



UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

**“PROPUESTA DE ESTANDARIZACIÓN TÉCNICO-NORMATIVA
PARA LAS TÉCNICAS DE ACCESO POR CUERDAS Y RESCATE
INDUSTRIAL EN CHILE BASADA EN ESTÁNDARES
INTERNACIONALES”**

Trabajo de Título presentado por

Cristina Olaya Cartes Rodríguez

como requisito parcial para optar al título de la carrera de la carrera de

Ingeniería en Prevención de Riesgos Laborales y Ambientales

Profesor Guía
Enrique Calderón Carmona



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: "PROPUESTA DE ESTANDARIZACIÓN TÉCNICO-NORMATIVA PARA LAS TÉCNICAS DE ACCESO POR CUERDAS Y RESCATE INDUSTRIAL EN CHILE BASADA EN ESTÁNDARES INTERNACIONALES"

Nombre del candidato(a): CRISTINA OLAYA CARTES RODRÍGUEZ

Carrera / Grado: INGENIERÍA EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES Y AMBIENTALES

Campus: VIÑA DEL MAR **Departamento:** CONSTRUCCIÓN Y PREVENCIÓN DE RIESGOS

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, ENRIQUE CALDERON CARMONA, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

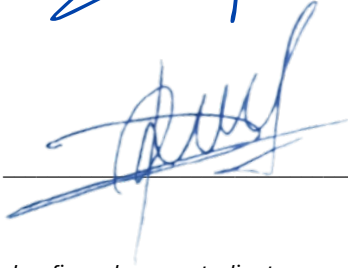
Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 30/06/2026 **Firma:** 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 30/06/2026 **Firma:** 

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

RESUMEN

KEYWORDS: Trabajo vertical, IRATA, ITRA, ICOP, TACS, seguridad industrial, gestión de riesgos.

El presente trabajo describe el desarrollo de un requerimiento técnico-normativo para la empresa RSL Chile. **Objetivo:** Desarrollar una propuesta de estandarización técnico-normativa para las técnicas de acceso por cuerdas y rescate industrial en Chile, sustentada en el análisis del marco normativo nacional y de estándares internacionales de referencia, con el propósito de contribuir a la mejora de la seguridad operacional y la profesionalización del sector. **Introducción:** La elaboración del Manual de estandarización de la gestión preventiva en técnicas de acceso por cuerdas surge como respuesta a la fragmentación normativa en el trabajo vertical en Chile. A partir del análisis del contexto nacional y de estándares como ISO 22846 e ISO 45001, se identifican brechas técnicas y se definen criterios operativos y de formación por competencias. El manual se proyecta como base técnica para futuros procesos de normalización y certificación universitaria, contribuyendo a la estandarización y profesionalización del sector. **Métodos:** El trabajo se desarrolla bajo un enfoque aplicado de carácter técnico–normativo, orientado al diseño de un manual de gestión preventiva para el trabajo vertical en Chile. Esto, se estructura en nueve etapas que integran análisis del contexto, revisión normativa nacional e internacional, identificación de brechas y definición de criterios de diseño. **Resultados:** Se identificaron brechas críticas entre la normativa chilena y los estándares internacionales, evidenciando la falta de un enfoque técnico–operativo en trabajo vertical. A partir de ello, se desarrolló un manual basado en principios de sistema de trabajo, redundancia y gestión del riesgo, alineado con ISO 22846 y ISO 45001. El manual integra procedimientos, gestión de equipos, rescate y evaluación por competencias, asegurando coherencia y trazabilidad. Se diseñó además un modelo de implementación organizacional aplicable al contexto chileno. **Conclusiones:** El trabajo concluye que el marco normativo chileno es insuficiente para abordar el trabajo vertical como sistema técnico integral, evidenciando vacíos en estandarización, competencias y rescate. La incorporación de estándares como ISO 22846 e ISO 45001 permite estructurar un enfoque sistémico y auditable. El manual desarrollado se posiciona como una herramienta robusta y adaptable, base para una futura Norma Chilena y certificación universitaria. En conjunto, el modelo articula operación, formación y regulación, fortaleciendo la profesionalización y seguridad del sector.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	7
OBJETIVO GENERAL.....	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
ALCANCE	10
FUNDAMENTACIÓN.....	11
METODOLOGÍA.....	12
Etapa 1: Revisión del estado del trabajo vertical y rescate industrial.....	12
Etapa 2: Análisis del marco normativo chileno aplicable.....	12
Etapa 3: Revisión de estándares internacionales de referencia.....	13
Etapa 4: Análisis comparativo y detección de brechas normativas y técnicas	13
Etapa 5: Definición de criterios de diseño del Manual Operativo	13
Etapa 6: Desarrollo del Manual Operativo de Trabajo Vertical y Rescate Técnico...	14
Etapa 7: Modelo de implementación organizacional.....	14
Etapa 9: Análisis de alcances, limitaciones y replicabilidad	14
CAPÍTULO 1: CONTEXTUALIZACIÓN DEL TRABAJO VERTICAL Y RESCATE TÉCNICO NACIONAL.	15
ANTECEDENTES	16
1.1. HISTORIA DEL TRABAJO VERTICAL EN CHILE: EVOLUCIÓN Y RELACIÓN CON LA PREVENCIÓN DE RIESGOS	16
1.2. REVISIÓN DEL ESTADO DEL TRABAJO VERTICAL Y RESCATE INDUSTRIAL	17
1.2.1 Introducción al trabajo en altura y acceso por cuerdas en entornos industriales.....	17
1.2.2 Aplicaciones industriales actuales del trabajo vertical en Chile	18
1.2.3 Riesgos críticos asociados al trabajo vertical y al rescate industrial.....	21
1.2.4 Situación actual en Chile: desafíos técnicos, preventivos y organizacionales	22
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO Y NORMATIVO	26
MARCO TEÓRICO	27
2.1 IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO VERTICAL INDUSTRIAL	27
2.1.1 Trabajo vertical como sistema sociotécnico de alto riesgo	27
2.1.2 Gestión del riesgo en trabajos en altura	29
2.1.3 Principio de redundancia y control operacional.....	31
2.1.4 Enfoque por competencias y profesionalización del trabajo vertical.....	36
2.1.5 Rescate industrial como parte del sistema de trabajo.....	39

2.1.6	Sistemas de gestión y mejora continua	41
2.1.7	Manual operativo como instrumento técnico-preventivo.....	43
2.1.8	Vinculación con formación y certificación académica.....	45
MARCO NORMATIVO		48
2.2	ANÁLISIS DEL MARCO NORMATIVO CHILENO APLICABLE	48
2.2.1	Marco normativo chileno aplicable al trabajo en altura y rescate vertical	48
2.3	REVISIÓN DE ESTÁNDARES INTERNACIONALES DE REDERENCIA	51
2.3.1	Normativa y estándares internacionales de referencia	51
2.4	ANÁLISIS COMPARATIVO Y DETECCIÓN DE BRECHAS NORMATIVAS Y TÉCNICAS	61
2.4.1	Análisis comparativo y brechas normativas entre Chile y los estándares internacionales	61
2.4.2	Enfoque normativo: obligación legal versus sistema de trabajo	61
2.4.3	Definición de competencias y formación técnica	62
2.4.4	Análisis de brechas normativas y técnicas	63
2.4.5	Interpretación de análisis de brechas entre normativa nacional y estándares internacionales	69
2.4.6	Fundamentación para el diseño de un manual operativo estandarizado ...	69
2.4.7	El manual operativo como herramienta de traducción normativa-técnica	70
2.4.8	Fundamentación desde la gestión del riesgo y la seguridad operacional ..	71
2.4.9	Estandarización, trazabilidad y control documental	71
2.4.10	Base técnica para la formación y certificación de competencias	72
2.4.11	Consideraciones legales, regulatorias y de propiedad intelectual	72
2.4.12	Marco legal chileno aplicable al diseño de manuales técnicos	73
2.4.13	Aclaración de uso de estándares internacionales como referencia metodológica	74
2.4.14	Consideraciones de propiedad intelectual y derechos de autor	75
2.4.15	Implicancias regulatorias para la certificación universitaria	75
CAPITULO 3: DESARROLLO DE LA PROPUESTA		77
3.1	DEFINICIÓN DE CRITERIOS DE DISEÑO DE MANUAL OPERATIVO	78
3.1.1	Criterios de diseño del Manual de Operaciones	78
3.2	DESARROLLO DEL MANUAL DE OPERATIVO DE TRABAJO VERTICAL Y RESCATE TÉCNICO	80
3.2.1	Estructura general del Manual de Operaciones	80
3.2.2	Procedimientos operativos de acceso por cuerdas	80

3.2.3	Contenidos operativos del bloque de acceso por cuerdas	81
3.2.4	Gestión de riesgos y controles preventivos	82
3.2.5	Evaluación y jerarquización de riesgos	83
3.2.6	Controles preventivos y principio de jerarquía	83
3.2.7	Monitoreo, verificación y mejora continua	84
3.2.8	Gestión de equipos, inspecciones y registros	84
3.2.9	Integración con la gestión de riesgos y la mejora continua.....	87
3.2.10	Procedimiento gestión de equipos, inspecciones y registros en trabajo vertical y rescate industrial	88
3.2.11	Protocolos de rescate técnico vertical	88
3.3	MODELO DE IMPLEMENTACIÓN ORGANIZACIONAL.....	92
3.3.1	Enfoque por etapas de implementación	92
3.4	IMPACTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE MANUAL DE ACCESO POR CUERDAS EN RSL CHILE	95
3.4.1	Operatividad actual respecto a estándares internacionales	95
3.4.2	Costo de inversión para implementación de manual de acceso por cuerdas en RSL Chile.....	97
3.5	PROPUESTA DE NORMALIZACIÓN DE ESTÁNDAR TÉCNICO DE ACCESO POR CUERDAS INDUSTRIAL	98
3.5.1	Convertir el manual en una Norma Chilena (NCh).....	98
3.5.2	Incorporarlo en reglamentación del Ministerio del Trabajo	99
3.5.3	Reconocimiento mediante certificación de competencias laborales	100
3.5.4	Reconocimiento mediante guías técnicas de SUSESO	100
3.5.5	ESTRATEGIA PARA PROPUESTA DE NCh.....	101
3.5.6	Hoja de ruta para la implementación del estándar nacional de trabajo vertical en Chile (2026–2032)	101
3.5.7	Visión estratégica a largo plazo	104
3.5.8	Impactos de la implementación en Seguridad Laboral	106
3.6	ANÁLISIS DE ALCANCES, LIMITACIONES Y REPLICABILIDAD ...	106
3.6.1	Alcances, limitaciones y replicabilidad del modelo propuesto	106
	CONCLUSIONES.....	110
	ANEXOS.....	112
	BIBLIOGRAFÍA.....	123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Línea de tiempo evolución acceso por cuerdas	18
Figura 1-2: Línea de tiempo producción cobre 1976 – 2024	20
Figura 1-3: Publicación sobre crisis de seguridad laboral Chile	22
Figura 1-4: Publicación sobre estadísticas de caídas en Chile	25
Figura 1-5: Publicación resumen cifras claves 2024.	26
Figura 2-1: Resumen Metodología para Desarrollo del Manual de Acceso por Cuerdas.	34
Figura 2-2: Posicionamiento diagonal de trabajo	37
Figura 2-3: Restricción de trabajo con líneas tensionadas horizontales.	38
Figura 2-4: Posicionamiento horizontal de trabajo.	39
Figura 2-5: Líneas tensionadas horizontales para detención de caídas	40
Figura 2-6: Resumen procedimientos operativos de acceso por cuerdas	40
Figura 2-7: Síntesis sistema IRATA	43
Figura 2-8: Resumen Marco normativo chileno aplicable al trabajo vertical	57
Figura 2-9: Resumen estándares internacionales para trabajo vertical y rescate	66
Figura 2-10: Resumen Metodología para Desarrollo del Manual de A.C	77
Figura 2-11: Resumen Comparación Normativa	81
Figura 3-1: Criterios de diseño de manual operativo	86
Figura 3-2: Diagrama de flujo “Procedimiento general de trabajo con técnicas de acceso por cuerdas”	88
Figura 3-3: Sistema personal de acceso por cuerdas	92
Figura 3-4: Protocolo de rescate “Pick-off”	96
Figura 3-5: Roles en rescate vertical y funciones	98
Figura 3-6: Gráfico capacidad operativa implementada vs por implementar	102
Figura 3-7: Gráfico implementación actual v/s estándar técnico	103
Figura 3-8: Gráfico costos de inversión operativa en RSL Chile.	104
Figura 3-9: Proceso de creación de Norma Chilena	106
Figura 3-10: Proceso de reconocimiento de competencias mediante ChileValora	107
Figura 3-11: Ruta de desarrollo y reconocimiento de Norma Chilena	108
Figura 3-12: Plazos de desarrollo de Institucionalización de Norma Chilena.	111
Figura 3-13: Interpretación de matriz de Impacto de Estándar	113

INDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Brechas en la identificación del sistema de trabajo vertical.	72
Tabla 2-2: Brechas en competencias, roles y responsabilidades	73
Tabla 2-3: Brechas en rescate vertical y gestión de emergencia.	74
Tabla 2-4: Brechas en estandarización documental y control operativo.	75
Tabla 2-5: Interpretación de análisis de brechas normativas	76
Tabla 3-1: Gestión de Equipos	95
Tabla 3-2: Matriz de Impacto de Estándar de Trabajo Vertical en Seguridad laboral	112

SIGLAS

CEN

Comité Europeo de Normalización (Comité Européen de Normalisation).

DS

Decreto Supremo.

EPP

Elemento(s) de Protección Personal.

INN

Instituto de Nacional de Normalización.

IRATA

Industrial Rope Access Trade Association.

ITRA

International Technical Rescue Association.

ISO

International Organization for Standardization.

NCh

Norma Chilena Oficial.

SG-SST

Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo.

SST

Seguridad y Salud en el Trabajo.

RSL

Rope Solutions Latam.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se orienta al desarrollo metodológico de un Manual de Estandarización de la Gestión Preventiva asociada a Técnicas de Acceso por Cuerdas y Rescate Vertical, concebido como un instrumento técnico, preventivo y formativo, aplicable al contexto industrial chileno y alineado con estándares internacionales de seguridad, gestión del riesgo y control operacional. La propuesta busca establecer criterios homogéneos para la planificación, organización, supervisión y evaluación de estas actividades, constituyendo además una base técnica y metodológica para futuros procesos de normalización nacional, articulación académica y certificación de competencias en el ámbito del trabajo vertical.

La investigación surge de la creciente utilización del trabajo vertical en sectores estratégicos del país y de la ausencia de lineamientos técnicos específicos que complementen la normativa chilena vigente en materia de seguridad y salud ocupacional. Para abordar esta problemática, se analiza el contexto nacional, la legislación aplicable y los principales estándares internacionales de referencia, incluyendo ISO 22846-1, ISO 22846-2, ISO 12841 e ISO 45001, junto con referentes metodológicos internacionales como IRATA e ITRA.

Sobre esta base, se desarrolla un análisis comparativo destinado a identificar brechas normativas, técnicas y organizacionales relacionadas con la gestión preventiva, la formación por competencias, el control operacional y la trazabilidad documental. Los resultados obtenidos permiten definir los criterios de diseño del manual y estructurar un modelo de implementación organizacional adaptable a distintos contextos industriales.

Finalmente, el trabajo proyecta este modelo como una base técnica para futuros procesos de normalización nacional, certificación universitaria y validación de competencias, contribuyendo a la profesionalización del trabajo vertical y al fortalecimiento de la seguridad en actividades industriales de alto riesgo.

“PROPUESTA DE ESTANDARIZACIÓN TÉCNICO-NORMATIVA PARA LAS TÉCNICAS DE ACCESO POR CUERDAS Y RESCATE INDUSTRIAL EN CHILE BASADA EN ESTÁNDARES INTERNACIONALES”

Cristina Cartes Rodríguez¹

¹ Departamento de Construcción y Prevención de Riesgos, Universidad Técnica Federico Santa María, Viña del Mar, Chile.

RSL Chile es una empresa que se especializa en rescate industrial, respuesta a emergencias y trabajos técnicos de alto riesgo en atmósferas peligrosas dentro de la industria nacional. Estas operaciones incluyen maniobras de rescate vertical, atención a incidentes en altura y apoyo operativo en entornos complejos.

Debido a la naturaleza de estas operaciones —donde convergen riesgos de caída, exposición a sustancias peligrosas, atmósferas explosivas y maniobras en estructuras de gran altura— es fundamental que RSL Chile opere bajo estándares técnicos de clase mundial, tales como IRATA e ITRA. ENAP, al ser una empresa estratégica del Estado y una instalación de riesgo mayor, exige que todo contratista que ejecute labores críticas pueda demostrar competencia certificada, trazabilidad documental, capacidad de rescate inmediata y procedimientos alineados a estándares internacionales.

Cumplir con estas exigencias no solo garantiza la seguridad de los trabajadores, sino que también asegura la continuidad operacional de la refinería, reduce el riesgo de incidentes de alto impacto y permite a ENAP cumplir las auditorías de ISO 45001, ISO 9001 e ISO 14001. En este contexto, contar con un manual técnico basado en estándares internacionales es esencial para que RSL Chile mantenga niveles óptimos de desempeño, confiabilidad y profesionalización en una de las industrias más exigentes del país.

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una propuesta de estandarización técnico-normativa para las técnicas de acceso por cuerdas y rescate industrial en Chile, sustentada en el análisis del marco normativo nacional y de estándares internacionales de referencia, con el propósito de contribuir a la mejora de la seguridad operacional y la profesionalización del sector.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analizar el marco normativo chileno aplicable al trabajo en altura, acceso por cuerdas y rescate industrial, identificando sus alcances, limitaciones y vacíos técnicos.

Comparar la normativa nacional con estándares internacionales de referencia, identificando brechas técnicas, operativas y formativas relevantes para la gestión segura del trabajo vertical.

Definir criterios técnicos y organizacionales para la estructuración de procedimientos, gestión de riesgos, rescate industrial y evaluación de competencias aplicables al contexto chileno.

Proponer un modelo de estandarización e implementación organizacional que sirva de base para el desarrollo futuro de instrumentos técnicos, procesos de certificación y eventuales iniciativas de normalización nacional.

ALCANCE

El presente trabajo desarrolla un Manual de Operaciones de la gestión preventiva asociada a Técnicas de Acceso por Cuerdas y Rescate Técnico Vertical, orientado a la estandarización de procedimientos, gestión del riesgo y control operacional en contextos industriales, adaptando buenas prácticas internacionales al marco chileno.

El estudio incluye un análisis comparativo entre normativa nacional y estándares internacionales, específicamente normas ISO y EN, con el fin de identificar brechas técnicas y establecer criterios de armonización para el trabajo vertical.

Se propone una metodología de diseño basada en gestión del riesgo, mejora continua y control operacional, incorporando referentes internacionales (ITRA e IRATA).

El manual integra identificación de peligros, evaluación de riesgos y definición de controles, junto con un sistema de gestión de equipos que considera selección, inspección, mantenimiento y trazabilidad.

Finalmente, este trabajo establece una base técnica, académica y metodológica que se presenta como parte de los antecedentes para futuros procesos de normalización nacional, contribuyendo al eventual desarrollo de una Norma Chilena específica para trabajo vertical y rescate industrial, articulada con mecanismos de certificación universitaria y validación de competencias laborales.

Este trabajo no constituye una propuesta normativa oficial, sino un marco de referencia para la estandarización, profesionalización y fortalecimiento de la seguridad en actividades de acceso por cuerdas y rescate vertical en Chile.

FUNDAMENTACIÓN

El trabajo en altura y el rescate vertical industrial constituyen actividades de alto riesgo cuya ejecución segura requiere procedimientos estandarizados, formación por competencias y sistemas de gestión preventiva robustos. En Chile, estas labores se desarrollan en sectores críticos como minería, energía, infraestructura y construcción, donde la exposición a riesgos graves exige elevados niveles de control operacional. No obstante, el marco normativo nacional —representado por la Ley N°16.744, el Decreto Supremo N°44 y normas como NCh1258 y NCh2501— no establece un estándar técnico específico para el acceso por cuerdas ni el rescate vertical, generando una brecha entre la exigencia legal y la complejidad operativa.

En contraste, estándares internacionales como ISO 22846-1, ISO 22846-2, EN 12841 o ISO 45001, entre otros, establecen criterios técnicos sobre planificación, competencias, control del riesgo e inspección, plenamente compatibles con la legislación chilena. En este contexto, el desarrollo de un Manual de Operaciones basado en dichos estándares se justifica como una necesidad técnica y preventiva, permitiendo estandarizar procedimientos, mejorar la trazabilidad y fortalecer la respuesta ante emergencias.

Asimismo, su articulación con una certificación universitaria permite validar competencias, estructurar procesos formativos y alinear capacitación, operación y fiscalización bajo un marco académico reconocido. En este sentido, se proyecta la institucionalización de una nueva Norma Chilena que, a partir del manual y del sistema de certificación, establezca criterios técnicos obligatorios para la ejecución de trabajos verticales, integrando estandarización operativa, evaluación de competencias y control preventivo, contribuyendo a la consolidación de un marco regulatorio específico para esta disciplina en el país.

METODOLOGÍA

El presente trabajo se desarrolla bajo un enfoque de investigación aplicada de carácter técnico–normativo, orientada a la formulación de un modelo operativo y preventivo para el trabajo vertical industrial mediante acceso por cuerdas en Chile.

El estudio combina análisis documental, evaluación comparativa normativa y desarrollo de una propuesta técnica aplicada, con el propósito de diseñar un manual operativo estructurado y un modelo de implementación organizacional que contribuya al fortalecimiento de la seguridad laboral en actividades de alto riesgo.

Metodológicamente, el trabajo se estructura en nueve etapas secuenciales, que integran análisis contextual, evaluación normativa, diseño técnico y proyección institucional del estándar propuesto.

Etapas 1: Revisión del estado del trabajo vertical y rescate industrial

Caracterización del trabajo vertical como actividad industrial de alto riesgo en el contexto nacional e internacional.

Actividades:

- Revisión bibliográfica especializada sobre trabajo en altura, acceso por cuerdas y rescate industrial.
- Identificación de aplicaciones industriales relevantes en Chile (minería, energía, infraestructura, construcción).
- Análisis de estadísticas oficiales sobre accidentabilidad asociada al trabajo en altura.
- Sistematización de riesgos críticos y desafíos técnicos, preventivos y organizacionales.

Etapas 2: Análisis del marco normativo chileno aplicable

Evaluación del alcance y limitaciones de la normativa chilena vigente en trabajos en altura y rescate vertical.

Actividades:

- Análisis de la Ley N°16.744, el Decreto Supremo N°44 y las Normas Chilenas NCh1258 y NCh2501.

- Identificación de obligaciones generales, vacíos técnicos y ausencia de criterios operativos específicos.
- Relación de la normativa nacional con principios de prevención de riesgos y control operacional.

Etapa 3: Revisión de estándares internacionales de referencia

Identificación de principios técnicos y metodológicos aplicables desde estándares internacionales.

Actividades:

1. Análisis de normas ISO 22846-1, ISO 22846-2, ISO 12841, ISO 45001, EN 795, EN 1981, EN 361, EN 813, EN 362, EN 341, EN 353.
2. Estudio de modelos internacionales de acceso por cuerdas y rescate técnico como referentes metodológicos.
3. Identificación de conceptos clave: sistema de trabajo, redundancia, competencias, rescate integrado y mejora continua.

Etapa 4: Análisis comparativo y detección de brechas normativas y técnicas

Comparación estructurada entre normativa chilena y estándares internacionales.

Actividades:

1. Elaboración de matrices comparativas normativas y técnicas.
2. Identificación de brechas en procedimientos, formación, roles, rescate y control operacional.
3. Construcción de figuras de síntesis para visualización de brechas.

Etapa 5: Definición de criterios de diseño del Manual Operativo

Establecimiento de criterios técnicos, preventivos y formativos para el diseño del manual.

Actividades:

1. Definición de principios de diseño: enfoque sistémico, control del riesgo, redundancia, trazabilidad y evaluación por competencias.
2. Alineación con sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo.
3. Desarrollo de checklists, rúbricas y criterios de certificación.

Etapa 6: Desarrollo del Manual Operativo de Trabajo Vertical y Rescate Técnico

Elaboración estructurada del manual como instrumento técnico-preventivo.

Actividades:

1. Desarrollo de procedimientos operativos de acceso por cuerdas.
2. Definición de procesos de gestión de riesgos y controles preventivos.
3. Diseño de sistemas de gestión de equipos, inspecciones y registros.
4. Elaboración de protocolos de rescate técnico vertical.
5. Integración de figuras de síntesis y esquemas operativos.

Etapa 7: Modelo de implementación organizacional

Aplicación del manual en un contexto organizacional real.

Actividades:

1. Diseño del modelo de implementación en RSL Chile.
2. Integración del manual con sistemas de gestión existentes.
3. Definición de roles, responsabilidades y mecanismos de control.

Etapa 8: Propuesta de institucionalización del estándar técnico de trabajo vertical en Chile

Formulación de una estrategia de institucionalización progresiva del estándar técnico de trabajo vertical.

Actividades:

1. Análisis comparativo del marco normativo nacional e internacional,
2. Diseño de un modelo de estandarización técnica,
3. Definición de mecanismos de integración institucional,
4. Elaboración de una hoja de ruta estratégica de implementación (2025–2035),

Etapa 9: Análisis de alcances, limitaciones y replicabilidad

Evaluación crítica del modelo propuesto.

Actividades:

1. Identificación de alcances técnicos, organizacionales y académicos.
2. Reconocimiento de limitaciones contextuales y normativas.
3. Evaluación de replicabilidad en otros sectores e instituciones.

CAPÍTULO 1:

CONTEXTUALIZACIÓN DEL TRABAJO VERTICAL Y RESCATE TÉCNICO NACIONAL.

ANTECEDENTES

1.1. HISTORIA DEL TRABAJO VERTICAL EN CHILE: EVOLUCIÓN Y RELACIÓN CON LA PREVENCIÓN DE RIESGOS

El trabajo vertical en Chile tiene un desarrollo relativamente reciente si se compara con países donde el acceso por cuerdas se profesionalizó desde fines del siglo XX. Los primeros registros sistemáticos de actividades similares aparecen en la década de 1990, principalmente asociadas a faenas de mantenimiento industrial, telecomunicaciones, arboricultura y trabajos de fachada, donde trabajadores utilizaban técnicas basadas en escalada y montañismo, muchas veces sin estándares formales ni procedimientos establecidos.

Durante los años 2000, con el crecimiento de sectores como minería, energía, construcción en altura e infraestructura (Figura 1-1), la necesidad de acceder de manera segura a zonas de difícil alcance comenzó a visibilizar la utilidad del trabajo con cuerdas. Sin embargo, en esa etapa temprana predominaban prácticas heterogéneas, con un nivel limitado de regulación técnica, lo que generaba riesgos significativos y ausencia de criterios estandarizados.

La incorporación más directa del trabajo vertical en el ámbito de la Prevención de Riesgos se fortaleció a partir de la aplicación progresiva de la Ley N°16.744 y de normas como la NCh1258 y la NCh2501, que establecen principios para el trabajo en altura, uso de arneses y medidas de protección. Aunque estas normas no estaban diseñadas específicamente para técnicas de acceso por cuerdas, permitieron establecer un marco preventivo inicial, dando pie a la necesidad de controles más rigurosos, capacitación formal y evaluación de riesgos específicos.

A partir de 2010, el crecimiento de industrias complejas —particularmente minería, energía e industria petroquímica— impulsó una demanda creciente por servicios especializados. En paralelo, diversas empresas chilenas comenzaron a adoptar voluntariamente estándares internacionales como IRATA para profesionalizar sus equipos, mejorar la supervisión y reducir incidentes. Esto marcó un punto de inflexión, ya que la certificación internacional se transformó en un diferenciador técnico y en un requerimiento cada vez más solicitado por mandantes de alto riesgo.

En la última década, el trabajo vertical ha adquirido relevancia estratégica, especialmente por su eficiencia frente a métodos tradicionales como andamios o plataformas mecanizadas. La industria reconoce hoy que el acceso por cuerdas ofrece menores tiempos de intervención, menor impacto operativo y altos niveles de seguridad, siempre que se ejecuten bajo metodologías certificadas.

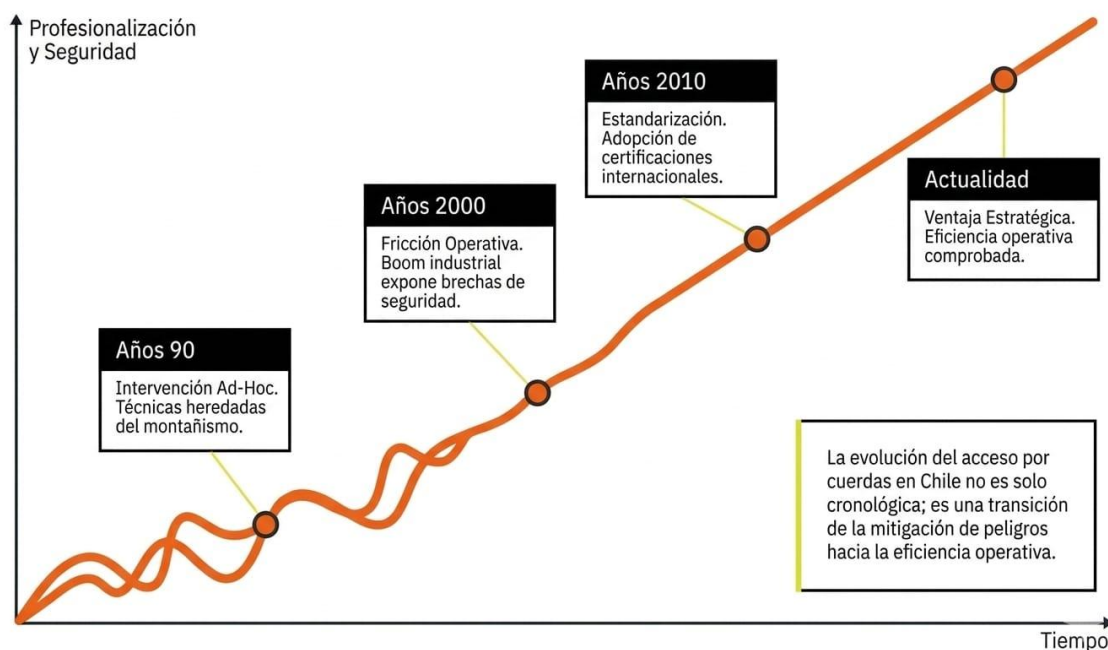


Figura 1-1: Línea de tiempo evolución acceso por cuerdas.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de investigación.

