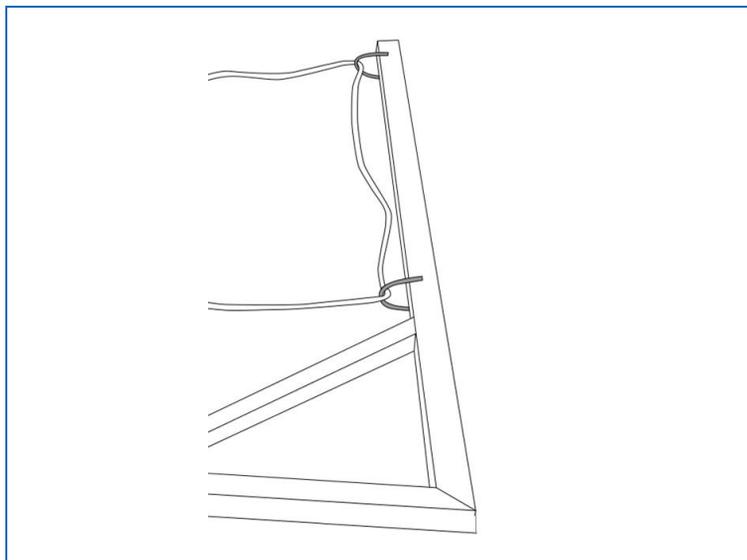


Figura 3: Esquema de amarre de la cuerda de atado con el mástil – Elaboración propia

10. Los mástiles se instalan en su lugar final con ayuda de una grúa de izaje y la ayuda de al menos dos trabajadores (asegurados) que recibirán los mástiles en el lugar de posicionamiento.

11. Los mástiles se pasan a través de los anclajes provisionales, los que pueden ser horquillas o perfiles metálicos cuadrados embutidos en la losa (Figura 4a y Figura 4b).

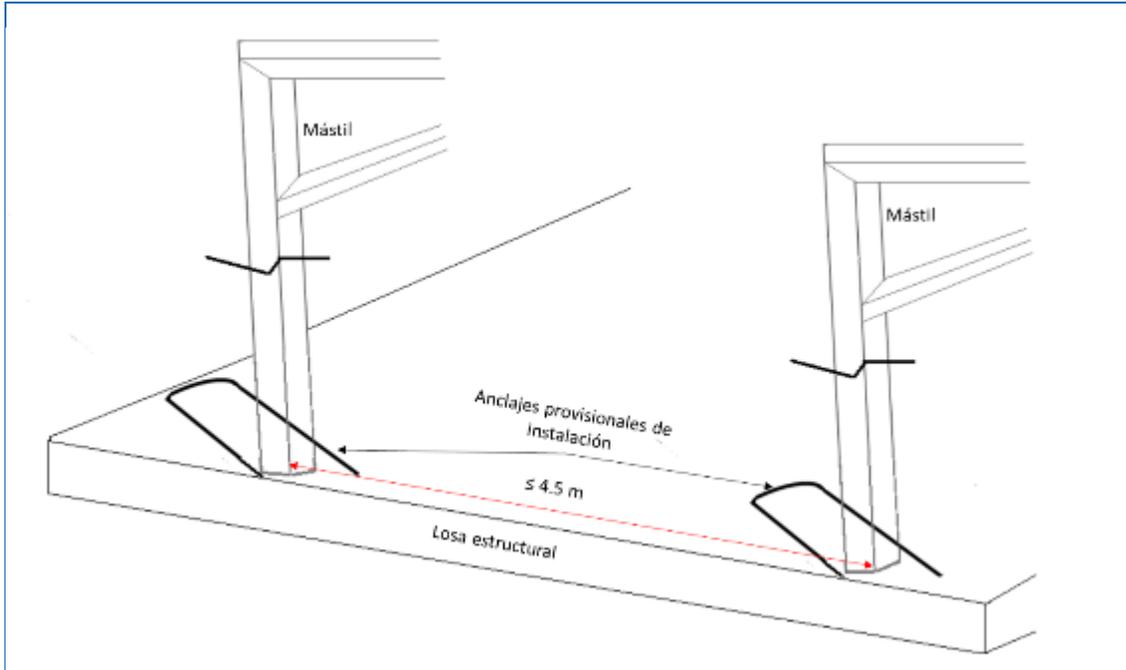


Figura 4a: Anclajes tipo horquilla que permiten posicionar los mástiles durante su instalación - Elaboración propia

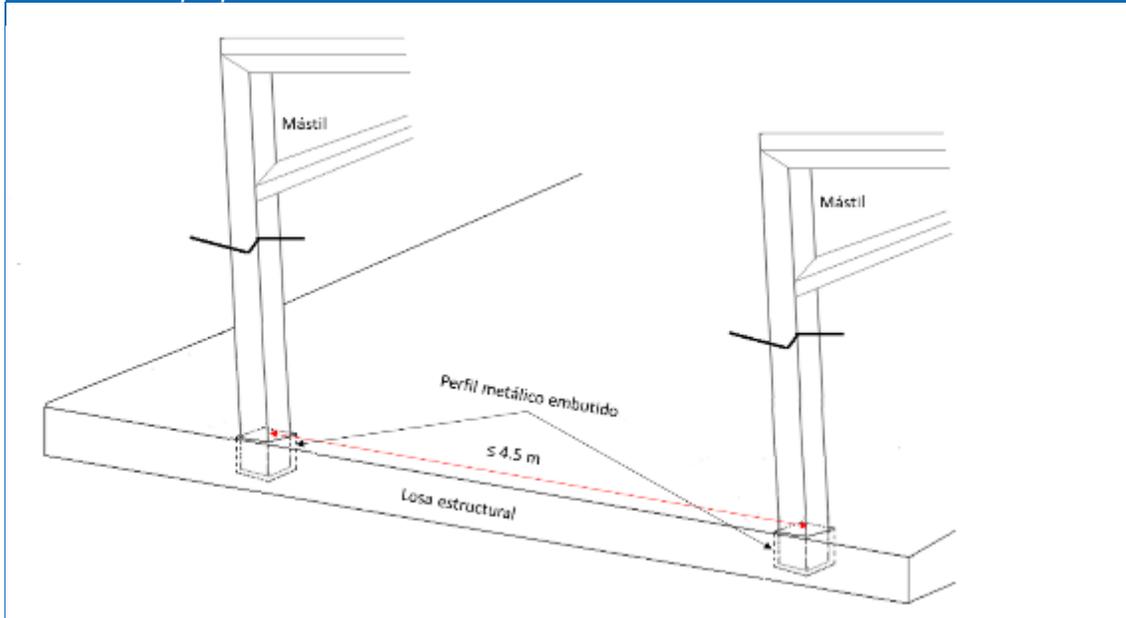


Figura 4b: Perfil metálico embutido que permite posicionar los mástiles durante su instalación - Elaboración propia

12. Estos mástiles se deben anclar en dos puntos de seguridad: en la enfierradura que sobresale el elemento de hormigonado y luego en el suelo de apoyo. Además, en el mástil se introduce una enfierradura horizontal que permitirá amarrar el mástil a una enfierradura auxiliar dejada para evitar que éste no pueda girar (Figura 5).

