



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN,
VINCULACIÓN Y POSGRADO**

DIRECCIÓN DE POSGRADO

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE:
MAGÍSTER EN SEGURIDAD INDUSTRIAL MENCIÓN
PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES**

TEMA:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA ESCALERA DE SEGURIDAD
INDUSTRIAL MANUAL DE PELDAÑOS PLANOS PARA LA DISMINUCIÓN
DE FATIGA FÍSICA EN EL DEPARTAMENTO DE RECONSTRUCCIÓN DE
VIVIENDA DE LA FUNDACIÓN ECOSUR - ECUADOR”**

AUTOR:

Ing. Bryan Hernán Pilaluisa Pabón

TUTOR:

PhD. Marlon Danilo Basantes Valverde

Riobamba – Ecuador

2026

Certificación del Tutor

Certifico que el presente trabajo de titulación denominado: **“Diseño y Construcción de una Escalera de Seguridad Industrial Manual de Peldaños Planos para la Disminución de Fatiga Física en el Departamento de Reconstrucción de Vivienda de la Fundación EcoSur -Ecuador”**, ha sido elaborado por el Ingeniero Bryan Hernán Pilaluisa Pabón, el mismo que ha sido orientado y revisado con el asesoramiento permanente de mi persona en calidad de Tutor. Así mismo, refrendo que dicho trabajo de titulación ha sido revisado por la herramienta antiplagio institucional; por lo que certifico que se encuentra apto para su presentación y defensa respectiva.

Es todo cuanto puedo informar en honor a la verdad.

Riobamba, 23 de julio, de 2026

PhD. Marlon Danilo Basantes Valverde
TUTOR

Declaración de Autoría y Cesión de Derechos

Yo, **Bryan Hernán Pilaluisa Pabón**, con número único de identificación **172456946-0**, declaro y acepto ser responsable de las ideas, doctrinas, resultados y lineamientos alternativos realizados en el presente trabajo de titulación denominado: “Diseño y Construcción de una Escalera de Seguridad Industrial Manual de Peldaños Planos para la Disminución de Fatiga Física en el Departamento de Reconstrucción de Vivienda de la Fundación EcoSur -Ecuador” previo a la obtención del grado de Magíster en Seguridad Industrial Mención Prevención De Riesgos Laborales.

- Declaro que mi trabajo investigativo pertenece al patrimonio de la Universidad Nacional de Chimborazo de conformidad con lo establecido en el artículo 20 literal j) de la Ley Orgánica de Educación Superior LOES.
- Autorizo a la Universidad Nacional de Chimborazo que pueda hacer uso del referido trabajo de titulación y a difundirlo como estime conveniente por cualquier medio conocido, y para que sea integrado en formato digital al Sistema de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor, dando cumplimiento de esta manera a lo estipulado en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior LOES.

Riobamba, julio de 2026

Ing. Bryan Hernán Pilaluisa Pabón

N.U.I. 172456946-0

Agradecimiento

Expreso mi profundo agradecimiento a la Fundación EcoSur - Ecuador, institución que respaldó de manera integral el desarrollo de esta investigación. Su contribución abarcó tanto el acompañamiento continuo durante el proceso de elaboración de la tesis como el financiamiento total de los costos derivados del mismo. El apoyo económico y moral de la Fundación contribuyó en la culminación exitosa del presente trabajo. Este soporte muestra el compromiso de la Fundación con el desarrollo profesional de quienes forman parte de ella.

Un sincero agradecimiento al PhD. Marlon Basantes, docente de la Universidad Nacional de Chimborazo, por su orientación a lo largo de todo el proceso de maestría. Su tutoría de tesis, rigor académico y calidad humana fueron relevantes en el proceso de maestría y de titulación.

Dedicatoria

"Siempre me esforcé y siempre lo hice por ti."

A ti, mamá. A Lola Pabón Peñafiel, la mujer cuyo amor fue siempre el motivo más poderoso para no detenerme. La que estuvo presente en los momentos de duda, la que celebró mis logros con más orgullo que yo mismo y la que, con su ejemplo constante, me enseñó que ser buena persona vale más que cualquier título. Este trabajo no es solo mío; es el resultado de todo lo que sembraste en mí con amor, esfuerzo y entrega. Gracias por ser mi guía, mi fuerza y mi hogar.

A mi padre José Pilaluisa, por su apoyo incondicional y por cada palabra de aliento que llegó en el momento justo. A mis hermanos Paulina, Santiago y Sonia, por sus consejos sabios y sinceros y por seguir guiándome con el mismo cariño de siempre. A mis sobrinos Paola, Brandon, Pamela, Giuliana, Dayana y Brenda, por llenar de alegría cada etapa compartida, desde la niñez y adolescencia hasta hoy.

Índice General

Certificación del Tutor	ii
Declaración de Autoría y Cesión de Derechos.....	iii
Agradecimiento	iv
Dedicatoria.....	iv
Índice General	v
Índice de Tablas	ix
Índice de Figuras.....	x
Resumen.....	12
Abstract.....	¡Error! Marcador no definido.
Introducción	14
Capítulo 1 Generalidades	16
1.1 Planteamiento del Problema	16
1.2 Justificación de la Investigación	18
1.3 Objetivos	19
1.3.1 Objetivo General.....	19
1.3.2 Objetivos Específicos	20
1.4 Hipótesis	20
1.4.1 Hipótesis Nula.....	20
1.4.2 Hipótesis Alternativa	20
1.5 Descripción de la Empresa y Puestos de Trabajo	21

1.5.1 Información del Proyecto.....	21
1.5.2 Puestos de Trabajo	25
1.5.3 Jerarquía de Procesos.....	26
2. Capítulo 2 Estado del Arte y la Práctica.....	28
2.1 Antecedentes Investigativos.....	28
2.2 Fundamentación Legal.....	33
2.3 Fundamentación Teórica.....	38
2.3.1 Seguridad Industrial.....	38
2.3.2 Seguridad y Salud en el Trabajo (SST)	38
2.3.3 Riesgos Industriales y Laborales	39
2.3.4 Principales Riesgos Presentes al Trabajar en Altura	43
2.3.5 Escalera de Seguridad Industrial Manual	48
2.3.6 Normas de Utilización de Escaleras Manuales	50
2.3.7 Diseño y Construcción de Escaleras Manuales	55
2.3.8 Análisis de Elementos Finitos.....	58
2.3.9 Validación de la Seguridad de la Escalera.....	60
2.3.10 Construcción de Escaleras	63
2.3.11 Normas Europeas.....	63
2.3.12 Normas Americanas (OSHA y ANSI)	64
2.3.13 Norma Ecuatoriana	64
2.3.14 Institucionalización de Seguridad y Salud en el Trabajo	64

3. Capítulo 3 Diseño Metodológico	65
3.1 Enfoque de la Investigación.....	65
3.2 Diseño de la Investigación.....	68
3.3 Tipo de Investigación.....	69
3.3.1 Nombre del Subtema	70
3.4 Nivel De Investigación	71
3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	72
3.5.1 Observación	73
3.5.2 Cuestionario o Encuestas	73
3.5.3 Entrevistas.....	74
3.6 Técnicas para el Procesamiento e Interpretación de Datos.....	74
3.7 Población y Muestra	76
3.7.1 Población	76
3.7.2 Tamaño de la Muestra.....	77
4. Capítulo 4 Análisis y Discusión de los Resultados	78
4.1 Escalera Convencional y Propuesta	78
4.1.1 Modificación de la Escalera Base	78
4.1.2 Resultados de los Ensayos Realizados con la Escalera Convencional y la Propuesta	80
4.1.3 Comprobación de Hipótesis.....	98
4.1.4 Análisis 6 Sigma	102

4.2	Discusión de los Resultados.....	105
4.2.1	Resultados del Uso de la Escalera Propuesta.....	105
5.	Capítulo 5 Marco Propositivo.....	109
5.1	Planificación de la Actividad Preventiva.....	109
5.2	Identificación de Riesgos EcoSur - Ecuador	110
5.3	Evaluación de Riesgos EcoSur - Ecuador.....	111
5.3.1	Riesgo de Seguridad y Caída a Diferente Nivel	111
5.3.2	Riesgo Ergonómico y Posiciones Forzadas	111
5.4	Mitigación de Riesgos EcoSur - Ecuador	112
5.5	Análisis Descriptivo de los Resultados.....	113
5.5.1	Carga Máxima de la Escalera	113
5.5.2	Función de la Escalera Propuesta	113
5.5.3	Tipo de Escalera Propuesta.....	113
5.5.4	Servicio de Escalera.....	113
5.5.5	Diseño de la Escalera Propuesta	115
5.5.6	Institucionalización de Manual Técnico Para el Uso de la Escalera Propuesta	118
5.5.7	Análisis Finito de Elementos de la Escalera Propuesta	119
5.5.8	Entrega de la Escalera Propuesta a la Fundación EcoSur - Ecuador ..	124
	Conclusiones	125
	Recomendaciones	126

Referencias Bibliográficas	126
---	------------

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Clasificación de nivel de riesgo de actividades en materia de seguridad y prevención de riesgos laborales</i>	37
Tabla 2 <i>Determinación del nivel de deficiencia</i>	40
Tabla 3 <i>Determinación del nivel de exposición</i>	41
Tabla 4 <i>Significado de los diferentes niveles de probabilidad.....</i>	41
Tabla 5 <i>Determinación del nivel de consecuencias</i>	42
Tabla 6 <i>Significado del nivel de intervención</i>	42
Tabla 7 <i>Evaluación ergonómica por metodología “REBA” – Grupo A</i>	46
Tabla 8 <i>Evaluación ergonómica por metodología “REBA” – Grupo B</i>	46
Tabla 9 <i>Evaluación ergonómica por metodología “REBA” – Grupo C.....</i>	47
Tabla 10 <i>Evaluación ergonómica por metodología “REBA”</i>	47
Tabla 11 <i>Tipos de escaleras manuales</i>	48
Tabla 12. <i>Normas técnicas de materiales de escaleras manuales</i>	49
Tabla 13 <i>Recomendaciones para el uso de escaleras manuales</i>	54
Tabla 14 <i>Tipos de escaleras</i>	56
Tabla 15 <i>Ancho de peldaño según la longitud de escaleras simples</i>	57
Tabla 16 <i>Tamaño de escalera simple y extensible</i>	58
Tabla 17 <i>Procesos para el análisis de elementos finitos - software inventor</i>	59
Tabla 18 <i>Normas técnicas para escaleras portátiles</i>	63
Tabla 19 <i>Datos generales de los trabajadores.....</i>	80
Tabla 20 <i>Estadísticas generales de los trabajadores</i>	81

Tabla 21	<i>Estadísticas generales de los trabajadores (masa)</i>	81
Tabla 22	<i>Medidas antropométricas (de pie)</i>	83
Tabla 23	<i>Medidas antropométricas (sentado)</i>	85
Tabla 24	<i>Datos de ensayo de salto vertical</i>	86
Tabla 25	<i>Datos de ensayo de ritmo cardíaco</i>	89
Tabla 26	<i>Datos de ensayo de presión sistólica</i>	92
Tabla 27	<i>Datos de ensayo de prueba de sentadilla estática</i>	95
Tabla 28	<i>Prueba T student para ensayo de salto vertical</i>	99
Tabla 29	<i>Prueba Wilcoxon para ensayo de ritmo cardíaco</i>	100
Tabla 30	<i>Prueba T student para ensayo de presión sistólica</i>	101
Tabla 31	<i>Prueba Wilcoxon para ensayo de sentadilla estática</i>	102
Tabla 32	<i>Criterios de calidad de la escalera propuesta</i>	103
Tabla 33	<i>Estadística base del análisis 6 sigma</i>	104
Tabla 34	<i>Geometría de la escalera propuesta en base a una altura máxima de estructura (y) de 2.93 m</i>	116
Tabla 35	<i>Geometría de la escalera propuesta</i>	117

Índice de Figuras

Figura 1	<i>Vía de acceso a la parroquia El Altar desde la ciudad de Guayaquil</i>	22
Figura 2	<i>Escalera usada actualmente en la reconstrucción de vivienda</i>	24
Figura 3	<i>Escalera emplazada en vivienda durante la reconstrucción</i>	25
Figura 4	<i>Organigrama empresarial de la Fundación EcoSur - Ecuador</i>	26
Figura 5	<i>Subprocesos y actividades del departamento de reconstrucción de vivienda</i>	27
Figura 6	<i>Jerarquía de controles</i>	43

Figura 7 <i>Forma correcta de levantar escaleras portátiles</i>	51
Figura 8 <i>Ubicación de escalera manual sin soporte propio</i>	53
Figura 9 <i>Inclinación de la escalera manual</i>	53
Figura 10 <i>Dimensiones antropométricas relevantes (de pie)</i>	83
Figura 11 <i>Dimensiones antropométricas relevantes (sentado)</i>	85
Figura 12 <i>Diagramas del ensayo salto vertical</i>	88
Figura 13 <i>Diagramas del ensayo ritmo cardíaco</i>	91
Figura 14 <i>Diagramas del ensayo presión sistólica</i>	94
Figura 15 <i>Diagramas del ensayo sentadilla estática</i>	96
Figura 16 <i>Elementos generales de escalera portátil</i>	117
Figura 17 <i>Cargas sometidas al peldaño en dos puntos</i>	119
Figura 18 <i>Resultado esfuerzo Von Mises en peldaño (máximo: 135.3 MPa)</i>	120
Figura 19 <i>Resultado desplazamiento en peldaño (máximo: 0.98 mm)</i>	120
Figura 20 <i>Resultado factor de seguridad en peldaño (2.03)</i>	121
Figura 21 <i>Resultado esfuerzo Von Mises en escalera (máximo: 35.98 MPa)</i>	122
Figura 22 <i>Resultado esfuerzo Von Mises en escalera – acercamiento al peldaño (máximo: 35.98 MPa)</i>	122
Figura 23 <i>Resultado desplazamiento en escalera (máximo: 0.621 mm)</i>	123
Figura 24 <i>Resultado factor de seguridad en escalera (mínimo: 7.64)</i>	123
Figura 25 <i>Entrega de la escalera propuesta y socialización del manual de uso</i> ..	124

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO	
	CÓDIGO:	VERSIÓN:
	FECHA:	
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:	

 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
--



Resumen

El diseño y construcción de una escalera de seguridad industrial manual de peldaños planos para la disminución de fatiga física en el Departamento de Reconstrucción de Vivienda de la Fundación EcoSur - Ecuador, con sede en la ciudad de Riobamba, fue una de las necesidades más destacadas dentro del “*Proyecto de Mejoramiento de la Calidad de Vida de los Sectores más Vulnerables*”.

El diseño tomó como referencia el modelo KENDO TOOLS, regulado por la norma europea *EN 131*, que establece las especificaciones técnicas, ensayos y etiquetas de escaleras portátiles. Se consideraron principios ergonómicos para minimizar el estrés en piernas y espalda de trabajadores, utilizando materiales de larga vida útil con énfasis en la disminución del peso, lo que facilitó su movilidad y uso en distintos ámbitos de la construcción. Su construcción respetó los más altos estándares de calidad conforme al Control Estadístico de la Calidad 6 Sigma.

La implementación de esta escalera en los sitios de construcción donde la Fundación EcoSur - Ecuador tiene jurisdicción mostró resultados muy prometedores: mejoró el bienestar general del trabajador, redujo el ausentismo por fatiga y aumentó la productividad.

Esta escalera representó un avance significativo en la mejora de las condiciones laborales de los trabajadores dentro del sector de la construcción, tanto en su sede en la ciudad de Riobamba como en los distintos lugares donde se desarrollan los proyectos en ejecución, logrando inclusive disminuir accidentes e incidentes laborales.

Palabras claves: *ergonomía, seguridad industrial, peldaños planos, construcción, bienestar.*

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
PROCESO:			
SUBPROCESO:			

ABSTRACT

The design and construction of a portable industrial safety ladder with flat steps, intended to reduce physical fatigue among workers in the Housing Reconstruction Department of the EcoSur Ecuador Foundation, headquartered in Riobamba, addressed one of the main needs identified within the “Project for Improving the Quality of Life of the Most Vulnerable Sectors.” The design was based on the KENDO TOOLS model and the requirements established in the European Standard EN 131, which specifies the technical requirements, testing procedures, and labeling criteria for portable ladders. Ergonomic principles were incorporated to reduce physical strain on workers’ legs and backs. In addition, durable and lightweight materials were selected to facilitate the ladder’s transportation and use in different construction environments. The manufacturing process followed high-quality standards based on the Six Sigma statistical quality control methodology. The implementation of the ladder at construction sites managed by the EcoSur Ecuador Foundation produced promising results. It improved workers’ overall well-being, reduced absenteeism associated with physical fatigue, and increased productivity. The ladder represented a significant improvement in occupational conditions within the construction sector, both at the Foundation’s headquarters in Riobamba and at the different project sites where its activities are carried out. Furthermore, its use contributed to reducing occupational accidents and incidents.

Keywords: *ergonomics, industrial safety, flat steps, construction, well-being.*



Validar únicamente en Firma@C.
Firmado electrónicamente por:
EDISON RAMIRO
DAMIAN ESCUDERO

Reviewed by:
MsC. Edison Damian Escudero
ENGLISH PROFESSOR
C.C.0601890593

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

Introducción

La seguridad industrial es una disciplina técnica que busca identificar, evaluar y controlar los riesgos laborales con el fin de prevenir accidentes y enfermedades profesionales. Con el tiempo, su desarrollo ha ido evolucionando hacia modelos de prevención respaldados por instituciones como: ISO, OIT, OSHA entre otros. Cada año se documentan miles de muertes vinculadas con accidentes laborales, este hecho demuestra la importancia de la implementación de sistemas de gestión de riesgo.

En Ecuador, la seguridad y salud en el trabajo se basa en el Decreto Ejecutivo N.º 255 del 2 de mayo de 2024 y en la Decisión 584 del Instrumento Andino y las resoluciones del IESS. Los reglamentos vigentes clasifican a los riesgos en seis tipos: físicos, químicos, biológicos, de seguridad, ergonómicos y psicosociales. La norma ISO 45001 propone la jerarquía de controles: eliminación, sustitución, controles de ingeniería, controles administrativos y equipos de protección personal. El proyecto se desarrolla en la Fundación EcoSur - Ecuador, con sede en Riobamba. Esta institución, desde 2007, se ha dedicado a mejorar las condiciones de trabajo en construcción y reconstrucción de en algunos sectores vulnerables. El proyecto se basa en el diseño y construcción de una escalera de seguridad industrial con peldaños planos, basada en la norma europea EN 131. La finalidad del estudio es reducir riesgos de golpes y caídas, y también disminuir la fatiga física mediante principios ergonómicos para distribuir uniformemente la presión sobre los pies del trabajador que hagan uso de las escaleras.

A largo plazo, la escalera brinda un soporte para prevenir enfermedades ocupacionales, por ejecución de trabajos en alturas, como los trastornos musculoesqueléticos en las extremidades inferiores. Desde el punto de vista empresarial, mejora los

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
PROCESO:			
SUBPROCESO:			

procesos operativos del Departamento de Reconstrucción de Vivienda, mejorando la seguridad y prevención de riesgos laborales del personal. Su impacto social es de gran relevancia dado que fortalece la capacidad de la Fundación para apoyar a las comunidades más necesitadas. El estudio tiene enfoque cuantitativo basado en medición de variables fisiológicas, análisis de elementos finitos, medidas geométricas y control de calidad mediante Seis Sigma. La investigación analiza seguridad y ergonomía. Propone como resultados la disminución de la fatiga y el aumento de la productividad.

El primer capítulo justifica la investigación, define los objetivos y presenta a la empresa con sus puestos de trabajo. El segundo capítulo hace referencia al contexto teórico y normativo, se revisan y analizan investigaciones previas, legislación aplicable (ecuatoriana e internacional) y además define los criterios técnicos que debe cumplir una escalera segura. El tercer capítulo describe la metodología del estudio. El cuarto capítulo presenta el contexto técnico del estudio, se menciona el diseño de la escalera propuesta la simulación estructural, la comparación frente a la escalera convencional. Además, indica el control de calidad mediante análisis 6 Sigma y método REBA para medir la mejora en seguridad postural. Finalmente, el quinto capítulo expone una propuesta preventiva que incluye un manual técnico de uso de escaleras. De esta forma, la mejora dependa del objeto diseñado y también de cómo se usa en la práctica.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO	
	CÓDIGO:	VERSIÓN:
	FECHA:	
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:	

 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
--



Capítulo 1

Generalidades

1.1 Planteamiento del Problema

La fundación EcoSur - Ecuador, cuya sede se encuentra en la ciudad de Riobamba, desarrolla desde hace más de 18 años proyectos orientados al mejoramiento de la calidad de vivienda en sectores vulnerables. La institución posee un departamento destinado a la reconstrucción de vivienda, conformado por diez trabajadores. La labor de los trabajadores mencionados se basa en el mantenimiento estructural y funcional de viviendas.

No obstante, el departamento mencionado evidencia una baja implementación de sistemas de gestión en cuanto a prevención de riesgos laborales. Por otro lado, el uso de equipos de trabajo como escaleras y andamios es de tipo rudimentario e improvisado.

Uno de los principales problemas es el desconocimiento técnico en materia de seguridad industrial y la construcción y utilización de equipos como escaleras y andamios. Es por esto que la fundación requiere una solución prioritaria a este problema. En este contexto se plantea la necesidad de disminuir la fatiga física en los pies y piernas de los trabajadores del departamento de reconstrucción de vivienda de la Fundación EcoSur - Ecuador con la finalidad de disminuir incidentes, accidentes y evitar enfermedades ocupacionales.

La pregunta planteada que aborda el problema es: ¿Cómo afecta el diseño y construcción de escaleras de seguridad industrial manual de peldaños planos en la reducción de la fatiga física y la mejora de la seguridad laboral en el sector de la construcción dentro de la Fundación EcoSur - Ecuador?

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
PROCESO:			
SUBPROCESO:			

En la industria de la reconstrucción, un inconveniente recurrente es la fatiga física de los trabajadores, misma que es originada a causa de las exigencias físicas intensivas y del uso prolongado de equipos inadecuados. El uso de escaleras con peldaños tradicionales (de tubo circular) genera un impacto negativo en la productividad, seguridad y bienestar de los usuarios. Estos peldaños no ofrecen una superficie estable. Al usar escaleras de tipo convencional se incrementa el esfuerzo para mantener el equilibrio.

La Fundación EcoSur - Ecuador, una institución enfocada en el mejoramiento de condiciones laborales en el sector de la reconstrucción, se ha centrado en este problema mediante soluciones aplicables. Se ha planteado diseñar y construir una escalera de seguridad industrial con peldaños planos e institucionalizar su uso correcto a través de un manual. Este equipo no solo busca reducir significativamente la fatiga física, sino también mejorar la seguridad y la eficiencia en los sitios de trabajo.

Durante la fase de diseño se considerará el reemplazo de peldaños redondos por planos, con una superficie antideslizante con la finalidad de ofrecer una zona de apoyo más estable para cada uno de los usuarios. Asimismo, se prevé la utilización de materiales que permitan reducir el peso total de la escalera.

Es necesario validar la eficiencia de la escalera propuesta en la reducción de la fatiga física y su impacto en la productividad mediante un análisis estadístico junto con controles de calidad en base a los estándares 6 Sigma.

En este contexto, la investigación se basa en cómo el diseño e implementación de esta escalera podrá transformar las prácticas laborales en trabajos en altura, incrementando los estándares de bienestar y seguridad ocupacional en el sector de la reconstrucción en Ecuador.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO	
	CÓDIGO:	VERSIÓN:
	FECHA:	
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:	

 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
--



1.2 Justificación de la Investigación

La fatiga física de los trabajadores de la reconstrucción, en la Fundación EcoSur - Ecuador, es un problema crítico y evidente. Este problema desencadena afecciones a la salud de los trabajadores y a la productividad de los proyectos de reconstrucción. La presencia recurrente de accidentes, incidentes y fatiga laboral evidencia la necesidad de mejorar los equipos utilizados durante las actividades de reconstrucción, en especial aquellos empleados de forma cotidiana por los trabajadores de campo.

La fundación presenta deficiencias tanto en la construcción como en el uso de andamios y escaleras; sin embargo, estas últimas constituyen el equipo de acceso más empleado en los proyectos de reconstrucción. En función de la frecuencia de uso, se ha seleccionado a las escaleras como objeto prioritario de intervención técnica.

Asimismo, desde una perspectiva operativa, la instalación de andamios implica mayor complejidad logística y estructural, mientras que la colocación de una escalera es inmediata y de uso cotidiano.

Diseñar una escalera de seguridad industrial manual con peldaños planos representa una respuesta puntual a esta problemática, dado que mejora las condiciones laborales y contribuye a la sostenibilidad de los procesos de reconstrucción (actividad considerada de alto riesgo).

La importancia de esta investigación radica en que considera criterios ergonómicos con herramientas de diseño y validación técnica. De esta forma se evalúa el desempeño de la escalera desde diferentes campos.

La validación estructural de la escalera mediante simulaciones de tipo tenso deformacional y análisis de tipo estadístico garantiza que el diseño cumple con los

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
PROCESO:			
SUBPROCESO:			

estándares de seguridad. Además, la implementación de un manual técnico de uso de escaleras contribuye a la prevención de riesgos laborales.

La Fundación EcoSur - Ecuador, valora el impacto positivo de este proyecto en las comunidades más vulnerables. La escalera propuesta beneficia a los trabajadores que laboran en los proyectos de reconstrucción de la Fundación. Además, el proyecto presenta factibilidad técnica para su ejecución dado que resuelve un problema actual de la institución.

Es importante mencionar el hecho de que el principio fundamental de la ergonomía hace referencia a que se debe adaptar el trabajo al trabajador y no el trabajador al trabajo. Por esta razón se ha planificado que la intervención del presente proyecto se realice en la propia escalera propuesta y no en acciones que involucren a los trabajadores de la reconstrucción.

La fundación requiere una intervención prioritaria en su departamento de reconstrucción de vivienda, debido a la ausencia de lineamientos normativos en materia de prevención de riesgos laborales y a la carencia de criterios técnicos para la utilización segura de equipos empleados en actividades de reconstrucción y obra civil.

En respuesta a esta problemática, la institución brinda el apoyo y financiamiento totales para el desarrollo y ejecución de una solución técnica al problema mencionado.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo General*

- Diseñar y construir una Escalera de Seguridad Industrial Manual de Peldaños Planos para la Disminución de Fatiga Física en el Departamento de Reconstrucción de Vivienda de la Fundación EcoSur - Ecuador.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO	
	CÓDIGO:	VERSIÓN:
	FECHA:	
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:	

 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
--



1.3.2 Objetivos Específicos

- Diseñar una escalera de seguridad industrial manual de peldaños planos utilizando software de diseño asistido por computadora (AutoCAD) para la determinación de los parámetros geométricos más adecuados que disminuyan la fatiga física.
- Construir la escalera de seguridad industrial manual de peldaños planos, basada en el diseño CAD y en una simulación tensodeformacional para su implementación dentro del Departamento de Reconstrucción de Vivienda en la Fundación EcoSur - Ecuador con Sede en la ciudad de Riobamba.
- Validar la escalera de seguridad industrial mediante un análisis estadístico de comparación multivariado con escaleras convencionales de peldaño circular más un Control de Calidad 6 Sigma, para la aprobación de su uso y la creación de un manual técnico del prototipo implementado en la Fundación EcoSur - Ecuador.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis Nula

El uso de la escalera propuesta no reduce de manera considerable la fatiga física de los trabajadores del Departamento de Reconstrucción de Vivienda de la Fundación EcoSur - Ecuador en comparación con una escalera convencional.

1.4.2 Hipótesis Alternativa

El uso de la escalera propuesta reduce de manera considerable la fatiga física de los trabajadores del Departamento de Reconstrucción de Vivienda de la Fundación EcoSur - Ecuador en comparación con una escalera convencional.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
PROCESO:			
SUBPROCESO:			

1.5 Descripción de la Empresa y Puestos de Trabajo

1.5.1 Información del Proyecto

Durante más de 18 años, la Fundación EcoSur - Ecuador ha trabajado con dedicación para mejorar la vida de las personas más necesitadas. Su sede está en Riobamba. La fundación desarrolla proyectos orientados al mejoramiento de vivienda y al apoyo de comunidades con limitaciones socioeconómicas en diferentes sectores del país.

A través de ideas creativas y soluciones prácticas, personal de oficina y campo, han logrado marcar la diferencia en numerosos proyectos que buscan dar un hogar digno a las familias ecuatorianas de escasos recursos. Las actividades de la empresa se basan en la mejora y reconstrucción de los espacios donde viven poblaciones en desventaja socioeconómica.

Esta labor ha permitido que decenas de familias tengan una infraestructura de vivienda segura. También ha generado un impacto positivo en la dignificación del trabajo en el sector de la construcción al incluir fundamentos técnicos y seguros.

1.5.1.1 Ubicación del Proyecto.

La zona de intervención del Departamento de Reconstrucción de Vivienda de la Fundación EcoSur - Ecuador se ubica provincia de Chimborazo, en los cantones Guano y Penipe, específicamente en la parroquia El Altar y sus alrededores. Esta zona limita al norte con la provincia de Tungurahua, al este con la provincia de Pastaza y al suroeste con el cantón Riobamba. La superficie estimada de intervención destinada a la reconstrucción de vivienda ocupa aproximadamente 545.40 hectáreas (Anexo 1).

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
PROCESO:			
SUBPROCESO:			

geográficas y climáticas: una altitud de 2488 msnm, un rango de temperatura media anual entre 13 y 15 °C, y una precipitación anual estimada entre 500 y 1000 mm.

Estas condiciones ambientales poseen gran relevancia para el diseño y planificación de las intervenciones constructivas, dado su impacto en los materiales, en los procesos de obra y en la seguridad de los trabajadores.

1.5.1.4 Situación Actual del Proyecto.

En la zona de reconstrucción de vivienda, las actividades ejecutadas por los trabajadores de campo presentan, en determinadas ocasiones, prácticas antitécnicas derivadas de la fabricación empírica de equipos auxiliares en sitio, tal como se ilustra en la Figura 2. Generalmente, se construyen escaleras y andamios de tipo artesanal sin criterios de diseño ni seguridad laboral.

Estas escaleras, en la mayoría de los casos elaboradas en madera y sin especificaciones normalizadas, pueden influir negativamente en la estabilidad, resistencia y seguridad del conjunto. Al usar estas escaleras se incrementa la probabilidad de incidentes y accidentes laborales. Por otro lado, se incrementa el riesgo de desarrollar enfermedades ocupacionales asociadas a sobreesfuerzo.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO	
	CÓDIGO:	VERSIÓN:
	FECHA:	
	MACROPROCESO:	
	PROCESO:	
	SUBPROCESO:	

 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
--



Figura 2

Escalera usada actualmente en la reconstrucción de vivienda



Nota. Fundación EcoSur - Ecuador (2024).

Por otro lado, los trabajadores de campo, en muchos casos, instalan y posicionan los equipos mencionados de forma incorrecta, tal como se evidencia en la Figura 3. Esta situación se origina principalmente por la falta de conocimiento técnico respecto a los procedimientos correctos de montaje, aseguramiento y uso seguro de escaleras y andamios.

La ausencia de capacitación específica en instalación y verificación de estabilidad estructural incrementa la probabilidad de fallas operativas, comprometiendo la seguridad del personal y elevando el riesgo de incidentes y accidentes en obra.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

Figura 3

Escalera emplazada en vivienda durante la reconstrucción



Nota. Fundación EcoSur - Ecuador (2024).

1.5.2 Puestos de Trabajo

La Fundación EcoSur - Ecuador presenta una estructura organizacional compuesta por cinco niveles jerárquicos, los cuales se detallan en la Figura 4. Esta configuración define las líneas de autoridad, responsabilidad y coordinación interna necesarias para la ejecución de sus proyectos sociales y técnicos.