1.2. REVISIÓN DEL ESTADO DEL TRABAJO VERTICAL Y RESCATE INDUSTRIAL

1.2.1 Introducción al trabajo en altura y acceso por cuerdas en entornos industriales

El trabajo en altura mediante técnicas de acceso por cuerdas constituye una solución técnica especializada para la ejecución de actividades en estructuras elevadas, espacios confinados y zonas de difícil acceso dentro del ámbito industrial. Estas técnicas se basan en principios de redundancia, aseguramiento permanente y control sistemático de riesgos, permitiendo el desarrollo de labores de mantenimiento, inspección, montaje y rescate técnico bajo condiciones que demandan altos estándares de seguridad operacional (Fernández & Peña, 2021).

A nivel internacional, el acceso por cuerdas ha evolucionado como una disciplina técnica diferenciada, con metodologías estandarizadas y certificación por competencias. En el contexto chileno, sin embargo, su desarrollo ha sido progresivo y heterogéneo, influenciado principalmente por la demanda operacional de sectores productivos de alto riesgo más que por la existencia de un marco normativo específico.

1.2.2 Aplicaciones industriales actuales del trabajo vertical en Chile

En la actualidad, el trabajo vertical constituye una actividad transversal en diversos sectores productivos estratégicos del país, donde las condiciones de altura, complejidad estructural y continuidad operacional requieren soluciones técnicas especializadas.

1.2.2.1 Industria minera:

La minería representa uno de los principales campos de aplicación del trabajo vertical en Chile. El crecimiento de la industria ha sido sostenido desde la década de los 90 (Figura 1-2) manteniendo esta tendencia en la actualidad. En 2024, la fuerza laboral minera superó los 209.000 trabajadores, reflejando el crecimiento de la actividad en la última década (Ministerio de Minería, 2024). En este sector, las técnicas de acceso por cuerdas se emplean de manera recurrente en labores de mantenimiento e inspección de chancadores, correas transportadoras, estructuras metálicas, pilas de lixiviación y sistemas de transferencia de material.

La relevancia preventiva de estas operaciones se ve reforzada por el hecho de que las caídas desde altura continúan siendo una de las principales causas de accidentes graves y fatales en la industria nacional. De acuerdo con datos recientes, aproximadamente el 28 % de los accidentes laborales graves en Chile se asocian a caídas desde altura, afectando especialmente a sectores como la minería y la construcción (ChilePrevención, 2023).

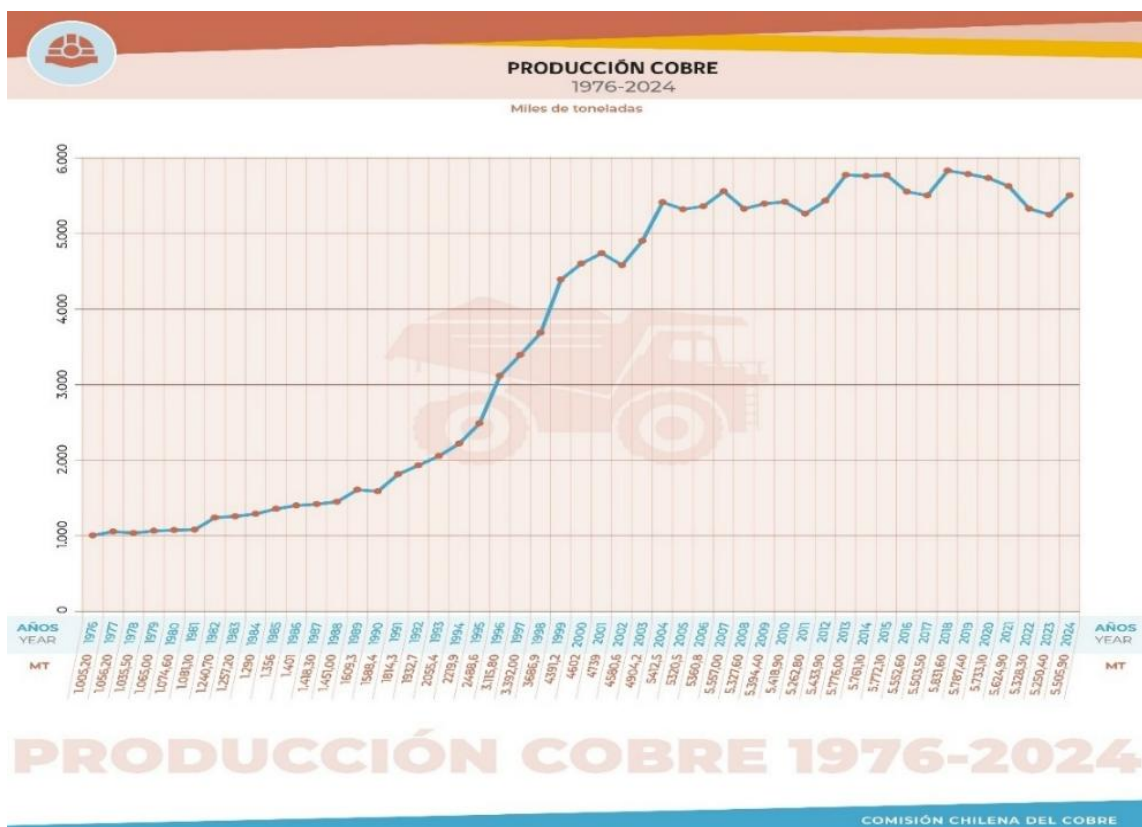


Figura 1-2: Línea de tiempo producción cobre 1976 – 2024

Fuente: <https://www.cochilco.cl>

1.2.2.2 Sector energético e infraestructura crítica:

El sector energético, que incluye plantas de generación, subestaciones eléctricas, refinерías y sistemas de transmisión, presenta una alta demanda de trabajos en altura debido a la presencia de grandes estructuras, equipos verticales y espacios confinados. En este contexto, el trabajo vertical permite realizar inspecciones, mantenciones y reparaciones sin recurrir a métodos tradicionales de acceso que implican mayores tiempos de montaje y mayores interferencias operacionales.

En el ámbito de la infraestructura crítica, como torres de telecomunicaciones y antenas de transmisión, se han ejecutado en Chile proyectos de mantenimiento en estructuras que superan los 80 metros de altura, utilizando técnicas de acceso por cuerdas como método principal de intervención (Línea Vertical, 2022).

1.2.2.3 Construcción en altura y obras civiles:

La industria de la construcción y las obras civiles constituye otro ámbito relevante para la aplicación del trabajo vertical. Las técnicas de acceso por cuerdas se emplean tanto en etapas de construcción como en el mantenimiento de fachadas, instalación de sistemas mecánicos, impermeabilización y reparación estructural en edificaciones de gran altura.

Si bien en este sector se utilizan también plataformas elevadoras y andamios, el acceso por cuerdas se presenta como una alternativa eficiente en situaciones donde los métodos convencionales resultan técnicamente inviables o económicamente menos competitivos, siempre que se cuente con procedimientos y personal debidamente capacitado (ARMAQ, 2022).

1.2.2.4 Telecomunicaciones y servicios especializados:

El crecimiento de la infraestructura de telecomunicaciones ha impulsado el uso del trabajo vertical en tareas de instalación, mantenimiento y actualización de equipos en torres, mástiles y estructuras elevadas. En Chile, empresas especializadas han desarrollado intervenciones en decenas de torres distribuidas a lo largo del territorio nacional, evidenciando la consolidación de este tipo de servicios como parte del soporte crítico de las comunicaciones (Línea Vertical, 2022).



Figura 1-3: Publicación sobre crisis de seguridad laboral Chile”

Fuente: <https://www.revistaminera.cl/industria-minera>

1.2.3 Riesgos críticos asociados al trabajo vertical y al rescate industrial

Las aplicaciones industriales del trabajo vertical descritas en la sección anterior se desarrollan en contextos operacionales donde la exposición al riesgo es elevada y multifactorial. A diferencia de otras actividades en altura, el acceso por cuerdas y el rescate vertical combinan simultáneamente variables técnicas, humanas y organizacionales, lo que incrementa la probabilidad de eventos críticos cuando no existen procedimientos estandarizados y controles preventivos robustos.

Desde el punto de vista de la seguridad laboral, las caídas desde altura continúan siendo uno de los principales riesgos asociados a estas actividades. De acuerdo con estadísticas nacionales, las caídas representan aproximadamente el 28 % de los accidentes laborales graves en Chile, afectando de manera significativa a sectores como la minería, la construcción y la industria energética (ChilePrevención, 2023). Asimismo, durante el año 2024, las caídas desde altura concentraron cerca del 40 % de las muertes laborales registradas, lo que evidencia la persistencia de brechas estructurales en la gestión preventiva de trabajos verticales (Revista Minera, 2024).

No obstante, el riesgo en el trabajo vertical no se limita exclusivamente a la posibilidad de caída. La literatura especializada identifica una serie de riesgos críticos adicionales, entre los que se incluyen la falla de sistemas de anclaje, el uso inadecuado o deteriorado de equipos de protección personal, errores en la progresión por cuerdas, condiciones ambientales adversas y deficiencias en la planificación del trabajo (Fernández & Peña, 2021). Estos factores, cuando se combinan, pueden derivar en incidentes de alta severidad, especialmente en entornos industriales complejos donde la evacuación convencional resulta inviable.

En este contexto, el rescate industrial vertical adquiere una relevancia estratégica. La experiencia internacional demuestra que una proporción significativa de los accidentes graves en trabajos en altura se agrava debido a la ausencia de protocolos de rescate claros o a la falta de personal capacitado para ejecutar maniobras de evacuación asistida en forma oportuna. Estudios técnicos indican que la probabilidad de consecuencias fatales aumenta considerablemente cuando el tiempo de rescate supera los límites fisiológicos tolerables, particularmente en casos de suspensión inerte o trauma por arnés (Addison & Burgess-Limerick, 2019).

En Chile, si bien la normativa aplicable —representada principalmente por la Ley N°16.744 y el Decreto Supremo N°44— establece la obligación general de prevenir riesgos laborales, no define criterios técnicos específicos para la planificación y ejecución de rescates verticales en entornos industriales. Esta situación genera una dependencia excesiva de soluciones improvisadas o de capacidades individuales, aumentando la variabilidad en la calidad de la respuesta ante emergencias.

Desde una perspectiva organizacional, otro riesgo crítico identificado es la heterogeneidad en los niveles de competencia del personal que ejecuta trabajos verticales y rescates. La ausencia de un estándar nacional de formación por competencias dificulta la verificación objetiva de habilidades técnicas, lo que repercute directamente en la confiabilidad de los equipos de trabajo y en la toma de decisiones preventivas. Esta brecha se ve acentuada en empresas contratistas que operan en instalaciones de alto riesgo, donde la interoperabilidad entre equipos y la claridad de roles operativos son esenciales para una respuesta segura.

En consecuencia, los riesgos críticos asociados al trabajo vertical y al rescate industrial no deben ser comprendidos únicamente como peligros aislados, sino como el resultado de un sistema técnico-preventivo incompleto. La evidencia nacional e internacional coincide en que la reducción efectiva de estos riesgos requiere la estandarización de procedimientos, la definición clara de competencias, la gestión sistemática de equipos y la planificación formal del rescate como parte integral del trabajo en altura (Addison & Burgess-Limerick, 2019; Fernández & Peña, 2021).

Este escenario da paso a la necesidad de analizar el marco normativo y teórico que regula —de manera directa o indirecta— estas actividades en Chile, con el fin de identificar sus alcances, limitaciones y oportunidades de mejora, lo cual se aborda en el capítulo siguiente.

1.2.4 Situación actual en Chile: desafíos técnicos, preventivos y organizacionales

El análisis de los riesgos asociados al trabajo vertical y al rescate industrial refleja no solo la complejidad técnica de estas operaciones, sino también la existencia de desafíos persistentes en la gestión de la seguridad laboral en Chile (Figura 1-4). A pesar de contar con un marco normativo que obliga a empleadores y organizaciones a prevenir riesgos, las

cifras recientes evidencian brechas significativas en la protección de los trabajadores expuestos a tareas en altura.



Figura 1-4: Publicación sobre estadísticas de caídas en Chile.

Fuente: <https://www.revistaminera.cl/industria-minera>

Las estadísticas oficiales dan cuenta de una situación estructuralmente preocupante. Durante el año 2024, la Superintendencia de Seguridad Social (SUSESO) registró un total de 149.411 accidentes laborales en Chile, de los cuales 49.411 (aproximadamente 35 %) estuvieron relacionados con caídas —sea desde el mismo nivel o desde altura—, y 30 de los 76 fallecimientos registrados en el año fueron consecuencia de caídas desde más de 1,8 metros, lo que representa cerca del 40 % de todas las muertes laborales del país en dicho período (Figura 1-5).

Estas cifras sitúan las caídas desde altura como la principal causa de muerte laboral en Chile, afectando en particular a sectores como la minería, la construcción y la industria

generalizada, donde la exposición a trabajos en estructuras elevadas es frecuente. Además, los datos revelan que el 21 % de los accidentes graves registrados en 2024 estuvieron asociados a caídas desde altura, lo que explica la importancia de abordar esta problemática de manera integral.

Estos indicadores cuantitativos muestran que, más allá de la existencia de normas y reglamentos, persiste una fragilidad en la gestión de riesgos preventivos y en la aplicación efectiva de medidas técnicas de control. En sectores donde el trabajo en altura es rutinario, la discrepancia entre el riesgo real y la práctica de seguridad aplicada sugiere que la cultura preventiva aún no se encuentra consolidada en todas las organizaciones. En particular, fallas en la inspección de equipos, deficiencias en la formación y errores en la planificación de tareas han sido señalados como factores recurrentes que aumentan la probabilidad de incidentes graves (ChilePrevención, 2025).

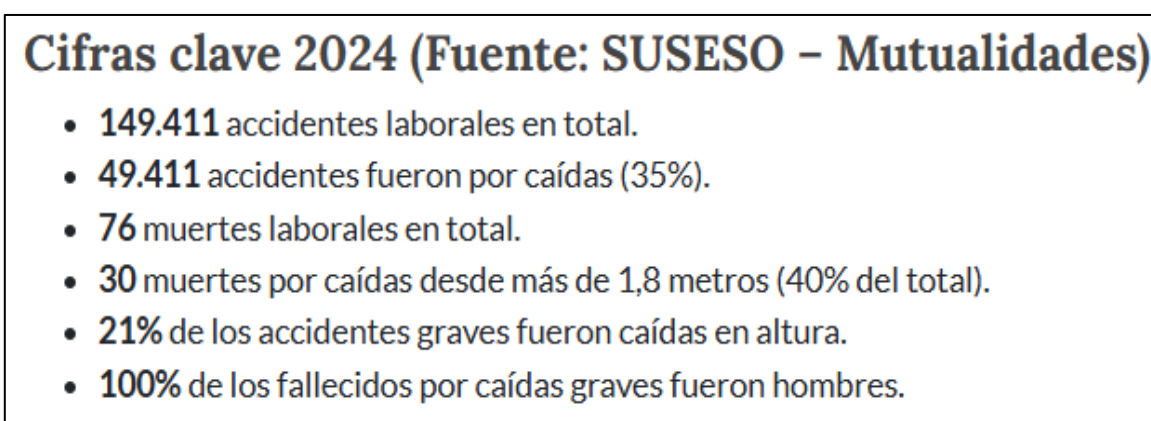


Figura 1-5: Publicación resumen cifras claves 2024.

Fuente: www.reporteminero.cl/noticia

Desde una perspectiva técnica, uno de los principales desafíos radica en la heterogeneidad de procedimientos operativos. La ausencia de un estándar nacional aplicado específicamente al acceso por cuerdas y al rescate industrial provoca que las prácticas de trabajo varíen considerablemente entre empresas y contratistas, incluso dentro de un mismo sector. Esta variabilidad se traduce en diferencias palpables en la calidad de los equipos utilizados, el nivel de competencia de los operadores y la eficacia de los protocolos de emergencia, generando incertidumbre tanto para mandantes como para las propias fuerzas de trabajo.

El desafío preventivo también se manifiesta en la capacitación y evaluación de competencias. Aunque la normativa chilena exige que cada trabajador reciba información y capacitación sobre los riesgos de sus labores, la falta de criterios técnicos homogeneizados dificulta la verificación objetiva de que dichas formaciones sean equivalentes entre distintos empleadores o actividades. Esta situación puede producir una falsa sensación de cumplimiento normativo cuando, en realidad, no existe una evaluación estandarizada que dé cuenta de la competencia técnica real de la persona para realizar tareas específicas en altura.

A nivel organizacional, la gestión del trabajo en altura y del rescate técnico enfrenta retos adicionales relacionados con la integración de estos procesos dentro de los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo (SG-SST) de las empresas. La gestión preventiva en Chile se articula a través de instrumentos como el Decreto Supremo N°44, que impone obligaciones de identificación de peligros, evaluación de riesgos y establecimiento de medidas de control; sin embargo, su aplicación práctica depende de la capacidad de cada entidad para desarrollar, implementar y auditar procedimientos específicos. En ausencia de una guía técnica clara y consensuada, la efectividad de estos sistemas queda sujeta a criterios internos que pueden no coincidir con las mejores prácticas internacionales.

Esta situación muestra que, a pesar de la mejora progresiva en la cultura preventiva en algunos ámbitos, persisten brechas significativas en la protección de trabajadores expuestos al riesgo de caídas y rescate vertical en Chile.

CAPÍTULO 2:

MARCO TEÓRICO Y NORMATIVO

MARCO TEÓRICO

2.1 IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO VERTICAL INDUSTRIAL

2.1.1 Trabajo vertical como sistema sociotécnico de alto riesgo

Como antesala al análisis normativo y comparativo desarrollado en las secciones siguientes, resulta necesario abordar el trabajo vertical desde una perspectiva teórica que permita comprender su complejidad operacional. El trabajo vertical industrial no puede ser entendido únicamente como una técnica de acceso o un conjunto de maniobras aisladas, sino como un sistema sociotécnico de alto riesgo, en el cual interactúan de manera permanente factores humanos, tecnológicos, organizacionales y ambientales.

Desde la teoría de sistemas aplicada a la seguridad industrial, un sistema sociotécnico se define como aquel en el que el desempeño seguro depende tanto del diseño técnico de los equipos y procedimientos como del comportamiento humano, la estructura organizacional y los mecanismos de control y supervisión (Reason, 1997). En este marco, el trabajo vertical presenta características que lo sitúan dentro de las actividades críticas de la industria: alta exposición a consecuencias severas, baja tolerancia al error, dependencia del desempeño humano y necesidad de coordinación constante entre múltiples elementos del sistema.

A diferencia de otros trabajos en altura apoyados en estructuras fijas o plataformas mecanizadas, el trabajo vertical mediante cuerdas se caracteriza por una dependencia directa del sistema de aseguramiento personal, donde la integridad física del trabajador está condicionada al correcto funcionamiento de anclajes, cuerdas, dispositivos de progresión y técnicas de maniobra. Esta condición transforma cada operación en un escenario de riesgo controlado, en el que la falla de un solo componente —técnico u organizacional— puede desencadenar consecuencias graves o fatales.

Desde un enfoque metodológico ampliamente utilizado en estándares internacionales de trabajo y rescate técnico, el control de este tipo de sistemas se basa en principios como la redundancia, la separación de funciones críticas, la verificación cruzada y la estandarización de procedimientos. Estos principios no constituyen simples recomendaciones técnicas, sino respuestas sistemáticas al reconocimiento del trabajo vertical como una actividad donde el error humano es esperable y, por tanto, debe ser anticipado y contenido mediante barreras múltiples (Hollnagel, 2014).

En este contexto, el factor humano adquiere un rol central. La literatura especializada señala que, en sistemas sociotécnicos de alto riesgo, los incidentes rara vez se explican por una única causa técnica, sino por la convergencia de decisiones, omisiones o desviaciones operativas que se acumulan en el tiempo (Reason, 1997). En el trabajo vertical, estas desviaciones pueden manifestarse en prácticas como la omisión de respaldos, el uso inadecuado de equipos, la falta de evaluación específica del entorno o la ausencia de planes de rescate claramente definidos.

Por esta razón, los modelos metodológicos de referencia internacional en trabajo vertical y rescate industrial han evolucionado hacia esquemas que integran de forma explícita la dimensión organizacional. Dichos esquemas promueven la definición clara de roles operativos, la jerarquización de responsabilidades, la exigencia de competencias demostrables y la incorporación del rescate como parte estructural del sistema de trabajo. Esta aproximación se alinea con los principios modernos de seguridad operacional, que conciben la prevención no como una reacción al accidente, sino como una condición inherente al diseño de la operación (Dekker, 2014).

Asimismo, el carácter sociotécnico del trabajo vertical implica que la seguridad no puede descansar exclusivamente en la pericia individual del trabajador. Por el contrario, requiere de procedimientos documentados, supervisión activa y mecanismos formales de control, capaces de reducir la variabilidad en la ejecución de las tareas. En este sentido, la estandarización operativa se configura como una herramienta clave para transformar el conocimiento técnico disperso en prácticas consistentes, repetibles y auditables.

Esta comprensión teórica resulta especialmente relevante en el contexto chileno, donde, como se analizará en las secciones normativas siguientes, el marco regulatorio establece obligaciones generales en materia de trabajo en altura, pero no desarrolla criterios específicos para la gestión integral del trabajo vertical como sistema sociotécnico. La ausencia de estos criterios incrementa la dependencia del criterio individual y de prácticas no uniformes, reforzando la necesidad de instrumentos técnicos que estructuren la operación desde una lógica sistémica (Figura 2-1).

En consecuencia, reconocer el trabajo vertical como un sistema sociotécnico de alto riesgo constituye el fundamento conceptual que justifica el diseño de un manual operativo estandarizado. Dicho manual no solo ordena las técnicas de acceso y rescate, sino que actúa como una barrera organizacional destinada a integrar personas, equipos y procedimientos

bajo un enfoque preventivo coherente. Esta base teórica permite, además, articular el manual con procesos formativos y de certificación, tema que será abordado en los apartados posteriores del presente capítulo.



Figura 2-1: Lógica sistemática para estructuración operativa.

Fuente: Elaboración propia, a partir de revisión documental y análisis de registro normativo nacional e internacional trabajados en investigación.

2.1.2 Gestión del riesgo en trabajos en altura

A partir de la comprensión del trabajo vertical como un sistema sociotécnico de alto riesgo, resulta imprescindible profundizar en la gestión del riesgo aplicada específicamente a los trabajos en altura, entendida no solo como una exigencia normativa, sino como un proceso técnico estructural que condiciona la seguridad, continuidad operacional y desempeño organizacional.

En términos generales, la gestión del riesgo en trabajos en altura puede definirse como el conjunto de actividades sistemáticas orientadas a identificar, analizar, evaluar y controlar los peligros asociados a la exposición a caídas desde distinto nivel, considerando tanto las condiciones técnicas del sistema de trabajo como las capacidades humanas y organizacionales involucradas. Este enfoque se alinea con los principios modernos de seguridad y salud ocupacional, los cuales reconocen que el riesgo no se elimina únicamente mediante equipos de protección, sino mediante el diseño seguro de los sistemas de trabajo (ISO, 2018).

En el contexto del trabajo vertical, la gestión del riesgo adquiere una complejidad adicional debido a que el trabajador se encuentra permanentemente suspendido o parcialmente soportado por un sistema de cuerdas. Esto implica que la evaluación de riesgos debe trascender el análisis tradicional de caídas y considerar fallas potenciales en anclajes, cuerdas, dispositivos, procedimientos, comunicaciones y capacidades de respuesta ante emergencias. En este sentido, los esquemas metodológicos internacionales utilizados como referencia en la industria han consolidado un enfoque de gestión del riesgo basado en sistemas, donde cada elemento del trabajo en altura es analizado como parte de una cadena crítica de seguridad.

Uno de los principios fundamentales de esta aproximación es la identificación específica de peligros, diferenciando entre riesgos inherentes al entorno (altura, condiciones climáticas, interferencias operativas), riesgos técnicos (fallas de equipos, incompatibilidad de dispositivos, errores de instalación) y riesgos humanos y organizacionales (fatiga, formación insuficiente, supervisión inadecuada). Esta clasificación permite estructurar medidas de control jerarquizadas, priorizando la eliminación o reducción del riesgo en la fuente antes de recurrir a medidas individuales de protección.

Asimismo, la gestión del riesgo en trabajos en altura incorpora de manera explícita el concepto de redundancia y tolerancia al error, reconociendo que el error humano es una condición esperable en sistemas complejos. Desde esta perspectiva, el diseño del trabajo debe considerar siempre la existencia de sistemas de respaldo, procedimientos alternativos y mecanismos de verificación cruzada que actúen como barreras ante fallas individuales. Este enfoque contrasta con prácticas tradicionales centradas exclusivamente en el cumplimiento formal de normativas o en la experiencia individual del trabajador.

Otro componente central de la gestión del riesgo en trabajos en altura es la planificación previa de la tarea, la cual debe materializarse en documentos operativos que integren la evaluación de riesgos específica del sitio, la selección de técnicas y equipos adecuados, la asignación de roles y la definición de un plan de rescate coherente con el escenario de trabajo. La literatura especializada coincide en que una proporción significativa de los accidentes graves en altura se asocia a deficiencias en la planificación y no a fallas técnicas aisladas (HSE, 2013).

En este marco, el rescate deja de ser una medida reactiva y se convierte en un elemento constitutivo de la gestión del riesgo. La capacidad de ejecutar un rescate oportuno y técnicamente controlado debe ser considerada desde la etapa de diseño del trabajo, incorporándose como criterio de aceptación del sistema de acceso y no como una solución improvisada ante la emergencia. Este enfoque refuerza la necesidad de procedimientos estandarizados y de personal con competencias verificables, aspectos que resultan críticos para reducir la severidad de las consecuencias ante incidentes.

Desde el punto de vista organizacional, la gestión del riesgo en trabajos en altura exige la integración de estos procesos al sistema de gestión de seguridad de la empresa. Esto implica establecer mecanismos de seguimiento, indicadores de desempeño preventivo, auditorías internas y procesos de mejora continua, en concordancia con los principios de la gestión moderna de la seguridad y salud en el trabajo. La ausencia de esta integración suele traducirse en prácticas fragmentadas, con evaluaciones de riesgo formales pero desconectadas de la realidad operativa.

En el contexto chileno, si bien la normativa aplicable exige la identificación y control de riesgos asociados al trabajo en altura, no proporciona herramientas técnicas específicas para abordar la complejidad del trabajo vertical como sistema integrado. Esta limitación normativa refuerza la necesidad de adoptar marcos metodológicos que permitan estructurar la gestión del riesgo de manera coherente, sistemática y verificable, sirviendo de base para el desarrollo de manuales operativos estandarizados y programas de formación especializados.

2.1.3 Principio de redundancia y control operacional

En continuidad con el enfoque de gestión del riesgo en trabajos en altura, el principio de redundancia emerge como uno de los pilares fundamentales para el control de riesgos en actividades de alto potencial de daño, como es el trabajo vertical y el rescate industrial. Desde una perspectiva teórica y operativa, la redundancia no debe ser entendida como una simple duplicación de elementos técnicos, sino como una estrategia sistémica de diseño seguro, orientada a aumentar la tolerancia al error y reducir la probabilidad de consecuencias catastróficas ante fallas individuales.

En los sistemas sociotécnicos de alto riesgo, la literatura especializada reconoce que la eliminación absoluta del error humano es inalcanzable. En consecuencia, el diseño

seguro debe asumir esta condición y estructurar barreras múltiples que permitan contener o mitigar los efectos de fallas previsibles (Reason, 1997). En el trabajo vertical, esta lógica se traduce en la exigencia de sistemas de respaldo independientes, procedimientos estandarizados y mecanismos de verificación continua (Figura 2-2), los cuales actúan de forma complementaria para sostener la integridad del sistema de trabajo.

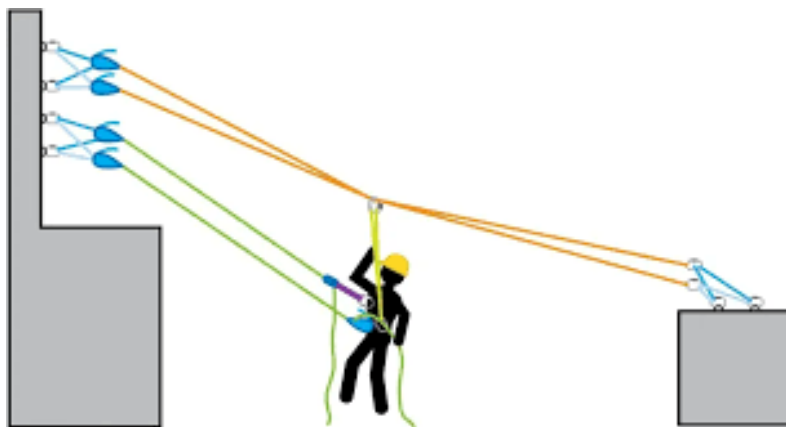


Figura 2-2: Posicionamiento diagonal de trabajo

Fuente: <https://ttrinternational.com/es/lineas-tensionadas-en-trabajos-verticales>

El principio de redundancia aplicado al trabajo en altura se manifiesta, en primer término, en el diseño técnico de los sistemas de acceso y aseguramiento. Esto implica la utilización de líneas de trabajo y líneas de seguridad separadas, anclajes independientes, dispositivos de progresión y detención de caídas con funciones diferenciadas, y configuraciones que eviten puntos únicos de falla. Desde un enfoque metodológico internacional, estas configuraciones responden a la necesidad de garantizar que la falla de un componente (Figura 2-3) no comprometa de manera inmediata la seguridad del trabajador.

No obstante, la redundancia técnica por sí sola resulta insuficiente si no se encuentra acompañada de un adecuado control operacional. El control operacional se refiere al conjunto de procedimientos, roles, responsabilidades y mecanismos de supervisión que aseguran que las medidas de control definidas sean efectivamente implementadas y mantenidas durante la ejecución del trabajo. En este sentido, la redundancia se extiende al plano organizacional, incorporando capas adicionales de seguridad a través de la planificación, la supervisión activa y la validación de competencias.

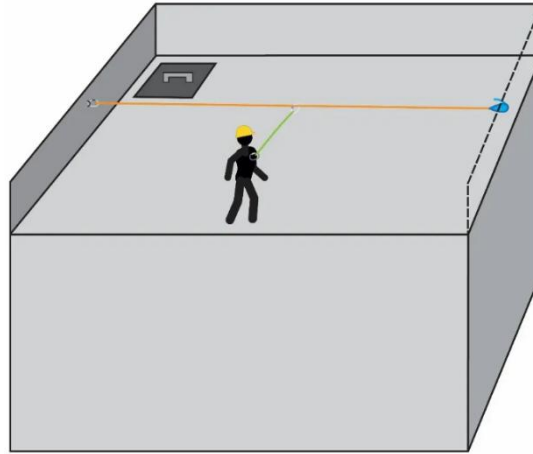


Figura 2-3: Restricción de trabajo con líneas tensionadas horizontales.

Fuente: <https://ttrinternational.com/es/lineas-tensionadas-en-trabajos-verticales>

Desde esta perspectiva, el control operacional incluye la definición clara de funciones críticas dentro del equipo de trabajo, tales como responsables de la instalación del sistema, supervisores técnicos y personal capacitado para ejecutar maniobras de rescate. Esta separación de roles permite reducir la probabilidad de errores derivados de la sobrecarga cognitiva o de la autoverificación, fenómeno ampliamente documentado en actividades de alto riesgo (Hollnagel, 2014).