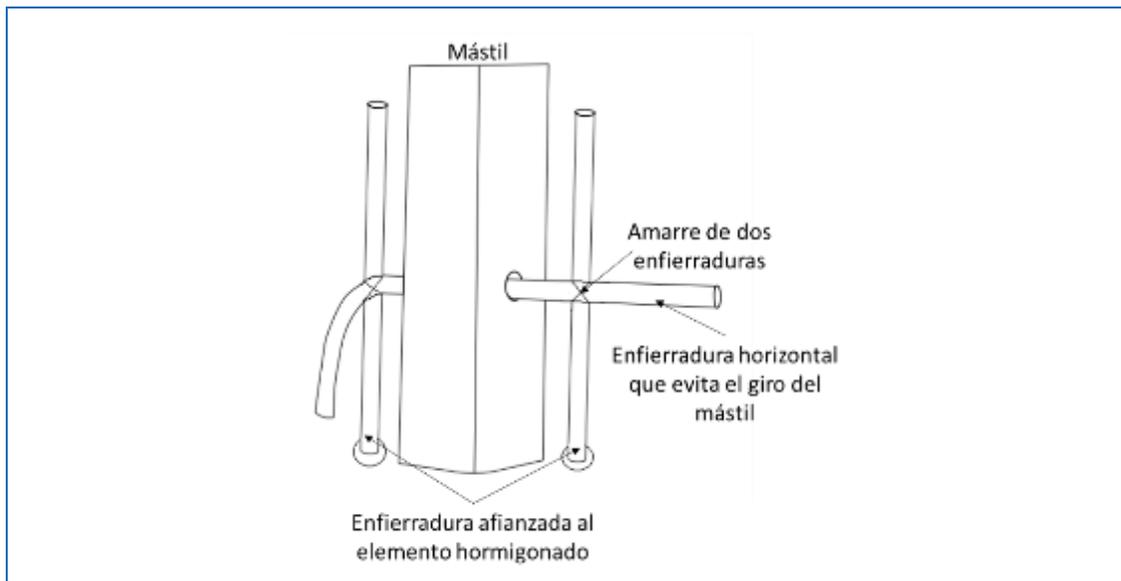


Figura 5: Esquema de afianzamiento del mástil con elemento hormigonado – Elaboración propia

13. Comprobar el correspondiente etiquetado y caducidad de la red.

14. Para comenzar la unión de los paños:

- Se extiende el paño de red longitudinalmente y se cosen con la cuerda de unión evitando que existan huecos de más de 10 cm y afianzando la costura cada 50 cm con un nudo.
- Este proceso se puede realizar al nivel del terreno y en el cual se deberá considerar una maquinaria de izaje.
- Si esto se realiza en el nivel superior que ya ha quedado hormigonado y requiere protección, se deben subir redes al borde del piso hormigonado atándolas provisionalmente a los ganchos de anclajes o enbarandas de protección de borde para evitar que se caigan.
- Uno de los trabajadores, debidamente amarrado con una cuerda de vida, baja la cuerda del primer mástil el que se ubica en la esquina elegida como inicio hasta el elemento hormigonado y se ata a la esquina de la red con doble nudo, a continuación, ata la cuerda de izado a un elemento fijo para que no se baje.
- Se baja la cuerda del segundo mástil y se ata a la esquina de la primera y de la segunda red con doble nudo y se vuelve a atar al mástil.

15. Luego se repiten los pasos en todos los mástiles.

16. Se sueltan las redes de los ganchos, se atan parte de los paños entre sí hasta que se vea que se pueden amarrar y se dejan caer.

17. Luego los trabajadores unen los paños.

18. Una vez unido todos los paños se izan las cuerdas de los mástiles hasta tocar el pasador del mástil en el que se pasó la cuerda perimetral superior y se atan definitivamente.

19. Para completar el montaje de la red, como precaución se pasa la cuerda perimetral inferior por los ganchos embebidos en el elemento hormigonado dejando una bolsa de red de ancho aproximadamente de 30 cm y luego se cierran los ganchos para evitar que la cuerda pueda salirse.
20. Revisar toda la instalación y comprobar que el borde superior de la red esté situado como mínimo a un 1m sobre la zona de trabajo del nuevo elemento estructural a construir.
21. Recoger las cuerdas sobrantes de las inmediaciones del sector para evitar tropiezos.
22. Verificar el correcto tensado de la red para amortiguar la caída, es decir las cuerdas de atado deben estar tensadas con nudos de cierre.

b) Red Tipo S

Red horizontal tipo S, evitan la caída de personas al vacío.

Se componen de una malla o paño de red, cuerda de atado, cuerda perimetral, cuerda de unión y el arranque anclaje (Figura 1).