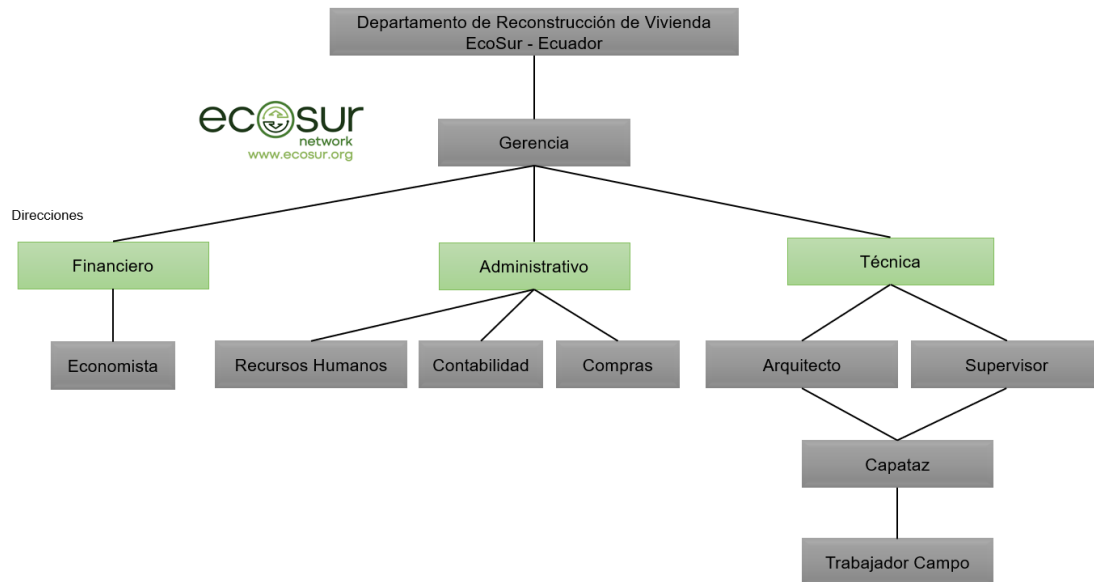
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO	
	CÓDIGO:	VERSIÓN:
	FECHA:	
	MACROPROCESO:	
	PROCESO:	
	SUBPROCESO:	

 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
--



Figura 4

Organigrama empresarial de la Fundación EcoSur - Ecuador



Nota. Fundación EcoSur - Ecuador (2026).

1.5.3 Jerarquía de Procesos

La Fundación EcoSur - Ecuador tiene como actividad principal la mejora del hábitat. En su mapa de procesos, el macroproceso corresponde a la renovación de vivienda, mientras que el proceso general se orienta a la reconstrucción habitacional. Los subprocesos y sus respectivas actividades operativas se presentan en la Figura 5, donde se detalla la secuencia funcional que sustenta la ejecución técnica de los proyectos.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO	
	CÓDIGO:	VERSIÓN:
	FECHA:	
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:	

 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
--



Figura 5

Subprocesos y actividades del departamento de reconstrucción de vivienda



Nota. Fundación EcoSur - Ecuador (2026).

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

Capítulo 2

Estado del Arte y la Práctica

2.1 Antecedentes Investigativos

Batista (2022) con su trabajo de diploma cubano denominado *Escaleras portátiles dieléctricas extensibles, requisitos de diseño y seguridad durante su uso*, tiene como objetivo identificar en una norma empresarial, las principales características y métodos de ensayo de las escaleras profesionales portátiles, dieléctricas y extensibles, comercializadas en el país, que garanticen los requisitos de seguridad y salud en el trabajo durante su uso. La metodología empleada hace referencia a una investigación teórica y método histórico lógico.

Los hallazgos corresponden a los requisitos para el diseño de escaleras desde el punto de vista de ergonomía, dimensiones adecuadas, garantía al usuario y cumplimiento de normas básicas de seguridad con respecto a los materiales utilizados en la construcción. Otro de los hallazgos encontrados es la verificación y control de las escaleras industriales, donde se hace referencia a la aplicación de ensayos.

La conclusión de este trabajo menciona que las escaleras profesionales están presentes en el desarrollo de numerosas actividades laborales de diferentes características, por lo que una correcta selección y uso de éstas es fundamental para disminuir la probabilidad de accidentes en los trabajadores que las utilizan.

El estudio aporta información relevante sobre los requisitos de diseño y seguridad aplicables a escaleras industriales, varios de los cuales resultan útiles para el desarrollo de la propuesta planteada en este trabajo. Se mencionan: costos de escaleras, normas internacionales para el diseño y uso de escaleras, tipos de escaleras, entre otros. La investigación se diferencia dado que en esta no se analizan peldaños planos.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
PROCESO:			
SUBPROCESO:			

Por otro lado, Susanto et al. (2022) en su investigación denominada *Diseño de escalera de bambú como equipo de construcción tradicional basado en análisis de carga estática*, tienen por objetivo investigar el diseño de escaleras de bambú como equipo de construcción tradicional para obtener herramientas seguras y confiables. El estudio se realiza en una muestra de veinte personas de la aldea de Kedalingan (Indonesia).

Los datos del estudio se basan en especificaciones de escaleras de bambú, la altura, el peso y el ángulo de inclinación del segmento corporal con respecto al plano horizontal de los encuestados. Adicionalmente, se realizaron entrevistas y cuestionarios para averiguar las dificultades que experimentan los usuarios de las escaleras.

El equipo utilizado durante el proceso incluye una escalera de bambú de cuatro metros de altura, medidor de altura del encuestado, medidor de peso del encuestado y un goniómetro para medir el ángulo del cuerpo del encuestado cuando usa las escaleras. El modelo y simulación se realiza en el software SolidWorks 2019. El análisis de resistencia, en el software, se realiza calculando la tensión en función de la simulación estática.

La carga dada a los escalones es de 89.25 kg con un ángulo de posición de escalera de 65°. El valor más alto de tensión es de 5.097×10^6 N/m². El valor de desplazamiento máximo es de 5.841 mm. A partir de los resultados de la simulación se sabe que la estructura de la escalera puede soportar la carga dada.

La conclusión de la investigación es que, a partir de los resultados del procesamiento y análisis de datos, se obtiene que cuanto mayor es el peso del usuario de la escalera, mayor es la fuerza de compresión que soporta la escalera. Para usuarios con un peso de 89.25 kg y con una estatura de 183 cm, la fuerza de compresión es de 868.72 N. Sin embargo, la carga máxima que puede resistir el material bambú es de 970.56 N. Esta investigación se diferencia

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
PROCESO:			
SUBPROCESO:			

por el hecho que el material de la escalera es de bambú y el análisis ha sido realizado únicamente para resistir el peso corporal del usuario.

Por otro lado, Hire et al. (2022), en su investigación denominada *Controles de seguridad basados en IA para escaleras utilizadas en sitios de construcción*, tienen por objetivo desarrollar un modelo de control automático de seguridad que se adapte a las actividades previas, durante y posteriores a la construcción.

La escalera considerada en el estudio, para realizar el control de calidad, es de tipo manual y portátil. Se codifican diferentes reglas estándar de escaleras basadas en papel o finalidad de uso utilizando Python y se realiza la verificación de la escalera. Para la verificación se tienen en cuenta reglas como lados paralelos, ángulo de inclinación, distancia entre los peldaños y longitud de la escalera.

El resultado de este proceso proporciona una decisión sobre si la escalera es apta para su uso o no, en base a los datos proporcionados por el usuario. Se genera un reporte de fallos detectados. Además, mediante imágenes procesadas, se muestra líneas detectadas, bordes y contornos destacados en los peldaños.

La conclusión de la investigación es la presentación de las comprobaciones de la integridad estructural de la escalera, como la longitud y ángulo adecuados, los lados paralelos, el número de peldaños y la distancia entre peldaños.

Esta investigación aporta con el análisis de actividades que se realizan antes, durante y después en la construcción. La investigación se diferencia dado que se utiliza inteligencia artificial analizando una escalera construida para determinar si la escalera propuesta se puede utilizar de forma segura.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

Por otra parte, Lee et al. (2024), en la investigación denominada *Desarrollo de una escalera de seguridad coreana con estabilidad antivuelco garantizada*, tienen como objetivo desarrollar una escalera de seguridad coreana (K-ladder) que asegure la estabilidad frente al vuelco, abordando problemas comunes en el uso de escaleras portátiles en sitios industriales y promoviendo un diseño más seguro y eficiente.

Se utilizaron las especificaciones de las normas internacionales ANSI A14. 7 y EN131-7 para analizar y evaluar la estabilidad por vuelco de la escalera. Se consideraron diversas variables: altura de la plataforma, ángulo de inclinación, peso de la escalera y uso de estabilizadores. Se realizaron pruebas de carga en dos direcciones y se calcularon momentos de vuelco y resistencia para determinar el peso mínimo requerido de construcción.

La investigación concluyó que la escalera tipo “K” cumple con los requisitos de estabilidad establecidos por las normativas internacionales, especialmente al incorporar estabilizadores. Esto mejora la seguridad del trabajador al reducir el riesgo de vuelco en comparación con las escaleras portátiles convencionales.

Los aportes hacen referencia a la introducción de un diseño que incluye plataformas y barandillas de protección, incorporación de estabilizadores para mejorar la estabilidad frente al vuelco y diseño ligero y ajustable, permitiendo diferentes alturas para adaptarse a diversas aplicaciones industriales.

Esta investigación se diferencia debido a que se analiza una escalera tipo K (escalera con plataforma).

Finalmente, Califano et al. (2024), en su investigación denominada *Factores críticos de ergonomía y (des)confort durante el desempeño de tareas con herramientas manuales en*

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
PROCESO:			
SUBPROCESO:			

una escalera: un estudio piloto, tienen como objetivo comparar la percepción del confort, el riesgo ergonómico y el esfuerzo físico durante la realización de tareas comunes realizadas en una escalera frente a las mismas tareas realizadas sobre el suelo, considerando datos cualitativos como cuestionarios y cuantitativos como el análisis RULA y CAMan.

La metodología se basa en la toma de datos de 26 participantes voluntarios saludables, 22 hombres y 4 mujeres, sin antecedentes de enfermedades musculoesqueléticas. Las tareas evaluadas son atornillado superior, atornillado frontal, recogida de objetos desde el frente bajo, recogida de objetos desde el lado bajo. Las herramientas utilizadas hacen referencia a cuestionarios para medir la percepción de esfuerzo e incomodidad, software CAMan para analizar comodidad postural y método RULA para identificar riesgos ergonómicos en extremidades superiores. Las actividades se realizan en orden aleatorio y considerando pausas regulares para evitar fatiga.

Los principales hallazgos son: mayor incomodidad en las rodillas y cuello durante las tareas en la escalera, el equilibrio comprometido al trabajar en las alturas aumenta la percepción de esfuerzo. Las tareas con brazos extendidos mostraron mayores niveles de esfuerzo percibido y sobrecarga biomecánica.

La conclusión con respecto al objetivo general hace alusión a que las tareas realizadas en una escalera generan mayores niveles de incomodidad y esfuerzo percibido en comparación con las mismas realizadas en el suelo. Esto se debe a las posiciones incómodas o no naturales y la necesidad de usar las rodillas para mantener el equilibrio.

Los resultados obtenidos muestran que determinadas características del diseño de la escalera influyen en el nivel de esfuerzo percibido por el trabajador durante la ejecución de

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
PROCESO:			
SUBPROCESO:			

tareas en altura. Se propone modificaciones en la separación entre peldaños y superficies de apoyo para reducir la incomodidad en las rodillas.

Esta investigación se diferencia dado que el estudio se realiza en escaleras tipo tijeras. Mientras este estudio se enfoca en analizar tareas comunes realizadas en escaleras y en el suelo desde una perspectiva ergonómica, el diseño y construcción de escaleras incluye la implementación de soluciones específicas para reducir la fatiga física y mejorar la comodidad durante su uso.

2.2 Fundamentación Legal

Una de las múltiples finalidades del desarrollo del presente proyecto es la mejora de vivienda en los sectores más vulnerables del país. Por otro lado, el proyecto busca mejorar la salud y la seguridad de los trabajadores y técnicos de la Fundación EcoSur - Ecuador. Al respecto, la Constitución de la República del Ecuador (2008) establece que:

Se reconoce y garantizará a las personas el derecho a una vida digna que asegure la salud, alimentación y nutrición, agua potable, vivienda, saneamiento ambiental, educación, trabajo, empleo, descanso, cultura física, vestido, seguridad social y otros servicios necesarios. (Art. 66)

Las personas que realizan trabajos en campo, como es el caso del sector de la construcción, tienen derechos con respecto al ambiente donde laboran. “Toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar” (Constitución de la República del Ecuador, 2008, Art. 326).

Las actividades o labores de reconstrucción en la zona de intervención de la Fundación EcoSur - Ecuador comprometen la integridad física de los trabajadores de campo.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
PROCESO:			
SUBPROCESO:			

Por esta razón los empleadores deben colaborar en las diferentes necesidades relacionadas con la seguridad ocupacional. Al respecto, Noboa (2024), mediante el decreto ejecutivo 255 *Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo del Ecuador*, establece que los empleadores tendrán los siguientes deberes:

1. Designar los responsables de seguridad y salud en el trabajo, según lo establecido en este Reglamento, garantizando la independencia de sus funciones;
 2. Identificar peligros, evaluar y controlar los riesgos laborales;
 3. Capacitar e informar a los trabajadores sobre las medidas de prevención y protección a adoptar;
 4. Garantizar la gestión integral de la salud de los trabajadores;
 5. Monitoreo y análisis de las condiciones de trabajo y salud;
 6. Instalar y aplicar sistemas de respuesta a emergencias derivadas de amenazas naturales y riesgos antrópicos;
 7. Mantener registros, documentación y notificación de la información sobre seguridad y salud en el trabajo.
 8. Investigar los accidentes de trabajo y presunción de enfermedades profesionales;
- [...] (Art. 15)

Por otro lado, los trabajadores de campo que utilizan escaleras manuales se enfrentan a riesgos ergonómicos. Según Noboa (2024), en el Decreto Ejecutivo 255, Art. 45 “los riesgos ergonómicos son los causados por un esfuerzo excesivo, movimientos repetitivos o posturas poco naturales durante el desempeño de un trabajo”.

El trabajo en la construcción se caracteriza por ser de tipo especial, “son aquellas actividades que por su naturaleza se consideran de alto riesgo y que, previo a su ejecución o

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

reanudación, requieren un permiso de trabajo emitido por el empleador a través del técnico de seguridad” (Noboa, 2024, Decreto Ejecutivo 255, Art. 58).

Los trabajadores de una organización tienen un papel fundamental en el contexto de la seguridad y salud en el trabajo. Su participación es esencial para crear una cultura preventiva en cuanto a accidentes, incidentes y enfermedades profesionales en el lugar de trabajo. Cada trabajador es indispensable dentro del sistema de gestión de seguridad, su comportamiento y capacidad de identificar condiciones y actos inseguros inciden directamente en el nivel de riesgo del entorno.

El Ministerio de Trabajo (2008), en el Reglamento de Seguridad y Salud para la Construcción y Obras Públicas, establece que los trabajadores tienen las siguientes obligaciones en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo:

- a) Cumplir con las normas, reglamentos e instrucciones de los programas de seguridad y salud en el trabajo que se apliquen en el lugar de trabajo, así como con las instrucciones que les impartan sus superiores jerárquicos directos;
- b) Cooperar en el cumplimiento de las obligaciones que competen al empleador;
- c) Usar adecuadamente los instrumentos y materiales de trabajo, así como los equipos de protección individual y colectiva;
- d) Operar o manipular equipos, maquinarias, herramientas u otros elementos únicamente cuando hayan sido autorizados y capacitados;
- e) Informar a sus superiores jerárquicos directos acerca de cualquier situación de trabajo que a su juicio entrañe, por motivos razonables, un peligro para la vida o la salud de los trabajadores;

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
PROCESO:			
SUBPROCESO:			

- f) Cooperar y participar en el proceso de investigación de los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales cuando la autoridad competente lo requiera o cuando a su parecer los datos que conocen ayuden al esclarecimiento de las causas que los originaron;
- g) Velar por el cuidado integral de su salud física y mental, así como por el de los demás trabajadores que dependan de ellos, durante el desarrollo de sus labores;
- h) Informar oportunamente sobre cualquier dolencia que sufran y que se haya originado como consecuencia de las labores que realizan o de las condiciones y ambiente de trabajo.
- i) Someterse a los exámenes médicos programados por el médico del centro de trabajo, así como a los procesos de rehabilitación integral; y,
- j) Participar en los organismos paritarios, en los programas de capacitación y otras actividades destinadas a prevenir los riesgos laborales que organice su empleador o la autoridad competente. (Art. 6)

Los trabajadores tienen derechos al realizar trabajos en sitio. “Todos los trabajadores tienen derecho a desarrollar sus labores en un ambiente de trabajo adecuado y propicio para el pleno ejercicio de sus facultades físicas y mentales, que garanticen su salud, seguridad y bienestar” (Ministerio de Trabajo, 2008, Art. 8).

En caso de ocurrencia de un accidente de trabajo, la entidad competente para la cobertura, investigación y gestión del siniestro es el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), a través del Seguro General de Riesgos del Trabajo, organismo responsable de la prevención, evaluación y reparación de los daños derivados de accidentes laborales y enfermedades profesionales u ocupacionales.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
PROCESO:			
SUBPROCESO:			

El Congreso Nacional del Ecuador (2018), mediante la *Ley de Seguridad Social del Ecuador*, establece que el Seguro General de Riesgos del Trabajo protege toda afectación corporal o condición patológica que se genere como resultado directo de las actividades profesionales del asegurado, abarcando los siniestros producidos durante el desplazamiento entre su residencia y el centro laboral.

La exposición continua a trabajos realizados sobre escaleras convencionales constituye un factor de riesgo para el desarrollo de enfermedades ocupacionales. Por esta razón, resulta necesario evaluar las condiciones del entorno laboral donde se presume que se originó la patología.

Al respecto, el Consejo Directivo del IESS (2016), mediante el *Reglamento del Seguro General de Riesgos del Trabajo*, establece que para determinar el origen ocupacional de la enfermedad se debe “verificar en el lugar donde se desarrolló la presunta enfermedad, la existencia y cumplimiento de las medidas de seguridad aplicadas durante el trabajo en la empresa, institución, o con los afiliados sin relación de dependencia o autónomos” (Anexo 4 del reglamento). La clasificación del nivel de riesgo se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Clasificación de nivel de riesgo de actividades en materia de seguridad y prevención de riesgos laborales

F	Sección	Riesgo laboral
F4100	Construcción de todo tipo de edificios residenciales: casas familiares individuales, edificios multifamiliares, incluso edificios de alturas elevadas, viviendas para ancianatos, casas para beneficencia, orfanatos, cárceles, cuarteles, conventos, casas religiosas. Incluye remodelación, renovación o rehabilitación de estructuras existentes.	Riesgo alto

Nota. Adaptado de Ministerio del Trabajo (2024). *Acuerdo Ministerial Nro. MDT-2024-196, Anexo 2.*

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
PROCESO:			
SUBPROCESO:			

Existen alternativas para reducir el riesgo que enfrentan los trabajadores de campo, una de ellas es tomar medidas que permitan disminuir la ocurrencia de accidentes e incidentes laborales. Al respecto, la Comunidad Andina (2004), mediante el *Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo*, establece que:

En todo lugar de trabajo se deberán tomar medidas tendientes a disminuir los riesgos laborales. Estas medidas deberán basarse, para el logro de este objetivo, en directrices sobre sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo y su entorno como responsabilidad social y empresarial. (Art. 11)

2.3 Fundamentación Teórica

2.3.1 Seguridad Industrial

La seguridad industrial es una disciplina orientada a garantizar condiciones de trabajo seguras mediante la gestión de riesgos y la integración de factores técnicos y organizacionales, con el fin de proteger la integridad física y mental de los trabajadores.

La seguridad industrial se puede definir como el conjunto de medidas técnicas, económicas, psicológicas, entre otras, que tienen como propósito brindar ayuda a la organización y a sus subordinados a eludir accidentes industriales (Hoffman et al., 2023).

2.3.2 Seguridad y Salud en el Trabajo (SST)

La seguridad y salud en el trabajo representa un área que se ha posicionado como un eje central dentro del ordenamiento jurídico que regula las relaciones laborales. Su consolidación como disciplina responde a la necesidad de establecer mecanismos concretos que respalden los derechos fundamentales del trabajador frente a los riesgos inherentes a su actividad profesional.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
PROCESO:			
SUBPROCESO:			

La seguridad y salud en el trabajo aparecen en el contexto de los derechos del trabajador y su protección de riesgos laborales (Hoffman et al., 2023).

2.3.3 Riesgos Industriales y Laborales

En los entornos laborales existen múltiples factores y condiciones que pueden derivar en situaciones de riesgo para las personas que los conforman. Estos riesgos provocan accidentes, incidentes y enfermedades ocupacionales. Los riesgos industriales y laborales están relacionados con maquinaria, procesos productivos, sustancias químicas, instalaciones eléctricas, entre otros.

Cuando estos riesgos influyen en los trabajadores, se generan situaciones peligrosas que comprometen la integridad física y la salud. El riesgo se define como la probabilidad de que un peligro (condición inherente) ocasione un daño determinado.

2.3.3.1 Identificación, Evaluación y Mitigación de Riesgos.

2.3.3.1.1 Identificación de Riesgos.

En correspondencia con los estándares técnicos, los riesgos laborales se clasifican en: riesgos físicos, químicos, biológicos, de seguridad, ergonómicos y psicosociales, según lo establecido por Noboa (2024) en el *Decreto Ejecutivo 255*. Esta clasificación constituye un pilar fundamental para la identificación de riesgos en el entorno de trabajo. El proceso de identificación se lleva a cabo mediante inspección directa en campo.

Cada factor de riesgo comprende condiciones cuya presencia e intensidad dependen de la actividad y del entorno laboral; por ello, los riesgos en una operación minera de roca intrusiva difieren de los del sector construcción, lo que exige evaluaciones específicas para cada contexto.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

2.3.3.1.2 Evaluación de Riesgos.

La evaluación de riesgos de la *Norma Técnica de Prevención 330 (NTP 330)* ofrece una metodología estructurada para cuantificar y categorizar la gravedad de los riesgos identificados, lo que facilita su priorización y guía la toma de decisiones para su control y mitigación (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo [INSST], 2018b).

Posterior a la identificación de los factores de riesgo en el lugar de trabajo, estos se evalúan. La *Norma NTP 330* establece dos expresiones para el desarrollo de la evaluación de riesgos, las cuales se presentan en las Ecuaciones 1 y 2.

$$NR = NP \cdot NC \quad (1)$$

Donde:

NR: nivel de riesgo

NP: nivel de probabilidad

NC: nivel de consecuencia

El nivel de probabilidad se calcula mediante:

$$NP = ND \cdot NE \quad (2)$$

Donde:

ND: nivel de deficiencia

NE: nivel de exposición

El nivel de deficiencia y exposición se muestran en las Tablas 2 y 3 respectivamente.

Por otro lado, el nivel de probabilidad se muestra en la Tabla 4.

Tabla 2

Determinación del nivel de deficiencia

Nivel de deficiencia	ND	Significado
----------------------	----	-------------

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

Muy deficiente (MD)	10	Se han detectado factores de riesgo significativos que determinan como muy posible la generación de fallos. El conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo resulta ineficaz.
Deficiente (D)	6	Se ha detectado algún factor de riesgo significativo que precisa ser corregido. La eficacia del conjunto de medidas preventivas está reducida de forma apreciable.
Mejorable (M)	2	Se han detectado factores de riesgo bajos. La eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo no se ve reducida de forma apreciable.
Aceptable (B)	-	No se ha detectado anomalía destacable alguna. El riesgo está controlado. No se valora.

Nota. INSST (2018b). *Norma Técnica de Prevención 330 (NTP 330).*

Tabla 3

Determinación del nivel de exposición

Nivel de exposición	NE	Significado
Continua (EC)	4	Continuamente. Varias veces en su jornada laboral con tiempo prolongado.
Frecuente (EF)	3	Varias veces en su jornada laboral, aunque sea con tiempos cortos.
Ocasional (EO)	2	Alguna vez en su jornada laboral y con período corto de tiempo.
Esporádica (EE)	1	Irregularmente.

Nota. INSST (2018b). *Norma Técnica de Prevención 330 (NTP 330).*

Tabla 4

Significado de los diferentes niveles de probabilidad

Nivel de probabilidad	NP	Significado
Muy alta (MA)	Entre 40 y 24	Situación deficiente con exposición continua, o muy deficiente con exposición frecuente. Normalmente la materialización del riesgo ocurre con frecuencia.
Alta (A)	Entre 20 y 10	Situación deficiente con exposición frecuente u ocasional, o bien situación muy deficiente con exposición ocasional o esporádica. La materialización del riesgo es posible que suceda varias veces en el ciclo de vida laboral.
Media (M)	Entre 8 y 6	Situación deficiente con exposición esporádica, o bien situación mejorable con exposición continua o frecuente. Es posible que suceda el daño alguna vez.
Baja (B)	Entre 4 y 2	Situación mejorable con exposición ocasional o esporádica. No es esperable que se materialice el riesgo, aunque puede ser concebible.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

Nota. INSST (2018b). *Norma Técnica de Prevención 330 (NTP 330).*

El nivel de consecuencia se define en la Tabla 5. Finalmente, en base a la Tabla 4 y 5 se establece el nivel de riesgo en la Tabla 6.

Tabla 5

Determinación del nivel de consecuencias

Nivel de consecuencias	NC	Significado	
		Daños personales	Daños materiales
Mortal o Catastrófico (M)	100	1 muerto o más	Destrucción total del sistema (difícil renovarlo)
Muy Grave (MG)	60	Lesiones graves que pueden ser irreparables	Destrucción parcial del sistema (compleja y costosa la reparación)
Grave (G)	25	Lesiones con incapacidad laboral transitoria (I.L.T.)	Se requiere paro de proceso para efectuar la reparación
Leve (L)	10	Pequeñas lesiones que no requieren hospitalización	Reparable sin necesidad de paro del proceso

Nota. INSST (2018b). *Norma Técnica de Prevención 330 (NTP 330).*

Tabla 6

Significado del nivel de intervención

Nivel de consecuencias	NR	Significado
I	4000 - 600	Situación crítica. Corrección urgente.
II	500 - 150	Corregir y adoptar medidas de control.
III	120 - 40	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad.
IV	20	No intervenir, salvo que un análisis más preciso lo justifique.

Nota. INSST (2018b). *Norma Técnica de Prevención 330 (NTP 330).*

2.3.3.1.3 Mitigación de Riesgos.

La mitigación y control de riesgos se basa en los criterios establecidos por la norma *ISO 45001:2018* de la Organización Internacional de Normalización (ISO, 2018), la cual

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO	
	CÓDIGO:	VERSIÓN:
	FECHA:	
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:	

 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
--



constituye un marco de referencia para la gestión y mejora continua de la seguridad y salud en el trabajo. Para reducir los riesgos identificados en un entorno industrial específico, la norma plantea la aplicación de la jerarquía de controles (Figura 6), herramienta que permite priorizar las medidas de intervención.

La norma se sustenta en el ciclo de mejora continua: planificar, hacer, verificar y actuar. De esta forma se garantiza la revisión sistemática y el ajuste permanente del sistema de gestión implementado.

Figura 6

Jerarquía de controles



Nota. (ISO, 2018). *Norma ISO 45001.*

2.3.4 Principales Riesgos Presentes al Trabajar en Altura

El presente estudio se enfoca en la identificación, evaluación y mitigación de riesgos de seguridad y ergonómicos, dado que estos representan la mayor incidencia sobre la integridad física de los trabajadores durante la ejecución de actividades laborales en altura.

2.3.4.1 Riesgos de Seguridad.

Noboa (2024), en el *Decreto Ejecutivo 255*, define a los riesgos de seguridad como el conjunto de factores con la posibilidad de causar daño o lesión al trabajador debido a la

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

exposición y a la acción mecánica de elementos de máquinas, herramientas, piezas a trabajar o materiales proyectados, sólidos o fluidos. Los riesgos de seguridad se clasifican en: locativos, mecánicos, eléctricos e industriales mayores. Algunos ejemplos de riesgos mecánicos son: caída de personal al mismo nivel, caída de personal a diferente nivel, caída por manipulación de objetos, desplome o derrumbamiento, proyección de partículas, entre otros.

2.3.4.1.1 Caída de personal a diferente nivel.

La caída en altura a distinto nivel se define como un evento en el cual un trabajador pierde el equilibrio y desciende desde un plano elevado a un nivel inferior. Este evento no deseado, que puede producirse en escaleras, andamios, plataformas o cubiertas, representa una de las principales causas de lesiones graves e incapacitantes en el sector de la construcción, con una alta tasa de mortalidad asociada.

El Ministerio de Trabajo (2008), en el *Reglamento de Seguridad y Salud para la Construcción y Obras Públicas*, establece que "se considerarán trabajos de altura los que se realicen a una altura superior a 1.80 m" (Art. 62).

La Asociación Nacional de Empresas de Trabajos Verticales de España (ANETVA, 2025) define las caídas a distinto nivel como aquellas que se producen desde una altura superior al suelo, incluyendo caídas desde sillas, escaleras o cualquier mobiliario con cierta elevación.

2.3.4.2 Riesgos Ergonómicos.

Los riesgos ergonómicos se refieren a situaciones que pueden ocurrir cuando el entorno de trabajo no está diseñado para adaptarse bien a las personas. Este hecho puede

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
PROCESO:			
SUBPROCESO:			

causar incomodidad o incluso lesiones. Noboa (2024), en el *Decreto Ejecutivo 255*, define a los riesgos ergonómicos de la siguiente manera:

Los riesgos ergonómicos son los causados por un esfuerzo físico excesivo, movimientos repetitivos o posturas poco naturales durante el desempeño de un trabajo que pueden provocar cansancio, errores, accidentes, enfermedades profesionales o trastornos musculo – esqueléticos como consecuencia de un diseño inadecuado de las instalaciones, máquinas, los equipos, las herramientas o los puestos de trabajo. (Art. 45)

Algunos ejemplos de riesgos ergonómicos son: sobre esfuerzo, manipulación de cargas, posiciones forzadas, confort térmico, movimientos repetitivos, entre otros.

2.3.4.2.1 Posiciones forzadas.

Las posturas forzadas se definen como aquellas posiciones corporales no naturales, generando tensiones musculoesqueléticas. Su exposición prolongada incrementa la carga biomecánica sobre articulaciones, tendones y grupos musculares, generando fatiga, dolor y lesiones ocupacionales que pueden comprometer permanentemente la capacidad funcional del trabajador.

Las Tablas 7, 8, 9 y 10 presentan la clasificación y los niveles de intervención de los riesgos ergonómicos determinados mediante el método REBA (Rapid Entire Body Assessment), herramienta de evaluación postural que permite valorar la exposición del trabajador a factores de riesgo musculoesquelético en el puesto de trabajo (Hignett & McAtamney, 2000).

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

Tabla 7

Evaluación ergonómica por metodología “REBA” – Grupo A

Cuello												
1				2				3				
Piernas				Piernas				Piernas				
Tronco	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Nota. Adaptado de Hignett & Mcatamney Lynn (2000).

Tabla 8

Evaluación ergonómica por metodología “REBA” – Grupo B

Antebrazo						
1			2			
Muñeca			Muñeca			
Brazo	1	2	3	1	2	3
1	1	2	2	1	2	3
2	1	2	3	2	3	4
3	3	4	5	4	5	5
4	4	5	5	5	6	7
5	6	7	8	7	8	8
6	7	8	8	8	9	9

Nota. Adaptado de Hignett & Mcatamney Lynn (2000).

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

Tabla 9

Evaluación ergonómica por metodología “REBA” – Grupo C

Puntuación B												
Puntuación A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Nota. Adaptado de Hignett & Mcatamney Lynn (2000).

Tabla 10

Evaluación ergonómica por metodología “REBA”

Puntuación	Nivel	Riesgo	Actuación
1		0 Inapreciable	No es necesario actuación
2 a 3		1 Bajo	Puede ser necesaria la actuación
4 a 7		2 Medio	Es necesaria la actuación
8 a 10		3 Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes
11 a 15		4 Muy alto	Es necesaria la actuación de inmediato

Nota. Adaptado de Hignett & Mcatamney Lynn (2000).

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

2.3.5 Escalera de Seguridad Industrial Manual

El Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST, 2018a), en su *Nota Técnica de Prevención 239 (NTP 239)*, define las escaleras manuales como: un aparato portátil que consiste en dos piezas paralelas o ligeramente convergentes unidas a intervalos por travesaños (peldaños) y que sirve para subir o bajar una persona de un nivel a otro.

El posicionamiento adecuado de los pies durante la ejecución de trabajos industriales en superficies planas, al mismo y diferente nivel, es fundamental para la prevención de trastornos musculoesqueléticos. Se recomienda mantener los pies separados al ancho de los hombros con una ligera rotación externa, favoreciendo una distribución uniforme del peso corporal, reduciendo así la carga lumbar y minimizando el estrés en rodillas y tobillos.