Asimismo, el principio de redundancia se expresa en la verificación cruzada de procedimientos, donde las etapas críticas del trabajo —instalación de anclajes, selección de equipos, pruebas de carga y validación del sistema— son revisadas por más de una persona o mediante listas de chequeo formales. Este enfoque busca disminuir la dependencia del criterio individual y fortalecer la confiabilidad del sistema, especialmente en contextos operativos complejos o variables.

El control operacional también incorpora la estandarización documental como una forma de redundancia organizacional. Procedimientos operativos estandarizados, fichas de inspección, matrices de riesgo específicas y planes de rescate documentados actúan como soportes formales que reducen la variabilidad en la ejecución de las tareas. Desde el punto de vista teórico, esta estandarización permite transformar el conocimiento tácito en conocimiento explícito, facilitando su transmisión, evaluación y mejora continua (Dekker, 2014).

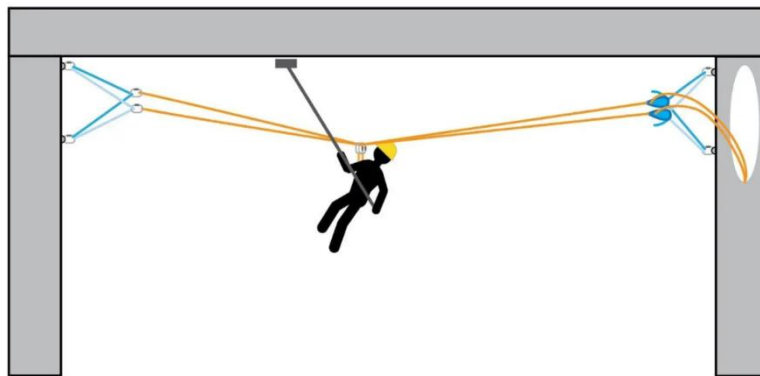


Figura 2-4: Posicionamiento horizontal de trabajo.

Fuente: <https://ttrinternational.com/es/lineas-tensionadas-en-trabajos-verticales>

En el ámbito del rescate industrial, la redundancia adquiere una relevancia aún mayor, dado que las condiciones de emergencia suelen implicar escenarios degradados, con limitaciones de tiempo, recursos y condiciones ambientales adversas. Por esta razón, los modelos metodológicos de referencia en rescate técnico promueven sistemas y procedimientos que permitan ejecutar maniobras de rescate utilizando los mismos principios de redundancia y control aplicados al trabajo normal, evitando configuraciones improvisadas o dependientes de soluciones únicas (Figura 2-4).

En el contexto chileno, si bien la normativa aplicable exige adoptar medidas de control para trabajos en altura, no desarrolla de manera explícita el principio de redundancia ni el concepto de control operacional aplicado al trabajo vertical. Esta ausencia normativa refuerza la necesidad de incorporar estos principios a través de instrumentos técnicos como manuales operativos, los cuales permitan estructurar la operación bajo criterios verificables y alineados con las mejores prácticas internacionales.

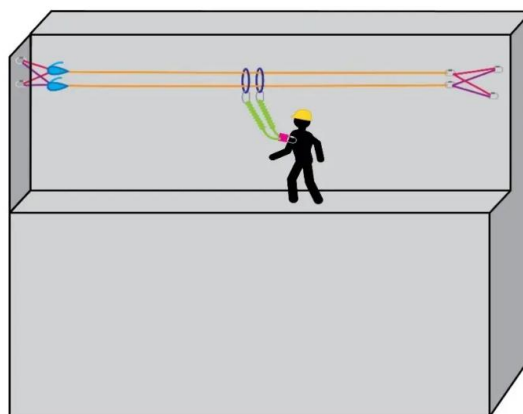


Figura 2-5: Ejemplo de aplicación de redundancia: líneas tensionadas horizontales para detención de caídas

Fuente: <https://ttrinternational.com/es/lineas-tensionadas-en-trabajos-verticales>

En consecuencia, el principio de redundancia y control operacional constituye un eje central del marco teórico de esta investigación, al proporcionar el sustento conceptual para el diseño de sistemas de trabajo más robustos y resilientes (Figura 2-5).



Figura 2-6: Resumen procedimientos operativos de acceso por cuerdas.

Fuente: Elaboración propia, a partir de revisión documental y análisis de estándares internacionales ISO y EN (ISO 22846-1/2, EN 12841:2024 e ISO 45001:2018).

2.1.4 Enfoque por competencias y profesionalización del trabajo vertical

En continuidad con los principios de redundancia y control operacional, el enfoque por competencias se configura como un elemento estructural para la gestión segura y sostenible del trabajo vertical. En actividades clasificadas como de alto riesgo, la seguridad no depende exclusivamente de la disponibilidad de equipos certificados o de procedimientos documentados, sino de la capacidad real de las personas para ejecutar tareas críticas bajo condiciones variables y, en muchos casos, adversas.

Desde el punto de vista teórico, el enfoque por competencias supera los modelos tradicionales de capacitación basados únicamente en horas de instrucción o contenidos teóricos, y se orienta hacia la demostración verificable del desempeño en contextos operativos reales o simulados. Una competencia se define como la integración efectiva de conocimientos, habilidades y actitudes necesarias para realizar una tarea de manera segura y eficaz (Mulder, 2014). En el trabajo vertical, esta integración resulta especialmente relevante debido a la interacción permanente entre decisiones técnicas, condiciones del entorno y factores humanos.

Los esquemas metodológicos internacionales de referencia en trabajo vertical y rescate técnico han adoptado este enfoque como respuesta a la alta variabilidad operativa y a la baja tolerancia al error que caracteriza estas actividades. En dichos modelos, la progresión del personal no se basa únicamente en la antigüedad o experiencia acumulada, sino en la validación periódica de competencias específicas, tales como la correcta instalación de sistemas, la gestión del riesgo en terreno y la ejecución de maniobras de rescate bajo presión.

Este enfoque permite abordar una de las principales debilidades identificadas en sistemas no estandarizados: la dependencia excesiva del conocimiento tácito y de prácticas informales transmitidas entre trabajadores. La literatura en seguridad industrial ha demostrado que la ausencia de criterios formales de competencia incrementa la variabilidad en el desempeño y dificulta la detección temprana de desviaciones operativas (Reason, 1997). En contraste, los sistemas basados en competencias facilitan la identificación de brechas individuales y organizacionales, permitiendo implementar acciones correctivas antes de que se materialicen incidentes.

La profesionalización del trabajo vertical se entiende, en este contexto, como un proceso progresivo de estructuración del oficio bajo parámetros técnicos, formativos y

organizacionales claros. Este proceso incluye la definición de perfiles de cargo, requisitos mínimos de ingreso, trayectorias formativas, mecanismos de evaluación y criterios de recertificación. Desde una perspectiva sociotécnica, la profesionalización actúa como una barrera organizacional adicional, reduciendo la exposición al riesgo mediante la homogeneización del nivel de desempeño esperado.

Asimismo, el enfoque por competencias contribuye de manera directa a la mejora del control operacional. Al establecer estándares claros de desempeño, se facilita la labor de supervisión técnica y se fortalece la trazabilidad de las decisiones operativas. Esto resulta particularmente relevante en actividades de rescate industrial, donde la coordinación del equipo y la correcta ejecución de maniobras críticas dependen de que cada integrante comprenda y domine su rol específico dentro del sistema.

En el contexto chileno, si bien el marco normativo exige capacitación pertinente para trabajos en altura, no establece criterios técnicos para la evaluación de competencias ni para la certificación del personal en trabajo vertical y rescate industrial. Esta situación genera una brecha significativa entre la exigencia legal y la realidad operativa, donde la calidad de la formación y del desempeño puede variar considerablemente entre empresas y sectores productivos.

Frente a este escenario, la adopción de un enfoque por competencias inspirado en modelos internacionales permite avanzar hacia una profesionalización progresiva del sector, sin contravenir el marco legal vigente. La incorporación de este enfoque en un manual operativo estandarizado posibilita traducir principios metodológicos de alto nivel en procedimientos, perfiles y criterios evaluables, compatibles con los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo utilizados en la industria nacional.

2.1.4.1 Industrial Rope Access Trade Association (IRATA)

IRATA es actualmente el estándar más reconocido en acceso por cuerdas a nivel mundial. Su sistema se sustenta en dos documentos principales: el *International Code of Practice* (ICOP), que establece las directrices operativas, y el *Training, Assessment and Certification Scheme* (TACS), que regula la formación, evaluación y certificación del personal. Ambos instrumentos se basan en un enfoque de mejora continua, registros obligatorios, supervisión por niveles y procedimientos sistemáticos de control del riesgo (IRATA, 2021).



Figura 2-7: Síntesis sistema IRATA

Fuente: Elaboración propia, síntesis del concepto Irata.

El principio central del modelo IRATA es la gestión estructurada del desempeño técnico del trabajador, donde cada certificación delimita funciones, responsabilidades y competencias. Investigaciones recientes sostienen que la aplicación disciplinada del sistema IRATA reduce significativamente las tasas de accidentes y eleva la calidad operacional en industrias de alta complejidad (Jackson & Moore, 2020).

Los documentos ICOP (International Code of Practice) y TACS (Training, Assessment and Certification Scheme) desarrollados por IRATA International tienen su base técnica y conceptual en la norma británica BS 7985, la cual estableció los principios fundamentales para la planificación, ejecución y supervisión de trabajos mediante acceso por cuerdas en el Reino Unido. Esta norma constituyó el marco precursor que permitió sistematizar los criterios de seguridad, competencia y gestión del riesgo, posteriormente ampliados y estructurados a nivel internacional por IRATA a través de sus esquemas operativos y de certificación.

A su vez, la norma ISO 22846 recoge y estandariza internacionalmente principios previamente consolidados en BS 7985. En el contexto chileno, donde no existe regulación específica para esta disciplina, la BS 7985 y la ISO 22846 configuran estándares internacionales de referencia que permiten definir el estado del arte técnico y operacional,

complementando las exigencias generales establecidas por la Ley 16.744 y el DS 44 (Figura 2-6).

2.1.5 Rescate industrial como parte del sistema de trabajo

En los sistemas de trabajo vertical, el rescate industrial no puede ser concebido como una actividad excepcional o externa a la operación principal, sino como un componente intrínseco del sistema de trabajo. Desde una perspectiva sociotécnica y preventiva, toda tarea en altura debe incorporar, desde su fase de planificación, la capacidad efectiva de responder ante un incidente, falla técnica o emergencia médica, sin depender de recursos improvisados o de terceros no integrados al sistema operativo.

La literatura en seguridad industrial ha establecido que, en actividades de alto riesgo, la preparación para la respuesta ante emergencias constituye una barrera crítica de control, equivalente en importancia a las medidas preventivas primarias (Hollnagel, 2014). En este sentido, el rescate industrial debe ser entendido como un control operacional crítico, cuya ausencia o deficiente implementación incrementa de manera significativa la gravedad potencial de los incidentes, aun cuando la probabilidad de ocurrencia sea baja.

Desde el punto de vista metodológico, los modelos internacionales de referencia en trabajo vertical y rescate técnico han evolucionado hacia la integración del rescate dentro del mismo sistema de acceso y aseguramiento. Este enfoque se basa en el principio de que los trabajadores y supervisores que ejecutan la tarea son, en primera instancia, los más capacitados para iniciar una respuesta inmediata, debido a su conocimiento del entorno, de los sistemas instalados y de los riesgos específicos del escenario. De este modo, se reduce el tiempo de exposición de la persona accidentada y se incrementa la probabilidad de una intervención efectiva.

La integración del rescate al sistema de trabajo implica que cada operación en altura cuente con un plan de rescate específico, coherente con las condiciones del lugar, el tipo de tarea y los recursos disponibles. Este plan no debe limitarse a una declaración genérica de intención, sino que debe describir de manera estructurada los escenarios previsibles de emergencia, los roles asignados, los equipos necesarios y las secuencias operativas para la evacuación o asistencia del trabajador afectado.

Desde una perspectiva teórica, esta aproximación responde al concepto de resiliencia operativa, entendido como la capacidad del sistema para anticipar, responder y adaptarse frente a condiciones adversas sin colapsar (Hollnagel, 2014). En el trabajo vertical, la resiliencia se materializa cuando los procedimientos de rescate están diseñados para funcionar bajo las mismas condiciones de restricción que la operación normal, evitando soluciones que dependan de configuraciones externas complejas o de tiempos de respuesta incompatibles con la gravedad del riesgo.

El rescate industrial, además, se vincula estrechamente con el enfoque por competencias desarrollado en el apartado anterior. La capacidad de ejecutar maniobras de rescate no puede ser asumida como una extensión automática de la experiencia en trabajo en altura, sino que requiere formación específica, entrenamiento práctico y evaluación periódica. La evidencia técnica indica que los rescates improvisados o ejecutados por personal no entrenado constituyen una fuente relevante de accidentes secundarios, aumentando el número de personas expuestas al riesgo (Reason, 1997).

En este sentido, los esquemas metodológicos de referencia promueven la asignación explícita de competencias de rescate dentro del equipo de trabajo, estableciendo quiénes están habilitados para liderar la maniobra, quiénes cumplen funciones de apoyo y en qué condiciones debe escalarse la respuesta a recursos externos. Esta claridad organizacional permite reducir la ambigüedad en situaciones de alta presión y favorece la toma de decisiones oportunas y fundamentadas.

En el contexto chileno, el marco normativo vigente exige la adopción de medidas de control para trabajos en altura y la planificación de acciones frente a emergencias, pero no desarrolla criterios técnicos específicos para el rescate vertical industrial. Como resultado, muchas organizaciones abordan el rescate de manera fragmentada, delegándolo a brigadas generales o a servicios externos, sin una integración efectiva con los sistemas de trabajo vertical utilizados en la operación diaria.

Esta brecha normativa refuerza la necesidad de incorporar el rescate industrial como un eje central en el diseño de manuales operativos estandarizados. La formalización de procedimientos de rescate, alineados con los sistemas de acceso, los equipos disponibles y las competencias del personal, permite transformar una exigencia legal genérica en un control operacional concreto y verificable.

2.1.5.1 International Technical Rescue Association (ITRA)

ITRA propone un enfoque orientado a rescate técnico, con énfasis en competencias transversales aplicables a entornos industriales, urbano-operacionales y naturales. A diferencia de IRATA, cuya aplicación se orienta al trabajo industrial con cuerdas, ITRA ofrece un marco flexible centrado en la respuesta ante emergencias, interoperabilidad de equipos y evaluación basada en competencias (Williams, 2020).

Su *Technical Rescue Framework* define estándares para maniobras de rescate vertical, evaluaciones de riesgo y protocolos de intervención que permiten garantizar procedimientos seguros, repetibles y adaptables a diferentes escenarios.

2.1.6 Sistemas de gestión y mejora continua

La consolidación del trabajo vertical como actividad profesionalizada de alto estándar técnico requiere su integración en sistemas de gestión estructurados, capaces de asegurar coherencia operativa, control del riesgo y aprendizaje organizacional. En este contexto, los sistemas de gestión no se entienden únicamente como marcos administrativos, sino como arquitecturas organizacionales de control, que articulan procedimientos, personas, recursos técnicos y procesos de evaluación bajo una lógica sistémica.

Desde la teoría de la seguridad industrial, los sistemas de gestión cumplen una función central como barrera organizacional frente al riesgo, al permitir la planificación, ejecución, verificación y corrección continua de las operaciones (Hale et al., 2015). Esta lógica se expresa en el ciclo de mejora continua (Plan–Do–Check–Act, PDCA), ampliamente reconocido como modelo de control dinámico en entornos complejos, donde las condiciones operativas son cambiantes y los riesgos no pueden ser eliminados completamente, sino gestionados de forma adaptativa.

En el trabajo vertical, la incorporación de este enfoque implica que los procedimientos técnicos no sean documentos estáticos, sino instrumentos vivos de gestión, sujetos a revisión, actualización y validación periódica. Los modelos metodológicos internacionales de referencia en acceso por cuerdas y rescate técnico han estructurado sus esquemas operativos precisamente bajo esta lógica, donde la estandarización no se contrapone a la adaptación, sino que la facilita mediante procesos formales de retroalimentación y mejora.

La mejora continua se sustenta en la trazabilidad operacional, entendida como la capacidad de registrar, analizar y retroalimentar la información generada por las operaciones. Esto incluye registros de planificación, inspecciones de equipos, reportes de incidentes, simulacros de rescate, evaluaciones de desempeño y auditorías internas. Desde una perspectiva sistémica, estos elementos permiten transformar la experiencia operativa en conocimiento organizacional, reduciendo la dependencia del aprendizaje informal y fortaleciendo la memoria institucional (Reason, 1997).

Asimismo, los sistemas de gestión facilitan la integración del trabajo vertical en estructuras organizacionales más amplias, como los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo. Esta integración permite alinear los procedimientos técnicos específicos con políticas corporativas, objetivos estratégicos y requisitos regulatorios, evitando la fragmentación entre la operación en terreno y la gestión organizacional.

Desde el punto de vista metodológico, los esquemas de referencia internacionales han demostrado que la estandarización técnica solo es sostenible cuando se inserta en un sistema de gestión que garantice:

- ✓ Control documental de procedimientos y registros.
- ✓ Gestión de competencias del personal.
- ✓ Supervisión técnica estructurada.
- ✓ Auditoría y evaluación periódica del desempeño.
- ✓ Retroalimentación sistemática para la mejora de los procesos.

Estos componentes configuran un modelo de control sistémico del riesgo, donde la seguridad no depende de acciones individuales aisladas, sino del funcionamiento coherente del sistema completo.

En el contexto chileno, si bien muchas organizaciones han implementado sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo, el trabajo vertical suele incorporarse como una actividad más dentro del sistema, sin un desarrollo técnico específico que contemple sus particularidades operativas. Esto genera una brecha entre la estructura formal del sistema de gestión y la complejidad real de las operaciones en altura, debilitando la efectividad del control del riesgo.

La elaboración de un manual operativo estandarizado, concebido como parte integral del sistema de gestión, permite cerrar esta brecha, al traducir principios de alto nivel en procedimientos técnicos verificables, compatibles con los procesos de planificación, control y mejora continua de la organización. De este modo, el manual deja de ser un instrumento aislado y se transforma en un componente estructural del sistema de gestión.

En este marco, la mejora continua no se limita a la corrección de fallas, sino que se proyecta como un proceso de optimización progresiva del desempeño, orientado a aumentar la seguridad, la eficiencia operativa y la resiliencia organizacional. Esta lógica es coherente con los principios contemporáneos de gestión del riesgo, que conciben la seguridad como una capacidad organizacional dinámica, y no como un estado estático alcanzado por el simple cumplimiento normativo (Hollnagel, 2014).

2.1.7 Manual operativo como instrumento técnico-preventivo

En el marco de los sistemas de trabajo vertical, el manual operativo se configura como un instrumento técnico-preventivo fundamental para la gestión del riesgo y la estandarización del desempeño. Su función trasciende la mera recopilación de procedimientos, constituyéndose en un dispositivo organizacional que articula requisitos normativos, principios técnicos, competencias operativas y mecanismos de control dentro de un sistema coherente y verificable.

Desde una perspectiva teórica, los manuales operativos cumplen un rol clave en la transformación de principios generales de seguridad en prácticas concretas de trabajo. La literatura en gestión de la seguridad sostiene que la eficacia de los controles preventivos depende, en gran medida, de su capacidad para ser comprendidos, aplicados y supervisados de manera consistente en el terreno (Reason, 1997). En actividades de alto riesgo como el trabajo vertical, esta consistencia resulta crítica debido a la baja tolerancia al error y a la alta severidad de las consecuencias asociadas a fallas operativas.

El manual operativo actúa como un elemento de integración entre el sistema de gestión de seguridad y las condiciones reales de ejecución de las tareas. A través de procedimientos operativos estandarizados, criterios de aceptación técnica y definiciones claras de roles y responsabilidades, el manual permite reducir la variabilidad del desempeño individual y organizacional. Este enfoque se alinea con los modelos

metodológicos internacionales de referencia, los cuales conciben la documentación operativa como una barrera preventiva activa dentro del sistema de control del riesgo.

Un aspecto central del manual operativo, desde el punto de vista técnico-preventivo, es su capacidad para incorporar el análisis de riesgos específico de la tarea. A diferencia de documentos genéricos de seguridad, un manual de trabajo vertical debe contemplar la diversidad de escenarios, configuraciones de sistemas y condiciones ambientales propias de estas actividades. La inclusión de criterios para la selección de equipos, la instalación de sistemas redundantes y la planificación del rescate permite que el manual funcione como una herramienta de apoyo directo a la toma de decisiones en terreno.

Asimismo, el manual operativo se vincula estrechamente con el enfoque por competencias desarrollado en los apartados anteriores. Al definir de manera explícita los procedimientos y estándares de desempeño esperados, el manual proporciona una base objetiva para la formación, evaluación y certificación del personal. En este sentido, la documentación operativa no solo orienta la ejecución del trabajo, sino que también permite evaluar si una persona posee las competencias necesarias para realizar una tarea específica de forma segura.

Desde el punto de vista de la mejora continua, el manual operativo no debe ser concebido como un documento estático. Por el contrario, los modelos metodológicos de referencia promueven su revisión periódica a partir de la retroalimentación obtenida en la operación, los resultados de auditorías, los incidentes y los simulacros de rescate. Esta dinámica de actualización convierte al manual en un instrumento vivo, capaz de adaptarse a cambios tecnológicos, organizacionales y normativos (Deming, 1986).

En el contexto chileno, el marco normativo vigente establece obligaciones generales en materia de seguridad y salud en el trabajo, pero no define procedimientos técnicos específicos para el trabajo vertical y el rescate industrial. Esta situación genera una brecha entre la exigencia legal y la necesidad operativa de contar con criterios claros y homogéneos. En este escenario, el manual operativo adquiere un valor estratégico al permitir a las organizaciones traducir los principios normativos generales en procedimientos técnicos ajustados a la realidad del trabajo vertical.

Desde una perspectiva preventiva, el manual operativo también cumple una función relevante en términos de trazabilidad y respaldo documental. La existencia de procedimientos documentados, registros de aplicación y evidencias de capacitación

constituye un elemento clave para demostrar el cumplimiento de las obligaciones legales y contractuales, especialmente en industrias de alto riesgo. De este modo, el manual no solo contribuye a la reducción del riesgo operacional, sino que también fortalece la gestión organizacional frente a auditorías y procesos de fiscalización.

En relación con la profesionalización del sector, el manual operativo se posiciona como un pilar estructural para la estandarización de prácticas y la construcción de un lenguaje técnico común. Su diseño, basado en principios metodológicos reconocidos a nivel internacional, permite establecer una referencia técnica clara que puede ser utilizada tanto en el ámbito industrial como en el formativo. Esta característica resulta especialmente relevante para la posterior articulación de procesos de certificación, en los cuales el manual actúa como marco de referencia para la evaluación de competencias y el aseguramiento de la calidad.

En síntesis, desarrollar el manual operativo constituye un instrumento técnico-preventivo esencial dentro del sistema de trabajo vertical. Su integración en los sistemas de gestión de seguridad permite operacionalizar la gestión del riesgo, fortalecer la mejora continua y sustentar procesos de formación y certificación.

2.1.8 Vinculación con formación y certificación académica

En coherencia con la concepción del manual operativo como instrumento técnico-preventivo, la vinculación con la formación y la certificación académica constituye un elemento clave para la sostenibilidad y legitimidad del modelo propuesto. En actividades de alto riesgo como el trabajo vertical y el rescate industrial, la transferencia del conocimiento técnico desde la experiencia operativa hacia sistemas formales de formación permite asegurar la homogeneidad del desempeño, la trazabilidad de las competencias y la mejora continua del capital humano.

Desde una perspectiva teórica, la formación profesional basada en competencias se ha consolidado como un enfoque eficaz para responder a las demandas de sectores productivos complejos, caracterizados por altos niveles de especialización y exigencias de seguridad estrictas (Mulder, 2014). En este contexto, la academia cumple un rol estratégico al proporcionar un entorno estructurado, metodológicamente riguroso y socialmente legitimado para el desarrollo, evaluación y certificación de competencias técnicas.

Los esquemas metodológicos internacionales de referencia en trabajo vertical y rescate técnico han demostrado que la certificación adquiere mayor valor cuando se sustenta en procesos formativos sistemáticos, evaluaciones prácticas estandarizadas y mecanismos de recertificación periódica. Estos elementos, trasladados al ámbito académico, permiten construir programas formativos que no solo transmiten conocimientos, sino que validan el desempeño del estudiante en condiciones controladas y alineadas con escenarios reales de trabajo.

La vinculación entre el manual operativo y la formación académica se materializa a través de la utilización del manual como marco curricular y técnico. Los procedimientos, criterios de desempeño y requisitos de competencia definidos en el manual pueden ser traducidos en resultados de aprendizaje, contenidos prácticos y pautas de evaluación. De este modo, la formación se articula directamente con las necesidades operativas del sector productivo, evitando la disociación frecuente entre la enseñanza teórica y la realidad industrial.

Desde el punto de vista preventivo, la certificación académica basada en competencias aporta una ventaja significativa en términos de control del riesgo. La evidencia en seguridad industrial indica que la formación estructurada y evaluada reduce la variabilidad del desempeño y fortalece la cultura preventiva, al establecer expectativas claras sobre el nivel de competencia requerido para desempeñar tareas críticas (Reason, 1997). En el trabajo vertical, esta reducción de la variabilidad resulta especialmente relevante debido a la interdependencia entre los miembros del equipo y a la necesidad de coordinación precisa durante la operación y el rescate.

En el contexto chileno, la ausencia de un estándar técnico nacional específico para trabajo vertical ha llevado a que la formación y certificación se desarrollen de manera fragmentada, con una amplia diversidad de cursos, capacitaciones y acreditaciones de alcance variable. Frente a este escenario, la academia se posiciona como un actor idóneo para estructurar procesos de certificación con respaldo institucional, alineados con el marco normativo vigente y articulados con los sistemas de gestión de seguridad utilizados en la industria.

La certificación académica no sustituye las responsabilidades legales de las empresas ni las obligaciones normativas existentes, sino que actúa como un mecanismo complementario de aseguramiento de la competencia técnica. Al integrarse a sistemas de

gestión de seguridad y salud en el trabajo, la certificación permite fortalecer la trazabilidad documental y proporcionar evidencia objetiva del nivel de formación y evaluación del personal, aspectos altamente valorados en procesos de auditoría y fiscalización.

Asimismo, la vinculación con la academia favorece la incorporación de la mejora continua al proceso formativo. La retroalimentación proveniente de la industria, los resultados de evaluaciones y los cambios tecnológicos pueden ser incorporados de manera sistemática en los programas de estudio y en los criterios de certificación. Esta dinámica contribuye a mantener la pertinencia y actualidad de la formación, evitando la obsolescencia de los contenidos y métodos de evaluación.

MARCO NORMATIVO

2.2 ANÁLISIS DEL MARCO NORMATIVO CHILENO APLICABLE

2.2.1 Marco normativo chileno aplicable al trabajo en altura y rescate vertical

La seguridad y salud en el trabajo en Chile se encuentra regulada por un conjunto de normas que, aunque no abordan de forma específica las operaciones de acceso por cuerdas o rescate vertical, establecen obligaciones generales de prevención, gestión de riesgos y protección de los trabajadores. El diseño y ejecución de un Manual de Operaciones para trabajo en altura y rescate vertical debe comprender estas normas, identificando tanto sus alcances como sus limitaciones técnicas, con especial atención a los requisitos de formación, control de riesgos y condiciones de trabajo seguro. El marco normativo chileno se estructura sobre una ley marco, un reglamento de gestión de riesgos actualizado y normas técnicas sectoriales que establecen criterios mínimos para equipos y procedimientos utilizados en trabajos con riesgo de caída.

2.2.1.1 Ley N° 16.744 sobre accidentes del trabajo y enfermedades profesionales

La Ley N° 16.744 es la piedra angular de la prevención de riesgos laborales en Chile, estableciendo el Seguro Social Obligatorio contra Riesgos de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales, así como las obligaciones de los empleadores en cuanto a la protección de la salud y seguridad de sus trabajadores. Esta ley define que todo accidente ocurrido «por causa o con ocasión» del trabajo debe ser cubierto por el seguro, y otorga prestaciones médicas y económicas a quienes resulten lesionados, incluyendo incapacidades temporales o permanentes y, en casos de fallecimiento, prestaciones para sus beneficiarios. Asimismo, la normativa prescribe la obligación empresarial de implementar medidas de prevención y protección para evitar accidentes y enfermedades derivadas del trabajo, y establece las bases para la fiscalización y sanciones en caso de incumplimiento (SUSESO, 2025).

Si bien la Ley N° 16.744 no despliega requisitos técnicos específicos para operaciones de trabajo en altura o rescate vertical, su marco de obligación general de protección de la vida y la salud constituye un fundamento jurídico indiscutible para exigir procedimientos operativos que incorporen metodologías estandarizadas y verificación de competencias, que pueden ser inspiradas en modelos internacionales y traducidas a un contexto operativo chileno.

2.2.1.2 Decreto Supremo N° 44 del Ministerio del Trabajo y Previsión Social

El Decreto Supremo N° 44, publicado en julio de 2024 y vigente desde febrero de 2025, constituye una modernización integral de la normativa preventiva de riesgos laborales en Chile, reemplazando y actualizando los reglamentos anteriores (como los Decretos Supremos N° 40 y N° 54) e incorporando principios de gestión anticipada del riesgo, participación de trabajadoras y trabajadores, e inclusive un enfoque de género en la protección de la seguridad y salud en el trabajo. Este reglamento establece la obligación para las organizaciones de implementar sistemas formales de gestión de la seguridad y salud en el trabajo (SG-SST) que contemplen la identificación de peligros, evaluación y control de riesgos, capacitación continua y participación de los trabajadores, así como la elaboración de matrices de riesgo y planes de acción correctiva y preventiva (ISL, 2025; Previsión Social, 2025).

La importancia del DS 44 para el tema de esta tesis radica en que promueve la institucionalización de la prevención y exige estructuras documentales y organizativas que pueden articularse con los procedimientos técnicos estandarizados propuestos en el Manual de Operaciones. En particular, las exigencias de identificación de peligros y evaluación de riesgos son compatibles con marcos internacionales de gestión (por ejemplo, ISO 45001:2018) y permiten contextualizar procedimientos técnicos basados en competencia verificable y control documental, sin que el decreto por sí mismo dicte los pasos operativos específicos para trabajo en altura o rescate técnico.