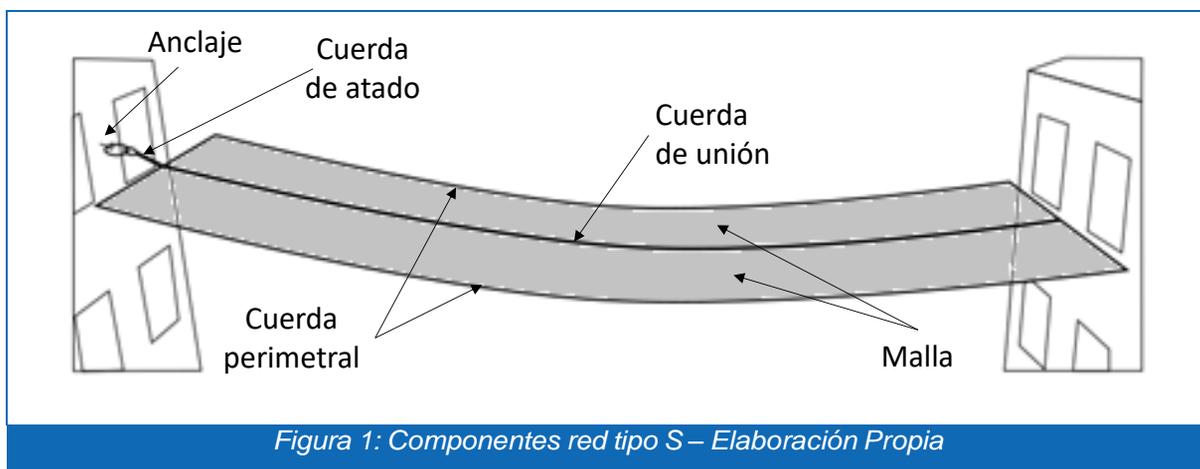


Figura 1: Componentes red tipo S – Elaboración Propia

1. Antes de comenzar su instalación se debe verificar sus partes y las instrucciones del fabricante.
2. Su instalación la deben realizar los trabajadores competentes y en número suficiente para evitar la incorrecta manipulación de cargas, en general no más de 20 kilos por persona o 33 kilos para una parejade trabajadores.
3. Si se requiere unir dos paños existen dos procedimientos:
 - Cosido con cuerda de unión de manera que no existan zonas sin atar superior a 10 cm, la recomendaciones realizarlo cuadro a cuadro de la malla.
 - Con traslape entre redes de al menos 2 m.
4. La red se instala con cuerda de atado a puntos de anclajes capaz de resistir la carga prevista de diseño.
5. La distancia entre puntos de anclaje será inferior a 2,5 m.
6. Se extiende la red en el suelo para proceder a su cocido, a través de la cuerda de atado según la opción cocida o traslapado.

7. Afianzar el atado con un nudo cada 50 cm.
8. Se pasa la cuerda de atado por cada uno de los cuadros de la malla y se atan luego a las cuerdas perimetrales.
9. Para facilitar su proceso se recomienda enrollar la red sobrante y amarrándolas a la red de atado.
10. Los trabajadores, debidamente atados a una cuerda de vida, izarán la red atándolos por su cuerda perimetral o los elementos estructurales o los puntos de anclajes.
11. Se unen de las uniones que vienen del suelo, nudo cada cuadro y evitar los 10 cm de separación, se repite todos los pasos para proteger toda la zona a proteger.
12. Para desmontaje se descose las zonas de unión y se cortan las cuerdas de atado en el sentido inverso al montaje y los paños desmontados se retiran con los mismos cabos de cuerdas utilizados durante la instalación.
13. En ningún caso la red se debe dejar caer.
14. Se revisarán su estado y si es posible reutilizarlo se limpiarán de restos de materiales.
15. Verificar la altura de dilatación (no debe existir ningún elemento bajo ella que sobrepase la dilatación máxima de la red).

c) Red tipo U

Es una red constituida generalmente por cables de acero perimetrales que dan firmeza al conjunto y a estos cables de acero se les amarra luego una red. Se puede instalar solo como rodapié para evitar caídas de pequeños objetos o como red completa. En este caso las redes se amarran (cosen) entre ellas

1. Antes de comenzar su instalación se debe verificar sus partes y las instrucciones del fabricante.
2. Su instalación la deben realizar los trabajadores competentes y en número suficiente para evitar la incorrecta manipulación de cargas.
3. Se realiza el replanteo de los elementos de sujeción por lo general pernos con tacos de expansión embebidos en el elemento estructural vertical de apoyo: muro o pilar. Y a las 3 alturas recomendadas: piso, 0,45 m y 1,0 m.
4. Se instalan los elementos de sujeción.
5. Se instalan 3 cables colocados a nivel de piso (losa), otro a 0,45 m y el tercero a 1,0 m de altura. Posteriormente, se utilizan los tensores acoplados a sus extremos para lograr la tensión del cable.
6. Se instala la red tipo U y se amarra con la cuerda de atado a los cables - tensores.

7. Si se deben amarrar más mallas (o paños) se deben coser con cuerda de unión de manera que no existan zonas sin atar superior a 10 cm, la recomendación es realizarlo cuadro a cuadro de la malla (Figura 1).

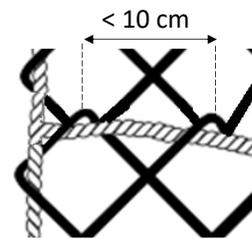


Figura 1: Distancia recomendada de unión entre más mallas – Elaboración propia

8. Verificar la resistencia del conjunto, la inexistencia de huecos en ambos laterales, así como en la parte inferior de la red y que ésta se encuentra en perfecto estado de conservación (sin rasgaduras, sin cortes).

ANEXO H – LISTAS DE VERIFICACION DE SISTEMAS PROVISIONALES DE PROTECCIÓN DE CONTORNO (REDES)

Tabla E.3 - Lista de Verificación para redes Tipo S, U y V				
EMPRESA		OBRA		
TIPO DE RED		NÚMERO MEMORIA DE CÁLCULO Y/O FICHA PRODUCTO		
NOMBRE INSPECTOR O REVISOR		CARGO		
FECHA		FIRMA		
VERIFICACIÓN	ESTADO DE CUMPLIMIENTO			
	Personal	Cumple	No Cumple	Observación
Verificar que los trabajadores cuenten con todos sus elementos de protección personal: arnés, casco, zapatos de seguridad y guantes.				
El o los trabajadores cuentan con sistema de afianzamiento individual anticaída				
Verificar que el personal esté capacitado en el montaje y desmontaje de sistemas provisionales de protección de vanos tipo redes				
Previo a su uso				
Verificar que todos los elementos a instalar sean los mismos que indica la memoria de cálculo				
Verificar estado de los elementos a instalar, en cuanto: - Que no existan elementos cortados o rasgados				
Verificar que la ubicación de los puntos de anclajes sean los especificados en la memoria de cálculo				
Verificar tipo de anclaje o unión de los elementos horizontales hacia los verticales (según el modelo de red)				
Durante el montaje				
Revisar que no existan más de 10 cm de separación en la unión de mallas de red o entre la malla con la cuerda de atado				
Revisar que la estructura esté bien afianzada en todo su contorno				
Descimbre del sistema				
Verificar que su retiro sólo se realice cuando haya finalizado la actividad en la zona				
Revisar estado de componentes: cuerdas de atado, perimetral o cuerdas de malla no se presenten cortaduras o rasgadas				
Si el sistema se va a reutilizar, revisar que el número de componentes coincida con la ficha del proveedor				

ANEXO I - PRENORMA PARA SISTEMAS PROVISIONALES DE PROTECCIÓN DECONTORNO (REDES Y/O PANTALLAS)