2.3.5.1 Tipos de Modelos de Escaleras Manuales.

Los modelos están diseñados en base a características específicas donde los aspectos más sobresalientes son: estabilidad, longitud, resistencia y facilidad de uso. Los tipos de escaleras se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11

Tipos de escaleras manuales

Modelo	Descripción
Escalera de un tramo	Portátil no auto soportada y no ajustable en longitud, compuesta de dos largueros
Escalera doble de tijera	La unión de las secciones se realiza mediante un dispositivo metálico de articulación que permite su plegado
Escalera extensible	Compuesta de dos simples superpuestas y cuya longitud varía por desplazamientos relativo de un tramo sobre otro
Escalera transformable	Es una extensible de dos o tres tramos (mixta de una doble y extensible)
Escalera con rótula	La unión de las secciones se realiza mediante un dispositivo metálico de articulación que permite su plegado

Nota. INSST (2018a). *Norma Técnica de Prevención 239 (NTP 239)*.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

2.3.5.2 Materiales de Escaleras Manuales.

Las escaleras manuales se fabrican con materiales que son seleccionados en función de ciertos criterios técnicos como la resistencia estructural, el peso y la durabilidad. Entre los materiales más empleados se encuentran la madera, el hierro, el acero, las aleaciones de aluminio y la fibra de vidrio. Cada material cuenta con características particulares, mismas que son consideradas para cada entorno laboral.

2.3.5.2.1 Normas Técnicas de los Materiales de Escaleras Manuales.

Las normas técnicas vinculadas a la fabricación de escaleras manuales son fundamentales para garantizar el cumplimiento de los requisitos mínimos de seguridad y salud en el trabajo. Las normas consideran propiedades como la resistencia mecánica, la estabilidad estructural y las condiciones ergonómicas. Algunas normas técnicas de materiales se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12.

Normas técnicas de materiales de escaleras manuales

Norma Técnica	Descripción
ASTM A27/A27M	Especificaciones para hierro fundido de baja aleación utilizado en la fabricación de piezas estructurales
ASTM A536	Norma que cubre las especificaciones del hierro dúctil (también conocido como hierro nodular), que ofrece una resistencia superior a la tracción y la fatiga en comparación con el hierro fundido gris
ASTM A992	Define los requisitos para acero estructural utilizado en aplicaciones donde se requiere una alta resistencia y durabilidad
ASTM A572/A572M	Regula los requisitos para acero de alta resistencia utilizado en aplicaciones de construcción y estructuras metálicas
ASTM B209	Regula los requisitos para las láminas de aluminio utilizadas en aplicaciones industriales, proporcionando resistencia y durabilidad
ASTM B535	Especifica los requisitos para las piezas fundidas de aluminio utilizadas en diversas aplicaciones, desde la fabricación de maquinaria hasta componentes estructurales

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
PROCESO:			
SUBPROCESO:			

2.3.6 Normas de Utilización de Escaleras Manuales

Las normas de uso de escaleras manuales son un conjunto de indicaciones técnicas enfocadas en garantizar la seguridad y el uso adecuado de todos los tipos de escaleras manuales. Se considera la correcta colocación, los procedimientos de inspección y las prácticas seguras durante el ascenso y descenso. De esta forma se reduce la probabilidad de accidentes.

La institucionalización de estas normas dentro de las organizaciones materializa un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo eficaz. La formalización de las normas a través de manuales técnicos reduce significativamente la exposición a riesgos.

2.3.6.1 Transporte de Escaleras Manuales.

El INSST (2018a), mediante la norma (*NTP 239*), recomienda que durante el transporte de escaleras manuales a brazo se procure no dañar el equipo, depositarlas en lugar de tirarlas y no utilizarlas para el traslado de materiales. Para el transporte ejecutado por una sola persona, aplican las siguientes consideraciones: únicamente se transportarán escaleras simples o de tijeras con un peso máximo de 25 kg, no se debe transportar en posición horizontal, la parte delantera debe inclinarse hacia abajo, se debe evitar que la escalera gire y no se debe transportar el equipo sobre la espalda.

En cuanto al transporte en vehículo, el INSST (2018a), en la norma (*NTP 239*), establece las siguientes consideraciones: proteger el equipo colocándolo sobre apoyos de goma, fijarlo sólidamente sobre el portaequipajes del vehículo evitando que cuelgue o sobresalga lateralmente, y garantizar que no sobresalga la parte anterior del vehículo más de 2 m en el caso de automóviles.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

Para vehículos de longitud superior a 5 m, la escalera puede sobresalir en la parte posterior hasta un máximo de 3 m. El tramo final de la escalera, ubicado en la parte posterior del vehículo, debe señalizarse mediante un trozo de tela de color vivo durante el día y una luz roja o dispositivo reflectante durante la noche.

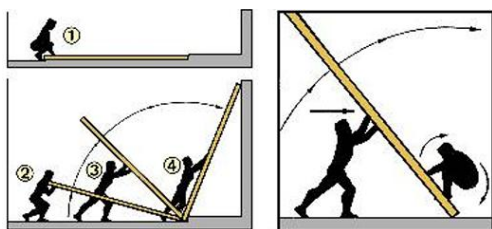
2.3.6.2 Colocación Segura de Escaleras Manuales para Trabajo.

Según el INSST (2018a), en la norma (*NTP 239*), el abatimiento o levantamiento de la escalera para una sola persona se aplica cuando el peso del equipo no supera los 25 kg, y se ejecuta de la siguiente manera: se sitúa la escalera sobre el suelo colocando los pies junto al extremo a levantar, se eleva dicho extremo avanzando lentamente de escalón en escalón hasta alcanzar la posición vertical y, finalmente, se inclina la cabeza de la escalera hacia el punto de apoyo previsto.

Cuando el peso de la escalera supera los 25 kg, el levantamiento debe realizarse entre dos personas (Figura 7). La primera se posiciona enganchada en el primer escalón inferior con las manos sobre el tercero, mientras la segunda ejecuta el procedimiento individual, coordinando el movimiento simultáneamente para garantizar la estabilidad del equipo.

Figura 7

Forma correcta de levantar escaleras portátiles



Nota. INSST (2018a). *Norma Técnica de Prevención 239 (NTP 239)*.

Las recomendaciones de las normas internacionales para el uso de escaleras manuales son de gran relevancia en el ámbito de la seguridad y salud en el trabajo, dado que

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
PROCESO:			
SUBPROCESO:			

proporcionan directrices que permiten prevenir incidentes, accidentes y enfermedades profesionales, orientando a las organizaciones hacia una cultura preventiva.

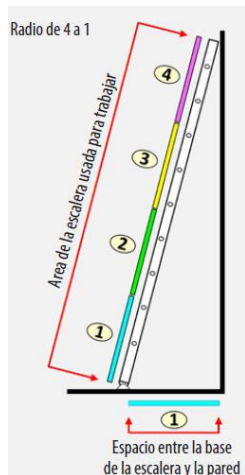
La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA, 2023) establece que las escaleras deben utilizarse solamente para el propósito para el que fueron diseñadas, desplazándolas cerca del área de trabajo y solicitando ayuda cuando el peso del equipo lo requiera. Previo a su instalación, es obligatorio inspeccionar el equipo y evaluar los peligros presentes en el área de trabajo, controlándolos antes de proceder.

Asimismo, las escaleras deben instalarse sobre superficies estables y niveladas, garantizando que los peldaños queden paralelos una vez levantada. Las escaleras sin soporte propio requieren de un posicionamiento adecuado considerando el ángulo de inclinación, la longitud de trabajo y la sujeción, siendo la longitud de las guías laterales cuatro veces mayor que la distancia horizontal entre la base y el punto de soporte superior.

OSHA (2023) establece que el ángulo de colocación correcto de una escalera corresponde a una proporción de 4 a 1, equivalente a 75.5 grados respecto a la superficie de apoyo. Las escaleras portátiles destinadas a alcanzar superficies superiores deben contar con largueros laterales que sobrepasen dicha superficie un mínimo de tres pies, y deben estar amarradas en su extremo superior para evitar desplazamientos durante su uso. La ubicación de escalera manual sin soporte propio se muestra en la figura 8.

Figura 8

Ubicación de escalera manual sin soporte propio

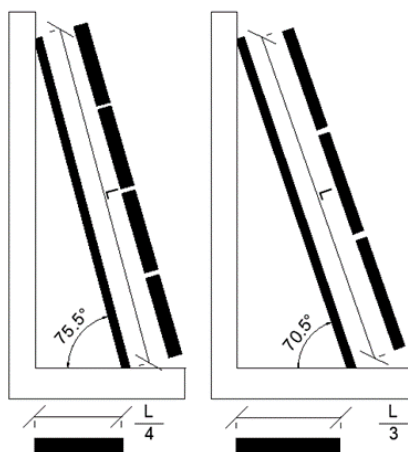


Nota. OSHA (2023). Escaleras portátiles: Como usarlas sin caer.

El ángulo de inclinación para una escalera manual tiene cierto rango, “la inclinación de la escalera debe ser tal que la distancia del pie a la vertical pasando por el vértice esté comprendida entre el cuarto y el tercio de su longitud, correspondiendo una inclinación comprendida entre 75.5 ° y 70.5 °” (INSST, 2018a). El ángulo de inclinación se muestra en la Figura 9.

Figura 9

Inclinación de la escalera manual



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO	
	CÓDIGO:	VERSIÓN:
	FECHA:	
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:	

 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
--



Nota. INSST (2018a). *Norma Técnica de Prevención 239 (NTP 239).*

Las superficies de apoyo en la base de la escalera deben ser planas, horizontales, no deslizantes y resistentes, dado que la ausencia de cualquiera de estas condiciones puede desencadenar accidentes graves. Para garantizar la estabilidad, se emplean zapatas de caucho para superficies de cemento.

La inmovilización de la parte superior mediante amarre a una estructura fija de resistencia comprobada es una medida indispensable para prevenir el vuelco o desplazamiento lateral durante su uso, debiendo asegurarse de que la cuerda quede correctamente tensa antes de iniciar cualquier actividad en altura.

2.3.6.3 Utilización Segura de Escaleras Manuales para Trabajo.

El INSST (2018a), mediante la norma (*NTP 239*), establece las recomendaciones presentadas en la Tabla 13.

Tabla 13

Recomendaciones para el uso de escaleras manuales

Característica de uso	Recomendación
Personal	Las personas que sufran algún tipo de vértigo y similares no debe utilizar las escaleras
Calzado	Para subir a una escalera se debe usar calzado adecuado que sujete bien los pies, las suelas deben estar limpias de grasa, aceite u otros materiales deslizantes
Carga máxima	La carga máxima soportable recomendada en escaleras metálicas es aproximadamente de 150 kg y la carga máxima a llevar por el trabajador es de 25 kg
Asenso – Descenso	El ascenso y descenso de la escalera se debe hacer siempre de cara a la misma, teniendo las manos libres y utilizándolas para subir o bajar los escalones. Cualquier objeto a transportar debe ser llevado colgado al cuerpo o cintura.

Nota. INSST (2018a). *Norma Técnica de Prevención 239 (NTP 239).*

El INSST (2018a), mediante la norma (*NTP 239*), establece que durante la ejecución de trabajos sobre la escalera deben adoptarse medidas de seguridad específicas. Cuando los

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
PROCESO:			
SUBPROCESO:			

pies del trabajador se encuentren a más de 1.8 m del suelo, es obligatorio el uso de cinturón de seguridad anclado a un punto sólido y resistente, además de fijar el extremo superior de la escalera.

Únicamente una persona debe utilizar la escalera para trabajar, evitando operar a menos de 5 m de líneas de alta tensión. La escalera debe posicionarse garantizando acceso directo al punto de operación y, ante la necesidad de cambiar de posición, debe reubicarse verificando nuevamente todos los elementos de seguridad antes de reanudar la actividad.

2.3.6.4 Almacenamiento, Inspección y Conservación de Escaleras Manuales.

Las escaleras deben almacenarse en posición horizontal sobre soportes fijos anclados a paredes, e inspeccionarse cada seis meses verificando el estado de peldaños, sistemas de sujeción y apoyo. Al detectar cualquier desperfecto, la escalera debe retirarse y enviarse a mantenimiento.

2.3.7 Diseño y Construcción de Escaleras Manuales

El diseño y construcción de escaleras manuales incluye la planificación y el cálculo de los componentes principales: peldaños, largueros y zapatas. Además, se considera la finalidad, vida útil, ergonomía, contexto de uso y requisitos normativos. Los planos y modelos se desarrollan mediante AutoCAD, software que permite la elaboración de dibujos técnicos y modelos bidimensionales y tridimensionales para la documentación técnica del equipo.

2.3.7.1 Diseño de Peldaños.

Según el Instituto Nacional Americano de Estándares (ANSI A14.2, 2017), en la norma *American National Standard for Ladders - Portable Metal - Safety Requirements*, para definir las especificaciones técnicas de los peldaños de la escalera se considera el tipo

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
	PROCESO:		
	SUBPROCESO:		

de servicio al que estará destinado el equipo. La clasificación correspondiente según el servicio de la escalera se presenta en la Tabla 14.

Tabla 14

Tipos de escaleras

Clasificación del servicio	Tipo de escalera	Carga de trabajo (lb)	Carga de trabajo (kg)
Servicio especial	IAA	375	170
Trabajo extrapesado	AI	300	136
Trabajo pesado	I	250	113
Servicio mediano	II	225	102
Trabajo liviano	III	200	90.7

Nota. Adaptado de ANSI A14.2 (2017). *American National Standard for Ladders - Portable Metal - Safety Requirements.*

La separación entre los peldaños de las escaleras debe ser de 12 pulgadas equivalentes a 0.305 m, con una tolerancia de $\pm 1/8$ de pulgada equivalente a 0.0032 m (ANSI A14.2, 2017). Las superficies de peldaños, escalones y plataformas destinadas al ascenso, descenso, trabajo o permanencia del trabajador deberán presentar acabado corrugado, dentado, moleteado, con hoyuelos o recubiertas con material antideslizante en todo su ancho.

Según el Comité Europeo de Normalización (CEN, 2015), en la norma *EN 131-1: Escaleras – Parte 1: Terminología, tipos y dimensiones funcionales*, la separación entre peldaños se encuentra en un rango de 250 a 300 mm. El espacio constante entre peldaños de una escalera portátil es indispensable para la seguridad, dado que permite al trabajador un ritmo de ejecución de ascenso y descenso uniforme.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO	
	CÓDIGO:	VERSIÓN:
	FECHA:	
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:	

 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
--



La distancia constante entre peldaños reduce la probabilidad de tropiezos, dado que se mantiene el centro de gravedad estable durante el desplazamiento. Cualquier variación en el espaciado aumenta drásticamente el riesgo de caídas.

El ancho libre interior mínimo de escaleras simples no debe ser inferior a 12 pulgadas equivalentes a 0.305 m para longitudes de hasta 10 ft equivalentes a 3.05 m, debiendo incrementarse un octavo de pulgada por cada pie adicional de longitud (ANSI A14.2, 2017). El ancho de peldaño en función de la longitud de la escalera se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15

Ancho de peldaño según la longitud de escaleras simples

Longitud de escalera (ft - m)	Ancho de peldaño (in - m)
10.0 - 3.05	>12.0 - 0.305
11.0 - 3.35	12.0 1/8 - 0.308
12.0 - 3.66	12.0 1/4 - 0.311
13.0 - 3.96	12.0 3/8 - 0.314
14.0 - 4.27	12.0 1/2 - 0.318

Nota. Adaptado de ANSI A14.2 (2017). *American National Standard for Ladders-Portable Metal-Safety Requirements.*

2.3.7.2 Diseño de Parantes.

El tamaño o longitud de una escalera simple se determina por la longitud del elemento que conecta a los peldaños, sin incluir los pies ni las tapas de los extremos, con tolerancia de media pulgada.

Las escaleras simples no deben exceder los tamaños especificados en la Tabla 16. El diseño de este elemento debe ser tal que asegure un producto que cumpla con los requisitos de la norma ANSI A14.2, 2017.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

Tabla 16

Tamaño de escalera simple y extensible

Clasificación y tipo de Servicio	Escalera simple (ft - m)	Dos secciones (ft - m)	Tres secciones (ft - m)
Servicio especial - IAA	≤16.0 – 4.88	≤32.0 – 9.75	≤36.0 – 11.0
Trabajo extrapesado - AI	≤30.0 – 9.14	≤60.0 – 18.3	≤72.0 – 22.0
Trabajo pesado - I	≤30.0 – 9.14	≤60.0 – 18.23	≤72.0 – 22.0
Servicio mediano - II	≤24.0 – 7.32	≤48.0 – 14.6	≤60.0 – 18.3
Trabajo liviano - III	≤16.0 – 4.88	≤32.0 – 9.75	

Nota. Adaptado de ANSI A14.2 (2017). *American National Standard for Ladders-Portable Metal-Safety Requirements.*

2.3.7.3 Diseño de Zapatas y Tapas.

Cada riel de una escalera sencilla y cada riel de la sección de base de una escalera extensible debe contar con un medio antideslizante fijado al extremo inferior del riel de la escalera y diseñado para funcionar en el ángulo de inclinación especificado.

Según ANSI A14.2 (2017), las partes superiores de cada riel lateral de la sección móvil o intermedia de una escalera extensible, así como de las escaleras simples, deben estar protegidas. Se usan cierres de extremo para evitar bordes afilados.

2.3.8 Análisis de Elementos Finitos

El análisis de elementos finitos es una técnica utilizada en ingeniería de materiales. En este análisis se interpreta como reacciona un objeto bajo condiciones físicas como cargas y deformaciones. Este método divide una estructura en elementos pequeños. Después de esta división se realiza un análisis detallado del comportamiento estructural.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO	
	CÓDIGO:	VERSIÓN:
	FECHA:	
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:	

 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
--



2.3.8.1 Autodesk Inventor.

Autodesk Inventor, un software de modelado en 3D, se utiliza para el diseño mecánico y simulación. El software posee comandos de análisis de tensiones que permite realizar análisis de elementos finitos. De esta forma se evalúa el comportamiento estructural de un diseño específico.

Los procesos para el análisis de elementos finitos, a través del software se resume en la siguiente Tabla 17.

Tabla 17

Procesos para el análisis de elementos finitos - software inventor

Proceso	Detalle
Diseño 3D	Creación del diseño tridimensional a partir de bosquejos bidimensionales
Asignación de material	Especificación del material del modelo. Esencial para calcular las propiedades como el módulo de elasticidad, límite estático y densidad
Creación de un estudio	Designación del análisis a realizarse, como por ejemplo el de tipo estático
Definir restricciones	Designación de aquellos sectores o caras del modelo que son fijas
Aplicación de cargas	Definición de carga gravitacional y cargas específicas que se distribuyen a lo largo de toda la extensión del modelo
Configuración de la malla	Generación de la malla y la densidad de la misma
Ejecución del análisis	Ejecución de la simulación
Análisis de resultados	Generación de gráficos y reporte

Los resultados del análisis de elementos finitos en Inventor muestran el esfuerzo de Von Mises que comprende tensión, compresión y corte, que representa la distribución de tensiones en el modelo para identificar áreas críticas.

Este valor se compara con el yield strength o esfuerzo máximo que puede soportar un material antes de empezar a deformarse permanente para determinar el comportamiento

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
PROCESO:			
SUBPROCESO:			

del material: si Von Mises es menor, el material es seguro; si es igual, está en el límite de fluencia; y si es mayor, el material cederá con deformación permanente.

Otro elemento que mostrarse es el desplazamiento, mostrando como se deforma el modelo bajo cargas aplicadas. Finalmente se muestra el factor de seguridad que identifica las regiones del modelo donde el diseño cumple o no con los requerimientos de seguridad.

La carga total máxima no puede superar los 150 kg incluidas las herramientas. Además, solo está permitida la utilización por una sola persona al mismo tiempo (CEN, 2015). En escaleras profesionales aplica cargas, en pruebas de durabilidad de 50000 ciclos, de hasta 275 kg equivalentes a 1.83 veces la carga nominal (CEN, 2015). Por su parte, ANSI A14.2 (2017) especifica que las pruebas de laboratorio en escaleras requieren una carga igual a cuatro veces la carga nominal.

2.3.9 Validación de la Seguridad de la Escalera

La validación de la escalera es el proceso con el que se comprueba que la esta cumpla con todos los requisitos de seguridad establecidos por estándares y normativas. Este proceso es la base para garantizar la protección de los trabajadores que utilizan el equipo, evitando accidentes y asegurando su funcionamiento seguro en diversas condiciones.

2.3.9.1 Análisis Estadístico de Comparación Multivariado.

El análisis estadístico es el conjunto de técnicas estadísticas utilizadas para analizar datos que involucran múltiples variables al mismo tiempo. Permite estudiar cómo varias variables pueden estar relacionadas entre sí y cómo afectan a los resultados de un estudio.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

2.3.9.2 Control de Calidad 6 Sigma.

La metodología de gestión de calidad 6 Sigma busca mejorar los procesos de una organización mediante la identificación y eliminación de defectos y variabilidad en la producción y los servicios.

Allen (2006) define el método Seis Sigma de la siguiente manera:

Se define como un método para la resolución de problemas. Quizás sea cierto que los principales beneficios de Seis Sigma son: (1) el método ralentiza a las personas cuando resuelven problemas, impidiéndoles saltar prematuramente a recomendaciones deficientes que les hacen perder dinero; y (2) Seis Sigma obliga a las personas a evaluar cuantitativa y cuidadosamente las recomendaciones propuestas. Estas evaluaciones pueden ayudar a fomentar la adopción de los resultados del proyecto y la asignación de crédito a los participantes. (p. 83)

Algunos valores que considerar en el análisis de calidad 6 sigma comprenden: capacidad de proceso, capacidad de proceso superior, capacidad de proceso inferior, capacidad de proceso real y defectos por millón de operaciones. Según Gutiérrez & de la Vara (2013), los índices de capacidad y las partes por millón fuera de las especificaciones se obtienen a partir de las Ecuaciones 3, 4, 5, 6 y 7:

$$Cp = \frac{ES - EI}{6\sigma} \quad (3)$$

Donde:

Cp: calidad de proceso

ES: especificación superior

EI: especificación inferior

σ : desviación estándar

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

$$C_{pi} = \frac{\mu - EI}{3\sigma} \quad (4)$$

Donde:

C_{pi} : calidad de proceso inferior

μ : media del proceso

$$C_{ps} = \frac{ES - \mu}{3\sigma} \quad (5)$$

Donde:

C_{ps} : calidad de proceso superior

$$C_{pk} = \text{Mínimo} \left[\frac{\mu - EI}{3\sigma}, \frac{ES - \mu}{3\sigma} \right] \quad (6)$$

Donde:

C_{ps} : calidad de proceso real

$$PPM = \exp \left[\frac{29.37 - (Z - 0.8406)^2}{2.221} \right] \quad (7)$$

Donde:

PPML: partes por millón fuera de especificaciones

Z: nivel de sigma

Según (Park, 2003), el nivel sigma se calcula a partir de la Ecuación 8.

$$\text{sigmalevel} = 3(C_{pk}) + 1.5 \quad (8)$$

Donde:

sigmalevel: nivel de sigma

C_{pk} : capacidad de proceso real

Por otro lado, Gutiérrez & de la Vara (2013) aseguran que el nivel de calidad en sigmas se calcula mediante la Ecuación 9.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

$$Z = 0.8406 + \sqrt{29.37 - 2.221 \times \ln(PPM)} \quad (9)$$

Donde:

Z: nivel de sigma

2.3.10 Construcción de Escaleras

La construcción de escaleras debe fundamentarse en las normativas internacionales vigentes, las cuales definen los requisitos mínimos de diseño, selección de materiales y resistencia estructural, garantizando la integridad física del trabajador y orientando a fabricantes y empleadores en la adquisición y mantenimiento adecuado de estos equipos. Algunas normas técnicas para escaleras portátiles se presentan en la Tabla 18.

Tabla 18

Normas técnicas para escaleras portátiles

Norma Técnica	Descripción
ANSI A14.2 2017	Escaleras portátiles de seguridad de tipo industrial. La norma establece los requisitos de seguridad para la fabricación de escaleras portátiles.
EN 131	Regula los requisitos de seguridad y rendimiento para las escaleras portátiles de uso profesional y doméstico. El peso utilizado en ensayos es de 275 kg. El ancho mínimo de peldaños es de 280 mm.
ISO 11148	La incluye los requisitos para la seguridad en herramientas como escaleras.
OSHA 1910.23	En la norma se mencionan los requisitos de seguridad para el uso y mantenimiento de escaleras portátiles.
OSHA 1910.25	La norma regula el uso y diseño de escaleras en la industria.
ISO 14122-3	La norma menciona los requisitos de diseño. Además, menciona las dimensiones para escaleras industriales portátiles.

2.3.11 Normas Europeas

La normativa europea, mediante del Comité Europeo de Normalización (CEN, 2015), analiza y evalúa los equipos de trabajo en altura a través de la norma *EN 131*. La norma menciona los requisitos de diseño para escaleras rectas.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO	
	CÓDIGO:	VERSIÓN:
	FECHA:	
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:	

 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
--



2.3.12 Normas Americanas (OSHA y ANSI)

La *OSHA 1910.23* (OSHA, 2023) define los requisitos mínimos de diseño, mantenimiento y uso de escaleras, mientras que la serie *ANSI ASC A14* (ANSI A14.2, 2017) especifica criterios técnicos de fabricación y ensayo mecánico para escaleras de aluminio.

2.3.13 Norma Ecuatoriana

Las escaleras del presente proyecto deben diseñarse para permitir la manipulación segura de cargas y debe evitar riesgos de tipo ergonómico. El Ministerio de Trabajo (2008), en el *Reglamento de Seguridad y Salud para la Construcción y Obras Públicas*, menciona que cuando un peso supera los 23 kg, la manipulación manual de carga se realice entre dos o más personas.

2.3.14 Institucionalización de Seguridad y Salud en el Trabajo

2.3.14.1 Manual Técnico de Escalera Manual y Beneficios.

El manual técnico integra criterios para el diseño, uso, mantenimiento y seguridad de la escalera industrial. Se estandariza procedimientos y responsabilidades dentro de la Fundación EcoSur - Ecuador. La implementación del manual mejora la prevención de riesgos laborales. Por otro lado, su aplicación permite el cumplimiento normativo y la reducción de costos por accidentes y ausentismo.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

Capítulo 3

Diseño Metodológico

3.1 Enfoque de la Investigación

En estudio de diseño y construcción de escaleras de seguridad industrial adopta un enfoque cuantitativo, dado que los datos y métodos empleados son de tipo medible y verificable.

La toma de datos hace referencia a la medición de variables fisiológicas y biomecánicas, entre las que se incluyen: medidas antropométricas, edad, masa corporal, tiempos de ejecución, presión sistólica, pulso, altura de salto vertical y resistencia en posición de sentadilla estática. El registro de estas variables tiene como propósito cuantificar y comparar los niveles de fatiga física experimentados por los trabajadores tras el uso de la escalera convencional y la escalera propuesta, constituyendo la base para la validación de los resultados obtenidos.

Para la medición directa de la fatiga ocupacional se ha tomado en cuenta ensayos de potencia muscular (sentadilla estática y salto vertical) dado que constituyen una alternativa objetiva, de bajo costo y de fácil aplicación en campo.

(Seong et al., 2022) afirman lo siguiente:

La mayoría de las técnicas de medición de fatiga son engorrosas e impracticables en sitios de construcción, lo que enfatiza la necesidad de desarrollar sistemas de monitoreo continuo con una obstrucción mínima para el trabajador. Esta necesidad reconocida en la literatura es precisamente la que motiva la búsqueda de métodos alternativos de evaluación más simples, económicos y adaptados a las condiciones reales del trabajo en obra. Debido a la complejidad y diversidad de los entornos de

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
PROCESO:			
SUBPROCESO:			

los sitios de construcción, resulta necesario examinar si los métodos de recolección de datos son adecuados para los sitios de construcción reales, dado que las condiciones de campo difieren sustancialmente de los entornos de laboratorio donde la mayoría de los instrumentos de medición de fatiga han sido validados. (p. 1)

Por otro lado, es necesario precisar que la frecuencia cardíaca y la presión arterial sistólica, si bien se registran en el presente estudio como variables de respuesta al esfuerzo, corresponden a indicadores de carga fisiológica cardiovascular propios del campo de la ergonomía y la fisiología del trabajo.

El diseño geométrico de los peldaños y de los largueros, de la escalera se realiza en el software AutoCAD versión demo. Por otro lado, el análisis de elementos se realiza mediante el software Autodesk Inventor versión demo. Los datos cuantificables obtenidos validan la integridad y seguridad de las escaleras.

Por otra parte, la aplicación de control de calidad utilizando la metodología 6 sigma y el análisis estadístico. Este control se realiza en el software Wolfram Mathematica versión 14.3 con licencia profesional. La metodología 6 sigma se basa en la recopilación y análisis de datos estadísticos, estos datos permiten identificar y reducir variaciones en los procesos.

Este enfoque cuantitativo se utiliza para evaluar la conformidad de las escaleras con los estándares de seguridad y rendimiento, permitiendo la identificación de áreas de mejora basadas en evidencia estadística. En conjunto, estos métodos cuantitativos aseguran que el estudio no solo sea preciso y confiable, sino también capaz de proporcionar soluciones seguras en el diseño y construcción de escaleras de seguridad industrial.

Cejas et al. (2023) afirman lo siguiente con respecto a la investigación cuantitativa:

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
PROCESO:			
SUBPROCESO:			

Se caracteriza por ser objetiva y deductiva, producto de los diferentes procesos experimentales que pueden ser medibles, su objeto de estudio permite realizar proyecciones, generalizaciones o relaciones en una población o entre poblaciones a través de inferencias estadísticas establecidas en una muestra. Es así como el alcance de la investigación cuantitativa es poder establecer las relaciones de causa-efecto que se pueden presentar también cuando abordamos problemas sociales. (p. 76)

Un estudio con hipótesis debe ser de tipo cuantitativo dado que este enfoque permite probar de manera objetiva y precisa la veracidad de la hipótesis planteada a través de la recolección y análisis de datos numéricos. Utilizando métodos cuantitativos, se pueden obtener medidas precisas y replicables que facilitan la comparación y evaluación de los resultados en relación con las hipótesis.

Además, el análisis estadístico permite identificar: patrones, relaciones y diferencias significativas entre variables. El análisis aporta una relevancia científica al proceso de verificación de hipótesis.

Mohajan (2020) asegura lo siguiente:

Una hipótesis es una explicación preliminar y puede comprobarse mediante investigaciones posteriores. Los investigadores cuantitativos diseñan estudios que permitan probar las hipótesis. Hay tres tipos de variables en la investigación cuantitativa: i) variables dependientes, ii) variables independientes, iii) variables extrañas o de confusión. Las variables que, según la hipótesis, dependen o son causadas por otras variables, es decir, monitorean cómo reaccionan los sujetos midiendo la respuesta en una o más medidas de resultado, son variables dependientes, las variables que se cree que son la causa o influencia. (p.154)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

3.2 Diseño de la Investigación

La investigación se fundamenta en la toma de datos (variables independientes) como medidas antropométricas, edad, estatura, masa, escala de autoevaluación (percepción de fatiga física) y pruebas fisiológicas aplicadas a cada trabajador del Departamento de Reconstrucción de Vivienda de la Fundación EcoSur - Ecuador.

La presente investigación se estructura en tres partes. En primer lugar, el diseño de la escalera, misma que se enfocará en el dimensionamiento y elección de la geometría de la escalera de seguridad industrial manual de peldaños planos utilizando el software AutoCAD versión demo. Se determinará, en base a normativas de construcción, las medidas de cada componente de la escalera: peldaños, alto, ancho y la inclinación. Se realizarán planos técnicos detallados que permitan una visualización completa de las escaleras.

En el proyecto se considerarán criterios ergonómicos con el propósito de asegurar la funcionalidad y seguridad de la escalera.

La segunda parte se centrará en la construcción de la escalera. Se considerará la selección de materiales y el análisis tenso deformacional. Además, se desarrollará el análisis de las fuerzas a los que estará sometida el equipo.

La tercera parte comprenderá la entrega y uso de la escalera en el Departamento de Reconstrucción de Vivienda de la Fundación EcoSur – Ecuador. La institución verificará la eficiencia y calidad del equipo.