2.2.1.3 Normas Chilenas NCh1258 y NCh2501

Además de la legislación laboral, en Chile existen normas técnicas voluntarias que establecen criterios para equipos y procedimientos relacionados con trabajos en altura y prevención de caídas. Entre estas, la Norma Chilena NCh1258 constituye un referente para los equipos de protección personal (EPP) utilizados en situaciones de riesgo de caída, detallando requisitos, métodos de ensayo, instrucciones de uso y marcado para arneses de cuerpo completo, estrobos, amortiguadores de impacto y líneas de vida, entre otros elementos esenciales para la seguridad en altura. Esta normativa incorpora partes que se alinean con estándares internacionales como ISO 10333, adaptados al contexto chileno para minimizar riesgos y asegurar la calidad de los dispositivos utilizados (INN, 1997/2005).

Por otro lado, la Norma Chilena NCh2501, que regula los andamios modulares tubulares, define requisitos de seguridad para estas estructuras temporales ampliamente

utilizadas en trabajos en altura y mantenimiento industrial, estableciendo criterios de diseño, ensamble y uso que contribuyen a la protección de los trabajadores expuestos a riesgos verticales. Estas normas son valiosas porque establecen criterios técnicos mínimos y condiciones de uso seguro que pueden ser incorporados en procedimientos operativos más amplios.

No obstante, estas normas no constituyen un estándar operativo completo para trabajo vertical ni para rescate industrial, especialmente cuando se considera la integración de procedimientos, gestión de riesgos y respuesta a emergencias de forma sistemática. A diferencia de los esquemas metodológicos desarrollados por asociaciones técnicas internacionales, que estructuran no solo el uso de equipos sino también la evaluación por competencias, roles operativos y protocolos de rescate, las normas chilenas se centran en aspectos específicos de equipos o elementos de protección sin proporcionar una guía operativa integral.

Por esta razón, incorporar en el trabajo referencias a modelos como los de ITRA e IRATA puede ser útil como marco metodológico inspirador, no como reemplazo ni como normativa, para estructurar la forma en que las competencias, roles y procedimientos técnicos se organizan dentro del Manual de Operaciones — siempre manteniendo la coherencia legal con el marco chileno descrito anteriormente y sin invadir propiedad intelectual ajena.

MARCO NORMATIVO PARA TRABAJO EN ALTURA Y RESCATE VERTICAL

BASE LEGAL Y TÉCNICA PARA LA PREVENCIÓN DE RIESGOS Y LA PROTECCIÓN DE LAS PERSONAS TRABAJADORAS



Figura 2-8: Resumen marco normativo chileno aplicable al trabajo vertical.

Fuente: Elaboración propia, resumen estratégico de normas chilenas y aplicabilidad.

2.3 REVISIÓN DE ESTÁNDARES INTERNACIONALES DE REDERENCIA

2.3.1 Normativa y estándares internacionales de referencia

La ausencia de un estándar técnico nacional específico para el trabajo vertical y el rescate industrial en Chile ha llevado históricamente a que las organizaciones busquen referentes internacionales que permitan estructurar procedimientos seguros, sistemáticos y verificables (Figura 2-8). En este contexto, las normas internacionales cumplen un rol fundamental como marcos técnicos de referencia, ya que establecen criterios de diseño, selección de equipos, métodos de trabajo y principios de gestión que pueden ser adaptados a distintos entornos regulatorios nacionales.

A diferencia del marco chileno, que se centra en obligaciones generales de prevención, estas normas internacionales abordan el trabajo en altura desde una perspectiva operativa y sistémica, integrando aspectos técnicos, organizacionales y de competencia profesional. Para los fines de esta tesis, dichas normas no se consideran como instrumentos jurídicos aplicables directamente en Chile, sino como fuentes técnicas y metodológicas que permiten fundamentar el diseño de un Manual de Operaciones y, posteriormente, una

certificación universitaria alineada con buenas prácticas reconocidas a nivel internacional. En este proceso, los modelos desarrollados por asociaciones técnicas especializadas — como ITRA e IRATA— se utilizan únicamente como esquemas de organización metodológica, sin sustituir ni superponerse al marco normativo nacional.

2.3.1.1 Normas ISO 22846-1:2003 e ISO 22846-2:2012

Personal protective equipment against falls from a height — Rope Access systems

Las normas ISO 22846-1:2003 e ISO 22846-2:2012 constituyen uno de los referentes técnicos más relevantes a nivel internacional para el trabajo mediante acceso por cuerdas. Estas normas establecen los principios fundamentales para la planificación, ejecución y supervisión de trabajos en altura realizados con sistemas de cuerdas, enfatizando que el acceso por cuerdas debe considerarse un sistema de trabajo completo, y no únicamente un conjunto de equipos o técnicas aisladas (ISO, 2003; ISO, 2012).

La Parte 1 se enfoca en los principios generales, incluyendo la evaluación previa del riesgo, la selección del método de acceso adecuado, la competencia del personal, la planificación del rescate y la supervisión del trabajo. En particular, esta norma establece que ningún trabajo mediante acceso por cuerdas debe realizarse sin un plan de rescate previamente definido, integrando la respuesta a emergencias como parte inherente del sistema de trabajo. Asimismo, enfatiza la necesidad de utilizar sistemas redundantes, generalmente mediante dos líneas independientes (línea de trabajo y línea de seguridad), criterio que se ha convertido en un estándar de facto en la industria.

La Parte 2, publicada en 2012, profundiza en los requisitos específicos para los sistemas de acceso por cuerdas, abordando aspectos como la selección y compatibilidad de equipos, métodos de instalación, uso seguro y criterios de inspección. Esta norma refuerza la importancia de que las personas que ejecutan este tipo de trabajos cuenten con formación estructurada y experiencia demostrable, aunque no prescribe un modelo único de certificación, permitiendo su adaptación a distintos marcos regulatorios nacionales.

Desde la perspectiva de esta tesis, las normas ISO 22846 aportan un andamiaje técnico robusto para estructurar el Manual de Operaciones, especialmente en lo relativo a la secuencia lógica de planificación–ejecución–rescate–revisión. Los esquemas metodológicos utilizados por organizaciones internacionales especializadas, como ITRA e IRATA, pueden entenderse como desarrollos operativos que materializan estos principios

normativos, sirviendo como referencia conceptual para organizar roles, niveles de competencia y procedimientos, sin ser citados como normativa aplicable.

2.3.1.2 Norma ISO 45001:2018

Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo

La ISO 45001:2018 representa el estándar internacional más relevante en materia de gestión de la seguridad y salud en el trabajo (SST), sustituyendo al antiguo OHSAS 18001 y alineándose con la estructura de alto nivel utilizada por otras normas de gestión, como ISO 9001 e ISO 14001. Este estándar establece un marco sistemático para identificar peligros, evaluar riesgos, implementar controles operacionales y fomentar la mejora continua en la gestión preventiva (ISO, 2018).

Aunque ISO 45001 no aborda de manera específica el trabajo en altura o el rescate vertical, su importancia para esta tesis radica en que proporciona el marco organizacional y documental necesario para integrar un Manual de Operaciones dentro de un sistema de gestión formal. Elementos como la identificación de peligros, la evaluación de riesgos, la competencia del personal, la documentación de procedimientos y la revisión periódica del desempeño son plenamente coherentes con los requerimientos del DS N°44 y con las exigencias operativas de los estándares técnicos internacionales.

En este sentido, los esquemas metodológicos utilizados por organizaciones técnicas especializadas pueden entenderse como subsistemas operativos que se insertan dentro de un SG-SST conforme a ISO 45001, facilitando la trazabilidad, la auditoría y la mejora continua. Para una certificación universitaria, esta integración resulta clave, ya que permite articular la formación técnica con un marco de gestión reconocido y compatible con la normativa chilena vigente.

2.3.1.3 Norma EN 12841:2024

La norma ISO 12841:2024, Personal fall protection equipment — Rope access systems — Rope adjustment devices, constituye una actualización y consolidación del enfoque normativo aplicado a los dispositivos de regulación de cuerda utilizados en sistemas de acceso por cuerdas. En coherencia con los principios establecidos por la serie ISO 22846, esta norma define los requisitos técnicos, funcionales y de desempeño aplicables a los dispositivos empleados para la progresión, posicionamiento, aseguramiento

y descenso en trabajos verticales, incorporando criterios más exigentes en materia de seguridad, compatibilidad y control operacional (ISO, 2024).

La ISO 12841:2024 mantiene la clasificación funcional de los dispositivos en tipo A (dispositivos de anclaje), tipo B (dispositivos de regulación) y tipo C (dispositivos de descenso), pero refuerza su aplicación dentro de un sistema completo de acceso por cuerdas, enfatizando que la seguridad no depende únicamente del desempeño individual de cada componente, sino de su correcta integración con las cuerdas, los puntos de anclaje, los métodos de uso y las competencias del usuario. Esta evolución normativa refleja un cambio desde una visión centrada en el equipo hacia un enfoque sistémico del trabajo vertical.

Un aporte relevante de la versión 2024 es la ampliación de los requisitos asociados a la compatibilidad entre dispositivos y cuerdas, la resistencia a condiciones dinámicas de carga y la claridad en las instrucciones del fabricante, aspectos fundamentales para reducir fallas derivadas de configuraciones incorrectas o usos no previstos. Asimismo, la norma incorpora mayores exigencias en materia de ensayos, marcado y trazabilidad, lo que facilita la gestión documental y el control de equipos dentro de sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo.

Desde la perspectiva de este trabajo, la ISO 12841:2024 aporta una base técnica sólida para la elaboración de un Manual de Operaciones de Técnicas de Acceso por Cuerdas, al permitir definir criterios objetivos para la selección, uso, inspección y retiro de servicio de los dispositivos, integrándolos de manera coherente con los procedimientos operativos y de rescate. La norma proporciona un lenguaje técnico común que facilita la estandarización de prácticas y la reducción de la variabilidad operativa, aspectos críticos en actividades de alto riesgo.

En el contexto chileno, donde las normas técnicas nacionales abordan mayoritariamente los elementos de protección personal de forma aislada, la ISO 12841:2024 ofrece un marco de referencia avanzado para estructurar procedimientos que consideren el sistema completo de trabajo vertical. Su incorporación como norma de referencia técnica permite complementar el marco normativo vigente, sin sustituirlo, aportando criterios específicos que actualmente no se encuentran desarrollados a nivel nacional.

Los modelos metodológicos internacionales utilizados como referencia conceptual en este trabajo pueden interpretarse como aplicaciones operativas de los principios establecidos en la ISO 12841:2024, al integrar la clasificación funcional de los dispositivos con procedimientos estandarizados, requisitos de competencia y planificación del rescate. Esta coherencia entre normativa técnica, operación y formación refuerza la lógica de utilizar estándares internacionales como base para el diseño de manuales operativos y programas formativos, adaptados a la realidad legal y organizacional chilena.

2.3.1.4 Norma EN 795:2012 – Dispositivos de anclaje

La norma EN 795:2012 establece los requisitos de diseño, ensayo y comportamiento de los dispositivos de anclaje utilizados como puntos de conexión en sistemas de protección contra caídas de altura. Su última versión vigente clasifica los anclajes en cinco tipos (A, B, C, D y E), diferenciando entre dispositivos fijos, temporales, líneas de vida flexibles y rígidas, y sistemas de peso muerto.

- En el contexto del trabajo vertical, esta norma define principalmente:
- La resistencia mínima exigida de los puntos de anclaje.
- Los métodos de ensayo (cargas estáticas y dinámicas).
- Las condiciones de uso y limitaciones según el tipo de dispositivo.
- La diferenciación entre anclajes permanentes y temporales.

Su aplicación es crítica, ya que el anclaje constituye el elemento base del sistema de acceso por cuerdas, del cual depende la integridad estructural de toda la maniobra. Cabe señalar que la norma no regula la instalación en la estructura soporte, sino el desempeño del dispositivo en sí.

2.3.1.5 Norma EN 1891:1998 – Cuerdas de baja elongación (kernmantle)

La norma EN 1891:1998 establece los requisitos técnicos para cuerdas semiestáticas utilizadas en trabajos en altura, incluyendo acceso por cuerdas, rescate y operaciones industriales. Estas cuerdas se caracterizan por su baja elongación, lo que permite mayor estabilidad y control durante maniobras de ascenso, descenso y posicionamiento.

La norma clasifica las cuerdas en:

- Tipo A: destinadas a uso general en trabajos verticales e industriales, con mayores exigencias de resistencia y seguridad.
- Tipo B: cuerdas de menor desempeño, destinadas a usos más limitados y con mayor precaución operativa.
- En el contexto del trabajo vertical, la norma define principalmente:
 - Resistencia mínima a la rotura
 - Comportamiento frente a cargas dinámicas y estáticas
 - Elongación bajo carga
 - Requisitos de construcción (alma y funda)
 - Ensayos de desempeño y durabilidad

Su aplicación es fundamental, ya que la cuerda constituye el elemento estructural principal del sistema de acceso por cuerdas, del cual depende directamente la estabilidad, seguridad y control del trabajador durante toda la operación.

2.3.1.6 Norma EN 361:2002 – Arnés de cuerpo completo

La norma EN 361:2002 establece los requisitos de diseño, resistencia, ergonomía y ensayo para los arneses de cuerpo completo utilizados en sistemas de detención de caídas. Su objetivo es garantizar que, en caso de una caída, las fuerzas generadas sean distribuidas de manera segura sobre el cuerpo del usuario, minimizando el riesgo de lesiones graves.

En el contexto del trabajo vertical, la norma define principalmente:

- Puntos de anclaje obligatorios, especialmente el dorsal y/o esternal para detención de caídas.
- Resistencia estructural del arnés y sus componentes (cintas, costuras, hebillas).
- Ensayos dinámicos y estáticos para verificar su desempeño ante una caída.
- Requisitos de ajuste y ergonomía, asegurando estabilidad durante el uso.

Su aplicación es esencial, ya que el arnés constituye el elemento que conecta al trabajador con el sistema de seguridad, permitiendo la retención eficaz en caso de caída y la integración con otros sistemas de protección utilizados en trabajos en altura.

2.3.1.7 Norma EN 813:2008 – Arnese de asiento para trabajos en suspensión

Esta norma establece los requisitos de diseño, resistencia y ensayo para los arneses de asiento utilizados en sistemas de posicionamiento y suspensión, especialmente en trabajos mediante acceso por cuerdas.

En el contexto del trabajo vertical, esta norma define principalmente:

- El punto de anclaje ventral como elemento principal de conexión al sistema de trabajo.
- La resistencia mecánica del arnés y sus componentes (cintas, costuras, hebillas).
- Condiciones de ergonomía y ajuste, permitiendo una posición estable y cómoda durante la suspensión prolongada.
- Ensayos de carga estática para verificar su comportamiento bajo condiciones de uso.

Su aplicación es fundamental en trabajos verticales, ya que este tipo de arnés permite la suspensión controlada del trabajador, facilitando la ejecución de maniobras en cuerda. No obstante, debe utilizarse en conjunto con un arnés conforme a la norma EN 361 cuando exista riesgo de caída, integrando así un sistema completo de protección.

2.3.1.8 Norma EN 362:2004 – Conectores para equipos de protección contra caídas

La norma EN 362:2004 establece los requisitos de diseño, resistencia, funcionamiento y métodos de ensayo para los conectores (mosquetones y maillones) utilizados en sistemas de protección contra caídas y en trabajos en altura.

En el contexto del trabajo vertical, esta norma define principalmente:

- Resistencia mínima a la rotura, tanto en eje mayor como en eje menor y con el gatillo abierto.
- Sistemas de cierre y bloqueo, incluyendo mecanismos automáticos y manuales que previenen aperturas accidentales.
- Clasificación de conectores según su uso (clase B, M, T, Q, entre otros).
- Ensayos mecánicos y de fatiga, para garantizar su comportamiento bajo carga repetitiva.

Su aplicación es crítica, ya que los conectores constituyen los elementos de unión entre los distintos componentes del sistema (arnés, cuerdas, dispositivos y anclajes), asegurando la continuidad estructural y la integridad del sistema de seguridad en trabajos de acceso por cuerdas.

2.3.1.9 Norma EN 341:2011 – Dispositivos de descenso para evacuación

La norma EN 341:2011 establece los requisitos de diseño, desempeño y métodos de ensayo para los dispositivos de descenso utilizados en operaciones de rescate y evacuación en altura.

- En el contexto del trabajo vertical, esta norma define principalmente:
- Clasificación de dispositivos según su modo de funcionamiento (automático o manual).
- Capacidad de carga y control de velocidad de descenso, asegurando una evacuación segura.
- Resistencia a cargas repetidas, simulando múltiples usos en situaciones de emergencia.
- Ensayos térmicos y de fricción, considerando el calor generado durante el descenso.

Su aplicación es fundamental en sistemas de rescate, ya que estos dispositivos permiten la evacuación controlada de personas desde altura, asegurando estabilidad, seguridad y repetibilidad en condiciones de emergencia.

2.3.1.10 Norma EN 353 – Dispositivos anticaídas sobre línea de anclaje

La norma EN 353 (dividida en EN 353-1 y EN 353-2) establece los requisitos de diseño, funcionamiento y ensayo para los dispositivos anticaídas que se desplazan a lo largo de una línea de anclaje, ya sea rígida o flexible, con el objetivo de detener una caída de manera segura.

En el contexto del trabajo vertical, esta norma define principalmente:

- **EN 353-1:** dispositivos anticaídas guiados sobre líneas de anclaje rígidas (por ejemplo, rieles o sistemas fijos).
- **EN 353-2:** dispositivos anticaídas guiados sobre líneas de anclaje flexibles (cuerdas o cables).

- Capacidad de bloqueo automático en caso de caída.
- Resistencia estructural del sistema completo, incluyendo línea y dispositivo.
- Ensayos dinámicos de detención de caídas, verificando la eficacia del frenado.

Su aplicación es clave en sistemas de seguridad vertical, ya que estos dispositivos constituyen el mecanismo principal de detención de caídas, especialmente cuando el trabajador se desplaza a lo largo de una línea de vida, complementando los sistemas de acceso por cuerdas y reforzando la protección contra caídas en altura.

NORMAS INTERNACIONALES PARA TRABAJO EN ALTURA Y ACCESO POR CUERDAS

Marco normativo técnico para sistemas seguros, equipos y gestión

ISO 22846-1:2003 ISO 22846-2:2012 Sistemas de acceso por cuerdas – Principios y requisitos  • Planificación del trabajo y evaluación de riesgos • Competencia del personal • Uso de sistemas redundantes (2 líneas) • Plan de rescate obligatorio • Supervisión y revisión del sistema	ISO 45001:2018 Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo (SG-SST)  • Identificación de peligros y evaluación de riesgos • Controles operacionales • Competencia y formación • Documentación y procedimientos • Mejora continua del desempeño	ISO 12841:2024 Dispositivos de regulación de cuerda (acceso por cuerdas)  • Clasificación: Tipo A (anclaje) Tipo B (regulación) Tipo C (descenso) • Compatibilidad con cuerdas y otros equipos • Resistencia a cargas dinámicas • Marcado, ensayos y trazabilidad • Enfoque sistémico del trabajo vertical
EN 795:2012 Dispositivos de anclaje  • Tipos: A, B, C, D y E • Resistencia mínima exigida • Ensayos estáticos y dinámicos • Condiciones de uso y limitaciones • Anclajes permanentes y temporales	EN 1891:1998 Cuerdas de baja elongación (kernmantle)  • Tipos: A (uso general) y B (usos limitados) • Resistencia mínima a la rotura • Elongación bajo carga • Construcción (alma y funda) • Ensayos de desempeño y durabilidad	EN 361:2002 Arnés de cuerpo completo  • Puntos de anclaje dorsal y/o external • Resistencia de cintas, costuras y hebillas • Ensayos estáticos y dinámicos • Ajuste y ergonomía para detención de caídas



Figura 2-9: Resumen estándares internacionales para trabajo vertical y rescate.

Fuente: Elaboración propia, resumen estratégico de estándares internacionales aplicables.

2.4 ANÁLISIS COMPARATIVO Y DETECCIÓN DE BRECHAS NORMATIVAS Y TÉCNICAS

2.4.1 Análisis comparativo y brechas normativas entre Chile y los estándares internacionales

El análisis del marco normativo chileno, desarrollado en el apartado 2.2, y de los estándares internacionales de referencia expuestos en el apartado 2.3, permite identificar diferencias estructurales relevantes en la forma en que se concibe, regula y gestiona el trabajo vertical y el rescate industrial. Estas diferencias no se limitan a la existencia o ausencia de normas específicas, sino que responden a enfoques conceptuales distintos respecto de la seguridad, la operación y la formación de competencias técnicas.

Mientras la normativa chilena se estructura principalmente desde una lógica legal–preventiva, orientada al cumplimiento de obligaciones generales del empleador y a la protección del trabajador frente a riesgos evidentes, los estándares internacionales abordan el trabajo en altura como un sistema técnico–operativo integral, donde la planificación, la ejecución, el rescate y la mejora continua forman parte de un mismo proceso. Esta divergencia explica gran parte de las brechas que actualmente enfrentan las organizaciones que desarrollan trabajos verticales en Chile.

2.4.2 Enfoque normativo: obligación legal versus sistema de trabajo

Una de las principales brechas identificadas radica en el enfoque normativo. La Ley N°16.744 y el DS N°44 establecen deberes generales de prevención, tales como la obligación de identificar peligros, evaluar riesgos y adoptar medidas de control, pero no definen cómo debe estructurarse técnicamente un sistema de trabajo vertical, ni establecen criterios operativos mínimos para su ejecución segura (Ministerio del Trabajo y Previsión Social, 2019).

Por el contrario, normas como ISO 22846-1 y ISO 22846-2 conciben el acceso por cuerdas como un método de trabajo específico, que debe ser seleccionado, diseñado y ejecutado bajo principios técnicos claramente definidos, incluyendo redundancia de sistemas, planificación obligatoria del rescate y supervisión competente (ISO, 2003; ISO, 2012). Los esquemas metodológicos utilizados por organizaciones internacionales especializadas —como los desarrollados por IRATA e ITRA— materializan este enfoque sistémico, al organizar las operaciones en torno a roles definidos, procedimientos estandarizados y secuencias operativas verificables.

Esta diferencia de enfoque genera una primera brecha crítica: en Chile, el cumplimiento normativo no garantiza necesariamente la consistencia técnica de las operaciones de trabajo vertical, quedando dicho aspecto sujeto a la experiencia individual o a criterios internos de cada empresa.

2.4.3 Definición de competencias y formación técnica

Otra brecha significativa se relaciona con la formación y acreditación de competencias. El marco normativo chileno exige que los trabajadores sean capacitados y que dicha capacitación sea pertinente al riesgo, conforme a lo establecido en el DS N°40 y en la Ley N°16.744. Sin embargo, no existen criterios normativos que definan contenidos mínimos, niveles de competencia, evaluación práctica o recertificación periódica para trabajos verticales o rescate industrial.

En contraste, los estándares internacionales promueven un enfoque basado en competencias demostrables, donde la formación combina teoría, práctica supervisada y evaluación objetiva en escenarios representativos. Los modelos metodológicos de IRATA e ITRA, utilizados en esta tesis como referencia conceptual, estructuran la competencia técnica en niveles progresivos, asociando cada nivel a responsabilidades operativas específicas, lo que permite asegurar trazabilidad y coherencia entre formación y desempeño.

La ausencia de un modelo similar en Chile genera una brecha que impacta directamente en la calidad y homogeneidad de los equipos de trabajo y rescate, dificultando además la validación objetiva de las competencias ante mandantes o autoridades fiscalizadoras.

2.4.3.1 Planificación y rescate como parte del sistema operativo

El rescate vertical constituye otro punto donde las brechas normativas resultan especialmente evidentes. La normativa chilena exige que existan medidas de emergencia y procedimientos de actuación frente a accidentes, pero no establece criterios técnicos específicos para el rescate desde altura, ni define tiempos de respuesta, roles, ni métodos aceptados de evacuación asistida.

Por su parte, las normas ISO 22846 y los estándares técnicos internacionales consideran el rescate como un componente inseparable del sistema de trabajo, estableciendo que ningún trabajo mediante cuerdas debe iniciarse sin un plan de rescate viable y probado. Este principio ha sido operacionalizado en los esquemas metodológicos de organizaciones especializadas, donde el rescate no es un evento excepcional, sino una competencia técnica que debe entrenarse y evaluarse periódicamente.

La brecha existente en Chile obliga a muchas empresas a desarrollar soluciones ad hoc, con distintos niveles de rigurosidad, lo que incrementa la variabilidad operativa y el riesgo residual en faenas críticas.

2.4.3.2 Integración al sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo

Finalmente, se identifica una brecha en la integración documental y sistémica del trabajo vertical dentro de los sistemas de gestión de SST. Si bien la normativa chilena promueve la gestión preventiva, no entrega lineamientos específicos para integrar procedimientos complejos de trabajo en altura dentro de un sistema de gestión estructurado.

La ISO 45001:2018, en cambio, proporciona un marco claro para dicha integración, permitiendo que los procedimientos operativos, la formación por competencias, la planificación del rescate y la evaluación del desempeño se articulen bajo un ciclo de mejora continua (ISO, 2018). Los esquemas metodológicos utilizados como referencia en este trabajo permiten visualizar cómo los procedimientos técnicos pueden insertarse coherentemente dentro de este sistema, fortaleciendo la trazabilidad y la auditabilidad.

2.4.4 Análisis de brechas normativas y técnicas

Los apartados precedentes han permitido caracterizar, por una parte, el marco normativo chileno aplicable al trabajo en altura y al rescate vertical (sección 2.1) y, por otra, los principales estándares internacionales de referencia que abordan estas actividades desde una perspectiva técnica y sistémica (sección 2.2). A partir de esta base, el presente apartado profundiza en el análisis de brechas normativas y técnicas, entendidas como las diferencias sustantivas entre lo que exige la regulación nacional vigente y lo que proponen los modelos internacionales consolidados para la gestión segura y profesional del trabajo vertical.

Este análisis no busca evidenciar contradicciones legales, sino identificar vacíos, limitaciones y oportunidades de mejora, que permitan fundamentar la elaboración de un Manual de Operaciones técnicamente robusto, legalmente válido y coherente con un futuro proceso de certificación universitaria en el contexto chileno.

2.4.4.1 Brechas en la definición del sistema de trabajo vertical

Una primera brecha crítica se observa en la ausencia de una definición normativa explícita del trabajo vertical como sistema de trabajo dentro del marco legal chileno. La Ley N°16.744 y el DS N°44 establecen obligaciones generales de prevención y control de riesgos, pero no conceptualizan el acceso por cuerdas como una metodología específica que requiera reglas técnicas diferenciadas, planificación especializada y criterios operativos propios (Ministerio del Trabajo y Previsión Social, 2019).

En contraste, los estándares internacionales analizados —especialmente ISO 22846-1 y 22846-2— conciben el acceso por cuerdas como un sistema integrado, compuesto por planificación, selección de métodos, control de equipos, definición de roles, ejecución operativa y rescate planificado (ISO, 2003; ISO, 2012). Los esquemas metodológicos desarrollados por organizaciones internacionales especializadas, como IRATA e ITRA, estructuran este sistema de forma secuencial y verificable, estableciendo una lógica de trabajo que reduce la improvisación y la variabilidad operativa.

La brecha resultante implica que, en Chile, dos operaciones de trabajo vertical pueden cumplir formalmente la normativa aplicable y, sin embargo, presentar niveles muy distintos de control técnico y seguridad real.

Brechas identificadas:

Item	Dimensión	Normativa chilena	Estándares internacionales (ISO / ITRA / IRATA)	Brecha identificada	Implicancia técnica
1	Definición del sistema de trabajo	No define el trabajo vertical como sistema específico	Define el acceso por cuerdas como sistema técnico integrado	Ausencia de conceptualización normativa	Falta de enfoque sistémico en la gestión operativa
2	Enfoque de gestión	Basado en obligaciones generales de prevención	Basado en sistema estructurado (planificación, ejecución, rescate)	Diferencia de enfoque (legal vs. técnico-operativo)	Operaciones con bajo nivel de estandarización
3	Planificación	No exige planificación técnica específica	Requiere planificación detallada previa a la operación	Falta de planificación estructurada	Mayor riesgo de improvisación
4	Componentes del sistema	No define elementos del sistema (equipos, roles, rescate)	Integra equipos, roles, procedimientos y rescate en un sistema único	Ausencia de integración operativa	Fragmentación en la ejecución del trabajo
5	Secuencia operativa	No establece secuencias técnicas de trabajo	Define procesos secuenciales y verificables	Falta de estandarización de procesos	Alta variabilidad operativa
6	Control técnico	Basado en cumplimiento normativo general	Basado en control técnico específico del sistema	Débil control técnico de operaciones	Dificultad para asegurar niveles homogéneos de seguridad
7	Coherencia operativa	Dependiente de criterios internos de la empresa	Basada en estándares técnicos comunes	Falta de criterios homogéneos	Resultados dispares entre operaciones similares
8	Resultado en seguridad	Cumplimiento legal no asegura seguridad técnica	Seguridad basada en diseño y control del sistema	Brecha entre cumplimiento y desempeño real	Riesgo de operaciones formalmente correctas pero técnicamente deficientes

Tabla 2-1: Brechas en la identificación del sistema de trabajo vertical.

Fuente: Elaboración propia, a partir de revisión documental y análisis comparativo entre normativa chilena aplicable y estándares de referencia internacionales.

2.4.4.2 Brechas en competencias, roles y responsabilidades

Una segunda brecha relevante se relaciona con la definición de competencias técnicas, roles operativos y responsabilidades. La normativa chilena exige capacitación pertinente al riesgo, pero no define perfiles técnicos específicos para trabajos en altura complejos ni para rescate vertical, ni establece mecanismos formales de evaluación práctica, certificación por niveles o recertificación periódica.

Por el contrario, los modelos metodológicos internacionales utilizados como referencia conceptual en este trabajo estructuran el desempeño en función de roles claramente definidos, asociados a competencias demostrables y responsabilidades operativas específicas. En estos esquemas, la progresión técnica no depende únicamente de la experiencia acumulada, sino de evaluaciones formales bajo condiciones controladas.

La ausencia de esta lógica en el contexto nacional genera una brecha que impacta directamente en la trazabilidad de las competencias, dificultando la validación técnica ante

mandantes de alto riesgo, organismos fiscalizadores o sistemas de gestión certificados bajo normas como ISO 45001:2018 (ISO, 2018).

Brechas identificadas:

Item	Dimensión	Normativa chilena	Estándares internacionales (ISO / ITRA / IRATA)	Brecha identificada	Implicancia técnica
1	Definición de competencias	Exige capacitación general acorde al riesgo	Define competencias técnicas específicas y verificables	Falta de criterios técnicos estandarizados	Heterogeneidad en el nivel de desempeño
2	Perfiles técnicos	No define perfiles para trabajo vertical o rescate	Establece roles operativos claros (operador, supervisor, rescatista)	Ausencia de perfiles definidos	Ambigüedad en funciones y responsabilidades
3	Evaluación de competencias	No exige evaluación práctica formal	Evaluación técnica en condiciones controladas	Falta de evaluación objetiva	Dificultad para validar capacidades reales
4	Certificación	No contempla certificación por niveles	Sistemas de certificación progresiva por niveles	Inexistencia de estructura de certificación nacional	Limitada trazabilidad de la formación
5	Recertificación	No definida	Recertificación periódica obligatoria	Falta de actualización sistemática de competencias	Riesgo de obsolescencia técnica
6	Progresión técnica	Basada en experiencia general	Basada en evaluación formal y progresión estructurada	Ausencia de rutas formativas claras	Desarrollo técnico no estandarizado
7	Trazabilidad de competencias	No exigida formalmente	Registro documentado de formación, evaluación y experiencia	Baja trazabilidad	Dificultad para auditorías y validación externa
8	Integración a sistemas de gestión	No estructurada	Integración con sistemas de gestión de SST	Débil articulación con gestión organizacional	Limitaciones en certificación y control operativo

Tabla 2-2: Brechas en competencias, roles y responsabilidades.