INDICE

1. Introducción
2. Marco de aplicación
3. Términos y definiciones
4. Clasificación según configuración
 - 4.1 Designación del tipo de red
 - 4.2 Designación de fabricación (etiquetado)
5. Requisitos generales
6. Requisitos estructurales
 - 6.1 Cargas y solicitudes
 - 6.2 Estructuración
 - 6.3 Materiales
 - 6.4 Seguridad
 - 6.5 Uniones
 - 6.6 Resistencia a la tracción de cuerdas
 - 6.7 Ensayos
7. Manual de instrucciones
 - 7.1 Recomendaciones para el trabajador
 - 7.2 Instalación
 - 7.3 Precauciones en obra o uso
 - 7.4 Inspección
 - 7.5 Requisitos para el fabricante
 - 7.6 Requisitos para el ingeniero calculista
 - 7.7 Almacenamiento

Referencias utilizadas

- UNE 1263-1: 2018 - Redes de seguridad, requisitos de seguridad, métodos de ensayo
- UNE1263-2: 2016 - Equipamiento para trabajos temporales de obra. Redes de seguridad. Parte 2: Requisitos de seguridad para los límites de instalación
- UNE81652: 2013 - Redes de seguridad bajo forjado: Requisitos de seguridad y métodos de ensayo. CFR1926.502 sf - OSHA Regulations for Rooftop Guardrail Systems: Fall protection systems criteria and practices
- NCh2458 - 1999 Sistema de protección para trabajos en altura

1. Introducción

Las redes de seguridad protegen el contorno del proyecto, son utilizadas en los trabajos de construcción y son dispositivos destinados a detener la caída de personas durante la construcción de edificios.

A diferencia de una protección mediante equipos de protección individual contra caídas de altura, la movilidad de las personas que trabajan sobre una zona protegida mediante redes de seguridad queda totalmente garantizada durante toda la actividad de trabajo. Además, las redes, por el hecho de su capacidad de sufrir grandes deformaciones plásticas, presentan la ventaja de amortiguar la caída de las personas.

En este documento se describe la siguiente información: el contexto de aplicación, términos y definiciones; clasificación, recomendaciones de uso; requisitos estructurales y un manual de instrucciones que se especifican para los sistemas provisionales de protección de borde tipo red que se usen durante la construcción.

2. Marco de aplicación (UNE 1263-2:2016; UNE 1263-1:2018)

Esta norma entrega los requisitos de seguridad para la instalación de redes de seguridad en complemento al manual de instrucciones del fabricante y a las especificaciones del producto de los sistemas S, U y V de redes de seguridad.

3. Términos y definiciones (NCh2458. Of1999; UNE1263-1:2018; UNE81652:2013)

Para los fines de este documento, se aplican los siguientes términos y definiciones:

Caducidad de una red: fecha o situación de fin de uso que será especificada en el etiquetado y/o especificaciones técnicas del fabricante.

Clase de red: Clasificación de las redes respecto a su capacidad de absorción de energía y al tamaño de malla. **Cuerda perimetral:** Cuerda que pasa a través de cada malla en los bordes de una red cosida o no, o adosada y cosida mecánicamente a la red y que determina las dimensiones de la red de seguridad.

Cuerda de atado: Cuerda utilizada para atar la cuerda perimetral a un soporte adecuado.

Cuerda de malla: Cuerda con la cual están fabricadas las mallas de una red.

Cuerda de unión: Cuerda utilizada para unir redes de seguridad.

Dispositivo de anclaje: Elemento resistente al cual se sujeta por un lado la red de seguridad y por otro se conectan con las estructuras provisionales o definitivas.

Estructura soporte: Estructura a la cual las redes están sujetas y que contribuye a la absorción de la energía cinética en caso de acciones dinámicas.

Malla: Serie de cuerdas organizadas en un modelo geométrico básico (en cuadrados o rombos) formando una red. **Malla testigo de ensayo:** Malla que se aloja en la red de seguridad para determinar el deterioro debido al envejecimiento y que puede retirarse sin alterar las prestaciones de la red.

Red: Unión de mallas.

Red de seguridad: Red soportada por una cuerda perimetral u otros elementos de sujeción, o una combinación de ellos, diseñada para recoger personas que caigan desde cierta altura.

Tamaño de malla: Distancia entre dos nudos o conexiones de una cuerda de malla, medida de centro a centro de dichas conexiones.

Sistema provisional de protección de vanos tipo red: sistema de protección que permitan retener la caída de una persona desde la altura, que cumplan características estructurales de resistencia y que se instalan completamente adosados a la obra de construcción, en todo el perímetro donde exista riesgo de caída de personas u objetos.

Superficie de trabajo: Superficie sobre la cual una persona está de pie, anda o trabaja.

4. Clasificación según configuración (UNE1263-1:2018)

- Sistema S: Red de Seguridad con cuerda perimetral (Figura 1), el tamaño más pequeño debe ser por lo menos de 35 m². Para las redes de seguridad rectangulares, la longitud del lado más corto debe ser de al menos 5,0 m.
- Sistema U: Red de Seguridad sujeta a una estructura soporte para su utilización vertical (Figura 2).
- Sistema V: Red de Seguridad con cuerda perimetral sujeta a un soporte tipo horquilla (Figura 3).

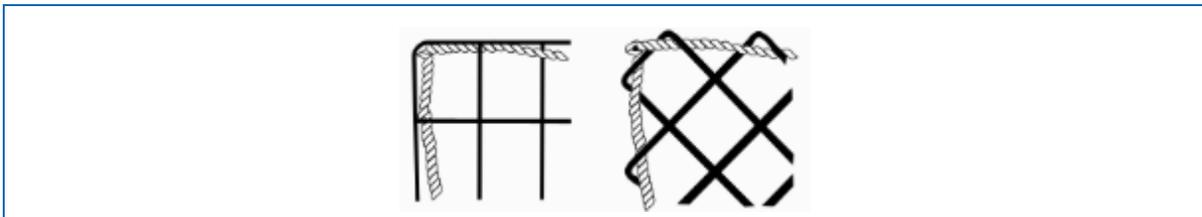


Figura 1: Red tipo S con cuerda perimetral, cuadrada y en rombo – Elaboración propia