El método aplicado corresponde al control estadístico de calidad 6 Sigma, herramienta que permite cuantificar el rendimiento del equipo y minimizar la variabilidad en los resultados. Concluida la investigación, se contempla institucionalizar el manual de

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
PROCESO:			
SUBPROCESO:			

prevención de riesgos laborales y de uso de la escalera propuesta en el Departamento de Reconstrucción de Vivienda de la Fundación EcoSur - Ecuador.

3.3 Tipo de Investigación

El presente estudio es de tipo experimental, caracterizado por el control deliberado de la variable que se desea estudiar, mientras se observan los efectos que produce en otras variables. Este tipo de estudio se lleva a cabo de manera que los sujetos o elementos se asignan de forma azarosa, asegurando así que cualquier resultado observado sea atribuible a la intervención aplicada y no a otros factores externos.

Esta metodología permite establecer relaciones causales claras y precisas, dado que se controla rigurosamente el entorno experimental y se mide con exactitud el impacto de las modificaciones realizadas. Al respecto, Ramos (2021) señala que “La investigación experimental se caracteriza por la manipulación intencionada de la variable independiente y el análisis de su impacto sobre una variable dependiente”. En cuanto a sus subdiseños, el de tipo experimental “se cuenta con uno o más grupos de intervención, un grupo control y la asignación de los participantes en los diferentes grupos se lo hace de manera aleatoria probabilística” (Ramos, 2021).

Zubair (2022) señala que este tipo de diseño de investigación es empleado en experimentos científicos, ciencias sociales y ciencias médicas, siendo más frecuente en investigación de campo que teórica. El proceso comprende los siguientes pasos:

El investigador debe desarrollar una pregunta de investigación, plantear una hipótesis comprobable, decidir cómo controlar la variabilidad durante el proceso experimental, elegir o desarrollar condiciones de intervención, una muestra de una población para asignarlas a las condiciones experimentales y decidir qué medidas

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
PROCESO:			
SUBPROCESO:			

empíricas se tomarán (y cómo se registrarán los datos). Con frecuencia existe un vínculo estrecho y crucial entre el diseño experimental, el tipo de datos recopilados y el método estadístico que se utilizará para evaluar los datos. (p. 79)

Corrêa da Silva (2022) define el experimento como el método de investigación explicativa en el que el investigador interviene en la muestra de la siguiente manera:

El experimento es el método de investigación explicativa en el que el investigador interviene en la muestra imponiendo deliberadamente los niveles de una o más características explicativas a sus unidades con el propósito de generar inferencias sobre los efectos causales de dichas características sobre las características de respuesta. Estas son características extrínsecas o de tratamiento. El experimento también puede incluir características intrínsecas, que se manifiestan en la muestra, sin control o con control limitado del investigador. Los niveles de características extrínsecas son estímulos, como dietas administradas a animales o fungicidas aplicados a plantas. (p. 247)

3.3.1 *Nombre del Subtema*

El análisis tensodeformacional constituye una fase fundamental en el diseño de estructuras de seguridad industrial, particularmente en escaleras manuales de peldaños planos dado que permite evaluar de manera exhaustiva las fuerzas, tensiones y deformaciones a las que estará sometida la estructura durante su uso.

El análisis comprende la evaluación del comportamiento mecánico de los materiales en condiciones operativas reales, la determinación de factores de seguridad a partir de la

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
PROCESO:			
SUBPROCESO:			

comparación entre el esfuerzo de Von Mises y el Yield Strength del material, y la identificación sistemática de zonas críticas susceptibles de falla. Los resultados obtenidos permiten verificar que las deformaciones máximas se encuentren dentro de los parámetros establecidos por normativas internacionales como la *EN 131*, garantizando el cumplimiento de los requisitos de integridad estructural y seguridad de los usuarios.

La implementación de un manual de uso de escaleras contribuye positivamente en las condiciones laborales del personal del Departamento de Reconstrucción de Vivienda.

El impacto real se mide en trabajadores que regresan sanos a sus hogares al finalizar cada jornada y en las familias que no enfrentan la carga de un accidente laboral.

Una organización que institucionaliza la seguridad laboral no solo cumple con la normativa vigente en materia de prevención de riesgos sino que construye confianza, fortalece el sentido de pertenencia de su equipo y sienta las bases de una cultura preventiva que trasciende el manual mismo, arraigándose en la práctica cotidiana de cada persona que forma parte de ella.

3.4 Nivel De Investigación

La investigación se desarrolla en un nivel explicativo, en virtud de que no se limita a describir las características y propiedades de las escaleras de seguridad industrial, sino que busca determinar las relaciones causales existentes entre las variables de estudio mediante un proceso de experimentación controlada. El diseño experimental adoptado permite la manipulación sistemática de variables independientes: la geometría de los peldaños, propiedades mecánicas de los materiales y condiciones de carga para evaluar sus efectos sobre las variables dependientes: fatiga física de los trabajadores, seguridad laboral y comportamiento tensodeformacional de la estructura.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
PROCESO:			
SUBPROCESO:			

El nivel explicativo se concreta en la aplicación de tres herramientas metodológicas complementarias: el análisis de elementos finitos, orientado a establecer relaciones causales entre tensiones aplicadas y deformaciones resultantes; el control estadístico 6 Sigma, empleado para identificar los factores determinantes en la calidad del producto final; y la comprobación de hipótesis a partir de datos cuantitativos, que permite no solo comprender el comportamiento estructural, sino predecirlo y controlarlo ante diferentes escenarios operativos. Este enfoque proporciona una base científica rigurosa para la toma de decisiones en el ámbito de la ingeniería de seguridad industrial.

3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

La recolección de datos es la base de toda investigación rigurosa, dado que suministra la evidencia necesaria para: analizar, comprender e interpretar el fenómeno estudiado.

Los datos pueden ser: cuantitativos, cualitativos o mixtos. La obtención de estos requiere técnicas y se seleccionan en función de los objetivos del estudio.

En las ciencias del comportamiento, se suelen utilizar métodos como: observación, entrevistas, cuestionarios y bases de datos. Por otro lado, las fuentes secundarias abarcan documentos y publicaciones previamente realizadas.

Mazhar et al. (2021) afirman que:

Para realizar una investigación, es imprescindible recopilar datos. Los datos son básicamente la información que se requiere para investigar un problema de investigación después de un diseño adecuado. La importancia de la recopilación de datos radica en el hecho de que sin recopilar la información particular no se podría llevar a cabo la investigación. Los datos pueden ser primarios o secundarios. Por lo

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

general, los métodos de recopilación de datos primarios en las ciencias del comportamiento incluyen métodos de observación, entrevistas, cuestionarios y bases de datos. Las fuentes de datos secundarios incluyen libros, revistas, diarios, etc. publicados anteriormente y autobiografías y biografías inéditas, etc. (p. 2)

Por otro lado, Taherdoost (2021) afirma que:

Una de las etapas principales de un estudio de investigación es la recopilación de datos que permite al investigador encontrar respuestas a preguntas de investigación. La recopilación de datos es el proceso de compilación de datos con el objetivo de obtener conocimientos respecto al tema de investigación. (p.64)

3.5.1 Observación

El método de investigación de observación se caracteriza por ser un esquema organizado y bien definido para la recolección y análisis de datos. Este enfoque se basa en la aplicación de técnicas que garantizan la consistencia de los resultados. Al respecto Mazhar et al. (2021) señalan que este método “implica una definición cuidadosa de las unidades a observar, junto con el estilo de registro de la información obtenida, la selección de datos de observación pertinentes”.

3.5.2 Cuestionario o Encuestas

Un cuestionario permite a los investigadores recopilar información de manera estructurada. Es el contacto entre el investigador y los participantes. Cada pregunta facilita la comprensión de un fenómeno específico.

Los cuestionarios también son apropiados para obtener información de personas que se encuentran dispersas en un área amplia y con las que no es fácil contactar cara a cara. Un cuestionario debe tener una breve explicación de qué se trata su investigación.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
PROCESO:			
SUBPROCESO:			

Como ocurre con todos los métodos de recopilación de datos, los cuestionarios siempre deben respetar códigos de conducta éticos y morales (Mazhar et al., 2021).

3.5.3 Entrevistas

Una entrevista es una conversación directa entre el investigador y el participante. Está diseñada para obtener información detallada sobre un tema específico. En este tipo de entrevista, el investigador hace preguntas y también escucha activamente.

Mazhar et al. (2021) afirman que:

Este método implica que una persona, como entrevistador, haga preguntas principalmente en una interacción cara a cara con otras personas. En ocasiones, el entrevistado también puede sondear ciertos interrogatorios y respuestas del entrevistador, pero generalmente el entrevistador comienza la entrevista y reúne los hechos. Este método es bastante apropiado para investigaciones exhaustivas. (p.4)

En las entrevistas “se hacen preguntas y se recopilan datos utilizando respuestas proporcionadas y contrasta con el cuestionario cuya metodología recopila datos de forma indirecta” (Taherdoost, 2021).

3.6 Técnicas para el Procesamiento e Interpretación de Datos

El procesamiento y análisis de los datos compilados durante la investigación se realizará mediante el empleo de herramientas de interpretación estadística. En primer lugar, se utilizará el software Wolfram Mathematica (versión 14.3 profesional), un programa ampliamente reconocido en la comunidad científica.

A través del software Wolfram Mathematica se implementará la metodología 6 Sigma para determinar en qué porcentaje se ha modificado la escalera base. El análisis

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

estadístico incluirá la capacidad del proceso teórico y real, el cálculo de la desviación estándar y la identificación de defectos por millón.

Por otro lado, el estudio ergonómico se realizará mediante la aplicación del método REBA. Esta es una herramienta que calcular la valoración ergonómica de posturas al realizar trabajos en altura. El procesamiento de los datos obtenidos mediante observación y registro fotográfico se realizará utilizando Microsoft Excel. Se calcularán las puntuaciones correspondientes a cada segmento corporal: tronco, cuello, piernas, brazos y muñecas. Además, se determinarán los niveles de intervención ergonómica necesarios.

El registro de posturas forzadas en la escalera convencional y propuesta se realizará mediante fotografías (congelamiento de imágenes). Durante el registro, los trabajadores realizarán actividades de ascenso, descenso y permanencia en la escalera convencional y propuesta. Durante el desarrollo de trabajos en altura, el trabajador observado realizará trabajos varios: pintura, instalación eléctrica, enlucido, entre otros.

Esta metodología permitirá comparar las condiciones posturales durante el uso de la escalera convencional y propuesta. Se comprobará si el nuevo diseño reduce los riesgos ergonómicos identificados.

Los resultados del análisis REBA se clasificarán en niveles de riesgo desde inapreciable hasta muy altos.

El análisis comparativo entre la escalera convencional y la escalera propuesta se realizará en Wolfram Mathematica y se considerarán diversas variables biométricas y de desempeño físico. En primer lugar, se evaluará la prueba de salto vertical como indicador de la potencia muscular de las extremidades inferiores antes y después del uso de escaleras convencionales y propuestas. Se cuantificará el nivel de fatiga muscular inducida por cada

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

diseño. Frente a las restricciones metodológicas y económicas que presenta la medición especializada de la fatiga ocupacional, las pruebas de rendimiento físico deportivo constituirán una alternativa objetiva, de bajo costo y de fácil aplicación en campo. Saltos y sentadillas, con el dispositivo y el protocolo adecuados y con datos fiables y válidos, serán viables para medir la fatiga.

En segundo lugar analizará el ritmo cardíaco inmediatamente después de completar las tareas de ascenso, ejecución de una tarea y descenso en cada tipo de escalera.

En tercer lugar, se medirá la presión arterial sistólica (expresada en mmHg) como indicador de la respuesta fisiológica al esfuerzo físico realizado durante el uso de las escaleras. Finalmente, se aplicará el test de sentadilla estática con talones elevados, registrando el tiempo máximo (en segundos) que cada trabajador puede mantener la posición después de utilizar cada tipo de escalera, lo cual constituye un indicador sensible de fatiga muscular localizada en los músculos de la pantorrilla y el tren inferior.

Para todas estas variables, se realizarán pruebas estadísticas de comparación de medias (t-Student o Wilcoxon según la distribución de los datos) que permitan determinar si existen diferencias significativas entre las dos condiciones experimentales, estableciendo así de manera objetiva si la escalera propuesta reduce efectivamente la fatiga física de los trabajadores en comparación con la escalera convencional.

3.7 Población y Muestra

3.7.1 Población

La recolección de datos se llevó a cabo con la participación de 10 trabajadores del Departamento de Reconstrucción de Vivienda de la Fundación EcoSur - Ecuador, durante un período de 6 meses con mediciones diarias en días laborables. Considerando 4 variables

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO	
	CÓDIGO:	VERSIÓN:
	FECHA:	
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:	

 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
--



independientes evaluadas por trabajador, una toma de medición diaria y 10 días laborables por mes, el proceso generó un total de 2400 datos, lo que garantiza una base estadística sólida y representativa para el análisis.

El tiempo de uso de cada escalera se estableció en 15 minutos, valor determinado a partir del tiempo promedio real que cada trabajador emplea en las distintas fases de la reconstrucción de una vivienda, asegurando que las condiciones de medición reflejen fielmente la realidad del entorno laboral intervenido.

3.7.2 *Tamaño de la Muestra*

Se supone una población finita con una distribución de probabilidades normalizada, inicialmente, con una muestra piloto, con los parámetros poblacionales de σd y sd_p conocidos:

$$n_0 = \left(Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma d}{e} \right)^2 \quad (10)$$

$$n = \left(\frac{Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 \sigma^2 N}{Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 \sigma^2 + e^2 (N - 1)} \right)^2 \quad (11)$$

Con los valores estándar definidos en la investigación, la población conocida y un error tolerable del 3% se obtendrá el tamaño muestral. Esto definirá el número de trabajadores y días para la recolección de datos con la consigna de aleatoriedad implícita.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

Capítulo 4

Análisis y Discusión de los Resultados

4.1 Escalera Convencional y Propuesta

4.1.1 Modificación de la Escalera Base

4.1.1.1 Geometría.

El área de contacto entre la planta del pie y el peldaño tubular circular de 0.03 m de diámetro representa entre el 2.5 y el 3.0% de la superficie plantar, equivalente a una superficie de contacto de apenas 4 a 5 cm². En términos lineales, la longitud de contacto efectivo con el peldaño corresponde al 5.3% del perímetro del tubo. Estos valores muestran una superficie ínfima.

El peldaño propuesto (0.15 m de huella) proporciona un área de contacto de 91 cm². Este valor representa el 53% de la superficie de planta de los trabajadores de la Fundación EcoSur - Ecuador. La longitud de contacto conlleva al 100% de la huella de peldaño. Esta diferencia involucra una mejora significativa en la distribución de la carga sobre el pie del usuario de escalera propuesta.

La determinación de la huella o ancho del peldaño respondió a tres criterios que actuaron de forma simultánea. El primero corresponde a la optimización de los costos de materiales y procesos de ensamble, dado que una huella sobredimensionada incrementa innecesariamente el peso del conjunto y el consumo de materia prima sin ofrecer beneficios funcionales proporcionales.

El segundo criterio es de naturaleza ergonómica: una huella excesiva obligaría al usuario a posicionar el pie con mayor profundidad sobre el peldaño, lo que generaría

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

interferencia y rozamiento entre la pierna y el peldaño inmediatamente superior, comprometiendo tanto la comodidad como la seguridad durante el ascenso y descenso.

El tercer criterio hace referencia al percentil 95 de las medidas de los pies de los trabajadores con zapatos de seguridad (27.5 cm), con el fin de dar cabida a los individuos de mayor talla.

Por otro lado, la escalera inicial posee un peso de 5.60 kg. Con las modificaciones de los peldaños, la escalera alcanzó un peso de 13.45 kg. Este peso ayudó al emplazamiento y estabilidad de la escalera. El peso de la escalera propuesta en cuanto a su emplazamiento y transporte, por una sola persona, cumple con las normativas vigentes (carga máxima de hasta 25 kg).

4.1.1.2 Anclaje.

La escalera de referencia contempla dos puntos de anclaje por peldaño, dispuestos uno a cada lado, con un diámetro de 0.025 m cada uno. Si bien esta configuración cumple una función estructural básica, concentra la totalidad de las solicitaciones mecánicas en dos únicos elementos, lo que implica que, ante cualquier fallo puntual ,ya sea por fatiga del material, corrosión o impacto, la integridad del peldaño queda comprometida de manera inmediata.

La escalera propuesta posee cuatro puntos de anclaje por peldaño, duplicando la configuración original. Las perforaciones de los anclajes son de 0.0051 m de diámetro cada una. Adicionalmente, la distribución simétrica de los cuatro anclajes contribuye a estabilizar el peldaño frente a cargas excéntricas, es decir, aquellas que se aplican fuera del eje central del peldaño, situación habitual cuando el usuario apoya el pie hacia uno de los laterales o cuando transporta herramientas y equipos con distribución de peso asimétrica.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
PROCESO:			
SUBPROCESO:			

En lo que respecta a la selección del material, la escalera de referencia está fabricada en aluminio de la serie 6061-T6, aleación de alto desempeño mecánico con una resistencia a la tracción de aproximadamente 310 MPa y un límite de fluencia de 276 MPa. Para la escalera propuesta se adoptó el aluminio de la serie 6063-T5, aleación de la misma familia, pero con propiedades mecánicas moderadamente inferiores como resistencia a la tracción de 185 MPa y límite de fluencia de 145 MPa, y un costo de adquisición sensiblemente menor.

4.1.2 Resultados de los Ensayos Realizados con la Escalera Convencional y la Propuesta

4.1.2.1 Datos Generales de los Trabajadores.

Los datos generales de los trabajadores del Departamento de Reconstrucción de la Fundación EcoSur - Ecuador se presentan en la Tabla 19. Por otro lado, las estadísticas de los trabajadores se presentan en las Tablas 20 y 21.

Tabla 19

Datos generales de los trabajadores

Persona	Nombre	Edad (años)	Masa (kg)
1	Rómulo Quispillo	41	75.4
2	Byron Sánchez	27	62.6
3	Maicol Balseca	25	76.3
4	Cristian Morales	23	56.4
5	Charlie Haro	25	69.8
6	Juan Pablo Vallejo	56	52.9
7	Hermel Rivera	70	68.2
8	Ángel Daquilema	53	59.8

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

9	Eriberto García	55	75.1
10	Luis Suarez	31	69.4

Tabla 20

Estadísticas generales de los trabajadores

Ítem	Valor	Unidades
Media	40.6	años
Mediana	36.0	años
Moda	25.0	años
Valor Mínimo	23.0	años
Valor Máximo	70.0	años
Rango	47.0	años
Desviación estándar	17.2	años
Varianza	294	años ²
Coefficiente de variación	42.3	%
Percentil 25 (Q1)	25.0	años
Percentil 75 (Q3)	54.5	años

La población presenta una alta variabilidad en edad ($CV = 42.3 \%$), el rango de edades se encuentra entre los 23 y 70 años. La edad promedio es de 40.6 años, con una mediana de 36 años. El 50% central de los trabajadores tiene entre 25 y 54.5 años

Tabla 21

Estadísticas generales de los trabajadores (masa)

Ítem	Valor	Unidades
Media	66.6	kg
Mediana	68.8	kg

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO	
	CÓDIGO:	VERSIÓN:
	FECHA:	
	MACROPROCESO:	
	PROCESO:	
	SUBPROCESO:	



SGC
SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



Moda	- kg
Valor Mínimo	52.9 kg
Valor Máximo	76.3 kg
Rango	23.4 kg
Desviación estándar	7.82 kg
Varianza	61.13 kg ²
Coefficiente de variación	11.74 %
Percentil 25 (Q1)	59.65 kg
Percentil 75 (Q3)	75.13 kg

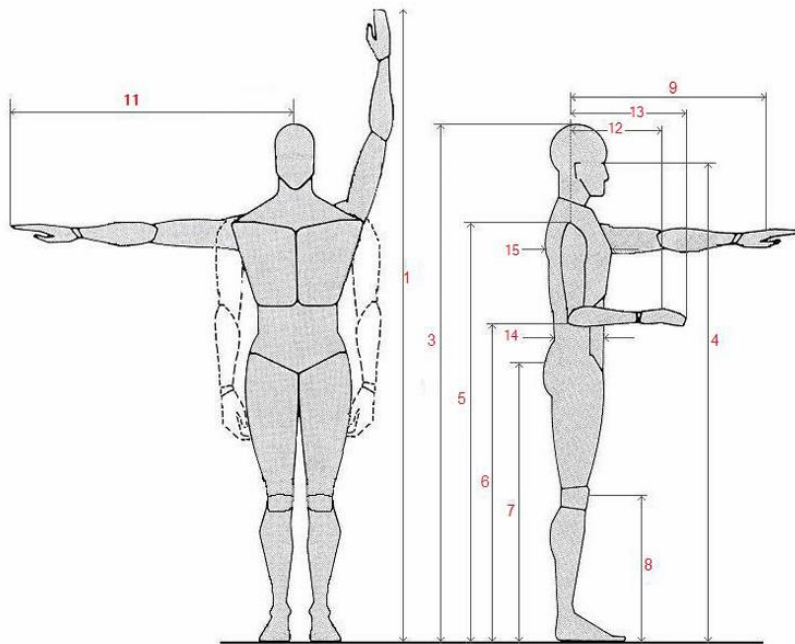
El peso muestra una distribución más homogénea ($CV = 11.74\%$) comparado con la edad. El peso promedio es de 66.59 kg, con valores que oscilan entre 52.9 kg y 76.3 kg. La distribución es relativamente simétrica ($media \approx mediana$). El 50% de los trabajadores pesan entre 59.65 kg y 75.13 kg.

La guía antropométrica se aprecia en las Figuras 10 y 11. Por otro lado, los datos antropométricos de los trabajadores se presentan en las Tablas 22 y 23.

4.1.2.2 Medidas Corporales

Figura 10

Dimensiones antropométricas relevantes (de pie)



Nota: Mondelo et al. (1999).

Tabla 22

Medidas antropométricas (de pie)

		Persona									
M	Nombre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Alcance vertical máximo sin agarre	2.13	2.16	2.23	1.96	2.18	1.98	2.09	1.96	2.15	2.14
2	Alcance vertical máximo con agarre	2.00	2.10	2.14	1.88	2.06	1.88	1.98	1.83	1.58	2.11
3	Estatura	1.7	1.72	1.8	1.57	1.67	1.62	1.67	1.58	1.60	1.68
4	Altura de ojos	1.62	1.61	1.67	1.47	1.62	1.53	1.55	1.48	1.52	1.62

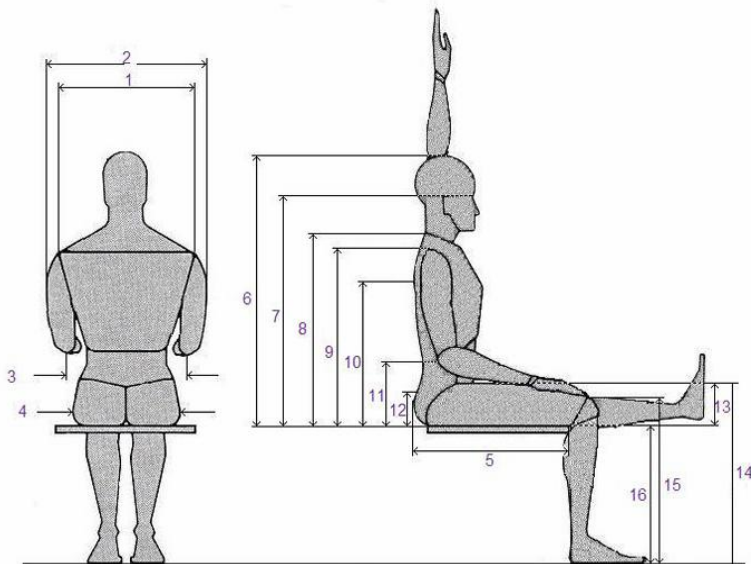
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

5	Altura de hombros	1.42	1.45	1.49	1.30	1.44	1.33	1.40	1.34	1.35	1.32
6	Altura de codos	1.07	1.07	1.17	1.01	1.03	1.05	1.05	0.97	0.98	1.02
7	Altura espina ilíaca	0.83	0.66	0.95	0.90	1.01	0.83	0.88	0.77	0.75	0.82
8	Altura de rodilla	0.51	0.52	0.51	0.44	0.45	0.44	0.43	0.45	0.52	0.52
9	Alcance máximo con agarre	0.64	0.64	0.65	0.61	0.64	0.55	0.63	0.52	0.56	0.62
10	Alcance máximo sin agarre	0.74	0.76	0.75	0.71	0.74	0.70	0.72	0.74	0.74	0.76
11	Alcance máximo lateral	0.87	0.92	0.87	0.82	0.89	0.77	0.84	0.85	0.83	0.86
12	Alcance mínimo con agarre	0.33	0.34	0.29	0.33	0.34	0.27	0.33	0.32	0.31	0.32
13	Alcance mínimo sin agarre	0.43	0.45	0.39	0.42	0.44	0.36	0.42	0.42	0.43	0.44
14	Profundidad de abdomen	0.29	0.23	0.21	0.19	0.24	0.23	0.28	0.27	0.25	0.27
15	Profundidad de pecho	0.24	0.24	0.19	0.20	0.20	0.23	0.26	0.23	0.24	0.23
16	Largo de las manos	0.18	0.20	0.18	0.18	0.18	0.17	0.18	0.18	0.17	0.17
17	Ancho de ambas manos separadas	0.48	0.53	0.58	0.48	0.48	0.47	0.51	0.53	0.54	0.48

Nota. Unidades en metros.

Figura 11

Dimensiones antropométricas relevantes (sentado)



Nota: Mondelo et al. (1999).

Tabla 23

Medidas antropométricas (sentado)

		Persona									
M	Nombre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Anchura de hombros	0.46	0.39	0.46	0.38	0.44	0.38	0.41	0.40	0.45	0.45
2	Anchura bideltaidea	0.49	0.47	0.53	0.44	0.47	0.45	0.46	0.44	0.48	0.48
3	Anchura codo-codo	0.45	0.50	0.40	0.38	0.41	0.37	0.42	0.40	0.42	0.40
4	Anchura de cadera	0.38	0.35	0.39	0.39	0.37	0.33	0.40	0.38	0.39	0.38
sentado											
5	Distancia sacro- poplítea	0.49	0.50	0.48	0.45	0.48	0.37	0.48	0.47	0.49	0.49
6	Altura cabeza-asiento	0.84	0.91	0.93	0.84	0.86	0.82	0.82	0.79	0.78	0.87
7	Altura ojos-asiento	0.76	0.79	0.80	0.73	0.75	0.72	0.69	0.70	0.71	0.73

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

8	Altura cervical	0.69	0.65	0.71	0.63	0.69	0.63	0.63	0.62	0.65	0.67
9	Altura hombros- asiento	0.58	0.61	0.62	0.55	0.60	0.56	0.56	0.55	0.55	0.60
10	Altura subescapular	0.50	0.49	0.52	0.46	0.48	0.42	0.45	0.41	0.56	0.50
11	Altura codo-asiento	0.24	0.26	0.24	0.23	0.24	0.24	0.21	0.20	0.23	0.24
12	Altura cresta ilíaca	0.17	0.17	0.17	0.17	0.18	0.16	0.16	0.15	0.18	0.17
13	Altura muslo-asiento	0.15	0.15	0.17	0.14	0.15	0.11	0.14	0.13	0.15	0.15
14	Altura muslo-suelo	0.57	0.58	0.58	0.55	0.56	0.52	0.26	0.55	0.56	0.56
15	Altura rodilla-suelo	0.54	0.56	0.57	0.51	0.53	0.50	0.55	0.51	0.54	0.55
16	Altura poplíteica	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.43	0.42	0.42	0.42
17	Largo de los pies	0.29	0.28	0.28	0.29	0.29	0.25	0.30	0.28	0.26	0.28
18	Ancho de pies separados	0.38	0.37	0.37	0.40	0.40	0.37	0.39	0.39	0.38	0.40

Nota. Unidades en metros.

La medida 18 de la Tabla 23, muestra que la postura más cómoda, de los trabajadores, para realizar trabajos generales y específicos corresponde a 0.40 m equivalente a un valor máximo y repetitivo.

Los resultados de los ensayos realizados se muestran en las Tablas 24, 25, 26 y 27.

4.1.2.3 Resultados de Ensayo Salto Vertical.

Tabla 24

Datos de ensayo de salto vertical

Alcance vertical (m)		Persona									
Día	Escalera	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Convencional	2.63	2.64	2.67	2.53	2.59	2.46	2.42	2.54	2.56	2.60

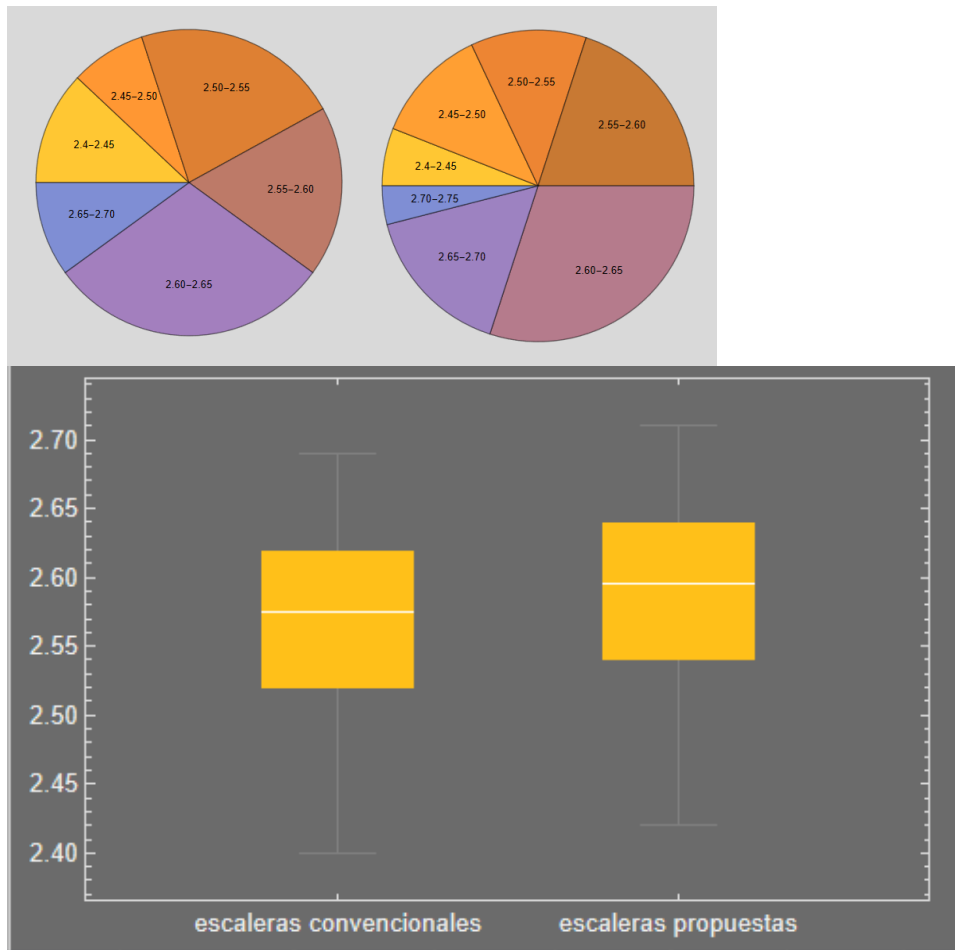
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

	Propuesta	2.65	2.66	2.69	2.55	2.61	2.48	2.44	2.56	2.58	2.62
2	Convencional	2.64	2.65	2.68	2.54	2.60	2.47	2.43	2.55	2.57	2.61
	Propuesta	2.66	2.67	2.70	2.56	2.62	2.49	2.45	2.57	2.59	2.63
3	Convencional	2.62	2.63	2.66	2.52	2.58	2.45	2.41	2.53	2.55	2.59
	Propuesta	2.64	2.65	2.68	2.54	2.60	2.47	2.43	2.55	2.57	2.61
4	Convencional	2.65	2.66	2.69	2.55	2.61	2.48	2.44	2.56	2.58	2.62
	Propuesta	2.67	2.68	2.71	2.57	2.63	2.5	2.46	2.58	2.60	2.64
5	Convencional	2.61	2.62	2.65	2.51	2.57	2.44	2.40	2.52	2.54	2.58
	Propuesta	2.63	2.64	2.67	2.53	2.59	2.46	2.42	2.54	2.56	2.60
6	Convencional	2.63	2.64	2.67	2.53	2.59	2.46	2.42	2.54	2.56	2.60
	Propuesta	2.65	2.66	2.69	2.55	2.61	2.48	2.44	2.56	2.58	2.62
7	Convencional	2.64	2.65	2.68	2.54	2.60	2.47	2.43	2.55	2.57	2.61
	Propuesta	2.66	2.67	2.7	2.56	2.62	2.49	2.45	2.57	2.59	2.63
8	Convencional	2.62	2.63	2.66	2.52	2.58	2.45	2.41	2.53	2.55	2.59
	Propuesta	2.64	2.65	2.68	2.54	2.60	2.47	2.43	2.55	2.57	2.61
9	Convencional	2.65	2.66	2.69	2.55	2.61	2.48	2.44	2.56	2.58	2.62
	Propuesta	2.67	2.68	2.71	2.57	2.63	2.50	2.46	2.58	2.60	2.64
10	Convencional	2.61	2.62	2.65	2.51	2.57	2.44	2.40	2.52	2.54	2.58
	Propuesta	2.63	2.64	2.67	2.53	2.59	2.46	2.42	2.54	2.56	2.60

Los diagramas del ensayo de salto vertical se muestran en la Figura 12.