Fuente: Elaboración propia, a partir de comparación de revisión documental y análisis comparativo entre normativa chilena aplicable y estándares de referencia internacionales.

2.4.4.3 Brechas en rescate vertical y gestión de emergencias

El rescate vertical constituye una de las áreas donde las brechas técnicas son más evidentes. Si bien el marco normativo chileno exige contar con planes de emergencia y procedimientos de respuesta ante accidentes, no establece criterios técnicos específicos para el rescate desde altura mediante cuerdas, ni define tiempos de respuesta, capacidades mínimas de los equipos ni métodos aceptados de evacuación asistida.

En los estándares internacionales, el rescate es un componente obligatorio e inseparable del sistema de trabajo, y su viabilidad debe ser demostrada antes del inicio de cualquier operación. Los esquemas metodológicos utilizados como referencia (ITRA e IRATA) consideran el rescate como una competencia crítica, entrenada y evaluada periódicamente, y no como una medida reactiva de último recurso.

Esta brecha normativa obliga a las organizaciones chilenas a diseñar soluciones internas con distintos niveles de rigurosidad técnica, lo que incrementa el riesgo residual y la dependencia del criterio individual de los operadores.

Brechas identificadas:

Item	Dimensión	Normativa chilena	Estándares internacionales (ISO / ITRA / IRATA)	Brecha identificada	Implicancia técnica
1	Enfoque de rescate	Exige planes de emergencia generales	Rescate integrado como parte del sistema de trabajo	Rescate no concebido como componente operativo	Riesgo de respuestas reactivas e insuficientes
2	Criterios técnicos	No define métodos específicos de rescate vertical	Define técnicas, sistemas y procedimientos estandarizados	Ausencia de criterios técnicos mínimos	Alta variabilidad en la ejecución de rescates
3	Planificación	No exige validación previa del rescate	Requiere planificación y validación antes de la operación	Falta de planificación estructurada	Incremento del riesgo en situaciones críticas
4	Tiempos de respuesta	No definidos normativamente	Considerados como criterio clave de diseño del rescate	Indefinición de tiempos máximos	Posible agravamiento de lesiones o fatalidades
5	Competencias	Capacitación general en emergencias	Competencia técnica específica, entrenada y evaluada periódicamente	Falta de formación especializada en rescate vertical	Dependencia del criterio individual
6	Evaluación y entrenamiento	No exige simulacros técnicos específicos	Entrenamiento sistemático y evaluación práctica continua	Débil cultura de entrenamiento técnico	Baja preparación ante escenarios reales
7	Control operativo	Basado en cumplimiento general	Basado en procedimientos verificables y auditables	Falta de control técnico del rescate	Dificultad para asegurar eficacia del sistema

Tabla 2-3: Brechas en rescate vertical y gestión de emergencia.

Fuente: Elaboración propia, a partir de comparación de revisión documental y análisis comparativo entre normativa chilena aplicable y estándares de referencia internacionales.

2.4.4.4 Brechas en estandarización documental y control operativo

Otra brecha significativa se relaciona con la estandarización documental. La normativa nacional exige registros generales de capacitación, inspección y evaluación de riesgos, pero no define formatos ni contenidos específicos para procedimientos complejos de trabajo vertical, tales como planes de acceso, matrices de riesgo específicas, fichas de inspección de equipos de cuerda o protocolos de rescate.

Los estándares internacionales, en cambio, promueven una fuerte estandarización documental, entendida como un elemento central del control operativo y de la mejora continua. Esta lógica es plenamente coherente con los requisitos de sistemas de gestión basados en ISO 45001, donde la documentación permite asegurar consistencia, trazabilidad y capacidad de auditoría.

La brecha existente limita la posibilidad de demostrar objetivamente el desempeño técnico de las operaciones y dificulta la integración del trabajo vertical dentro de sistemas de gestión de seguridad y salud ocupacional consolidados.

Brechas identificadas:

Item	Dimensión	Normativa chilena	Estándares internacionales (ISO 45001 y asociados)	Brecha identificada	Implicancia técnica
1	Estandarización documental	Exige registros generales (capacitación, inspección, evaluación de riesgos)	Define documentación estructurada y específica para cada proceso operativo	Ausencia de formatos y contenidos técnicos estandarizados	Dificulta la uniformidad en la ejecución de trabajos verticales
2	Procedimientos técnicos	No establece requisitos documentales específicos para trabajo vertical	Incluye planes de acceso, matrices de riesgo específicas y protocolos de rescate documentados	Falta de formalización documental de procedimientos críticos	Incrementa la variabilidad operativa y el riesgo residual
3	Control operativo	Basado en cumplimiento general de obligaciones preventivas	Basado en control documentado, verificable y auditable	Limitado control técnico de las operaciones	Reduce la capacidad de supervisión efectiva
4	Trazabilidad	No exige trazabilidad técnica detallada	Exige registros que aseguren trazabilidad completa de procesos y decisiones	Baja trazabilidad operativa	Dificulta la evaluación del desempeño y la mejora continua
5	Integración a sistemas de gestión	Integración no estructurada	Integración formal dentro del sistema de gestión (ciclo PHVA)	Débil articulación con sistemas de gestión SST	Limita la auditabilidad y certificación del sistema

Tabla 2-4: Brechas en estandarización documental y control operativo.

Fuente: Elaboración propia, a partir de comparación de revisión documental y análisis comparativo entre normativa chilena aplicable y estándares de referencia internacionales.

2.4.5 Interpretación de análisis de brechas entre normativa nacional y estándares internacionales

N°	Dimensión técnica	Normativa chilena (Ley 16.744, DS N°44, NCh)	ISO 22846-1 / 22846-2	EN 12841:2024	ISO 45001:2018	Brecha identificada	Implicancia técnica y preventiva
1	Enfoque general	Preventivo y prescriptivo, orientado a obligaciones del empleador y uso de	Técnico-operativo, específico para sistemas de acceso por cuerdas	Técnico, centrado en dispositivos de regulación de cuerda	Sistémico, basado en gestión de riesgos y mejora continua	Chile carece de un enfoque técnico-operativo específico	La gestión del riesgo en altura queda sujeta a interpretaciones generales, sin criterios operativos estandarizados.
2	Trabajo con cuerdas	No definido explícitamente; se asimila a "trabajo en altura"	Definición clara de acceso por cuerdas, principios y límites operacionales	Aplica a sistemas de trabajo con cuerdas (tipo A, B y C)	No específico, pero integrable como proceso crítico	Ausencia de definición normativa nacional	Dificulta la estandarización de procedimientos y la fiscalización técnica objetiva.
3	Rescate vertical	No regulado técnicamente; solo obligación genérica de emergencia	ISO 22846-2 regula planificación y ejecución de rescates con cuerdas	No aborda rescate como sistema integral	Exige planes de emergencia y simulacros	Falta de criterios técnicos mínimos de rescate	Riesgo de diseños deficientes, improvisados o no redundantes en trabajos críticos.
4	Competencias del personal	Exigencia general de "capacitación adecuada" (DS N°44, Ley 16.744)	Formación basada en competencias verificables	Uso condicionado a competencia del usuario	Requiere competencia documentada y evaluación	No existe certificación técnica nacional	Se privilegia el cumplimiento formal del EPP por sobre la seguridad sistémica del trabajo.
5	Roles y responsabilidades	Definidos a nivel organizacional, no operativo	Roles técnicos claramente definidos (operador, supervisor, rescatista)	No define roles	Define responsabilidades dentro del SG-SST	Falta de estandarización de roles operativos	Alto riesgo en incidentes reales; dependencia de improvisación o conocimientos no homologados.
6	Sistemas de seguridad y redundancia	Principios generales de protección	Exigencia explícita de sistemas redundantes	Normativa técnica detallada para dispositivos	Integrable como control operacional	Redundancia no exigida explícitamente en Chile	Ambigüedad en la toma de decisiones críticas durante la operación y el rescate.
7	Equipos y dispositivos	Referencias generales a EPP y arneses (NCh1258, NCh2501)	Define criterios de selección, uso e inspección	Norma técnica específica para dispositivos de cuerda	Exige control de equipos críticos	Falta integración técnica entre equipo y	Heterogeneidad en el nivel real de competencia del personal expuesto a trabajos críticos.
8	Inspección y trazabilidad	No estandarizada; depende de la empresa	Inspecciones sistemáticas y registros técnicos	Uso condicionado a inspección y compatibilidad	Exige control documental	Trazabilidad no homogénea ni auditable	Subestimación de fallas sistémicas y escenarios complejos de emergencia.
9	Gestión del riesgo	Evaluación general de riesgos	Evaluación específica por maniobra	Riesgo asociado al uso del dispositivo	Gestión integral del riesgo	Falta análisis técnico por tarea vertical	Dificultad para auditorías, mejora continua y control de calidad operativa.
10	Mejora continua	Implícita, no exigida técnicamente	Revisión periódica de procedimientos	No aplicable	Pilar central del sistema	Débil retroalimentación técnica	Limitada capacidad del sistema para detectar desviaciones críticas antes de incidentes.
11	Reconocimiento institucional	Marco legal nacional obligatorio	Norma internacional voluntaria	Norma europea armonizada	Estándar internacional certificable	Falta puente formal de homologación	No existe un marco regulador específico nacional válido para el trabajo vertical.

Tabla 2-5: Interpretación de análisis de brechas normativas

Fuente: Elaboración propia, a partir de revisión documental y análisis comparativo de normativa chilena (Ley N°16.744, DS N°44 y normas NCh aplicables) y estándares internacionales ISO y EN (ISO 22846-1/2, EN 12841:2024 e ISO 45001:2018), obtenidos desde organismos oficiales de normalización y utilizados como base técnica de referencia en los esquemas metodológicos de ITRA e IRATA.

2.4.6 Fundamentación para el diseño de un manual operativo estandarizado

El análisis normativo y técnico desarrollado en los apartados precedentes (secciones 2.1 a 2.4) permite establecer, con suficiente respaldo conceptual y empírico, la necesidad de contar con un manual operativo estandarizado para el trabajo vertical y el rescate industrial en el contexto chileno. Dicha necesidad no surge únicamente de la inexistencia

de una norma técnica nacional específica, sino fundamentalmente de las brechas estructurales identificadas entre el enfoque legal-preventivo vigente y los modelos técnicos internacionales consolidados.

En este escenario, el diseño de un manual operativo se configura como un instrumento técnico intermedio (Figura 2-10), capaz de articular el marco legal chileno con prácticas operativas estandarizadas, sin contravenir la normativa aplicable ni vulnerar principios de legalidad o propiedad intelectual.



Figura 2-10: Resumen Metodología para Desarrollo del Manual de Acceso por Cuerdas

Fuente: Elaboración propia, a partir de revisión documental y análisis de datos trabajados.

2.4.7 El manual operativo como herramienta de traducción normativa-técnica

Desde una perspectiva ingenieril y preventiva, un manual operativo cumple la función de traducir obligaciones legales generales en procedimientos técnicos concretos, verificables y repetibles. La Ley N°16.744 y el DS N°44 establecen el deber de proteger eficazmente la vida y salud de los trabajadores, pero no indican cómo deben diseñarse ni ejecutarse sistemas complejos de trabajo vertical. Esta indeterminación normativa exige

que las organizaciones desarrollen instrumentos propios que operacionalicen dichos deberes.

Los esquemas metodológicos utilizados como referencia en este trabajo —como los propuestos por ITRA e IRATA— evidencian que la estandarización operativa no es un elemento accesorio, sino una condición esencial para la gestión segura del riesgo. En estos modelos, el manual constituye el eje que articula planificación, ejecución, rescate, control documental y mejora continua, permitiendo asegurar coherencia técnica entre lo planificado y lo ejecutado.

2.4.8 Fundamentación desde la gestión del riesgo y la seguridad operacional

El trabajo vertical y el rescate industrial se desarrollan en entornos de alto riesgo residual, donde las consecuencias de una falla técnica suelen ser graves o fatales. En este contexto, la gestión del riesgo no puede depender exclusivamente del cumplimiento formal de la normativa, sino que requiere procedimientos técnicos estandarizados, diseñados específicamente para controlar fallas previsibles del sistema.

Los estándares internacionales analizados, particularmente ISO 22846-1 y 22846-2, establecen que la seguridad en el acceso por cuerdas depende de la correcta interacción entre personas, equipos, métodos y entorno (ISO, 2003; ISO, 2012). Esta lógica sistémica es replicada en los esquemas metodológicos de organizaciones especializadas, donde el manual operativo define con precisión los pasos críticos de cada maniobra, los criterios de aceptación y las medidas de control asociadas.

En ausencia de un estándar nacional específico, el manual operativo se convierte en la principal herramienta de control del riesgo técnico, reduciendo la variabilidad operativa y limitando la dependencia del criterio individual del trabajador o supervisor.

2.4.9 Estandarización, trazabilidad y control documental

Otra dimensión fundamental que justifica el diseño de un manual operativo estandarizado es la necesidad de trazabilidad y control documental, particularmente en organizaciones que operan en sectores de alto riesgo o bajo sistemas de gestión certificados.

La normativa chilena exige registros de capacitación, inspección y evaluación de riesgos, pero no define estructuras documentales específicas para trabajos verticales complejos.

Los modelos internacionales de referencia, así como la norma ISO 45001:2018, enfatizan la importancia de contar con procedimientos documentados, registros técnicos y evidencias verificables como base de la mejora continua y de la auditoría del desempeño en seguridad y salud en el trabajo (ISO, 2018). En este sentido, el manual operativo actúa como documento rector, del cual se desprenden formatos, instructivos y registros específicos.

Esta estandarización documental permite no solo mejorar el control interno, sino también facilitar la fiscalización externa, la evaluación por parte de mandantes y la integración del trabajo vertical dentro de sistemas de gestión organizacionales más amplios.

2.4.10 Base técnica para la formación y certificación de competencias

Un aspecto clave de la fundamentación del manual operativo es su rol como base estructural para la formación y evaluación de competencias técnicas. Tal como se evidenció en el análisis de brechas, la normativa chilena no define perfiles técnicos ni niveles de competencia para el trabajo vertical o el rescate industrial, lo que genera heterogeneidad en la capacitación y dificultades para validar el desempeño real del personal.

Los esquemas metodológicos utilizados como referencia conceptual en esta tesis organizan la competencia técnica en torno a procedimientos estandarizados, escenarios prácticos y criterios de evaluación objetivos. El manual operativo, al definir dichos procedimientos, se transforma en el marco técnico común sobre el cual pueden diseñarse programas formativos y evaluaciones coherentes, particularmente en el ámbito universitario.

De este modo, el manual no solo cumple una función operativa, sino que se proyecta como un instrumento habilitante para la creación de una certificación universitaria, alineada con el marco legal chileno y con estándares técnicos internacionalmente reconocidos.

2.4.11 Consideraciones legales, regulatorias y de propiedad intelectual

El diseño de un manual operativo estandarizado para trabajo vertical y rescate industrial, así como su proyección hacia un modelo de certificación universitaria, requiere considerar de manera explícita los límites legales, regulatorios y de propiedad intelectual asociados al uso de estándares internacionales como referencia técnica. Estas

consideraciones resultan fundamentales para asegurar que la propuesta sea legalmente válida en Chile, académicamente legítima y éticamente correcta desde el punto de vista del desarrollo técnico.

2.4.12 Marco legal chileno aplicable al diseño de manuales técnicos

Desde el punto de vista jurídico, no existe en Chile impedimento legal para que una organización o una institución académica elabore manuales técnicos propios, siempre que estos se enmarquen en la normativa aplicable y no contravengan disposiciones legales o reglamentarias. La Ley N°16.744 y el Decreto Supremo N°44 imponen al empleador la obligación de proteger eficazmente la vida y salud de los trabajadores, lo que incluye el deber de desarrollar procedimientos internos adecuados al riesgo específico de las actividades ejecutadas (Ministerio del Trabajo y Previsión Social, 2019).

En este contexto, el manual operativo se configura como un instrumento preventivo interno, plenamente compatible con el ordenamiento jurídico chileno, siempre que:

- No pretenda sustituir ni reinterpretar la normativa legal vigente.
- Se declare explícitamente como complemento técnico-operativo.
- Se alinee con los principios generales de prevención, control del riesgo y mejora continua exigidos por la legislación nacional.

COMPARACIÓN NORMATIVA INTERNACIONAL vs CHILENA PARA SISTEMAS DE TRABAJO VERTICAL POR CUERDAS



 Normas Internacionales	 Normativa Chilena
✓ Diseño de Sistemas y Redundancia	✗ Obligaciones generales de prevención
✓ Planificación, redundancia y compatibilidad de equipos	✗ "Ley N°16.744, DS N°44 Mintrab, NCh1258, NCh2501
✓ Selección de Equipos y Clasificación Funcional	✗ EPP certificado (sin clasificación funcional)
✓ Dispositivos Tipo A, B y C para ascenso, descenso y posicionamiento	✗ Curso básico de seguridad (sin formación estandarizada)
✓ Procedimientos Operativos y Competencias	✗ Indicaciones genéricas de rescate
✓ Procedimientos, competencias y auditorías	✗ Indicaciones genéricas de rescate
✓ Planes de Rescate y Emergencias	✗ Indicaciones genéricas de rescate
✓ Certificación y Recertificación	✗ Capacitación práctica supervisada

 **BRECHA NORMATIVA**
Aspectos técnicos y operativos específicos de trabajo vertical por cuerdas NO desarrollados a nivel nacional.

Las normas EN e ISO siguientes abordan requisitos técnicos y operativos específicos no cubiertos por la normativa chilena actual:


EN 12841
 Dispositivos de regulación de cuerda (Tipos A, B y C)


EN 795
 Dispositivos de anclaje


EN 1891
 Cuerdas de baja elongación (kernmantle)


EN 361
 Arnés de cuerpo completo


EN 813
 Arnés de asiento para suspensión


EN 362
 Conectores (mosquetones y maillones)


EN 341
 Dispositivos de descenso para evacuación


EN 353
 Dispositivos anticaídas sobre línea de anclaje

* No incluidos sistemas fall protection básicos. ✓ Contemplado / Abordado ✗ No contemplado / Brecha

Figura 2-11: Resumen Comparación Normativa

Fuente: Elaboración propia, a partir de revisión documental y análisis comparativo entre normativa chilena aplicable y estándares de referencia internacionales.

2.4.13 Aclaración de uso de estándares internacionales como referencia metodológica

Los estándares internacionales analizados en este trabajo, así como los modelos desarrollados por organizaciones especializadas como ITRA e IRATA, poseen carácter técnico y referencial (Figura 2-11), no normativo dentro del sistema jurídico chileno. Su utilización en este trabajo se fundamenta en su valor como marcos conceptuales y metodológicos, que permiten estructurar sistemas de trabajo complejos de manera coherente y segura.

Desde el punto de vista legal, resulta plenamente válido inspirarse en principios, esquemas y buenas prácticas internacionales, siempre que estos sean adaptados al contexto nacional y no se presenten como normas obligatorias ni se reproduzcan textualmente

documentos protegidos por derechos de autor. Esta distinción es clave para evitar conflictos regulatorios y de propiedad intelectual.

En consecuencia, el manual propuesto se concibe como un desarrollo original, que interpreta y adapta principios técnicos generales ampliamente reconocidos en la ingeniería de la seguridad, sin replicar contenidos específicos ni estructuras propietarias.

2.4.14 Consideraciones de propiedad intelectual y derechos de autor

Desde la perspectiva de la propiedad intelectual, los documentos técnicos emitidos por organizaciones internacionales especializadas se encuentran protegidos por derechos de autor. Por tanto, su reproducción total o parcial, traducción literal o uso de diagramas, tablas y textos específicos sin autorización expresa constituye una infracción legal.

Para resguardar este aspecto, el diseño del manual y de la certificación universitaria debe cumplir con los siguientes criterios:

- Desarrollo de contenidos originales, redactados específicamente para el contexto chileno.
- Uso de estándares internacionales únicamente como referencia conceptual, debidamente citada según normas APA 7.
- Evitar la copia de estructuras, nomenclaturas propietarias, esquemas gráficos o descripciones textuales protegidas.
- Declarar explícitamente que el manual no constituye un documento oficial ni una certificación de ninguna organización internacional.
- Este enfoque no solo asegura el cumplimiento legal, sino que fortalece el carácter académico y científico del trabajo, al posicionarlo como una propuesta innovadora y contextualizada.

2.4.15 Implicancias regulatorias para la certificación universitaria

En el ámbito académico, las universidades chilenas poseen autonomía para diseñar programas de formación y certificación, siempre que estos se ajusten al marco legal y sean coherentes con los principios del sistema de educación superior. Una certificación universitaria basada en un manual operativo propio no requiere homologación directa con organismos internacionales, siempre que se presente como una certificación académica de competencias, y no como una licencia profesional o acreditación oficial de terceros.

El uso de esquemas metodológicos internacionales como referencia permite fortalecer la legitimidad técnica del programa, sin comprometer su validez legal. Asimismo, este enfoque facilita la futura generación de convenios de colaboración académica o técnica, sin que estos sean condición previa para la implementación del modelo.

CAPITULO 3

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1 DEFINICIÓN DE CRITERIOS DE DISEÑO DE MANUAL OPERATIVO

3.1.1 Criterios de diseño del Manual de Operaciones

Uno de los criterios centrales de diseño corresponde al enfoque sistémico del trabajo vertical, entendiendo que la seguridad no depende de elementos aislados, sino de la interacción coherente entre personas, equipos, procedimientos, entorno y organización. En este sentido, el manual se estructura considerando el sistema completo de acceso por cuerdas, desde la planificación de la tarea y la selección de equipos hasta la ejecución, supervisión y respuesta ante emergencias, en concordancia con lo establecido por normas internacionales como la ISO 22846-1 y 22846-2, así como por los principios de gestión de la seguridad laboral de la ISO 45001:2018 (ISO, 2003; ISO, 2012; ISO, 2018).

Otro criterio relevante es la claridad funcional y operativa, lo que implica que cada procedimiento descrito en el manual debe responder a una función específica dentro del sistema (acceso, posicionamiento, progresión, rescate, evacuación), evitando ambigüedades y asegurando la trazabilidad entre riesgo identificado, control aplicado y competencia requerida. Este enfoque se inspira en la lógica funcional utilizada por estándares técnicos como la EN 12841:2006 y su actualización ISO 12841:2024, que clasifican los dispositivos y sistemas según su rol dentro del trabajo vertical, reforzando la coherencia entre diseño técnico y uso operativo (ISO, 2024).

El principio de redundancia constituye otro eje estructural del diseño del manual. En trabajos verticales, la redundancia no se limita al uso de sistemas de respaldo, sino que abarca la duplicidad funcional de anclajes, cuerdas, dispositivos, controles operativos y decisiones críticas. El manual incorpora este principio tanto a nivel técnico como organizacional, estableciendo requisitos mínimos de respaldo y verificación cruzada, coherentes con prácticas internacionalmente aceptadas y con el enfoque preventivo exigido por la normativa chilena en materia de seguridad y salud en el trabajo (Ministerio del Trabajo y Previsión Social, 2023).

Asimismo, el manual se diseña bajo un enfoque por competencias, entendiendo que la eficacia de los procedimientos depende directamente del nivel de formación, experiencia y validación de quienes los ejecutan. En consecuencia, cada procedimiento operativo se vincula explícitamente con requisitos de competencia, supervisión y autorización, sentando las bases para su articulación posterior con programas de formación y certificación universitaria. Este criterio resulta clave para asegurar la coherencia entre el manual, la

gestión del riesgo y los futuros procesos de evaluación y certificación de competencias técnicas.



Figura 3-1: Criterios de diseño de manual operativo

Fuente: Elaboración propia, a partir de revisión documental y análisis comparativo entre normativa chilena aplicable y estándares de referencia internacionales.

Desde el punto de vista documental, el manual adopta una estructura modular y escalable, lo que permite su actualización progresiva, su adaptación a distintos contextos industriales y su integración con sistemas de gestión de seguridad y salud ocupacional. Esta característica responde tanto a los principios de mejora continua promovidos por la ISO 45001 como a las necesidades prácticas de organizaciones que operan en entornos dinámicos y de alto riesgo.

Finalmente, el diseño del manual considera criterios de legalidad y trazabilidad, asegurando que los contenidos desarrollados correspondan a elaboraciones propias, basadas en análisis normativo, técnico y comparativo, y no en la reproducción de documentos protegidos. De este modo, el manual se posiciona como un instrumento técnicamente robusto, legalmente válido y académicamente pertinente, capaz de servir tanto como herramienta operativa para la industria como base estructural para el desarrollo de una certificación universitaria en trabajo vertical y rescate industrial en Chile.

3.2 DESARROLLO DEL MANUAL DE OPERATIVO DE TRABAJO VERTICAL Y RESCATE TÉCNICO

3.2.1 Estructura general del Manual de Operaciones

Como resultado del proceso metodológico descrito en las secciones anteriores, el Manual de Operaciones se estructura como un instrumento técnico-operativo orientado a estandarizar el trabajo vertical y el rescate industrial bajo criterios de seguridad, control del riesgo y competencia técnica. Su diseño responde a un enfoque funcional, donde los procedimientos se organizan según las etapas críticas del sistema de trabajo vertical, permitiendo su aplicación tanto en contextos industriales reales como en procesos formativos y de certificación universitaria.

La estructura general del manual se fundamenta en los siguientes principios:

- Organización por función operativa, y no por tipo de industria.
- Integración explícita del rescate industrial como parte del trabajo normal.
- Separación clara entre procedimientos, criterios técnicos y responsabilidades.
- Compatibilidad con sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo.
- Evaluabilidad objetiva de competencias técnicas.

En coherencia con estos principios, el manual se divide en bloques operativos progresivos, iniciando con los procedimientos de acceso por cuerdas, los cuales constituyen la base técnica sobre la cual se desarrollan las demás funciones del sistema.

3.2.2 Procedimientos operativos de acceso por cuerdas

En resumen, los procedimientos operativos de acceso por cuerdas representan el núcleo técnico del trabajo vertical, los que permiten el desplazamiento, posicionamiento y ejecución de tareas en altura o profundidad mediante sistemas de cuerdas diseñados para soportar cargas humanas de forma segura y controlada. En el Manual de Operaciones, estos procedimientos se deben desarrollar como un conjunto estandarizado de prácticas que integran técnica, gestión del riesgo y control operacional, tal como se definió en el punto 1.3.3 del marco teórico.

Para dar cumplimiento a este apartado, se requiere considerar los procedimientos a continuación mostrados en el diagrama de flujo (Figura 3-2).

3.2.2.1 Diagrama de flujo “Procedimiento general de trabajo con Técnicas de Acceso por Cuerdas”

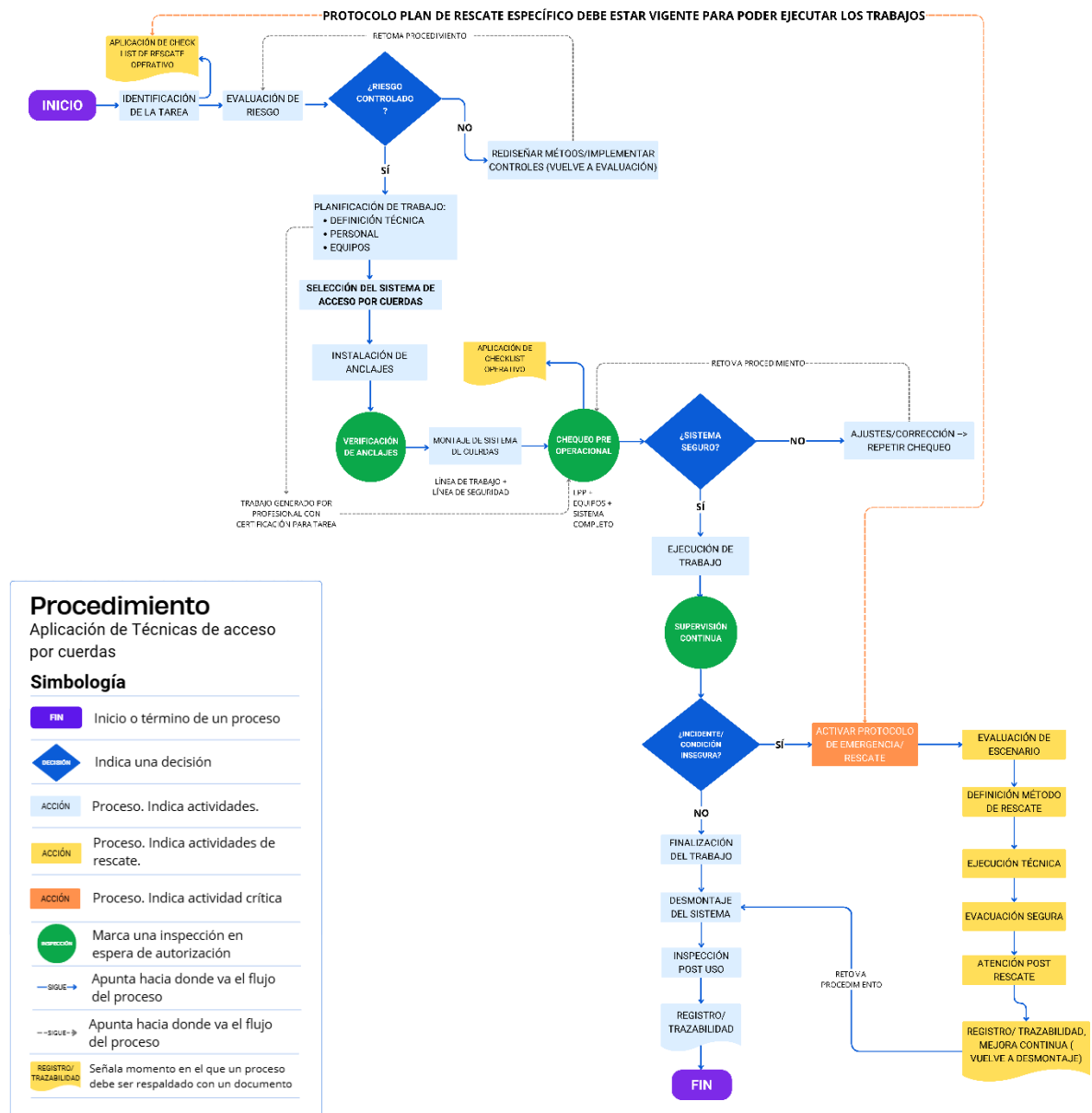


Figura 3-2: Diagrama de flujo “Procedimiento general de trabajo con técnicas de acceso por cuerdas”

Fuente: Elaboración propia, a partir de revisión documental y asesoría empresa RSL.

3.2.3 Contenidos operativos del bloque de acceso por cuerdas

Dando cumplimiento a los procedimientos definidos en el punto anterior, se incluirán en el manual los siguientes componentes:

3.2.3.1 Planificación del acceso:

- Análisis del entorno y condiciones del sitio.
- Identificación de peligros críticos asociados al acceso.
- Selección del método de acceso más seguro según la tarea.

3.2.3.2 Configuración de sistemas:

- Instalación de líneas de trabajo y líneas de seguridad independientes.
- Criterios de selección y verificación de anclajes.
- Compatibilidad entre cuerdas, dispositivos y conectores.

3.2.3.3 Progresión y posicionamiento:

- Técnicas de ascenso y descenso controlado.
- Posicionamiento seguro para ejecución de tareas.
- Control de balance, roce y cargas dinámicas.

3.2.3.4 Control operacional:

- Inspecciones previas, durante y posteriores al uso.
- Comunicación operativa y verificación cruzada.
- Criterios de detención segura del trabajo.

3.2.3.5 Gestión de contingencias:

- Respuesta ante fallas de equipo o pérdida de control.
- Protocolos de autorrescate y rescate asistido inmediato.
- Integración con el plan general de rescate del sistema.

3.2.4 Gestión de riesgos y controles preventivos

La gestión de riesgos constituye un eje estructural del Manual de Operaciones, dado que el trabajo vertical y el rescate industrial corresponden a actividades de alto riesgo inherente, donde la falla de un solo componente técnico, humano u organizacional puede derivar en consecuencias graves o fatales. En este contexto, el manual adopta un enfoque de gestión preventiva sistemática, alineado con los principios de la gestión moderna de seguridad y salud en el trabajo y con los estándares internacionales aplicables al trabajo en altura.

Desde una perspectiva metodológica, la gestión de riesgos se concibe como un proceso continuo y dinámico, que se inicia en la planificación del trabajo y se mantiene durante toda la ejecución de las operaciones, integrando identificación de peligros, evaluación de riesgos, definición de controles y verificación de su eficacia. Este enfoque es coherente con los modelos de referencia utilizados en sistemas internacionales de trabajo vertical, los cuales enfatizan la anticipación del riesgo por sobre la respuesta reactiva (ISO, 2018).

3.2.5 Evaluación y jerarquización de riesgos

Una vez identificados los peligros, el manual establece criterios para la evaluación del riesgo, considerando la probabilidad de ocurrencia y la severidad de las consecuencias. Este análisis permite priorizar riesgos críticos y definir niveles de aceptabilidad, los cuales determinan la necesidad de controles adicionales o la suspensión de la operación en caso de no poder garantizar condiciones seguras.

El proceso de evaluación se articula con matrices de riesgo adaptadas al contexto del trabajo vertical, incorporando variables específicas como altura de trabajo, complejidad del sistema de cuerdas, nivel de exposición temporal y competencia del personal involucrado. Este enfoque permite una toma de decisiones técnica y documentada, reforzando la responsabilidad organizacional y la supervisión efectiva (ISO, 2018).

3.2.6 Controles preventivos y principio de jerarquía

El Manual de Operaciones estructura los controles preventivos conforme al principio de jerarquía de controles, priorizando medidas de carácter técnico y organizacional por sobre aquellas basadas exclusivamente en el comportamiento individual. En este marco, se definen como controles fundamentales: el diseño adecuado del sistema de acceso, la selección y configuración de equipos certificados, la aplicación del principio de redundancia, la supervisión técnica permanente y la planificación de rescates integrados a la operación.

Los controles administrativos —como procedimientos escritos, permisos de trabajo y roles definidos— complementan las medidas técnicas, mientras que el uso de equipos de protección personal se concibe como una barrera adicional y no como el único mecanismo de control. Esta lógica coincide con los modelos internacionales que enfatizan la necesidad

de múltiples capas de protección independientes para reducir la probabilidad de fallas catastróficas.

3.2.7 Monitoreo, verificación y mejora continua

Finalmente, el Manual incorpora mecanismos de monitoreo y verificación de los controles preventivos, incluyendo inspecciones periódicas, revisión de incidentes y retroalimentación operativa. La gestión de riesgos no se entiende como un proceso estático, sino como un sistema de mejora continua que se ajusta en función de la experiencia operacional, cambios normativos y evolución tecnológica.

Este enfoque permite que el manual no solo funcione como un instrumento técnico-preventivo, sino también como una base sólida para procesos de formación y certificación por competencias, al establecer criterios claros, evaluables y auditables de gestión del riesgo en trabajos verticales y rescate industrial.

3.2.8 Gestión de equipos, inspecciones y registros

La gestión de equipos constituye un componente crítico del Manual de Operaciones, dado que en el trabajo vertical y el rescate industrial la confiabilidad del sistema depende directamente del estado, compatibilidad y correcta utilización de los equipos que lo conforman. En este contexto, el manual adopta un enfoque de gestión integral del equipamiento, entendiendo los equipos no como elementos aislados, sino como partes interdependientes de un sistema técnico de seguridad.

Desde una perspectiva metodológica, la gestión de equipos se estructura en tres ejes complementarios: selección y control técnico del equipamiento, sistemas de inspección sistemática y registros documentales trazables, lo que permite asegurar la integridad del sistema de trabajo vertical a lo largo de todo su ciclo de vida operativo.

3.2.8.1 Selección y control técnico del equipamiento

El Manual establece criterios técnicos claros para la selección de equipos utilizados en operaciones de acceso por cuerdas y rescate industrial, considerando su certificación conforme a normas internacionales vigentes, compatibilidad entre componentes y adecuación al tipo de tarea y entorno operacional. Este enfoque responde a la necesidad de

evitar configuraciones improvisadas o combinaciones no evaluadas, las cuales constituyen una de las principales fuentes de fallas en sistemas de trabajo en altura.

La selección del equipamiento se basa en principios ampliamente utilizados en modelos internacionales de trabajo vertical, donde se prioriza la redundancia funcional, la resistencia mecánica adecuada y la compatibilidad entre dispositivos, cuerdas y anclajes. El manual incorpora estos principios como criterios técnicos, sin reproducir modelos propietarios, permitiendo su adaptación al marco normativo chileno y a distintos contextos industriales.



Figura 3-3: Sistema personal de acceso por cuerdas

Fuente: Elaboración propia, a partir de definición de equipamiento.

3.2.8.2 Inspecciones periódicas y control del estado de los equipos

La inspección de equipos se define como un proceso sistemático y obligatorio, orientado a detectar desgaste, daño, contaminación o cualquier condición que pueda comprometer la seguridad del sistema. El Manual distingue distintos niveles de inspección, incluyendo inspecciones previas al uso, inspecciones periódicas programadas y revisiones posteriores a eventos críticos, como caídas, sobrecargas o exposiciones a condiciones ambientales severas.

Estas inspecciones deben ser realizadas por personal competente, con formación específica en reconocimiento de fallas y criterios de rechazo, lo que refuerza el enfoque por competencias que sustenta el manual. Desde una perspectiva preventiva, la inspección no se concibe únicamente como una actividad de control, sino como una herramienta clave para la toma de decisiones operativas, permitiendo retirar equipos de servicio antes de que se produzcan fallas críticas.

Este enfoque es coherente con estándares internacionales que enfatizan la necesidad de inspecciones documentadas y criterios objetivos de aceptación y rechazo, integrando la experiencia práctica con requisitos técnicos verificables (ISO, 2003; ISO, 2012).

3.2.8.3 Registros, trazabilidad y control documental

Un elemento central de la gestión de equipos es la mantención de registros claros, completos y trazables. El Manual de Operaciones establece la obligatoriedad de llevar registros actualizados que permitan identificar el historial de cada equipo, incluyendo fecha de adquisición, certificaciones, inspecciones realizadas, uso operativo, mantenimiento, reparaciones y fecha de retiro definitivo.

Estos registros cumplen una doble función: por una parte, permiten asegurar la continuidad operativa y la planificación del mantenimiento; por otra, constituyen evidencia objetiva de cumplimiento técnico y preventivo, relevante tanto para auditorías internas como para procesos de fiscalización y acreditación. En el marco de una futura certificación universitaria, la existencia y correcta gestión de estos registros se transforma además en un criterio evaluable de competencia profesional.

El manual promueve el uso de formatos estandarizados de registro, alineados con buenas prácticas internacionales, pero adaptables a la realidad organizacional chilena, reforzando la coherencia entre técnica, gestión y formación.

3.2.9 Integración con la gestión de riesgos y la mejora continua

La gestión de equipos, inspecciones y registros no se presenta como un proceso aislado, sino como un componente integrado a la gestión de riesgos y a la mejora continua del sistema de trabajo vertical. La información obtenida a partir de inspecciones y registros alimenta los procesos de evaluación de riesgos, revisión de procedimientos y actualización del manual, cerrando el ciclo preventivo.

De este modo, el Manual de Operaciones consolida la gestión de equipos como un pilar técnico-preventivo fundamental, que contribuye a la reducción de la incertidumbre operativa, al fortalecimiento de la cultura de seguridad y a la profesionalización del sector, sentando bases sólidas para su vinculación con programas de formación y certificación académica.

3.2.10 Procedimiento gestión de equipos, inspecciones y registros en trabajo vertical y rescate industrial

Etapa del ciclo	Tipo de inspección / registro	Responsable	Frecuencia	Criterios técnicos evaluados	Registro asociado
Selección de equipos	Verificación técnica inicial	Responsable técnico / Prevencionista	Previo a la incorporación	Certificación vigente, compatibilidad del sistema, resistencia mecánica, trazabilidad	Ficha técnica del equipo
Uso operativo	Inspección previa al uso	Usuario competente	Antes de cada operación	Daños visibles, funcionamiento correcto, contaminación, desgaste evidente	Checklist preuso
Operación continua	Inspección periódica programada	Inspector competente	Según criticidad del equipo	Desgaste progresivo, deformaciones, estado de cuerdas y dispositivos, legibilidad de marcado	Registro de inspección periódica
Eventos críticos	Inspección post-evento	Responsable técnico	Inmediata	Sobrecarga, caída, impacto, exposición química o térmica	Informe post-evento
Mantenimiento	Registro de mantenimiento	Proveedor autorizado / Responsable técnico	Según fabricante	Reparaciones, limpieza especializada, reemplazo de componentes	Registro de mantenimiento
Vida útil	Control de vida útil	Responsable técnico	Permanente	Fecha de fabricación, uso acumulado, criterios de retiro	Historial del equipo
Retiro	Registro de baja definitiva	Responsable técnico	Al término de vida útil	Cumplimiento de criterios de descarte	Acta de retiro

Tabla 3-1: Gestión de Equipos

Fuente: Elaboración propia, a partir de criterios técnicos establecidos en las normas ISO 22846-1/2, ISO 12841:2024 e ISO 45001:2018, aplicados a la gestión de equipos, inspecciones, trazabilidad y control operacional en trabajos con acceso por cuerdas.

3.2.11 Protocolos de rescate técnico vertical

En continuidad con los principios de rescate industrial descrito en la sección 1.3.5, los procedimientos operativos de acceso por cuerdas (Sección 3.2.2), la gestión de riesgos y controles preventivos (Sección 3.2.4) y la gestión sistemática de equipos e inspecciones (Sección 3.2.13), el diseño de protocolos de rescate técnico vertical constituye un

componente crítico al ser abordado de manera estructural en cuanto a la respuesta ante incidentes y emergencias en trabajos en altura.

Desde esta perspectiva, el Manual establece que todo trabajo vertical debe contar con un plan de rescate específico, acorde al entorno, la geometría de la estructura, los riesgos críticos identificados y las capacidades reales del equipo de trabajo.

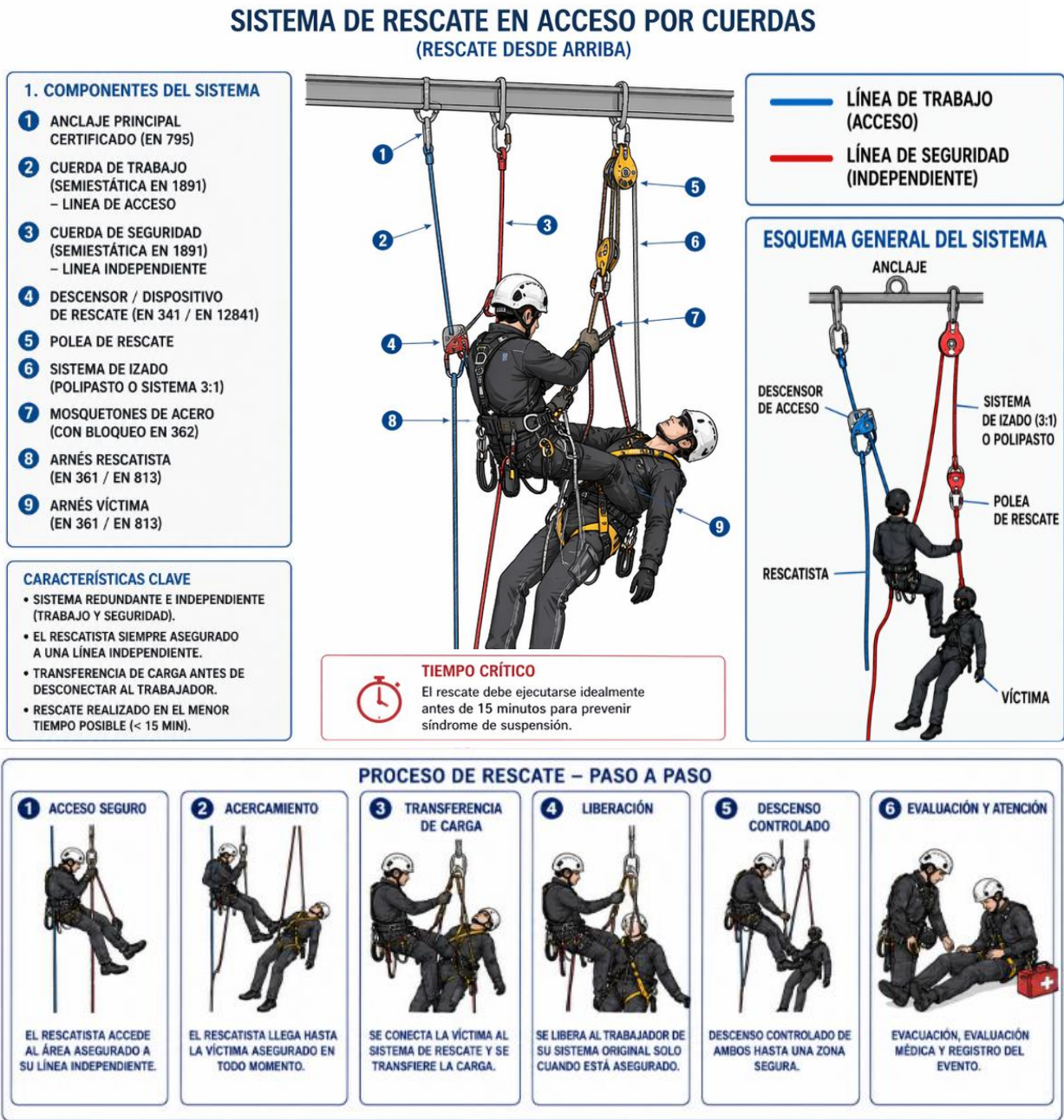


Figura 3-4: Protocolo de rescate “Pick-off”

Fuente: Elaboración propia, a partir de criterios técnicos establecidos en las normas ISO 22846-1/2, ISO 12841:2024 e ISO 45001:2018, aplicados a la gestión de respuesta ante emergencias en trabajo vertical.

3.2.11.1 Tipología de rescates considerados en el manual

El Manual de Operaciones estructura los protocolos de rescate técnico vertical según una tipología funcional, que permite adaptar las maniobras a distintos escenarios industriales presentes en el contexto chileno:

- **Autorreescate asistido;** donde el trabajador accidentado conserva capacidad parcial de movilidad y puede colaborar bajo supervisión.
- **Rescate por compañero (pick-off);** aplicado cuando la víctima se encuentra suspendida, inconsciente o incapacitada. (Figura 3-4)
- **Rescate desde cuerda;** mediante sistemas de descenso o izado controlado.
- **Rescate desde estructura;** considerando transiciones entre planos verticales, inclinados y horizontales.
- **Rescate en espacios confinados con acceso vertical;** integrando control atmosférico y comunicación especializada.

Esta clasificación permite definir procedimientos estandarizados, criterios de selección de equipos y responsabilidades operativas, alineados con buenas prácticas internacionales (ISO 22846-2, 2012).

3.2.11.2 Principios técnicos que rigen los protocolos de rescate

Los protocolos de rescate definidos en el Manual se fundamentan en los siguientes principios técnicos transversales:

- **Rapidez controlada;** priorizando la reducción del tiempo de suspensión sin comprometer la seguridad del rescatista.
- **Redundancia de sistemas;** garantizando respaldo en anclajes, cuerdas y dispositivos críticos, conforme a lo establecido en normas internacionales de acceso por cuerdas (ISO 22846-1, 2003; EN 12841, 2024).
- **Simplicidad operativa;** favoreciendo maniobras reproducibles bajo estrés y con bajo margen de error.
- **Compatibilidad de equipos;** asegurando que los dispositivos utilizados en rescate sean coherentes con los sistemas de trabajo habituales.
- **Protección del rescatista;** evitando la exposición innecesaria a riesgos adicionales durante la maniobra.

3.2.11.3 Roles, competencias y responsabilidades en el rescate

El Manual define roles operativos mínimos para la ejecución de rescates técnicos verticales, estableciendo responsabilidades claras y trazables:

- **Rescatista principal;** responsable de ejecutar la maniobra técnica.
- **Rescatista de respaldo;** encargado de la seguridad secundaria y apoyo.
- **Supervisor de trabajo en altura;** quien coordina la activación del protocolo y la toma de decisiones.
- **Enlace con servicios externos;** cuando el rescate interno no es suficiente.

Cada rol se asocia a competencias técnicas verificables, reforzando el enfoque por competencias desarrollado en el marco teórico y facilitando su futura vinculación con procesos de certificación universitaria (ISO 45001, 2018).

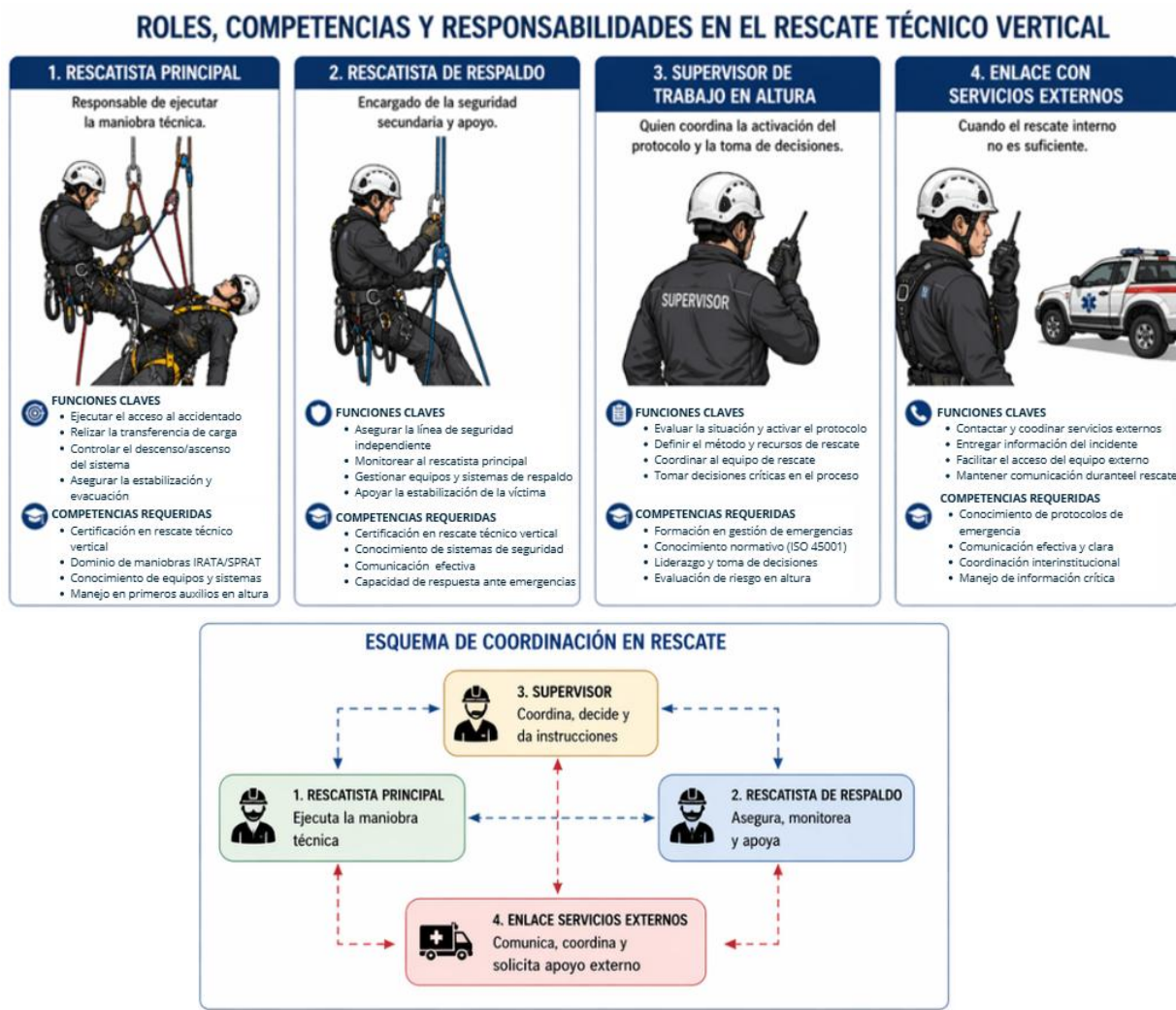


Figura 3-5: Roles en rescate vertical y sus funciones.

Fuente: Elaboración propia, a partir de criterios técnicos establecidos en las normas ISO 22846-1/2.

3.2.11.4 Integración del rescate al sistema de gestión de seguridad

Finalmente, los protocolos de rescate técnico vertical se integran al sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo mediante:

- Registros de simulacros y entrenamientos periódicos.
- Evaluación post- incidente y análisis de desempeño.
- Retroalimentación para la mejora continua de procedimientos.
- Actualización de matrices de riesgos y planes de emergencia.

Este enfoque sistémico permite que el rescate técnico actúe no solo como respuesta ante emergencias, sino también como herramienta de aprendizaje organizacional, fortaleciendo la cultura preventiva y la confiabilidad operacional del trabajo vertical en entornos industriales complejos.

De este modo, la incorporación de protocolos de rescate técnico vertical en el Manual de Operaciones consolida su carácter de instrumento técnico-preventivo integral, alineado con estándares internacionales, adaptable a la realidad normativa chilena y coherente con un futuro modelo de formación y certificación académica estructurada.

3.3 MODELO DE IMPLEMENTACIÓN ORGANIZACIONAL

3.3.1 Enfoque por etapas de implementación

El modelo de implementación del manual en RSL Chile se organiza en cinco etapas secuenciales e interrelacionadas, que permiten una adopción controlada y sostenible del sistema operativo:

3.3.1.1 Diagnóstico inicial y levantamiento de brechas.

En esta fase se realiza una evaluación del estado actual de la organización en relación con:

- Prácticas operativas vigentes,
- Nivel de competencias del personal,
- Disponibilidad y estado del equipamiento,
- Existencia de procedimientos formales y registros.

Este diagnóstico se apoya en la matriz de brechas normativas y técnicas desarrollada en el Capítulo 2, permitiendo identificar diferencias entre las prácticas actuales y los

estándares internacionales de referencia (ISO 22846; EN 12841; ISO 45001). La evidencia recopilada constituye la línea base para la implementación (ISO, 2018).

3.3.1.2 Adaptación contextual del manual.

A partir del diagnóstico, el manual es ajustado a las condiciones reales de operación de RSL Chile, considerando:

- tipos de faena y entornos industriales frecuentes,
- estructura organizacional,
- recursos humanos y técnicos disponibles,
- exigencias contractuales y legales nacionales.

Esta etapa es clave para evitar una implementación meramente declarativa y asegurar la aplicabilidad operativa real del manual, principio central en los modelos metodológicos internacionales de trabajo vertical.

3.3.1.3 Capacitación y alineación por competencias

La implementación del manual se articula directamente con procesos de formación y evaluación por competencias, utilizando:

- capacitaciones teórico-prácticas,
- simulaciones controladas,
- evaluaciones mediante rúbricas estandarizadas.

Este enfoque permite asegurar que el personal no solo conozca los procedimientos, sino que sea competente para ejecutarlos en escenarios reales, alineándose con modelos internacionales basados en desempeño observable y verificable (ISO 22846-2, 2012).

3.3.1.4 Implementación operativa y control en terreno

En esta fase, el manual pasa a ser el documento rector de la operación, siendo exigible en:

- planificación de trabajos,
- análisis de riesgos,
- selección y uso de equipos,

- ejecución de maniobras,
- rescates técnicos y emergencias.

El cumplimiento es verificado mediante supervisión técnica, listas de chequeo operativas y registros sistemáticos, lo que refuerza el principio de control operacional propio de los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo (ISO, 2018).

3.3.1.5 Evaluación, retroalimentación y mejora continua

Finalmente, el modelo contempla mecanismos formales de revisión periódica del manual, incorporando:

- análisis de incidentes y cuasi incidentes,
- resultados de auditorías internas,
- retroalimentación del personal operativo,
- actualizaciones normativas y tecnológicas.

Este ciclo asegura que el manual se mantenga vigente y evolucione junto con la organización, consolidando una cultura preventiva madura y alineada con el principio de mejora continua (Plan–Do–Check–Act).

3.3.1.6 Integración con el sistema de gestión de RSL Chile

El modelo de implementación propuesto permite que el manual se integre de manera orgánica al sistema de gestión de la organización, particularmente en lo relativo a seguridad y salud en el trabajo. En este sentido, el manual opera como un puente técnico-operativo entre la normativa general y la ejecución específica del trabajo vertical y el rescate industrial, cubriendo un vacío habitual en los sistemas de gestión tradicionales.

Esta integración facilita:

- la estandarización de prácticas,
- la trazabilidad documental,
- la demostración de cumplimiento ante fiscalizaciones,
- la alineación con modelos de gestión certificados (ISO 45001:2018).

3.4 IMPACTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE MANUAL DE ACCESO POR CUERDAS EN RSL CHILE

3.4.1 Operatividad actual respecto a estándares internacionales

Según diagnóstico (Anexo 5), la empresa presenta un nivel intermedio en crecimiento, donde el desarrollo y la implementación del manual permite cerrar una brecha operativa crítica del 36%. Ésta, se concentra en gran medida en la adquisición y operatividad del equipamiento técnico, considerando que la empresa maneja un stock de elementos que se encuentran constantemente en revisión y situación de descarte para ser repuestos.

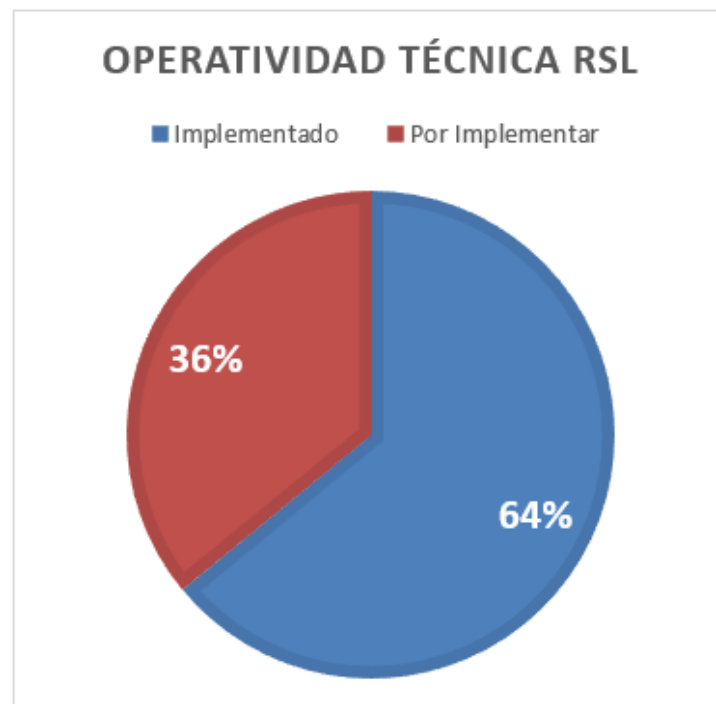


Figura 3-6: Gráfico capacidad operativa implementada vs por implementar

Fuente: Elaboración propia, a partir de diagnóstico operativo y análisis de costos “Anexo 5”.

Dicha brecha, y la situación que se encuentra atravesando la empresa, corresponde justamente a lo que las normas internacionales exigen y hoy no está formalizado específicamente en Chile. Las dimensiones que permitieron determinar este costo son las de diseño de sistema de trabajo, equipos, competencias, procedimientos, rescate y gestión.

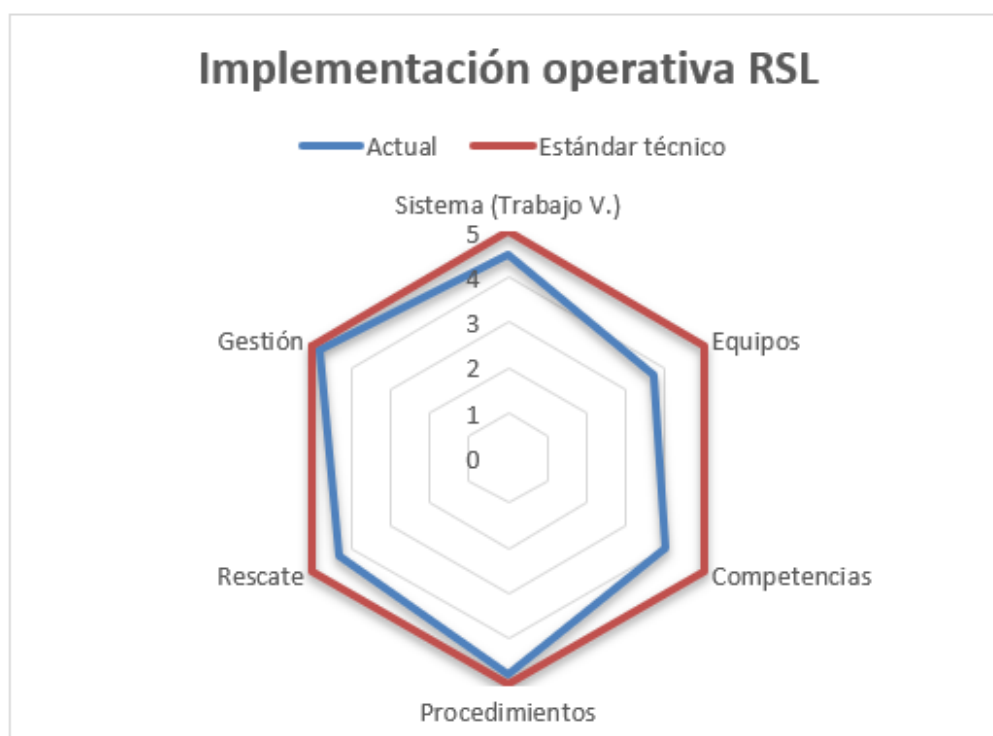


Figura 3-7: Gráfico implementación actual v/s estándar técnico internacional

Fuente: Elaboración propia, a partir de diagnóstico operativo y análisis de costos “Anexo 5”.

Esta brecha se acentúa específicamente en las dimensiones de equipamiento y competencias del personal operativo. Si bien los procedimientos, la gestión, el desarrollo de sistemas de trabajo y rescate están cerca del estándar, en ausencia de una norma nacional específica para trabajo vertical, la adopción de estándares internacionales por parte de la empresa (o cualquier empresa) puede generar brechas de reconocimiento, exigibilidad y competitividad, transformando parte del esfuerzo técnico en valor no validado dentro del contexto regulatorio chileno. Por esta razón no existe un cumplimiento del cien por ciento respecto a este estándar, sin embargo, adoptarlo es una respuesta segura para el desarrollo preventivo de los trabajos, teniendo como garantía la seguridad técnica-operativa.

El manual entonces permite pasar de un sistema parcialmente estructurado a un sistema completamente estandarizado. Esto se traduce en la optimización mediante el cambio de modelo operativo de todas las dimensiones críticas simultáneamente:

- Sistema operativo personal → pasa a ser redundante real
- Equipos → pasan a ser normados y compatibles
- Competencias → se formalizan

- Procedimientos → se documentan
- Rescate → se integra como requisito obligatorio
- Gestión → se vuelve trazable

3.4.2 Costo de inversión para implementación de manual de acceso por cuerdas en RSL Chile

Según análisis financiero (Anexo 5), la empresa ya ha absorbido el 64% de la inversión técnica a través de su operación histórica, requiriendo solo un 36% adicional para alcanzar un estándar internacional completo.

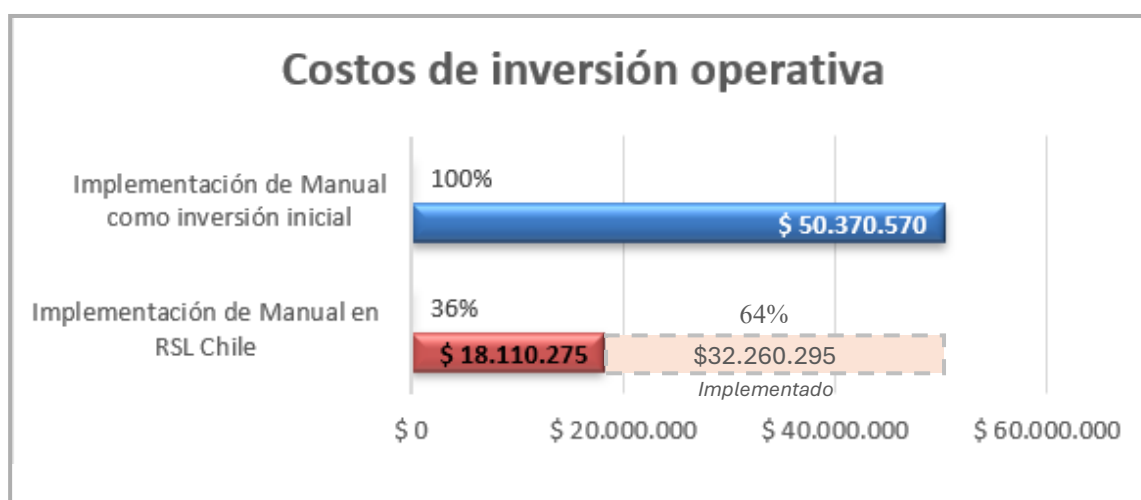


Figura 3-8: Gráfico costos de inversión operativa en RSL Chile.

Fuente: Elaboración propia, a partir de diagnóstico operativo y análisis de costos “Anexo 5”.

Esta inversión está orientada a cerrar brechas críticas en seguridad, estandarización y trazabilidad operacional.

Finalmente, la implementación del manual no implica una transformación absoluta de la empresa, sino la consolidación técnica de sus capacidades operativas existentes, mediante la incorporación de criterios normativos internacionales.

- Reducción de riesgo crítico
- Eliminación de vacíos en rescate
- Disminución de error humano
- Mayor control operacional

3.5 PROPUESTA DE NORMALIZACIÓN DE ESTÁNDAR TÉCNICO DE ACCESO POR CUERDAS INDUSTRIAL

El manual desarrollado en este trabajo constituye una base técnica susceptible de ser transformada en una Norma Chilena a través del Instituto Nacional de Normalización, o bien en un referente técnico para la elaboración de reglamentaciones específicas sobre trabajo mediante acceso por cuerdas en el marco del sistema de seguridad y salud en el trabajo chileno.

La ausencia de una norma nacional específica no impide la implementación de estándares internacionales, pero sí limita su reconocimiento, comparabilidad y exigibilidad, generando una asimetría donde el esfuerzo técnico adicional puede no traducirse en ventajas regulatorias ni competitivas, e incluso derivar en trabajo no validado dentro del sistema.

3.5.1 Convertir el manual en una Norma Chilena (NCh)

La vía más sólida es transformar el contenido del manual en una Norma Chilena Oficial, elaborada a través del Instituto Nacional de Normalización. Esto daría validación concreta al manual de operaciones de acceso por cuerdas como instrumento técnico-legal para normar el estándar del trabajo vertical en Chile.

La creación de esta norma transformaría el trabajo vertical la práctica dispersa en un sistema productivo estandarizado, habilitando seguridad, competitividad y desarrollo sectorial, habilitando nuevas oportunidades de inversión y posicionando al trabajo vertical como una actividad técnica madura y estratégicamente relevante para el país.

Para lograrlo, este proceso se explica en tres etapas fundamentales: Presentar propuesta de norma, conformar un comité técnico y finalmente, la redacción de la norma, tal y como se muestra en la Figura 3-9.

3.5.1.1 Proceso creación de Norma Chilena:

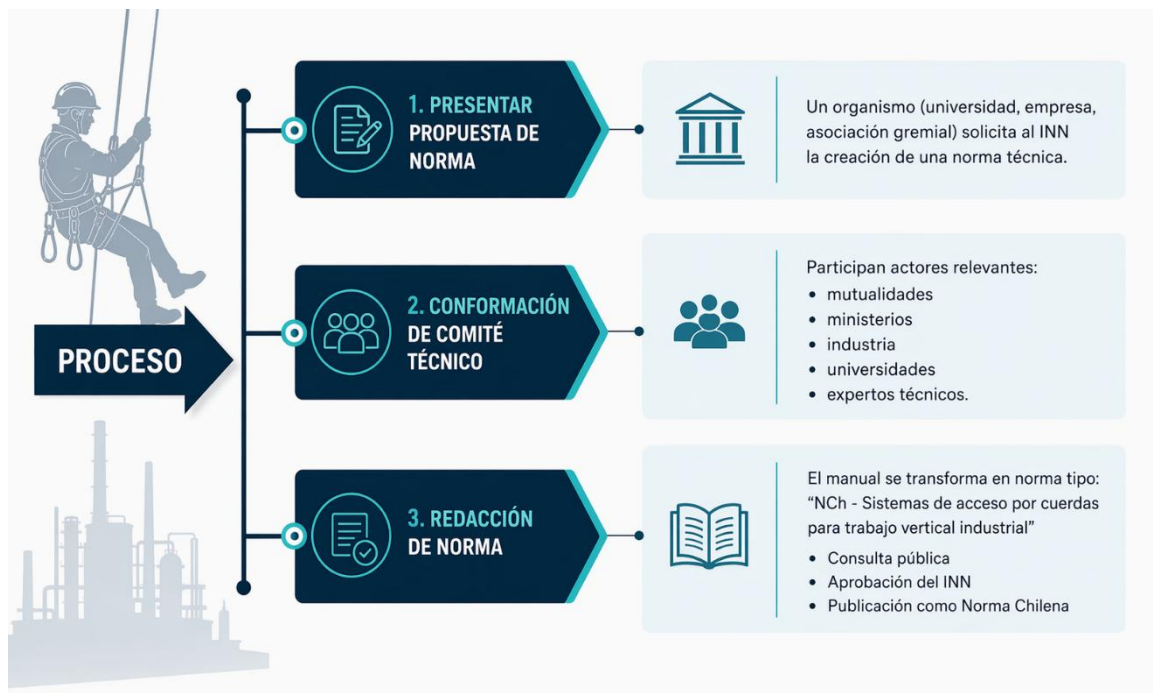


Figura 3-9: Proceso de creación de Norma Chilena.

Fuente: Elaboración propia, a partir de investigación.

Así, la norma se vuelve referencia técnica oficial, se convierte en instrumento para utilizar en auditorías, tribunales y mutualidades.

3.5.2 Incorporarlo en reglamentación del Ministerio del Trabajo

Otra vía es que el manual se utilice como referente técnico en reglamentos laborales. Esto puede ocurrir a través del Ministerio del Trabajo y Previsión Social o la Superintendencia de Seguridad Social.

Ejemplo real:

- El DS 44 establece la gestión preventiva, pero muchas veces remite a normas técnicas externas.

Cómo podría integrarse: Un futuro reglamento podría decir:

Los trabajos mediante acceso por cuerdas deberán ejecutarse conforme a normas técnicas reconocidas internacionalmente (ISO 22846 o equivalentes).

En ese caso tu manual podría convertirse en:

- guía técnica sectorial
- documento de referencia.

3.5.3 Reconocimiento mediante certificación de competencias laborales

Otra vía muy efectiva es desarrollar la certificación dentro del sistema nacional de competencias (Figura 3-10). Aquí se daría reconocimiento formal a las competencias adquiridas y certificaciones internacionales en coherencia con las disposiciones del manual.

3.5.3.1 Proceso mediante ChileValora.

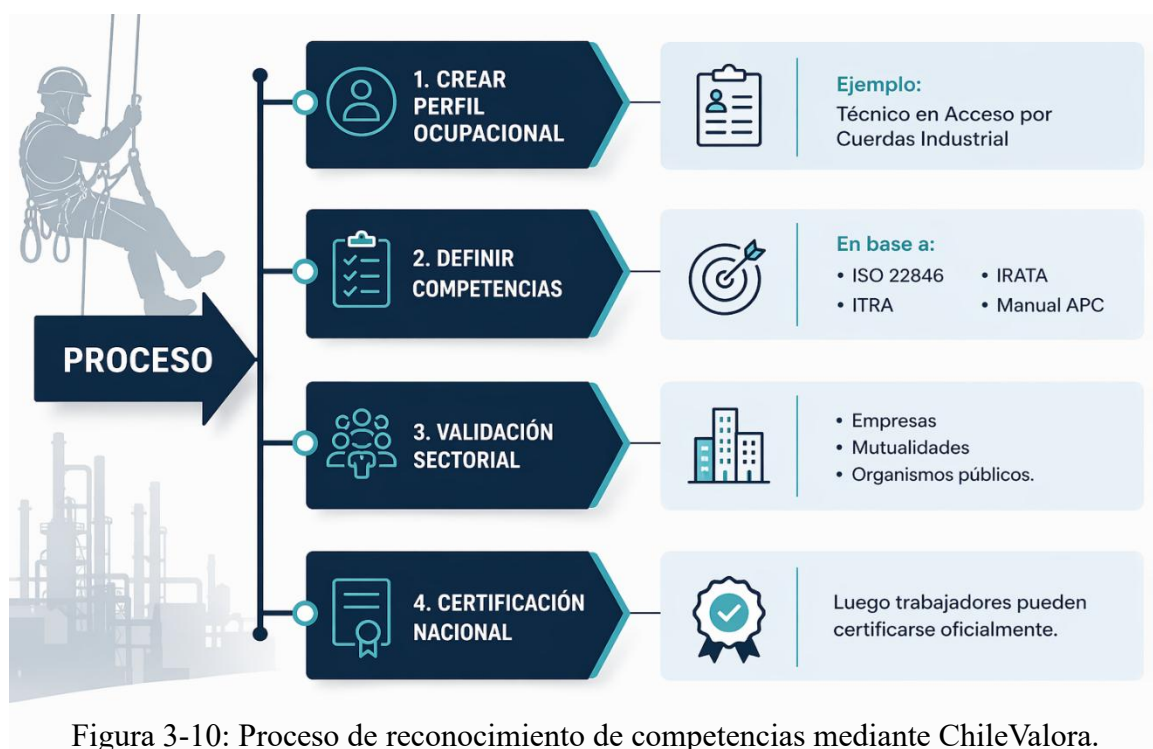


Figura 3-10: Proceso de reconocimiento de competencias mediante ChileValora.

Fuente: Elaboración propia, a partir de investigación.

3.5.4 Reconocimiento mediante guías técnicas de SUSESO

La Superintendencia de Seguridad Social frecuentemente publica:

- guías
- protocolos
- criterios técnicos.
-

Ejemplos:

- guías de trabajo en altura
- protocolos de riesgo psicosocial
- guías de ergonomía.

El manual podría transformarse en: “Guía técnica para trabajos mediante acceso por cuerdas” si es adoptado o recomendado por SUSESO.

3.5.5 **ESTRATEGIA PARA PROPUESTA DE NCh**

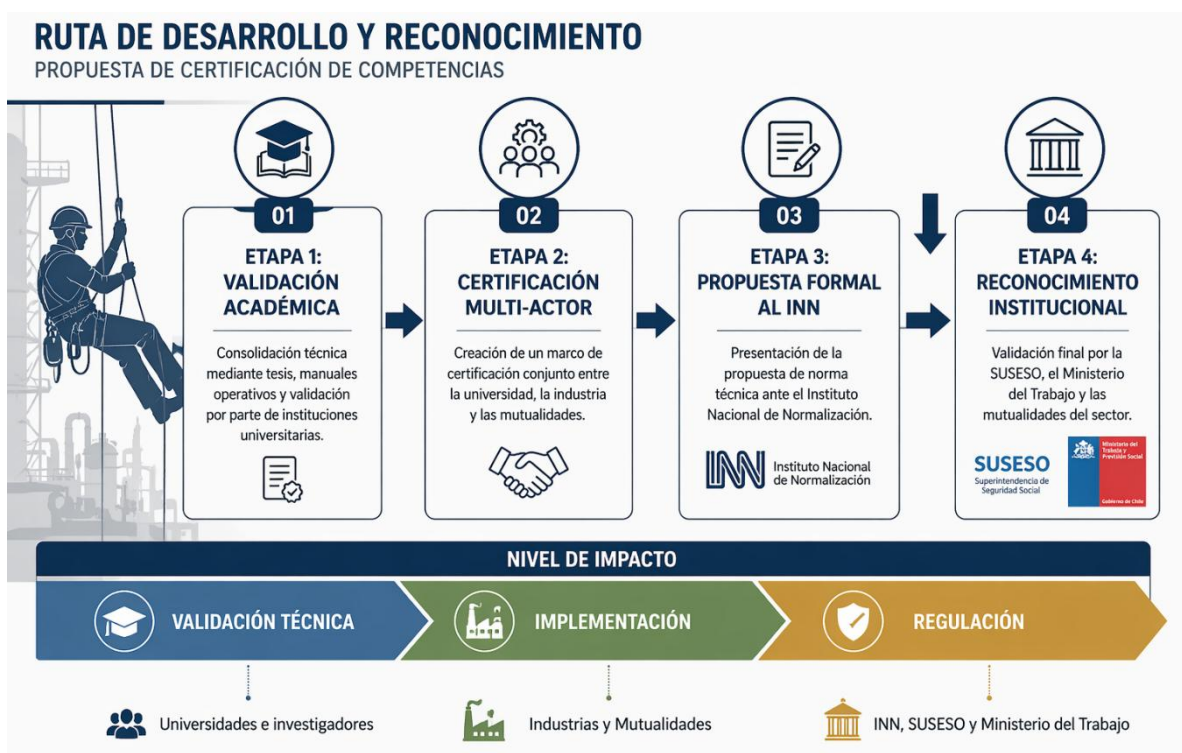


Figura 3-11: Ruta de desarrollo y reconocimiento para propuesta de Norma Chilena.

Fuente: Elaboración propia, a partir de investigación

3.5.6 **Hoja de ruta para la implementación del estándar nacional de trabajo vertical en Chile (2026–2032)**

La consolidación de un estándar técnico nacional para el trabajo vertical mediante sistemas de acceso por cuerdas requiere un proceso gradual de validación técnica, adopción sectorial e institucionalización normativa. Considerando la experiencia internacional en la regulación de actividades de alto riesgo y el análisis comparativo desarrollado en este trabajo, se propone una hoja de ruta estratégica orientada a la implementación progresiva de un estándar nacional durante el período 2026–2030.

Este proceso contempla la articulación coordinada entre el sector académico, la industria, los organismos administradores del seguro laboral y las instituciones públicas responsables de la regulación y supervisión de la seguridad y salud en el trabajo. Asimismo, se fundamenta en la adopción de estándares internacionales reconocidos, tales como ISO 22846-1, ISO 22846-2 y ISO 45001, que proporcionan el marco conceptual y técnico para la gestión segura de operaciones verticales.

3.5.6.1 Etapa 1: Validación técnica y difusión sectorial (2026–2027)

La primera etapa se orienta a la difusión y validación del manual de operaciones desarrollado en el presente trabajo como instrumento técnico de referencia para la ejecución segura de trabajos mediante acceso por cuerdas. Durante este período, el manual puede ser aplicado de manera piloto en organizaciones del sector industrial que desarrollan actividades de mantenimiento, inspección o intervención en estructuras elevadas.

Esta fase permitirá evaluar la aplicabilidad práctica de los procedimientos propuestos, así como recopilar retroalimentación desde el ámbito operativo para fortalecer su estructura técnica. Paralelamente, se promoverá la difusión del modelo en espacios académicos, seminarios especializados y redes profesionales vinculadas a la seguridad industrial.

La validación sectorial en esta etapa resulta clave para demostrar la viabilidad técnica del estándar propuesto y generar evidencia que respalde su posterior institucionalización.

3.5.6.2 Etapa 2: Desarrollo de certificación académica y competencias laborales (2027–2028)

Una vez validado el modelo operativo, la segunda etapa contempla el desarrollo de un programa estructurado de formación y certificación en trabajo vertical y rescate industrial. Este programa podría ser implementado por instituciones de educación superior, integrando módulos de formación teórica y práctica basados en los principios de gestión del riesgo y las metodologías de trabajo seguro desarrolladas en el manual.

El modelo de certificación debería estructurarse bajo un enfoque de competencias, permitiendo validar el desempeño técnico de los participantes en contextos operativos simulados. Asimismo, se gestionaría la articulación del programa con el sistema nacional

de certificación de competencias laborales administrado por ChileValora, lo que permitiría formalizar perfiles ocupacionales asociados al trabajo vertical.

La consolidación de un sistema formativo estandarizado contribuirá a fortalecer la profesionalización del sector y a establecer una base de capital humano calificado para la implementación del futuro estándar nacional.

3.5.6.3 Etapa 3: Normalización técnica nacional (2029–2030)

En la tercera etapa se propone iniciar el proceso de normalización técnica del estándar mediante su presentación ante el Instituto Nacional de Normalización, con el objetivo de desarrollar una Norma Chilena orientada a regular los sistemas de acceso por cuerdas para trabajo vertical industrial.

La elaboración de esta norma requerirá la conformación de un comité técnico multidisciplinario que incluya representantes del sector industrial, organismos administradores del seguro laboral, instituciones académicas y especialistas en seguridad ocupacional. Este comité tendrá la responsabilidad de revisar, adaptar y validar los contenidos técnicos del manual a fin de transformarlos en un documento normativo que pueda ser aplicado de manera transversal en distintos sectores productivos.

La publicación de una Norma Chilena específica permitiría establecer criterios homogéneos para el diseño de sistemas de acceso por cuerdas, la formación del personal, la inspección de equipos y la planificación de rescates, contribuyendo así a mejorar la gestión del riesgo en actividades verticales.

3.5.6.4 Etapa 4: Integración institucional y adopción sectorial (2030-2032)

La etapa final del proceso contempla la integración progresiva del estándar técnico dentro del sistema nacional de seguridad y salud en el trabajo. En esta fase, organismos públicos como la Superintendencia de Seguridad Social podrían incorporar referencias al estándar dentro de guías técnicas o criterios preventivos destinados a orientar la gestión del riesgo en actividades de trabajo en altura.

Asimismo, los organismos administradores del seguro laboral podrían promover la adopción del estándar en empresas afiliadas mediante programas de prevención, auditorías técnicas y capacitaciones especializadas. Esta etapa permitiría consolidar el

reconocimiento del estándar a nivel industrial y fortalecer su aplicación práctica en diversos sectores productivos.

Con el tiempo, la integración del estándar dentro de políticas públicas y programas de prevención podría contribuir a la reducción de accidentes asociados a caídas desde altura, alineando las prácticas nacionales con los estándares internacionales de seguridad laboral.

3.5.7 Visión estratégica a largo plazo

La implementación progresiva de esta hoja de ruta permitiría establecer en Chile un estándar técnico nacional para el trabajo vertical mediante acceso por cuerdas, contribuyendo a fortalecer la gestión preventiva en actividades de alto riesgo. Además, generaría un marco estructurado para la formación de especialistas, la certificación de competencias y la regulación técnica de operaciones verticales en entornos industriales complejos.

En este sentido, la presente trabajo no solo propone un manual operativo, sino también un modelo de desarrollo institucional capaz de articular conocimiento técnico, formación especializada y regulación normativa, sentando las bases para la consolidación de una disciplina profesional en el ámbito del trabajo vertical en Chile.

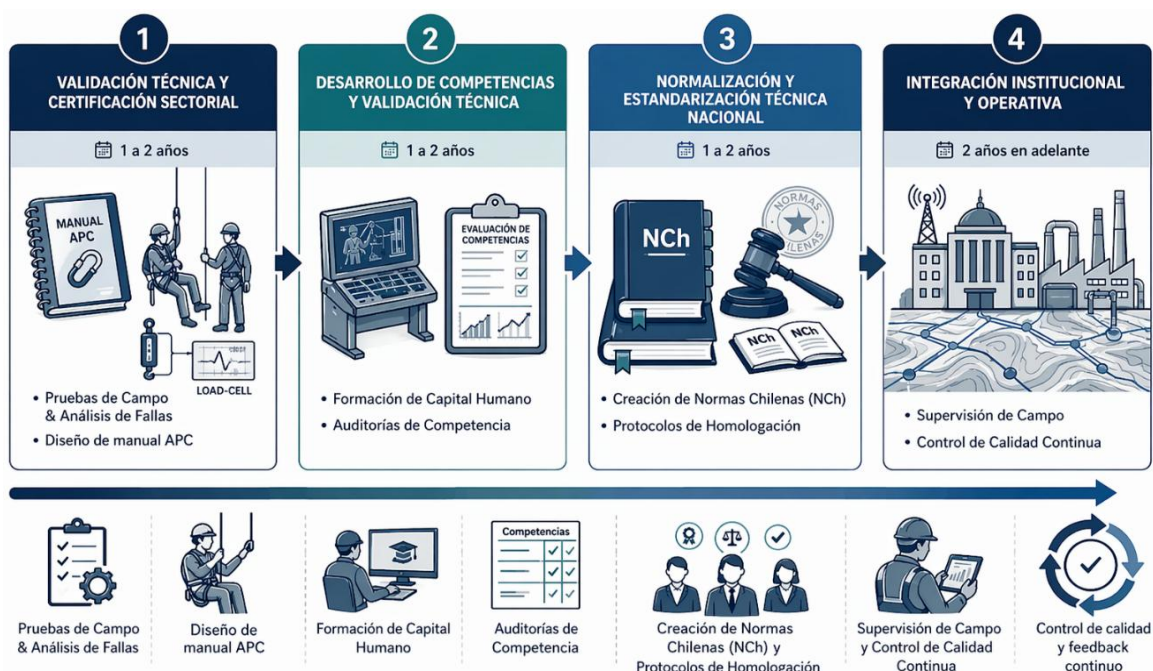


Figura 3-12: Plazos desarrollo de Institucionalización de Norma Chilena.

Fuente: Elaboración propia. Resumen estratégico sección 3.4.6.

MATRIZ DE IMPACTO DEL ESTÁNDAR NACIONAL DE TRABAJO VERTICAL EN SEGURIDAD LABORAL				
Dimensión del sistema de seguridad	Situación actual (sin estándar específico)	Impacto esperado con estándar nacional	Indicadores de evaluación	Horizonte de impacto
Gestión del riesgo laboral	Gestión preventiva general sin criterios técnicos específicos para acceso por cuerdas	Implementación de metodologías estandarizadas para identificación, evaluación y control de riesgos en trabajos verticales	Número de procedimientos estandarizados implementados	Corto plazo
Prevención de accidentes por caídas	Alta incidencia de accidentes por caídas desde altura en diversos sectores industriales	Reducción significativa del riesgo mediante sistemas redundantes, procedimientos operativos y planificación de rescate	Tasa de accidentes por caída desde altura	Mediano plazo
Competencias técnicas del personal	Formación heterogénea basada en capacitaciones internas o certificaciones internacionales no institucionalizadas	Profesionalización del trabajo vertical mediante certificación académica y validación de competencias laborales	Número de trabajadores certificados	Corto–Mediano plazo
Estandarización operativa en la industria	Variabilidad significativa en los métodos de trabajo utilizados por diferentes empresas	Homogeneización de prácticas seguras a nivel nacional mediante procedimientos técnicos comunes	Nivel de adopción del estándar en empresas	Mediano plazo
Fiscalización y control preventivo	Limitaciones en la fiscalización debido a la ausencia de criterios técnicos específicos	Fortalecimiento de auditorías técnicas y programas preventivos basados en estándares reconocidos	Número de auditorías técnicas basadas en el estándar	Mediano plazo
Desarrollo de capital humano especializado	Escasa oferta formativa especializada en trabajo vertical industrial	Creación de programas universitarios y certificaciones técnicas especializadas	Número de programas formativos implementados	Largo plazo
Innovación en seguridad industrial	Bajo desarrollo de investigación aplicada en técnicas de acceso por cuerdas	Impulso a la investigación en tecnologías de rescate, dispositivos y metodologías de seguridad vertical	Número de proyectos de investigación aplicada	Largo plazo
Cultura preventiva en la industria	Enfoque reactivo frente a incidentes relacionados con trabajos en altura	Consolidación de una cultura preventiva basada en estándares técnicos y formación especializada	Percepción de cultura de seguridad en encuestas sectoriales	Largo plazo
Alineación con estándares internacionales	Aplicación parcial y no sistemática de normas internacionales	Integración estructurada con normas como ISO 22846-1, ISO 22846-2 y ISO 45001	Nivel de cumplimiento normativo en auditorías	Mediano plazo
Impacto socioeconómico	Costos asociados a accidentes laborales, interrupciones operativas y pérdida de productividad	Reducción de costos por siniestralidad y aumento de eficiencia operativa en trabajos verticales	Costos asociados a accidentes laborales	Largo plazo

Tabla 3-2: Matriz de Impacto de Estándar de Trabajo Vertical en Seguridad laboral

Fuente: Elaboración propia, a partir de investigación medular.

3.5.8 Impactos de la implementación en Seguridad Laboral

La matriz evidencia que la implementación de un estándar nacional para trabajo vertical generaría impactos en tres niveles del sistema de seguridad laboral:



Figura 3-13: Interpretación de Matriz de Impacto

Fuente: Elaboración propia, a partir de desarrollo de matriz.

3.6 ANÁLISIS DE ALCANCES, LIMITACIONES Y REPLICABILIDAD

3.6.1 Alcances, limitaciones y replicabilidad del modelo propuesto

En coherencia con el desarrollo del Manual Operativo de Trabajo Vertical y Rescate Técnico Industrial y con su proyección hacia una certificación universitaria, resulta necesario delimitar explícitamente los alcances, reconocer las limitaciones y analizar la replicabilidad del modelo propuesto. Esta reflexión permite situar el aporte de la presente tesis dentro de un marco realista, evitando extrapolaciones indebidas y facilitando su utilización responsable tanto en el ámbito industrial como académico.

3.6.1.1 Alcances del modelo

El modelo propuesto alcanza un nivel de desarrollo técnico y metodológico que permite su aplicación directa en organizaciones que realizan trabajos verticales y rescates industriales en el contexto chileno. En particular, sus principales alcances se expresan en los siguientes aspectos:

- **Estandarización operativa:** el manual entrega procedimientos claros, secuenciados y verificables para el acceso por cuerdas y el rescate técnico, reduciendo la variabilidad operacional observada en la práctica nacional.
- **Integración normativa:** el modelo articula normativa chilena vigente con estándares internacionales de referencia, permitiendo una aplicación legalmente compatible y técnicamente robusta.
- **Enfoque por competencias:** la definición de competencias, criterios de desempeño y rúbricas de evaluación habilita procesos formativos y de certificación basados en evidencia observable.
- **Aplicabilidad organizacional:** el modelo es implementable en RSL Chile como caso aplicado, integrándose a sistemas de gestión existentes y fortaleciendo el control operacional.
- **Proyección académica:** el manual constituye una base estructurada para el desarrollo de certificaciones universitarias en trabajos de alto riesgo, alineadas con principios de aseguramiento de la calidad.

Estos alcances sitúan al modelo como una herramienta integral, que conecta operación, prevención, formación y gestión, en coherencia con enfoques internacionales utilizados en el trabajo vertical y el rescate técnico.

3.6.1.2 Limitaciones del modelo

A pesar de su robustez metodológica, el modelo presenta limitaciones que deben ser reconocidas para evitar una aplicación fuera de su contexto de diseño:

- **Dependencia del contexto organizacional:** la efectividad del manual está condicionada al nivel de madurez preventiva, disponibilidad de recursos y compromiso de la organización que lo adopta.

- **Ausencia de estandarización nacional específica:** la falta de un estándar chileno exclusivo para trabajo vertical y rescate industrial limita el reconocimiento formal del modelo a nivel regulatorio.
- **Alcance sectorial:** el manual está diseñado principalmente para contextos industriales y de infraestructura, por lo que su aplicación en otros ámbitos (rescate urbano, emergencia pública) requeriría adaptaciones.
- **Validación empírica acotada:** la validación práctica del modelo se circunscribe a un caso aplicado, lo que restringe la generalización estadística de sus resultados.
- **Actualización normativa y tecnológica:** el modelo requiere revisiones periódicas para mantenerse alineado con cambios normativos, tecnológicos y metodológicos.

Estas limitaciones no invalidan el modelo, pero establecen condiciones claras para su uso responsable y para futuras líneas de investigación y desarrollo.