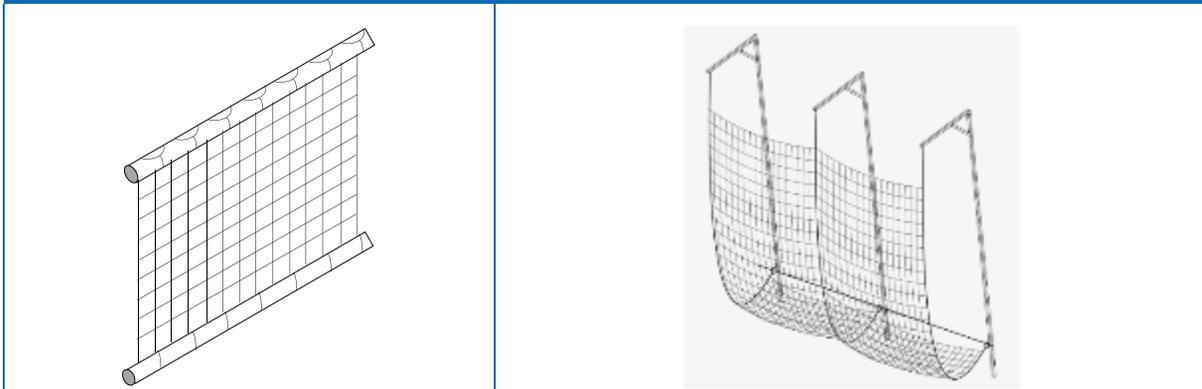


Figura 2: Red tipo U con estructura de soporte para uso vertical – Elaboración propia
Figura 3: Red tipo V con cuerda perimetral sujeta a un soporte anclaje tipo horquilla – Elaboración propia

4.1 Designación del tipo de red (UNE1263-1:2018; 81652:2013)

La designación de una red de seguridad debe incluir su denominación en función a la clasificación según su configuración y energía, forma y tamaño de malla (mm), y el tamaño de la red (m).

Ejemplo:

S – A2 – Q90 – 10 × 20 M

Clasificación según su configuración (S), Clasificación según energía (A2), Forma de la malla (Q) y tamaño de la malla 90 milímetros, dimensiones de la red 10 x 20 metros

4.2 Designación de fabricación* (etiquetado) (UNE 1263-1:2018; UNE81652:2013)

Las redes de seguridad y las cuerdas perimetrales deben marcarse con la siguiente información:

- el nombre o marca del fabricante o importador;
- la designación, conforme al artículo 4.1;
- el año y mes de fabricación de la red y fecha de caducidad
- la capacidad máxima de absorción de energía
- la fuerza máxima de rotura de la malla de ensayo;
- el código del artículo del fabricante;
- identificación de la naturaleza del material textil con el que se ha fabricado

* Las redes a usar en el territorio nacional deben ser certificadas u homologadas por un organismo certificador en Chile.

5. Requisitos generales (NCh 2458. Of.1999; UNE81652:2013; UNE1263-2:2016)

- Se debe asegurar que las uniones de la red con las cuerdas perimetrales o cuerdas de atado tengan como máximo 120 mm de separación de forma de evitar que en esos espacios caigan materiales sobre dicho ancho que puedan producir algún accidente.
- Los sistemas de protección deben ser construidos lo suficientemente resistentes en todas sus partes como para permitir la detención de la caída de dos personas simultáneamente, para lo cual deben ser sometidos a cálculo y diseño estructural por un ingeniero calculista.
- Se permite que puedan ser construidas estructuras modulares, las cuales deben ser instaladas convenientemente alineadas y adosadas unas con otras para asegurar su funcionamiento.

- Cada módulo o cuadrante del sistema debe tener un ancho y un largo tal que asegure que cualquier cuerpo u objeto que caiga en caída libre desde el nivel de trabajo más alto lo haga sobre la superficie de la red, considerando el ángulo de proyección de la caída y la altura a la cual se instala el sistema (ver Figura 5.1).

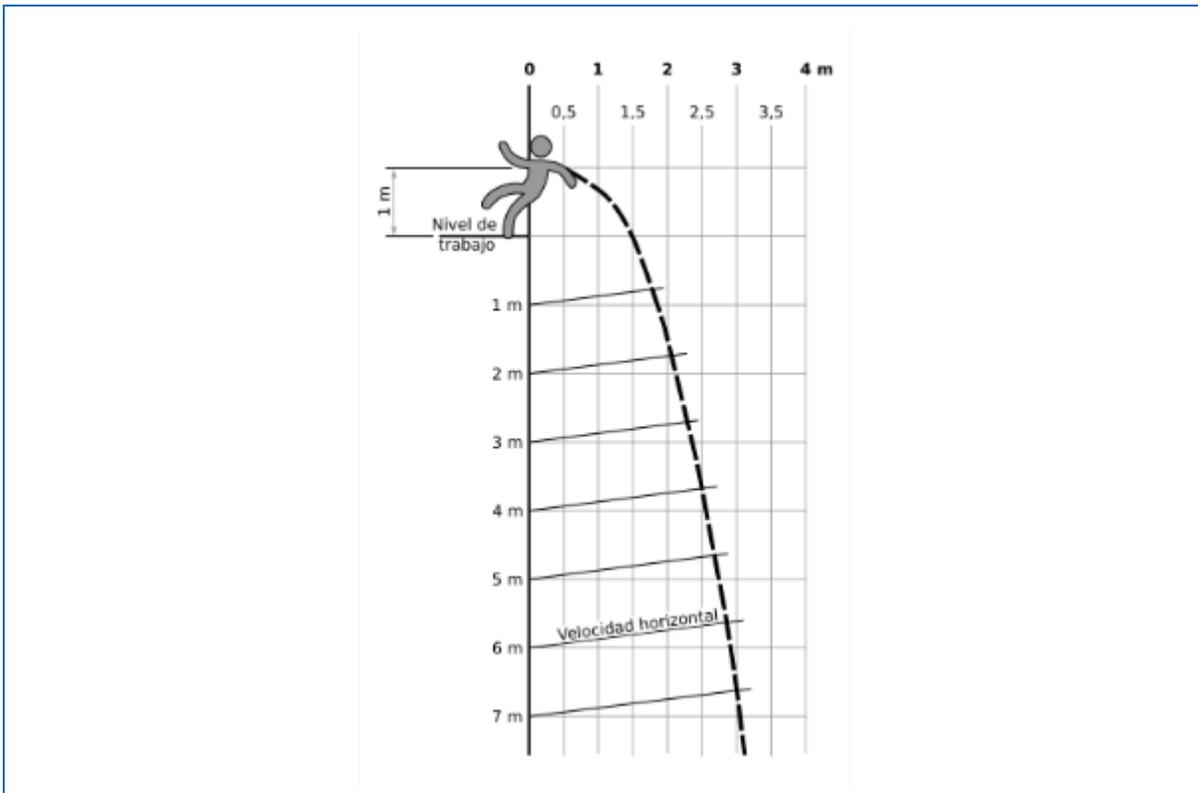


Figura 5.1: Ángulo de proyección de caída versus altura de instalación de la red – Fuente: mejorada a partir la NCh2458 Of. 1999

- Los materiales utilizados deben ser compatibles entre sí para asegurar la resistencia indicada y para garantizar que las uniones entre ellos no presenten problemas estructurales y que van a trabajar solidariamente.
- La cuerda perimetral debe pasar por el borde de la red y debe estar cosida mecánicamente a la misma, o pasada malla por malla y orilla para evitar desplazamiento.
- La unión entre los extremos de una cuerda perimetral debe protegerse para evitar que se suelte.
- Los tipos de anclajes a utilizar no deben ocasionar daños por cortes o abrasión a los elementos textiles de la red ni a las personas.
- Cuando los anclajes por su naturaleza sean susceptibles de corrosión y/o envejecimiento debe indicarse en las especificaciones técnicas su situación de caducidad.
- La unión de la red debe realizarse de manera que no existan distancias sin sujetar mayores a 100 mm dentro del área de la red.

- En el caso de unión de sistemas S de redes de seguridad por solapado (traslape), la distancia mínima de traslape debe ser al menos de 2,0 m. Ver Figura 5.2.

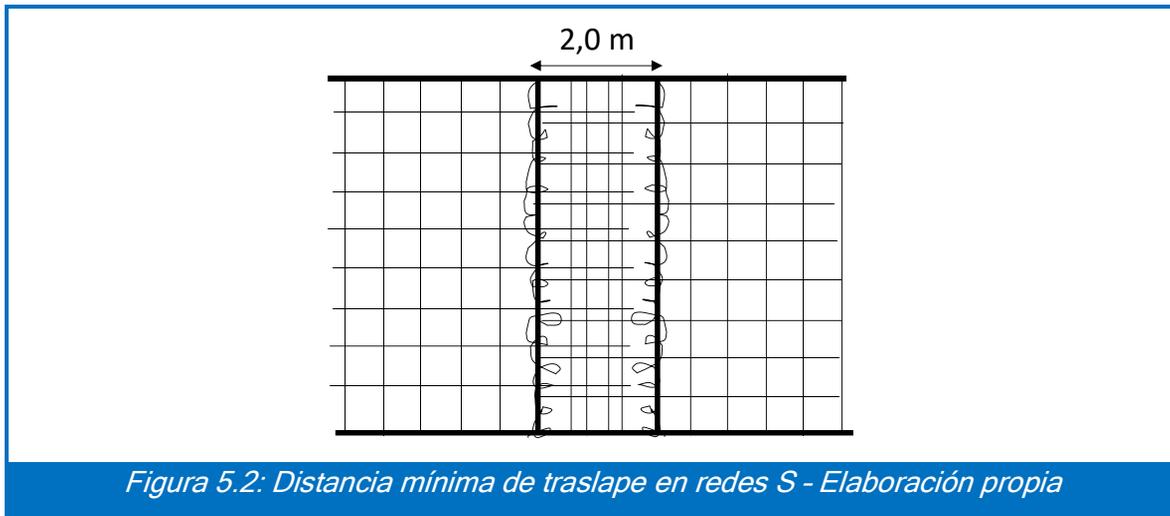


Figura 5.2: Distancia mínima de traslape en redes S - Elaboración propia

6. Requisitos estructurales UNE EN 1263 1:2018; UNE EN 1263 2:2016; UNE81652:2013)

Los siguientes requisitos estructurales son válidos para todos los elementos que componen la red, así como para sus puntos de fijación.

6.1 Cargas y solicitaciones

Para la definición de carga se utilizará una clasificación según la energía mínima de rotura (EA y EB) en función al tamaño máximo de la malla, de acuerdo con las siguientes 4 categorías:

- Clase A1: EA = 2,3 kJ; tamaño máximo de malla = 60 mm
- Clase A2: EA = 2,3 kJ; tamaño máximo de malla = 100 mm
- Clase B1: EB = 4,4 kJ; tamaño máximo de malla = 60 mm
- Clase B2: EB = 4,4 kJ; tamaño máximo de malla = 100 mm

6.2 Estructuración

Se recomienda limitar el espacio de las redes a 100 [mm].

Respecto a la distancia máxima de instalación de redes, se puede apreciar que la normativa chilena considera 7 [m], la normativa norteamericana considera 9 [m], y la normativa europea no presenta este parámetro de manera explícita, solo establece una energía mínima de rotura asociada. Si se consideran los 4.4 [kJ] definidos en la norma europea y se les asocia una masa de 200 [kg] (2 personas), esto es equivalente a una caída de 2.5 [m]. Tomando como referencia los 200 [kg] esto corresponde a una energía de 13.7 [kJ]. A partir de los comentarios de los proveedores, este es un punto relevante, por lo que se propone disminuir la altura de caída o asegurar una energía mínima de rotura en las redes mayor ajustada a la realidad chilena.

6.3 Materiales

Las estructuras de soporte deben estar diseñadas y calculadas por ingeniero calculista o contar con una ficha de producto que entregue las principales características y requisitos técnicos que pueden cumplir las redes. Esta información también se puede entregar en el manual de usuario que entrega la empresa suministradora.

En cuanto a los requisitos sobre los materiales a utilizar se recomienda que:

- Los materiales utilizados deben cumplir la resistencia especificadas en las normas chilenas de los materiales.
- Los materiales utilizados deben satisfacer los requisitos definidos en los ensayos solicitados. Y por tanto contar con una certificación u homologación en un laboratorio acreditado.

6.4 Seguridad

Para los aspectos de seguridad se recomienda:

- Definir su uso en un rango de temperatura entre los 10° C y los 40° C y contar con protección a los rayos UV.
- Definir deformaciones máximas de acuerdo con la Figura 6.4.1

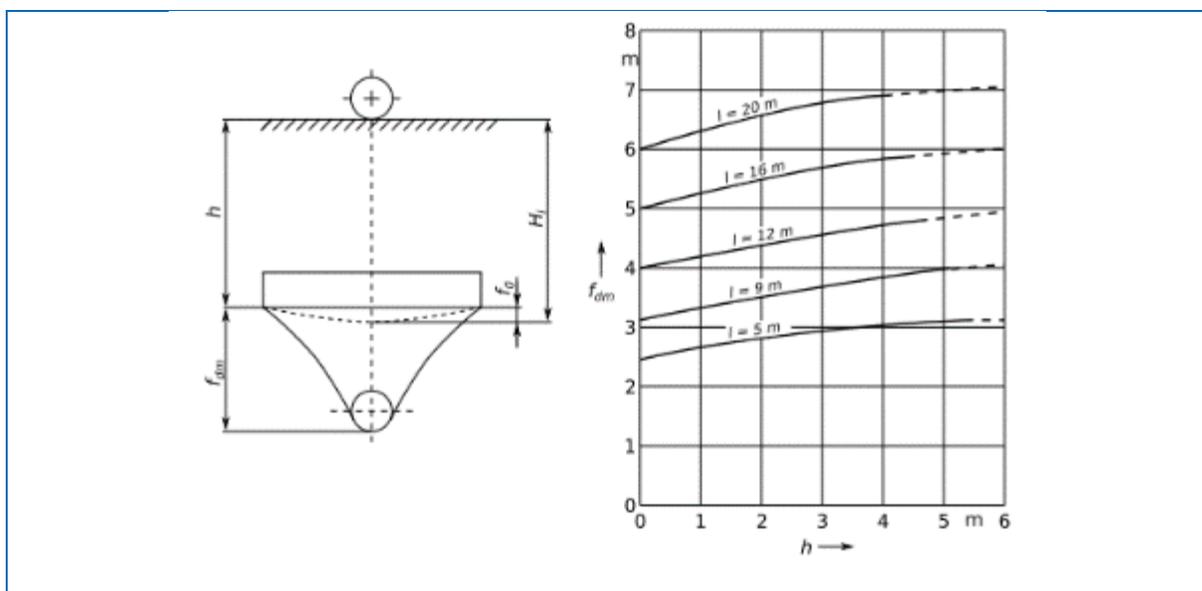


Figura 6.4.1 - Deformaciones máximas – Fuente: imagen mejorada de la NCh2458. Of. 1999

- Definir una energía de rotura considerando las condiciones de servicio con un año de envejecimiento.

6.5. Uniones

Solicitar memoria de cálculo o documento de respaldo (ficha técnica de producto y/o manual de usuario del proveedor) asegurando que las uniones son capaces de resistir las solicitaciones producto de las cargas definidas según categoría.

6.6 Resistencia a la tracción de las cuerdas (UNE81652:2013)

La cuerda perimetral para una malla en rombo debe tener una resistencia mínima a rotura por tracción de 7,5 kN (con un factor de seguridad de 2,0), y la unión entre los extremos debe tener una resistencia mínima a la rotura de 6 kN (con un factor de seguridad de 2,0). Esta debe ser trenzada o cableada.

La cuerda de atado de una malla cuadrada debe tener una resistencia mínima a rotura por tracción de 7,5 kN (con un factor de seguridad de 2,0).

6.7 Ensayos (UNE 1263-1:2018; UNE 81652:2013)

Los ensayos recomendados para la especificación de cálculo de la red son los siguientes:

- *Ensayo Estático Laboratorio. Esfera de Acero 500 mm de diámetro, Masa de 100 kg, Dinamómetro 50 kN. Se aplica la fuerza a la masa de ensayo situada en el centro de la red, hasta que la red se rompa.*

Registro de fuerza de rotura. Registro de desplazamiento

- *Ensayo Dinámico para Redes. Definido para la red tipo S. Masa de ensayo 100 kg a 7 metros altura. Y para la red tipo U: Masa cilíndrica de ensayo 75 kg. 5 metros de longitud de rampa.*

Resistencia Dinámica Ensayo: Flechas máximas

- *Ensayo de envejecimiento artificial. Se realiza para determinar coeficiente específico de seguridad. De acuerdo con el procedimiento de laboratorio estipulado en la norma UNE 81652:2013*

- *Ensayo de carga de rotura de las cuerdas perimetrales, de atada y de unión. La carga de rotura (resistencia mínima a tracción) de las cuerdas perimetrales, de atado y de unión se debe determinar de acuerdo con la Norma UNE-EN-ISO 2307:2019*

- *Inspección de Dimensiones Mínimas de la Malla: De acuerdo con lo estipulado en la sección 7.2 de la EN81652:2013 y que indica:*

Para mallas Q o D: La inspección de las dimensiones de la malla se debe llevar a cabo después de aplicar una pretensión (10 +/- 1) N a cada cuerda, en la dirección de la medida. El tamaño de la malla se debe especificar con precisión 1 mm, midiendo al menos 10 mallas y dividiendo la dimensión obtenida por el número de mallas medidas. Se debe medir por separado en ambas direcciones de la malla.

La inspección de las dimensiones de la malla junto con la cuerda perimetral se debe llevar a cabo después de aplicar una pretensión (50 +/- 1) N en la cuerda perimetral, en la dirección de la medida. El tamaño de la malla se debe especificar con precisión 1 mm, midiendo al menos 10 mallas y dividiendo la dimensión obtenida por el número de mallas medidas (malla Q), o dividiéndola por la raíz cuadrada de 2 veces el número de mallas medidas (malla D). Se debe medir por separado en ambas direcciones de la cuerda perimetral.

7. Manual de instrucciones (CFR1926.502.sf; UNE 1263-2:2016; UNE 1263-1:2018)

Algunos aspectos por considerar como recomendaciones o instrucciones, para los 3 tipos de redes S, U y V, son los siguientes subtítulos:

7.1 Recomendaciones para el trabajador

- El trabajador instalador de los sistemas de protección provisional tipo red debe reunir las siguientes condiciones:

- Edad mínima 18 años,
- Poseer 4to medio de escolaridad, reconocido por la Autoridad Competente
- Condiciones psicossomáticas adecuadas al desempeño de trabajos en altura
- Salud compatible con esta actividad, demostrado con examen de altura física vigente.

- El trabajador (instalador) debe contar con la siguiente instrucción:

- Conocimientos generales sobre características de los sistemas de protección provisional tipo red, acreditados a través de: credencial, diploma, u otro documento que entregue la empresa proveedora.
- Conocimientos básicos sobre montaje, funcionamiento, condiciones de seguridad, y mantenimiento de los sistemas de protección provisional tipo red.

- Conocimientos necesarios para interpretar el manual y otros documentos técnicos proporcionados por el proveedor del sistema de protección previsional tipo red. Estos conocimientos deben ser los suficientes para permitir conocer claramente la importancia de las recomendaciones de seguridad en la instalación y montaje de los sistemas de protección previsional tipo red.

7.2 Instalación

- Antes de instalar se deben revisar siempre las recomendaciones o especificaciones del calculista o fabricante sobre:
 - las distancias entre los sistemas de anclaje del elemento que soportará la red
 - las distancias entre los bordes del edificio y los anclajes
 - las distancias de caídas al nivel de terreno
 - la distancia entre la ubicación de la red (y su dilatación de trabajo) respecto de la superficie a trabajar
 - la separación máxima de atado de cuerdas perimetrales con la malla
 - la separación máxima de atado entre las mallas.
- Para la instalación de la red se deben anticipar las posiciones de los anclajes, idealmente desde el diseño.
- Cuando la red se vaya a instalar, evite cualquier nudo en las cuerdas ya que éstos reducen la resistencia del sistema.
- Se debe evitar amarrar las cuerdas a elementos filosos como por ejemplo cerca de cantos de vigas metálicas o de elementos ásperos. Se deben utilizar elementos adaptadores para dichos elementos.
- Se debe tener la precaución de que los soportes hacia los anclajes y la red deben estar asegurados frente al giro.

7.3 Precauciones de uso en obra

- Inspeccione las redes de seguridad cada semana o después de un evento que posiblemente las dañe. Reemplace las redes o los componentes defectuosos de inmediato.
- Al finalizar cada jornada elimine el material que puede haberse adherido a las cuerdas y elementos que cayeron de pisos superiores.
- Proteja siempre todas las cuerdas contra cortaduras o rasgaduras y nunca use cuerdas hechas de cuerdas de fibras naturales ya que éstas se deterioran rápidamente.
- Si la red ha servido para prevenir una caída, se debe quitar de servicio inmediatamente y no se puede volver a utilizar hasta que el profesional de obra determine que es seguro.
- Si al instalar el sistema de protección éste se ubica cerca de cables eléctricos, las partes metálicas se deben aislar convenientemente y mantener las distancias de seguridad indicadas en la Tabla 7.3.1:

Voltaje V (V)	Distancia D (m) NCh2458:1999	Distancia D (m) NFPA 70e
$V < 1000$	$D > 1.0$	$D > 1.5$
$1000 \leq V < 66.000$	$D > 2.5$	$D > 2.4$
$66.000 > V$	$D > 4$	$D > 4$

Tabla 7.3.1: Distancia de seguridad a cables eléctricos. Fuente a partir de NCh2458 Of. 1999 y NFPA 70e

Si por razones constructivas no es posible mantener estas distancias, se debe aislar (con materiales termoplástico o termoestables) o desplazar las líneas eléctricas.

7.4 Inspección

- Las redes, cuerdas, pernos de anclaje, entre otros, deben ser inspeccionados por completo por una persona calificada antes y después de cada instalación.
- También se deben realizar inspecciones después de efectuar modificaciones, reparaciones o después que el sistema haya sido sometido a algún tipo de esfuerzo tal como la caída de alguna persona o materiales de gran peso sobre ella.
- Las redes deben ser inspeccionadas en forma inmediatamente posterior a la ocurrencia de algún fenómeno de la naturaleza tales como temporal de viento, lluvia, nieve, terremoto, etc.
- Se debe inspeccionar completamente el sistema, así como los mecanismos de suspensión y anclaje, después de un tiempo prolongado de paralización de los trabajos.
- Se debe contar en obra con una bitácora que indique las inspecciones, reparaciones y mantenciones que se le han efectuado al sistema
- Debe efectuarse cada vez de su uso final una evaluación de la red, para verificar si esta es reutilizable, por una persona u organismo independiente del diseñador u organización que desarrolla el sistema.

Además, para cada inspección se debe entregar un manual que contenga al menos, la siguiente información:

- altura de caída máxima
- anchura de recogida mínima
- distancias máximas de unión de redes de seguridad
- distancia mínima debajo de la red de seguridad
- forma de almacenamiento
- periodicidad de inspección
- situaciones o condiciones de sustitución o retirada de servicio
- fechas para repeticiones, si la hubiere, de ensayo de las mallas
- otras advertencias sobre riesgos (por ejemplo: temperaturas extremas y agresiones químicas).

7.5 Requisitos para el fabricante (UNE81652:2013)

El fabricante, importador y/o suministrador de las redes de seguridad debe elaborar y suministrar un manual de instrucciones que acompañará a la red de seguridad hasta el usuario final que contenga al menos la siguiente información:

- Ámbito de aplicación de la red.
- Condiciones de borde o sistemas de encofrado para el cual ha sido evaluada la red, y con qué tipos de anclajes.
- Indicación de retirada de la red de seguridad, si ha sufrido una caída de persona u objeto.
- Condiciones de almacenamiento, cuidado e inspección del estado de las cuerdas.
- Advertencia sobre otros peligros, temperaturas extremas, agresiones químicas y/o condiciones de retirada de las cuerdas.
- Fechas para el ensayo de las mallas testigo de ensayo si la red de seguridad es reutilizable (recomendación al menos una vez al año).
- Advertencia acerca de la altura de caída máxima para la cual ha sido diseñada la red, medida desde el centro de gravedad del trabajador.

7.6 Requisitos para el ingeniero calculista (UNE81652:2013)

En el caso de proyectos especiales o singulares, a la ficha del producto del fabricante, se pueden suministrar un conjunto de recomendaciones estructurales contenidas en una memoria de cálculo que permitirán la verificación in situ de la estructura.

Los puntos importantes para considerar serán los siguientes:

- Dispositivos de anclaje: se debe indicar el tipo, número mínimo y ubicación de los dispositivos de anclaje en los que se apoyará la red.
- Cuerdas: condiciones de correcta instalación.
- Secuencia de instalación: Descripción de los medios auxiliares necesarios para su correcta instalación. Definición de soluciones de unión de paños o redes (tanto uniones longitudinales como transversales). Se deben presentar tantos croquis como sea necesario para la correcta comprensión de las fases de montaje de la red.
- Condiciones de uso: Límites de uso, distancia máxima de caída y distancia de protección mínima bajo la red.
- Condiciones de retirada de servicio.
- Secuencia de desmontaje. Con la advertencia de que sólo se podrá retirar la red cuando ya no existiera riesgo de caída, se deben presentar tantos croquis como sean necesarios para la correcta comprensión de las fases de desmontaje de la red.

7.7 Almacenamiento

- Al finalizar el uso de redes se debe realizar una limpieza final.
- Los elementos que componen el sistema de protección se almacenan en un lugar libre de humedad y de elementos que puedan cortar o rasgar las cuerdas.

**ESTUDIO DE SISTEMAS DE
PROTECCIÓN EN
FACHADAS Y VANOS,
PARA PROYECTOS EN
CONSTRUCCIÓN:
EDIFICACIONEN ALTURA,
MONTAJES Y VIVIENDAS
EN EXTENSIÓN**