Figura 12

Diagramas del ensayo salto vertical



Nota. Los paneles superiores presentan diagramas de pastel para la escalera convencional (izquierda) y la propuesta (derecha). El panel inferior muestra la comparativa mediante diagramas de caja para ambas condiciones.

La mediana de la escalera propuesta supera a la mediana de la escalera convencional (2.595 mayor que 2.575). Es decir, la mayoría de los usuarios, no solo algunos, conservan mayor capacidad física tras usar la escalera propuesta y eso está garantizado por la propia definición de mediana.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

En otras palabras, cualquier persona típica (representativa) del estudio, después de usar la escalera propuesta, conserva 0.02 m más de potencia en piernas que si hubiera usado la escalera convencional.

Algunos beneficios son: menor fatiga muscular. El hecho de que el salto vertical sea más alto después de usar la escalera propuesta indica que las piernas conservan más energía. La escalera convencional genera mayor desgaste muscular en el tren inferior.

Por otro lado, se observa una mejor preservación del rendimiento físico El salto vertical es un indicador directo de la potencia de piernas. Un valor más alto post uso sugiere que la escalera propuesta exige menos esfuerzo biomecánico al subirla o bajarla.

Finalmente, existe un beneficio consistente en todos los usuarios El Q1 más alto (escalera propuesta) indica que incluso los usuarios que peor respondieron a ella siguen teniendo mejor rendimiento que los del grupo convencional. El beneficio no es solo para algunos, es generalizado.

4.1.2.4 Resultados de Ensayo Ritmo Cardíaco.

Tabla 25

Datos de ensayo de ritmo cardíaco

Ritmo cardíaco (lpm)		Persona									
Día	Escalera	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Convencional	84	81	88	82	86	78	85	83	87	80
	Propuesta	79	76	85	80	81	75	82	78	84	77
2	Convencional	86	77	87	84	82	81	83	85	84	82
	Propuesta	83	74	82	82	79	78	80	83	79	80
3	Convencional	80	83	84	78	87	75	89	79	90	76

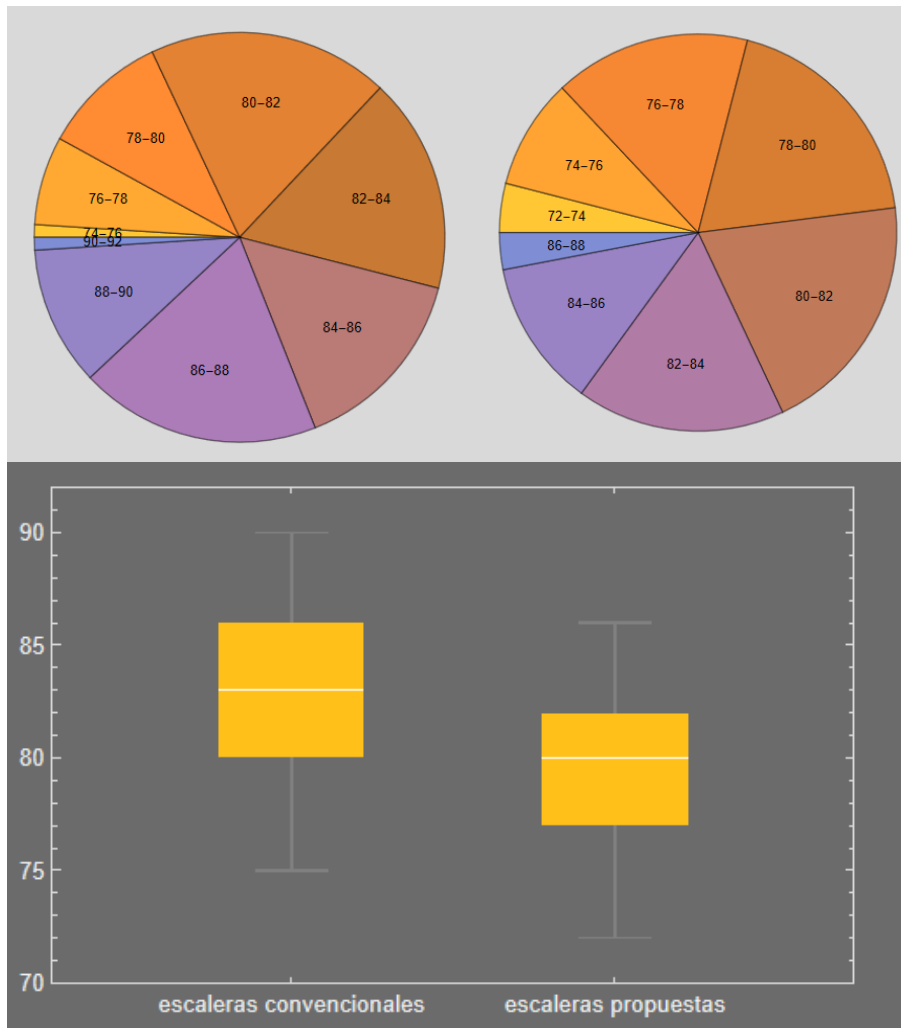
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

	Propuesta	77	81	81	75	84	72	86	76	85	73
4	Convencional	87	80	89	85	84	80	86	86	83	81
	Propuesta	82	75	86	80	79	77	81	84	80	78
5	Convencional	81	82	85	79	88	76	88	80	89	77
	Propuesta	78	79	82	76	83	73	85	77	84	74
6	Convencional	84	79	86	84	83	79	87	83	88	80
	Propuesta	81	76	83	79	80	76	82	80	83	77
7	Convencional	82	81	88	80	87	77	87	81	86	78
	Propuesta	79	78	85	77	82	74	84	78	81	75
8	Convencional	87	76	85	83	82	80	86	84	85	81
	Propuesta	84	73	82	80	79	77	83	81	80	78
9	Convencional	79	84	83	81	88	78	86	82	88	80
	Propuesta	76	81	80	78	85	75	81	79	83	77
10	Convencional	86	80	89	77	83	81	87	79	87	82
	Propuesta	83	77	86	74	80	78	82	76	84	79

Los diagramas del ensayo de ritmo cardíaco se muestran en la Figura 13.

Figura 13

Diagramas del ensayo ritmo cardíaco



Nota. Los paneles superiores presentan diagramas de pastel para la escalera convencional (izquierda) y la propuesta (derecha). El panel inferior muestra la comparativa mediante diagramas de caja para ambas condiciones.

La mediana de la escalera propuesta no supera la mediana de la escalera convencional (80 menor que 83). Es decir, la mayoría de los usuarios, no solo algunos, conservan mayor capacidad física tras usar la escalera propuesta y eso está garantizado por la propia definición de mediana.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

En otras palabras, cualquier persona típica (representativa) del estudio, después de usar la escalera propuesta, conserva 3 latidos por minuto menos que si hubiera usado la escalera convencional.

Algunos beneficios son: menor esfuerzo cardiovascular al usarla: El hecho que el ritmo cardíaco sea más bajo después de usar la escalera propuesta (mediana 80 vs. 83 lpm) indica que el corazón trabaja con menos intensidad para completar el mismo recorrido. La escalera convencional impone una mayor carga sobre el sistema cardiovascular en cada uso.

Por otro lado, se observa una mejor preservación de la capacidad cardíaca El ritmo cardíaco es un indicador directo del esfuerzo fisiológico que exige una actividad. Un valor más bajo post uso sugiere que la escalera propuesta requiere menor demanda energética del organismo para ser utilizada, lo que se traduce en menor fatiga general y recuperación más rápida tras el esfuerzo (menor ausentismo laboral).

Finalmente, se aprecia un beneficio consistente en todos los usuarios El Q1 más bajo en la escalera propuesta (77 vs. 80 lpm) indica que incluso los usuarios que mostraron la mayor respuesta cardíaca (los más agitados o de menor rendimiento) siguen presentando valores inferiores a los del grupo con escalera convencional. La reducción del esfuerzo cardiovascular no se limita a ciertos perfiles de usuario, sino que se distribuye de forma generalizada en toda la muestra.

4.1.2.5 Resultados de Ensayo Presión Sistólica.

Tabla 26

Datos de ensayo de presión sistólica

Presión sistólica (mmHg)		Persona									
Día	Escalera	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO	
	CÓDIGO:	VERSIÓN:
	FECHA:	
	MACROPROCESO:	
	PROCESO:	
	SUBPROCESO:	

 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
--

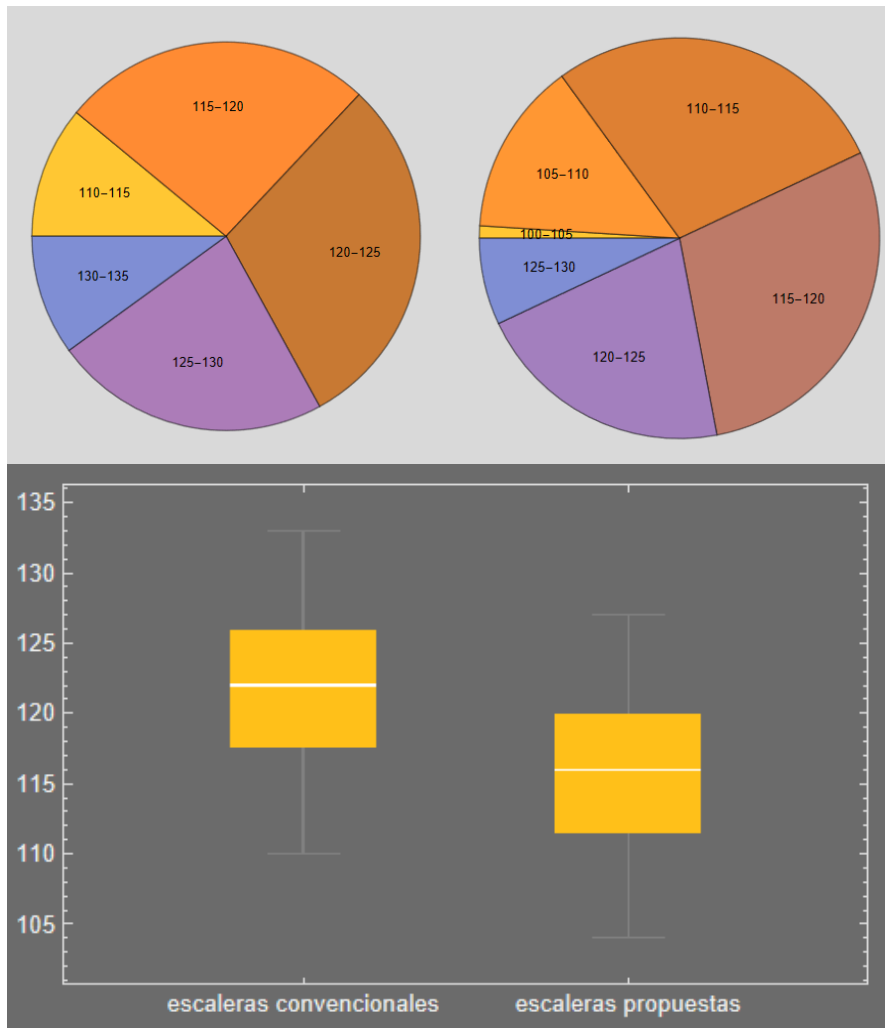


1	Convencional	121	117	125	121	116	129	123	117	127	132
	Propuesta	115	111	119	115	110	123	117	111	121	126
2	Convencional	124	120	128	114	124	122	118	130	120	112
	Propuesta	118	114	122	108	118	116	112	124	114	106
3	Convencional	118	124	116	122	118	114	126	124	110	122
	Propuesta	112	118	110	116	112	108	120	118	104	116
4	Convencional	126	114	118	126	122	118	130	114	133	126
	Propuesta	119	108	112	120	116	112	124	108	127	119
5	Convencional	123	119	127	123	115	131	119	127	117	131
	Propuesta	117	113	121	117	109	125	113	121	111	125
6	Convencional	117	123	119	115	123	119	111	127	129	117
	Propuesta	111	117	113	109	117	113	105	121	123	111
7	Convencional	122	118	126	130	122	114	118	128	132	126
	Propuesta	116	112	120	124	116	108	112	122	126	120
8	Convencional	120	116	124	120	128	112	116	124	114	125
	Propuesta	114	110	118	114	122	106	110	118	108	119
9	Convencional	128	124	120	128	116	131	124	120	122	133
	Propuesta	122	118	114	122	110	125	118	114	116	127
10	Convencional	115	121	127	115	119	125	121	127	129	113
	Propuesta	109	115	121	109	113	119	115	121	123	107

Los diagramas del ensayo de presión sistólica se muestran en la Figura 14.

Figura 14

Diagramas del ensayo presión sistólica



Nota. Los paneles superiores presentan diagramas de pastel para la escalera convencional (izquierda) y la propuesta (derecha). El panel inferior muestra la comparativa mediante diagramas de caja para ambas condiciones.

La mediana de la escalera propuesta no supera la mediana de la escalera convencional (116 menor que 122). Es decir, la mayoría de los usuarios, no solo algunos, conservan mayor capacidad física tras usar la escalera propuesta y eso está garantizado por la propia definición de mediana.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
	PROCESO:		
	SUBPROCESO:		

En otras palabras, cualquier persona típica (representativa) del estudio, después de usar la escalera propuesta, conserva 6 mmHg que si hubiera usado la escalera convencional.

Algunos beneficios son: menor sobrecarga cardiovascular al usarla: el hecho de que la presión sistólica sea consistentemente más baja al usar la escalera propuesta (mediana 116 vs. 122 mmHg) indica que el corazón ejerce menos fuerza de bombeo para completar el mismo esfuerzo.

Finalmente, se aprecia un beneficio uniforme en toda la muestra La reducción de 6 mmHg se repite de forma idéntica en *todos* los valores estadísticos (máximo, Q3, mediana y mínimo). Tanto quienes presentan mayor presión como quienes la tienen más controlada se benefician por igual del diseño propuesto.

4.1.2.6 Resultados de Ensayo Test Sentadilla Estática.

Tabla 27

Datos de ensayo de prueba de sentadilla estática

Sentadilla estática (s)		Persona									
Día	Escalera	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Convencional	121	117	125	121	116	129	123	117	127	132
	Propuesta	115	111	119	115	110	123	117	111	121	126
2	Convencional	124	120	128	114	124	122	118	130	120	112
	Propuesta	118	114	122	108	118	116	112	124	114	106
3	Convencional	118	124	116	122	118	114	126	124	110	122
	Propuesta	112	118	110	116	112	108	120	118	104	116
4	Convencional	126	114	118	126	122	118	130	114	133	126
	Propuesta	119	108	112	120	116	112	124	108	127	119

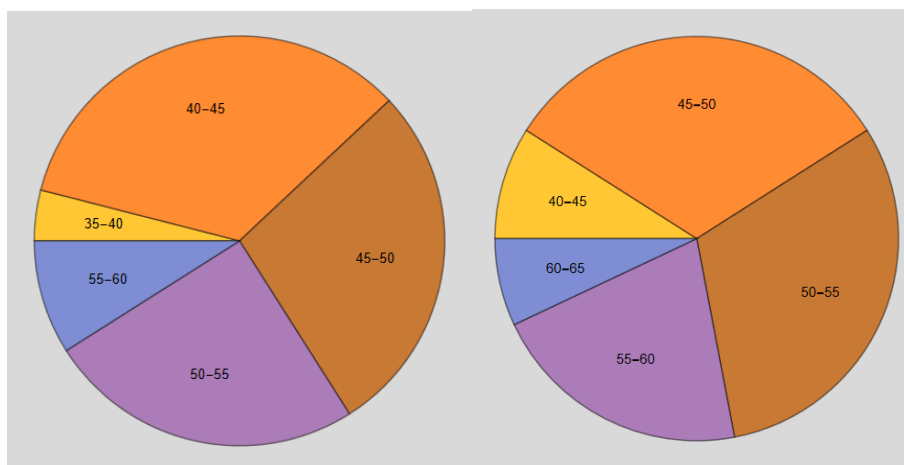
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

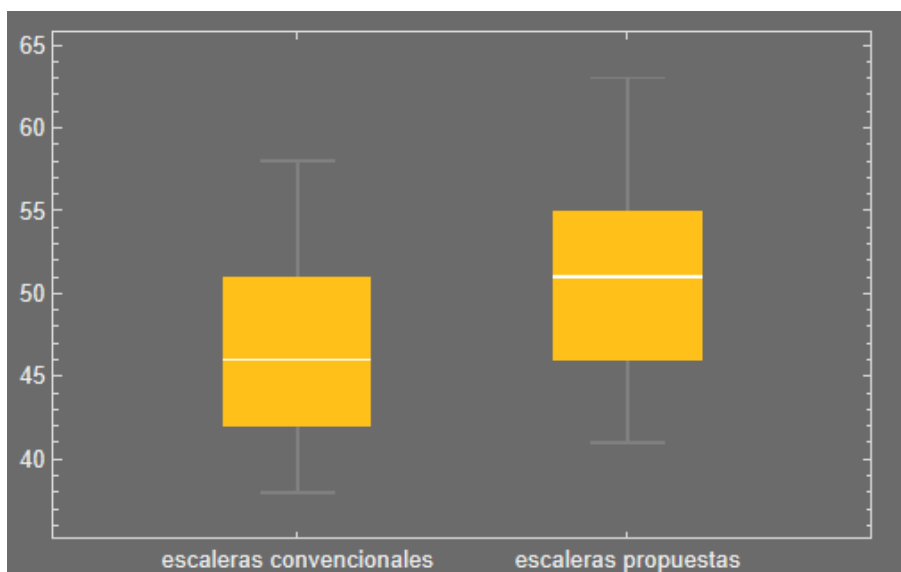
5	Convencional	123	119	127	123	115	131	119	127	117	131
	Propuesta	117	113	121	117	109	125	113	121	111	125
6	Convencional	117	123	119	115	123	119	111	127	129	117
	Propuesta	111	117	113	109	117	113	105	121	123	111
7	Convencional	122	118	126	130	122	114	118	128	132	126
	Propuesta	116	112	120	124	116	108	112	122	126	120
8	Convencional	120	116	124	120	128	112	116	124	114	125
	Propuesta	114	110	118	114	122	106	110	118	108	119
9	Convencional	128	124	120	128	116	131	124	120	122	133
	Propuesta	122	118	114	122	110	125	118	114	116	127
10	Convencional	115	121	127	115	119	125	121	127	129	113
	Propuesta	109	115	121	109	113	119	115	121	123	107

Los diagramas del ensayo de sentadilla estática se muestran en la Figura 15.

Figura 15

Diagramas del ensayo sentadilla estática





Nota. Los paneles superiores presentan diagramas de pastel para la escalera convencional (izquierda) y la propuesta (derecha). El panel inferior muestra la comparativa mediante diagramas de caja para ambas condiciones.

La mediana de la escalera propuesta supera a la mediana de la escalera convencional (51 mayor que 46). Es decir, la mayoría de los usuarios, no solo algunos, conservan mayor capacidad física tras usar la escalera propuesta y eso está garantizado por la propia definición de mediana.

En otras palabras, cualquier persona típica (representativa) del estudio, después de usar la escalera propuesta, conserva 5 segundos más que si hubiera usado la escalera convencional.

Algunos beneficios son: mayor preservación de la fuerza muscular del tren inferior el hecho de que los participantes resistan más tiempo en posición de sentadilla estática tras usar la escalera propuesta (mediana 51 s vs. 46 s) indica que las piernas conservan más capacidad contráctil después del uso. La escalera convencional genera un mayor

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

agotamiento muscular acumulado, reduciendo la capacidad de sostener esfuerzo posterior al uso.

Por otro lado, se observa una menor fatiga funcional tras el uso El tiempo de resistencia en sentadilla estática es un indicador directo de la fatiga residual en cuádriceps y glúteos. Un valor más alto post - uso demuestra que la escalera propuesta exige un menor costo biomecánico al subirla o bajarla, dejando al usuario con mayor capacidad física disponible para continuar sus actividades cotidianas.

Finalmente, se aprecia un beneficio generalizado en todos los usuarios El Q1 más alto en la escalera propuesta (46 s vs. 42 s) demuestra que incluso los usuarios con menor resistencia muscular del grupo obtienen mejores resultados que sus equivalentes en la escalera convencional. La ventaja no se concentra en los más fuertes, sino que se extiende de forma consistente a toda la muestra.

4.1.3 Comprobación de Hipótesis

4.1.3.1 Salto Vertical.

Hipótesis nula: El uso de la escalera propuesta no aumenta la altura de salto vertical de los usuarios en comparación al uso de la escalera convencional.

Hipótesis alternativa: El uso de la escalera propuesta aumenta la altura de salto vertical de los usuarios en comparación al uso de la escalera convencional.

$$H_0: \mu_{p1} \leq \mu_{c1}$$

$$H_1: \mu_{p1} > \mu_{c1}$$

Dado que la hipótesis tiene una dirección definida (la escalera propuesta reduce la fatiga, es decir, los saltos deben ser mayores), es un estudio unilateral de cola derecha.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO	
	CÓDIGO:	VERSIÓN:
	FECHA:	
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:	

 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
--



Se comprobó, mediante una prueba de Kolmogorov-Smirnov, que los datos tengan una disposición normal. Los valores son normales, tanto para la escalera convencional como para la propuesta. Finalmente se utilizó la prueba t Student. Los resultados de esta prueba se muestran en la tabla 28.

Tabla 28

Prueba T student para ensayo de salto vertical

Parámetro	Valor
Grados de libertad	198
T calculado	1.8375
T crítico ($\alpha = 0.05$)	1.6526
p-valor unilateral	0.0338
Diferencia de medias	0.0200 metros

Como p-valor (0.0338) es menor a α (0.05), se rechaza H_0 , lo que indica que la probabilidad de haber obtenido esos resultados por simple azar es menor al 5%, por lo tanto, la diferencia es estadísticamente significativa. La hipótesis nula se rechaza si el P-valor es muy pequeño, como 0.05 o menos.

4.1.3.2 Ritmo Cardíaco.

Hipótesis nula: El uso de la escalera propuesta no disminuye el ritmo cardíaco de los usuarios en comparación al uso de la escalera convencional.

Hipótesis alternativa: El uso de la escalera propuesta disminuye el ritmo cardíaco de los usuarios en comparación al uso de la escalera convencional.

$$H_0: \mu_{p2} \geq \mu_{c2}$$

$$H_1: \mu_{p2} < \mu_{c2}$$

Dado que la hipótesis tiene una dirección definida (la escalera propuesta reduce el ritmo cardíaco), es un estudio unilateral de cola izquierda.

Se comprobó, mediante una prueba de Kolmogorov-Smirnov, que los datos tengan una disposición normal. Los valores son normales únicamente para la escalera propuesta. Se utiliza una prueba no paramétrica de Wilcoxon. Los resultados de esta prueba se muestran en la tabla 29.

Tabla 29

Prueba Wilcoxon para ensayo de ritmo cardíaco

Parámetro	Valor
Grados de libertad	N/A
p-valor unilateral	4.31×10^{-20}
Diferencia de medias	3.4 latidos por minuto

Como p-valor (4.31×10^{-20}) es menor a α (0.05), se rechaza H_0 , lo que indica que la probabilidad de haber obtenido esos resultados por simple azar es menor al 5%, por lo tanto, la diferencia es estadísticamente significativa. La hipótesis nula se rechaza si el P-valor es muy pequeño, como 0.05 o menos.

4.1.3.3 Presión Sistólica.

Hipótesis nula: El uso de la escalera propuesta no disminuye la presión sistólica de los usuarios en comparación al uso de la escalera convencional.

Hipótesis alternativa: El uso de la escalera propuesta disminuye la presión sistólica de los usuarios en comparación al uso de la escalera convencional.

$$H_0: \mu_{p3} \geq \mu_{c3}$$

$$H_1: \mu_{p3} < \mu_{c3}$$

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO	
	CÓDIGO:	VERSIÓN:
	FECHA:	
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:	

 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
--



Dado que la hipótesis tiene una dirección definida (la escalera propuesta reduce el ritmo cardíaco), es un estudio unilateral de cola izquierda.

Se comprobó, mediante una prueba de Kolmogorov-Smirnov, que los datos tengan una disposición normal. Los valores son normales, tanto para la escalera convencional como para la propuesta. Finalmente se utilizó la prueba t Student. Los resultados de esta prueba se muestran en la tabla 30.

Tabla 30

Prueba T student para ensayo de presión sistólica

Parámetro	Valor
Grados de libertad	198
T calculado	7.5818
T crítico ($\alpha = 0.05$)	1.6526
p-valor unilateral	6.45×10^{-13}
Diferencia de medias	6.02 milímetros de mercurio

Como p-valor (6.45×10^{-13}) es menor a α (0.05), se rechaza H_0 , lo que indica que la probabilidad de haber obtenido esos resultados por simple azar es menor al 5%, por lo tanto, la diferencia es estadísticamente significativa. La hipótesis nula se rechaza si el P-valor es muy pequeño, como 0.05 o menos.

4.1.3.4 Sentadilla Estática.

Hipótesis nula: El uso de la escalera propuesta no aumenta la altura de salto vertical de los usuarios en comparación al uso de la escalera convencional.

Hipótesis alternativa: El uso de la escalera propuesta aumenta la altura de salto vertical de los usuarios en comparación al uso de la escalera convencional.

$$H_0: \mu p_4 \leq \mu c_4$$

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

$$H1: \mu p4 > \mu c4$$

Dado que la hipótesis tiene una dirección definida (la escalera propuesta reduce la fatiga, es decir, los saltos deben ser mayores), es un estudio unilateral de cola derecha.

Se comprobó, mediante una prueba de Kolmogorov-Smirnov, que los datos tengan una disposición normal. Los valores no son normales, tanto para la escalera convencional como para la propuesta. Se utiliza una prueba no paramétrica de Wilcoxon. Los resultados de esta prueba se muestran en la tabla 31.

Tabla 31

Prueba Wilcoxon para ensayo de sentadilla estática

Parámetro	Valor
Grados de libertad	N/A
p-valor unilateral	0.0
Diferencia de medias	4.01 segundos

Como p-valor (0.0) es menor a α (0.05), se rechaza H_0 , lo que indica que la probabilidad de haber obtenido esos resultados por simple azar es menor al 5%, por lo tanto, la diferencia es estadísticamente significativa. La hipótesis nula se rechaza si el P-valor es muy pequeño, como 0.05 o menos.

4.1.4 Análisis 6 Sigma

Se definieron diez criterios de análisis fundamentados en normativas internacionales de seguridad industrial y ergonomía, entre ellas ANSI, OSHA, EN e ISO. Estos criterios constituyen variables críticas de calidad (Critical to Quality, CTQ), utilizadas para determinar el nivel de conformidad, desempeño funcional y seguridad operacional del sistema evaluado.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO	
	CÓDIGO:	VERSIÓN:
	FECHA:	
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:	

 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
--



Cada criterio fue estructurado considerando parámetros normativos específicos, límites de aceptación inferior (Lower Specification Limit, LSL), límites superiores de desempeño (Upper Specification Limit, USL) y una calificación cuantitativa asignada por el investigador en una escala de 1 a 10. La finalidad de esta categorización es proporcionar una base objetiva para el análisis estadístico 6 Sigma, permitiendo identificar desviaciones, oportunidades de mejora y niveles de capacidad del diseño respecto a los estándares internacionales aplicables.

El material de construcción evalúa la resistencia estructural y la capacidad mecánica de los materiales utilizados en la fabricación de la escalera. La distancia entre peldaños analiza la uniformidad y separación de los peldaños con el fin de garantizar condiciones seguras de ascenso y descenso.

Se consideraron variables normativas, ergonómicas y estructurales para desarrollar un análisis estadístico orientado a la mejora continua, reducción de defectos y optimización de la seguridad operacional. Los criterios se muestran en la Tabla 32.

Tabla 32

Criterios de calidad de la escalera propuesta

Ítem	Criterio de calidad	Calificación
1	Material de Construcción	9.3
2	Distancia entre Peldaños	9.1
3	Forma y superficie del peldaño	9.2
4	Capacidad de carga	9.2
5	Ángulo de inclinación	9.3
6	Largueros	9.3
7	Confort ergonómico	9.4

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
	PROCESO:		
	SUBPROCESO:		



8 Anclaje	9.5
9 Estado	9.5
10 Certificación	9.6

El límite superior e inferior definidos para el análisis 6 sigma son 7 y 10 respectivamente. Mediante el uso del software de licencia profesional Wolfram Research, Inc., Mathematica, Versión 14.3, Champaign, \IL (2025) se obtuvieron los resultados estadísticos que se muestran en la siguiente Tabla 33.

Tabla 33

Estadística base del análisis 6 sigma

Estadístico	Significado	Valor
n	número de datos	10.0
LSL	límite inferior	7.00
USL	límite superior	10.0
T (nominal)	valor ideal	8.50
x	media	9.34
s ²	varianza	0.0249
s	desviación estándar	0.15
cv	coeficiente de variación	1.69%
Cp	capacidad potencial	3.17
Cpu	capacidad superior	1.39
Cpl	capacidad inferior	4.94
Cpk	capacidad real	1.39
Cpm	índice Taguchi	0.585
DPMO	defectos por millón	14.3

Nota. Wolfram Research, Inc ., Mathematica, Versión 14.3,Champaign, \IL (2025).

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO	
	CÓDIGO:	VERSIÓN:
	FECHA:	
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:	

 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
--



Para obtener el nivel de sigma se toma el valor Cp mínimo (Cpk). Este valor se reemplaza en la Ecuación 8, obteniendo un valor de 5.68 σ (estimado con corrimiento estándar de 1.5 σ).

Otra forma de calcular el nivel de sigma es a partir de la Ecuación 9. Considerando los defectos por millón (PPM), donde se obtiene un valor de 5.68 σ .

Según Gutiérrez & de la Vara (2013) un valor de Cpk mayor a 1.33 y menor a 2 es adecuado con una clase I en cuanto a categoría del proceso.

El error porcentual se calcula mediante la Ecuación 12.

$$eporc = \frac{G - p}{G} * 100 \quad (12)$$

Donde:

eporc: error porcentual

G: valor grande

p: valor pequeño

$$eporc = \frac{6 - 5.68}{6} * 100$$

$$eporc = 5.27\%$$

Por lo tanto, escalera propuesta se aleja en un 5.27% de la calidad 6 sigma.

4.2 Discusión de los Resultados

4.2.1 Resultados del Uso de la Escalera Propuesta

Los resultados obtenidos demuestran que las escaleras de peldaño plano propuestas generan menor fatiga física en las extremidades inferiores de los trabajadores. Los trabajadores sometidos a diversas pruebas muestran una mayor confianza y estabilidad al realizar tareas varias en alturas.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
PROCESO:			
SUBPROCESO:			

Los resultados obtenidos durante la implementación de escaleras con peldaños planos en el Departamento de Reconstrucción de Vivienda de la Fundación EcoSur - Ecuador mostraron mejoras en el bienestar y desempeño laboral de los trabajadores que usan escaleras. Los participantes del estudio mencionaron un incremento en su energía y confort durante las pruebas realizadas.

Esta mejora en el confort indicó en una reducción considerable del cansancio y fatiga muscular. Los trabajadores refirieron menos dolor, al utilizar las escaleras propuestas, en las plantas de los pies y menor fatiga en los músculos de las piernas. La implementación de peldaños planos generó posturas naturales durante la ejecución de tareas en alturas. Los usuarios mencionaron sentirse más seguros al realizar diferentes movimientos sobre la escalera propuesta.