3.6.1.3 Replicabilidad del modelo

Uno de los principales aportes del modelo propuesto es su capacidad de replicación, tanto en otras organizaciones del sector industrial como en el ámbito académico. Esta replicabilidad se sustenta en:

- Una estructura modular del manual,
- Procedimientos basados en principios técnicos universales,
- Un enfoque por competencias independiente de marcas o proveedores,
- Criterios de evaluación estandarizados y documentables.

Desde el punto de vista organizacional, el modelo puede ser replicado en empresas que desarrollen trabajos en altura, mantenimiento industrial, energía, minería e infraestructura, siempre que se realice un diagnóstico previo y una adaptación contextual.

Desde la perspectiva académica, el modelo es replicable como base para programas de certificación universitaria, diplomados o cursos de especialización, permitiendo su implementación en distintas instituciones de educación superior. En este sentido, los esquemas metodológicos utilizados internacionalmente funcionan como referencia conceptual, demostrando que es posible estructurar procesos formativos rigurosos sin

depender de certificaciones externas, siempre que exista una base técnica sólida y una evaluación por competencias.

CONCLUSIONES

El desarrollo de este trabajo permitió abordar de forma estructurada la falta de estandarización técnica del trabajo vertical y rescate industrial en Chile, evidenciando la inexistencia de una normativa específica para estas actividades.

Se desarrolló el cambio de perspectiva para comprender el trabajo vertical no como un conjunto aislado de técnicas o equipos, sino como un sistema sociotécnico de alto riesgo, donde la seguridad depende de la interacción entre personas, procedimientos, equipamiento, la organización y gestión.

Con relación al punto anterior, el cambio conceptual permitió superar la visión fragmentada —general en la normativa nacional— y adoptar un enfoque sistémico, alineado con estándares internacionales contemporáneos y con los principios de la gestión moderna del riesgo.

El análisis comparativo entre la normativa chilena aplicable y los estándares internacionales evidenció brechas relevantes tanto a nivel normativo como técnico-operacional, abarcando aspectos críticos como la definición de roles, la formación por competencias, la redundancia de sistemas, la planificación del rescate como parte integral del trabajo y la trazabilidad de los procesos.

La identificación de estas brechas permitió constituir un insumo clave para justificar el diseño de un Manual Operativo estandarizado, concebido como un instrumento técnico-preventivo capaz de traducir principios normativos generales en procedimientos operativos concretos.

Otro aporte significativo del trabajo fue la proyección del manual más allá de su aplicación organizacional inmediata. Al incorporar un enfoque por competencias, instrumentos de evaluación y criterios de desempeño observables, el manual se consolidó como una base sólida para la creación de una certificación universitaria, compatible con el marco legal chileno y con los estándares internacionales de referencia.

Este cambio amplió el alcance del estudio desde la prevención de riesgos a la profesionalización del sector, posicionando a la universidad como un actor clave en la formación, evaluación y validación de competencias en trabajos de alto riesgo.

Asimismo, el análisis de alcances, limitaciones y replicabilidad permitió situar el modelo propuesto dentro de un marco realista, reconociendo tanto su potencial de transferencia como las condiciones necesarias para su implementación efectiva.

En particular, se destacó que la estandarización operativa y la certificación por competencias no dependen únicamente de documentos técnicos, sino de la madurez organizacional, el compromiso institucional y la integración con sistemas de gestión existentes.

ANEXOS

ANEXO N°1:

Alineación del Manual con rúbricas de certificación por competencias

El Manual de Operaciones se concibe como soporte técnico-pedagógico para una futura certificación universitaria, permitiendo traducir procedimientos operativos en resultados de aprendizaje evaluables. Esta alineación se basa en modelos internacionales de certificación por competencias, utilizados como referencia metodológica, y adaptados al contexto académico chileno.

N°	Dimensión	Aplicación en el Manual	Evidencia evaluable
1	Competencia técnica	Procedimientos estandarizados por función	Ejecución práctica controlada
2	Seguridad operativa	Gestión de riesgos y redundancias	Análisis de riesgo aplicado
3	Toma de decisiones	Protocolos ante contingencias	Resolución de escenarios
4	Uso de equipos	Selección, inspección y compatibilidad	Checklists técnicos
5	Trabajo en equipo	Roles, comunicación y supervisión	Evaluación situacional
6	Rescate industrial	Procedimientos integrados de rescate	Simulación de rescate

Niveles de dominio propuestos:

1. **Nivel Básico:** Comprende y aplica procedimientos bajo supervisión.
2. **Nivel Intermedio:** Ejecuta procedimientos de forma autónoma y segura.
3. **Nivel Avanzado:** Supervisa, gestiona riesgos y lidera rescates complejos.

Estos niveles permiten estructurar trayectorias formativas progresivas, coherentes con el enfoque universitario basado en resultados de aprendizaje y competencias demostrables.

ANEXO N°2:

Rúbrica de Evaluación de Competencias en Rescate Técnico Vertical

Item	Competencia evaluada	Criterios de desempeño	Nivel insuficiente (1)	Nivel básico (2)	Nivel competente (3)	Nivel avanzado / certificable (4)
1	Análisis del escenario y activación del rescate	Identifica riesgos, tipo de rescate y condiciones del entorno	No identifica riesgos críticos ni tipo de rescate	Identifica riesgos generales, pero con omisiones relevantes	Identifica correctamente riesgos y tipo de rescate	Evalúa integralmente el escenario, anticipa riesgos y valida la estrategia
2	Planificación del rescate	Define maniobra, roles y secuencia operativa	No existe planificación clara	Plan incompleto o poco estructurado	Plan claro y coherente con el escenario	Plan optimizado, adaptable y alineado al manual
3	Gestión de roles y comunicación	Asignación de funciones y comunicación efectiva	Roles no definidos ni coordinados	Roles definidos, pero con fallas de comunicación	Roles claros y comunicación funcional	Liderazgo técnico, comunicación clara y continua
4	Selección y configuración de sistemas de rescate	Uso correcto de equipos, anclajes y redundancias	Sistemas incorrectos o inseguros	Sistemas funcionales, pero con errores menores	Sistemas correctos y seguros	Sistemas optimizados, redundantes y eficientes
5	Ejecución técnica de la maniobra	Control, fluidez y seguridad durante el rescate	Maniobra insegura o interrumpida	Maniobra funcional con pérdida de control parcial	Maniobra controlada y segura	Maniobra precisa, fluida y técnicamente ejemplar
6	Protección del rescatista y la víctima	Control de caídas, aristas y cargas dinámicas	Riesgo evidente para rescatista/víctima	Control parcial de riesgos	Riesgos controlados adecuadamente	Control total y anticipación de riesgos
7	Gestión de la víctima	Manipulación, traslado y prevención de suspensión inerte	Manejo inadecuado de la víctima	Manejo básico con errores	Manejo seguro y conforme al protocolo	Manejo óptimo, rápido y técnicamente sólido
8	Cierre del rescate y control post-evento	Aseguramiento del área y evaluación final	No se ejecuta cierre	Cierre incompleto	Cierre correcto y ordenado	Cierre completo con evaluación crítica
9	Registro y trazabilidad	Documentación del rescate o simulacro	No registra	Registro incompleto	Registro completo	Registro completo con análisis y mejora
10	Cumplimiento del Manual Operativo	Alineación con procedimientos establecidos	No cumple procedimientos	Cumple parcialmente	Cumple integralmente	Aplica y mejora el procedimiento

ANEXO N°3:

Checklist de criterios de diseño del Manual de Operaciones

1. Enfoque sistémico

- ☐ El manual aborda el trabajo vertical como un sistema integrado persona–equipo–procedimiento–entorno–organización.
- ☐ El rescate industrial se incorpora como parte inherente del sistema de trabajo.

2. Alineación normativa

- ☐ Los procedimientos se fundamentan en normativa chilena vigente.
- ☐ Se incorporan criterios técnicos derivados de normas ISO internacionales aplicables.
- ☐ Se explicita la adaptación contextual al marco regulatorio nacional.

3. Estructura funcional

- ☐ Los contenidos están organizados por funciones operativas (acceso, posicionamiento, progresión, rescate).
- ☐ Cada función tiene objetivos, límites operacionales y criterios de desempeño claros.

4. Principio de redundancia

- ☐ Se definen sistemas principales y secundarios de seguridad.
- ☐ Se establecen controles cruzados técnicos y organizacionales.
- ☐ Se incorporan criterios mínimos de respaldo ante fallas previsibles.

5. Gestión del riesgo

- ☐ Cada procedimiento identifica peligros críticos.
- ☐ Se describen medidas de control jerarquizadas.
- ☐ Se consideran escenarios de falla y respuesta.

6. Enfoque por competencias

- ☐ Cada procedimiento está asociado a competencias técnicas específicas.
- ☐ Se definen niveles de responsabilidad y supervisión.
- ☐ Se establecen requisitos de experiencia y formación.

7. Claridad operativa

- ☐ El lenguaje es técnico, preciso y no ambiguo.
- ☐ Los pasos operativos son secuenciales y verificables.
- ☐ Se incluyen criterios de aceptación y rechazo.

8. Trazabilidad documental

- ☐ Los procedimientos permiten auditoría y verificación externa.
- ☐ Se facilita la integración con sistemas de gestión SST.
- ☐ Se contempla actualización y mejora continua.

ANEXO N°4

Checklist Operativo de Rescate Técnico Vertical

A. Preparación previa al trabajo (obligatorio antes de iniciar faena)

- ☐ Existe Plan de Rescate específico para la tarea, estructura y entorno.
- ☐ El plan de rescate está documentado, vigente y aprobado por supervisión competente.
- ☐ Se ha definido el tipo de rescate aplicable (auto- rescate, pick-off, descenso, izado, rescate desde estructura, espacio confinado).
- ☐ Se han identificado riesgos críticos específicos del rescate (caída secundaria, colapso estructural, atmósfera peligrosa, interferencias).
- ☐ Los roles de rescate están claramente asignados (rescatista principal, respaldo, supervisor).
- ☐ El personal asignado al rescate posee competencias demostrables y vigentes.
- ☐ Se ha verificado la accesibilidad real al punto de rescate.
- ☐ Existen medios de comunicación operativos entre rescatistas y supervisión.

B. Verificación de equipos de rescate

- ☐ Equipos de rescate separados o identificados respecto a los equipos de trabajo rutinario.
- ☐ Dispositivos certificados y compatibles con sistemas de acceso por cuerdas.
- ☐ Cuerdas de rescate con longitud suficiente para el escenario previsto.
- ☐ Sistemas de respaldo y redundancia disponibles (doble cuerda / doble anclaje).
- ☐ Conectores, poleas y dispositivos sin daños visibles y con inspección vigente.
- ☐ Equipos de primeros auxilios disponibles y accesibles.
- ☐ Elementos para manejo de suspensión inerte considerados (posición, descarga progresiva).

/

C. Activación del rescate

- ☐ Se evalúa la condición de la víctima (consciente / inconsciente / movilidad).
- ☐ Se prioriza la reducción del tiempo de suspensión sin comprometer la seguridad.
- ☐ Se confirma la estabilidad del sistema de anclaje antes de intervenir.
- ☐ El rescatista principal trabaja siempre con sistema independiente de respaldo.
- ☐ El rescatista de apoyo monitorea permanentemente la seguridad del sistema.
- ☐ Se mantiene comunicación continua durante toda la maniobra.

D. Ejecución de la maniobra de rescate

- ☐ Maniobra seleccionada corresponde al plan definido.
- ☐ Sistemas de izado o descenso correctamente configurados y verificados.
- ☐ Transiciones controladas (cuerda–estructura / estructura–cuerda).
- ☐ Evitación de cargas dinámicas innecesarias.
- ☐ Protección del rescatista frente a aristas, atrapamientos y caídas secundarias.
- ☐ Descenso o izado de la víctima ejecutado de forma controlada y continua.

E. Post-rescate inmediato

- ☐ La víctima es trasladada a zona segura.
- ☐ Se aplican primeros auxilios según condición.
- ☐ Se gestiona atención médica externa si corresponde.
- ☐ Se evalúa riesgo de síndrome de suspensión inerte.
- ☐ Se asegura el área antes de reiniciar o suspender faena.

F. Cierre, registro y mejora continua

- ☐ Registro completo del rescate o simulacro.
- ☐ Identificación de desviaciones o dificultades operativas.
- ☐ Retroalimentación al equipo de trabajo.
- ☐ Actualización del Plan de Rescate si corresponde.
- ☐ Incorporación de lecciones aprendidas al Manual y a la formación.

ANEXO N°5

ANALISIS DE COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN

I. Resumen de costos implementación en RSL Chile

COSTO IMPLEMENTACIÓN MANUAL				
DENOMINACIÓN DEL BIEN	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR IMPLEMENTACIÓN POR TRABAJADOR	CANTIDAD	VALOR TOTAL MAS IVA
IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPAMIENTO NORMADO	UNIDAD	\$ 4.754.040	1	\$ 4.754.040
IMPLEMENTACIÓN MANUAL DE ACCESO POR CUERDAS	UNIDAD	\$ 4.700.000	1	\$ 4.700.000
REPOSICIÓN EPP	PERSONA	\$ 244.247	5	\$ 1.221.235
CERTIFICACIÓN DE EQUIPOS	UNIDAD	\$ 6.835.000	1	\$ 6.835.000
CAPACITACIÓN CONTINUA	PERSONA	\$ 120.000	5	\$ 600.000
COSTO TOTAL IMPLEMENTACIÓN MANUAL EN CLP				\$ 18.110.275

II. Resumen de costos inversión inicial para empresa dotación 5 técnicos.

COSTO IMPLEMENTACIÓN MANUAL				
DENOMINACIÓN DEL BIEN	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR IMPLEMENTACIÓN POR TRABAJADOR	CANTIDAD	VALOR TOTAL MAS IVA
IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPAMIENTO NORMADO	UNIDAD	\$ 32.835.570	1	\$ 32.835.570
IMPLEMENTACIÓN MANUAL DE ACCESO POR CUERDAS	UNIDAD	\$ 4.700.000	1	\$ 4.700.000
CERTIFICACIÓN DE EQUIPOS	UNIDAD	\$ 6.835.000	1	\$ 6.835.000
OTROS GASTOS	UNIDAD	\$ 6.000.000	1	\$ 6.000.000
COSTO TOTAL IMPLEMENTACIÓN MANUAL EN CLP				\$ 50.370.570

III. DIAGNÓSTICO EMPRESA RSL

LEVANTAMIENTO CAPACIDAD DE EQUIPAMIENTO RSL CHILE						
	Posesión	¿Necesita?	Cantidad	Valor unitario		Valor total
DESCENSORES						
Descensor autofrenante Petzl ID Evac	100%	no	0	\$	96.790	\$ -
Descensor autofrenante Petzl Maestro S				\$	729.900	\$ -
CABOS DE ANCLAJE						
Cabos de anclaje con dispositivo de absorción de impacto homologado EN 355	90%	si	1	\$	24.990	\$ 24.990
MOSQUETONES C/CIERRE DE SEGURIDAD						
MAILONES DELTA 10mm	100%	no	0	\$	10.990	\$ -
Mosquetón de seguridad Grivel Screw Lock	100%	no	0	\$	21.482	\$ -
					\$	-
ANTICAÍDAS						
Anticaídas SHUNT	50%	si	5	\$	114.990	\$ 574.950
ASAP	100%	no	0	\$	179.900	\$ -
STICK RUN MF54 10/12mm	70%	si	3	\$	116.970	\$ 350.910
BLOQUEADORES						
CROLL DE PEZTL (Bloqueador Puño)	100%	no	0	\$	99.990	\$ -
PANTIN DE PEZTL (Bloqueador de pecho)	100%	no	0	\$	200.000	\$ -
BASIC DE PEZTL (Bloqueador de pie)	100%	no	0	\$	189.990	\$ -
ARNÉSES						
Arnés integral industrial SOLACE	80%	si	2	\$	359.900	\$ 719.800
CASCO						
Casco de seguridad V-Gard H1	100%	no	0	\$	125.349	\$ -
SILLA DE TRABAJO						
Silla Podium Petzl	40%	si	3	\$	169.900	\$ 509.700
PORTAHERRAMIENTAS						
Portaherramientas trab. Pasado 310x880mm E-15235 Makita	100%	no	0	\$	130.745	\$ -
UÑA						
Uña	100%	no	0	\$	12.990	\$ -
SACO DE TRANSPORTE						
Saco de transporte robusto Transport 30	100%	no	0	\$	139.900	\$ -
CUERDAS						
DINÁMICAS						
CUERDA DINÁMICA 11mm	100%	no	0	\$	146.000	\$ -
SEMIESTÁTICAS						
CUERDA SEMIESTÁTICA 11mm Tipo A	100%	no	0	\$	974.990	\$ -
CUERDA SEMIESTÁTICA 11mm Tipo B	80%	sí	2	\$	919.990	\$ 1.839.980
CINTAS						
Cinta cosida de anclaje Tie-Off PCX 003 150 cm 12 KN Climax	70%	sí	3	\$	23.990	\$ 71.970
				\$	-	\$ -
ESLINGAS						
ESLINGAS DE CABLE	90%	sí	1	\$	416.750	\$ 416.750
				\$	-	\$ -
POLEAS						
Polea bloqueadora PRO Traxion Petzl	90%	sí	1	\$	244.990	\$ 244.990
PROTECTORES DE CUERDAS						
Protector de cuerda Atika Singing rock Orion Safety	100%	no	0	\$	94.012	\$ -
GUANTES						
Guantes para cuerdas Petzl cordex negro	100%	no	0	\$	39.990	\$ -
SUBTOTAL ELEMENTOS TRABAJO VERTICAL					\$ 5.585.488	\$ 4.754.040

ANALISIS CAPEX

ADQUISIÓN SISTEMA PERSONAL DE TRABAJO VERTICAL						
ELEMENTO/ MODELO	UNIDAD DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN GENERAL	NORMATIVIDAD	VALOR UNITARIO	CANTIDAD POR TRABAJADOR	VALOR TOTAL
DESCENSORES						
Descensor autofrenante Petzl ID Evac	UNIDAD	WLL 150Kg/ 100Kg Estándar de trabajo	EN 341	\$ 96.790	1	\$ 96.790
Descensor autofrenante Petzl Maestro S	UNIDAD	Desendedor con polea bloqueadora integrada para cargas hasta 250kg compatible con cuerdas de 10,5 a 11,5mm		\$ 729.900	1	\$ 729.900
CABOS DE ANCLAJE						
Cabos de anclaje con dispositivo de absorción de impacto homologado EN 355	CAJA 8u	Para anclajes móviles o estáticos, bloqueadores, otras personas, etc. Debe disponer de un dispositivo de absorción de impacto homologado	EN 355	\$ 24.990	1	\$ 24.990
MOSQUETONES C/CIERRE DE SEGURIDAD						
MAILONES DELTA 10mm	UNIDAD	MBL 45KN/ WLL 10KN/ Rango de seguridad 1:5	EN 362	\$ 10.990	2	\$ 21.980
Mosquetón de seguridad Grivel Screw Lock	UNIDAD	MBL 25KN/ WLL 5KN/ Rango de seguridad 1:5		\$ 21.482	6	\$ 128.892
ANTICAÍDAS						
Anticaídas SHUNT	UNIDAD	Dispositivo de seguridad para bloqueo ante descenso rápido.	EN 353	\$ 114.990	1	\$ 114.990
ASAP	UNIDAD	Dispositivo de seguridad para bloqueo ante descenso rápido.	EN 353	\$ 179.900	1	\$ 179.900
STICK RUN MF54 10/12mm	UNIDAD	Dispositivo de seguridad para bloqueo ante descenso rápido.	EN 353	\$ 116.970	1	\$ 116.970
BLOQUEADORES						
CROLL DE PEZTL (Bloqueador Puño)	UNIDAD	MBL 4.2 KN	EN 12841-B y EN 567	\$ 99.990	1	\$ 99.990
PANTIN DE PEZTL (Bloqueador de pecho)	UNIDAD	Aceno por cuerda fija, complemento del puño colocado a nivel ventral.	EN 12841-B y EN 567	\$ 200.000	1	\$ 99.990
BASIC DE PEZTL (Bloqueador de pie)	UNIDAD	Elemento se utiliza como apoyo en la progresión por cuerda o para incorporarse. No es equipo de protección, por lo que no requiere normalización.	EN 12841-B y EN 567	\$ 189.990	1	\$ 89.990
ARNÉSES						
Arnés integral industrial SOLACE	UNIDAD	2270g (talla M-L)	EN 361, EN 813, EN 358.	\$ 359.900	1	\$ 359.900
CASCO						
Casco de seguridad V-Gard H1	UNIDAD	EN 397. Tipo 1 y clase E, certificado Norma ANSI Z89.1 (2014) • Polipropileno de alta densidad. • 6 puntos de apoyo para la fuerza de impacto. • Resistencia a 20.000 V (Voltios) dieléctrico. • 3 o 4 puntos de conexión del barbuquejo.	ANSI Z89.1:2014, EN 361, EN 358, EN 813	\$ 125.349	1	\$ 125.349
SILLA DE TRABAJO						
Silla Podium Petzl	UNIDAD	Elemento obligatorio según art.4.1.3 del anexo RD 2177/04	EN 362.	\$ 169.900	1	\$ 169.900
PORTAHERRAMIENTAS						
Portaherramientas trab. Pasado 310x880mm E-15235 Makita	UNIDAD	E-15235 Makita		\$ 130.745	1	\$ 130.745
UÑA						
Uña	UNIDAD	Elemento se utiliza solo para hacer pequeños desvios o como elemento de sujeción cuando se usan taladros y otras herramientas.		\$ 12.990	1	\$ 12.990
SACO DE TRANSPORTE						
Saco de transporte robusto Transport 30	UNIDAD	Marca Petzl. Saca de transporte robusta. 30 l.		\$ 139.900	1	\$ 139.900
CUERDAS DINÁMICAS						
CUERDA DINÁMICA 11mm	UNIDAD	Carga de impacto 5 caídas de factor 1.77 con una masa de 80kg. Fuerza de impacto no superior a 12KN. EN 892. 200	EN 1891	\$ 146.000	1	\$ 146.000
SEMIESTÁTICAS						
CUERDA SEMIESTÁTICA 11mm Tipo A	UNIDAD	MBL 30KN / WLL 3KN/ Rango de seguridad 1:10 200m	EN 1891	\$ 974.990	1	\$ 974.990
CUERDA SEMIESTÁTICA 11mm Tipo B	UNIDAD	MBL 30KN / WLL 3KN/ Rango de seguridad 1:10 200m	EN 1891	\$ 919.990	1	\$ 919.990
CINTAS						
Cinta cosida de anclaje Tie-Off PCX 003 150 cm 12 KN Climax	UNIDAD	MBL 27KN/ WLL/2.7KN/ Rango de seguridad 1:10	EN 1891	\$ 23.990	2	\$ 47.980
ESLINGAS						
ESLINGAS DE CABLE	UNIDAD	MBL 25KN/ WLL 5KN/ Rango de seguridad 1:5	EN 1891	\$ 416.750	2	\$ 833.500
POLEAS						
Polea bloqueadora PRO Traxion Petzl	UNIDAD	Polea loqueadora imperdible de alto rendimiento con eslabón giratorio	EN 14241 tipo B	\$ 244.990	1	\$ 244.990

PROTECTORES DE CUERDAS

Protector de cuerda Atika Singing rock Orion Safety	UNIDAD	Elemento de seguridad que actúa como barrera contra filos cortantes, superficies abrasivas o zonas calientes.	\$ 94.012	2	\$ 188.024
---	--------	---	-----------	---	------------

GUANTES

Guantes para cuerdas Petzl cordex negro	UNIDAD	Guantes de alto rendimiento Categoría II o III	\$ 39.990	2	\$ 79.980
---	--------	--	-----------	---	-----------

SUBTOTAL ELEMENTOS TRABAJO VERTICAL			\$ 5.585.488		\$ 6.078.620
--	--	--	---------------------	--	---------------------

KIT EPP						
ELEMENTO/ MODELO	UNIDAD DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN GENERAL	NORMATIVIDAD	VALOR UNITARIO	CANTIDAD POR TRABAJADOR	VALOR TOTAL
RESPIRADORES						
MÁSCARA CON FILTRO						
Mascarilla 3m6200 + filtros 3m7093c (p100/ácidos/vapores orgánicos)	UNIDAD	3M modelo 6200+7093C Ácidos, Fundición, Metalúrgica, Pintura, Soldadura, carpintería		\$ 36.850	1	\$ 36.850
MASCARILLAS						
Respirador de seguridad 3M N95 8210 V	CAJA 10u	Desechable - empaque individual		\$ 16.790	3	\$ 50.370
PROTECTORES OCULARES						
ANTIPARRAS DE PROTECCIÓN CLARAS	UNIDAD	Marco ajustable 3M		\$ 8.900	1	\$ 8.900
ANTIPARRAS DE PROTECCIÓN OSCURAS	UNIDAD	Marco ajustable 3M		\$ 4.777	1	\$ 4.777
PROTECTORES AUDITIVOS						
Protector auditivo 3M Casco Peltor H510P3E	PAR	Disminución de ruido 26dB		\$ 19.790	3	\$ 59.370
Tapón auditivo 3M desechable 1100	PAR			\$ 140		
VESTIMENTA DE TRABAJO						
Camiseta tipo polo	UNIDAD	Camibuso		\$ 9.000	2	\$ 18.000
Chaleco de seguridad	UNIDAD	En drill, cuatro bolsillos, cremallera, cinta reflectiva en tela		\$ 8.990	1	\$ 8.990
Uniforme dos piezas	UNIDAD	Dotación industrial, aseo, servicios generales.		\$ 56.990	1	\$ 56.990
CALZADO						
Bota de seguridad Hardwork Bering Hiker C/ Thinsulate azul	PAR			\$ 49.990	1	\$ 49.990
SUBTOTAL ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL			\$ 162.227			\$ 244.247

ANÁLISIS OPEX

CERTIFICACIÓN DE EQUIPAMIENTO TÉCNICO								
Elemento	Fecha adquisición	Unidad costo	Valor	Cantidad de certificaciones	Cantidad (m; uni)	Valor unitario (CLP)	Observaciones	
Cuerdas	01/03/2026	unidad	\$ 25.000	1	600,00	\$ 15.000.000	Crítico	
Arnés	01/03/2026	unidad	\$ 25.000	1	5	\$ 125.000	Revisar costuras	
Descensores	01/03/2026	unidad	\$ 10.000	1	5	\$ 50.000	Crítico	
Anticaidas	01/03/2026	unidad	\$ 10.000	1	5	\$ 50.000	Crítico	
Bloqueadores	01/03/2026	unidad	\$ 10.000	1	10	\$ 100.000	Crítico	
Mosquetones	01/03/2026	unidad	\$ 10.000	1	40	\$ 400.000	Crítico	
Cintas cosidas	01/03/2026	unidad	\$ 10.000	1	32,00	\$ 320.000	Crítico	
Eslingas	01/03/2026	unidad	\$ 10.000	1	4	\$ 40.000	Crítico	
Silla de trabajo	01/03/2026	unidad	\$ 10.000	1	5	\$ 50.000	Crítico	
SUBTOTAL ELEMENTOS TRABAJO VERTICAL						\$ 6.835.000		

REPOSICIONES SISTEMA DE CUERDAS								
Elemento	Modelo / Tipo	Fecha adquisición	Vida útil estimada	Garantía	Fecha reposición	Valor unitario (CLP)	Observaciones	
Cuerda semiestática	11 mm Tipo A	01/03/2026	2 años	1 año	01/03/2028	\$ 374.990	Uso intensivo	
Cuerda seguridad	11 mm Tipo A	01/03/2026	2 años	1 año	01/03/2028	\$ 180.000	Línea de vida	
Arnés	Industrial 5 puntos	01/03/2026	3 años	1 año	01/03/2029	\$ 359.900	Revisar costuras	
Descensor	Autodetención	01/03/2026	5 años	3 años	01/03/2031	\$ 96.790	Revisión desgaste	
Anticaidas	Deslizante	01/03/2026	5 años	2 años	01/03/2031	\$ 114.990	Crítico	
Bloqueador puño	Mecánico	01/03/2026	5 años	2 años	01/03/2031	\$ 80.000		
Bloqueador pecho	Mecánico	01/03/2026	5 años	2 años	01/03/2031	\$ 70.000		
Bloqueador pie	Mecánico	01/03/2026	5 años	2 años	01/03/2031	\$ 60.000		
Mosquetones	Acero seguro	01/03/2026	5 años	1 año	01/03/2031	\$ 15.000	Unidad (x8)	
Maillón delta	Acero	01/03/2026	5 años	1 año	01/03/2031	\$ 10.000		
Cintas cosidas	Poliéster	01/03/2026	2 años	1 año	01/03/2028	\$ 15.000		
Eslingas	Cable/acero	01/03/2026	3 años	1 año	01/03/2029	\$ 25.000		
Silla de trabajo	Suspensión	01/03/2026	3 años	1 año	01/03/2029	\$ 120.000		

BIBLIOGRAFÍA

International Organization for Standardization. (2003). *ISO 22846-1:2003. Personal equipment for protection against falls — Rope access systems — Part 1: Fundamental principles for a system of work*. ISO.

International Organization for Standardization. (2012). *ISO 22846-2:2012. Personal equipment for protection against falls — Rope access systems — Part 2: Code of practice*. ISO.

International Organization for Standardization. (2018). *ISO 45001:2018. Occupational health and safety management systems — Requirements with guidance for use*. ISO.

International Organization for Standardization. (2024). *ISO 12841:2024. Personal fall protection equipment — Rope access systems — Rope adjustment devices*. ISO.

European Committee for Standardization. (2006). *EN 12841:2006. Personal fall protection equipment — Rope access systems — Rope adjustment devices*. CEN.

British Standards Institution. (2018). *BS 7985:2013 (+A1:2018). Code of practice for the use of rope access methods for industrial purposes*. BSI.

Industrial Rope Access Trade Association. (2019). *International code of practice (ICOP)*. IRATA.

Industrial Rope Access Trade Association. (2019). *Training, assessment and certification scheme (TACS)*. IRATA.

International Technical Rescue Association. (2018). *ITRA training guidelines*. ITRA.

Ministerio del Trabajo y Previsión Social. (1968). *Ley N°16.744 sobre accidentes del trabajo y enfermedades profesionales*. Gobierno de Chile.

Ministerio del Trabajo y Previsión Social. (1969). *Decreto Supremo N°40. Reglamento sobre prevención de riesgos profesionales*. Gobierno de Chile.

Ministerio del Trabajo y Previsión Social. (2023). *Decreto Supremo N°44. Nuevo reglamento sobre gestión preventiva de riesgos laborales*. Gobierno de Chile.

Instituto Nacional de Normalización. (2011). *NCh1258:2011. Equipos de protección personal contra caídas — Arnés de cuerpo completo — Requisitos*. INN.

Instituto Nacional de Normalización. (2013). *NCh2501:2013. Sistemas de protección contra caídas — Requisitos generales*. INN.

Superintendencia de Seguridad Social. (2024). *Estadísticas de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales*. SUSESO.