Adicionalmente, se observó una disminución de inestabilidad. La mayor superficie de contacto proporcionada por los peldaños planos permitió a los trabajadores distribuir mejor su peso corporal a lo largo de la extensión del peldaño.

Por otro lado, el ensayo de salto vertical mostró un incremento de 2 cm en la altura del salto vertical después de usar la escalera propuesta. Dicho incremento representa una mejora funcional objetiva, debido a que el salto vertical es reconocido como un biomarcador funcional del estado neuromuscular. Esta prueba integra la capacidad del sistema nervioso y del aparato musculoesquelético para producir fuerza explosiva en un corto intervalo de tiempo, por lo que refleja cambios en la función neuromuscular, la producción de potencia y el nivel de fatiga acumulada. En consecuencia, un aumento en la altura del salto indica una mejor capacidad funcional del individuo, siempre que la diferencia supere el error de medición ($\pm 4\text{mm}$).

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
PROCESO:			
SUBPROCESO:			

Por otro lado, el análisis ergonómico de las posturas adoptadas por los trabajadores durante el desarrollo de actividades en altura, tanto para la escalera convencional como la propuesta, fue llevado a cabo mediante la aplicación del método REBA, herramienta de evaluación ergonómica ampliamente utilizada en el ámbito de la seguridad y salud ocupacional para la valoración del riesgo postural asociado a tareas que implican la adopción de posturas estáticas o dinámicas potencialmente lesivas.

Los resultados obtenidos de las Tablas 7, 8, 9 y 10 fueron la base para identificar riesgos ergonómicos al usar escaleras. En la escalera convencional, no se observó riesgos en los sectores de tronco y al cuello. Sin embargo, esta situación contrasta en las extremidades inferiores. Se identificaron posturas incómodas y biomecánicamente desfavorables. Los trabajadores se ven obligados a flexionar las rodillas y a realizar una eversión forzada de los tobillos para acomodar el pie sobre una superficie de apoyo insuficiente, lo que genera una desviación considerable respecto a la postura neutra recomendada y somete a las articulaciones de las extremidades inferiores a una sobrecarga sostenida a lo largo de la jornada laboral.

A esta condición se suma la postura adoptada durante la ejecución de tareas en altura, en las que los trabajadores se ven frecuentemente en la necesidad de extender los brazos por encima del nivel de la cabeza para alcanzar las superficies de trabajo. Esta elevación sostenida de las extremidades superiores incrementa la carga sobre la musculatura del hombro y la región cervical, contribuyendo al aumento del puntaje global obtenido en la evaluación REBA y elevando el nivel de riesgo postural del conjunto corporal

Como resultado de la evaluación de todas las variables posturales consideradas por el método, se obtuvo un nivel de riesgo medio, categoría que, conforme a los criterios de

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
PROCESO:			
SUBPROCESO:			

interpretación del método REBA, determina la necesidad de actuación mediante la implementación de medidas correctivas orientadas a mejorar las condiciones posturales de los trabajadores.

El cambio de peldaños convencionales por peldaños de diseño plano y amplio (escalera propuesta) es una solución práctica sobre los riesgos ergonómicos identificados. Al ampliar la superficie de apoyo el pie del trabajador se posiciona de manera estable sobre el peldaño.

Los trabajadores que utilizaron la escalera propuesta durante el ascenso, descenso o trabajo en alturas experimentaron una mejora en las condiciones de desempeño laboral. Se registró una mayor estabilidad postural atribuible a las características geométricas del peldaño cuyas dimensiones fueron ajustadas conforme a la antropometría de los trabajadores del Departamento de Reconstrucción de Vivienda de la Fundación EcoSur - Ecuador. Esta modificación de peldaño permitió una mayor superficie de contacto plantar y favoreció la distribución de cargas.

Se observó una reducción significativa de la sobrecarga biomecánica en las principales articulaciones del sector inferior del cuerpo y también al nivel de la cadera. Las zonas corporales favorecidas fueron los tobillos y rodillas. Esta mejora implica una reducción del puntaje REBA correspondiente al grupo de las extremidades inferiores. Se disminuye el nivel de riesgo global de medio a bajo.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

Capítulo 5

Marco Propositivo

5.1 PLANIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD PREVENTIVA

La situación actual en la Fundación EcoSur - Ecuador presenta desafíos significativos en materia de seguridad y salud ocupacional, particularmente en el departamento de reconstrucción de vivienda donde los trabajadores experimentan niveles elevados de fatiga física en extremidades inferiores debido al uso prolongado de escaleras convencionales con peldaños circulares.

Esta problemática afecta el bienestar y salud de los colaboradores e incrementa el riesgo de incidentes y accidentes laborales. La observación de las actividades laborales muestra que los trabajadores adoptan posturas no naturales. Además, los trabajadores y experimentan incomodidad durante la ejecución de tareas en altura en escaleras de peldaño redondo.

En base en el análisis realizado se propone la implementación de escaleras rectas manuales con peldaños planos como medida preventiva. Las superficies planas proporcionan mayor área de contacto y estabilidad.

La solución comprende diseño y construcción de escaleras considerando estándares de seguridad. La implementación se basa en biomecánica ocupacional, diseño de tipo industrial y sistemas de gestión de la seguridad laboral. Además, la propuesta incluye un análisis ergonómico de trabajos en alturas.

Asimismo, se ha planificado la elaboración de un manual procedimiento para el uso de las escaleras propuestas. Por otro lado, se ha considerado capacitar al personal destinado a realizar trabajos en alturas.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO	
	CÓDIGO:	VERSIÓN:
	FECHA:	
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:	

 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
--



5.2 Identificación de Riesgos EcoSur - Ecuador

En el Departamento de Reconstrucción de Vivienda de la Fundación EcoSur - Ecuador se identificaron dos tipos de riesgo laboral relevantes. Estos están vinculados al uso de escaleras convencionales de peldaño redondo en actividades de construcción y reconstrucción de viviendas.

El primero corresponde a un riesgo de seguridad de tipo mecánico, clasificado específicamente como caídas a distinto nivel. Durante la inspección en sitio se constató que los trabajadores permanecen expuestos a este riesgo durante varias horas a lo largo de su jornada laboral, dado que una parte significativa de las actividades que desempeñan se desarrolla a alturas superiores a 1.80 m.

Esta condición fue observada de manera continua en las múltiples obras inspeccionadas, donde los trabajadores ascienden y permanecen sobre escaleras convencionales para ejecutar diversas labores. La exposición prolongada a estas condiciones incrementa sustancialmente la probabilidad de que se produzca una caída con consecuencias graves o irreparables.

El segundo riesgo identificado es de naturaleza ergonómica y se manifiesta a través de la adopción de posturas forzadas o no neutras durante el uso de escaleras convencionales. La observación directa en los sitios de trabajo permitió documentar que los trabajadores adoptan posiciones biomecánicamente desfavorables al momento de posicionarse sobre los peldaños.

Se evidenció que, al utilizar escaleras convencionales, los trabajadores flexionan las rodillas de forma considerable y realizan movimientos forzados en los tobillos. También se observó que las puntas de los pies suelen posicionarse en el centro del peldaño en un intento por

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
	PROCESO:		
	SUBPROCESO:		

mejorar el equilibrio sobre la escalera. Esta adaptación postural, genera una sobrecarga biomecánica en las articulaciones del tobillo, la rodilla y la cadera.

Adicionalmente, se observó que en numerosos casos los trabajadores optan por sujetarse con una sola mano a los peldaños de la escalera como respuesta instintiva al temor de perder el equilibrio y sufrir una caída, lo que implica que la mano libre debe asumir simultáneamente la ejecución de la tarea encomendada, comprometiendo tanto la calidad del trabajo como la seguridad del trabajador.

5.3 Evaluación de Riesgos EcoSur - Ecuador

5.3.1 *Riesgo de Seguridad y Caída a Diferente Nivel*

Los trabajos en altura ejecutados en el Departamento de Reconstrucción de Vivienda de la Fundación EcoSur - Ecuador presentan un nivel de riesgo alto. Este nivel de riesgo se establece en base a una probabilidad muy alta, un nivel de deficiencia calificado como deficiente y un nivel de exposición continua. Por otro lado, las consecuencias de dicho riesgo se clasifican como muy graves.

En resumen, el riesgo se ubica en el Nivel I, categoría que hace referencia a una condición crítica y exige una intervención correctiva urgente.

5.3.2 *Riesgo Ergonómico y Posiciones Forzadas*

Las escaleras convencionales que se usan actualmente en el Departamento de Reconstrucción de Vivienda de la Fundación EcoSur - Ecuador, constituyen un riesgo de tipo medio y requieren una intervención inmediata a causa de que las posturas actuales de los trabajadores con, en su mayoría, antinaturales. El riesgo se ubica en Nivel 2, categoría que corresponde a un riesgo de tipo medio donde es necesaria la actuación.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

5.4 Mitigación de Riesgos EcoSur - Ecuador

En el marco de la *Norma ISO 45001*, sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo reconocido internacionalmente, se ha establecido un plan de mitigación orientado a reducir los niveles de riesgo identificados, tanto de seguridad como ergonómico, mediante la aplicación de controles jerarquizados conforme a los principios de prevención establecidos por dicha normativa.

La primera medida de control es la sustitución del riesgo a través de la modificación del diseño de la escalera convencional. Esta medida implica la sustitución del peldaño de sección circular por un peldaño de diseño amplio y plano. Con esta medida se pretende reducir la sobrecarga biomecánica en el sector inferior del cuerpo.

Como segunda medida, se contempla la implementación de controles administrativos orientados a fortalecer la cultura de prevención de riesgos laborales dentro de la organización. En este sentido, se propone la institucionalización de dos instrumentos normativos internos: un manual de prevención de riesgos laborales generales, que establezca los lineamientos, procedimientos y responsabilidades en materia de seguridad y salud para todas las actividades desarrolladas por el personal de campo; y un manual específico de uso correcto de escaleras rectas, que contenga instrucciones detalladas sobre la forma segura de operar este equipo de trabajo, incluyendo criterios de inspección previa al uso, posicionamiento adecuado, ángulos de apoyo recomendados y restricciones de uso según las condiciones del entorno.

Finalmente, como tercera medida de control, se establece el uso obligatorio de equipo de protección personal durante toda la jornada laboral de los trabajadores de la Fundación. El equipo de protección personal actúa como última barrera de defensa ante la

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
	PROCESO:		
	SUBPROCESO:		

posibilidad de que los controles anteriores resulten insuficientes para prevenir la ocurrencia de un accidente, por lo que su uso sistemático y correcto constituye un componente indispensable dentro de la estrategia integral de gestión de riesgos laborales adoptada por la Fundación EcoSur - Ecuador.

5.5 Análisis Descriptivo de los Resultados

5.5.1 *Carga Máxima de la Escalera*

La carga máxima establecida por el fabricante es de 150 kg. Este valor define el límite seguro de operación. La estructura es capaz de soportar cargas de hasta 275 kg. En ningún contexto se debe igualar o superar esta última carga.

5.5.2 *Función de la Escalera Propuesta*

La escalera es multifunción dado que se utiliza para: ascenso, descenso y trabajos en altura.

5.5.3 *Tipo de Escalera Propuesta*

La escalera es de tipo simple de componentes desarmables, tanto en los peldaños como en los elementos que unen a estos. Esta característica permite reemplazar exclusivamente la pieza dañada sin necesidad de sustituir el equipo completo, a diferencia de las escaleras de una sola pieza. Se trata de una solución técnica que reduce costos de mantenimiento, facilita la reparación en campo y extiende considerablemente la vida útil del equipo.

5.5.4 *Servicio de Escalera*

Para definir el servicio de la escalera se considera el peso máximo inducido de la escalera manual. Se toma en cuenta la masa máxima del trabajador, la masa máxima

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO	
	CÓDIGO:	VERSIÓN:
	FECHA:	
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:	

 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
--



permitida a transportar por el trabajador y la masa máxima de las herramientas que lleva el trabajador en el cinturón de trabajo.

La masa máxima para transportar corresponde a 25 kg y la masa de las herramientas situadas en el cinturón corresponde al 15% de la masa del trabajador. La masa inducida teórica se calcula con la Ecuación 13. Los valores mencionados corresponden a criterios ergonómicos de referencia derivados de metodologías internacionales como la *ISO 11228-1* y lineamientos del National Institute for Occupational Safety and Health,

$$MIT = MMT + MMTR + 15 \% MMT \quad (13)$$

Donde:

MIT: Masa inducida teórica

MMT: Masa máxima del trabajador

MMTR: Masa máxima para transportar

$$MIT = 76.3 \text{ kg} + 25.0 \text{ kg} + 15 \% 76.3 \text{ kg}$$

$$MIT = 112.75 \text{ kg} \approx 113 \text{ kg}$$

A este valor se le aplica un factor de sobreestimación para obtener la masa real.

$$MIR = 112.75 \text{ kg} (1.15)$$

$$MIR = 129.66 \text{ kg} \approx 130 \text{ kg}$$

El peso real se obtiene multiplicando la masa real con la constante gravitacional.

$$PIR = 129.66 \text{ kg} (9.81 \frac{m}{s^2})$$

$$PIR = 1271.96 \text{ N} \approx 1272 \text{ N}$$

Por lo tanto, el servicio de la escalera es de trabajo extrapesado (AI), con una carga máxima de 136 kg.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO	
	CÓDIGO:	VERSIÓN:
	FECHA:	
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:	

 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
--



5.5.5 *Diseño de la Escalera Propuesta*

5.5.5.1 **Material de la Escalera Propuesta.**

El aluminio fue seleccionado como material de construcción de la escalera por su alta resistencia estructural, su reducido peso frente al hierro y el acero (característica que facilita el transporte y el reemplazo de piezas) su estabilidad y firmeza operativa, y su durabilidad ante condiciones ambientales adversas como lluvia, polvo y variaciones de temperatura, especialmente cuando se aplican recubrimientos protectores como pintura epoxi o galvanizado.

La longevidad del aluminio en condiciones de uso intensivo asegura una vida útil prolongada bajo mantenimiento adecuado, incluso en ambientes de construcción exigentes.

Adicionalmente, su amplia disponibilidad en el mercado local a través de fábricas y distribuidores regionales facilita su adquisición y reposición oportuna, optimizando los tiempos y costos del proceso constructivo.

5.5.5.2 **Dimensiones de la Escalera Propuesta.**

5.5.5.2.1 *Dimensiones de los Largueros de la Escalera Propuesta.*

La longitud de los largueros se define a partir del ángulo de inclinación estándar de la escalera y la altura de la estructura donde se apoya la escalera. Mediante la Ecuación 14 se obtiene el valor de x o distancia al soporte superior en función de y o altura de la estructura donde se apoya la escalera.

$$x^2 = y^2 + \left(\frac{x}{4}\right)^2 \quad (14)$$

$$y^2 = x^2 - \left(\frac{x}{4}\right)^2$$

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

$$y = \sqrt{x^2 - \left(\frac{x}{4}\right)^2}$$

$$y = \sqrt{x^2 - \frac{x^2}{16}}$$

$$y = \sqrt{x^2 \left(1 - \frac{1}{16}\right)}$$

$$y = x \frac{\sqrt{15}}{16}$$

$$y = x (0.96824)$$

$$x = \frac{y}{0.96824}$$

Por lo tanto, el valor de x para una altura y de 2.93 m corresponde al siguiente valor.

$$x = \frac{2.93 \text{ m}}{0.96824}$$

$$x = 3.02 \text{ m}$$

En base a los cálculos realizados se presenta los datos de la escalera propuesta en la Tabla 34. Los elementos generales de una escalera portátil se muestran en la Figura 16.

Tabla 34

Geometría de la escalera propuesta en base a una altura máxima de estructura (y) de 2.93 m

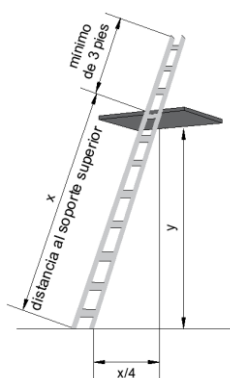
Elemento Geométrico	Valor
Distancia al soporte superior (x)	3.02 m
Espacio de separación con respecto a la estructura (x/4)	0.76 m
Ángulo de inclinación de la escalera con respecto a la horizontal (α)	75.50°

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

Longitud total de escalera (considerando un excedente de 3 pies o 0.91 m) 3.94 m

Figura 16

Elementos generales de escalera portátil



Nota. Digitalizado de OSHA (2023). *Escaleras portátiles: Como usarlas sin caer.*

5.5.5.2.2 Dimensiones de los Peldaños y Largueros de la Escalera Propuesta.

Las dimensiones de los peldaños y largueros se presentan en la Tabla 35. Los peldaños se clasifican en dos tipos, dado que la escalera debe posicionarse adecuadamente bajo cualquier circunstancia. Ante la posibilidad de que el peldaño estándar entre en contacto con la superficie de apoyo, situación que representa una condición subestándar, se diseñó un peldaño de dimensiones reducidas como solución técnica a dicha contingencia.

Tabla 35

Geometría de la escalera propuesta

Elemento Geométrico	Peldaño Normal	Peldaño Pequeño
	Valor	Valor
Ancho de peldaño	0.150 m	0.0750 m
Largo de peldaño (distancia entre largueros)	0.400 m	
Ancho de solapa	0.0380 m	

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

Espacio entre peldaños 0.2800 m

Ancho de larguero 0.0600 m

Los planos de los peldaños y la escalera se muestran en el Anexo 3 y 4.

5.5.5.3 Complementos de la Escalera Propuesta.

La escalera propuesta incorpora un conjunto de elementos de seguridad. En la parte superior, se han instalado tapas de cierre que protegen los extremos de los largueros, evitando el ingreso de agentes externos que puedan comprometer la integridad estructural del equipo y reduciendo el riesgo de lesiones por contacto con bordes expuestos.

En la parte inferior, la escalera cuenta con zapatas antideslizantes, seleccionadas en estricta conformidad con los requisitos establecidos por la normativa vigente en materia de equipos de trabajo en altura. La función de las zapatas es garantizar la estabilidad y el anclaje de la escalera sobre la superficie de apoyo.

Adicionalmente, los peldaños de la escalera incorporan perforaciones distribuidas sobre su superficie. Estas actúan como elementos antideslizantes al interrumpir la continuidad de la superficie de apoyo del pie.

5.5.6 Institucionalización de Manual Técnico Para el Uso de la Escalera Propuesta

Se ha desarrollado un manual de uso de la escalera recta propuesta, el documento es un instrumento normativo orientado a estandarizar el empleo seguro de las escaleras propuestas.

Asimismo, el documento incorpora de manera introductoria los principios generales de prevención de riesgos laborales, proporcionando al trabajador un marco conceptual básico sobre la gestión del riesgo ocupacional que contextualiza y fundamenta las

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
	PROCESO:		
	SUBPROCESO:		



disposiciones específicas establecidas para el uso del equipo. El documento se presenta en el Anexo 2.

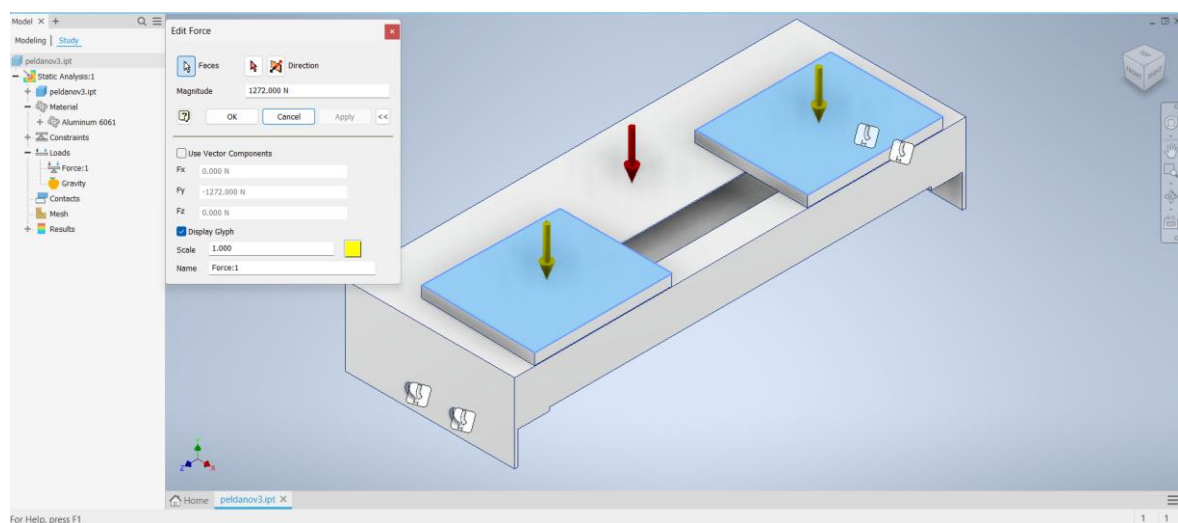
5.5.7 *Análisis Finito de Elementos de la Escalera Propuesta*

5.5.7.1 Análisis de Elementos Finitos del Peldaño

A partir del diseño base CAD, se realizó el modelado 3D en Autodesk Inventor con la finalidad de obtener el esfuerzo Von Mises, desplazamiento y factor de seguridad a partir de la carga máxima. Parámetros que se observan en las Figuras 17, 18, 19 y 20.

Figura 17

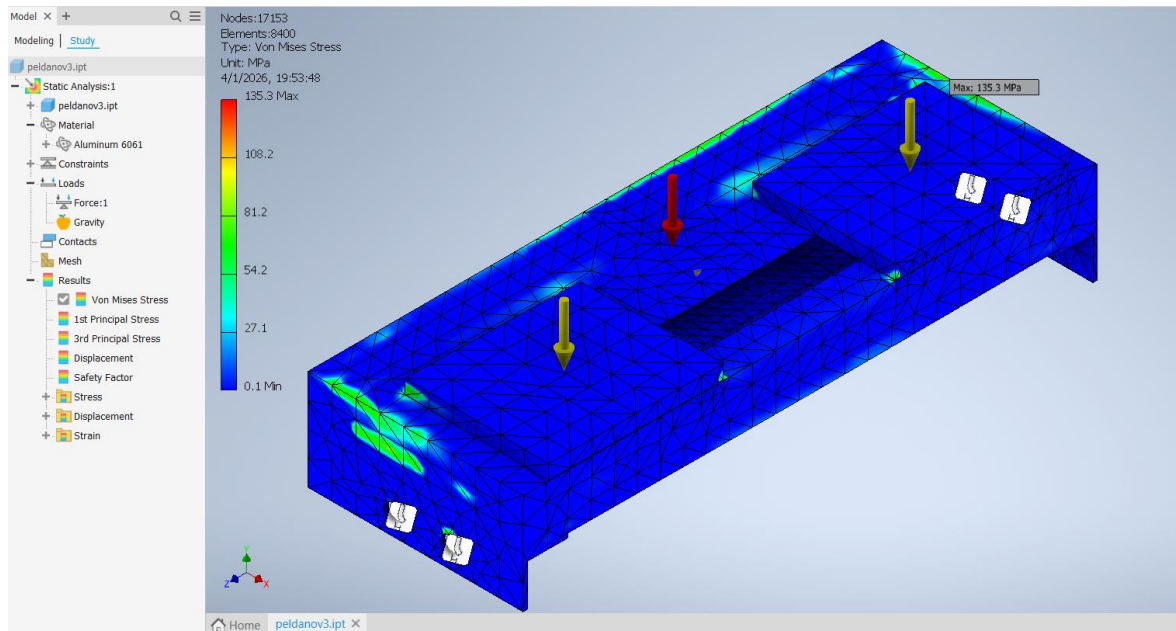
Cargas sometidas al peldaño en dos puntos



Nota. Autodesk (2026). *Inventor*.

Figura 18

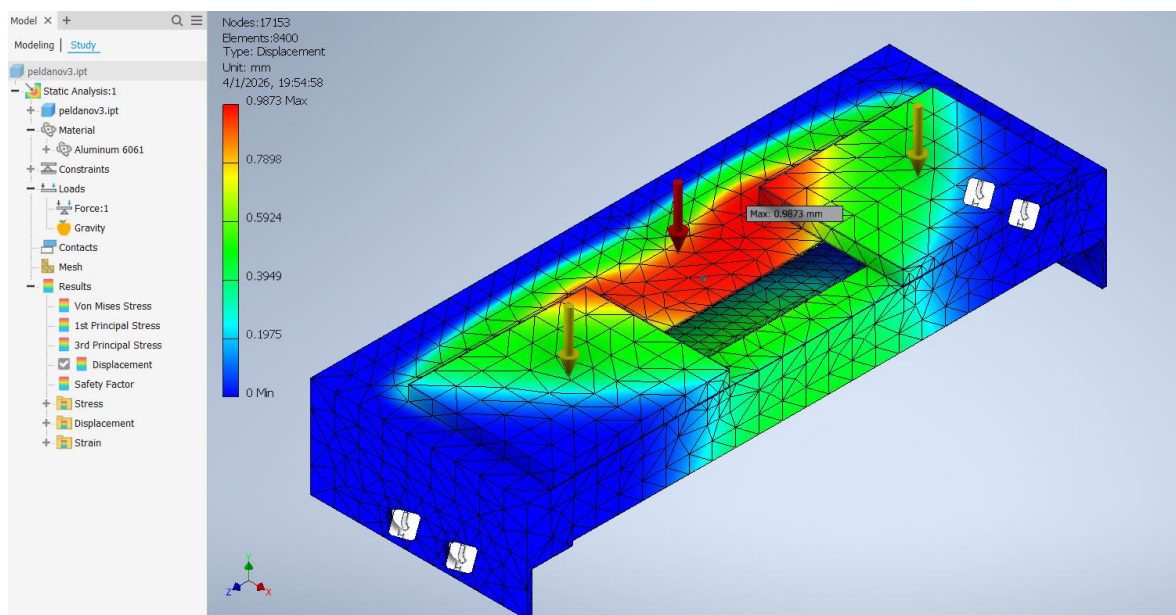
Resultado esfuerzo Von Mises en peldaño (máximo: 135.3 MPa)



Nota. Autodesk (2026). Inventor.

Figura 19

Resultado desplazamiento en peldaño (máximo: 0.98 mm)



Nota. Autodesk (2026). Inventor.

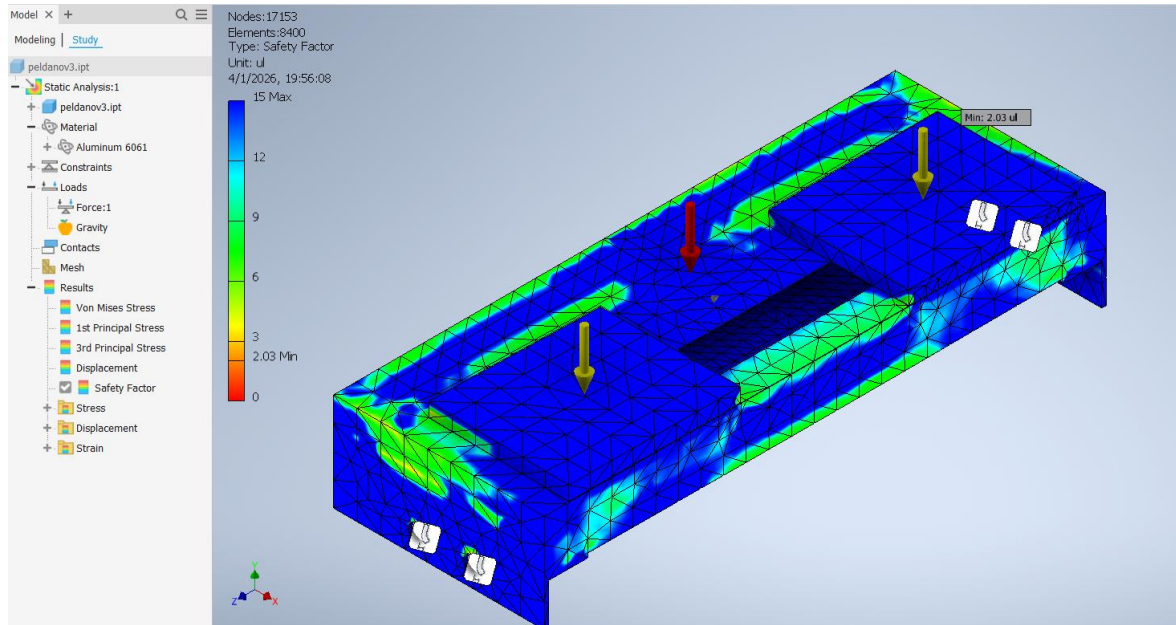
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO	
	CÓDIGO:	VERSIÓN:
	FECHA:	
	MACROPROCESO:	
	PROCESO:	
	SUBPROCESO:	

 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
--



Figura 20

Resultado factor de seguridad en peldaño (2.03)



Nota. Autodesk (2026). Inventor.

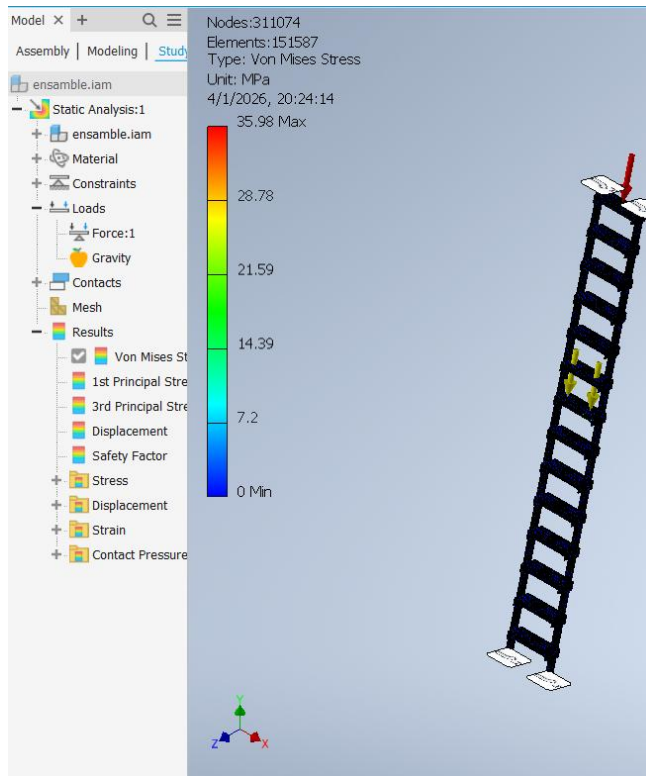
El valor de yield strenght para el aluminio del presente proyecto es de 275 MPa. Al dividir este valor para el máximo valor de esfuerzo Von Mises se obtiene un factor de seguridad de 2.03. Es decir que la escalera, en teoría, podría soportar el doble de la carga asignada a este proyecto sin que se deforme permanentemente o ceda.

5.5.7.2 Análisis de Elementos Finitos de la Escalera Ensamblada

Una vez modelado el peldaño se realizó el modelado de los largueros y el respectivo ensamble con la finalidad de obtener el esfuerzo Von Mises, desplazamiento y factor de seguridad a partir de la carga máxima. Parámetros que se observan en las Figuras 21, 22, 23 y 24.

Figura 21

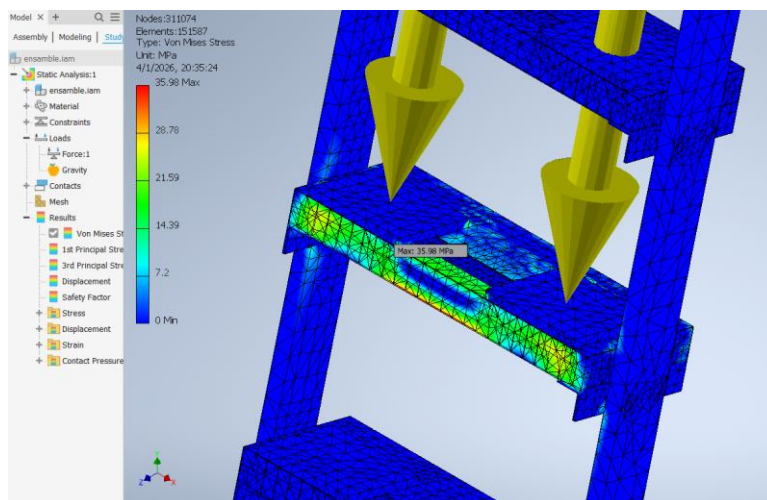
Resultado esfuerzo Von Mises en escalera (máximo: 35.98 MPa)



Nota. Autodesk (2026). Inventor.

Figura 22

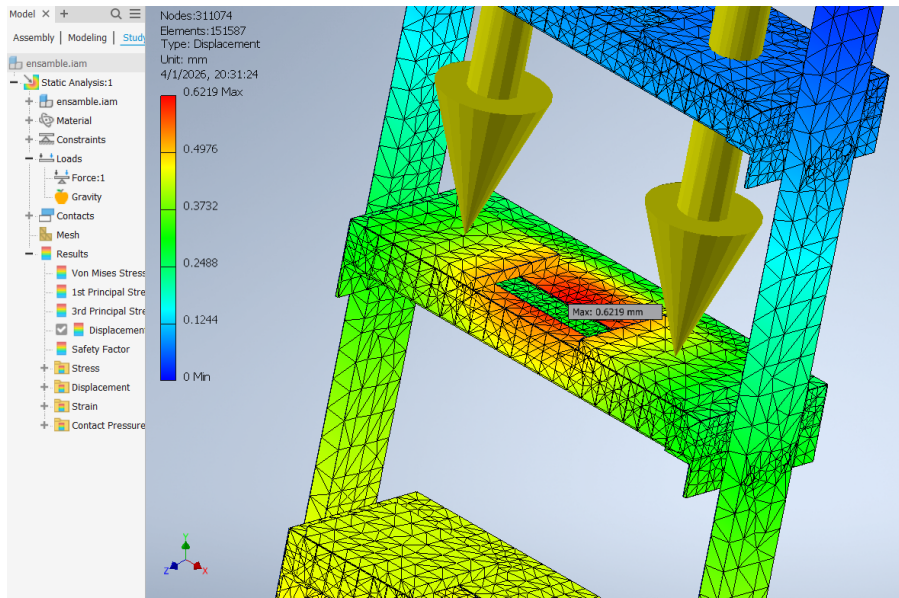
Resultado esfuerzo Von Mises en escalera – acercamiento al peldaño (máximo: 35.98 MPa)



Nota. Autodesk (2026). Inventor.

Figura 23

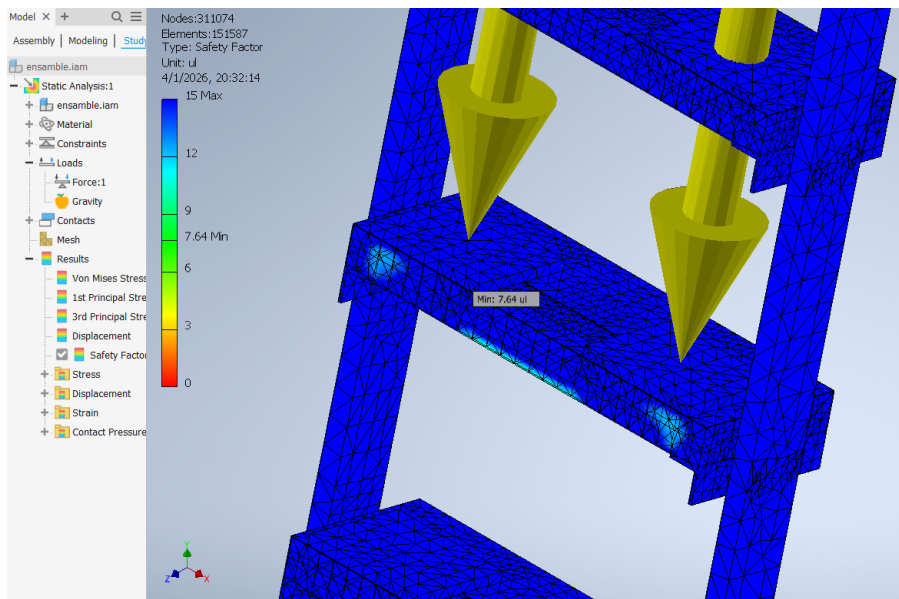
Resultado desplazamiento en escalera (máximo: 0.621 mm)



Nota. Autodesk (2026). Inventor.

Figura 24

Resultado factor de seguridad en escalera (mínimo: 7.64)



Nota. Autodesk (2026). Inventor.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO	
	CÓDIGO:	VERSIÓN:
	FECHA:	
	MACROPROCESO:	
	PROCESO:	
	SUBPROCESO:	

 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
--



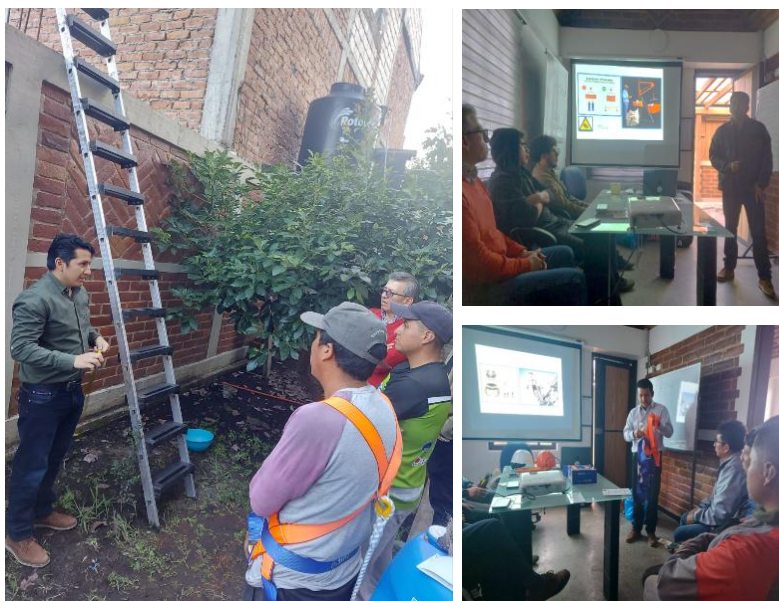
El valor de yield strenght para el aluminio del presente proyecto es de 275 MPa. Al dividir este valor para el máximo valor de esfuerzo Von Mises se obtiene un factor de seguridad de 7.64. Es decir que la escalera, en teoría, podría soportar siete de la carga asignada a este proyecto sin que se deforme permanentemente o ceda. Este aumento del valor del factor de seguridad es causado por la rigidez que se genera cuando los peldaños están ensamblados.

5.5.8 Entrega de la Escalera Propuesta a la Fundación EcoSur - Ecuador

La escalera propuesta se entregó en la sede de la Fundación EcoSur - Ecuador. En la ciudad de Riobamba. Se realizó la socialización del manual de uso de la escalera. Por otro lado, se utilizó la escalera con algunos trabajadores del Departamento de Reconstrucción de Vivienda. La socialización del manual y el uso de la escalera se muestran en la figura 25.

Figura 25

Entrega de la escalera propuesta y socialización del manual de uso



Las cartas de intención, apoyo, validación y aval, y de entrega se muestran en el Anexo 5.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO	
	CÓDIGO:	VERSIÓN:
	FECHA:	
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:	

 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
--



Conclusiones

La escalera de seguridad industrial diseñada y construida con peldaños planos redujo exitosamente la fatiga física en los trabajadores del Departamento de Reconstrucción de Vivienda de la Fundación EcoSur - Ecuador. En el ensayo de salto vertical, el valor alcanzado incrementó de 2.575 m a 2.595 m, un aumento de 0.020 m, equivalente a una mejora aproximada del 0.777 % en la potencia de piernas. En relación con el ensayo de ritmo cardíaco, disminución de 83 a 80 lpm, lo que corresponde a una reducción de 3 latidos por minuto, equivalente al 3.61 %, indicando una menor exigencia cardiovascular durante la actividad. Asimismo, en el ensayo de presión sistólica, los valores disminuyeron de 122 mmHg a 116 mmHg, reducción de 6 mmHg, equivalente al 4.92 %, la reducción sugiere una menor carga fisiológica sobre el sistema cardiovascular. Finalmente, en el ensayo de sentadilla, la resistencia aumento de 46 s a 51 s, evidenciando una mejora de 5 segundos, correspondiente al 10.87 %, el incremento demuestra una mayor resistencia muscular y estabilidad postural de los usuarios.

El diseño realizado en AutoCAD estableció la geometría de los peldaños de aluminio: 400 mm de largo por 150 mm de ancho y 3 mm espesor. Se consideró una separación entre peldaños de 280 mm y ángulo de apoyo de 75.5°.

El diseño y simulación tenso deformacional realizada en el software Inventor originó una escalera que soporta cargas de hasta 260 kg (el doble que el peso inducido real) y se determinó un factor de seguridad de 2.03.

La implementación de la escalera junto con el manual de uso en la Fundación EcoSur - Ecuador fue exitosa, integrándose a las operaciones diarias sin interrupciones y siendo adoptada rápidamente por los trabajadores.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO	
	CÓDIGO:	VERSIÓN:
	FECHA:	
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:	

 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
--



La validación estadística multivariada confirmó la superioridad de los peldaños planos sobre los circulares con diferencias significativas ($p < 0.05$) en todos los casos analizados. Se observa una mejora en cuanto a fatiga muscular, estabilidad postural y percepción de seguridad. Se comprobaron las cuatro hipótesis definidas donde se acepta en cada caso la hipótesis alternativa.

El Control de Calidad 6 Sigma realizado en Wolfram Mathematica alcanzó 14 defectos por millón de oportunidades. Se desarrolló un manual técnico completo que facilita la replicación de la innovación y certifica la aprobación formal del equipo.

Recomendaciones

Se sugiere realizar estudios complementarios que evalúen la implementación de materiales nanoestructurados en la fabricación de escaleras de seguridad industrial, particularmente investigando el uso de nanocompuestos que proporcionen mayor ligereza al equipo y propiedades hidrofóbicas que mejoren la seguridad en condiciones de humedad o lluvia.

Investigar la viabilidad técnica y económica de implementar piezas mecánicas especializadas en la parte inferior de los peldaños. Estos elementos permitirían el anclaje directo de líneas de vida y posicionadores.

Desarrollar investigación sobre el diseño e implementación de sistemas de anclaje automático en la base de las escaleras portátiles, con la finalidad de prevenir el vuelco del equipo.

Referencias Bibliográficas

Allen, T. (2006). *Introduction to engineering statistics and six sigma : statistical quality control and design of experiments and systems*. Springer.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO: PROCESO: SUBPROCESO:		

ANETVA. (2025). *BLOQUE 2: RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS 2.1 Caídas de personas a distinto nivel CAÍDAS DE PERSONAS A DISTINTO NIVEL*

INTRODUCCION. <https://www.anetva.org/>

ANSI. (2017). *American National Standard for Ladders-Portable Metal-Safety*

Requirements. www.americanladderinstitute.org

Batista, E. (2022). *Escaleras portátiles dieléctricas extensibles, requisitos de diseño y seguridad durante su uso.*

Califano, R., Auricchio, A., Carbone, M., Dessì, L., Frasci, V., Landi, A., & Naddeo, A.

(2024). Critical Ergonomics and (Dis)Comfort Factors While Performing Tasks with Hand Tools on a Ladder: A Pilot Study. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(6).

<https://doi.org/10.3390/app14062398>

Cejas, M., Liccioni, E., Aldaz, S., Murillo, M., & Venegas, G. (2023). *ENFOQUE CUANTITATIVO y CUALITATIVO: Una mirada de los métodos mixtos.*

<http://libreria.unellez.edu.ve/>

CEN. (2015). *Escaleras – Parte 1: Terminología, tipos y dimensiones funcionales.*

<https://en131.com/>

Comunidad Andina. (2004). *Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo.*

www.lexis.com.ec

Congreso Nacional del Ecuador. (2018). *LEY DE SEGURIDAD SOCIAL.*

www.lexis.com.ec

Consejo Directivo del IESS. (2016). *REGLAMENTO DEL SEGURO GENERAL DE RIESGOS DEL TRABAJO.* www.lexis.com.ec

Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Registro Oficial 449.* www.lexis.com.ec

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
	PROCESO:		
	SUBPROCESO:		



Corrêa da Silva, J. (2022). The generation of the experimental design. *International Journal of Scientific Research Updates*, 3(2), 064–069.

<https://doi.org/10.53430/ijrsru.2022.3.2.0043>

GADM del Cantón Penipe. (2026). *Información General del Cantón Penipe*.

<https://www.penipe.gob.ec/index.php/canton/informacion-general>.

Gutiérrez Pulido, Humberto., & de la Vara Salazar, R. (2013). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma* (3a ed.). McGraw-Hill Interamericana.

Hignett, S., & Mcatamney Lynn. (2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). En *Applied Ergonomics* (Vol. 31).

Hire, S., Ranjan, A., Ruikar, K., & Sandbhor, S. (2022). AI-driven safety checks for ladders used on construction sites. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1101(9). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1101/9/092040>

Hoffman, K., Flores, C., & Vallejo, A. (2023). *Seguridad e Higiene en el Trabajo una Visión Holística en el Trabajo*. Grupo AEA Santo Domingo.

INSST. (2018a). *Escaleras manuales. Nota Técnica de Prevención 239*.

INSST. (2018b). *Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente. Nota Técnica de Prevención 330*.

Internacional Organization for Standardization. (2018). *ISO 45001*.

Lee, G., Park, J., Lee, I., & Hwang, J. (2024). Development of a Korean Safety Ladder With Ensured Overturning Stability. *Safety and Health at Work*.

<https://doi.org/10.1016/j.shaw.2024.11.005>

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
	PROCESO:		
	SUBPROCESO:		

- Mazhar, S., Anjum, R., Anwar Ammar, & Khan, A. (2021). Methods of Data Collection: A Fundamental Tool of Research. *Journal of Integrated Community Health*, 10(01), 6–10. <https://doi.org/10.24321/2319.9113.202101>
- Ministerio de Trabajo. (2008). *Reglamento de Seguridad y Salud para la Construcción y Obras Públicas*.
- Ministerio del Trabajo. (2024). *ACUERDO MINISTERIAL MDT-2024-196*.
- Mohajan, H. (2020). *Quantitative Research: A Successful Investigation in Natural and Social Sciences*.
- Mondelo, P., Gregori, E., & Barrau, P. (1999). *Ergonomía I Fundamentos*.
www.mundoindustrial.net
- Noboa, D. (2024). *Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo del Ecuador (Decreto Ejecutivo 255)*.
- OSHA. (2023). *Escaleras portátiles: Como usarlas sin caer*.
- Park, S. H. . (2003). *Six Sigma for quality and productivity promotion*. Asian Productivity Organization.
- Ramos, C. (2021). Editorial: Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*, 10(1), 1–7. <https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>
- Seong, S., Park, S., Ahn, Y. H., & Kim, H. (2022). Development of an integrated fatigue measurement system for construction workers: a feasibility study. *BMC Public Health*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/s12889-022-13973-5>
- Susanto, N., Purwaningsih, R., & Restuti, D. (2022). Design of bamboo ladder as traditional construction equipment based on static loading analysis. *Jurnal Sistem dan Manajemen Industri*, 6(2), 143–156. <https://doi.org/10.30656/jsmi.v6i2.5023>

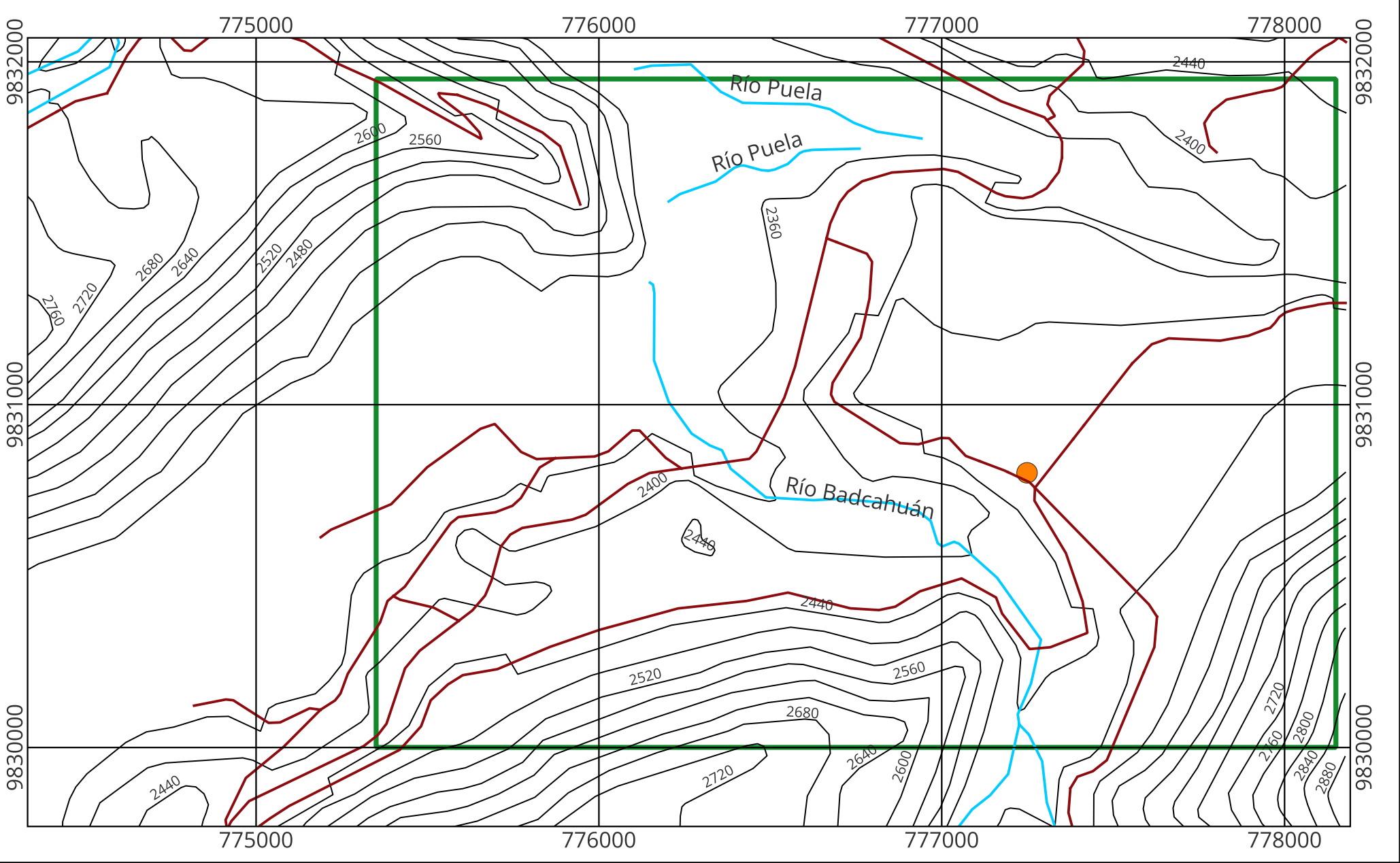
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	NOMBRE DEL FORMATO		 SGC SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
	CÓDIGO:	VERSIÓN:	
	FECHA:		
	MACROPROCESO:		
PROCESO:			
SUBPROCESO:			

Taherdoost, H. (2021). Data Collection Methods and Tools for Research; A Step-by-Step Guide to Choose Data Collection Technique for Academic and Business Research Projects. En *International Journal of Academic Research in Management (IJARM)* (Vol. 10, Número 1). www.elvedit.com

Wolfram Research, Inc. (2025).

Zubair, A. M. (2022). *Experimental Research Design-types & process*.

ANEXO 1



LEYENDA

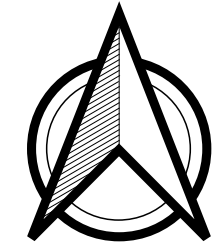
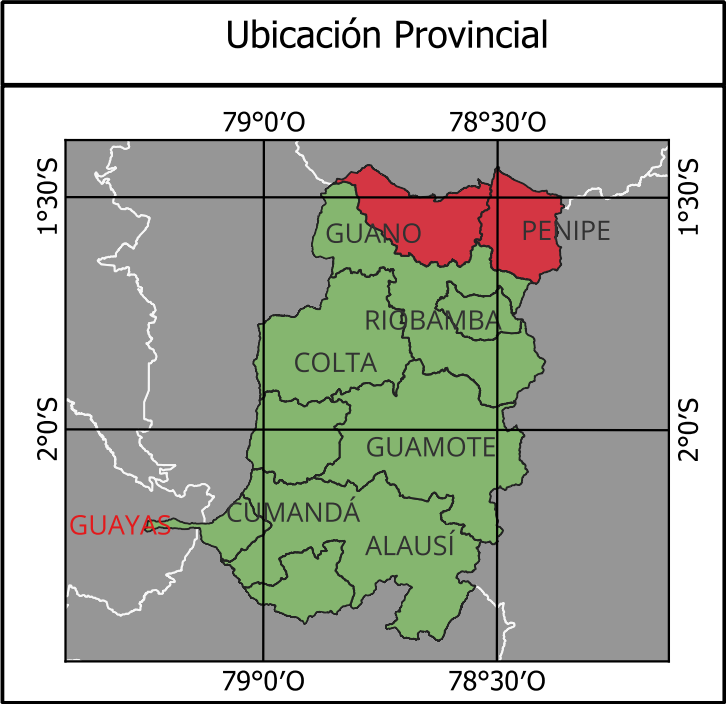
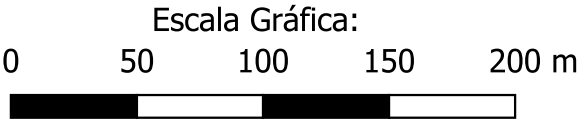
Vías

Ríos

Curvas de nivel

Área de Intervención EcoSur

Parroquia El Altar



Coordenadas UTM
Zona 17 S (WGS 84)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

MAESTRÍA EN SEGURIDAD INDUSTRIAL MENCIÓN
PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

MAPA DE UBICACIÓN: PROYECTO DE INTERVENCIÓN
RECONSTRUCCIÓN ECOSUR

Escala de Impresión: 1 / 15 000

Fuente: Geoportal Instituto Geográfico Militar Ecuador

Digitalización: Ing. Bryan Hernán Pilaluisa Pabón

Fecha: Diciembre, 2024

A3

MANUAL DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES EN LA RECONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA Y USO DE ESCALERA RECTA DE PELDAÑO PLANO FUDACIÓN ECOSUR -ECUADOR

Objetivo del manual: Institucionalizar la prevención de riesgos laborales en el proceso de reconstrucción de vivienda, abordando temas generales y haciendo énfasis en el uso de escaleras simples o rectas (straight ladder).

El presente manual ha sido realizado en base a las necesidades, en cuanto a seguridad industrial, de EcoSur.

Introducción:

En general la reconstrucción de vivienda constituye una actividad fundamental para el restablecimiento de condiciones dignas de habitabilidad en comunidades afectadas por el deterioro estructural. Sin embargo, esta noble labor conlleva inherentemente una serie de riesgos ocupacionales.

Estos riesgos deben ser identificados, evaluados y controlados de manera sistemática. La Fundación EcoSur, comprometida con la seguridad y bienestar de sus trabajadores, reconoce que las actividades de construcción y rehabilitación exponen al personal a diversos factores de riesgo que abarcan aspectos de seguridad, físicos, químicos, biológicas, ergonómicas y psicosociales.

La naturaleza multidisciplinaria de los proyectos de reconstrucción implica que los trabajadores se enfrentan a un ambiente laboral dinámico donde convergen diferentes especialidades, herramientas, materiales y condiciones ambientales. Esta complejidad operativa genera un espectro amplio de riesgos potenciales que pueden manifestarse de manera simultánea o secuencial durante el desarrollo de las actividades. En este

contexto, la gestión integral de la seguridad industrial se convierte en un pilar fundamental para garantizar no solo la calidad de las obras ejecutadas, sino también la integridad física y mental del equipo humano que las materializa.

En consonancia con los más altos estándares de seguridad industrial, la Fundación EcoSur ha establecido como principio rector que cualquier tipo de trabajo se realiza al final, después de analizar el entorno conforme a la prevención de riesgos laborales. Esta filosofía preventiva permite la implementación de medidas de control apropiadas antes del inicio de cualquier actividad, asegurando así que cada intervención se ejecute bajo condiciones controladas y con el menor nivel de riesgo posible para todos los involucrados en el proceso de reconstrucción de vivienda.

Escaleras portátiles: Úselas sin sufrir caídas

El uso de escaleras portátiles es relativamente fácil. Sin embargo, su uso correcto es ignorado. Las escaleras portátiles son las primeras herramientas que se eligen al pretender trabajar en superficies elevadas. Generalmente ocurren más caídas desde escaleras que de otras superficies elevadas como techos, balcones, o gradas.

¿Por qué se caen los trabajadores de las escaleras?

La mayoría de las caídas suceden porque los trabajadores no seleccionan el correcto tipo de escalera para su trabajo o la instalan incorrectamente, esto hace que la escalera, eventualmente, resbale de manera inesperada.

Las caídas también ocurren cuando los trabajadores no trabajan de manera segura en la escalera, en otras palabras, cuando se resbalan, pierden el balance,

se estiran demasiado, o algo hace que la escalera caiga.

Esta guía provee prácticas clave para usar escaleras rectas de manera segura. Las prácticas para el uso seguro de escaleras no son difíciles de entender, pero son

fáciles de ignorar. Si usted usa el tipo correcto de escalera para su trabajo, si la levanta correctamente y sabe cómo usarla de manera segura, la escalera no le fallará. Tome unos minutos para aprender en esta guía los consejos para el uso correcto de las escaleras.

A. GENERALIDADES

El proceso de reconstrucción de vivienda incluye los siguientes riesgos y factores de riesgo:

Riesgo de seguridad

- Caída desde alturas al mismo y diferente nivel (superiores a 1.80 m)
- Caída de objetos
- Choque contra objetos inmóviles
- Contacto eléctrico directo e indirecto
- Superficies irregulares
- Proyección de partículas
- Punzamiento de extremidades superiores e inferiores
- Manejo de herramientas cortopunzantes

Riesgo físico:

- Exposición a radiación solar
- Ruido
- Vibraciones

Riesgo químico:

- Exposición a químicos

Riesgos biológicos:

- Accidentes causados por seres vivos

Riesgos ergonómicos:

- Sobreesfuerzo
- Manipulación manual de cargas
- Posiciones forzadas
- Movimientos repetitivos

Riesgos psicosociales:

- Alta responsabilidad
- Trabajo a presión
- Sobrecarga mental
- Trabajo monótono
- Déficit en la comunicación
- Relaciones interpersonales inadecuadas
- Desmotivación
- Agresión o maltrato
- Inestabilidad emocional

Fuente: Cámara de Industrias y Producción Ecuador (2025).

Los trabajos de reconstrucción de vivienda presentan riesgos significativos que requieren medidas preventivas integrales para proteger la integridad física de los trabajadores. Las caídas desde alturas superiores a 1.80 metros constituyen uno de los principales peligros, por lo que es obligatorio el uso de sistemas de protección anticaídas, incluyendo arneses de seguridad y líneas de vida en todos los lugares de trabajo elevados. Igualmente, críticos son los riesgos eléctricos por contacto directo e indirecto, que exigen la implementación de protocolos de bloqueo y etiquetado (LOTO), verificación de ausencia de tensión antes de cualquier intervención, y el uso exclusivo de herramientas dieléctricas certificadas. La exposición a radiación solar, ruido y vibraciones debe controlarse mediante la rotación de personal, el uso de equipos de protección individual específicos (protectores auditivos, ropa con protección UV) y la programación de pausas regulares en

áreas sombreadas, especialmente durante las horas de mayor intensidad solar.

La manipulación de materiales químicos en obra requiere una gestión especializada que incluye la consulta obligatoria de fichas de datos de seguridad, el almacenamiento adecuado en áreas ventiladas y señalizadas, y la capacitación continua del personal sobre procedimientos de emergencia en caso de derrames o exposición accidental. Los riesgos biológicos, aunque menos frecuentes, pueden presentarse por contacto con animales ponzoñosos o vectores de enfermedades, por lo que se debe mantener el orden y limpieza en las áreas de trabajo, realizar inspecciones previas de los espacios de trabajo y contar con botiquines equipados con sueros antiofídicos cuando sea necesario. En el aspecto ergonómico, la manipulación manual de cargas debe realizarse aplicando técnicas de levantamiento seguro, utilizando ayudas mecánicas cuando el peso supere los límites establecidos (23 a 25 kg para hombres, 13 a 15 kg para mujeres), y organizando el trabajo para evitar posturas forzadas prolongadas y movimientos repetitivos que puedan generar lesiones musculoesqueléticas.

El bienestar psicosocial de los trabajadores es fundamental para el éxito y sostenibilidad de los proyectos de reconstrucción, por lo que la empresa implementa estrategias preventivas específicas para mitigar el estrés laboral y promover un ambiente de trabajo saludable. La alta responsabilidad inherente a estos trabajos, combinada con la presión y la sobrecarga mental, requiere una planificación cuidadosa que incluya objetivos realistas, distribución equitativa de tareas y canales de comunicación claros entre supervisores y

trabajadores. Se establecen pausas programadas, rotación de responsabilidades críticas y espacios de retroalimentación constructiva para prevenir la desmotivación y el trabajo monótono. Adicionalmente, se promueven relaciones interpersonales respetuosas mediante comunicación asertiva, resolución de conflictos y trabajo en equipo, creando protocolos de atención inmediata para situaciones de agresión o maltrato, y ofreciendo apoyo psicológico profesional cuando se detecten signos de inestabilidad emocional que puedan afectar tanto el rendimiento laboral como la seguridad en obra.

Los riesgos asociados a trabajos en altura, usando escaleras rectas, son los siguientes:

Peligros por pérdida de equilibrio o estabilidad:

- Elección incorrecta de la escalera (demasiado corta)
- Colisión de objetos contra la escalera (puertas, ventanas, vehículos).
- Condiciones ambientales adversas (lluvia, polvo, viento)
- Condiciones del suelo (suelo inestable, superficies deslizantes)
- Estado de la escalera (ausencia de zapatas, peldaños/largueros doblados)
- Deslizamiento lateral, caída lateral o de la parte superior.
- Posición incorrecta de la escalera (ángulo de apoyo inadecuado)

Peligros durante el manejo de la escalera:

- Al transportar la escalera hasta el área de trabajo (golpes o malas posturas)
- Al emplazar la escalera en el punto de trabajo

- Al subir elementos a la escalera (caída de objetos)
- Uso de zapatos inapropiados
- Peldaños contaminados por suciedad (aceite, barro, pintura húmeda)
- Prácticas inseguras (subir peldaños de 2 en 2, deslizarse por los largueros)

Peligros eléctricos:

- Trabajar con tensión (instalaciones eléctricas energizadas)
- Colocación de las escaleras muy cerca de equipos eléctricos en tensión (líneas eléctricas)
- Elección incorrecta del tipo de escaleras para trabajos eléctricos.

En el caso de los trabajos eléctricos con escaleras, estos demandan protocolos de seguridad especializados a causa del alto potencial de accidentes mortales por electrocución o arco eléctrico. Está terminantemente prohibido trabajar con instalaciones energizadas utilizando escaleras metálicas, debiendo emplearse exclusivamente escaleras dieléctricas certificadas que proporcionen aislamiento eléctrico adecuado para los niveles de tensión presentes en el trabajo. Antes de posicionar cualquier escalera, se debe verificar la ubicación de líneas eléctricas aéreas y mantener las distancias mínimas de seguridad establecidas por normativa (mínimo 3 metros para líneas de baja tensión, 5 metros para media tensión), considerando tanto la escalera como los movimientos del trabajador y las herramientas utilizadas. Todo trabajo eléctrico debe realizarse preferentemente con instalaciones no energizadas, aplicando los procedimientos de bloqueo y etiquetado, y cuando sea técnicamente inevitable trabajar con tensión, debe ejecutarse únicamente por personal certificado y

con equipos de protección individual específicos para riesgo eléctrico.

El cumplimiento riguroso de todas las recomendaciones de seguridad para el uso de escaleras no constituye una opción, sino una obligación ineludible que determina la diferencia entre completar exitosamente un proyecto de reconstrucción o enfrentar las devastadoras consecuencias de un accidente laboral. Cada medida preventiva establecida ha sido diseñada en base a análisis técnicos de siniestros reales y estudios ergonómicos que demuestran que el 95% de los accidentes con escaleras son prevenibles mediante la aplicación correcta de procedimientos de seguridad.

Fuente: Asociación española de fabricantes de escaleras portátiles.

Uso obligatorio de EPP

Asegúrese de usar los siguientes equipos de protección personal: zapatos de seguridad, guantes anticorte, gafas de protección, casco, tapones auditivos y arnés con línea de vida.

Los equipos de protección individual constituyen la última línea de defensa entre el trabajador y los múltiples peligros presentes en los trabajos de reconstrucción, siendo su uso obligatorio e innegociable en todas las actividades desarrolladas. Los zapatos de seguridad con puntera de acero y suela antideslizante representan una protección esencial contra punzamientos por clavos, tornillos o materiales cortopunzantes presentes en escombros, así como contra aplastamientos por caída de herramientas o materiales de construcción que pueden generar fracturas graves o amputaciones de dedos. El casco de seguridad, fabricado con materiales de alta resistencia al

impacto, protege el cráneo contra golpes por caída de objetos desde alturas, contacto con estructuras bajas durante trabajos en espacios confinados, y proporciona aislamiento eléctrico básico cuando se trabaja cerca de instalaciones energizadas. Los guantes anticorte, diseñados con fibras especializadas y recubrimientos resistentes, previenen laceraciones profundas al manipular materiales metálicos, vidrios rotos, herramientas cortopunzantes y elementos de construcción con bordes afilados, evitando lesiones que pueden comprometer permanentemente la funcionalidad de las manos y la capacidad laboral del trabajador.

La preservación de los órganos sensoriales mediante equipos de protección específicos resulta fundamental para mantener la capacidad de trabajo a largo plazo y prevenir discapacidades permanentes que afecten la calidad de vida del trabajador y su familia. Las gafas de protección con certificación de impacto protegen los ojos contra proyección de partículas durante trabajos de corte, soldadura, demolición y lijado, así como contra salpicaduras de sustancias químicas como cemento, cal o productos de limpieza que pueden causar irritaciones severas o daños irreversibles en la córnea. Los tapones o protectores auditivos externos son indispensables durante el uso de herramientas eléctricas y equipos de construcción que generan niveles de ruido superiores a 85 decibeles, previniendo la pérdida auditiva gradual que puede manifestarse años después como sordera ocupacional permanente. En trabajos en altura superiores a 1.80 metros, el arnés de seguridad con línea de vida representa el elemento más crítico del sistema de protección, diseñado para distribuir las fuerzas de impacto en caso de caída y

detener al trabajador antes de que alcance el suelo, convirtiendo un accidente potencialmente mortal en un incidente controlado que preserva la vida y minimiza las lesiones.

El uso correcto y simultáneo de todos los equipos de protección personal no constituye simplemente el cumplimiento de una normativa, sino la manifestación tangible del compromiso con la preservación de la vida humana y el reconocimiento de que cada trabajador representa un valor irremplazable tanto para su familia como para la organización. La efectividad de estos equipos depende críticamente de su correcta selección según los riesgos específicos identificados, su mantenimiento preventivo regular que garantice su funcionalidad, y la capacitación continua del personal sobre su uso apropiado, limitaciones y criterios de reemplazo. Un casco agrietado, unos guantes desgastados, unas gafas rayadas o un arnés con costuras deterioradas no solo pierden su capacidad protectora, sino que generan una falsa sensación de seguridad que puede incrementar paradójicamente el riesgo de accidentes graves. Por tanto, cada trabajador debe asumir la responsabilidad personal de inspeccionar diariamente su equipo de protección, reportar inmediatamente cualquier deficiencia detectada, y rechazar categóricamente la presión de trabajar sin los EPP completos, entendiendo que esta decisión no solo protege su propia integridad, sino que contribuye a crear una cultura de seguridad sólida que beneficia a todos los miembros del equipo y establece un estándar de excelencia que distingue a las organizaciones comprometidas con el bienestar de sus trabajadores.

B. TRABAJAR CON ESCALERAS – ANTES DE SU USO:

- Al transportar escaleras, ya sea en las barras de techo o en un camión, asegúrese que estén correctamente colocadas para prevenir daños.
- No utilice las escaleras para transportar objetos y/o personas.
- Inspeccione la escalera antes de su uso para confirmar el correcto estado de todos sus componentes.
- Asegúrese que la escalera es la adecuada para la labor a realizar, altura de trabajo, tipo de peldaños.
- No use escaleras dañadas.
- Elimine cualquier elemento contaminante de la escalera, como pintura húmeda, barro, aceite, polvo.
- Analice los posibles riesgos antes de su uso

La selección y posicionamiento adecuado de escaleras constituye un factor determinante para prevenir accidentes graves en trabajos de altura durante la reconstrucción de viviendas. Es fundamental realizar una evaluación previa del área de trabajo que considere las condiciones del suelo, verificando que la superficie sea firme, nivelada y libre de materiales deslizantes como aceites o escombros que puedan comprometer la estabilidad del equipo. La escalera debe seleccionarse según la altura de trabajo requerida, aplicando la regla 4:1 donde por cada cuatro unidades de longitud de escalera, la base debe separarse una unidad de la pared (figura 1), y asegurando que sobresalga al menos un metro por encima del punto de apoyo superior. Las condiciones ambientales adversas como lluvia, viento fuerte o visibilidad reducida obligan a suspender los trabajos en altura, mientras que la inspección diaria de la escalera debe verificar el estado de zapatas antideslizantes, la integridad de peldaños

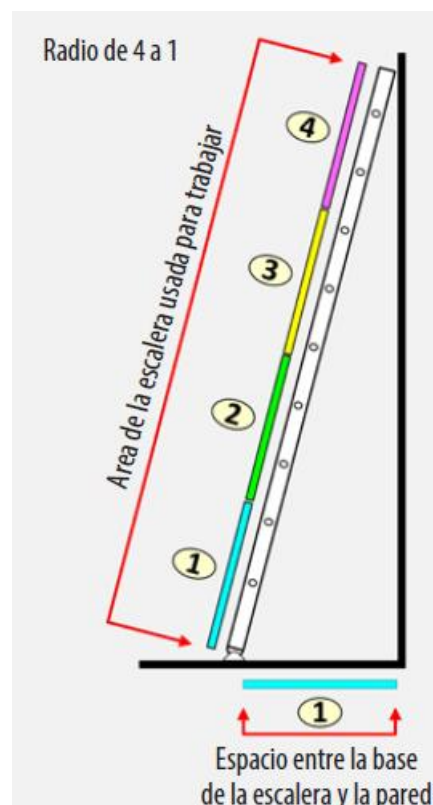
y largueros, y la ausencia de deformaciones que puedan causar inestabilidad durante el uso.

El transporte y emplazamiento seguro de escaleras requiere técnicas específicas que protejan tanto al trabajador como a terceros en el área de trabajo. Durante el transporte, la escalera debe llevarse entre dos personas para escaleras de gran longitud, evitando movimientos bruscos que puedan causar golpes contra estructuras o lesiones por sobreesfuerzo.

Antes de ascender, es obligatorio verificar que los peldaños estén limpios y secos, utilizar calzado con suela antideslizante y suela que proporcione buen agarre, y mantener siempre tres puntos de contacto con la escalera (dos manos y un pie, o dos pies y una mano).

Figura 1.

Radio de 4 a 1 en una escalera recta



Nota. OSHA (2025).

C. TRABAJAR CON ESCALERAS – COLOCACIÓN

- La escalera debe colocarse en la posición correcta de uso, así como con el ángulo correcto (75.5°).
- La escalera debe colocarse sobre una base firme y fija.
- Una escalera de apoyo debe apoyarse sobre una superficie plana y suficientemente resistente y debe asegurarse antes de su uso mediante cintas o algún dispositivo que aumente la estabilidad.
- La escalera nunca debe reposicionarse desde arriba.
- Tenga en cuenta el riesgo de colisión contra la escalera durante la colocación: peatones, animales y vehículos.
- Identifique posibles peligros eléctricos en el área de trabajo.
- La escalera debe apoyarse en sus propias zapatas, no en los peldaños o travesaños.
- Evite colocar la escalera sobre superficies deslizantes (como suciedad) si su colocación es obligada utilice medidas efectivas contra el deslizamiento o limpie la zona.

2.50	0.645	75.5
2.60	0.671	75.5
2.70	0.697	75.5
2.80	0.723	75.5
2.90	0.748	75.5
2.94	0.950	75.5

Nota. Fuente: Elaboración propia.

D. TRABAJAR CON ESCALERAS – DURANTE EL USO:

- Nunca exceda la carga máxima permitida para cada tipo de escalera (150 kg)
- Nunca se asome estirándose por los laterales de la escalera.
- No utilice las escaleras de apoyo como acceso a otros niveles sin seguridades adicionales.
- Nunca se posicione en los últimos tres peldaños en escaleras de apoyo
- No utilice escaleras en el exterior en condiciones atmosféricas adversas
- Bloquee las puertas (excepto las salidas de emergencia) y ventanas en las zonas de trabajo
- Ascienda y descienda la escalera de frente, nunca de espaldas.
- Mantenga un buen agarre durante el ascenso/descenso.
- No utilice la escalera como puente.
- Utilice calzado adecuado cuando ascienda una escalera.
- Evite cargas laterales excesivas como cemento.
- No permanezca largos periodos de tiempo en la escalera sin descansos (la fatiga es un riesgo).
- El equipo que se utilice mientras se está en la escalera debe ser ligero y de fácil manejo.
- Se prohíbe estrictamente el ascenso de dos peldaños simultáneamente, deslizarse por los largueros, o transportar herramientas en las manos durante el ascenso; estos elementos deben izarse posteriormente mediante cuerdas o

Tabla 1.

Distancia de la base de la escalera a la pared con respecto a la altura de pared

Altura de pared (m)	Distancia de la base de la escalera a la pared (m)	Inclinación (°)
1.8	0.465	75.5
1.9	0.491	75.5
2	0.516	75.5
2.10	0.542	75.5
2.20	0.568	75.5
2.30	0.594	75.5
2.40	0.619	75.5

sistemas de elevación seguros que eviten la caída de objetos sobre personas ubicadas en niveles inferiores.

E. REPARACIÓN, ALMACENAMIENTO Y MANTENIMIENTO

Reparaciones:

Toda reparación y mantenimiento se debe realizar por personal competente según las instrucciones del fabricante.

Almacenamiento:

Al almacenar la escalera tenga en cuenta posibles caídas de la escalera, utilice algún tipo de dispositivo de amarre para prevenir su caída.

Mantenimiento:

Es aconsejable realizar inspección regularmente para prevenir posibles defectos durante el uso o transporte. Fíjese en la siguiente tabla como referencia al realizar la ficha de inspección.

La frecuencia del proceso de inspección dependerá del uso y los tipos de trabajo que se realice con la escalera.

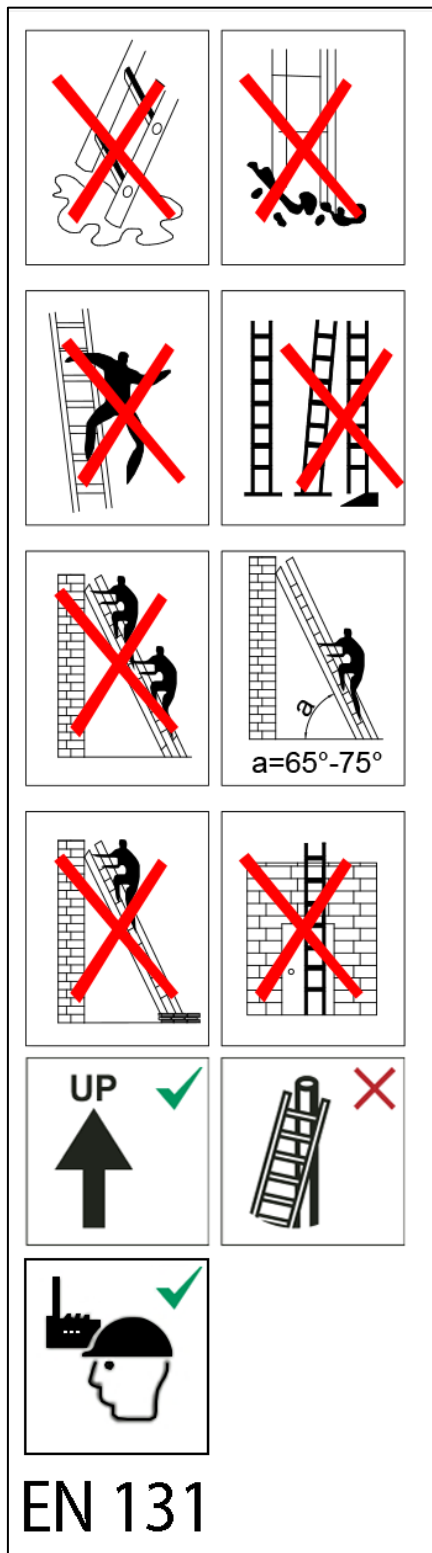
Tabla 2.

Ficha de mantenimiento de escaleras rectas

Elemento que revisar	Ítem	Bien	Mal	Notas
Zapatas	Estado			Verifique el estado, observe si presentan un desgaste excesivo
	Existencia			Es muy importante que los terminales base de los largueros estén equipados con zapatas antideslizantes
	Sujeción			Las zapatas deben estar firmemente sujetas a los largueros
Peldaños	Estado			Verifique que los peldaños se encuentran en buen estado, sin dobleces ni roturas
	Limpieza			Los peldaños deben estar limpios de cualquier elemento que los haga ser más deslizantes de lo normal.
Largueros	Estado			Los largueros deben estar en buen estado sin golpes ni dobleces
Mecanismos de sujeción	Funcionamiento			Verifique que los dispositivos de la escalera funcionen correctamente.
Etiquetas	Estados			Es importante conservar la etiqueta que identifica modelo, fabricante, año de fabricación

Nota. Asociación española de fabricantes de escaleras portátiles.

Etiquetas de la escalera:



Descansos al usar la escalera:

Límite de 30 minutos.

Según la OSHA. UNE EN 131 y el Real Decreto 2177/2004 de España. El valor reconocido en seguridad laboral es de 30 minutos como tiempo máximo de permanencia sobre una escalera portátil en posición estacionaria (es decir, usándola como puesto de trabajo, no solo como medio de acceso).

Aplicación de normativa legal vigente:

APLICACIÓN DE NORMA ISO 45001 – Acuerdo Ministerial 2025-122.

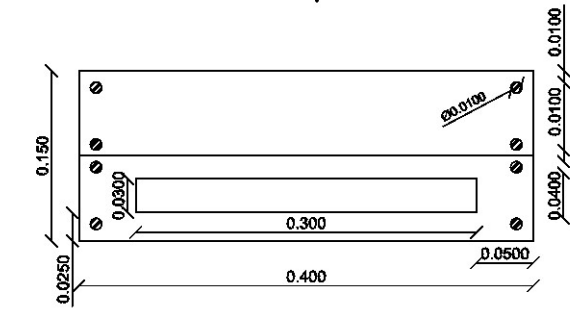
Artículo 13. De la implementación de las medidas de prevención y protección. El empleador en los lugares y/o centros de trabajo, deberá implementar medidas de control de los riesgos laborales físicos, químicos, biológicos, de seguridad, ergonómicos y psicosociales, de forma continua y de conformidad con lo dispuesto en el presente reglamento, norma técnica de seguridad e higiene del trabajo emitida por el ente rector del trabajo o norma internacional en ausencia de normativa nacional. Estas medidas deberán aplicarse siguiendo la jerarquía de controles:

1. Eliminación;
2. Sustitución;
3. Control de ingeniería;
4. Control administrativo; y,
5. Control sobre el trabajador.

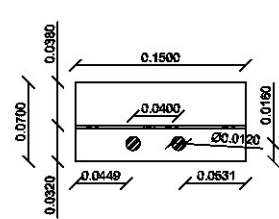
ANEXO 3

Peldaño Normal

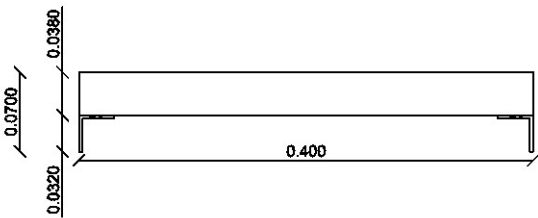
Vista Superior



Vista Lateral Derecha

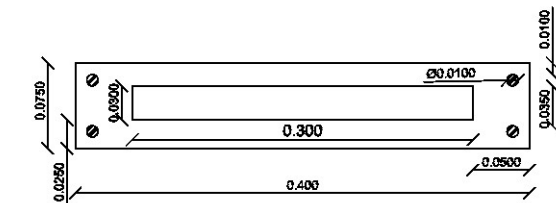


Vista Frontal

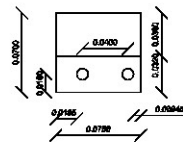


Peldaño Pequeño

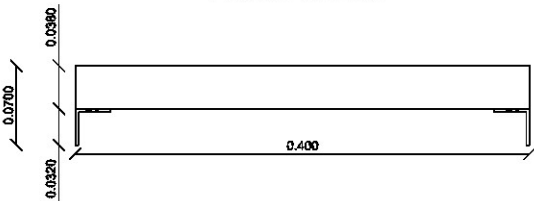
Vista Superior



Vista Lateral Derecha

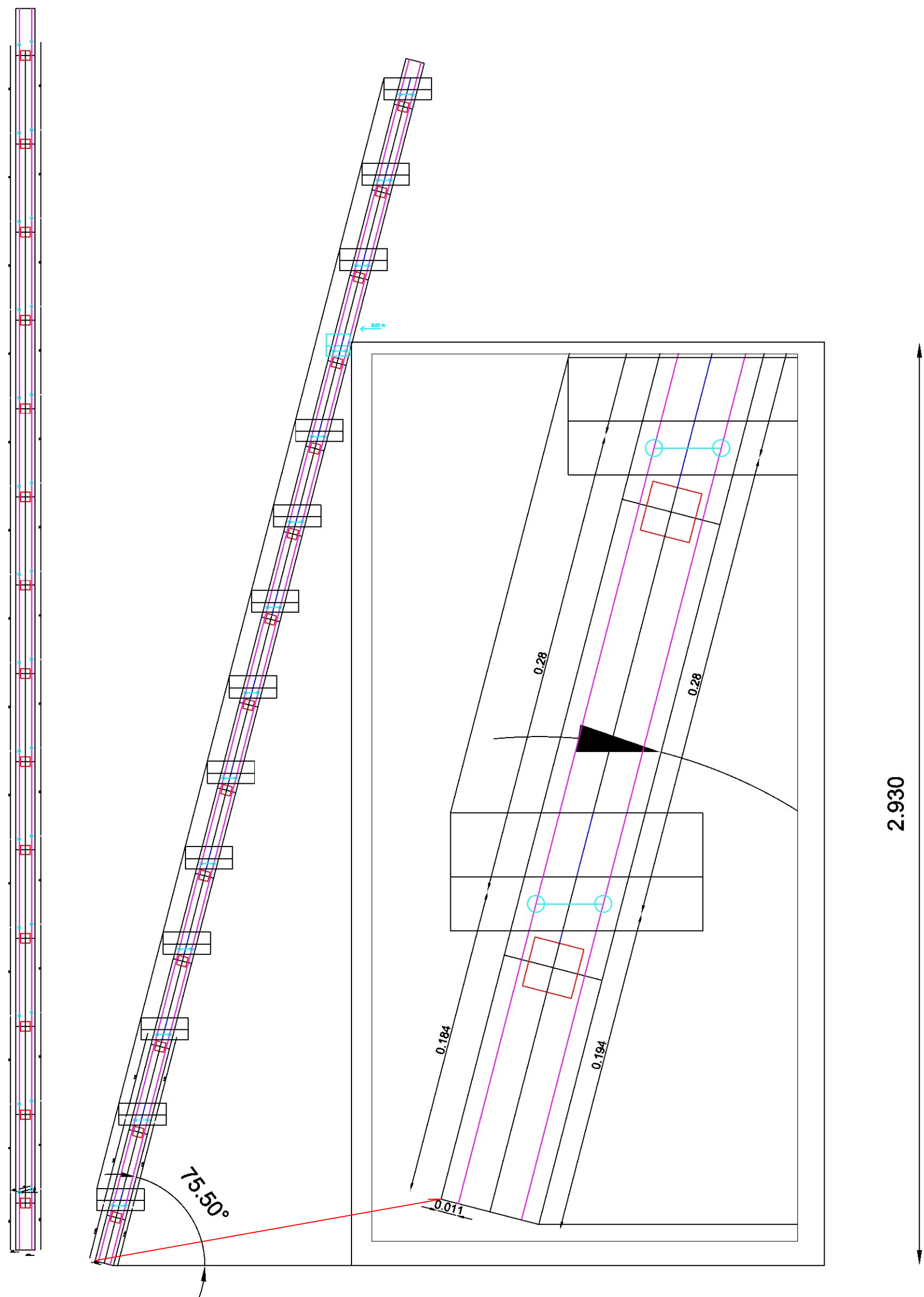


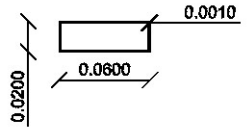
Vista Frontal



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	AUTOR: BRYAN HERNÁN PILALUISA PABÓN
MAESTRÍA EN SEGURIDAD INDUSTRIAL MENCIÓN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES	Enero, 2026
PLANO VISTAS DE PELDAÑOS DE LA ESCALERA PROPUESTA	A4
ESCALA DE IMPRESIÓN: 1/10	

Vista Lateral Derecha Larguero



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	AUTOR: BRYAN HERNÁN PILALUISA PABÓN	Vista Superior Larguero
MAESTRÍA EN SEGURIDAD INDUSTRIAL MENCIÓN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES		Enero, 2026	
PLANO VISTA SUPERIOR - VISTA LATERAL DE PELDAÑOS DE LA ESCALERA PROPUESTA		A3	
ESCALA DE IMPRESIÓN: 1/10			

Riobamba, 02 de septiembre de 2024.

A la UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO.

De nuestra mayor consideración:

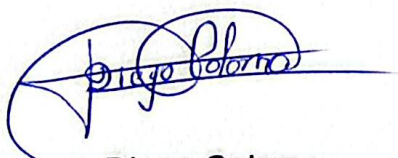
Por este medio deseamos informar a la prestigiosa Unach nuestra necesidad para el estudio e implementación de una Escalera o Andamios en nuestro departamento de Construcción, dentro del proyecto de Mejoramiento de la Calidad de Vida para las Personas más Vulnerables del cantón Penipe-Ecuador. Este requerimiento lo presentamos por cuanto nuestros albañiles necesitan de estos implementos en la obra civil que desarrollan en zonas rurales al pasar largas jornadas de trabajo con elementos precarios, rudimentarios y a veces improvisados.

Con el firme compromiso de desarrollar estas actividades de Investigación, en cooperación mutua en el marco ético y de acuerdo con lo establecido en el convenio entre nuestras Instituciones, informamos que dicho pedido es de gran importancia y forma parte de los ejes transversales dentro de los Proyectos que nuestra Institución desarrolla en Cooperación con Entidades Nacionales e Internacionales con el objetivo de mejorar la calidad de vida de las poblaciones más vulnerables que habitan en zonas que reciben poca o nula atención de nuestra sociedad.

Somos conscientes de que la colaboración entre instituciones es vital para el avance científico y tecnológico de nuestro país, por lo que reiteramos nuestro total compromiso de seguir colaborando con ustedes en el desarrollo sostenible de estos proyectos sociales.

Esperamos una respuesta favorable de su parte, seguros de contar desde ya con su apoyo científico y académico.

ATENTAMENTE



Ing. Diego Coloma
DIRECTOR EJECUTIVO FUNDACIÓN ECOSUR-ECUADOR

c/c al Archivo ECOSUR

Riobamba, 05 de diciembre del 2024

Al Departamento de Posgrado de la Universidad Nacional de Chimborazo.

De nuestra mayor consideración:

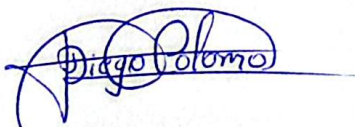
Por este medio damos a conocer nuestro apoyo y un **total financiamiento económico, así como todas las facilidades** que ofrece nuestra sede -incluyendo también el transporte para todos los viajes in situ - basado en el convenio que nuestra institución mantiene con la UNACH, para el desarrollo del trabajo de investigación titulado "DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DE UNA ESCALERA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL MANUAL DE PELDAÑOS PLANOS PARA LA DISMINUCIÓN DE FATIGA FÍSICA EN EL DEPARTAMENTO DE RECONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA DE LA FUNDACIÓN ECOSUR - ECUADOR" que el Dr. Marlon Basantes Valverde, Ph. D y su estudiante Ing. Bryan Pipaluisa Pabón, egresado de la Maestría en Seguridad Industrial, desarrollarán como proyecto de Tesis de Grado y posiblemente una Publicación Científica para la obtención del título de Magister en Seguridad Industrial Mención Prevención de Riesgos Laborales.

Con el firme compromiso de desarrollar estas actividades de Investigación, en cooperación mutua en el marco ético y de acuerdo con lo establecido en el convenio entre nuestras Instituciones, informamos que dicha investigación es de gran importancia y forma de los ejes transversales dentro de los Proyectos que nuestra Institución desarrolla en Cooperación con Entidades Nacionales e Internacionales con el objetivo de mejorar la calidad de vida de las poblaciones más vulnerables que habitan en zonas que reciben poca o nula atención de nuestra sociedad.

El Dr. Basantes Valverde, Miembro Honorario y Colaborador Externo de nuestra Fundación y su Maestrante el Ing. Pilaluisa quedan comprometidos a cumplir con los objetivos planteados en su trabajo de investigación y los resultados obtenidos serán debidamente socializados entre todas las Instituciones que formamos parte de este Proyecto.

Somos conscientes de que la colaboración entre instituciones es vital para el avance científico y tecnológico de nuestro país, por lo que reiteramos nuestro total compromiso de seguir colaborando con ustedes en el desarrollo sostenible de estos proyectos sociales.

ATENTAMENTE



Ing. Diego Coloma
DIRECTOR EJECUTIVO FUNDACIÓN ECOSUR-ECUADOR

c/c al Archivo ECOSUR

Riobamba, 02 de junio del 2026

Señores

DEPARTAMENTO DE POSGRADO, UNACH.

Presente

De nuestra consideración.

La Fundación EcoSur Ecuador les extiende sus más sinceros saludos y les desea éxitos en sus funciones que muy acertadamente realizan en la búsqueda de la excelencia académica.

Con la finalidad de validar el proyecto de investigación de tesis "DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DE UNA ESCALERA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL MANUAL DE PELDAÑOS PLANOS PARA LA DISMINUCIÓN DE FATIGA FÍSICA EN EL DEPARTAMENTO DE RECONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA DE LA FUNDACIÓN ECOSUR - ECUADOR" desarrollado por el Ing. Bryan Pilaluisa Pabón, se procedió a constatar de manera presencial en nuestras instalaciones el diseño, la implementación y el funcionamiento del Prototipo de escalera recta portátil de peldaños planos, ahora propiedad de la Fundación EcoSur-Ecuador por el Apoyo y Financiamiento brindados. Entonces, cumplimos con informar que esta investigación cumple con todos los objetivos y requerimientos planteados por nosotros lo cual conllevará posteriormente a la socialización de este proyecto ante todas aquellas entidades que podrían ser partícipes de la tecnología desarrollada.

Es todo cuanto podemos informar en honor a la verdad.

Por la atención que se sirvan dar a la presente, anticipamos nuestros sinceros agradecimientos.



Atentamente.

Ing. Diego Coloma

DIRECTOR EJECUTIVO FUNDACIÓN ECOSUR-ECUADOR

**ACTA ENTREGA - RECEPCIÓN DE PARTE DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
DENOMINADO “DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DE UNA ESCALERA DE SEGURIDAD
INDUSTRIAL MANUAL DE PELDAÑOS PLANOS PARA LA DISMINUCIÓN DE
FATIGA FÍSICA EN EL DEPARTAMENTO DE RECONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA DE
LA FUNDACIÓN ECOSUR - ECUADOR”**

En la Fundación Ecosur-Ecuador, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, al día 09 del mes de septiembre del dos mil veinte y cinco, comparecen a la presente Acta, por parte complementaria, el señor Ing. Diego Coloma, Director ejecutivo Fundación Ecosur-Ecuador y por otra parte el señor Dr. Marlon Basantes Valverde Ph.D, en calidad de Tutor del señor tesistas: Bryan Hernán Pilaluisa Pabón, de la Maestría en Seguridad Industrial Mención Prevención de Riesgos de la “Universidad Nacional de Chimborazo”, con la finalidad de realizar la entrega de una escalera recta como parte del Proyecto de Investigación denominado “DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DE UNA ESCALERA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL MANUAL DE PELDAÑOS PLANOS PARA LA DISMINUCIÓN DE FATIGA FÍSICA EN EL DEPARTAMENTO DE RECONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA DE LA FUNDACIÓN ECOSUR - ECUADOR”

CLÁUSULA PRIMERA: ANTECEDENTES

El señor Bryan Hernán Pilaluisa Pabón, tesista de la Maestría en Seguridad Industrial Mención Prevención de Riesgos Laborales de la Universidad Nacional de Chimborazo, se encuentran desarrollando el proyecto de investigación “DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DE UNA ESCALERA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL MANUAL DE PELDAÑOS PLANOS PARA LA DISMINUCIÓN DE FATIGA FÍSICA EN EL DEPARTAMENTO DE RECONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA DE LA FUNDACIÓN ECOSUR - ECUADOR” bajo la Tutoría del Dr. Marlon Basantes Valverde Ph.D, docente de la institución.

En el Proyecto de Investigación “DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DE UNA ESCALERA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL MANUAL DE PELDAÑOS PLANOS PARA LA DISMINUCIÓN DE FATIGA FÍSICA EN EL DEPARTAMENTO DE RECONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA DE LA FUNDACIÓN ECOSUR - ECUADOR” se especifica el diseño y construcción de una escalera recta portátil de peldaños planos. El diseño y construcción de la escalera considera diversos parámetros como: geometría, antropometría, ergonomía, análisis de elementos finitos, análisis estadístico de comparación multivariado y análisis 6 sigma. El estudio se basa en la comparación de escaleras convencionales de peldaño redondo y escaleras propuestas de peldaño plano. La finalidad de la investigación es disminuir fatiga laboral, así como también reducir la incidencia de incidentes,

accidentes y enfermedades profesionales de los trabajadores del Departamento de Reconstrucción de vivienda de la Fundación EcoSur - Ecuador.

CLÁUSULA SEGUNDA: CARACTERÍSTICAS DEL BIEN

La escalera recta tiene los siguientes componentes y características:

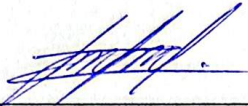
Escalera recta portátil de peldaño plano. Material: aluminio		
Ítem	Componente	Características.
1	Alto de escalera	3.94 m
2	Ancho de escalera	0.46 m
3	Ancho de peldaños	0.15 m
4	Largo de peldaños	0.40 m
5	Zapatatas	Material: Plástico
6	Tapas	Material: Plástico
7	Manual de prevención de riesgos laborales y de uso de escaleras rectas portátiles	Guía de utilización de escalera recta portátil.
8	Planos de peldaños	N/A
9	Planos de escalera	N/A
10	Plano de la zona de intervención del Departamento de Reconstrucción	N/A
11	Tesis física	N/A
12	Documentos digitales de la tesis	N/A
13	Equipos de protección personal	Equipos completos para trabajo en alturas

CLÁUSULA TERCERA: ENTREGA RECEPCIÓN

El señor Tutor Dr. Marlon Basantes Valverde Ph.D y el señor tesistas Bryan Hernán Pilaluisa Pabón, entregan al Ing. Diego Coloma, en calidad de Director Ejecutivo de la Fundación Ecosur-Ecuador una escalera recta portátil de peldaños planos junto con el manual de uso descritos en la CLÁUSULA SEGUNDA, en excelente estado físico y de completo funcionamiento, obligándose la entidad receptora de este equipo a su conservación y buen uso.

CLÁUSULA CUARTA: ACEPTACIÓN

Las partes declaran estar de acuerdo con el contenido de todas y cada una de las cláusulas de la presente Acta. Para constancia de su aceptación las partes suscriben el presente instrumento en dos ejemplares de igual tenor y efecto.



Ing. Bryan Pilalusa Pabón
Maestrante (UNACH)
CI:



Dr. Marlon Basantes Valverde, PhD
Tutor (UNACH)
CI:



Ing. Diego Coloma Machado
Director Ejecutivo Fundación ECOSUR-ECUADOR
CI: