

Análisis de riesgos y estrategias de mitigación para la seguridad operativa en los andenes de Cartago y Los Ángeles de la línea 1 del ferrocarril urbano

ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

CONSTANCIA DE PRESENTACIÓN PÚBLICA DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Análisis de riesgos y estrategias de mitigación para la seguridad operativa en los andenes de Cartago y Los Ángeles de la Línea 1 del ferrocarril urbano

Llevado a cabo por la estudiante:

Solís Méndez Laura Fabiola

Carné: 2020214429

Trabajo Final de Graduación presentado públicamente ante el Tribunal Evaluador el lunes 15 de diciembre de 2025 como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

En fe de lo anterior firman los siguientes integrantes del Tribunal evaluador:

JOSE ANDRES
ARAYA OBANDO
(FIRMA)

Firmado digitalmente por
JOSE ANDRES ARAYA
OBANDO (FIRMA)
Fecha: 2025.12.16 13:31:22
-06'00'

Dr. Ing. José Andrés Araya Obando
Director de la Escuela

TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Firmado digitalmente por
IRVING JORHANY PIZARRO
MARCHENA (FIRMA)
Fecha: 2025.12.15 11:06:00
-06'00'

Dr. Irving Pizarro Marchena
Profesor Guía

MILTON ANTONIO
SANDOVAL
QUIROS (FIRMA)

Firmado digitalmente por
MILTON ANTONIO SANDOVAL
QUIROS (FIRMA)
Fecha: 2025.12.15 10:59:29
-06'00'

Ing. Milton Sandoval Quirós, MAE
Profesor Lector

ARA LILLIANA
VILLALOBOS
RODRIGUEZ
(FIRMA)

Firmado digitalmente
por ARA LILLIANA
VILLALOBOS
RODRIGUEZ (FIRMA)
Fecha: 2025.12.15
10:57:09 -06'00'

Ing. Ara Villalobos Rodríguez, MGP
Profesora Observadora

Resumen

Este Trabajo Final de Graduación expone un plan para la gestión de riesgos de seguridad en los andenes ferroviarios de Cartago y Los Ángeles. Partiendo de la problemática actual de la ausencia de un diagnóstico técnico y medidas de mitigación estandarizadas, la investigación utilizó una metodología cualitativa basada en el análisis documental de normativas internacionales, la observación estructurada y el uso de listas de verificación. El diagnóstico mostró niveles críticos de incumplimiento, particularmente en los aspectos operativos (con un 55% y un 83% de ítems no cumplidos) y conductuales (67% y 100% no cumplidos), identificando riesgos asociados a la ausencia de elementos esenciales como la señalización, el pavimento táctil, una iluminación apropiada y protocolos de actuación. De acuerdo con este análisis, se formularon estrategias de mitigación clasificadas en técnicas, institucionales, humanas y de diseño. Se propone, como resultado final, una propuesta integral de mejora, estructurada y factible a mediano plazo que incluye indicadores de seguimiento, especificaciones técnicas y recursos necesarios. El análisis determina que la implementación de este plan incrementaría notoriamente la seguridad operacional, la accesibilidad universal y la fe de los usuarios en el sistema ferroviario de Costa Rica, en concordancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Palabras clave: mitigación de riesgos, seguridad ferroviaria, gestión de riesgos, análisis de riesgos, andenes, accesibilidad universal, transporte urbano.

Abstract

This Final Graduation Project presents a plan for managing safety risks on the railway platforms of Cartago and Los Ángeles. Starting from the problem of the lack of technical diagnosis and standardized mitigation measures, the research used a qualitative methodology based on the documentary analysis of international regulations, structured observation, and checklists. The diagnosis showed critical levels of non-compliance, particularly in operational aspects (with 55% and 83% of items not fulfilled) and behavioral aspects (67% and 100% not fulfilled), identifying risks associated with the absence of essential elements such as signage, tactile paving, appropriate lighting and action protocols. Based on this analysis, mitigation strategies were formulated and classified as technical, institutional, human, and design-related. The result is a comprehensive, structured, and feasible medium-term improvement proposal that includes monitoring indicators, technical specifications, and necessary resources. The analysis determines that the implementation of this plan would significantly increase operational safety, universal accessibility, and user confidence in Costa Rica's railway system, in accordance with Sustainable Development Goals.

Keywords: risk mitigation, railway safety, risk management, risk analysis, platforms, universal accessibility, urban transport.

Análisis de riesgos y estrategias de mitigación para la seguridad operativa en los andenes de Cartago y Los Ángeles de la línea 1 del ferrocarril urbano

LAURA FABIOLA SOLÍS MÉNDEZ

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Noviembre de 2025

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

RESUMEN EJECUTIVO	VII
INTRODUCCIÓN	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
JUSTIFICACIÓN	9
ANTECEDENTES	10
OBJETIVO GENERAL	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
ALCANCE	13
LIMITACIONES	14
AGRADECIMIENTOS	15
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO	16
1.1 TRANSPORTE	16
1.1.1 <i>Transporte ferroviario urbano</i>	16
1.2 SISTEMA FERROVIARIO	17
1.2.1 <i>Subsistemas ferroviarios</i>	17
1.3 USUARIOS DEL SISTEMA FERROVIARIO	19
1.3.1 <i>Personas trabajadoras del sistema ferroviario</i>	19
1.3.2 <i>Personas con movilidad reducida PRM</i>	19
1.3.3 <i>Personas adultas mayores</i>	20
1.3.4 <i>Niñas y niños</i>	20
1.4 SEGURIDAD FERROVIARIA	20
1.4.1 <i>Normativas ferroviarias</i>	20
1.4.2 <i>Señalización ferroviaria</i>	20
1.5 ACCESIBILIDAD UNIVERSAL	22
1.5.1 <i>Accesibilidad en estaciones ferroviarias</i>	22
1.5.2 <i>Rampas o vados</i>	23
1.5.3 <i>Pasamanos</i>	23
1.5.4 <i>Pavimento táctil</i>	24
1.5.5 <i>Iluminación</i>	25
1.6 SINIESTROS FERROVIARIOS	25
1.6.1 <i>Contingencia</i>	25
1.6.2 <i>Víctima</i>	25
1.6.3 <i>Herido leve</i>	25
1.6.4 <i>Herido grave</i>	26
1.6.5 <i>Fatalidad</i>	26
1.7 FACTORES DE RIESGO EN ANDENES FERROVIARIOS	26
1.7.1 <i>Vulnerabilidad</i>	26
1.7.2 <i>Riesgos en andenes ferroviarios</i>	26
1.7.3 <i>Identificación de riesgos</i>	27
1.8 ANÁLISIS DE RIESGOS	29
1.8.1 <i>Metodologías de análisis de riesgos</i>	30

1.8.2 Gestión de riesgos.....	32
1.9 ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN DE RIESGOS EN ANDENES	32
1.9.1 Medidas administrativas y de control	32
1.9.2 Medidas de ingeniería	33
1.9.3 Mantenimiento preventivo.....	34
CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA.....	35
2.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	37
2.2 DEFINICIÓN DE CATEGORÍAS Y VARIABLES.....	37
2.3 SUJETOS Y UNIDAD DE ESTUDIO	39
2.3.1 Priorización de los andenes que requieren intervención	40
2.4 FUENTES DE INFORMACIÓN.....	41
2.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	41
2.5.1 Lista de verificación para la identificación de riesgos ferroviarios	42
2.5.2 Guía de observación estructurada.....	43
2.5.3 Registro fotográfico	43
2.6 PROCESO DE ANÁLISIS.....	44
2.6.1 Primera etapa: identificación cualitativa de los riesgos	44
2.6.2 Segunda etapa: análisis de estrategias de mitigación.....	45
2.6.3 Tercera etapa: propuesta integral de mejora.....	45
2.7 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	46
2.7.1 Estructura del diagnóstico de riesgos	46
2.7.2 Formulación del plan de mejora para la gestión de riesgos	46
CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y ANÁLISIS	48
3.1 OE1: DIAGNÓSTICO DE RIESGOS ASOCIADOS A LA SEGURIDAD FERROVIARIA	49
3.1.1 Andén de Cartago	50
3.1.2 Andén de Los Ángeles	58
3.2 OE2: ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN DE RIESGOS	64
3.2.1 Medidas técnicas	65
3.2.2 Medidas institucionales, organizativas y de procedimiento.....	68
3.2.3 Medidas de factor humano	70
3.2.4 Medidas de diseño, construcción y ambientación	70
3.3 OE3: PROPUESTA INTEGRAL DE MEJORA	72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	86
CONCLUSIONES.....	86
RECOMENDACIONES	87
REFERENCIAS.....	88
APÉNDICES	93
APÉNDICE A: PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA SEGURIDAD FERROVIARIA EN LOS ANDENES	
APÉNDICE B: LISTA DE VERIFICACIÓN PARA LA IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS FERROVIARIOS DEL ANDÉN DE CARTAGO	
APÉNDICE C: LISTA DE VERIFICACIÓN PARA LA IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS FERROVIARIOS DEL ANDÉN DE LOS ÁNGELES	
APÉNDICE D: GUÍA DE OBSERVACIÓN ESTRUCTURADA PARA EL ANDÉN DE CARTAGO	
APÉNDICE E: GUÍA DE OBSERVACIÓN ESTRUCTURADA PARA EL ANDÉN DE LOS ÁNGELES	
APÉNDICE F: MEMORIA DE CÁLCULO	

Resumen ejecutivo

La ausencia de un plan integral para la gestión de riesgos en los andenes ferroviarios de Cartago y Los Ángeles, pertenecientes a la línea 1 del ferrocarril urbano costarricense y gestionadas por el INCOFER, es el tema principal del presente trabajo final de graduación. Esta carencia representa una oportunidad de mejora orientada a garantizar andenes más seguros, ya que la inexistencia de un esquema sistemático de gestión de riesgos en andenes puede incrementar la probabilidad de siniestros que enfrentan tanto los usuarios como el personal, afectando la confiabilidad del servicio y su percepción como una alternativa de transporte plenamente segura.

La investigación se estructuró para cumplir tres objetivos principales:

1. Identificar los riesgos asociados a la seguridad ferroviaria en los andenes mediante un diagnóstico cualitativo que permita la identificación de vulnerabilidades.
2. Analizar las estrategias de mitigación fundamentadas en los riesgos diagnosticados en los andenes, bajo estándares y marcos normativos internacionales con el fin de identificar medidas correctivas y preventivas viables.
3. Formular una propuesta integral de mejora que integre las estrategias de mitigación y los componentes necesarios para un sistema de gestión de riesgos ferroviarios, garantizando su viabilidad técnica, operativa y sostenible a mediano plazo.

La metodología se basó en un enfoque cualitativo y aplicado, que integró la observación estructurada de campo con el uso de listas de verificación homologadas a estándares internacionales, como los del Reglamento (UE) 1300/2014 y los de la *International Union of Railways (UIC)*. A esta metodología se le sumó un registro fotográfico que aporta evidencia visual sobre las condiciones observadas en los andenes, con el fin de respaldar el análisis y fortalecer la propuesta de mejora en materia de seguridad.

Los resultados del objetivo 1 mostraron una situación de incumplimiento general. En el andén de Cartago, se observó que solo el 41% de los aspectos estructurales cumplían con los aspectos relacionados a la existencia de desniveles, fisuras y rampas con pendientes excesivas. Por otro lado, los elementos operativos y conductuales presentaron un incumplimiento del 55% y el 67%, respectivamente; caracterizados por una señalización deficiente y comportamientos peligrosos por parte de los usuarios. La situación en el andén de Los Ángeles fue aún más grave, con un cumplimiento estructural de solo el 22%, una ausencia total de señalización funcional y un incumplimiento del 100% en los aspectos conductuales, que se vio empeorada por la presencia mínima de personal operativo.

En respuesta al diagnóstico cualitativo, para el objetivo 2 se analizaron estrategias de mitigación agrupadas en cuatro pilares:

- Técnicas: instalación de sistemas de circuito cerrado de televisión (CCTV), modernización del alumbrado con tecnología LED, mejoras en la interfaz tren-andén y demarcaciones de seguridad.
- Institucionales y procedimentales: fortalecimiento de la presencia de personal de seguridad, establecimiento de protocolos de operación y emergencia, y uso de señalización estandarizada.
- Factor humano: programas de capacitación para empleados y campañas de concienciación dirigidas a los usuarios.
- Diseño y ambientación: eliminación de barreras arquitectónicas mediante barandas, pasamanos, pavimento táctil y recorridos accesibles, garantizando la accesibilidad universal.

El Objetivo 3 culminó en la formulación de una propuesta integral de mejora que articula un conjunto de 11 estrategias específicas de mitigación, distribuidas en cuatro pilares interdependientes. La factibilidad de esta propuesta se basa en su diseño por etapas (a corto y mediano plazo) y en la incorporación de indicadores de seguimiento específicos para cada acción. Su implementación por parte del INCOFER representa una oportunidad estratégica para reducir la probabilidad de siniestros, cumplir con estándares internacionales de seguridad y accesibilidad, mejorar la eficiencia operativa y, fundamentalmente, restaurar y fortalecer la confianza de la ciudadanía en el ferrocarril urbano como un apoyo para el transporte público costarricense.

Entre las principales conclusiones se destaca que ambos andenes presentan riesgos significativos y recurrentes que comprometen la seguridad de los usuarios, especialmente personas con movilidad reducida. Asimismo, se evidencia la necesidad de formalizar procesos de gestión de riesgos, ya que la falta de procedimientos, señalización e infraestructura accesible incrementa la vulnerabilidad ante siniestros. El estudio menciona que la implementación del plan propuesto mejoraría la seguridad operacional, la accesibilidad universal y la percepción ciudadana del sistema ferroviario.

Finalmente, las recomendaciones señalan la importancia de fortalecer las capacidades institucionales mediante capacitación y protocolos; e incorporar criterios de accesibilidad universal en futuras mejoras. Se sugiere que estudios posteriores amplíen el análisis con datos estadísticos, incluyan nuevos andenes y consideren variables de comportamiento y flujo de pasajeros. Este plan es una herramienta técnica sólida y contextualizada que ofrece una guía clara y bien fundamentada para convertir los andenes analizados en infraestructuras seguras, resilientes e inclusivas.

Introducción

El presente Trabajo Final de Graduación (TFG) se desarrolló en la provincia de Cartago, Costa Rica, con énfasis en los andenes ferroviarios de Cartago y Los Ángeles, que están situados en la línea 1 del ferrocarril urbano. Estas instalaciones son administradas por el Instituto Costarricense de Ferrocarriles (INCOFER), una entidad pública autónoma adscrita al estado, encargada de la operación ferroviaria en el país desde su creación en 1985.

INCOFER ha experimentado diversas transiciones administrativas a lo largo de su historia, antes de convertirse en una entidad autónoma. Tras un cierre técnico en 1995, reactivó el transporte de carga en 1998 y el de pasajeros en 2005, estableciendo tres rutas activas en el Gran Área Metropolitana para el año 2021. Con sede en San José y estaciones localizadas en lugares estratégicos como Alajuela, Heredia, Pacífico, Atlántico y Cartago, hoy día opera en las áreas Metropolitana, Pacífica y Atlántica. Su mercado principal es el transporte público de pasajeros en el Gran Área Metropolitana, mientras que el transporte de carga se concentra en el sector Atlántico.

La necesidad de ofrecer alternativas sostenibles y eficientes ante el aumento del tráfico vehicular ha impulsado, en los últimos años, un proceso de revitalización del transporte ferroviario urbano en Costa Rica. En este contexto, los andenes de Cartago y Los Ángeles se convierten en puntos estratégicos para la movilidad a nivel regional. Sin embargo, enfrentan retos importantes en materia de seguridad, derivados de la ausencia de un plan integral de gestión de riesgos que contemple tanto factores físicos como operativos, afectando la seguridad de usuarios, personal y equipos, y limitando la confianza ciudadana en el tren como medio de transporte eficiente y seguro.

La situación actual abre oportunidades para mejorar los procesos de identificación y priorización de riesgos. Para enfrentar esta problemática, se propone la implementación de un sistema de gestión de riesgos ferroviarios existentes en los andenes, sustentado en un diagnóstico cualitativo de amenazas, la evaluación de medidas de mitigación basadas en normativas internacionales y el diseño de un plan técnico, sostenible y viable, con proyección de ejecución a mediano plazo. Este enfoque busca reducir la probabilidad de siniestros, mitigar amenazas y fortalecer la resiliencia operativa de la línea 1 del ferrocarril urbano.

Planteamiento del problema

El funcionamiento de la red ferroviaria urbana en Costa Rica enfrenta importantes desafíos en materia de seguridad debido a los riesgos presentes en los andenes. En la actualidad, estas instalaciones presentan numerosas deficiencias tanto físicas como operativas que ponen en riesgo la seguridad de los usuarios y del personal ferroviario, afectando la eficiencia y confiabilidad del sistema.

La exposición a riesgos derivados de la falta de protocolos estandarizados de contingencia, diagnósticos técnicos y medidas de mitigación adaptadas al entorno específico de cada andén constituye una debilidad importante en la operación del servicio, aumentando la vulnerabilidad frente a siniestros y eventos adversos. Lo anterior se traduce en incidentes de seguridad, retrasos en el servicio y una percepción negativa del transporte ferroviario como opción sostenible. Asimismo, la ausencia de análisis sistemáticos y propuestas estructuradas limita la capacidad institucional para tomar decisiones informadas y fortalecer la confianza ciudadana.

En el marco del Plan Estratégico Institucional 2025–2029, INCOFER (2024) reconoce la necesidad de fortalecer procesos orientados hacia una estructura organizativa más eficiente, adaptable y coherente de desarrollo a nivel nacional. Aunque se contemplan acciones para mejorar la seguridad operativa, aún no se dispone de un análisis detallado de riesgos que permita anticipar situaciones desfavorables y aplicar medidas correctivas efectivas.

Adicionalmente, INCOFER no cuenta con un departamento dedicado a la prevención de riesgos, así como de programas de formación, evaluación o supervisión que generen controles sistemáticos sobre los factores presentes en los andenes. Además, no hay procedimientos estandarizados que puedan ser utilizados como base para implementar medidas de mitigación adaptadas al contexto operativo costarricense.

Todo lo anterior evidencia la necesidad de desarrollar herramientas técnicas que permitan identificar, evaluar y mitigar riesgos en los andenes ferroviarios, particularmente en aquellos con un gran volumen de usuarios como sucede en los andenes de Cartago y Los Ángeles. En respuesta, el presente trabajo propone la elaboración de un plan integral de gestión de riesgos ferroviarios, alineado con estándares internacionales y adaptado al contexto costarricense, con el fin de fortalecer la seguridad operativa, disminuir la probabilidad de incidentes y mejorar la percepción pública del sistema ferroviario como una alternativa de transporte urbano segura y sostenible.

Justificación

La necesidad de abordar los desafíos en seguridad ferroviaria en Costa Rica surge de la importancia de proteger a los usuarios y al personal operativo, así como de mejorar el desempeño funcional de los andenes. Actualmente, la ausencia de un marco técnico y operativo que guíe la identificación, análisis y mitigación de riesgos constituye una limitación en la planificación y gestión del transporte público.

Este estudio busca responder a esa necesidad mediante la creación de una propuesta que defina acciones concretas para enfrentar los riesgos identificados. La implementación de un plan integral facilitará la disminución de amenazas, mejorar la seguridad operativa y el fortalecer la confianza en el sistema ferroviario como opción de transporte urbano sostenible. De esta manera, se pretende crear un instrumento técnico de apoyo para el INCOFER que incremente la resiliencia institucional frente a eventos adversos.

Este proyecto se basa en la aplicación de metodologías con reconocimiento a nivel mundial, tales como la norma ISO 31000:2018 de gestión de riesgos, la NFPA 101:2012, así como de regulaciones de la Unión Europea, regulaciones estadounidenses, entre otras. Su adaptación al contexto costarricense permitirá diseñar un sistema de gestión de riesgos técnicos y operativos ajustado a las condiciones específicas de los andenes de Cartago y Los Ángeles.

Entre los beneficios esperados destacan la reducción de la probabilidad de siniestros, el incremento de la seguridad de trabajadores y usuarios, la disminución de costos asociados a incidentes y la mejora en la eficiencia del servicio ferroviario. Asimismo, se prevé un impacto positivo en la percepción ciudadana, fortaleciendo la confianza en el tren como alternativa segura y eficiente. Finalmente, la propuesta se alinea con las metas nacionales de movilidad urbana sostenible, contribuyendo a la reducción de la congestión vial, la disminución de emisiones contaminantes y la mejora en la calidad de vida urbana.

De manera complementaria, la presente investigación contribuye directamente al cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 11: "Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles", en especial la meta de: "De aquí al 2030, proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos y mejorar la seguridad vial, en particular mediante la ampliación del transporte público, prestando especial atención a las necesidades de las personas en situación de vulnerabilidad, las mujeres, los niños, las personas con discapacidad y las personas de edad". De igual forma, el proyecto se vincula con el ODS 9: Industria, innovación e infraestructura, al promover la mejora de la infraestructura ferroviaria a través de la inclusión de instrumentos técnicos para la administración de riesgos. Con ello se promueve un sistema de transporte más seguro, eficiente e innovador, con la capacidad de atender a las necesidades actuales y futuras en cuanto a la movilidad urbana en Costa Rica (ONU, 2015).

Antecedentes

A nivel internacional, diversos estudios han evidenciado la necesidad de fortalecer la seguridad ferroviaria mediante planes de gestión de riesgos. La seguridad ferroviaria en andenes es un tema multidisciplinario que abarca desde el análisis de riesgos mediante inteligencia artificial hasta la gestión integral de sistemas de seguridad, pasando por metodologías cuantitativas, normativas y estudios de factores humanos. Se ha identificado la interfaz tren-andén como uno de los aspectos más críticos en términos de seguridad ferroviaria, debido a que agrupa los riesgos relacionados con caídas, atrapamientos, accesibilidad y gestión de flujos de pasajeros.

La literatura reciente muestra un enfoque creciente en el uso de herramientas analíticas para mejorar la prevención y gestión de riesgos en los andenes ferroviarios. Por ejemplo, Harding et al., (2025) presentan una metodología cuantitativa para justificar la instalación de sistemas de protección en los bordes de los andenes, combinando análisis estadísticos con evaluaciones de riesgo para reducir siniestros en la interfaz entre el tren y el andén. Además, proporcionan una visión general de los requisitos del sistema de gestión de seguridad, enfatizando la necesidad de un marco estructurado para garantizar un entorno de trabajo seguro. Su investigación demostró que el uso de barandas, barreras parciales y tecnologías de advertencia sonora disminuyen hasta en un 30% la probabilidad de siniestros en la interfaz tren-andén.

De forma complementaria, Esmaeeli et al., (2024) aplican un modelo de índice de riesgo al sistema ferroviario canadiense, utilizando árboles de fallos y eventos para identificar y mitigar los riesgos en situaciones consideradas peligrosas. También proponen un modelo integrado de evaluación de riesgos para sistemas de gestión de seguridad ferroviaria, destacando la importancia de un enfoque sistemático para la identificación y mitigación de riesgos.

Por su parte, Baldassarra et al., (2024) abordan la evaluación de riesgos para pasajeros en los andenes mediante un enfoque cuantitativo, analizando el tiempo que los pasajeros pasan en los andenes como variable clave. En la misma línea, Achuthan et al., (2024) estudiaron los riesgos que enfrentan los pasajeros en la zona crítica de interacción entre el tren y el andén en sistemas urbanos como el Metro de Valparaíso (Chile). Mediante observaciones de campo y análisis de video, identificaron factores de riesgo como la saturación en horas pico, la distracción de los pasajeros y la insuficiencia de señalización en la zona de espera. Sus hallazgos resaltan la importancia de integrar medidas de mitigación específicas basadas en el comportamiento del usuario. Además, metodologías como el HRVA (*Hazard Risk and Vulnerability Analysis*), utilizadas por Szatmári & Leitner (2021) se convierten en una herramienta que facilita la toma de decisiones estratégicas en materia de seguridad, especialmente en entornos urbanos con alta densidad de usuarios.

Asimismo, la innovación tecnológica ha tenido un papel fundamental en el aumento de la seguridad en los andenes. En el ámbito de soluciones técnicas, Tsai (2005) sugirió medidas de mitigación contra intrusiones en vías férreas desde los andenes, con la idea de emplear un enfoque combinado de barreras físicas y sistemas de vigilancia. Okada & Oshima (2025) evaluaron la efectividad de las puertas de andén de media altura PSD (*Platform Screen Doors*) en sistemas urbanos japoneses, como medida de protección contra siniestros personales como caídas a la vía del tren. Su estudio, fundamentado en evidencia empírica, demuestra que su implementación puede disminuir considerablemente los incidentes de caídas y mejorar la percepción de seguridad de los usuarios, a pesar de que conlleva altos costos para la instalación y el mantenimiento.

Por otro lado, investigaciones como las de Arunkumar et al. (2025) han diseñado un sistema de barreras inteligentes de bajo costo denominados barandales multipropósito inteligentes, los cuales incorporan sensores, iluminación y señalización adaptiva con los que se detectan movimientos riesgosos en el borde del andén y activa alarmas con el fin de prevenir caídas accidentales mejorando así la seguridad en las

estaciones ferroviarias. Por otra parte, autores como Qi et al. (2024) subrayan la importancia de incorporar evaluaciones de riesgos en sistemas de gestión de seguridad, tomando en cuenta elementos como la evacuación en andenes, la permanencia y la accesibilidad a los mismos.

La seguridad en la interfaz entre el tren-andén también está sujeta a factores humanos. La densidad de los pasajeros, el comportamiento de riesgo en las estaciones y la percepción de seguridad son analizados por Schneider et al. (2021). Asimismo, Seriani & Blanche (2021) investigaron la conexión entre movilidad, accesibilidad y seguridad en estaciones de transporte público masivo. Sus simulaciones de flujo de peatones revelaron que la probabilidad de caídas, empujones y demoras durante la evacuación en situaciones de emergencia aumenta cuando se reduce el espacio útil en andenes a causa del mobiliario mal colocado o diseños que no son inclusivos.

A nivel normativo, la Comisión Europea ha creado diversos instrumentos que funcionan como guías técnicas para fortalecer los principios de la seguridad ferroviaria. Este es el caso del Reglamento (UE) N° 1300/2014 que establece las Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad (ETI) del sistema ferroviario en términos de la seguridad y accesibilidad en las estaciones, fomentando así espacios seguros e inclusivos para todos los pasajeros. Este reglamento establece condiciones de seguridad para la interfaz tren-andén, que incluyen señalización adecuada, iluminación, distancias mínimas y elementos de protección para personas con movilidad reducida (PMR) (*Commission Regulation (EU) No 1300/2014*, 2014).

De forma complementaria, la instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura publicada por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (España) ofrece criterios técnicos para el diseño geométrico y constructivo de los andenes, además, indica la necesidad de que las dimensiones del andén sean coherentes con las especificaciones del material rodante (Instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura (IFI) y la instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de energía (IFE), 2023).

Del mismo modo, otros marcos normativos como los *Design Standards for Accessible Railway Stations* del Departamento de Transporte de Escocia (2015) establecen estándares de accesibilidad en andenes para garantizar la facilidad de ingreso a todos los pasajeros y la seguridad en las estaciones como, por ejemplo, que se incluyan rampas, sistemas de alerta visual y sonora, señalización táctil, iluminación y acciones para disminuir los riesgos de caída en la interfaz tren-andén. La *International Union of Railways*, (2017) también proporciona orientaciones técnicas sobre distancias seguras entre tren y andén, sobre metodologías de gestión de riesgos para infraestructuras ferroviarias y sobre la incorporación de criterios de seguridad en el diseño y funcionamiento del sistema ferroviario. Del mismo modo, la *Station and Support Facility Design Guidelines* del *Metropolitan Council* (2012) proporciona lineamientos técnicos para el diseño de estaciones seguras y accesibles, las cuales abarcan la administración de flujos de pasajeros y la prevención de incidentes en áreas de embarque.

En contraste, en Costa Rica no se han llevado a cabo estudios previos que incorporen estas metodologías en el contexto ferroviario urbano. Este proyecto es uno de los primeros en presentar una propuesta académica que propone un plan integral para la gestión de riesgos en los andenes ferroviarias

costarricenses, con un enfoque técnico, operativo y sostenible, adecuado a las condiciones locales. Estos antecedentes evidencian enfoques avanzados a nivel internacional, mientras que en Costa Rica aún no existen metodologías formalmente aplicadas. Por lo tanto, es necesario un enfoque sistemático de riesgos para no solamente incrementar la seguridad ferroviaria, sino también para optimizar la operación y reforzar la confianza de los ciudadanos en el transporte público.

Objetivo general

Desarrollar un plan integral para la gestión de riesgos de la seguridad operativa en los andenes de Cartago y Los Ángeles de la línea 1 del ferrocarril urbano con una proyección de implementación a mediano plazo, que incluya análisis de riesgos y estrategias de mitigación, utilizando metodologías de evaluación de riesgos y técnicas de gestión de proyectos.

Objetivos específicos

4. Identificar los riesgos asociados a la seguridad operativa en los andenes mediante un diagnóstico cualitativo que permita la identificación de vulnerabilidades.
5. Analizar las estrategias de mitigación fundamentadas en los riesgos diagnosticados en los andenes, bajo estándares y marcos normativos internacionales con el fin de identificar medidas correctivas y preventivas viables.
6. Formular una propuesta integral de mejora que integre las estrategias de mitigación y los componentes necesarios para un sistema de gestión de riesgos ferroviarios, garantizando su viabilidad técnica, operativa y sostenible a mediano plazo.

Alcance

El trabajo se enfoca exclusivamente en los andenes de Cartago y Los Ángeles, Costa Rica, los cuales están ubicados en la línea 1 del ferrocarril urbano. El alcance del estudio está enfocado en la seguridad operativa desde una perspectiva de diagnóstico, evaluación de riesgos y la creación de propuestas de mitigación.

Para llevar a cabo el proyecto se realiza un diagnóstico cualitativo mediante observación directa, la revisión documental y la aplicación de herramientas como listas de verificación, con el fin de identificar los factores más importantes que afectan la seguridad física y operativa de los andenes analizados. Como producto final, se plantea un sistema de gestión de riesgos ferroviarios con una visión de aplicabilidad a mediano plazo.

El análisis contempla también una revisión de normativas internacionales y la adaptación de estrategias de mitigación al contexto costarricense. De esta manera, se formula una propuesta preliminar de medidas correctivas y preventivas frente a los riesgos identificados. Esta propuesta es analizada desde tres enfoques: técnica, considerando su compatibilidad con la infraestructura y las operaciones actuales;

operativa, que ayuda a determinar la viabilidad de implementación y mantenimiento por parte del INCOFER; y sostenible, de forma que se examinan las implementaciones en términos económicos y sociales.

Limitaciones

El presente trabajo no incluye evaluaciones estructurales profundas de la infraestructura, la implementación del sistema propuesto ni la evaluación posterior de sus impactos, estas acciones tendrán que ser asumidas institucionalmente por INCOFER en etapas posteriores. Tampoco se incluye la elaboración de un análisis financiero exhaustivo ni la asignación presupuestaria específica, dado que estos aspectos exceden el alcance del proyecto.

Por otro parte, se identifican diversos factores restrictivos que pueden tener un impacto en la profundidad del análisis. Una de las más importantes es la limitada disponibilidad de información interna de INCOFER, sobre todo en lo relacionado con afluencia de pasajeros por estación, incidentes, mantenimiento y reportes de seguridad, lo cual no permite realizar análisis estadísticos de esta índole. Además, existen limitaciones para ingresar y observar directamente las zonas operativas de los andenes, lo que limita la recolección de datos en campo. También se identificó una limitada disposición del personal ferroviario para participar en encuestas o compartir información considerada sensible, lo cual representa un reto adicional en la recopilación de datos necesarios para un correcto análisis.

Otro desafío importante es la dificultad de adaptar normativas internacionales al contexto técnico, legal y operativo de Costa Rica, debido a la escasa documentación nacional específica sobre el entorno ferroviario. A esto se añade el acceso limitado a bibliografía especializada y bases de datos internacionales sobre mitigación de riesgos ferroviarios, así como la falta de estudios de caso locales que puedan utilizarse como modelo para validar y contrarrestar estrategias similares. Asimismo, la falta de información institucional con respecto al presupuesto, a la capacidad técnica instalada y a la estructura organizacional interna de INCOFER representa una barrera adicional.

Agradecimientos

Con profunda gratitud y humildad, deseo expresar mi respeto y reconocimiento a quienes han sido un apoyo fundamental tanto en el desarrollo de este trabajo, como en mi formación personal y profesional. Agradezco a Dios, por darme fortaleza en los momentos de incertidumbre, por iluminar cada paso de este camino académico con sabiduría y propósito; y por permitirme llegar hasta este momento con salud, claridad y propósito.

A mi familia, por ser el sustento emocional y moral que me ha acompañado en cada etapa de mi camino. En especial:

- A mi madre Graciela Méndez y a mi padre Otoniel Solís, por ser la base firme sobre la cual he construido este camino. Su amor incondicional, su entrega incansable y su fe en mí, incluso en los momentos más difíciles, han sido el motor silencioso que me impulsó a seguir adelante. Me han enseñado con hechos el valor del esfuerzo, la honestidad, la perseverancia, la disciplina y la generosidad. Su confianza y sus consejos han sido fundamentales para mi crecimiento personal y académico. Su ternura, su presencia constante y su ejemplo de integridad me han sostenido en los momentos más exigentes. Cada palabra de aliento, cada gesto de cuidado y cada sacrificio silencioso han dejado una huella imborrable en mí. Gracias por estar siempre, por escucharme, por celebrar conmigo cada logro, por pequeño que fuera. Este trabajo también es suyo.
- A mi pareja, Erick Rojas, por su amor incondicional, su paciencia en los días difíciles y su alegría en los momentos de logro. Gracias por caminar a mi lado con comprensión, por acompañarme en las largas jornadas de estudio y por sostenerme emocionalmente cuando el cansancio parecía ganar. Tu presencia ha sido un refugio invaluable, una fuente de equilibrio, motivación y alegría. Creíste en mí incluso cuando yo dudaba, y tu apoyo constante ha sido esencial para que este proceso terminara con éxito. Este logro también lleva tu nombre.
- A mi hermano Daniel Solís y a mi cuñada María Murillo, por su cercanía constante, por compartir conmigo este trayecto con cariño, complicidad y alegría. Gracias por estar presentes con palabras de ánimo y gestos que siempre suman, por acompañarme con afecto genuino y por celebrar cada paso de este proceso con entusiasmo y generosidad. Su apoyo ha sido una presencia valiosa que ha enriquecido este camino.

Asimismo, extendiendo mi más sincero agradecimiento al profesor tutor Dr. Irving Pizarro, por brindarme oportunidades invaluableles y por acompañarme con compromiso, rigor y generosidad a lo largo de este proceso. Su orientación técnica, sus observaciones y su constante disposición para guiarme con claridad han sido fundamentales para la consolidación de este proyecto.

A todos ustedes, gracias por creer en mí y por acompañarme en este recorrido. Este trabajo no solo simboliza el cumplimiento de una meta académica, sino también el reflejo del amor, la fe y el apoyo que he recibido a lo largo del camino. Cada gesto, cada palabra y cada presencia han sido parte esencial de este logro que comparto con profundo agradecimiento.

Capítulo 1: Marco teórico

En este capítulo se desarrollan los principios teóricos que sustentan la metodología utilizada, el análisis de los resultados logrados y las recomendaciones formuladas en el marco de este trabajo. A partir de una revisión diversa de fuentes bibliográficas, se abordan conceptos relacionados con la seguridad ferroviaria, la infraestructura de estaciones y andenes, los riesgos vinculados a la operación ferroviaria, y las estrategias de mitigación aplicables en contextos similares.

Se incluyen herramientas y enfoques metodológicos que se utilizan para identificar y evaluar de peligros en estaciones ferroviarias, prestando especial atención a los casos de estudio en Cartago y Los Ángeles. Los subtemas desarrollados han sido seleccionados de acuerdo con el problema de investigación propuesto y los objetivos específicos del proyecto, con énfasis en la protección de los usuarios del sistema ferroviario. De tal manera que, este capítulo permite contextualizar el estudio dentro del marco de la seguridad operativa ferroviaria y ofrece la base conceptual requerida para entender y justificar las decisiones metodológicas adoptadas a lo largo del trabajo.

1.1 Transporte

El transporte es un componente fundamental para el desarrollo integral de las zonas metropolitanas, las cuales actúan como motores dinámicos de crecimiento económico en países de ingresos altos, medios y bajos. Desde una perspectiva social, el transporte urbano juega un papel esencial en la promoción del bienestar y la mejora de la calidad de vida de las personas, puesto que asegura que todos tengan acceso equitativo a oportunidades laborales, servicios educativos, servicios de salud y asistencia social (Pulido et al., 2018).

1.1.1 Transporte ferroviario urbano

El ferrocarril urbano se constituye como un medio de transporte público fundamental para el desplazamiento de las personas, por lo cual resulta necesario garantizar la igualdad de acceso, el derecho a transitar y condiciones seguras para todos los usuarios. Este medio de transporte contribuye notablemente a la disminución de la pobreza, la promoción del bienestar compartido y la inclusión social, debido a su influencia directa en la economía urbana y en el cumplimiento de los requerimientos diarios de los ciudadanos. De manera que, se entiende por transporte ferroviario urbano como aquel que funciona íntegramente dentro de los límites de un mismo término municipal, lo cual promueve la conectividad local, la integración del ambiente

urbano y el impulso de una movilidad equitativa, eficaz y sostenible en áreas metropolitanas que se encuentran en expansión (Pulido et al., 2018).

1.2 Sistema ferroviario

Dietrich (2018a) indica que el sistema ferroviario se caracteriza por ser la combinación de todos los sistemas y subsistemas que incluyen tanto los componentes estructurales como los funcionales, abarcando los procesos de gestión y operación que permiten su funcionamiento del transporte ferroviario en su totalidad. Este sistema abarca las infraestructuras ferroviarias, las cuales están conformadas por las vías férreas y las instalaciones fijas de la red existente; el material rodante, que incluye los vehículos de diferentes categorías y procedencias que transitan sobre dichas infraestructuras; y los procesos de gestión operativa, que son necesarios para planear, supervisar y explotar el servicio ferroviario con seguridad y eficiencia, garantizando la continuidad del transporte y la protección de los usuarios.

1.2.1 Subsistemas ferroviarios

Los subsistemas del sistema de transporte ferroviario se basan en la definición de áreas funcionales claramente delimitadas, cuyas interrelaciones son fundamentales para garantizar su operación eficiente y segura. Cada área cumple un rol específico dentro del sistema, y su adecuada coordinación permite asegurar la operatividad, la seguridad y la calidad del servicio ferroviario. Esta división funcional facilita el análisis, la planificación y la gestión integral del sistema, permitiendo una respuesta más efectiva ante riesgos operativos y una mejora continua en los procesos que conforman el transporte ferroviario urbano (Dietrich, 2018a).

1.2.1.1 Infraestructura ferroviaria

La Instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura (IFI) (2023) indica que según lo establecido en la Directiva (UE) 2016/797, sobre la interoperabilidad del sistema ferroviario en la Unión Europea, el subsistema de infraestructura incluye todos los elementos físicos y funcionales requeridos para garantizar que el sistema ferroviario funcione de manera eficaz y segura. Este subsistema incluye la vía tendida, los equipos de vía, las obras civiles como puentes y túneles, y los pasos a desnivel; además, incluye los elementos de las estaciones directamente relacionados con el ferrocarril, tales como accesos, andenes, zonas de tránsito, locales de servicios, aseos y sistemas de información.

También forman parte de este subsistema los equipos de seguridad y protección, así como las características de accesibilidad destinadas a personas con discapacidad o movilidad reducida. Para asegurar la interoperabilidad del sistema, la seguridad operativa y la calidad del servicio ferroviario, es esencial una integración y coordinación apropiadas de estos componentes.

1.2.1.1.1 Estaciones ferroviarias

Una estación ferroviaria se define como el conjunto de infraestructuras, instalaciones y playa de vías que tienen como finalidad permitir que los pasajeros y las mercancías puedan acceder a los trenes. De acuerdo

con el Departamento de Transporte de Escocia, (2015), se define como estación cualquier terreno o propiedad que contenga instalaciones empleadas para, por motivos de, o en conexión con una estación o terminal ferroviaria de pasajeros. Esto incluye accesos, patios frontales, estacionamientos, baños y otros espacios relacionados, independientemente de que las instalaciones tengan usos adicionales.

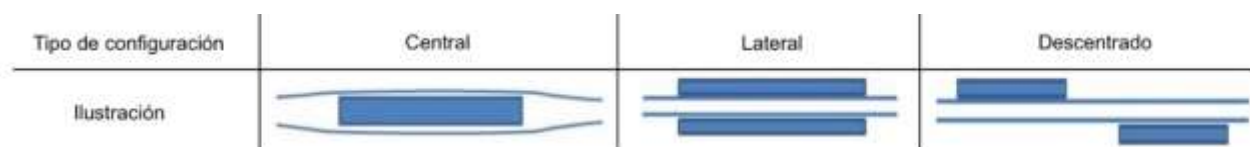
Desde una perspectiva funcional, una estación ferroviaria constituye un lugar estratégico dentro del sistema ferroviario, en el cual se llevan a cabo operaciones internas relacionadas con el servicio ferroviario y actividades de interconexión con otros medios de transporte. En el caso del transporte de pasajeros, estas estaciones están normalmente diseñadas para posibilitar que los trenes hagan paradas regulares, facilitando el embarque y desembarque de usuarios. Además, disponen de infraestructura adicional como salas de espera, ventanillas de venta de boletos, áreas de facturación y sistemas de información. Estos espacios, aparte de asegurar que el servicio funcione, tienen que garantizar condiciones de seguridad y accesibilidad que se ajusten a las necesidades de todos los usuarios.

1.2.1.1.2 Andenes ferroviarios

Se entiende por andén ferroviario la plataforma que se encuentra al lado de la vía férrea y que está elevada y/o nivelada, desde donde los pasajeros pueden entrar al tren desde el terreno firme y viceversa, bajando del tren hacia los alrededores de la estación. En el contexto de las estaciones ferroviarias, el andén actúa como una especie de acera longitudinal, cuya anchura y altura son variables y están diseñadas para facilitar el embarque y desembarque seguro de los usuarios (González, 2024).

El *Metropolitan Council* (2012) señala que en los sistemas ferroviarios existen tres tipos principales de andenes en sistemas ferroviarios: andenes centrales, andenes laterales y andenes descentrados (también conocidos como de lado dividido) tal y como se muestra en la Figura 1. Los andenes centrales, localizados entre las vías, necesitan accesos protegidos desde los dos extremos. Su diseño debe contemplar medidas como señalización clara, barandales, y control de flujos para prevenir cruces indebidos. Los andenes laterales, localizados a los costados de las vías, posibilitan el acceso tanto por los extremos como a lo largo de su longitud. En estos casos, para disminuir el peligro de que ocurran caídas o se interfiera con el tren, es esencial poner en práctica técnicas como demarcaciones de áreas de espera, puertas de andén y sistemas de monitoreo. Por otro lado, los andenes descentrados se utilizan en espacios con derechos de vía limitados o en intersecciones donde se requiere facilitar giros vehiculares. A pesar de ser funcionales, ofrecen retos adicionales en lo que respecta a la visibilidad y la orientación del usuario; por ende, es necesario complementarlas con señalización preventiva, iluminación apropiada y accesos regulados. En todos los casos, el diseño debe incluir accesos seguros mediante escaleras, rampas, ascensores o escaleras mecánicas, dependiendo del tipo de infraestructura (elevada, subterránea o en galería).

Figura 1. Tipos de andenes típicos en las estaciones ferroviarias.



Fuente: adaptado de Metropolitan Council, (2012, p. 8)

1.2.1.1.3 Interfaz tren – andén (PTI)

La interfaz plataforma-tren (PTI) es el punto donde los pasajeros interactúan de manera directa tanto con el andén como con el tren. Según Achuthan et al., (2024) este punto suele ser conocido como una de las áreas más complejas y de mayor riesgo dentro de las estaciones ferroviarias. Los factores que inciden en la seguridad y la comodidad en la PTI resultan fundamentales desde la perspectiva de los usuarios. Entre estos factores se incluyen el diseño del tren y de la estación, la calidad y claridad de la información suministrada a los pasajeros, así como las condiciones meteorológicas, las cuales pueden afectar la experiencia y seguridad del usuario.

1.3 Usuarios del sistema ferroviario

Se considera usuario del servicio ferroviario a cualquier persona que viaje por medio del sistema de transporte ferroviario, con la excepción de los empleados operativos del tren en cualquiera de sus funciones o jerarquías. Según Dietrich (2018a) ser usuario se extiende desde el momento en que el individuo se dispone a abordar el tren y termina cuando finaliza su trayecto y desciende del mismo. De manera general, un usuario es toda aquella persona que interactúa con un sistema, producto o servicio, esto incluye a los pasajeros que utilizan el servicio proporcionado por el sistema de transporte, ya sea en estaciones, trenes o instalaciones complementarias.

1.3.1 Personas trabajadoras del sistema ferroviario

Se define como personal ferroviario a cualquier individuo que, de manera temporal o permanente, desempeña labores al servicio del sistema ferroviario y que se encuentra en servicio en el momento relacionado con la operación ferroviaria. Dietrich (2018a) señala que esta definición abarca tanto al personal a bordo del tren como a aquellos responsables de la infraestructura ferroviaria, del material rodante, y de las prácticas operativas. Los empleados de las compañías contratistas y los contratistas autónomos también forman parte de esta clasificación, siempre que estén directamente conectados con las operaciones ferroviarias en el momento del evento.

1.3.2 Personas con movilidad reducida PRM

Se define como persona con discapacidad o con movilidad reducida a cualquier individuo cuya capacidad para utilizar el transporte esté limitada, ya sea de manera permanente o temporal, debido a una deficiencia física, sensorial, intelectual o mental, o por razones asociadas a la edad. Enfrentarse a obstáculos físicos,

informativos u operativos puede hacer que esta condición obstaculice el uso completo y eficaz del sistema de transporte, en las mismas condiciones que los otros usuarios. Por lo tanto, es necesario que estas personas reciban una atención apropiada y que el servicio se ajuste a sus necesidades específicas para asegurar que puedan acceder de manera digna, segura y autónoma al transporte ferroviario y a sus instalaciones relacionadas (*Commission Regulation (EU) No 1300/2014*, 2014).

1.3.3 Personas adultas mayores

Este grupo incluye a personas de 65 años o más, que suelen tener dificultades para entender la información vinculada con el uso del transporte, así como para moverse y acceder a él, debido a factores relacionados con la edad (Hyeonju et al., 2015).

1.3.4 Niñas y niños

Esta categoría incluye a los bebés, y a los niños menores de 13 años que son acompañados por adultos, así como a individuos en etapa de crecimiento físico, quienes pueden presentar restricciones para acceder, moverse o utilizar información vinculada al transporte (Hyeonju et al., 2015).

1.4 Seguridad ferroviaria

La seguridad ferroviaria se basa en un conjunto de normas, procedimientos, sistemas e instalaciones que tienen el objetivo de asegurar el tránsito seguro de los trenes y usuarios dentro del sistema ferroviario. Chen (2013) menciona que a pesar de que este medio de transporte tiene niveles de seguridad superiores en comparación con otros sistemas de movilidad, siempre existen oportunidades para mejorar aún más sus estándares, sobre todo en lo que respecta al área de gestión de riesgos. De tal modo que, la seguridad puede ser entendida como la ausencia de riesgos inaceptables, en donde esta no solo se refiere a aspectos técnicos y operativos, sino también a la percepción que tiene el usuario sobre su propia protección, el cual se ve afectada por las medidas implementadas, como por la comunicación efectiva de las mismas.

1.4.1 Normativas ferroviarias

Se conoce como normativa ferroviaria a cualquier documento técnico o regla vigente que establezca requisitos de seguridad o que aborde aspectos relacionados con elementos críticos para la operación segura de los trenes. Esto abarca la regulación del movimiento de los usuarios y trenes, los sistemas de control y otros elementos fundamentales para garantizar la seguridad. Según Dietrich (2018a), estas normativas resultan esenciales no solo para prevenir incidentes, sino también para establecer medidas de contención.

1.4.2 Señalización ferroviaria

El sistema de señalización ferroviaria está constituido por un conjunto de señales físicas, mecánicas o luminosas que tienen como objetivo comunicar información importante a los usuarios y al maquinista. Para el conductor del tren, estas señales aseguran la operación segura y eficiente del servicio; mientras que, para

los usuarios, estas cumplen la función de orientar, advertir y facilitar su desplazamiento dentro de la estación y durante el recorrido.

González (2024) señala que, para lograr una comunicación inclusiva a través de la señalización, es importante considerar una variedad de lenguajes y formatos alternativos que permitan que todos los usuarios interactúen con el sistema ferroviario. Esto incluye la correcta visualización de textos, el uso de Braille, comunicación táctil, macrotipos, dispositivos multimedia accesibles, lenguaje sencillo, sistemas auditivos, voz digitalizada y otras tecnologías de la información y la comunicación diseñadas para ser fácilmente accesibles. Estos medios posibilitan que individuos con limitaciones físicas, cognitivas o sensoriales tengan la capacidad de entender y usar los servicios ferroviarios en igualdad de condiciones.

1.4.2.1 Señalización ferroviaria en andenes

Los andenes ferroviarios deben ser diseñados para garantizar un entorno seguro, accesible y cómodo para todos los usuarios. Para ello, la señalización ferroviaria es un elemento clave en este diseño. De acuerdo con el *Metropolitan Council* (2012), en los andenes, esta señalización incorpora elementos visuales, táctiles y auditivos que facilitan la comunicación sobre zonas de embarque, límites de seguridad, rutas de evacuación, zonas seguras y comportamiento esperado tanto en situaciones normales como de emergencia. Asimismo, el diseño de andenes debe incluir principios para llevar a cabo análisis de riesgos, amenazas y vulnerabilidades. La señalización tiene que estar vinculada con los sistemas de comunicación de la estación y con protocolos de respuesta ante emergencias, para asegurar que todos los usuarios, incluyendo aquellas personas con discapacidad o movilidad reducida, sean capaces de entender y actuar adecuadamente ante cualquier situación.

1.4.2.1.1 Señalización táctil

La señalización táctil en andenes ferroviarios se complementa con bandas podotáctiles horizontales, que guían y advierten a los usuarios con discapacidad visual a través de texturas diferenciadas en el suelo. Estas texturas indican las zonas de seguridad, límites de aproximación al tren y caminos para desplazarse. Asimismo, las señales y controles táctiles pueden incluir pictogramas en relieve, caracteres más grandes y otros formatos accesibles, como comunicación auditiva, lenguaje sencillo y tecnologías multimedia adaptadas, con el objetivo de asegurar una experiencia segura y autónoma para todos los usuarios. Por lo que se refiere al sistema Braille, este es un tipo de señalización táctil que también es empleada en entornos ferroviarios de numerosos países. Se trata de una técnica de lectura y escritura mediante celdas compuestas por hasta seis puntos en relieve, organizados en forma de piezas de dominó. Este sistema permite a las personas con discapacidad visual interpretar información relevante sobre el entorno y los servicios disponibles (González, 2024).

1.4.2.1.2 Señalización auditiva

El *Metropolitan Council* (2012) afirma que en las estaciones se debe hacer uso de sistemas de megafonía, que incluyan altavoces que proporcionen información clara y accesible a todos los usuarios, en particular a

aquellas personas con alguna discapacidad. De acuerdo con los requisitos de accesibilidad, estos dispositivos deben ubicarse en lugares donde sean visibles y audibles, pero protegidos para impedir una manipulación indebida, asegurando una comunicación efectiva y segura en el entorno del andén.

1.4.2.1.3 Señalización visual

La señalización visual en los andenes ferroviarios busca brindar al usuario la información necesaria requerida para tomar decisiones seguras antes de realizar el cruce o acercarse al área de embarque. Según la Instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura (IFI) (2023), esta señalización normalmente incluye luces de advertencia que se encienden por la aproximación del tren, y cesan una vez finalizado el paso del tren. Además, se utiliza señalización visual fija, como carteles verticales y bandas antideslizantes de alta visibilidad, generalmente de color amarillo intenso. De la igual manera, la misma instrucción ferroviaria establece que la iluminación de emergencia debe asegurar la visibilidad adecuada para la evacuación segura y para el reconocimiento de los equipos destinados a la seguridad.

Por otro lado, esta señalización también debe incluir información sobre la seguridad, como advertencias, prohibiciones y acciones obligatorias, así como información sobre la salida de trenes, la identificación de servicios dentro de la estación y las rutas de acceso a dichas áreas.

1.5 Accesibilidad universal

Se entiende por accesibilidad universal el conjunto de acciones que han sido aplicadas por instituciones públicas y privadas para garantizar que las personas con discapacidad tengan acceso, en igualdad de condiciones con los demás, al entorno físico, al transporte, a la información y las comunicaciones, incluyendo los sistemas y tecnologías de la información, así como a otros servicios e instalaciones de uso público.

González (2024) menciona que estas medidas incluyen también la detección y eliminación de obstáculos que impidan el uso total y autónomo de los espacios y servicios. Se entiende por accesibilidad a la condición que deben cumplir los entornos, procesos, bienes, productos y servicios (incluyendo objetos, instrumentos, herramientas y dispositivos) para ser entendidos, utilizados y practicados por todos los individuos, en condiciones de seguridad, comodidad y autonomía, y de la manera más natural e inclusiva posible.

1.5.1 Accesibilidad en estaciones ferroviarias

La accesibilidad en los andenes ferroviarias se puede definir como la facilidad con la que los usuarios logran llegar a su destino, constituyéndose como un parámetro clave del desempeño y la calidad de los sistemas de transporte. Su diseño hace referencia a la creación de herramientas, espacios e instalaciones que puedan ser utilizadas de manera cómoda y eficiente por todos los usuarios, sin importar si estos presentan algún tipo de discapacidad. Según Hyeonju et al., (2015) los principios del diseño para la accesibilidad en estaciones ferroviarias fueron desarrollados inicialmente por el Centro para el Diseño Universal en Estados Unidos, bajo

el nombre de los "Siete Principios del Diseño Universal": Accesibilidad y Movilidad, Aplicabilidad, Estética y Viabilidad Económica.

En este contexto, se entiende que los productos, sistemas, servicios, entornos e instalaciones deben estar diseñados para ser utilizados por la mayor diversidad posible de personas, tomando en cuenta sus necesidades, características y capacidades, con el fin de alcanzar los objetivos definidos en los contextos específicos de uso.

1.5.2 Rampas o vados

Las rampas son esenciales para asegurar un acceso seguro y equitativo para todas las personas, incluyendo aquellas que utilizan sillas de ruedas o presentan dificultades de movilidad. Siempre que se sigan criterios técnicos concretos, como la pendiente máxima permitida, el ancho libre de paso y la inclusión de pasamanos, las rampas son la mejor opción para superar los desniveles presentes en la infraestructura. González (2024) define las rampas como construcciones en forma de plano inclinado que hacen posible el desplazamiento entre diferentes niveles dentro de una infraestructura.

Como alternativa, los vados pueden utilizarse para salvar desniveles de menor altura. No obstante, estos tienen restricciones en lo que respecta a la seguridad, puesto que pueden tener superficies deslizantes o dificultar el tránsito de personas con movilidad reducida, especialmente aquellas que utilizan dispositivos de asistencia como sillas de ruedas (González, 2024).

1.5.3 Pasamanos

Según González (2024) el pasamanos es un componente arquitectónico fundamental en escaleras, rampas y otros elementos constructivos, como se muestra en la Figura 2, su función principal es ofrecer apoyo, equilibrio y orientación a los usuarios, permitiendo que las personas puedan sujetarse de manera firme y segura mientras se desplazan. El pasamanos se considera un requisito no crítico, pero su implementación resulta especialmente importante para personas con discapacidad visual, ya que el pasamanos funciona como una señal sensorial que ayuda a la orientación y el desplazamiento seguro al subir o bajar escaleras y rampas.

Figura 2. *Diseño de pasamanos en escaleras.*



Fuente: tomado de Gintschel & Kirawanich, (2020, p. 27)

1.5.4 Pavimento táctil

En particular, la banda podotáctil está formada por una franja de solado con botones en relieve, tal y como se muestra en la Figura 3. Estas franjas están diseñadas para proporcionar información sensorial mediante texturas diferenciadas en el pavimento, permitiendo a los usuarios identificar rutas seguras y puntos clave dentro de espacios públicos, como el vestíbulo principal de una estación ferroviaria, el inicio de una escalera o el borde del andén (González, 2024).

Figura 3. *Banda podotáctil en el borde del andén.*



Fuente: tomado de González, (2024., p.86)

1.5.5 Iluminación

Según González (2024) las personas con discapacidad visual enfrentan varias dificultades físicas que dificultan su desplazamiento seguro e independiente dentro de las estaciones y andenes ferroviarios. Uno de los principales problemas es la interpretación de las señales viales y otros componentes informativos del entorno. Por lo tanto, es necesario ajustar el nivel de iluminación en las vías y zonas despejadas a los requerimientos visuales de los usuarios, asegurando así que la visibilidad sea la apropiada. También es necesario dar especial atención a aspectos cruciales como las taquillas, los mostradores de información, las pantallas informativas, las máquinas expendedoras de boletos y los cambios de nivel. Estos son puntos clave de interacción que deben ser fácilmente identificables y accesibles para aquellas personas con visión limitada.

1.6 Siniestros ferroviarios

Se entiende por siniestro a un acontecimiento repentino, no deseado ni intencionado, o a una serie de eventos de esta índole, que produce efectos negativos como perjuicios materiales y/o heridas a los usuarios. Los siniestros pueden clasificarse según su gravedad en tres categorías: graves, importantes o leves. También pueden ser clasificados por su origen como primarios o secundarios (Dietrich, 2018).

1.6.1 Contingencia

Dietrich (2018) define como contingencia operativa a cualquier acontecimiento inesperado y no deseado, que ya sea intencionado o no, interrumpe o modifica el funcionamiento normal del servicio ferroviario. Es importante destacar que una contingencia no necesariamente significa la ocurrencia de un accidente; puede ser, en cambio, una interrupción del servicio a causa de factores internos o externos. Algunos ejemplos más comunes de contingencias se encuentran: manifestaciones, eventos climáticos adversos, emergencias médicas de pasajeros, actos delictivos, amenazas de atentado, falta de personal operativo o conflictos sindicales. Estos incidentes pueden impactar de manera significativa la seguridad y continuidad del servicio ferroviario, aunque no siempre causen daños físicos.

1.6.2 Víctima

Se llama víctima a la persona física que sufre una contingencia que afecta su integridad física o su salud, en cualquiera de sus formas. Esta clasificación permite determinar a quienes han sufrido consecuencias directas como resultado de un evento desfavorable, ya sea accidental o provocado (Dietrich, 2018b).

1.6.3 Herido leve

Se consideran heridos leves aquellas personas que, debido a un accidente, sufren lesiones que no requieren hospitalización o cuya estancia hospitalaria es menor a 24 horas. Esta clasificación permite diferenciar el nivel de gravedad de las lesiones sufridas y orientar correctamente las medidas de atención y registro del suceso (Dietrich, 2018b).

1.6.4 Herido grave

Se consideran heridos graves aquellas personas que, como consecuencia de un accidente, sufren lesiones que requieren una hospitalización superior a 48 horas dentro de los siete días posteriores al evento. Los casos en que, producto de un accidente, se produce una incapacidad laboral superior a 30 días también pertenecen a este grupo. Entre las lesiones que se clasifican como graves se encuentran: fracturas de consideración, laceraciones con hemorragias severas, lesiones en músculos o tendones, quemaduras de grado dos o tres, y daños a órganos internos. Esta clasificación permite establecer prioridades en la atención médica y en la gestión de riesgos dentro del sistema ferroviario (Dietrich, 2018).

1.6.5 Fatalidad

Se considera víctima fatal a todo individuo que, como consecuencia directa de un accidente, fallece en el momento del suceso o dentro de los 30 días posteriores, debido a las lesiones provocadas por dicho evento (Dietrich, 2018b).

1.7 Factores de riesgo en andenes ferroviarios

Okada & Oshima (2025) señalaron seis factores principales que afectan la seguridad de las estaciones ferroviarias: factores estructurales, humanos, ambientales, de infraestructura y equipamiento, de gestión y de siniestros. De estos elementos, los factores humanos, junto con la infraestructura y el equipamiento, fueron considerados los más relevantes en la evaluación de la seguridad general de las estaciones. Esto se debe a que tienen un impacto directo sobre cómo prevenir riesgos y sobre la experiencia de quienes las utilizan.

1.7.1 Vulnerabilidad

La vulnerabilidad es definida como la condición de un sistema, proceso o persona que lo vuelve propenso a experimentar consecuencias perjudiciales cuando hay un peligro o amenaza. Esta condición debe ser analizada en el marco de la seguridad operacional, tomando en cuenta diferentes factores clave: la identificación del peligro, la existencia de condiciones latentes como deficiencias o inconformidades de seguridad, las posibles consecuencias que dicho peligro podría tener y el grado de riesgo ponderado asociado (Dietrich, 2018a).

1.7.2 Riesgos en andenes ferroviarios

De acuerdo con Dietrich (2018a) el riesgo se entiende como la probabilidad de que suceda un accidente que pueda generar daños, teniendo en cuenta tanto la existencia de un peligro como la gravedad de sus consecuencias. Asimismo, puede ser entendido como la posibilidad de que una condición riesgosa genere un evento desfavorable. En el contexto ferroviario, el riesgo está relacionado con situaciones que tienen un impacto directo en la seguridad de los pasajeros y del personal, como heridas o muertes, así como sucesos que afecten la continuidad del servicio, como demoras o interrupciones operativas.

1.7.3 Identificación de riesgos

El origen de los riesgos puede ser técnico cuando proviene de fallos en los equipos o la infraestructura; operativo, cuando está ligado a errores humanos o condiciones de operación; u organizacional, cuando surge de deficiencias en la gestión o en la toma de decisiones.

1.7.3.1 Estructurales

Se trata de los riesgos que son propios de la infraestructura física del andén. Estos peligros se originan a partir de las características del entorno construido, tales como superficies irregulares, desniveles no protegidos, bordes expuestos, materiales deteriorados o fallas en el diseño que pueden poner en peligro la seguridad de los usuarios.

1.7.3.1.1 Fisuras

Las grietas o fracturas presentes en el piso o las paredes del andén representan un riesgo estructural importante. Estos problemas pueden causar tropiezos, encharcamientos y, en algunos casos, pueden ser un signo de problemas estructurales más graves. Cuando se localizan en el pavimento o en elementos de la estructura, no solo aumentan la probabilidad de caídas, sino que también pueden comprometer la estabilidad del entorno.

1.7.3.1.2 Desniveles

Uno de los factores de riesgo más significativos en las estaciones de tren es la diferencia en la altura del piso, particularmente el espacio entre el vagón y el andén. Estas variaciones en el nivel hacen que resulte difícil la embarcación con seguridad, sobre todo para las personas adultas mayores, las personas con movilidad reducida o los usuarios alguna discapacidad. Asimismo, las diferencias de altura en los pisos por donde caminan los peatones pueden causar caídas, tropezones y otros incidentes, poniendo en riesgo directo la seguridad de los usuarios.

1.7.3.1.3 Materiales en mal estado

Las superficies resbaladizas, que se producen debido a la acumulación de líquidos, lluvia o cerámica quebrada, tienen el potencial de provocar caídas sobre todo cuando las condiciones son de escasa visibilidad o alta afluencia. Además, los barandales oxidados o inestables, las baldosas sueltas, la iluminación insuficiente, el deterioro del concreto y los bordes dañados ponen en riesgo la seguridad del entorno, obstaculizan un tránsito seguro y elevan las posibilidades de que ocurran siniestros.

1.7.3.2 Operacionales

Los riesgos operacionales están relacionados con los peligros que se presentan en el proceso de llegada, parada y salida del tren en las estaciones. Estos momentos son críticos, ya que implican la interacción directa entre el tren, la infraestructura del andén y los pasajeros.

1.7.3.2.1 Embarque

El momento en que los pasajeros suben al vagón representa un momento relevante en términos de seguridad operacional, pues puede conllevar varios peligros. Los tropiezos al entrar, los atascamientos en las puertas automáticas, así como las caídas o colisiones causadas por la multitud de personas son algunos de los peligros más comunes. Durante esta fase, la posibilidad de que ocurran siniestros se incrementa debido a factores como andenes y vagones con diferencias de altura, puertas angostas y falta de control sobre el flujo de pasajeros. En este contexto, la *Commission Regulation (EU) No 1300/2014* (2014) destaca la importancia de disponer con sistemas de almacenamiento seguros para los dispositivos de ayuda al embarque, como rampas portátiles. Estos sistemas deben asegurar que dichos dispositivos no interfieran con el uso de sillas de ruedas ni representen un peligro para los pasajeros en caso de una parada repentina del tren.

1.7.3.2.2 Desembarque

De mismo modo, el descenso de pasajeros desde el vagón también representa otro momento de riesgo dentro de la operación ferroviaria. Durante esta etapa, pueden suceder tropiezos o caídas, sobre todo si los pasajeros transportan equipaje o tienen que lidiar con diferencias de nivel entre el andén y el tren. La falta de luz, los empujones por las multitudes y las disputas con otros usuarios que tratan de entrar antes de que todos hayan bajado empeoran la situación e incrementan la posibilidad de siniestros.

1.7.3.2.3 Aglomeración

Schneider et al., (2021) señalan que, en el contexto de la seguridad ferroviaria en entornos con alta concentración de personas, el término aglomeración se utiliza para describir qué tan cercanas se encuentran las personas dentro de un espacio determinado, tal y como se ejemplifica en la Figura 4. Este concepto puede analizarse desde dos perspectivas distintas: la densidad física, que es el número real de personas por unidad de área, y la densidad percibida, que corresponde a la percepción individual sobre cuán concurrido se encuentra un espacio.

La densidad física puede calcular como la cantidad de personas presentes por unidad de área. Por otro lado, desde la perspectiva de cada persona, hay una experiencia subjetiva que también debe tenerse en cuenta, ya que la percepción de aglomeración puede variar entre las personas, incluso si la densidad física es constante. Es relevante señalar que no tiene por qué haber una relación lineal entre la densidad física y la densidad percibida. Esto quiere decir que ambas tienen que ser analizadas de manera complementaria para entender correctamente el comportamiento de las multitudes y los riesgos asociados.

Figura 4. Aglomeración en los andenes de una estación de tren.



Nota: tomado de Dell'Olio et al., (s. f.)

1.7.3.3 Comportamiento

Los riesgos asociados con las conductas inapropiadas de los individuos son aquellos que se originan a partir de comportamientos no adecuados en el entorno ferroviario. Estas conductas pueden incluir el incumplimiento de normas de seguridad, el acceso a zonas restringidas, el uso incorrecto de instalaciones, o actitudes imprudentes que amenazan la seguridad del individuo y de otros usuarios.

1.7.3.3.1 Cruce indebido

El cruce indebido se refiere al acto de atravesar las vías férreas por zonas no habilitadas para el paso peatonal, o a pasar delante o detrás de un vagón en movimiento. Estas acciones, que se llevan a cabo fuera de las zonas permitidas y sin los requerimientos básicos de seguridad, incrementan la posibilidad de ocurrencia de siniestros graves.

1.7.3.3.2 Distracción

Una de las razones principales por las que ocurren incidentes en estaciones de tren como, por ejemplo, caídas a la vía, es el uso de auriculares o teléfonos móviles o la falta de atención al entorno. Estos comportamientos distraen a los pasajeros en momentos importantes, como el embarque o descenso del tren, y hacen que el riesgo de siniestros se incremente, particularmente cerca de los andenes, donde la cercanía al borde y el movimiento del tren requiere máxima atención.

1.7.3.3.3 Imprudencia

Se consideran acciones imprudentes actos como correr para alcanzar el vagón, tratar de abrir las puertas manualmente, jugar en los andenes, empujar a otros pasajeros, ignorar las indicaciones de seguridad, apoyarse inseguramente en los barandales, entre otros.

1.8 Análisis de riesgos

El autor Chen (2013) menciona que, en el proceso de gestión de riesgos, la identificación de peligros es una etapa importante porque posibilita identificar los riesgos que tienen que ser administrados para asegurar la

seguridad en el ambiente evaluado. Este proceso debe realizarse de manera integral y mediante un enfoque sistemático bien estructurado, dado que un riesgo que no ha sido identificado no puede ser gestionado adecuadamente. El análisis de los riesgos se realiza considerando el contexto específico de seguridad, con el fin de proteger los objetivos definidos para el sistema o actividad en cuestión.

El propósito principal de esta etapa es crear una lista completa de fuentes de peligro y eventos que pudieran interferir con la realización de esos objetivos. Para lograrlo, se emplean varias técnicas de identificación, entre las cuales destacan las listas de verificación, el juicio de expertos e ingenieros, la lluvia de ideas, el análisis de sistemas y el análisis de escenarios. La elección de estas técnicas dependerá de la naturaleza de las actividades evaluadas, el tipo de riesgos involucrados, el contexto organizacional y el propósito específico de la gestión de riesgos. Una vez identificados los peligros, se lleva a cabo el análisis del riesgo, en el que cada evento peligroso es evaluado según la probabilidad de que ocurra y las posibles consecuencias. Esta evaluación posibilita la jerarquización de los riesgos y la formulación de estrategias de mitigación efectivas, lo que favorece la adopción de decisiones informadas y el avance constante de la seguridad en el ambiente ferroviario.

1.8.1 Metodologías de análisis de riesgos

La evaluación de riesgos puede realizarse con distintos niveles de detalle, en función del tipo de riesgo, el objetivo del análisis y la disponibilidad de datos, información y recursos. De acuerdo con dichos factores, es posible utilizar distintos enfoques como lo son los cualitativos, cuantitativos o semicuantitativos. Cada uno de estos métodos ofrece ventajas particulares en función del contexto en el que se empleen

1.8.1.1 Cualitativo

La evaluación cualitativa de riesgos es una herramienta útil y relativamente sencilla dentro del proceso de gestión de riesgos. En esencia, esta clase de evaluación se fundamenta en el conocimiento y criterio del evaluador, que detecta y examina los riesgos sin requerir datos numéricos. El enfoque cualitativo se selecciona cuando el objetivo es investigar cómo los individuos perciben y experimentan los fenómenos que les rodean, profundizando en sus puntos de vista, significados e interpretaciones (Hernández Sampiere, 2014).

En el contexto de la seguridad, los analistas emplean descripciones verbales tanto para comunicar la probabilidad de que ocurran las consecuencias potenciales, como la probabilidad de que estas ocurran. Estas escalas lingüísticas tienen la capacidad de ajustarse a las particularidades del entorno que se está evaluando. Por ejemplo, la probabilidad de ocurrencia de un evento puede clasificarse como “rara”, “ocasional” o “frecuente”, mientras que la gravedad de sus consecuencias puede describirse como “insignificante”, “moderada” o “grave”. A partir de estas dos dimensiones, el nivel de riesgo se categoriza como “bajo”, “medio” o “alto”. Esta modalidad de evaluación posibilita una percepción general del riesgo, especialmente en situaciones donde no se dispone de datos cuantitativos suficientes o los recursos para realizar un análisis más detallado son limitados (Chen, 2013).

La evaluación cualitativa puede llevarse a cabo mediante diversas técnicas, como entrevistas, listas de verificación y sesiones de lluvia de ideas. Estas herramientas posibilitan la recolección de datos desde diferentes puntos de vista, lo que ayuda a detectar riesgos importantes. Con base en los resultados obtenidos, es posible tomar decisiones para suprimir o controlar los riesgos, contribuyendo así a la mejora de la seguridad. No obstante, es relevante considerar que esta clase de evaluación se fundamenta en valoraciones subjetivas, lo cual significa que los resultados no necesariamente serán exactos ni replicables. Por ello, aunque es una herramienta valiosa en contextos con limitaciones de información, si se puede, debe ser complementado con otros enfoques para conseguir una gestión de riesgos más sólida y segura (Chen, 2013).

1.8.1.2 Cuantitativo

Los métodos cuantitativos posibilitan el análisis de la relación entre variables numéricas mediante el uso de instrumentos de medición y procedimientos estadísticos. Son especialmente útiles cuando se requiere conocer con precisión el valor de ciertos atributos, o cuando se desea una comprensión amplia y cuantificable de las preferencias de los usuarios, por ejemplo, al proyectar económicamente futuras inversiones en infraestructura ferroviaria.

La evaluación cuantitativa del riesgo se fundamenta en valores numéricos con el fin de estimar la probabilidad de ocurrencia o bien, para determinar la magnitud de las consecuencias de eventos peligrosos. Esta evaluación se fundamenta en el análisis de datos que provienen de varias fuentes, como registros históricos, estadísticas y bases de datos sobre siniestros. La exactitud y la integridad de los datos empleados, así como la validez de los modelos implementados, inciden directamente en la calidad del análisis. El objetivo principal de esta metodología es ofrecer a los ingenieros de diseño y a quienes gestionan la seguridad una estimación cuantificada de lo probable que sea que sucedan situaciones como las fallas graves, así como sus posibles efectos. Esto posibilita detectar con más exactitud los peligros potenciales relacionados con un sistema ferroviario y tomar decisiones fundamentadas para su mitigación (Chen, 2013).

1.8.1.3 Semicuantitativo

De acuerdo con Chen (2013) la evaluación de riesgos semicuantitativa tiene como objetivo establecer una escala de clasificación más amplia que la empleada en la evaluación cualitativa, pero sin llegar a establecer valores numéricos precisos como lo hace la evaluación cuantitativa. En esta perspectiva, se otorgan valores numéricos a descripciones lingüísticas de consecuencias y probabilidad; sin embargo, estos valores no representan necesariamente la magnitud real de los eventos evaluados con precisión.

Los números asignados en una evaluación semicuantitativa funcionan como un instrumento de comparación relativa. Para combinarlos, se deben emplear fórmulas que tengan en cuenta las restricciones propias de las escalas usadas. En otras palabras, a pesar de que se utilizan números para simplificar el análisis, no deben ser considerados como representaciones precisas del riesgo. En su lugar, deben ser vistos como estimaciones útiles para tomar decisiones en situaciones que necesitan más detalle que el brindado por una evaluación cualitativa, sin llegar al nivel de precisión de un análisis cuantitativo exhaustivo.

1.8.2 Gestión de riesgos

La gestión de riesgos se refiere a la aplicación sistemática de políticas, procedimientos y prácticas administrativas que tienen como objetivo el análisis, la evaluación y el control de los riesgos. Esta perspectiva posibilita identificar amenazas potenciales, evaluar su impacto y establecer medidas preventivas o correctivas que ayuden a que los sistemas sean seguros y eficaces (Dietrich, 2018b).

1.9 Estrategias de mitigación de riesgos en andenes

Dietrich (2018a) sostiene que las estrategias de mitigación del riesgo constituyen un proceso a través del cual se busca reducir o limitar los impactos negativos derivados de peligros identificados, esquemas de amenazas y condiciones latentes. El propósito de este proceso es reducir la probabilidad de que ocurran los riesgos ya identificados o eliminar por completo su impacto, mediante la implementación de medidas concretas. A través de estas estrategias, se mejora la seguridad del sistema y se fortalece la capacidad de respuesta ante posibles eventos peligrosos.

1.9.1 Medidas administrativas y de control

Las medidas administrativas y de control son acciones no físicas cuya finalidad es gestionar riesgos, a través de la creación de procedimientos, estructuras organizativas y métodos de comunicación. Estas medidas buscan influir en el comportamiento de los usuarios y del personal operativo, fomentando prácticas seguras y disminuyendo las posibilidades de sucesos adversos.

1.9.1.1 Señalización preventiva

La señalización preventiva incluye la utilización de pictogramas, carteles y avisos cuyo objetivo es advertir a los usuarios sobre el riesgo que existe en el entorno. Estos componentes pueden contener advertencias como, por ejemplo, "No atraviese las vías", "Cruce ferroviario", "Piso resbaladizo" o líneas amarillas de seguridad. Además de las señales visuales, se pueden incluir también señales táctiles y auditivas, especialmente útiles para personas con algún tipo de discapacidad, con el fin advertir sobre peligros posibles e incentivar conductas seguras.

1.9.1.2 Demarcaciones de zonas de riesgo

La demarcación de zonas de riesgo consiste en la delimitación física sobre el piso que indican áreas seguras, zonas de espera y espacios prohibidos. Estas marcas tienen una función preventiva al dirigir el comportamiento de los usuarios y disminuir la exposición a situaciones peligrosas. Una de las demarcaciones más relevantes es la línea amarilla de seguridad, tal y como se muestra en la Figura 5. Esta se encuentra ubicada a cierta distancia del borde del andén y señala la distancia mínima segura para esperar el tren o abordar el vagón sin riesgo de caída o contacto peligroso con la unidad. Para aumentar la seguridad y la accesibilidad en las estaciones de trenes, además de esta línea, se emplean otros componentes tales como

líneas podotáctiles para personas con problemas visuales, franjas amarillas o blancas y límites de áreas de espera.

Figura 5. Ejemplificación de la Línea Amarilla de Seguridad.



Fuente: Tomado de Harding et al., (2025).

1.9.1.3 Procedimientos operativos

Los procedimientos operativos son protocolos escritos y estandarizados que definen las acciones a seguir en distintas situaciones dentro del sistema ferroviario. Se incluyen entre los más frecuentes, por ejemplo, los protocolos para abrir y cerrar puertas, actuar en situaciones de emergencia, procedimientos concretos para embarcar y desembarcar pasajeros, control del flujo de usuarios en accesos y andenes, entre otros.

1.9.2 Medidas de ingeniería

Las medidas de ingeniería son soluciones técnicas y físicas introducidas generalmente desde la etapa de diseño con el objetivo de disminuir o eliminar los peligros existentes en el ambiente operativo. Estas medidas pueden abarcar la instalación de dispositivos de seguridad, la adecuación de materiales, modificaciones estructurales e incluso mejoras en la infraestructura que contribuyan a la prevención de sinistros y al control de condiciones peligrosas.

1.9.2.1 Barandales

Los barandales son sistemas de protección física, como pasamanos y vallas, diseñados para evitar caídas accidentales y dirigir el flujo de personas, particularmente en lugares peligrosos como rampas, escaleras y zonas de acceso próximas a las vías. Estas estructuras cumplen una función esencial ya que definen áreas por las que se puede transitar y brindan soporte físico a los usuarios.

1.9.2.2 Sistemas de monitoreo

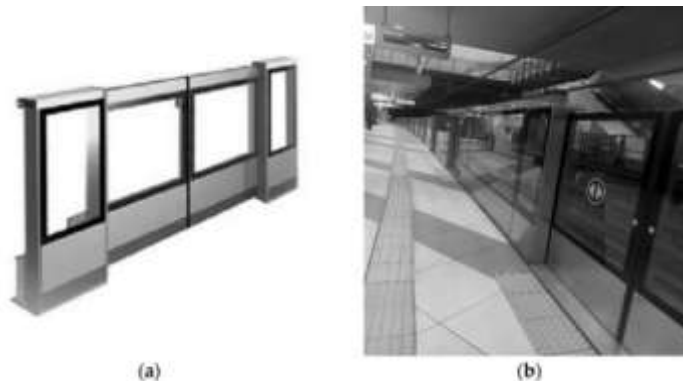
Los sistemas de monitoreo emplean tecnología especializada para supervisar y reforzar la seguridad en entornos ferroviarios. Estos sistemas incorporan dispositivos de detección de obstáculos en la vía, sensores de movimiento y circuitos cerrados de televisión (CCTV), que hacen posible identificar conductas peligrosas en tiempo real. Al proporcionar datos exactos y oportunos sobre las condiciones operativas del entorno y el

comportamiento de los usuarios, la implementación de estos sistemas favorece la vigilancia constante, mejora la capacidad de reacción ante sucesos imprevistos y ayuda a evitar siniestros.

1.9.2.3 Puertas de andén

Las puertas de andén son barreras físicas, ya sean a mediana altura o completas como se muestra en la Figura 6, que se colocan en el borde del andén con la finalidad de evitar que las personas caigan a las vías. Estas estructuras se mantienen cerradas y solo se abren cuando el tren está totalmente detenido y alineado de manera adecuada con la plataforma. Se consideran una de las acciones de ingeniería más eficaces para asegurar que los usuarios estén protegidos en las áreas de embarque. Estas puertas, que se sincronizan de manera automática con el sistema de apertura de los vagones, son muy empleadas en sistemas de transporte público, como los metros. Aparte de optimizar la seguridad, colaboran con el orden en el tránsito de pasajeros y con la eficacia operativa de las estaciones.

Figura 6. Puertas de plataforma de altura completa.



Fuente: tomado de Tomov & Dimitrova (2024).

1.9.3 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se refiere a un conjunto de actividades programadas y sistemáticas que tienen como objetivo inspeccionar, conservar y reparar la infraestructura y los equipos antes de que se presenten fallas. Este enfoque busca garantizar el funcionamiento y seguridad del sistema ferroviario mediante intervenciones anticipadas que eviten deterioros críticos. Las acciones de mantenimiento preventivo suelen incluir inspecciones periódicas de la infraestructura, revisión de señalización y equipos, reemplazo de piezas deterioradas antes de que se surjan fallas graves, así como protocolos de limpieza y conservación que garantizan condiciones ideales para el funcionamiento.

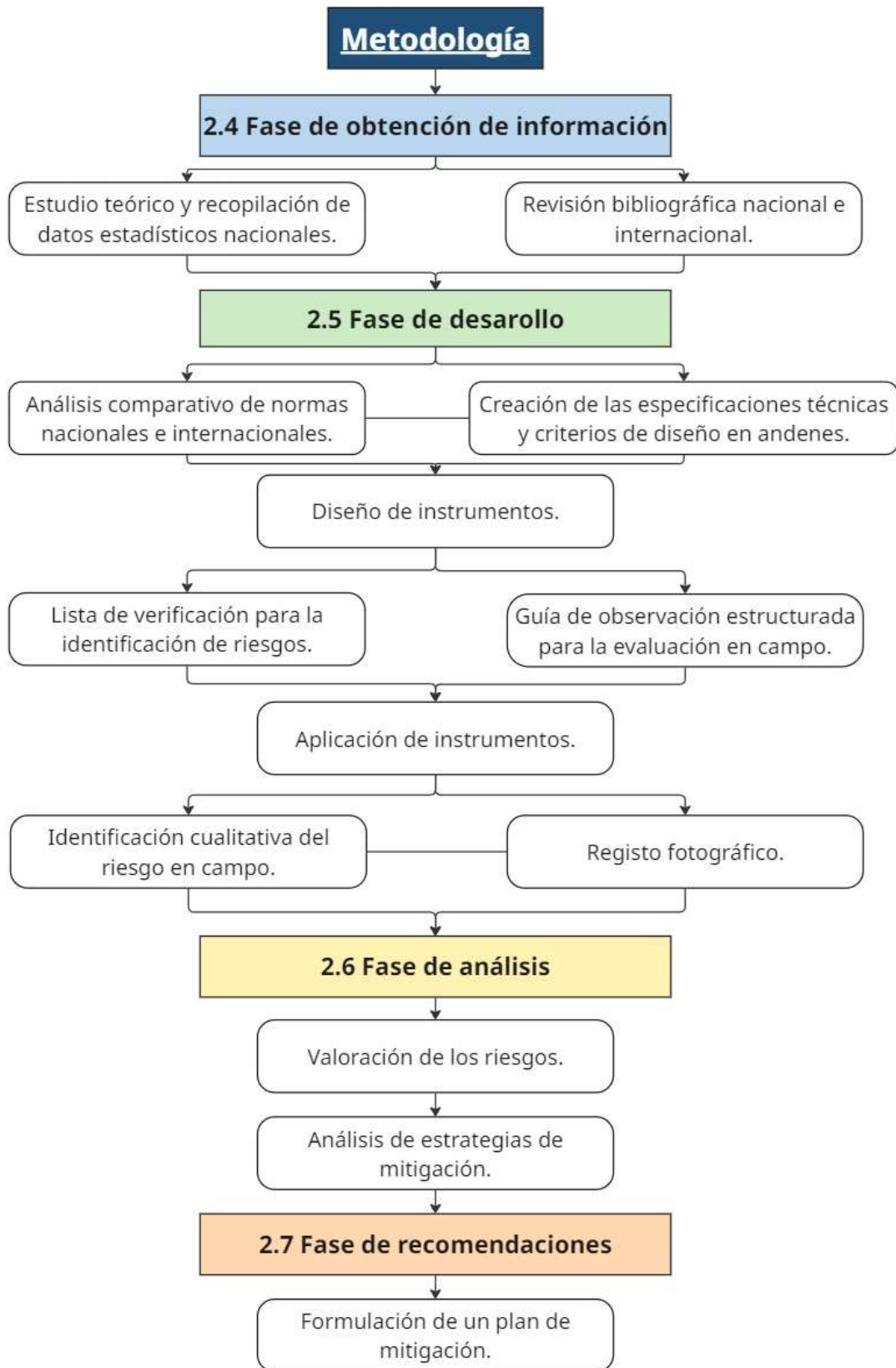
Capítulo 2: Metodología

En esta sección expone de manera detallada el enfoque metodológico adoptado para analizar los riesgos y definir las estrategias de mitigación enfocadas a la seguridad operativa en los andenes de Cartago y Los Ángeles, pertenecientes a la línea 1 del ferrocarril urbano. Con el fin de garantizar la precisión técnica y la capacidad de reproducir los resultados, el procedimiento se organizó siguiendo un orden secuencial, lógico y en concordancia con los objetivos específicos de la investigación.

El diseño metodológico se fundamenta en un enfoque cualitativo, que engloba tanto la observación directa de las condiciones actuales de seguridad en los andenes, así como su contraste con referentes internacionales ampliamente reconocidos, diversas guías y normas técnicas especializadas. Este esquema no solo posibilita la identificación de riesgos potenciales, sino que también establece criterios comparativos para sugerir un plan de integral para la gestión de riesgos enfocado en el manejo de la seguridad ferroviaria.

El diseño metodológico adoptado en este estudio se resume en la Figura 7, la cual ilustra de manera esquemática las etapas principales del proceso, desde la recolección de datos hasta la formulación de estrategias para la mitigación de riesgos.

Figura 7. Metodología del proyecto.



2.1 Tipo de investigación

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, ya que se centró en la observación directa de los andenes ferroviarios y en el análisis interpretativo de los riesgos presentes en los andenes de Cartago y Los Ángeles. Este enfoque permitió detectar vulnerabilidades específicas en el entorno operativo y físico de los andenes, aplicando metodologías utilizadas en investigaciones similares de seguridad operativa ferroviaria enfocadas a la identificación de riesgos, lo cual facilitó una comprensión profunda de las condiciones de seguridad desde un punto de vista contextual.

Asimismo, esta investigación se clasifica como una investigación descriptiva, analítica y aplicada. Con base en la clasificación de Hernandez Sampiere (2014), es descriptiva porque se caracterizaron las condiciones actuales de seguridad operativa en los andenes, mediante la recopilación de información en campo y el análisis comparativo con estándares internacionales reconocidos, como los establecidos por la mayor institución internacional de normalización del transporte ferroviario mundial la *International Union of Railways (UIC)*, *Metropolitan Council*, *European Commission*, el Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana de España, entre otros. Es aplicada debido a que se tuvo como propósito generar una propuesta práctica y viable para la gestión de riesgos, contribuyendo directamente a mejorar la seguridad ferroviaria en el contexto costarricense. La investigación aplicada desde la perspectiva de Soto & Morúa (2016), se basa en un proceso de investigación científica, llevado a cabo con seriedad y rigor, siendo esta una fuente para conocer la realidad a partir de la evidencia misma. Este carácter aplicado responde a la necesidad de generar soluciones concretas que fortalezcan la seguridad de los usuarios y reduzcan la probabilidad de siniestros.

Finalmente, la investigación también se considera de campo, dado a que implicó la recolección de datos directamente en el lugar de estudio, a través de observaciones y aplicación de listas de verificación. Este enfoque permitió llevar a cabo un diagnóstico sistemático que sirvió como fundamento para la elaboración de estrategias de mitigación, empleando los modelos metodológicos utilizados en trabajos similares sobre seguridad ferroviaria que permiten sustentar el análisis y las sugerencias.

2.2 Definición de categorías y variables

Las categorías de análisis se establecieron con base en los peligros típicos que surgen del contacto entre el tren y el andén. Esto está registrado en manuales internacionales de referencia, desarrollados por diversas organizaciones importantes para la gestión de seguridad ferroviaria, como *Rail Safety and Standards Board (RSSB)*, 2025; *Office of Rail and Road (ORR)*, 2015; *European Commission*, 2012; *International Union of Railways (UIC)*, 2017; la Instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura (IFI), 2023; entre otros. Estas se dividen en tres sectores principales:

- Aspectos estructurales: incluyen fisuras, desniveles, deterioro de materiales y ausencia de accesibilidad universal.

- Aspectos operativos: abarcan los procesos de embarque y desembarque, deficiencias en la señalización y demarcación insuficiente de zonas de riesgo.
- Aspectos conductuales: comprenden comportamientos como el cruce indebido, la distracción y la imprudencia por parte de los usuarios.

En este caso, la variable independiente corresponde al estado físico, operativo y conductual observados en los andenes, mientras que la variable dependiente es el nivel de riesgo que estas condiciones representan para la seguridad ferroviaria de los usuarios, ya que es esta la que se mide y se examina; en otras palabras, es el efecto o resultado que se desea explicar. La adopción de estas categorías sigue las sugerencias de las regulaciones técnicas europeas y latinoamericanas, que resaltan la importancia de analizar tanto la infraestructura como el contacto entre los usuarios y esta. De tal modo que, las variables y categorías que se originan directamente del problema de investigación y de los objetivos planteados se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Subcategorías y variables asociadas a la seguridad ferroviaria en andenes urbanos.

Seguridad operativa en andenes urbanos		
Subcategorías	Objetos de estudio	Variables
Superficies	Pavimentos	• Estado físico (fisuras, desgaste)
		• Nivel de antideslizamiento
		• Regularidad superficial
Sistemas de circulación vertical	Rampas	• Pendiente
		• Cumplimiento normativo
		• Continuidad y ausencia de obstáculos
Sistemas de circulación horizontal	Aceras	• Ancho útil
		• Condiciones físicas
		• Nivel de accesibilidad
Accesibilidad del andén	Recorridos libres de obstáculos	• Ancho útil
		• Obstáculos presentes
		• Presencia/ausencia
Puertas y accesos	Pasamanos	• Altura adecuada
		• Continuidad
		• Condiciones físicas
Especificaciones para andenes	Entradas / portones	• Ancho libre
		• Condiciones físicas generales
		• Nivel de cumplimiento normativo

Subcategorías	Objetos de estudio	Variables
Especificaciones para andenes	Señalización	• Presencia de señalización • Visibilidad • Comprensibilidad
Mobiliario y elementos independientes	Bancas / asientos	• Condición física • Ubicación adecuada • Accesibilidad para PMR
Salidas de emergencia	Puertas / rutas	• Accesibilidad • Señalización • Iluminación de emergencia
Iluminación	Luminarias	• Funcionamiento • Distribución uniforme
Mantenimiento	Todos los elementos	• Nivel de deterioro • Frecuencia de mantenimiento • Cumplimiento de estándares
Gestión del comportamiento del usuario	Conductas del usuario	• Comportamiento observado • Cumplimiento de normas • Frecuencia de uso • Volumen peatonal

Del mismo modo, la definición conceptual de estas variables se basa en normas y estándares técnicos internacionales (como los establecidos por los organismos especializados mencionados con anterioridad), los cuales ofrecen lineamientos específicos para la seguridad ferroviaria en andenes y estaciones.

2.3 Sujetos y unidad de estudio

La población de estudio está constituida por los usuarios y el personal operativo de los andenes ferroviarios de Cartago y Los Ángeles. Se hace especial énfasis en grupos considerados vulnerables, como los adultos mayores, las personas con movilidad reducida (PMR), aquellas con discapacidades auditivas y visuales, además de los estudiantes y empleados que utilizan el tren a diario. Aunque no se trabaja directamente sobre una muestra específica, durante el proceso se toman en cuenta las necesidades, características de los individuos que forman parte de estos grupos, con el fin de guiar las acciones y propuestas hacia una mayor inclusión y accesibilidad. Este enfoque surge de la necesidad de garantizar la accesibilidad universal en el transporte público, una realidad reconocida en investigaciones técnicas (González, 2024; Seriani & Blanche, 2021; entre otros) y en regulaciones tanto nacionales como internacionales que exigen igualdad de condiciones (La Ley 7600 del Sistema Costarricense de Información Jurídica; las normas establecidas por la

Comisión Europea, 2014; entre otros). En concreto, González (2024) afirma que “las barreras al transporte público tienen un impacto negativo en la capacidad de las personas con discapacidad para participar en la comunidad, lo que resulta en una mayor dependencia de amigos y familiares y un acceso limitado a los servicios de salud, sociales y de rehabilitación” (p. 3).

Debido a los objetivos propuestos, se utilizó una muestra no probabilística, que, como lo indica Hernandez Sampiere (2014) “las muestras no probabilísticas, también llamadas muestras dirigidas, suponen un procedimiento de selección orientado por las características de la investigación, más que por un criterio estadístico de generalización” (p 189). En un enfoque cualitativo, las muestras no probabilísticas o dirigidas son muy valoradas ya que permiten obtener los casos (personas, objetos, contextos, situaciones) que le interesan al investigador y que aportan riqueza para la recolección y análisis de datos; esto se debe a que este enfoque no está tan centrado por generalizar los resultados.

Por consiguiente, la muestra se llevó a cabo de manera dirigida y conveniente, con el propósito de adquirir información importante sobre los actores clave a través de observaciones de la gestión operativa de los andenes. Las unidades de estudio corresponden a los andenes y los accesos principales para ambos casos, evaluados mediante inspección directa de campo. Este método se basó en técnicas de diagnóstico utilizadas en investigaciones internacionales sobre transporte público, las cuales llevaron a cabo revisiones de campo para evaluar la seguridad en los alrededores, como lo hicieron Seriani & Blanche (2021); Gintschel & Kirawanich (2020); Fallas (2024); Tomov & Dimitrova (2024) y otros estudios que analizan aspectos estructurales, operativos e interactivos entre el usuario y la infraestructura.

2.3.1 Priorización de los andenes que requieren intervención

La identificación de la infraestructura deficiente no fue el único criterio para escoger los andenes que serían intervenidos; también se tomó en cuenta el volumen de usuarios. Bajo este criterio, se eligieron los andenes de Cartago y Los Ángeles, que concentran la mayor oferta de horarios en la provincia de Cartago y, en consecuencia, mayor nivel de uso y afluencia de personas. A pesar de que estos andenes pueden no estar entre los más urgentes en términos de condiciones de accesibilidad o deterioro estructural, su alta demanda diaria convierte su atención en un elemento clave para maximizar el impacto de las medidas de seguridad ferroviaria. Según el INCOFER (2025), el año 2024 terminó con un total de 3 689 747 personas transportadas a nivel nacional, de las cuales 1 326 371 fueron usuarios de la ruta Cartago-San José.

Así, la priorización está relacionada con el principio de eficiencia en la gestión de riesgos: intervenir en aquellos lugares donde se concentra un mayor flujo de usuarios contribuye a disminuir notablemente la probabilidad de siniestros y, simultáneamente, generar beneficios colectivos en materia de seguridad. Este enfoque concuerda con lo que han recomendado los estudios y las entidades internacionales, que aconsejan tomar en cuenta no solo la vulnerabilidad física de la infraestructura sino también la exposición de las personas usuarias (Tomov & Dimitrova, 2024; Achuthan et al., 2024; Seriani & Blanche, 2018).

Por lo tanto, actuar en los andenes de alta afluencia, como las de Los Ángeles y Cartago, es más viable y pertinente porque se puede influir en la seguridad de muchas más personas, incluidas aquellos grupos en condición de vulnerabilidad.

2.4 Fuentes de información

Para el desarrollo del diagnóstico y la formulación del plan de mitigación, se utilizaron fuentes primarias y secundarias, seleccionadas estratégicamente entre documentos normativos, literatura académica y la evidencia empírica en campo. La validez del análisis se fortalece al permitir la comparación de los hallazgos de campo con las normas y los estudios anteriores, gracias a la combinación de estas fuentes.

La observación directa en los andenes es una de las fuentes primarias empleadas, mediante la aplicación de protocolos de observación establecidos. Esta se enfocó en el reconocimiento cualitativo a través de la identificación visual de las condiciones físicas, operativas y conductuales de los usuarios. Asimismo, se cuenta con la lista de verificación estructurada que se elaboró conforme la propuesta para especificaciones técnicas y criterios de diseño para andenes presentada en el apéndice A, la cual fue diseñada siguiendo los criterios establecidos por la normativa ferroviaria internacional y las pautas de accesibilidad presentadas en el apéndice F, con el fin de documentar el cumplimiento de los estándares de seguridad, accesibilidad y mantenimiento. La lista incorpora elementos con los cuales sea posible registrar sistemáticamente el estado de rampas, barandas, señalización, iluminación, accesos e infraestructura. Del mismo modo, se considera fuente primaria el registro fotográfico de las condiciones actuales en los andenes, con el objetivo de proporcionar evidencia visual para el análisis de riesgos en los puntos críticos de los andenes, con el propósito de registrar obstáculos, deterioros y situaciones de riesgo.

Entre las fuentes secundarias se encuentran documentos normativos a nivel nacional, como los reglamentos y decretos del INCOFER, por ejemplo, el Plan Estratégico Institucional 2025-2029 y las normas sobre accesibilidad universal en lugares públicos. Además, la normativa internacional en cuanto a seguridad ferroviaria, como las directrices de la *Commission Regulation (EU)*, (2014), las recomendaciones de la Plataforma Tecnológica Ferroviaria Española y de la *International Union of Railways* (UIC), así como publicaciones académicas y estudios especializados sobre gestión de riesgos ferroviarios, accesibilidad urbana, gestión de infraestructura y seguridad en estaciones urbanas (Tomov & Dimitrova, 2024; Achuthan et al., 2024; Seriani & Blanche, 2021; entre otros), también los documentos institucionales emitidos por entidades internacionales en lo que respecta a la seguridad y accesibilidad en infraestructuras de transporte.

2.5 Técnicas e instrumentos de recolección de información

Para el desarrollo del diagnóstico de riesgos ferroviarios en los andenes de Cartago y Los Ángeles, se emplearon diversas técnicas e instrumentos que permitieron la recolección de información desde varias

perspectivas, fortaleciendo la validez del análisis. Con el objetivo de asegurar una recolección de datos sin sesgos y coherente, cada instrumento fue diseñado mediante una evaluación comparativa sustentada mediante una triangulación de información proveniente de los documentos analizados mostrados en el apéndice F. En consecuencia, los instrumentos fueron validados mediante revisión cruzada de especificaciones técnicas y referencias normativas.

Entre las técnicas utilizadas se menciona la observación *in situ* aplicada en los andenes con el fin de detectar condiciones de comportamiento, operativas y físicas que fueran significativas, y el análisis documental, incluyendo la normativa técnica, los estudios anteriores y la documentación institucional. Esta lista permitió analizar el estado de la infraestructura ferroviaria. También se empleó una guía estructurada de observación con el objetivo de registrar elementos vinculados con la señalización, la accesibilidad y las conductas de los usuarios; además, un registro fotográfico que sirvió para documentar visualmente las condiciones detectadas y localizar peligros en los andenes. De manera específica, la guía de observación favoreció el registro de condiciones operativas y conductas, mientras que la lista de verificación sirvió para identificar peligros. Los resultados derivados de estos instrumentos alimentan el Capítulo 3.

2.5.1 Lista de verificación para la identificación de riesgos ferroviarios

Como parte del proceso de creación de la lista de verificación, se desarrolló un documento técnico que contiene una propuesta para la mejora de la seguridad ferroviaria, el cual incluye especificaciones técnicas y criterios de diseño aplicables a los andenes que de igual forma sigue la clasificación de categorías mencionadas en la sección 2.2. Tal y como se estableció previamente, tanto el documento técnico, como la lista de verificación se creó por medio de una triangulación de datos durante un análisis comparativo previo de las normativas internacionales en materia de seguridad y accesibilidad ferroviaria. Entre las fuentes consultadas se incluye la Instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura (2023) del Ministerio de Transportes de España, la Movilidad y Agenda Urbana de España, las directrices de la *European Commission*, (2012), la *International Union of Railways* (UIC), el NFPA 101. Código de Seguridad Humana, el libro de criterios de diseño para las estaciones creado por el Departamento Vasco, los estándares de diseño del *Department for Transport and Transport Scotland*, las regulaciones nacionales promulgadas por el Sistema Costarricense de Información Jurídica, entre otros.

Del mismo modo, durante la triangulación de datos, la información obtenida fue comparada con las regulaciones de accesibilidad y seguridad ferroviaria, tanto a nivel nacional como internacional, lo cual permitió realizar un análisis de brechas normativas, detectando anomalías en relación con la señalización, la infraestructura, la iluminación y la accesibilidad universal sin dejar a un lado el contexto nacional. Por consiguiente, la lista se organizó en secciones según el tema, lo que posibilita la evaluación sistemática de aspectos técnicos y estructurales del entorno ferroviario, tales como:

- Dimensiones y geometría del andén: el cumplimiento de las medidas mínimas (ancho, altura, longitud) en comparación con el nivel del tren y las regulaciones sobre accesibilidad universal.

- Estado de la superficie y pavimento táctil: existencia de grietas, irregularidades en el nivel, deterioro de los materiales y mantenimiento de las guías táctiles para personas con discapacidades visuales.
- Elementos de seguridad física: la presencia y el estado de barandas, bordes seguros, marcaciones de áreas peligrosas y mecanismos de protección contra caídas.
- Condiciones de señalización: existencia, posición y facilidad para leer la señalización preventiva, los pictogramas y los avisos de seguridad.
- Iluminación y visibilidad: verificación de los niveles de luz durante los horarios diurnos y nocturnos.
- Accesibilidad universal: presencia de pasamanos, rampas, espacios destinados a personas con movilidad reducida (PRM) y facilidades para los adultos mayores.
- La existencia de rutas seguras y las condiciones de evacuación.

Se utilizó una escala de cumplimiento (cumple, cumple parcialmente, no cumple, no aplica “NA”) y se registraron observaciones cualitativas para cada ítem. Esto posibilitó la creación de un perfil de deficiencias y riesgos por andén, centrado en elementos físicos y normativos.

2.5.2 Guía de observación estructurada

Este instrumento posibilitó el registro de condiciones operativas importantes y la identificación de patrones conductuales que aumentan la probabilidad de siniestros. Se elaboró una guía en formato de ficha para cada andén, utilizando criterios agrupados en función de las definiciones y categorías descritas en el apartado 2.2 del presente capítulo. Además, se incluyen espacios para el registro de sucesos críticos y observaciones abiertas. Este instrumento, a diferencia de la lista de verificación, posibilita que se registren las dinámicas de uso y comportamiento de los usuarios en interacción con el ambiente ferroviario; así, permite enriquecer la evaluación técnica desde un punto de vista más contextual. De tal forma que, adicionado a los elementos observados para la aplicación de la lista de verificación de riesgos ferroviarios, se mencionan:

- Señalización horizontal y vertical: ubicación, legibilidad y coherencia con el entorno ferroviario.
- Elementos de accesibilidad universal: la existencia y condición de pavimento táctil, rampas, pasamanos y el contraste de colores.
- Comportamientos de los usuarios: cruces inapropiados de la vía del tren, permanecer en áreas peligrosas y distracciones causadas por el uso de dispositivos móviles, particularmente en lugares de riesgo.
- Interacción entre los usuarios y el entorno ferroviario: circulación de pasajeros durante las horas de mayor afluencia.
- Cumplimiento de normas básicas de seguridad, y operación de sistemas de advertencia audiovisual.

2.5.3 Registro fotográfico

Se utilizó como complemento visual para registrar las condiciones operativas y físicas observadas. Las imágenes fueron capturadas desde forma estratégica y clasificadas según el tipo de riesgo: de

comportamiento, operativo o estructural. Además, cada imagen posee información sobre la fecha, franja horaria, lugar y descripción del riesgo). Algunos de los elementos evaluados fueron:

- Estado físico visible: grietas, desniveles y obstrucciones en el andén.
- Elementos ausentes o deteriorados: barandas, pavimento táctil y señalización.
- Situaciones de riesgo en tiempo real: interacciones entre usuarios y trenes, cruces que son peligrosos y multitudes.

2.6 Proceso de análisis

Siguiendo un enfoque cualitativo y comparativo que permitió construir un diagnóstico sólido, el procesamiento de los datos recolectados se organizó en tres etapas. La estructura de esta sección se alinea de manera secuencial con los objetivos específicos del trabajo, fundamentándose en experiencias similares a las que se usan en los estudios de seguridad ferroviaria y vial, donde la manera estructurada de presentar los resultados contribuye a su claridad y validez.

2.6.1 Primera etapa: identificación cualitativa de los riesgos

En esta etapa, se analizaron los datos recolectados a través de la implementación de cada uno de los tres instrumentos aplicados en campo. La identificación cualitativa de los riesgos en campo con base a los instrumentos utilizados posibilitó una caracterización más precisa de las amenazas existentes en los andenes de Cartago y Los Ángeles, teniendo en cuenta no solo los elementos físicos y normativos, sino también las dinámicas de uso y el comportamiento del usuario.

Las amenazas fueron clasificadas en tres grupos: conductuales, operativas y estructurales. Mientras que la lista de verificación ayudó a identificar las carencias técnicas y estructurales, la guía de observación brindó información acerca de las condiciones operativas y los patrones de conducta importantes. El registro fotográfico complementó ambos instrumentos al documentar visualmente situaciones de riesgo en tiempo real.

Los datos cualitativos, como comportamientos de riesgo (cruces indebidos, distracciones), fueron valorados en función de su recurrencia y gravedad percibida. Se consideró que una característica observada era peligrosa si:

- Significaba un incumplimiento de las normas (por ejemplo, un andén de menor ancho del permitido).
- Generaba potencial de accidente recurrente (por ejemplo, por la falta de pavimento táctil en áreas muy concurridas).
- Esta se encuentra vinculada con conductas que incrementan la exposición al riesgo (por ejemplo, usuarios en áreas no autorizadas).

Durante esta fase, se generó un resumen diagnóstico por andén, que incluye una lista de amenazas y la identificación de estas. Este enfoque posibilitó no solo identificar las condiciones inseguras, sino también sentar una base sólida para el análisis posterior para las estrategias de mitigación.

2.6.2 Segunda etapa: análisis de estrategias de mitigación

Después de identificar las amenazas presentes en los andenes ferroviarios, se realizó un análisis de estrategias de mitigación dirigidas a disminuir los riesgos identificados. Esta fase se enfocó en relacionar las brechas detectadas con medidas preventivas y correctivas concretas, considerando su aplicabilidad en el contexto ferroviario nacional.

Las estrategias propuestas fueron evaluadas de acuerdo con su viabilidad técnica, considerando los recursos, capacidades y condiciones físicas de los andenes; y también se evaluaron de acuerdo con su viabilidad normativa, en función de las normativas vigentes internacionales sobre seguridad y accesibilidad ferroviaria. Dicho análisis incluye acciones preventivas, como mejoras en la señalización, reforzamiento de la iluminación, instalación de elementos de guía táctil y campañas de concientización para los usuarios; y acciones correctivas, como la reparación de superficies deterioradas, reconfiguración de bordes inseguros, adecuación de rampas y pasamanos, y ajustes en la geometría de los andenes.

Las medidas sugeridas se clasificaron en cuatro categorías principales, de acuerdo con su naturaleza y el área en la que se implementan. Las medidas técnicas incluyen la implementación de dispositivos, soluciones operativas y tecnologías que ayudan a incrementar la seguridad y la accesibilidad. Las medidas en la gestión, los protocolos operativos, la coordinación entre instituciones y las normativas internas se conocen como medidas organizativas, institucionales o de procedimiento. Las medidas que tienen como objetivo la capacitación del personal, la concienciación de los usuarios y el fomento de conductas seguras se consideran medidas del factor humano. Por último, las medidas de diseño, construcción y ambientación incluyen la adecuación de espacios, la mejora en los letreros y el ambiente de los andenes, así como intervenciones físicas en la infraestructura.

2.6.3 Tercera etapa: propuesta integral de mejora

Esta etapa integra el análisis de las estrategias de mitigación como las medidas correctivas y preventivas dentro de un marco operativo que toma en cuenta la viabilidad técnica y normativa de cada intervención. Como resultado se desarrolló un plan de integral para la gestión de riesgos que contiene acciones preventivas enfocadas en anticipar situaciones de peligro y reducir su probabilidad de ocurrencia; y acciones correctivas que, por su parte, buscan intervenir directamente sobre las condiciones que representan un riesgo latente.

Cada acción fue asociada a las brechas identificadas en el diagnóstico y evaluadas en términos de su viabilidad técnica, su alineación con la normativa vigente internacional y nacional, y su efecto esperado en la disminución de riesgos. Asimismo, se establecieron indicadores de seguimiento para examinar el éxito de las medidas implementadas y se presentaron estrategias sostenibles para garantizar la continuidad del plan a lo largo del tiempo.

2.7 Presentación de resultados

Se utilizaron diferentes formatos gráficos y documentales para mostrar los hallazgos de la investigación, con el propósito de que estos se interpretaran de una manera precisa, ordenada y funcional. Los resultados se presentan en dos secciones principales, los cuales garantizan la comunicación efectiva de los resultados al incluir análisis descriptivos y representaciones gráficas que respaldan las conclusiones del estudio.

2.7.1 Estructura del diagnóstico de riesgos

Los hallazgos derivados del diagnóstico inicial de campo se presentan de forma detallada y sistemática, permitiendo visualizar las condiciones actuales de los andenes ferroviarios desde una perspectiva técnica, operativa y conductual.

- Tabulación de deficiencias: la lista de verificación y la guía de observación estructurada se elaboró de forma tabulada, favoreciendo al análisis del estado actual de los andenes con las normas y estándares técnicos internacionales aplicables. Este formato facilita la sistematización de las deficiencias estructurales, conductuales y operativas identificadas en cada uno de los andenes analizados.
- Evidencia visual: se incorporan imágenes documentadas que funcionan como evidencia empírica del estado presente de la infraestructura ferroviaria. Cada imagen está vinculada a una clasificación por tipo de riesgo, buscando además evidenciar el contenido de los ítems evaluados en la lista de verificación, lo cual refuerza la validez del diagnóstico.

2.7.2 Formulación del plan de mejora para la gestión de riesgos

La creación de un plan de acción específico para gestionar los riesgos en los andenes analizados fue el resultado final del proceso analítico, que se plasmó en una Propuesta Técnica Integral de Mejora. Esta propuesta no es simplemente una lista de recomendaciones; tiene la forma de un sistema práctico y funcional, que convierte las estrategias de mitigación examinadas antes en acciones concretas, viables desde el punto de vista técnico y acordes a las regulaciones internacionales.

Se formularon tablas técnicas detalladas, diseñadas para cada estrategia prioritaria, que fueron fundamentales para elaborar este plan. Estas tablas sistematizan la información de forma estandarizada, desglosando para cada medida:

- Categoría o tipo: su categorización dentro de las medidas técnicas, institucionales/organizativas, humanas o de diseño/construcción.
- Objetivo/Ámbito funcional: el objetivo operativo concreto que busca la medida.
- Características técnicas: Los rasgos de diseño, materiales y parámetros mínimos necesarios, fundamentados en reglamentaciones como la Instrucción Ferroviaria (IFI) y directrices de la UIC.
- Recursos necesarios: Los recursos humanos, materiales y financieros requeridos para su implementación.

- Riesgos/Limitaciones: Las posibles limitaciones o consecuencias negativas relacionadas con su implementación.
- Referencia/Fuente: El fundamento de la propuesta que se apoya en bibliografía o normatividad.

Con el propósito de garantizar una comprensión completa y simplificar la implementación, se incorporaron a las estrategias un resumen gráfico y representaciones visuales. Esto incluyó esquemas y diagramas técnicos, y ejemplos que muestran con claridad los procedimientos operativos y las soluciones de diseño propuestas.

Capítulo 3: Resultados y análisis

Este capítulo presenta los principales hallazgos obtenidos a partir de la aplicación de las técnicas e instrumentos establecidos en la metodología. Los resultados se estructuran de acuerdo con los riesgos identificados en el andén de Cartago (ver Figura 8) y en el andén de Los Ángeles (ver Figura 9), considerando aspectos estructurales, operativos, conductuales y de accesibilidad. Asimismo, se exponen las condiciones observadas en sitio. La evaluación de estos resultados posibilita justificar las estrategias de mitigación sugeridas y definir prioridades de intervención con base en criterios técnicos y viabilidad operacional.

Figura 8. Mapa de ubicación del Andén de Cartago.

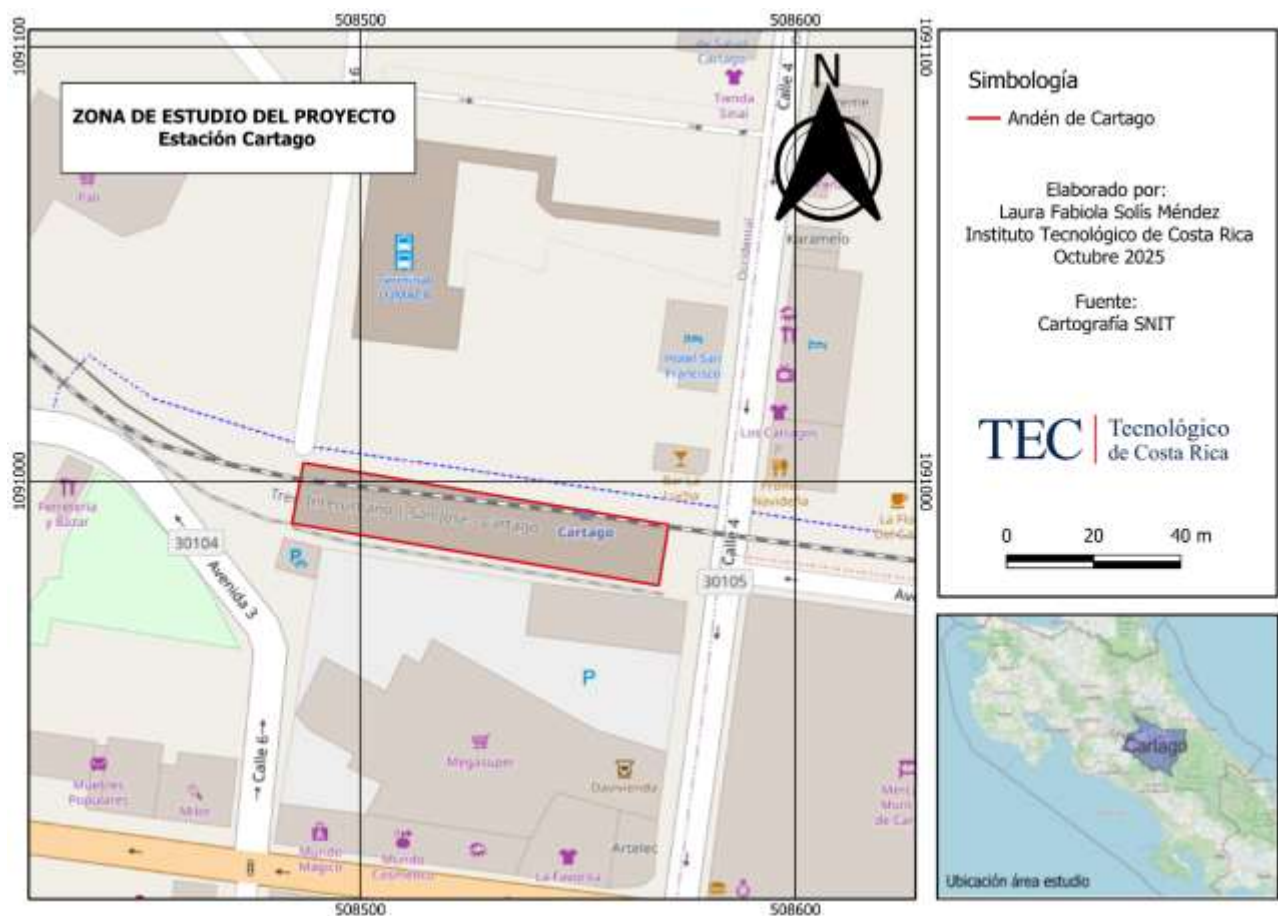
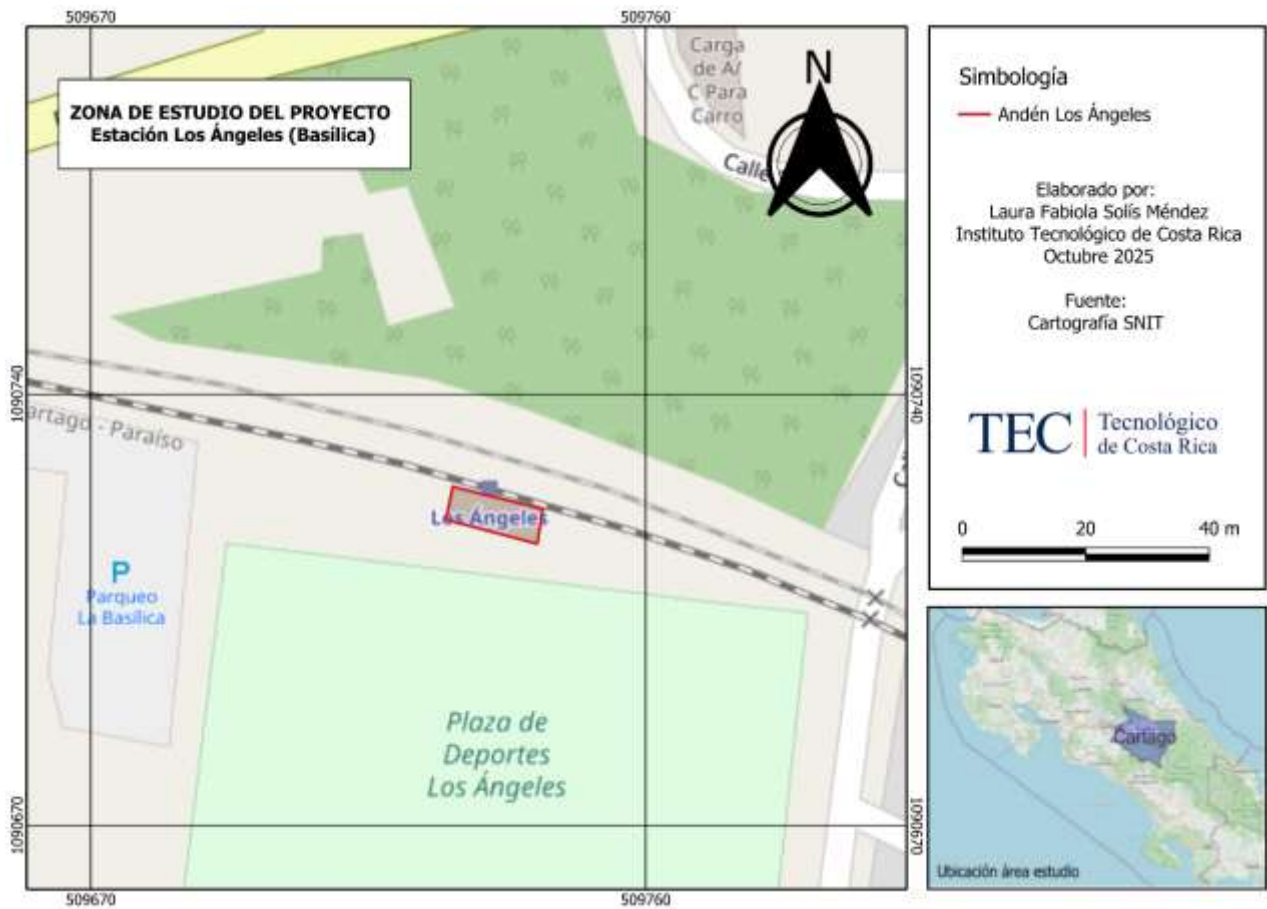


Figura 9. Mapa de ubicación del Andén Los Ángeles.



3.1 OE1: Diagnóstico de riesgos asociados a la seguridad operativa

Okada & Oshima, (2025) identificaron seis elementos clave que inciden en la seguridad de las estaciones ferroviarias: los factores humanos, las condiciones del medio ambiente, la infraestructura y el equipamiento, la gestión operativa, los siniestros y los factores estructurales. Se consideró que, entre estos, los factores humanos, junto con el equipamiento y la infraestructura, eran los más determinantes para establecer el nivel de seguridad general de los andenes. Asimismo, los autores determinaron nueve factores fundamentales que tienen un impacto directo en la seguridad. Entre ellos, el comportamiento humano y la gestión de zonas/puntos críticos son importantes para enfrentar los retos de seguridad en los andenes. De acuerdo con estos hallazgos, se elaboró un documento (ver Figura 10) que posee un conjunto de especificaciones técnicas y criterios de diseño para los andenes ferroviarios, que busca determinar las condiciones básicas de seguridad, accesibilidad y funcionalidad, con el fin de identificar las áreas críticas en los andenes y registrar cómo se comportan los usuarios en esos espacios. Esta perspectiva posibilita identificar patrones de riesgo y desarrollar medidas de mitigación más efectivas ante los riesgos detectados.

Figura 10. Portada de la propuesta de las especificaciones técnicas y criterios de diseño en andenes.



Según se detalla en el apéndice A, la propuesta para las especificaciones técnicas y criterios de diseño para andenes contempla la evaluación de un total de 81 ítems para aspectos estructurales, 20 ítems para aspectos operativos y 6 ítems para aspectos conductuales. Estos criterios posibilitan que se evalúen de forma sistemática las condiciones físicas de la infraestructura, los procedimientos de operación y mantenimiento, además del comportamiento de los usuarios en las estaciones. En conjunto, los aspectos considerados incluyen superficies y pavimentos, sistemas de circulación vertical y horizontal, accesibilidad en andenes, señalización, iluminación, salidas de emergencia, programas de mantenimiento y estrategias de gestión de multitudes. El propósito es ofrecer una visión completa de los elementos que influyen en la seguridad y accesibilidad, permitiendo diagnósticos estructurados y la implementación de medidas de mejora que fortalezcan la confianza ciudadana en el transporte ferroviario.

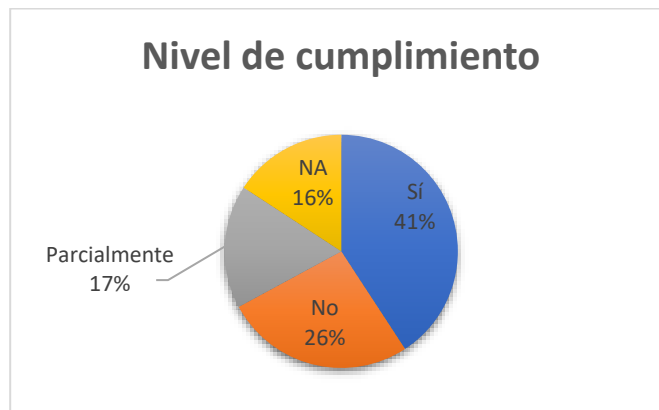
3.1.1 Andén de Cartago

Al evaluar los ítems del apéndice B se determinó que, a nivel estructural, tal y como se aprecia en la Figura 11 solamente un 41% de los elementos satisface los criterios establecidos. Esta cifra demuestra que menos de la mitad de los elementos estudiados cumplen en su totalidad con las condiciones esperadas, lo cual evidencia la presencia de importantes limitaciones en la implementación de medidas estructurales enfocadas en la seguridad.

El 26% de los ítems que no cumplen y el 17% con cumplimiento parcial representan un porcentaje considerable de aspectos que presentan deficiencias o incumplimientos que podrían poner en peligro la funcionalidad y la seguridad del sistema ferroviario. Estos resultados indican la presencia de vacíos técnicos y constructivos que necesitan ser tratados a través de intervenciones correctivas o rediseños.

El 16% de los criterios clasificados como no aplicables muestra que una parte de los criterios no fue evaluada ya que estos no eran aplicables a las características de la infraestructura.

Figura 11. Nivel de cumplimiento para los aspectos estructurales evaluados del andén de Cartago.



En el Cuadro 2 se presenta el registro fotográfico correspondiente a los aspectos estructurales del andén de Cartago, lo que permite visualizar de mejor manera las condiciones observadas durante la evaluación.

Cuadro 2. Registro fotográfico para los aspectos estructurales del andén de Cartago.

Elemento	Fotografía	Características
1. Estructura		Fecha: 06/11/2025 Franja horaria: mañana. Lugar: zona frontal del andén.
2. Escaleras de embarque		Fecha: 06/11/2025 Franja horaria: mañana. Lugar: zona frontal del andén. Riesgo: no hay un almacenamiento para las escaleras, por lo tanto, provoca obstrucción del flujo peatonal, posibles impactos o tropiezos, pérdida de funcionalidad operativa, entre otros.

Elemento	Fotografía	Características
3. Rampa de embarque		Fecha: 06/11/2025 Franja horaria: 6:50 p.m. Lugar: noche. Riesgo: no hay un almacenamiento seguro de la rampa, por lo tanto, provoca obstrucción del flujo peatonal, posibles impactos o tropiezos, pérdida de funcionalidad operativa, entre otros.
4. Escalera de embarque en relación con el ancho de puerta del tren.		Fecha: 06/11/2025 Franja horaria: noche. Lugar: zona frontal del andén. Riesgo: caída o tropiezo, congestión o demoras en el embarque, riesgo en evacuaciones, incompatibilidad con los protocolos ferroviarios internacionales.
5. Accesos		Fecha: 6/11/2025 Franja horaria: mañana. Lugar: acceso izquierdo al andén. Riesgo: Las escaleras sin pasamanos pueden causar caídas, dificultad para apoyo y ascenso/descenso seguro. La falta de indicadores táctiles causa dificultad en la detección del inicio o final de los escalones. La falta de material de contraste en los bordes de los escalones puede causar caídas. Las rampas angostas limitan el flujo peatonal, dificultan el paso de sillas de ruedas o coches de bebé. Las rampas con mayor pendiente producen un sobreesfuerzo físico principalmente para personas que utilizan sillas de ruedas.

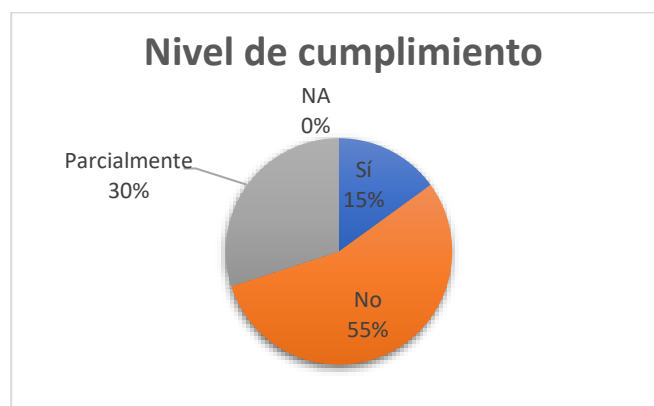
Elemento	Fotografía	Características
5. Accesos		Fecha: 6/11/2025 Franja horaria: mañana. Lugar: Acceso derecho al andén. Riesgo: ausencia de señalización táctil y contraste visual para identificar los límites de las rejas.
6. Circulación vertical dentro de la estación		Fecha: 6/11/25 Franja horaria: noche. Lugar: zona central del andén. Riesgo: las escaleras sin pasamanos pueden causar caídas, dificultad para apoyo y ascenso/descenso seguro. La falta de indicadores táctiles causa dificultad en la detección del inicio o final de los escalones. La falta de material de contraste en los bordes de los escalones puede causar caídas debido a la falta de visibilidad.
		Fecha: 6/11/25 Franja horaria: noche. Lugar: zona central del andén. Riesgo: Las rampas angostas limitan el flujo peatonal, dificultan el paso de sillas de ruedas o coches de bebé. Las rampas con mayor pendiente producen un sobreesfuerzo físico principalmente para personas que utilizan sillas de ruedas.
7. Zonas de peligro		Fecha: 6/11/25 Franja horaria: noche. Lugar: extremo derecho del andén. Riesgo: caída desde altura.

Elemento	Fotografía	Características
7. Zonas de peligro		Fecha: 6/11/25 Franja horaria: noche. Lugar: rampas de embarque. Riesgo: caída al intentar abordar o descender, pérdida de equilibrio, tropiezos, atrapamientos.
		Fecha: 6/11/25 Franja horaria: noche. Lugar: andén posterior. Riesgo: caída desde altura.

Los resultados conseguidos para los aspectos operacionales se grafican en la Figura 12. Estos muestran un nivel general de cumplimiento bajo, pues solo un 15% de los ítems cumplen con los criterios establecidos, mientras que el 55% no cumplen en absoluto y el 30% lo hacen parcialmente. El porcentaje de cumplimiento parcial muestra que, si bien hay iniciativas o acciones orientadas a la gestión, estas no se llevan a cabo de manera completa. Asimismo, la falta de elementos categorizados como "no aplicables" señala que todos los criterios eran aplicables para la evaluación.

De tal modo que, esta distribución muestra una deficiente aplicación de las medidas operativas relacionadas con la gestión y el control de la seguridad en el andén. La elevada cantidad de ítems no cumplidos refleja la existencia de deficiencias en la planificación, aplicación y supervisión de las operaciones.

Figura 12. Nivel de cumplimiento para los aspectos operacionales evaluados del andén de Cartago.



En el Cuadro 3 se presenta el registro fotográfico correspondiente a los aspectos operacionales del andén de Cartago, lo que permite visualizar de mejor manera las condiciones observadas durante la evaluación.

Cuadro 3. Registro fotográfico para los aspectos operacionales del andén de Cartago.

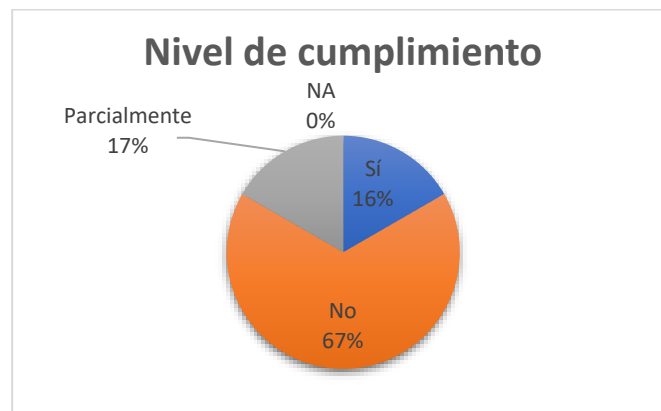
Elemento	Fotografía	Características
		Fecha: 06/11/2025
		Franja horaria: noche.
		Lugar: iluminación frontal.
		Riesgo: la iluminación insuficiente puede provocar tropiezos, caídas, inseguridad, pérdida de orientación. Le uso de colores puede provocar alteración de la percepción de profundidad, fatiga visual, aumento de la desatención. La iluminación desde el suelo puede provocar deslumbramiento o pérdida de contraste visual.
1. Iluminación		Fecha: 06/11/2025
		Franja horaria: noche.
		Lugar: iluminación posterior.
		Riesgo: la iluminación insuficiente puede provocar tropiezos, caídas, inseguridad. Le uso de colores puede provocar alteración de la percepción de profundidad, fatiga visual, aumento de la desatención. La iluminación desde el suelo puede provocar deslumbramiento o pérdida de contraste visual.
2. Señalización		Fecha: 24/10/25
		Franja horaria: noche.
		Lugar: zona frontal derecha del andén.
		Riesgo: ineffectividad comunicacional, desorden, incumplimiento de accesibilidad y derechos preferenciales.

Los aspectos conductuales relacionados con la seguridad operativa, que incluyen las actitudes, los comportamientos y las prácticas del personal, se muestran en la Figura 13. Según los resultados, el incumplimiento es mayoritario; esto es así porque de los aspectos evaluados, el 67% no satisface los criterios establecidos. Solo un 16% logra el cumplimiento total, en tanto que un 17% demuestra cumplimiento parcial y ningún ítem fue clasificado como no aplicable.

Esta tendencia evidencia que hay una ausencia de cultura organizacional enfocada en la seguridad ferroviaria, lo cual demuestra las limitaciones de sensibilización, disciplina operativa y aceptación de prácticas seguras por parte del personal involucrado. La escasa proporción de cumplimiento total indica que las conductas necesarias, como observar las normas, el uso correcto de instalaciones y los sistemas de gestión de multitudes, no se han interiorizado ni supervisado adecuadamente.

El cumplimiento parcial detectado señala que hay esfuerzos o prácticas individuales apropiadas, pero no se observa una aplicación sistemática ni apoyo institucional que asegure su continuidad. En general, los hallazgos muestran que existe una brecha en el elemento humano del sistema de seguridad ferroviaria. Si no se trata a través de programas de capacitación, concientización y control disciplinario, esto podría poner en peligro la eficacia de las medidas operativas y estructurales aplicables.

Figura 13. Nivel de cumplimiento para los aspectos conductuales evaluados del andén de Cartago.



En el Cuadro 4 se presenta el registro fotográfico correspondiente a los aspectos conductuales del andén de Cartago, lo que permite visualizar de manera clara las condiciones observadas durante la evaluación.

Cuadro 4. Registro fotográfico para los aspectos conductuales del andén de Cartago.

Elemento	Fotografía	Características
1. Conducta del usuario		Fecha: 24/10/25 Franja horaria: noche. Lugar: andén frontal. Riesgo: empujones. Los usuarios distraídos obstruyen la circulación. Las aglomeraciones pueden causar estrés, ansiedad y conductas impulsivas.

Según los resultados obtenidos a partir de la guía de observación estructurada aplicada al andén de Cartago, presentada en el apéndice D, se evidenció lo siguiente:

- Presencia mínima de señalización. Tal y como se muestra en el punto 2 del Cuadro 3 la señalización existente está elaborada sobre papel bond, montada sobre soportes improvisados a baja altura o colocados sobre una pizarra de corcho de poca durabilidad y escasa legibilidad.
- Tal y como se muestra en el punto 2 del Cuadro 3 la conservación de la señalización es mala, con tipografía de tamaño reducido y materiales doblados que dificultan la lectura.
- Inexistencia de líneas de seguridad ni señales táctiles en el borde del andén.
- A pesar de que la implementación de la señalización no es adecuada, se conserva cierta coherencia con el medio en términos de su ubicación y finalidad informativa para los casos existentes.
- Se evidencia la falta de pavimento táctil y contraste cromático en bordes, rampas y escaleras.
- Las rampas presentes tienen una inclinación mayor al 5%.
- La identificación de rampas se puede volver complicada, pues pese a que hay algunos pasamanos, su color no contrasta con el ambiente.
- El pavimento está en estado regular, con pequeñas fisuras y desniveles en algunas áreas de manera esporádica, particularmente en el extremo frontal derecho del andén, donde hay un desnivel significativo.
- En la espera y llegada del tren, es común el uso de dispositivos móviles; esto disminuye la atención hacia el entorno y eleva las probabilidades de sufrir accidentes a causa de distracciones.
- Durante las horas pico, el tránsito de pasajeros es fluido y no existe evidencia de saturación del sistema o servicio; sin embargo, se presentan aglomeraciones en las puertas del tren mientras los pasajeros suben y bajan.
- El uso de áreas designadas no es el adecuado, las personas tienden a agruparse en las zonas cercanas al borde del andén.

- El lapso de espera promedio oscila entre 5 y 15 minutos, lo que provoca momentos de alta concentración en lugares concretos, principalmente en los horarios de la mañana.
- Se pueden notar choques entre pasajeros y ocupación de zonas peligrosas durante la llegada del tren, sobre todo debido a la ausencia de límites visibles.
- El personal presente tiene una actitud pasiva, pero cooperativa con los usuarios cuando se les pide ayuda.

De este modo, las condiciones observadas en cuanto la señalización limitan la difusión efectiva de mensajes prioritarios o de advertencia y, por lo tanto, disminuyen de manera considerable su función preventiva dentro del contexto ferroviario. Además, se evidencia que el andén no satisface, en líneas generales, los estándares de accesibilidad universal, ya que tiene fallas en materia de pavimento táctil, contraste visual y pendientes inapropiadas en rampas.

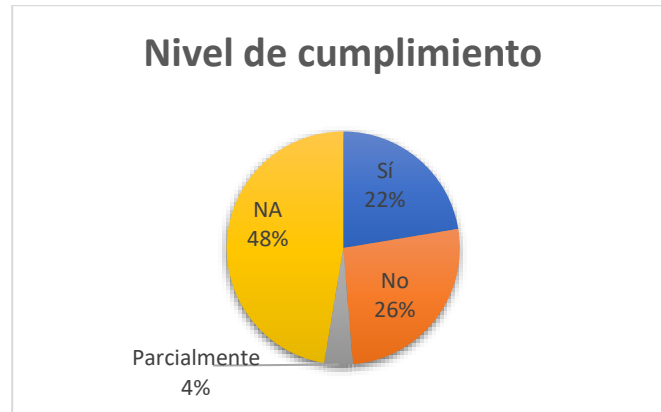
3.1.2 Andén de Los Ángeles

La Figura 14 muestra una distribución particular de los resultados estructurales obtenidos de la evaluación del andén de Los Ángeles, según lo plasmado en el apéndice C. Los resultados obtenidos son muy diferentes a las conclusiones que se obtuvieron en Cartago. El cumplimiento de los criterios establecidos fue del 22% en los ítems evaluados, una cifra que equivale a un porcentaje inferior al de Cartago, donde el cumplimiento llegó al 41%. Esta diferencia indica que el andén de Los Ángeles tiene más limitaciones en la aplicación de medidas estructurales enfocadas en la seguridad ferroviaria.

El 26% de los ítems en Los Ángeles muestra un incumplimiento total, el mismo porcentaje que se observa en Cartago. Esto sugiere que ambos andenes tienen un nivel semejante de fallas críticas en áreas técnicas esenciales. No obstante, en Los Ángeles el cumplimiento parcial es solo del 4%, muy por debajo del 17% registrado en Cartago, lo cual demuestra que hay menos presencia de iniciativas emergentes o elementos que estén mejorando.

Una característica notable de Los Ángeles es que el 48% de los ítems se clasifican como no aplicables, mientras que en Cartago esta cifra fue del 16%. Esta diferencia indica que el andén de Los Ángeles tiene una infraestructura menos compleja o elementos que restringen la aplicación de ciertos criterios técnicos; lo cual debe tomarse en cuenta al diseñar intervenciones o hacer comparaciones directas.

Figura 14. Nivel de cumplimiento para los aspectos estructurales evaluados en el andén de Los Ángeles.



En el Cuadro 5 se presenta el registro fotográfico correspondiente a los aspectos estructurales del andén de Cartago, lo que permite visualizar de manera clara las condiciones observadas durante la evaluación.

Cuadro 5. Registro fotográfico para los aspectos estructurales del andén de Los Ángeles.

Elemento	Fotografía	Características
1. Estructura		Fecha: 6/11/25 Franja horaria: mañana. Lugar: zona trasera del andén.
2. Desnivel de la superficie		Fecha: 6/11/25 Franja horaria: mañana. Lugar: toda la superficie. Riesgo: resbalones, desplazamientos involuntarios de sillas de ruedas, carreolas, equipaje. Incumplimiento normativo.
3. Irregularidades en la superficie		Fecha: 6/11/25 Franja horaria: mañana. Lugar: zona posterior del andén Riesgo: tropiezos, caídas, acumulación de agua, deterioro progresivo de la estructura, atrapamiento de objetos, incumplimiento con la normativa de accesibilidad.

Elemento	Fotografía	Características
4. Rampas		Fecha: 6/11/25 Franja horaria: noche. Lugar: acceso izquierdo al andén Riesgo: Las rampas con mayor pendiente producen un sobreesfuerzo físico principalmente para personas que utilizan sillas de ruedas. Las rampas sin pasamanos pueden provocar caídas por pérdida de equilibrio, riesgo de inaccesibilidad para PMR, sensación de inseguridad, incumplimiento normativo.
		Fecha: 6/11/25 Franja horaria: mañana. Lugar: acceso derecho al andén. Riesgo: Las rampas con mayor pendiente producen un sobreesfuerzo físico principalmente para personas que utilizan sillas de ruedas. Las rampas sin pasamanos pueden provocar caídas por pérdida de equilibrio, riesgo de inaccesibilidad para PMR, sensación de inseguridad, incumplimiento normativo.
5. Zonas de peligro		Fecha: 6/11/25 Franja horaria: mañana. Lugar: esquina posterior izquierda del andén. Riesgo: caída desde altura.

Los datos que se presentan en la Figura 15 **Figura 15**, obtenidos en el nivel operativo del andén de Los Ángeles, muestran una situación alarmante con respecto a la ejecución de las medidas relacionadas con la gestión y control de seguridad ferroviaria. Una proporción muy baja, del 6%, de los ítems evaluados cumple con los estándares establecidos, lo que muestra una aplicación deficiente de las prácticas operativas seguras.

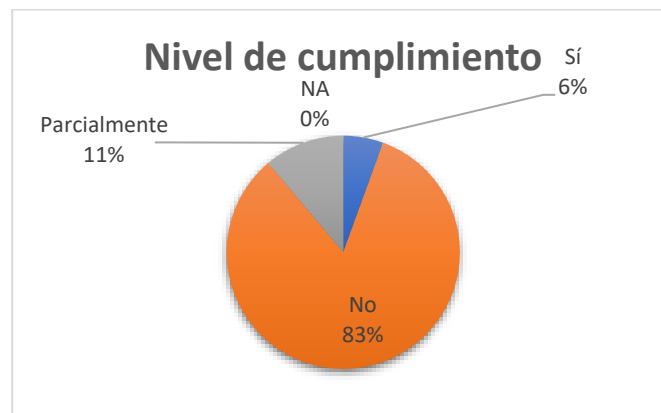
Este porcentaje contrasta notablemente con el 15% de cumplimiento que se observó en el andén de Cartago que, aunque es también escaso, supera más del doble al que se detectó en Los Ángeles.

El 83% de los ítems en Los Ángeles muestra un incumplimiento total, lo que señala la falta generalizada de operaciones apropiadas. Esta cifra es significativamente más alta que el 55% de incumplimiento registrado en Cartago, lo cual indica que las carencias en la planificación, ejecución y supervisión son todavía mayores en Los Ángeles y podrían poner en riesgo seriamente la seguridad de los usuarios.

En Los Ángeles, el cumplimiento parcial es solamente del 11%, a diferencia de Cartago, que fue del 30%. Esta diferencia muestra que en Cartago hay más proyectos en ejecución para la gestión de los riesgos o acciones iniciales que, a pesar de ser insuficientes, evidencian un interés mayor por ajustarse a los estándares operativos. Por otro lado, en Los Ángeles, la baja proporción de cumplimiento parcial respalda la idea de una implementación fragmentada y no sistemática.

Es importante señalar que no hubo ítems catalogados como “no aplicables” en ninguna de los dos andenes, lo que confirma que todos los criterios operativos eran relevantes para la evaluación. Esta condición fortalece la urgencia de las intervenciones necesarias y la validez de los resultados.

Figura 15. Nivel de cumplimiento para los aspectos operacionales evaluados en el andén de Los Ángeles.



En el **Cuadro 5 Cuadro 6** se presenta el registro fotográfico correspondiente a los aspectos operacionales del andén de Cartago, lo que permite visualizar de manera clara las condiciones observadas durante la evaluación.

Cuadro 6. Registro fotográfico para los aspectos operacionales del andén de Los Ángeles.

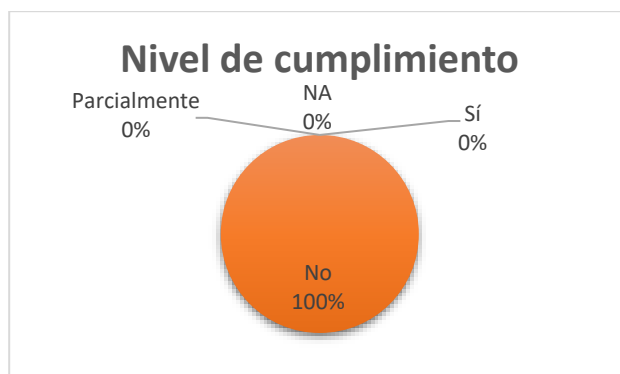
Elemento	Fotografía	Características
1. Iluminación		Fecha: 6/11/25
		Franja horaria: tarde. Lugar: extremos del andén. Riesgo: la iluminación insuficiente puede provocar tropiezos, caídas, inseguridad, perdida de orientación. Le uso de colores puede provocar alteración de la percepción de profundidad, fatiga visual, aumento de la desatención.

El andén de Los Ángeles tiene una situación particularmente grave en el nivel conductual, que se refiere a las actitudes, comportamientos y prácticas del personal vinculadas con la seguridad ferroviaria. Los resultados graficados en la Figura 16. Nivel de cumplimiento para los aspectos conductuales evaluados en el andén de Los Ángeles. muestran que el 100% de los ítems evaluados no cumplen con los criterios establecidos, lo que indica una ausencia total de comportamientos seguros y disciplina operativa. Este resultado difiere con el andén de Cartago, que, pese a mostrar una tendencia al incumplimiento, un 16% alcanzó un cumplimiento total y un 17% un cumplimiento parcial.

La ausencia de ítems categorizados como "sí", "parcialmente" o "no aplicable (NA)" en Los Ángeles refuerza la seriedad del descubrimiento: todos los criterios conductuales eran relevantes y ninguno fue cumplido. Esta condición indica que la cultura organizacional orientada a la seguridad tiene una falta estructural, sin que haya pruebas de medidas individuales o institucionales que fomenten conductas apropiadas.

En Los Ángeles, la administración de la seguridad operativa muestra una falta total de atención al componente humano, a diferencia de Cartago, donde se detectaron por lo menos intentos individuales y prácticas parcialmente adecuadas. La necesidad de implantar programas de sensibilización, capacitación continua y supervisión disciplinaria es evidente cuando hay incumplimiento en áreas como el uso de equipos, la respuesta ante circunstancias peligrosas y la observación de protocolos operativos.

Figura 16. Nivel de cumplimiento para los aspectos conductuales evaluados en el andén de Los Ángeles.



En el **Cuadro 5** Cuadro 7 se presenta el registro fotográfico correspondiente a los aspectos conductuales del andén de Cartago, lo que permite visualizar de manera clara las condiciones observadas durante la evaluación.

Cuadro 7. Registro fotográfico para los aspectos conductuales del andén de Los Ángeles.

Elemento	Fotografía	Características
1. Zonas de peligro		Fecha: 24/10/25 Franja horaria: mañana. Lugar: zona posterior del andén. Riesgo: caída desde altura.
2. Conducta del usuario		Fecha: 24/10/25 Franja horaria: mañana. Lugar: zona izquierda del andén. Riesgo: empujones. Los usuarios distraídos obstruyen la circulación. Las aglomeraciones pueden causar estrés, ansiedad y conductas impulsivas.

A partir de los resultados obtenidos a partir de la guía de observación estructurada aplicada al andén de Los Ángeles, presentada en el apéndice E, se evidenció lo siguiente:

- No se identificó ningún tipo de señalización visible o funcional, ni vertical ni horizontal.

- La falta de información gráfica o visual obstaculiza la comunicación de mensajes preventivos o de advertencia y no permite guiar a los usuarios correctamente.
- No existen líneas de seguridad, pictogramas ni letreros informativos.
- No hay pavimento táctil, pasamanos ni contrastes cromáticos, limitando la accesibilidad para aquellos que tienen discapacidad visual o movilidad reducida.
- Se ven superficies elevadas, que carecen de barandas o bordes laterales para protegerse.
- Deterioros en algunos materiales y desniveles en el pavimento de forma frecuente a lo largo de toda la superficie central, que tiene una inclinación hasta llegar al borde del andén.
- El andén no tiene un mantenimiento adecuado ni sistemas de seguridad.
- Se observó que el borde del andén y la parte trasera son frecuentemente transitados.
- En las áreas de riesgo, es común el empleo de dispositivos móviles, lo que produce distracciones.
- Se consideró poco frecuente el cruce inadecuado de vías; sin embargo, la ausencia de señalización aumenta el riesgo potencial de este comportamiento.
- En los horarios de mayor afluencia, tiene un flujo de pasajeros congestionado, aunque su distribución en el andén es relativamente uniforme.
- Se notó la escasa presencia de personal operativo, que se limitaba a una persona durante las horas de la mañana y a ninguna durante las horas de la tarde.
- No hay áreas reservadas para la espera prioritaria o espacios de refugio para sillas de ruedas.

La falta de barandas y elementos táctiles de orientación, que son vitales para asegurar la seguridad y estabilidad en el desplazamiento, incrementa considerablemente el riesgo de accidentes en personas adultas mayores o con movilidad reducida. Las circunstancias observadas muestran que el andén no satisface los principios de accesibilidad universal, lo cual crea obstáculos arquitectónicos significativos que restringen la autonomía de los usuarios. Por otro lado, la ausencia de personal operativo permanente disminuye la capacidad para responder a incidentes potenciales, haciendo que la seguridad dependa en gran medida de la percepción y criterio del usuario.

3.2 OE2: Análisis de estrategias de mitigación de riesgos

Según la *International Union of Railways*, (2017) las medidas de seguridad en las estaciones de tren pueden incluir la utilización de una o varias herramientas concretas. En algunas situaciones, basta una única herramienta; no obstante, mencionan que en otras situaciones, fundamentalmente cuando se trata de acciones institucionales, estas no pueden ser reducidas a un simple conjunto de herramientas. Por lo que se refiere a las medidas de seguridad, estas se organizan en cuatro categorías fundamentales:

- Medidas técnicas.
- Medidas institucionales, organizativas y de procedimiento.

- Medidas de factor humano.
- Medidas de diseño, construcción y ambientación.

Entre los principales precursores de siniestros se encuentra el desempeño humano. Para disminuir los peligros que surgen de las fallas humanas, es esencial reforzar la cultura de seguridad con un mayor compromiso e involucramiento del personal completo, incluyendo a los niveles directivos. Según se concluyó a partir de entrevistas efectuadas a representantes de áreas metropolitanas importantes por el mismo autor en 2010, la seguridad se ve más beneficiada con la optimización de los procedimientos operativos, la formación constante y el fortalecimiento de los mecanismos de control que con las transformaciones individuales por sí solas.

3.2.1 Medidas técnicas

Las medidas técnicas comprenden instrumentos técnicos especializados y otras acciones particulares enfocadas en la seguridad (*International Union of Railways*, 2017).

3.2.1.1 Videovigilancia

La videovigilancia desempeña una amplia variedad de funciones en los sistemas de seguridad ferroviaria e industrial, en particular cuando se combina con algoritmos sofisticados de detección. Estos sistemas posibilitan detectar a tiempo peligros como el tráfico vehicular, la presencia de humo o incendios, las intrusiones, los actos delictivos y los intentos de suicidio. Las tecnologías de análisis de video contribuyen a tomar decisiones operativas en tiempo real y hacen más fácil la respuesta ante situaciones de emergencia.

Para poder identificar a los infractores y disuadir el vandalismo y la conducta antisocial, es fundamental implementar sistemas de circuito cerrado de televisión (CCTV) que sean de alta calidad (*International Union of Railways*, 2017). El sistema CCTV está constituido por cámaras, grabadoras, monitores/pantallas, equipos de control y otros aparatos relacionados utilizados para vigilancia o evaluación de alarmas. Se coloca de manera estratégica en zonas críticas, incluyendo pasillos, vestíbulos, áreas externas (como los estacionamientos), andenes, salas de espera y entradas a las estaciones. Las grabaciones de video deben poder grabarse, con el fin de visualizarse en tiempo real o ambas.

Algunas de sus principales beneficios destacan la capacidad para identificar una extensa variedad de acciones sospechosas, el monitoreo continuo de áreas expuestas a riesgos, la disminución en los tiempos de respuesta frente a incidentes y la posibilidad de unificar el monitoreo sin necesidad de contar con personal calificado en cada estación. No obstante, también tiene limitaciones: no es efectivo para identificar comportamientos asociados con el consumo de alcohol o drogas, pues no generan evidencia física visible; no puede operar de manera independiente, sino que debe combinarse con otras tácticas de seguridad; y presenta retos en relación con la legalidad del acceso a las grabaciones, la información al usuario y el almacenaje de datos. Asimismo, su implementación conlleva costos altos relacionados con la infraestructura de red, el mantenimiento de los equipos y la protección frente a vandalismo.

3.2.1.2 Iluminación

La iluminación es un factor importante debido a que afecta directamente cómo se percibe la seguridad en los espacios públicos. Cualquier ambiente se vuelve un lugar de inseguridad si la iluminación es insuficiente. Por lo tanto, es esencial garantizar una cantidad de luz adecuada y que esta esté distribuida uniformemente. Para ello, se deben emplear luminarias con la altura apropiada (preferiblemente baja para prevenir sombras amplias) y tecnología LED blanca. A diferencia de los matices naranjas, que suelen producir sombras y una luz inadecuada, esta clase de luz disminuye las zonas oscuras y optimiza la visibilidad en general (Euskal Trenbide Sarea, 2022).

3.2.1.3 Medidas en la interfaz andén-tren

Harding et al., (2025) afirman que el borde del andén y la interfaz entre el andén-tren (PTI) son algunos de los sitios más peligrosos en los sistemas ferroviarios, ya que suelen ser zonas donde ocurren lesiones e incluso muertes, lo que también puede provocar retrasos operativos. Los pasajeros, el personal ferroviario y otros usuarios están expuestos a peligros que incluyen caídas desde el andén, quedar atrapados en las puertas del tren y suicidios. Algunos de los métodos de seguridad utilizados en la actualidad para advertir sobre estos peligros son la señalización de advertencia visibles, las líneas blancas pintadas en el borde del andén, las líneas amarillas a una distancia específica del borde y los avisos sonoros. No obstante, estas tácticas no siempre suelen ser suficientes, lo que indica la necesidad de considerar la protección mediante barreras físicas especialmente en servicios de alta velocidad.

En este contexto, los sistemas de protección en el borde del andén (PEPS) constituyen una solución efectiva para limitar el acceso al borde del andén antes y durante la llegada del tren, también son útiles para proporcionar seguridad durante la salida. Estos sistemas tienen la capacidad de adoptar gran variedad de configuraciones, incluyendo barreras de seguridad como vallas de altura media (de 1,2 a 1,5 metros), puertas de borde del andén (PED) con altura parcial y puertas de protección del andén (PSD) que van desde el techo hasta el suelo. Su aplicación generalmente se lleva a cabo en estaciones que cumplen con algunas condiciones técnicas:

- Sistemas de señalización capaces de ubicar con exactitud dónde se detiene el tren.
- Plataformas accesibles al mismo nivel.
- Flotas de trenes uniformes que garantizan que la altura del piso y la posición de las puertas sean las mismas.
- Andenes rectos.

Los PEPS ofrecen variedad de beneficios. Con respecto a la seguridad, posibilitan que la frecuencia y gravedad de los incidentes en la interfaz andén-tren se disminuyan o se prevengan de manera considerable. Desde una perspectiva operativa, ayudan a reducir las cancelaciones y los retrasos de los servicios, al igual que a disminuir los costos vinculados con el personal de intervención. Sin embargo, Harding et al. (2025) detectaron también hasta 16 efectos adversos relacionados con su aplicación, incluyendo los costos elevados de adquisición, mantenimiento y consumo de energía.

Por otro lado, según Tomov & Dimitrova, (2024), la noción de las puertas de borde de andén tiene su origen en 1908, momento en el que Charles S. Shute patentó una "barrera y puerta de seguridad para andenes". En el Metro de San Petersburgo están las primeras estaciones que incorporaron barreras físicas, las cuales se inauguraron entre 1961 y 1972. Asimismo, mencionan que las puertas PSD se instalan hoy en día en estaciones nuevas y también en algunas ya existentes, y su mayor beneficio es que evitan casi por completo que alguien salte o caiga sobre las vías.

Kyriaki-dis et al., (2014), por su parte, enfatizan la efectividad de las medidas complementarias, tales como sistemas de megafonía, indicaciones visuales y control de multitudes para prevenir aglomeraciones en los andenes. Los autores mencionan que ciudades como Singapur, París y Hong Kong han aplicado con éxito estas técnicas, además de las puertas de andén. Además, han comprobado que las puertas de andén disminuyen los intentos de suicidio y la interrupción del servicio en esta última situación.

Por otra parte, el efecto del grosor de la línea amarilla en el borde de la plataforma sobre la conducta de los viajeros fue examinado en una investigación experimental que Seriani & Blanche, (2021) a cabo en el laboratorio de dinámica humana (LDH). El ensayo se realizó en un entorno que contaba con andenes de más de 3 metros de ancho, asientos y una separación superior a los 80 cm entre el borde del andén y la línea amarilla. Los resultados indicaron que las líneas más gruesas (40 cm) recibieron mayor respeto: las de 10 y 24 cm tuvieron calificaciones parecidas, más altas que la de 5 cm, pero más bajas que la de 40 cm, que fue la línea con el mayor respeto. Del mismo modo, realizaron encuestas a los pasajeros en donde les preguntaban sobre su percepción sobre la seguridad que otorgaban las líneas amarillas. Los resultados obtenidos mostraron que las líneas de 5 y 10 cm se consideraban menos seguras, en tanto que las de 24 y 40 cm provocaban una sensación más elevada de seguridad.

Sin embargo, a pesar de esto, algunos usuarios pensaron que la línea de 40 cm era incómoda o incluso insegura. Además, los usuarios de sillas de ruedas indicaron que la superficie táctil (podos) provocaba vibraciones incómodas y peligro de tropezar. En contraste, personas mayores con hemiparesia valoraron positivamente esta textura, asociándola con una mayor sensación de seguridad.

En lo que respecta a las variables más importantes para diferentes grupos, los sujetos en silla de ruedas le dieron mayor importancia a la distancia horizontal y vertical con respecto al andén, por delante de la existencia de espacios o asientos preferentes. Por otro lado, las personas de tercera edad subrayaron la relevancia de los pasamanos, seguido de la distancia del andén y después los preferenciales.

La investigación de Seriani & Blanche, (2021) también demostró que la delimitación en las puertas del andén tiene un impacto positivo en el comportamiento de los viajeros. Estos tienden a posicionarse más al lado de las puertas que al frente de estas, lo cual aumenta el número de filas para descender y disminuye el tiempo que cada pasajero necesita para bajarse.

3.2.1.4 Superficies

Los códigos, guías y normas de diseño no especifican los requisitos para medir la resistencia a deslizamiento de los materiales que se emplean en superficies interiores y exteriores. En Tailandia, los diseñadores utilizan

con frecuencia materiales como el granito pulido para los pisos de las áreas de tránsito y las salidas de las estaciones, esto según Gintschel & Kirawanich, (2020), quienes sostienen que esté acabado proporciona una estética superior y una mayor facilidad de limpieza. No obstante, un análisis de la Dirección de Salud y Seguridad del Reino Unido acerca de las características deslizantes en pavimentos artificiales y naturales indica que el granito pulido es un material con un riesgo elevado de deslizamiento, lo cual sugiere una intención de no fomentar su aplicación en lugares públicos por motivos de seguridad. Por lo tanto, para reducir estos riesgos es necesario fomentar el empleo de pavimentos opacos y antideslizantes que prioricen la seguridad del peatón sin sacrificar demasiado los estándares estéticos y de conservación.

3.2.1.5 Protección contra la intemperie

Además de las plataformas, las áreas de espera para pasajeros constituyen elementos fundamentales en el diseño de una estación ferroviaria. Todas las estaciones deben disponer de uno o más refugios que protejan a los usuarios de las condiciones climáticas adversas, como lluvia, viento y radiación solar. Estos refugios y marquesinas deben cumplir con los estándares establecidos por las normas, garantizando accesibilidad y seguridad para todos. Los refugios comúnmente se construyen como estructuras independientes, pero también pueden integrarse arquitectónicamente a edificaciones existentes. El diseño de las marquesinas debe considerar la seguridad y comodidad de los pasajeros, mantener coherencia funcional con el entorno y facilitar su mantenimiento operativo.

3.2.2 Medidas institucionales, organizativas y de procedimiento

Estas medidas incluyen la planificación estratégica, la coordinación entre las entidades y autoridades encargadas de la seguridad y la organización operativa de esta en la estación. Por su naturaleza, estas acciones a menudo son complejas y no se pueden dividir con facilidad en herramientas individuales (*International Union of Railways*, 2017).

3.2.2.1 Personal de seguridad

Las acciones ilegales y maliciosas no suelen constituir un porcentaje relativamente grandes de los incidentes ferroviarios, sin embargo, estos pueden disminuirse todavía más si se incrementa el personal en las estaciones, sobre todo el de policía y seguridad.

La *International Union of Railways*, (2017) sostiene que la presencia de personal uniformado en las estaciones ayuda de manera importante a evitar actos ilegales y posibilita una intervención rápida frente a incidentes que puedan perjudicar al personal operativo o a los usuarios. Asimismo, este personal ofrece ayuda directa a los pasajeros y simplifica los procesos operativos. La identificación anticipada de actitudes sospechosas, el impacto positivo en la conducta de los usuarios por medio del efecto de "presencia del uniforme" y la repercusión positiva en la percepción subjetiva de seguridad, tanto del personal como de los usuarios, son algunos de sus beneficios más destacados. Sin embargo, se detectan también restricciones: el alto costo en relación con las soluciones técnicas, la exigencia de formación continua y el peligro de que los miembros del personal uniformado sean víctimas de agresiones.

Del mismo modo, la *International Union of Railways*, (2017) menciona que la mejora de la seguridad no es solo responsabilidad de los operadores ferroviarios; otros actores también tienen un papel activo en el manejo de incidentes en el sistema. Entre las ventajas de una seguridad reforzada se destacan el apoyo en tareas de prevención y planificación, la optimización de procesos como investigaciones, una respuesta más eficiente frente a emergencias y una mejor percepción de seguridad por parte del personal, los pasajeros y usuarios. No obstante, hay limitaciones que pueden dificultar la efectividad de las acciones, como una organización deficiente y los objetivos divergentes entre las partes involucradas.

3.2.2.2 Información para pasajeros sobre medidas de seguridad

De acuerdo con la *International Union of Railways*, (2017), las reglas de conducta en estaciones tienen que estar claramente especificadas en los reglamentos operativos lo que incluye, por ejemplo, la prohibición de actividades como el ejercicio de la mendicidad, la comercialización no autorizada de entradas o sustancias. Para impulsar la prevención, identificación y respuesta activa de los propios usuarios, es esencial que los pasajeros estén informados acerca de las acciones de seguridad y riesgos específicos.

Entre los beneficios de esta estrategia se destacan: un mayor conocimiento de los procedimientos de seguridad, una visión más positiva del ambiente ferroviario, la participación de los pasajeros en su propia seguridad, un aumento de conciencia ante situaciones sospechosas (por ejemplo, a través de mensajes de vigilancia, alertas del personal, etc.) y una preparación más eficaz para evacuaciones u otras emergencias. Sin embargo, hay una restricción significativa: en determinadas circunstancias, la reiteración de mensajes acerca de riesgos de ataques significativos puede provocar que los usuarios sientan inseguridad por el recordatorio constante de amenazas potenciales.

Se destaca la importancia de disponer de sistemas de señalización de emergencia nítidos que ayuden a evacuar tanto a los pasajeros como al personal rápidamente. A pesar de que esta medida tiene relación con elementos de diseño, su eficacia está determinada en gran parte por la comprensión que los usuarios tengan de ella, lo que la conecta directamente con aspectos humanos. Sus ventajas incluyen una administración más eficaz de las circunstancias de crisis. No obstante, su aplicación puede tener restricciones si no se realiza mediante simulaciones y pruebas con anterioridad. Asimismo, si se opta por una señalización apropiada, puede que los costos sean más altos que si se eligen soluciones estándar no validadas en escenarios reales.

Según la instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura (IFI) (2023), la visibilidad y comprensión de los carteles de advertencia y prohibición dirigidos a los usuarios se asegura si estos contienen pictogramas que midan al menos 85 mm. La guía para la aplicación de la ETI PMR (Lefrancq, 2015) por otro lado, indica que la información sobre cuándo sale un tren debe contener, como mínimo, el horario previsto de salida. Igualmente, menciona que no es obligatorio la implementación de sistemas de información visual dinámica en los andenes o estaciones.

3.2.3 Medidas de factor humano

Estas medidas incluyen disposiciones sobre el papel del personal y la participación activa de los usuarios en la protección de su propia seguridad (*International Union of Railways*, 2017).

3.2.3.1 Acciones de los pasajeros

A pesar de que la mayor parte de los precursores de siniestros son fallas técnicas, las acciones llevadas a cabo por los pasajeros son las que causan más lesiones y muertes. De hecho, según Kyriaki-dis et al. (2014) los propios usuarios son la fuente de riesgo más importante, siendo las conductas negligentes o imprudentes las responsables de los incidentes más graves. La incorporación de dispositivos como barandillas centrales en escaleras amplias, el uso de PEPS y ascensores adicionales para personas vulnerables (lo que elimina la necesidad de usar escaleras) ha permitido conseguir progresos notables en seguridad. Además, acciones como la colocación de líneas amarillas detrás del borde del andén y marcas visuales en las escaleras han colaborado a la mejora de la seguridad ferroviaria.

Asimismo, un diseño más eficaz y una gestión apropiada de los flujos de pasajeros (que incluya la demarcación y el sombreado de áreas de salida y entrada, además de las guías de flujo) posibilitan que se conserve un tránsito seguro y ordenado. Sin embargo, Kyriaki-dis et al. (2014) también menciona que la comunicación eficaz con los pasajeros es el elemento más influyente en términos de seguridad en las operaciones cotidianas. Esto incluye anuncios públicos, señales claras y el acompañamiento del personal de estación o asistentes de plataforma.

3.2.4 Medidas de diseño, construcción y ambientación

Se trata de acciones llevadas a cabo durante las fases de diseño y edificación, como el empleo de materiales concretos, su colocación en el espacio y la generación de condiciones físicas que afectan la conducta del usuario (*International Union of Railways*, 2017).

3.2.4.1 Medidas en escaleras

De acuerdo con Kyriaki-dis et al. (2014) la implementación de medidas como la instalación de pasamanos, la mejora en el uso de superficies antideslizantes y la señalización clara de bordes representan acciones fundamentales para la mitigación de riesgos en contextos ferroviarios. De igual manera, el desarrollo de campañas visuales efectivas a través de carteles informativos y la promoción del uso de rutas alternativas (por ejemplo, rampas en vez de escaleras) por parte de pasajeros vulnerables (como los niños, las PMR, los adultos mayores y otros) ayuda notablemente a reducir la posibilidad de siniestros. Estas intervenciones, tanto de naturaleza física como comunicativa, son reconocidas como medidas pertinentes y eficaces en el marco de las estrategias de mitigación dirigidas a optimizar la seguridad en las estaciones ferroviarias.

González, (2024) indica que cada peldaño debe contar con una banda antideslizante de entre 3 y 5 centímetros. El autor menciona que la importancia de ser medida recae en el hecho de que las escaleras son una de las áreas más peligrosas en un edificio, donde un simple resbalón puede provocar caídas desde

grandes alturas. La banda antideslizante brinda una tracción extra, lo que hace más sencillo el equilibrio y disminuye la posibilidad de siniestros. Es particularmente importante implementarlo para asegurar la seguridad de las personas con movilidad reducida. Este requerimiento ha sido clasificado por el autor como crítico debido a la influencia que tiene en la prevención de siniestros.

Asimismo González, (2024) menciona que, al comienzo de las escaleras, se tiene que instalar una franja de pavimento táctil que mida 1.20 metros de largo y tenga el mismo ancho que la escalera, empleando un color contrastante respecto al pavimento circundante. Esta franja funciona como una señal sensorial que ayuda a las personas con discapacidad visual a detectar el inicio del sector escalonado, lo que favorece su desplazamiento sin riesgos. Sin embargo, aunque este procedimiento mejora la accesibilidad, el autor menciona que los grupos focales han categorizado esta medida como no esencial dentro del conjunto de intervenciones prioritarias.

3.2.4.2 Medidas en rampas

Para asegurar que todos los usuarios, en especial aquellos con movilidad reducida, puedan acceder de forma segura y cómoda a las rampas, es fundamental que tengan una inclinación apropiada. Una pendiente bien diseñada facilita la circulación sin peligro ni esfuerzo, mientras que una inclinación muy empinada incrementa la posibilidad de caídas y complica el desplazamiento autónomo. Esta medida no solamente responde a normas técnicas, sino que también muestra una obligación con la inclusión y la prevención de siniestros en lugares públicos. En la Figura 17. Representación visual de rampas. se presenta, en el lado izquierdo, una representación en función de la relación de longitud, que señala qué tan largas deben ser las rampas para vencer una diferencia de altura idéntica.

Figura 17. Representación visual de rampas.

Relación longitud-altura	Pendiente de la rampa			
	1:25	4,0%	40‰	2,3°
	1:20	5,0%	50‰	2,9°
	1:18	5,6%	56‰	3,2°
	1:15	6,7%	67‰	3,8°
	1:12	8,3%	83‰	4,8°
	1:10	10,0%	100‰	5,7°
	1:8	12,5%	125‰	7,1°
	1:6	16,7%	167‰	9,5°

Fuente: adaptado de Lefrancq (2015., p.12)

3.2.4.3 Pasamanos en escaleras y rampas

Los pasamanos en ambos casos deben tener un color que contraste con el paramento, lo cual hace que sean más visibles y fáciles de identificar. Esta medida es importante para la protección de los usuarios, porque posibilita un agarre seguro y cómodo a lo largo del desplazamiento. A pesar de que González (2024) ha categorizado este aspecto como un requerimiento no esencial, su utilidad es particularmente importante para

individuos con discapacidades visuales, ya que proporciona una señal sensorial que ayuda a orientarse y a utilizar rampas y escaleras de manera segura.

3.2.4.4 Barandas

En los pasillos elevados las barandas juegan un papel fundamental en la accesibilidad y seguridad de los espacios públicos. Su instalación posibilita que los usuarios mantengan el equilibrio, se apoyen mientras se desplazan y eviten caídas; esto es especialmente importante para PMR, personas adultas mayores y niños. Para que sean efectivas, tienen que estar a una altura ergonómica, ser continuas y tener un diseño que permita un agarre fácil. Para mejorar su visibilidad, sobre todo para las personas con discapacidades visuales, se aconseja que tengan un color contrastante en relación con el paramento. A pesar de que González (2024) categoriza este componente como no crítico, su existencia ayuda considerablemente a la percepción de seguridad y al empleo autónomo de la infraestructura.

3.2.4.5 Recorridos libres de obstáculos

Este requisito establece que todos los trayectos que conectan las diversas áreas públicas de una estación deben constituir un recorrido que sea accesible. Para satisfacer de manera más efectiva las necesidades de PMR y discapacidades específicas, este recorrido puede dividirse en segmentos específicos. La integración de todas estas secciones sin obstáculos crea un trayecto accesible, asegurando que todos los usuarios puedan trasladarse de manera segura y funcional (Lefrancq, 2015).

3.3 OE3: Propuesta integral de mejora

Tras el análisis de las estrategias de mitigación de riesgos, se formuló un conjunto de recomendaciones orientadas a mejorar la infraestructura ferroviaria y a fortalecer la seguridad en los andenes tanto de Cartago como el de Los Ángeles. Desde el Cuadro 9 hasta el Cuadro 20 **Cuadro 20** se presentan cada una de las estrategias planteadas aplicables a ambos andenes, las cuales siguen el formato mostrado en el Cuadro 8.

***Cuadro 8.** Formato para las estrategias de mitigación.*

Aspecto	Descripción
Tipo / Categoría	Clasificación dentro del plan (técnica, organizativa, humana, de diseño).
Objetivo / Alcance funcional	Qué busca lograr y qué funciones cumple.
Especificaciones técnicas	Parámetros técnicos o características mínimas recomendadas.
Recursos requeridos	Elementos materiales, humanos o financieros necesarios.
Limitaciones / Riesgos	Condicionantes, restricciones o desventajas relevantes.
Fuente / Referencia	Documentos o autores base.

Cuadro 9. Videovigilancia (Sistema CCTV).

Aspecto	Descripción
Tipo / Categoría	Medida técnica.
Objetivo / Alcance funcional	Identificar y evitar situaciones peligrosas a través de la observación continua de áreas críticas, el registro de eventos y la emisión en tiempo real de alertas automáticas.
Especificaciones técnicas	• Cámaras IP de 1080p o más, preferiblemente con visión infrarroja. • Registro continuo (con un mínimo de 30 días de almacenamiento). • Conexión redundante (red inalámbrica segura / fibra óptica). • Acatamiento de las normas de protección de datos y de privacidad.
Recursos requeridos	• Infraestructura de energía e infraestructura de red. • Centro de vigilancia con operadores. • Personal técnico para la calibración y el mantenimiento. • Formación en el manejo de pruebas y gestión de videos.
Limitaciones / Riesgos	• Elevados costos de montaje y mantenimiento. • No identifica comportamientos sin manifestación física (por ejemplo, la intoxicación). • Dependencia de la electricidad y de la conexión. • Amenazas legales relacionadas con el manejo de datos.
Fuente/Referencia	<i>International Union of Railways, (2017).</i>

Dado que los ambos andenes, tienen condiciones de riesgo parecidas según se identificó durante la fase de diagnóstico, el sistema de videovigilancia sugerido en el Cuadro 9 es aplicable para ambos andenes. La implementación en los dos lugares posibilita la creación de un sistema uniforme de supervisión operativa para toda la línea ferroviaria estudiada. La definición formal de la cantidad de cámaras y su ubicación está a cargo del INCOFER, sin embargo, es posible mencionar que el número exacto de cámaras igual para ambos casos, debido a que este depende de variables técnicas como:

- Dimensiones del andén.
- Obstáculos visuales (mobiliario, columnas, cerramientos).
- Zonas clasificadas como riesgosas.
- Requerimientos de cobertura completa sin puntos ciegos.
- Distancia máxima de reconocimiento según el lente y resolución.

Para eliminar los puntos ciegos, se aconseja situar cámaras en las áreas de circulación, en los accesos peatonales, en las zonas cubiertas y en aquellas donde haya mobiliario, así como también en la interfaz andén-tren, el centro y los extremos del andén. Se aconseja que las cámaras sean colocadas a una altura de entre 3 y 4 metros.

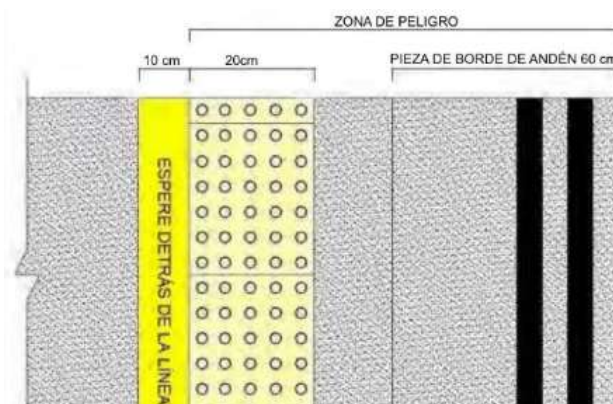
Cuadro 10. Iluminación.

Aspecto	Descripción
Tipo / Categoría	Medida técnica.
Objetivo / Alcance funcional	Reducir las zonas oscuras y sombras para asegurar la percepción de seguridad y visibilidad en todos los espacios públicos.
Especificaciones técnicas	• Lámparas de LED blancas (4000-5000 K). • Nivel mínimo: 100 lux en zonas de espera y 150 lux en andenes. • Altura de instalación: entre 3 y 4 metros.
Recursos requeridos	• Luminarias certificadas IP65/IP67. • Instalación eléctrica y soportes. • Personal técnico especializado. • Plan de mantenimiento periódico.
Limitaciones / Riesgos	• Alto costo inicial de sustitución. • Necesidad de mantenimiento regular. • Posible contaminación lumínica si no se calibra correctamente.
Fuente / Referencia	• Euskal Trenbide Sarea, (2022).

Cuadro 11. Interfaz andén-tren.

Aspecto	Descripción
Tipo / Categoría	Medida técnica.
Objetivo / Alcance funcional	A través de señalización y control del flujo de pasajeros, disminuir las caídas, los atrapamientos y las intrusiones.
Especificaciones técnicas	• Líneas blancas de entre 10 y 20 cm en los bordes de la plataforma (ver Figura 18). • Señales visuales y táctiles de advertencia (ver Figura 18). • Avisos tanto visuales como sonoros que están dentro del sistema ferroviario.
Recursos requeridos	• Integración con señalización de trenes. • Personal de mantenimiento.
Limitaciones / Riesgos	• Necesita una flota homogénea y andenes rectos. • Problemas en estaciones viejas o curvas.
Fuente / Referencia	Harding et al., (2025); Tomov & Dimitrova, (2024); Seriani & Blanche, (2021); Kyriaki-dis et al., (2014).

Figura 18. Propuesta de señalización en el borde del andén.



Fuente: Adaptado de la Instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura (IFI), 2023.

Cuadro 12. Personal de seguridad.

Aspecto	Descripción
Tipo / Categoría	Medida institucional / organizativa.
Objetivo / Alcance funcional	Aumentar la capacidad de respuesta, vigilancia y disuasión frente a incidentes mediante la presencia física de personal uniformado en estaciones.
Especificaciones técnicas	• Presencia visible de personal de seguridad y policía ferroviaria. • Supervisión preventiva y asistencia durante eventos o concentraciones. • Colaboración con el centro de control operativo. • Capacitación constante para afrontar situaciones de crisis, primeros auxilios y atención al público.
Recursos requeridos	• Reclutamiento de personal calificado. • Ropa de trabajo y equipos de comunicación. • Coordinación con las fuerzas policiales de la localidad. • Programas de capacitación y supervisión.
Limitaciones / Riesgos	• Elevado gasto periódico en salarios y formación. • Peligro de confrontaciones o agresiones. • La eficacia depende de la organización interna. • Eventuales disputas de competencias entre los actores.
Fuente / Referencia	<i>International Union of Railways, (2017).</i>

Es importante contar para cada andén con un plan de señalización que unifique el tipo de señalética en cuanto a dimensiones, colores, retroiluminación, tipografía y tamaños de letra, simbología, entre otros. La

homogeneidad en la imagen favorece la percepción de recibir el mismo servicio en el conjunto de la red ferroviaria. Algunas especificaciones que se deben tomar en cuenta se muestran en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Información para pasajeros sobre medidas de seguridad.

Aspecto	Descripción
Tipo / Categoría	Medida institucional / comunicativa.
Objetivo / Alcance funcional	Fomentar que los usuarios tengan conciencia de seguridad y participen activamente en la prevención de incidentes.
Especificaciones técnicas	• Carteles informativos que contengan pictogramas de igual tamaño. • Mensajes de seguridad, ya sean visuales o auditivos. • Indicaciones claras sobre salidas, prohibiciones y puntos de encuentro. • Inclusión de mensajes positivos y preventivos sin generar alarma. • Ensayos o simulacros de evacuación periódicos.
Recursos requeridos	• Materiales impresos y señalización. • Equipos de comunicación en formato audiovisual. • Asistentes de plataforma o personal informático. • Colaboración con el operador ferroviario.
Limitaciones / Riesgos	• La repetición en exceso puede provocar ansiedad. • Ineficacia si no se evalúa la comprensión del usuario. • Si se necesita señalización dinámica, habrá costos extra.
Fuente / Referencia	• <i>International Union of Railways</i>, (2017); IFI (2023); Lefrancq, (2015).

Según la IFI, 2023 para el tamaño de los pictogramas, la dimensión menor de la superficie rectangular que encierra al pictograma se debe calcular de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{Tamaño del marco (mm)} = \frac{\text{Distancia de lectura (mm)}}{250} \times 1.25 \quad 1$$

De manera informativa se incluyen posibles carteles (Figura 19 y Figura 20), cuyo texto deberá incluirse asimismo en la lengua cooficial correspondiente en las estaciones donde se aplique. En el caso de la Figura 19, no es necesario que en cada cartel se incluyan los textos en dos idiomas, solo si la instalación de carteles con textos se realiza de forma secuencial.

Figura 19. Ilustración de ejemplo para la señalización de prohibición del cruce de vías.



Fuente: Tomado de la Instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura (IFI), 2023.

Figura 20. Ilustración de ejemplo para el cartel de advertencia a fin de permanecer fuera de la zona de peligro.



Fuente: Tomado de la Instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura (IFI), 2023.

Cuadro 14. Señalización de emergencia.

Aspecto	Descripción
Tipo / Categoría	Medida institucional / comunicativa.
Objetivo / Alcance funcional	Facilitar la orientación rápida y segura de los usuarios durante una situación de emergencia (incendio, sismo, evacuación), mediante señales visuales y táctiles normalizadas que indiquen rutas de escape, salidas, equipos de emergencia y zonas seguras.
Especificaciones técnicas	• Colores: blanco/verde (evacuación), blanco/rojo (equipos contra incendios), negro/amarillo (advertencia). • Altura de instalación: 2.00–2.20 m por encima del piso o visible a una distancia superior o igual a 20 m. • Sistema fotoluminiscente o iluminación constante de 5 lux o más. • Incluir señalización táctil y en Braille en lugares de acceso y de toma de decisiones. • En cada una de las puertas de evacuación, se encuentran indicios de "Salida" que tienen una iluminación de respaldo que dura por lo menos 90 minutos.

Aspecto	Descripción
Recursos requeridos	• Señales normalizadas (de PVC, acrílico o aluminio fotoluminiscente). • Baterías o sistemas de respaldo energético para las luces de emergencia. • Mano de obra especializada para el mantenimiento e instalación. • Supervisión de planes de evacuación y del cumplimiento de la normativa.
Limitaciones / Riesgos	• Ineficaz si no se complementa con una adecuada iluminación de emergencia. • Pérdida de visibilidad o deterioro debido a la falta de mantenimiento. • Posibilidad de confusión si se entremezclan símbolos o formatos que no están estandarizados. • Necesidad de realizar actualizaciones regulares en función de las modificaciones en la distribución del espacio.
Fuente / Referencia	(Instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura (IFI), 2023)

A modo de ejemplo, en la Figura 21 y Figura 22 se ofrecen modelos de señalización que pueden utilizarse en los andenes para orientar a los usuarios y fortalecer las medidas de seguridad.

Figura 21. Señalización de evacuación.



Fuente: Tomado de la Instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura (IFI), 2023.

Figura 22. Señalización informativa de emergencia.



Fuente: Tomado de la Instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura (IFI), 2023.

Cuadro 15. Medidas de factor humano.

Aspecto	Descripción
Tipo / Categoría	Medida de factor humano.
Objetivo / Alcance funcional	Promover actitudes seguras en los usuarios a través de acciones comunicativas y físicas que dirijan su conducta y sus desplazamientos.
Especificaciones técnicas	• Colocación de barandillas centrales en escaleras anchas. • Señales visuales en los escalones y líneas amarillas de precaución. • Señalización de flujos de entrada y salida. • Comunicación efectiva a través de anuncios, pantallas y personal que asiste.
Recursos requeridos	• Componentes físicos (barandillas, pasamanos, señalización). • Personal de asistencia y asesoramiento. • Iniciativas para sensibilizar y comunicar.
Limitaciones / Riesgos	• Conductas imprudentes o que no se pueden prever. • Sin supervisión o refuerzo continuos, la efectividad es limitada. • Necesidad de mantenimiento de la señalización.
Fuente / Referencia	Kyriaki-dis et al., (2014).

Cuadro 16. Rampas.

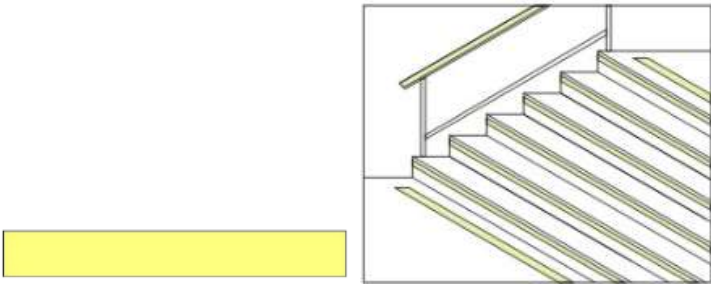
Aspecto	Descripción
Tipo / Categoría	Medida de diseño / seguridad física.
Objetivo / Alcance funcional	Minimizar el peligro de caídas a través de la utilización de superficies que no resbalen, señalización táctil y componentes para apoyo visual.
Especificaciones técnicas	• Banda antideslizante de 3 a 5 cm en cada escalón. • Banda táctil de aviso (1.20 m) al comienzo de las escaleras. • Contraste de color con el medio. • Colocación de barandas continuas a cada lado. • Fomentar que las personas con movilidad reducida (PMR) hagan uso de rampas.
Recursos requeridos	• Suelos táctiles y materiales que evitan el deslizamiento. • Mano de obra calificada. • Programas de mantenimiento anticipado.

Aspecto	Descripción
Limitaciones / Riesgos	• Costos moderados de implementación. • Si los materiales no están integrados estéticamente, la percepción será negativa. • Mantenimiento necesario para conservar textura y contraste.
Fuente / Referencia	Kyriaki-dis et al., (2014); González, (2024).

La Figura 23 es un ejemplo de balizamiento continuo en la contrahuella de escaleras. Esta clase de señalización con dimensiones concretas es utilizada en andenes de tren para incrementar la percepción del borde de las escaleras, sobre todo cuando hay poca luz o si la persona tiene problemas visuales. Según la IFI (2023), la dimensio

$$L \times 70 \times 1 \text{ (mm)} \qquad 2$$

Figura 23. Balizamiento continuo en la contrahuella de las escaleras.



Fuente: Tomado de la Instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura (IFI), 2023.

Cuadro 17. Medidas en rampas.

Aspecto	Descripción
Tipo / Categoría	Medida de diseño / accesibilidad.
Objetivo / Alcance funcional	Asegurar una accesibilidad universal y evitar accidentes por medio de pendientes apropiadas y superficies seguras.
Especificaciones técnicas	• Pendiente máxima: 5 % (1:20). • Mínimo de ancho: 1.50 m. • Superficie antideslizante y drenante. • Pasamanos en ambos lados. • Paradas intermedias cada 9 metros recorridos o cada 75 centímetros de desnivel.

Aspecto	Descripción
Recursos requeridos	• Materiales antideslizantes. • Mano de obra calificada en construcción asequible. • Señalización mediante tácticas y elementos visuales.
Limitaciones / Riesgos	• Espacio insuficiente en estaciones existentes. • Costo más alto en estructuras con restricciones geométricas.
Fuente / Referencia	Lefrancq, (2015).

Cuadro 18. Pasamanos en escaleras y rampas.

Aspecto	Descripción
Tipo / Categoría	Medida de diseño / accesibilidad.
Objetivo / Alcance funcional	Brindar a todos los usuarios, en particular a aquellos con visión o movilidad reducida, un agarre constante y seguro.
Especificaciones técnicas	• Altura entre 0.90 y 1.10 m del suelo. • Color contrastante con el entorno. • Sección circular (Ø 32–50 mm). • Continuidad a lo largo de todo el trayecto, incluyendo las pausas. • Se extiende 30 cm más allá del comienzo y el final de la escalera.
Recursos requeridos	• Materiales poliméricos o metálicos duraderos. • Personal laboral con especialización para su colocación • Programa de supervisión y mantenimiento regular.
Limitaciones / Riesgos	• Gastos extras si es necesario modificar las estructuras ya existentes. • Probable deterioro o vandalismo en el exterior.
Fuente / Referencia	González, (2024).

Cuadro 19. Barandas.

Aspecto	Descripción
Tipo / Categoría	Medida de diseño / seguridad física.
Objetivo / Alcance funcional	Aumentar la estabilidad y la sensación de seguridad para evitar que se produzcan caídas en los pasillos elevados y en las áreas de circulación.
Especificaciones técnicas	• Altura mínima: 1.10 m. • Diseño ergonómico, que se pueda agarrar fácilmente y es continuo. • Color que destaca con respecto al ambiente. • Materiales que resisten las inclemencias del tiempo (como el acero inoxidable y el aluminio).

Aspecto	Descripción
Recursos requeridos	• Materiales certificados. • Instalación profesional. • Mantenimiento periódico.
Limitaciones / Riesgos	• Gastos de reemplazo en estructuras ya existentes. • Consecuencias estéticas si no se logra armonizar con el diseño de la arquitectura.
Fuente / Referencia	González, (2024).

Cuadro 20. Recorrido libre de obstáculos.

Aspecto	Descripción
Tipo / Categoría	Medida de diseño / accesibilidad.
Objetivo / Alcance funcional	Garantizar que todos los usuarios puedan desplazarse de manera continua y segura a través de itinerarios sin barreras y accesibles.
Especificaciones técnicas	• El ancho libre mínimo es de 1.60 metros. • Superficie firme, estable y antideslizante. • Ausencia de interrupciones abruptas o desniveles. • La pendiente transversal es $\leq 2\%$. • Indicación visual y táctil de obstáculos.
Recursos requeridos	• Pavimentos accesibles. • Diseño integral de la circulación. • Vigilancia técnica y mantenimiento constante.
Limitaciones / Riesgos	• Problemas para integrarse en estaciones viejas. • Gastos de adaptación y reestructuración del espacio.
Fuente / Referencia	Lefrancq, (2015).

Por último, en el Cuadro 21 se establecieron indicadores para el seguimiento con el fin de medir cuán efectivas han sido las medidas que se han puesto en marcha, y se sugirieron estrategias que garanticen la continuidad del plan a mediano y largo plazo.

Cuadro 21. Indicadores de seguimiento.

Medida	Indicadores de seguimiento	Estrategias para garantizar la continuidad	Ejecución
Videovigilancia (CCTV)	• Porcentaje de cobertura visual del andén. • Cantidad de incidentes identificados en tiempo real. • Duración media de respuesta frente a las alertas. • Frecuencia de mantenimiento de las cámaras.	• Contrato de mantenimiento preventivo por año. • Uso de almacenamiento en la nube con respaldo. • Capacitación constante de operadores y técnicos. • Evaluación de la eficacia y la cobertura cada seis meses.	Mediano plazo (requiere inversión en infraestructura y red).
Iluminación	• Lux promedio en los andenes. • Número de puntos con escasa iluminación detectadas durante la inspección. • Porcentaje de luminarias en funcionamiento.	• Reemplazo gradual de las luminarias por otras de LED de bajo consumo. • Puesta en marcha de temporizadores y sensores crepusculares. • Programa de mantenimiento cada seis meses. • Auditorías energéticas cada año.	Corto plazo (mejoras localizadas y progresivas).
Interfaz andén-tren	• Número de incidentes debido a atrapamientos o caídas. • Porcentaje de cumplimiento de la señalización visual y táctil. • Perspectiva del usuario acerca de la seguridad percibida.	• Inspección regular de las señales y marcas. • Integración con campañas de concienciación. • Homologación de estándares en futuras estaciones.	Corto plazo (requiere ajustes de bajo costo).

Medida	Indicadores de seguimiento	Estrategias sostenibles para garantizar la continuidad	Ejecución
Personal de seguridad	• Proporción de personal por cada estación. • Tiempo medio de respuesta ante incidentes. • Grado de satisfacción de los usuarios (a través de encuestas).	• Acuerdos con las fuerzas de policía y los gobiernos locales. • Programas de educación continua. • Inspección de protocolos y cobertura cada año.	Mediano plazo (por costos recurrentes y coordinación institucional).
Información para pasajeros sobre medidas de seguridad	• Número de mensajes y carteles en funcionamiento en cada estación. • Porcentaje de usuarios que entienden la señalización (evaluación). • Regularidad con la que se actualizan los mensajes.	• Generación de un manual gráfico para la institución. • Actualización digital a través de códigos QR o pantallas.	Corto plazo (ejecución inmediata con bajo costo).
Señalización de emergencia	• Porcentaje de rutas de evacuación que están señalizadas adecuadamente. • Número de luminarias o señales funcionales que se han verificado en simulacros. • Medición del tiempo de evacuación durante las prácticas.	• Inspecciones de mantenimiento. • Empleo de materiales fotoluminiscentes sin requerir consumo de electricidad. • Integración en el plan institucional para la administración de emergencias.	Corto plazo (implementación rápida y de alto impacto).
Medidas de factor humano	• Participación en cursos de capacitación o campañas (porcentaje de usuarios alcanzados). • Cambios en las conductas de riesgo observadas. • Número de incidentes por imprudencia.	• Campañas de sensibilización continuas. • Colaboración con la comunidad y los medios de comunicación locales. • Vigilancia del comportamiento mediante CCTV.	Mediano plazo (requiere refuerzo continuo).

Medida	Indicadores de seguimiento	Estrategias sostenibles para garantizar la continuidad	Ejecución
Recorridos libres de obstáculos	• Porcentaje de los pendientes que se encuentran dentro del rango normativo. • La realización del contraste táctil y visual. • Número de quejas o sucesos relacionados con la accesibilidad.	• Programa de conservación para superficies antideslizantes. • Inclusión de criterios universales en cada remodelación. • Supervisión anual por parte de entidades técnicas.	Mediano plazo (requiere obras físicas).
Pasamanos y barandas	• Porcentaje de integridad y continuidad de los barandales. • Frecuencia de revisión de los acabados y los anclajes. • Cumplimiento de las diferencias y alturas.	• Sustitución programada mediante materiales duraderos. • Prevención de la corrosión y limpieza. • Integración en acuerdos de mantenimiento general.	Corto plazo (puede ejecutarse junto a rampas y escaleras).
Recorridos libres de obstáculos	• Porcentaje de pasillos que tienen una anchura de 1.60 m o más. • Cantidad de desniveles u obstáculos encontrados. • La pendiente transversal debe ser igual o menor al 2%.	• Incluir una revisión en las rutinas de limpieza y mantenimiento. • Empleo de pavimentos modulares reparables. • Supervisión cada tres meses a través de listas de verificación.	Corto plazo (intervenciones ligeras y de bajo costo).

Conclusiones y recomendaciones

A continuación, se muestran las conclusiones alcanzadas a partir del desarrollo de este trabajo final de graduación, clasificadas en base a los objetivos específicos propuestos. Además, se incorporan las recomendaciones obtenidas a partir del análisis para guiar futuras intervenciones, investigaciones o acciones relacionadas con la mejora de la seguridad ferroviaria en la infraestructura de andenes.

Conclusiones

Se logró identificar y caracterizar de forma metódica las vulnerabilidades en los andenes de Cartago y Los Ángeles. El diagnóstico cualitativo corroboró que hay riesgos críticos de carácter estructural (desniveles, deterioro de materiales), operativo (falta de protocolos y señalización) y conductual (distracción e imprudencia por parte de los usuarios). La situación del andén de Los Ángeles es más grave, con un incumplimiento generalizado que supera al andén de Cartago, especialmente en las áreas operativas y conductuales. Se demostró que, en el marco de Costa Rica, es posible el uso de herramientas como las guías de observación y las listas de verificación, las cuales resultan en un método efectivo para evaluar la seguridad operativa.

El estudio de los marcos normativos a nivel internacional facilitó la detección de un conjunto robusto de estrategias de mitigación que pueden aplicarse al escenario local. Estas se agruparon en cuatro categorías que dependen unas de otras: las técnicas (iluminación, CCTV), las institucionales (personal, procedimientos), las relacionadas con el factor humano (conciencia, capacitación) y las de diseño (accesibilidad universal). Se concluye que una solución eficaz necesita un enfoque integral que mezcle intervenciones físicas con la administración de la organización y el cambio de conducta, en vez de confiar en una sola medida.

Se formuló un plan para el control de riesgos, viable y técnicamente fundamentado. La propuesta no es solo un conjunto de sugerencias, sino que es un sistema completo con especificaciones técnicas, recursos necesarios, restricciones e indicadores de seguimiento. Este plan está creado para que el INCOFER lo implemente en un plazo intermedio, ofreciendo una guía para determinar qué intervenciones se deben realizar, distribuir los recursos y evaluar el avance de la mejora constante de la seguridad ferroviaria.

Este trabajo revela que la seguridad de los andenes ferroviarios en Costa Rica es un campo que necesita ser atendido con urgencia y una inversión táctica. La diferencia entre las condiciones presentes y los estándares internacionales no solo pone en peligro la integridad física de las personas, sino que también constituye un obstáculo para el progreso de un sistema de transporte público que sea sostenible, moderno e inclusivo. El desarrollo de la propuesta aquí presentada constituye una oportunidad clave para que el

INCOFER continúe fortaleciendo la gestión de su infraestructura, afianzando su papel como eje central de la movilidad urbana en Costa Rica y colaborando directamente al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Recomendaciones

Las sugerencias que se presentan aquí están dirigidas a cualquier institución interesada en implementar esta propuesta, por ejemplo, al INCOFER o al TEC. Para investigaciones futuras, se recomienda ampliar el análisis con la inclusión de nuevas variables que tengan un impacto positivo en el comportamiento de pasajeros y la accesibilidad en los andenes, teniendo en cuenta la variedad de zonas que abarca todo el recorrido de un viaje, que además priorice los riesgos mediante una matriz de riesgo (probabilidad vs. impacto), acompañado de una revisión directa con respecto a la normativa nacional vigente para la cantidad de señalización y luxes para la iluminación. Asimismo, se aconseja incluir datos estadísticos con una cantidad adecuada de repeticiones o muestras extensas para permitir un análisis estricto y representativo sobre el uso y rendimiento de los andenes.

Por otro lado, se sugiere que los estudios futuros profundicen en la evaluación del impacto de las estrategias de gestión y accesibilidad en diferentes situaciones, teniendo en cuenta, sobre todo, la variedad de condiciones de movilidad reducida que existen entre los usuarios. En esta línea, se recomienda utilizar métodos que favorezcan la toma de decisiones multicriterio, como el Proceso Analítico Jerárquico (AHP), que posibilita una valoración y priorización ordenada y clara de varios factores. Es importante señalar que, aunque mejorar un andén supone un progreso relevante en relación con la accesibilidad, este hecho por sí solo no asegura que las personas con distintos tipos de discapacidad sean completamente incluidas. La integración coherente de las variables funcionales y físicas es fundamental para lograr una accesibilidad verdaderamente universal. Esto debe hacerse a través de un enfoque integral que tenga en cuenta la interacción entre la infraestructura, el funcionamiento y el comportamiento del usuario.

Además, se aconseja crear un método sistemático para definir criterios de evaluación de las estrategias de mitigación, basado en el principio "Tan Bajo Como Sea Razonablemente Practicable" (ALARP). Esta perspectiva posibilitará dar prioridad a las intervenciones que disminuyan los riesgos hasta niveles admisibles, asegurando así una justificación técnica, económica y ética de las acciones tomadas. En donde se incluya como mínimo una clasificación cualitativa de costos para cada medida.

Por último, se aconseja de manera específica al INCOFER evaluar e impulsar la participación de la municipalidad correspondiente y de las fuerzas policiales para reforzar la seguridad total en los andenes y su entorno. La articulación entre instituciones posibilitaría la creación de alianzas estratégicas que hagan más fácil la coordinación de acciones preventivas, la supervisión en lugares críticos y el manejo de situaciones peligrosas. Así, el trabajo conjunto de las entidades podría perfeccionar los recursos, repartir los gastos de forma justa y garantizar que las acciones de mitigación continúen a medio y largo plazo, fomentando un ambiente ferroviario más seguro y sustentable para los usuarios.

Referencias

- Achuthan, K., Aprigliano, V., Toro, C., Rojas, G., & Achuthan, K. (2024). *Assessing Passenger Risks and Impact Incidents at the Platform-Train Interface: Insights from Valparaíso Metro* (No. 2024090932). Preprints. <https://doi.org/10.20944/preprints202409.0932.v1>
- Arunkumar, R., D.t, T. S., D.t, G. S., G, G., & Mythreyan, A. S. (2025). Low-Cost Smart Multipurpose Rail Guard: Enhancing Safety and Accessibility at Railway Platforms. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, 12(1), 101-105. <https://doi.org/10.32628/IJSRST25121160>
- Baldassarra, A., Marinacci, C., & Ricci, S. (2024, mayo 15). Risk assessment for passengers on station platforms: A quantitative approach. *8th International Conference on Road and Rail Infrastructure*. 8th International Conference on Road and Rail Infrastructure. <https://cetra.grad.hr/ocs/index.php/cetra8/cetra2024/paper/view/1535>
- Chen, Y. (2013). *Improving railway safety risk assessment study* [D_ph, University of Birmingham]. <https://etheses.bham.ac.uk/id/eprint/4465/>
- Commission Regulation (EU) No 1300/2014 The Technical Specifications for Interoperability Relating to Accessibility of the Union's Rail System for Persons with Disabilities and Persons with Reduced Mobility, 356 OJ L (2014). <http://data.europa.eu/eli/reg/2014/1300/oj/eng>
- Dell'Olio, L., Oreña, B., & Maura Barodia, J. L. (s. f.). *Estaciones. Ferrocarriles*. <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/3092/course/section/2947/13.0%20Estaciones.pdf>
- Department for Transport and Transport Scotland. (s. f.). *Design standards for accessible railway stations*.
- Díaz, X. C. F. (2022). *Guía con "léxico y conceptos sobre ferrocarril" para profesionales de los medios de comunicación*. https://www.aec-es.eu/wp-content/uploads/2022/05/Guia-de-conceptos-ferroviarios-para-profesionales-de-los-medios_V_2-por-Xose-Carlos-Fernandez-Diaz.pdf
- Dietrich, G. J. (2018a). *Sistema de Gestión de la Seguridad Apéndice A - Definiciones Generales Ferroviarias*. Ministerio de Transporte de Argentina.

- <https://www.transporte.gob.ar/UserFiles/boletin/ANEXOS-RESOLUCION-RS-170-2018-MTR/ANEXOII-RS-170-2018-MTR.pdf>
- Dietrich, G. J. (2018b). *Sistema de Gestión de la Seguridad Apéndice B - Definiciones y clasificación de incidentes y accidentes*. Ministerio de Transporte de Argentina.
- https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2022/07/documento_9_-5_if-2018-08917018-apn-mtr_-_apendice_b_-_definiciones_y_clasificacion_de_incidentes_y_accidentes.pdf
- Esmaeeli, N., Sattari, F., Lefsrud, L., & Macciotta, R. (2024). Assessing the Risks Associated with the Canadian Railway System Using a Safety Risk Model Approach. *Transportation Research Record*, 2678(2), 795-808. <https://doi.org/10.1177/03611981231176549>
- Estudio informativo complementario del proyecto de remodelación de la red arterial ferroviaria de alicante*. (s. f.). Recuperado 25 de noviembre de 2025, de https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/estudios_en_tramites/Variante-de-Torrellano/anejo_11_plataforma_y_superestructura.pdf
- European Commission. (2012). *Risk assessment methodologies for critical infrastructure protection. Part I, a state of the art*. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2788/22260>
- Euskal Trenbide Sarea. (2022). *Libro blanco de criterios para el diseño de las estaciones de la red ferroviaria vasca con perspectiva de género*.
- Fallas, J. (2024). *Metodología para evaluar infraestructura ferroviaria en Costa Rica basada en el sistema ferroviario de Alemania*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Gintschel, S., & Kirawanich, P. (2020). A Risk-Based Analysis of Design Practices in Regard to Passenger Hazard Exposure in Open Mass Transit Stations. *Urban Rail Transit*, 6(1), 15-27. <https://doi.org/10.1007/s40864-019-00119-x>
- González, J. L. E. (2024). *Evaluación de la accesibilidad al transporte público para personas con discapacidad física*. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/69480>
- Harding, J. F., Reed, J., Elsmore, M. T., Harding, K. C., Lee, A. R., & McDonald, R. (2025). A quantitative methodology for justification of platform edge protection systems on passenger rail networks. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O*, 239(1), 68-78. <https://doi.org/10.1177/1748006X231221840>

Hernandez Sampiere, R. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). Mc Graw Hill Education.

[https://www.esup.edu.pe/wp-](https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf)

[content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-](https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf)

[Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf](https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf)

Hyeonju, K., Jinhee, K., Jaesik, H., Byeonggeun, K., & Jeonghyeon, C. (2015). *A Study on Universal Design Guideline of the Urban Railway Station*. 35-44.

INCOFER. (2024, diciembre). Plan estratégico institucional 2025-2029. *INCOFER*.

<https://www.incofer.go.cr/transparencia-institucional/plan-estrategico-institucional/>

Institucional, C. (2025, enero 13). 3.689.747 Pasajeros transportados en el 2024. *INCOFER*.

<https://www.incofer.go.cr/3-689-747-pasajeros-transportados-en-el-2024/>

Instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura (IFI) y la instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de energía (IFE), Pub. L. No. Orden TMA/135/2023, BOE-A-2023-4324 24449 (2023). <https://www.boe.es/eli/es/o/2023/02/15/tma135>

International Union of Railways. (2017). *Station security for station business—Handbook on effective solutions*. UIC Railway Publications. <https://shop.uic.org/en/other-guidelines/9168-station-security-for-station-business-handbook-on-effective-solutions.html>

Kyriaki-dis, M., Hirsch, R., & Majumdar, A. (2014). *A Global Safety Analysis and Best Practice for Metro Railways* (SSRN Scholarly Paper No. 2506596). Social Science Research Network. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2506596>

Lefrancq, R. M. (2015). Tipo de documento: Guía Estado del documento: Público. *Agencia Ferroviaria Europea*.

Lichtberger, B. (2010). *Handbuch Gleis: Unterbau, Oberbau, Instandhaltung, Wirtschaftlichkeit*. Eurailpress.

Metropolitan Council. (2012). *Station and Support Facility Design Guidelines User Guide*.

https://nacto.org/wp-content/uploads/2-11_Met-Council-Station-Support-Facility-Design-Guidelines-User-Guide_2012.pdf

NFPA 101. Código de Seguridad Humana. (s. f.). Recuperado 12 de septiembre de 2025, de

<https://www.ms.gba.gov.ar/sitios/psst/wp-content/uploads/sites/217/2023/12/NFPA-101Codigo-de-Seguridad-Humana.pdf>

Office of Rail and Road (ORR). (2015). *Design standards for accessible railway stations*.

<https://www.gov.uk/government/publications/accessible-railway-stations-design-standards>

Okada, A., & Oshima, T. (2025). Assessing the potential of half-height platform screen doors to prevent personal injury accidents: Evidence from the Tokyo metropolitan area railway network. *IATSS Research*, 49(1), 81-92. <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2025.01.002>

ONU. (2015). *17 Objetivos de Desarrollo Sostenible | Objetivos de Desarrollo Sostenible*.

<https://ods.cr/es/17-objetivos-de-desarrollo-sostenible>

Plataforma Tecnológica Ferroviaria Española. (2017). *Análisis DAFO y Prioridades Científico Tecnológicas y de Innovación del Sector Ferroviario Español*.

<https://www.ptferroviaria.es/docs/Documentos/Prioridades2017/index.html#p=48>

Pulido, D., Darido, G., Munoz-Raskin, R., & Moody, J. (2018). *Manual para el desarrollo de ferrocarriles urbanos*. Washington, DC: World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1272-9>

Qi, Y., Li, X., Liu, J., Li, H., & Yang, C. (2024). Research on evaluation of basic railway safety management capability based on combination weighting – TOPSIS. *Railway Sciences*, 4(1), 108-122.

<https://doi.org/10.1108/RS-08-2024-0034>

Rail Safety and Standards Board (RSSB). (2025). *Un ferrocarril más fuerte y eficiente*.

<https://www.rssb.co.uk/standards->

[catalogue?query=platform&statuses_allrssbdocuments=1b58a81d78ab4018ad5a3e59c04b9ec4,5f3ab26d1c81497383820180385ed205,5cd6a6fda4534db3bd34773854e22d6d,e61d1ac3893544588336dabc2a6185ef&statuses_standards=1b58a81d78ab4018ad5a3e59c04b9ec4,5f3ab26d1c81497383820180385ed205,5cd6a6fda4534db3bd34773854e22d6d,e61d1ac3893544588336dabc2a6185ef&statuses_stakeholderpublications=1b58a81d78ab4018ad5a3e59c04b9ec4,5f3ab26d1c81497383820180385ed205,5cd6a6fda4534db3bd34773854e22d6d,e61d1ac3893544588336dabc2a6185ef&statuses_signs=1b58a81d78ab4018ad5a3e59c04b9ec4,5f3ab26d1c81497383820180385ed205,5cd6a6fda4534db3bd34773854e22d6d,e61d1ac3893544588336dabc2a6185ef&statuses_rulebooks=1b58a81d78ab4018ad5a3e59c04b9ec4,5f3ab26d1c81497383820180385ed205,5cd6a6fda4534db3bd34773854e22d6d,e61d1ac3893544588336dabc2a6185ef&status=all](https://www.rssb.co.uk/standards-catalogue?query=platform&statuses_allrssbdocuments=1b58a81d78ab4018ad5a3e59c04b9ec4,5f3ab26d1c81497383820180385ed205,5cd6a6fda4534db3bd34773854e22d6d,e61d1ac3893544588336dabc2a6185ef&statuses_standards=1b58a81d78ab4018ad5a3e59c04b9ec4,5f3ab26d1c81497383820180385ed205,5cd6a6fda4534db3bd34773854e22d6d,e61d1ac3893544588336dabc2a6185ef&statuses_stakeholderpublications=1b58a81d78ab4018ad5a3e59c04b9ec4,5f3ab26d1c81497383820180385ed205,5cd6a6fda4534db3bd34773854e22d6d,e61d1ac3893544588336dabc2a6185ef&statuses_signs=1b58a81d78ab4018ad5a3e59c04b9ec4,5f3ab26d1c81497383820180385ed205,5cd6a6fda4534db3bd34773854e22d6d,e61d1ac3893544588336dabc2a6185ef&statuses_rulebooks=1b58a81d78ab4018ad5a3e59c04b9ec4,5f3ab26d1c81497383820180385ed205,5cd6a6fda4534db3bd34773854e22d6d,e61d1ac3893544588336dabc2a6185ef&status=all)

- Schneider, A., Krueger, E., Vollenwyder, B., Thureau, J., & Elfering, A. (2021). Understanding the relations between crowd density, safety perception and risk-taking behavior on train station platforms: A case study from Switzerland. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 10, 100390. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2021.100390>
- Seriani, S., & Blanche, V. (2021). Gestión de pasajeros y accesibilidad en la interfaz tren-andén en estaciones de metro. *Estudios de Transporte*, 22(2), 1-17.
- Sistema Costarricense de Información Jurídica. (s. f.). *Ley General de Ferrocarriles*. Recuperado 13 de agosto de 2025, de https://pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=36574¶m2=NRTC&strTipM=TC&utm_source=chatgpt.com
- Sistema Costarricense de Información Jurídica. (1996). *Ley de Igualdad de Oportunidades para las Personas con Discapacidad*. https://pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=23261
- Soto, I. U., & Morúa, E. V. (2016). *Metodología para elaborar una tesis*. Editorial Universidad Estatal a Distancia (EUNED). <https://ulibros.com/metodologia-para-elaborar-una-tesis-vsdc6.html>
- Szatmári, M., & Leitner, B. (2021). Vulnerability Assessment and Risk Prioritization with HRVA Method for Railway Stations. *Transportation Research Procedia*, 55, 1649-1656. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.07.155>
- Tomov, S., & Dimitrova, E. (2024). Station Passenger Barrier Systems and Their Impact on Metro Transport Services. *Engineering Proceedings*, 70(1), 56. <https://doi.org/10.3390/engproc2024070056>
- Tsai, J. C. (2005). *Mitigación de riesgos por intrusiones en vías ferroviarias en andenes de estaciones de tren* (Patent No. US 2005/0205718 A1). <https://lens.org/023-599-531-973-695>

Apéndices

Apéndice A: Especificaciones técnicas y criterios de diseño para andenes



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y CRITERIOS DE DISEÑO PARA ANDENES

Lineamientos para la Seguridad,
Accesibilidad y Funcionamiento de la
Infraestructura Ferroviaria

Laura Fabiola Solís Méndez

Especificaciones Técnicas y Criterios de Diseño para Andenes

Lineamientos para la Seguridad, Accesibilidad y
Funcionamiento de la Infraestructura Ferroviaria

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

INTRODUCCIÓN	8
OBJETIVO	8
ÁMBITO DE APLICACIÓN	8
BASE NORMATIVA	8
CRITERIOS TÉCNICOS PARA LA INFRAESTRUCTURA	9
A. ASPECTOS ESTRUCTURALES	9
1. <i>Superficies y pavimentos</i>	9
2. <i>Sistemas de circulación vertical</i>	9
3. <i>Espacios de circulación horizontal</i>	10
4. <i>Puertas y entradas</i>	11
5. <i>Especificaciones para andenes</i>	11
6. <i>Mobiliario y elementos independientes</i>	13
7. <i>Asientos</i>	14
B. ASPECTOS OPERACIONALES	14
8. <i>Señalización</i>	14
9. <i>Salidas de emergencia</i>	14
10. <i>Iluminación</i>	15
11. <i>Mantenimiento</i>	15
C. ASPECTOS CONDUCTUALES	15
12. <i>Gestión del comportamiento del usuario</i>	15

Introducción

La necesidad de ofrecer alternativas sostenibles y eficientes ante el aumento del tráfico vehicular ha impulsado, en los últimos años, un proceso de revitalización del transporte ferroviario urbano en Costa Rica. Los andenes en Costa Rica presentan desafíos significativos en materia de seguridad ferroviaria, debido a la ausencia de un plan integral de gestión de riesgos que contemple tanto las amenazas físicas como las operativas, afectando así la seguridad de usuarios, personal y equipos, y limitando la confianza ciudadana en el tren como medio de transporte eficiente y seguro. Para abordar esta problemática se plantea la elaboración de un conjunto de especificaciones técnicas y criterios de diseño para los andenes ferroviarios, que buscan determinar las condiciones básicas de seguridad, accesibilidad y funcionalidad. Estos lineamientos posibilitan la identificación y clasificación de amenazas físicas y operativas a través de análisis cualitativos futuros, lo que hará más sencillo elaborar diagnósticos estructurados y desarrollar estrategias para mitigar dichas amenazas. El método sugerido se basa en prácticas de ingeniería adecuadas y normativas internacionales, con el fin de establecer una sólida base técnica que permita mejorar gradualmente la seguridad ferroviaria en los andenes urbanas del país.

Objetivo

Establecer un conjunto de criterios y especificaciones técnicas de diseño para la mejora integral de la accesibilidad y la seguridad en los andenes ferroviarios.

Ámbito de aplicación

Esta Especificación Técnica de Interoperabilidad (ETI) se puede aplicar a todas las áreas públicas de estaciones ferroviarias que se utilizan para transportar pasajeros, tales como zonas de embarque, espera y circulación, dentro del marco del sistema ferroviario urbano costarricense.

Base normativa

Este documento se fundamenta en normas internacionales que están vinculadas con la accesibilidad universal, la seguridad ferroviaria y el diseño de infraestructura para el transporte público. Para garantizar que sea aplicable a nivel local y coherente a nivel técnico, su contenido ha sido verificado mediante el análisis cruzado de las mejores prácticas aceptadas en la industria ferroviaria, las especificaciones técnicas y las regulaciones vigentes.

Criterios técnicos para la infraestructura

A. Aspectos estructurales

1. Superficies y pavimentos

- 1.1. Las superficies de circulación deben ser antideslizantes, para evitar resbalones y caídas que puedan producir accidentes tanto en días secos como lluviosos.
- 1.2. Las superficies de circulación deben ser uniformes, sin regularidades.
- 1.3. El acabado de la superficie debe ser preferentemente continuo. En caso de no ser continuo, debe procurarse evitar las juntas con anchura mayor de 0,5 cm y profundidad mayor de 0,3 cm.
- 1.4. Las superficies para caminar deben ser nominalmente niveladas, cuya pendiente nominal debe ser $\leq 1:20$ (5%).
- 1.5. No debe hacerse uso de pisos con patrones grandes y repetidos, o con simulaciones de escalones.
- 1.6. Las superficies deben tener un acabado mate o semi mate.
- 1.7. Cuando una salida o paso esté elevado a más de 76 cm (por ejemplo: balcones, pasarelas o bordes de andenes), deberá protegerse con barandas en los lados expuestos para evitar caída que cumpla con lo establecido en la sección 2.3.
- 1.8. Las rejillas de drenaje deben estar, siempre que sea posible, desplazadas respecto de la vía de acceso y alineadas con el entorno. La distancia entre las barras de la rejilla no debe superar los 1,3 cm.

2. Sistemas de circulación vertical

2.1. Escaleras

- 2.1.1. La altura máxima del frente de los peldaños (contrahuella) debe ser de 20 cm.
- 2.1.2. La profundidad mínima de los peldaños (huella) debe ser de 23 cm.
- 2.1.3. La altura de paso libre mínima es de 200 cm.
- 2.1.4. La altura de elevación de cada escalón debe ser uniforme.
- 2.1.5. El ancho mínimo de las escaleras es de 112 cm.
- 2.1.6. Los pasamanos deben ser continuos en toda la longitud de cada tramo de escaleras.
- 2.1.7. Las escaleras deben estar provistas de pasamanos en ambos lados y en dos niveles.
- 2.1.8. Los escalones y descansos de escaleras deben tener superficies resistentes al deslizamiento.
- 2.1.9. Como mínimo, el primer escalón descendente debe tener indicadores táctiles de advertencia.
- 2.1.10. Cada borde de escalón debe incorporar un material continuo de contraste y antideslizante permanente en todo el ancho de la escalera de al menos 5 cm.
- 2.1.11. Los rebordes de las escaleras deben estar ensanchados o redondeados sin salientes.

2.2. Rampas

- 2.2.1. Todos los revestimientos de suelo deben ser antideslizantes, en seco y en mojado.
- 2.2.2. La longitud máxima de los tramos de rampa debe ser de 9 m.
- 2.2.3. El ancho de la superficie de la rampa no debe ser inferior a 150 cm (180 cm es el ancho mínimo que se necesitaría para que sea usada por dos sillas de ruedas a la vez.)
- 2.2.4. Si la rampa supera los 2,5 metros de ancho, la rampa debe estar dividida por un pasamanos en dos o más canales iguales para garantizar que todos los usuarios tengan acceso a ella.
- 2.2.5. Si la rampa tiene una anchura libre inferior a 100 cm, debe disponer de rebordes a ambos lados para impedir que se salgan las ruedas de los dispositivos de movilidad y que sean detectables para usuarios con bastones largos.
- 2.2.6. Los extremos de la rampa deben estar biselados y no exceder 2 cm de altura.
- 2.2.7. Las rampas tienen una pendiente constante de no más de 1:20 (5%).
- 2.2.8. Al pie y al comienzo de la rampa se deben colocar descansos que tengan como mínimo el ancho de la rampa y una longitud mínima de 150 cm.
- 2.2.9. Cualquier descanso intermedio a lo largo de una serie de rampas en línea recta debe tener una longitud mínima de 150 cm y estar libre de cualquier obstrucción.
- 2.2.10. Debe poseer pasamanos a ambos lados y en dos niveles.

2.3. Pasamanos

- 2.3.1. Los pasamanos y barandas deberán tener una sección circular transversal con un diámetro externo de por lo menos 1¼ pulg. (3,2 cm) y de no más de 2 pulg. (5 cm).
- 2.3.2. Debe haber un espacio libre mínimo de 4 cm entre el pasamanos y otras partes de la estructura.
- 2.3.3. En el caso de las escaleras y pasos elevados, el pasamanos o las barandas deben disponerse a una altura entre 90 y 110 cm. En el caso de escaleras, los pasamanos deben prolongarse 30 centímetros al inicio y al final del escalón.
- 2.3.4. En las rampas, el pasamanos debe disponerse a una altura comprendida entre 65 y 75 centímetros.
- 2.3.5. Se recomienda que sean de acero inoxidable.
- 2.3.6. Deben poseer un color que contraste con el resto de la infraestructura.

3. Espacios de circulación horizontal

- 3.1. Se debe proporcionar recorridos libres de obstáculos que interconecten los espacios públicos de la infraestructura:
 - Entradas y salidas
 - Mostradores de información
 - Sistemas de información visual
 - Zonas de espera

- Baños
 - Andenes
- 3.2. Los recorridos libres de obstáculos deben tener un ancho mínimo de 160 cm.
 - 3.3. Los recorridos libres de obstáculos deben tener una altura libre mínima de 220 cm.
 - 3.4. Debe facilitarse información sobre el recorrido a las personas con discapacidad visual, como mínimo mediante bandas podotáctiles contrastadas.
 - 3.5. Cuando hay resaltes, estos deben contrastar con el suelo y no podrán superar una altura de 2,5 cm.
 - 3.6. Cualquier elevación de más de 5 cm debe tener el borde biselado.
 - 3.7. Los obstáculos que no pueden ser detectados por los usuarios de bastón ni por los perros guía, deben ser bloqueados o protegidos con barandillas que se extiendan al menos 100 cm por encima del nivel del suelo.
 - 3.8. Debe existir una ruta sin escalones alternativas a las escaleras para cambios de nivel.

4. Puertas y entradas

- 4.1. Las puertas deben tener una anchura libre útil mínima de 90 cm
- 4.2. La altura libre mínima debe ser de 200 cm.
- 4.3. Las manijas de palanca deben fijarse a una altura de 100 cm, con una longitud mínima de 12 cm.
- 4.4. Los dispositivos de accionamiento de puertas deben estar entre 80 cm y 110 cm de altura.
- 4.5. La altura de los umbrales en el borde inferior de la puerta no puede ser superior a 1,5 cm.
- 4.6. Debe haber un espacio libre de 200 cm antes y después de cualquier puerta.
- 4.7. Los batientes de las puertas deben estar diseñados de manera que estas se puedan dejar abiertas a 90 grados.

5. Especificaciones para andenes

5.1. Dimensionamiento y geometría

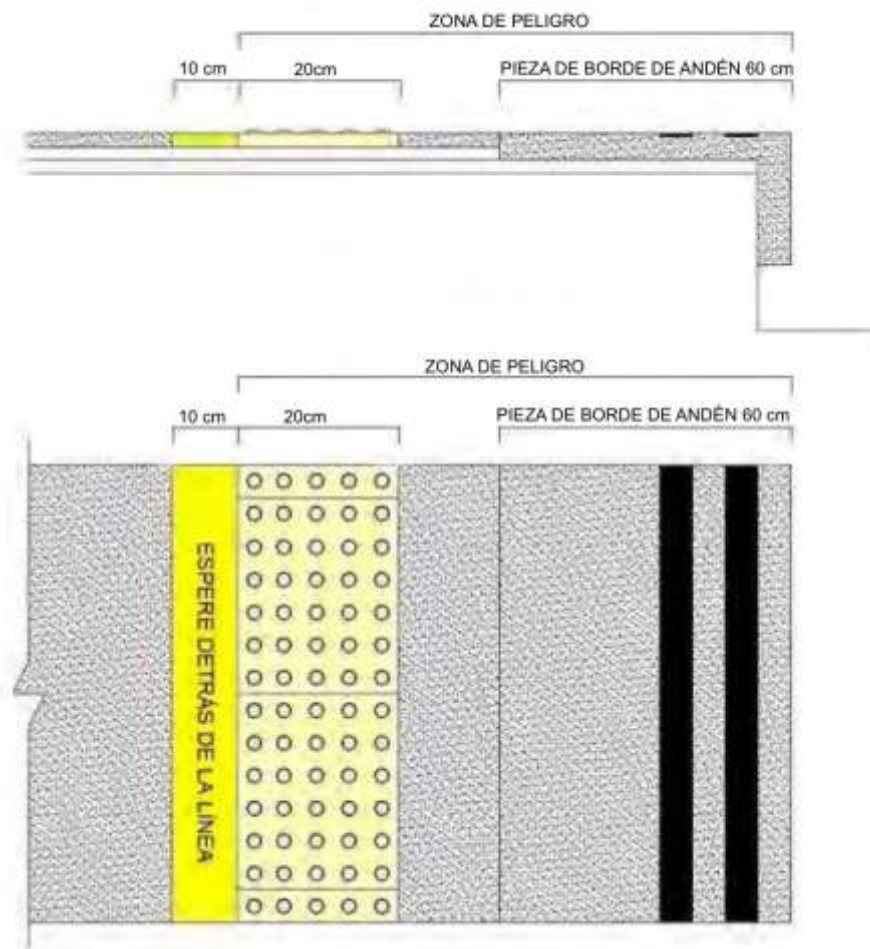
- 5.1.1. El ancho de andén debe ser mayor a 3 m.
- 5.1.2. El ancho mínimo del andén sin obstáculos es el mismo que el mencionado en el punto 3.2.
- 5.1.3. El piso del andén no debe tener más de 3.5 cm de diferencia vertical con respecto al tren.
- 5.1.4. El piso del andén no debe tener más de 7.5 cm de diferencia horizontal con respecto al tren.
- 5.1.5. Se requiere un espacio libre de 150 cm de ancho, sin obstáculos, frente a la instalación en la dirección de uso, para garantizar el desplazamiento adecuado de una silla de ruedas.
- 5.1.6. La pendiente transversal máxima será del 2% en andenes.
- 5.1.7. El pavimento guía en andén debe incluir franjas longitudinales de 40 cm de ancho.
- 5.1.8. La altura nominal de los andenes será de 110 cm sobre el plano de rodadura.
- 5.1.9. Todos los andenes situados a cielo abierto deberán contar con marquesinas que ofrezcan cobijo. La posición de la marquesina debe respetar el ancho mínimo del andén y no invadir ni

estrechar el paso. La estructura de las marquesinas debe ser lo más ligera y permeable posible y estar ubicada de tal manera que no estrechen el andén.

5.2. Sistemas de seguridad perimetral

- 5.2.1. Los andenes tienen que estar protegidos y cerrados para evitar que cualquier persona pueda acceder a ellos.
- 5.2.2. El borde del andén debe poseer una barrera o señal visual y bandas podotáctiles.
- 5.2.3. La distancia entre el borde del andén y la línea amarilla debe ser mayor a 80 cm.
- 5.2.4. La pieza de borde de andén será de 60 cm de anchura y debe incluir, al menos, dos líneas de advertencia de material no deslizante con un ancho ≥ 10 cm.

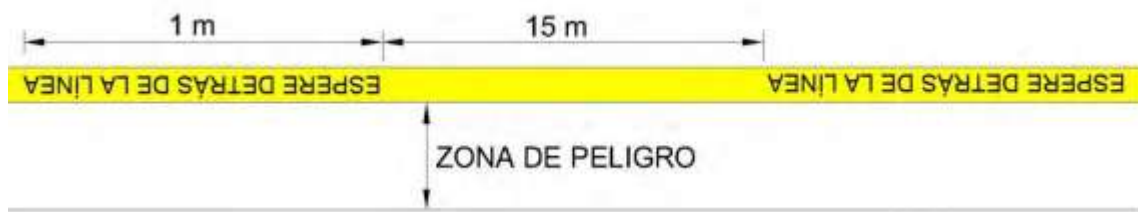
Figura 1. Configuración de borde de andén en andenes existentes



Nota: adaptado del Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana de España, 2023.

- 5.2.5. A lo largo del andén se situarán carteles de advertencia a fin de no invadir la zona de peligro con el siguiente texto «ESPERE DETRÁS DE LA LÍNEA».

Figura 2. Marcaje horizontal de la indicación “ESPERE DETRÁS DE LA LÍNEA”



Nota: adaptado del Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana de España, 2023.

5.3. Dispositivos de embarque y accesibilidad

- 5.3.1. Debe haber un sistema de almacenamiento seguro para los dispositivos de ayuda de embarque.
- 5.3.2. El dispositivo de ayuda debe incorporar un método de despliegue y almacenamiento en caso de que falle la alimentación eléctrica.
- 5.3.3. Un escalón móvil es un dispositivo retráctil integrado en el vehículo por debajo del nivel del umbral de la puerta, usado en conjunción con las secuencias de apertura y cierre de la puerta.
- 5.3.4. Los escalones de acceso y salida deben ser antideslizantes y tener un ancho libre efectivo tan grande con la puerta de entrada al tren.
- 5.3.5. El despliegue del dispositivo debe completarse antes de que la apertura de la puerta permita el paso de los viajeros y viceversa.
- 5.3.6. La rampa de embarque es un dispositivo situado entre el umbral de la puerta del vehículo y el andén, puede ser manual, semiautomática o automática.
- 5.3.7. Las rampas deben tener una superficie antideslizante y un ancho efectivo ≥ 76 cm.
- 5.3.8. Las rampas de embarque deben tener una pendiente máxima del 18%.
- 5.3.9. Un elevador de embarque es un dispositivo integrado a la puerta del andén, que en funcionamiento permite amortiguar la diferencia de altura máxima entre el suelo del vehículo y el andén.
- 5.3.10. Los elevadores deben tener una superficie antideslizante y un ancho ≥ 76 cm.
- 5.3.11. Los elevadores deben tener una longitud de 120 cm.
- 5.3.12. El elevador que sobresalga del vehículo, en su posición elevada deberá contar con una barrera de al menos 2,5 cm de altura.

6. Mobiliario y elementos independientes

- 6.1. Todos los muebles y elementos independientes de las estaciones deben contrastar con su entorno y tener bordes romos.
- 6.2. Los muebles y elementos independientes (incluidos los elementos en voladizo y suspendidos) deben estar colocados donde no obstruyan el paso a las personas invidentes o con discapacidad visual, o bien deben ser detectables por una persona que utilice bastón.

- 6.3. Los objetos independientes deben tener una altura mínima de 100 cm y deben estar provistos de bandas o remates de colores que destaquen sobre el fondo.
- 6.4. Los objetos que sobresalgan más de 10 cm en una ruta de acceso, entre 30 cm y 210 cm por encima del suelo deben estar delimitados por algún tipo de protección contra riesgos.

7. Asientos

- 7.1. En el andén en el que los viajeros están autorizados a esperar el tren y en cada zona de espera habrá como mínimo una zona con asientos y un espacio para silla de ruedas.

B. Aspectos operacionales

8. Señalización

- 8.1. Se debe detallar la información que se debe facilitar y su ubicación:
- Información de seguridad e instrucciones de seguridad
 - Señales de advertencia, prohibición y obligación
 - Información relativa a la salida de trenes
- 8.2. Se debe proporcionar un medio para transmitir la información a las personas con pérdida auditiva o sordas y para personas con pérdida visual.
- 8.3. Se debe proporcionar alertas sonoras diferenciadas por tipo de evento.
- 8.4. La información visual debe estar contrastada con su fondo.
- 8.5. Todas las señales de seguridad, advertencia, prohibición u obligación deberán incluir pictogramas.
- 8.6. Las señales de identificación deben ser visibles desde el interior del tren.
- 8.7. Se deben instalar letreros en las entradas de las estaciones que identifiquen el andén, la entrada y la salida.
- 8.8. La información de salida de trenes deberá estar disponible a altura máxima de 160 cm.
- 8.9. Debe haber al menos una señal táctil en cada entrada. Si el andén no tiene una entrada definida, las señales táctiles se colocarán en una ubicación central.
- 8.10. Si a lo largo del recorrido sin obstáculos hay pasamanos o paredes al alcance, se deberán tener información breve en Braille o en letras prismáticas o números en el pasamanos o en la pared a una altura entre 145 cm y 165 cm.
- 8.11. Se deben proporcionar relojes con contraste y elementos claramente visibles.

9. Salidas de emergencia

- 9.1. Las salidas de emergencia deben tener dimensiones mínimas de: 1,50 m de anchura y 2,25 m de altura.
- 9.2. Todas las salidas de emergencia deberán estar equipadas con alumbrado de emergencia, señalización de evacuación y comunicaciones de emergencia.

- 9.3. El alumbrado de emergencia debe proporcionar la visibilidad suficiente para la evacuación y para la identificación de los equipos de lucha contra incendios y de seguridad.

10. Iluminación

- 10.1. El nivel de iluminación debe ser suficiente para orientarse y destacar cambios de nivel.
10.2. Se debe proveer iluminación blanca.
10.3. La iluminación debe ser adaptada a las necesidades visuales a lo largo del recorrido.

11. Mantenimiento

- 11.1. Debe haber un programa de mantenimiento que incluya limpieza, eliminación de grafitis, verificación de dispositivos de seguridad y revisión periódica de pavimentos, pasamanos y señalética.
11.2. La presencia de personal o vigilancia permanente aumenta la sensación y el nivel real de seguridad.
11.3. Los andenes deben estar equipados con sistema de videovigilancia conforme a la normativa de protección de datos.
11.4. Se debe procurar el uso de revestimientos claros y materiales duraderos que faciliten la inspección y el mantenimiento.

C. Aspectos conductuales

12. Gestión del comportamiento del usuario

12.1. Uso de las instalaciones

- 12.1.1. Se deben implementar medidas de mitigación para los cruces indebidos de las vías.
12.1.2. Se deben implementar campañas y señalizaciones que logren concientizar sobre las distracciones e imprudencias de los usuarios.

12.2. Análisis de flujos peatonales

- 12.2.1. Se deben realizar estudios de capacidad y cálculo de niveles de servicio.
12.2.2. Se deben incluir simulaciones de escenarios que incluyan las horas pico y situaciones de emergencia.
12.2.3. Siempre se debe hacer una identificación de puntos críticos y tratamiento especializado para reducir riesgos.

12.3. Sistemas de gestión de multitudes

- 12.3.1. Se debe hacer una delimitación física en el que se realice una zonificación mediante elementos físicos y señalización.
12.3.2. Se debe implementar un sistema de gestión de filas de en el andén.

- 12.3.3. Se debe implementar el monitoreo en tiempo real para detección de aglomeraciones y respuesta oportuna.

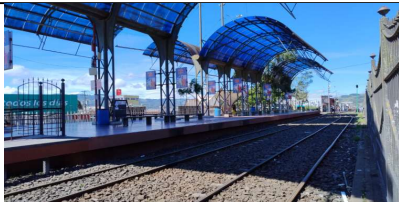
12.4. Estrategias de prevención conductual

- 12.4.1. Debe existir señalización preventiva con mensajes claros y ubicuos.
- 12.4.2. El andén debe tener un diseño disuasorio que reduzca comportamientos riesgosos (por ejemplo: disposición de barandillas, disposición de mobiliario).
- 12.4.3. Se deben promulgar programas de educación continua de concientización para el usuario sobre seguridad en andenes y uso de ayudas de embarque.

Apéndice B: Lista de verificación para la identificación de riesgos ferroviarios del andén de Cartago

LISTA DE VERIFICACIÓN PARA INSPECCIÓN DE ANDENES FERROVIARIOS

IDENTIFICACIÓN DEL ANDÉN

Andén:	Cartago	
Dirección del andén:	Av. 3, Provincia de Cartago, Cartago	
Fecha de evaluación:	06/11/2025	
Evaluador:	Fabiola Solís Méndez	

A. ASPECTOS ESTRUCTURALES			
CATEGORÍA	ÍTEM	CUMPLE	OBSERVACIONES
1. Superficies de los suelos	1.1 Superficies antideslizantes	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	Superficies de concreto.
	1.2 Superficies uniformes, sin irregularidades	☐ Sí ☐ No ☒ Parcialmente ☐ NA	Se considera que hay zonas con irregularidades.
	1.3 Juntas <0.5 cm ancho y <0.3 cm profundidad	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	1.4 Pendiente ≤ 1:20	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	Hay una breve pendiente en el extremo del andén.
	1.5 Superficies sin patrones grandes	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	1.6 Superficies mate o semi mate	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	1.7 Barandas en pasos elevados, si >76 cm	☐ Sí ☐ No ☒ Parcialmente ☐ NA	Hay una zonas con barandas y una zona elevada de aproximadamente 94 cm sin baranda.
	1.8 Rejillas de drenaje desplazadas respecto a vía de acceso con barras de rejillas ≤1.3 cm	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	El agua esta canalizada por tubería.
2.1. Escaleras	2.1.1 Altura peldaños ≤20 cm	☐ Sí ☐ No ☒ Parcialmente ☐ NA	La escalera ubicada en la zona derecha presenta una altura de peldaño aproximada de 14 cm, mientras que tanto la escalera central como la situada en la zona izquierda cuentan con peldaños de aproximadamente 20 cm de altura.
	2.1.2 Profundidad peldaños ≥23 cm	☐ Sí ☐ No ☒ Parcialmente ☐ NA	La escalera ubicada en la zona derecha presenta una profundidad de peldaño aproximada de 15 cm, mientras que la escalera central alcanza los 40 cm y la situada en la zona izquierda tiene 39 cm de profundidad.
	2.1.3 Altura de paso libre ≥200 cm	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	2.1.4 Misma altura para todos los escalones	☐ Sí ☐ No ☒ Parcialmente ☐ NA	La escalera central cumple, la de los laterales poseen variaciones de aproximadamente 1 cm respecto a la medida establecida.
	2.1.5 Ancho mínimo ≥112 cm	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	2.1.6 Pasamanos continuos en toda la longitud	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	2.1.7 Pasamanos ambos lados y a dos alturas	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	Las escaleras no poseen pasamanos.
	2.1.8 Superficies antideslizantes	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	2.1.9 Indicadores táctiles en el primer escalón	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	2.1.10 Material contraste y antideslizante en los bordes (≥5 cm)	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	2.1.11 Rebordes ensanchados o redondeados	☐ Sí ☐ No ☒ Parcialmente ☐ NA	La escalera en el extremo derecho no posee rebordes.

LISTA DE VERIFICACIÓN PARA INSPECCIÓN DE ANDENES FERROVIARIOS

A. ASPECTOS ESTRUCTURALES			
CATEGORÍA	ÍTEM	CUMPLE	OBSERVACIONES
2.2. Rampas	2.2.1 Suelos antideslizantes en seco/mojado	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	2.2.2 Longitud máxima de los tramos ≤9 m	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	Las longitudes son de aproximadamente 7.37 m y 7 m.
	2.2.3 Ancho superficie ≥150 cm	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	La rampa central posee un ancho de 1.25 m. La rampa de la zona izquierda posee un ancho aproximado de 1.38 m.
	2.2.4 División con pasamanos en rampas >2.5 m	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	
	2.2.5 Rebordes en rampas <100 cm de ancho	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	Ninguna rampa es menor a 100 cm.
	2.2.6 Extremos biselados (≤2 cm)	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	2.2.7 Pendiente constante ≤5%	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	La pendiente de la rampa central es de 11.4%. La pendiente de la rampa de la zona izquierda es de 11.1%.
	2.2.8 Descansos al pie/comienzo ≥150 cm	☐ Sí ☐ No ☒ Parcialmente ☐ NA	
	2.2.9 Descansos intermedios ≥150 cm, libres	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	No hay rampas lo suficientemente largas para requerir descansos.
	2.2.10 Pasamanos ambos lados y dos alturas	☐ Sí ☐ No ☒ Parcialmente ☐ NA	
2.3. Pasamanos	2.3.1 Diámetro entre 3.2-5 cm	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	El diámetro es de aproximadamente 1 pulg.
	2.3.2 Espacio libre entre la estructura ≥4 cm	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	No hay estructuras como paredes, muros.
	2.3.3 Altura 90-110 cm en pasos elevados y escaleras+prolongación 30 cm	☐ Sí ☐ No ☒ Parcialmente ☐ NA	La altura es de 90 cm. En escaleras no hay pasamanos.
	2.3.4 Altura 65-75 cm en rampas	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	La altura es de 90 cm.
	2.3.5 Acero inoxidable (recomendado)	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	2.3.6 Color contrastante	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	Son color negro.
3. Espacios de circulación horizontal	3.1 Conexión entre todos espacios públicos	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	3.2 Ancho mínimo ≥160 cm	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	3.3 Altura libre ≥220 cm	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	3.4 Bandas podotáctiles contrastadas	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	3.5 Resaltes contrastados y ≤2.5 cm	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	La superficie es uniforme.
	3.6 Bordes biselados en elevaciones >5 cm	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	3.7 Barandillas ≥100 cm en obstáculos no detectables	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	Se considera que no hay obstáculos no identificables.
	3.8 Ruta alternativa sin escaleras	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
4. Puertas y entradas	4.1 Ancho libre útil ≥90 cm	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	4.2 Altura libre ≥200 cm	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	4.3 Manijas a 100 cm, longitud ≥12 cm	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	Las puertas no son accionadas por los usuarios.
	4.4 Dispositivos accionamiento 80-110 cm altura	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	
	4.5 Umbrales en el borde inferior ≤1.5 cm	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	No posee umbrales significativos.
	4.6 Espacio libre 200 cm antes/después	☐ Sí ☐ No ☒ Parcialmente ☐ NA	El espacio esta integrado en la misma estructura que da continuidad a la ruta.
	4.7 Puertas se abren 90° y mantienen	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	

LISTA DE VERIFICACIÓN PARA INSPECCIÓN DE ANDENES FERROVIARIOS

A. ASPECTOS ESTRUCTURALES			
CATEGORÍA	ÍTEM	CUMPLE	OBSERVACIONES
5.1. Dimensiones y geometría del andén	5.1.1 Ancho andén >3 m	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	El ancho del andén frontal va de lo 3 m a 4.83 m y el ancho del andén posterior va de 3.3 m a 4.57 m.
	5.1.2 Ancho libre obstáculos ≥160 cm	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	El ancho que va de los asientos al borde del andén es mayor a 1.60 m.
	5.1.3 Diferencia vertical andén-tren ≤3.5 cm	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	Del lado posterior la diferencia es de aproximadamente 15 cm y del lado frontal es de aproximadamente 20 cm.
	5.1.4 Diferencia horizontal andén-tren ≤7.5 cm	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	Del lado posterior la diferencia es de aproximadamente 35 cm y del lado frontal es de aproximadamente 15 cm.
	5.1.5 Espacio libre de 150 cm de ancho para sillas de ruedas	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	5.1.6 Pendiente transversal ≤2%	☐ Sí ☐ No ☒ Parcialmente ☐ NA	Hay una breve pendiente en el extremo del andén.
	5.1.7 Franjas guía longitudinales con un ancho de 40 cm	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	5.1.8 Altura nominal 105 cm sobre la vía	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	La altura del andén frontal va de 94 cm a 105 cm. La altura posterior del andén va de 91 cm 96 cm.
	5.1.9 Marquesinas en andenes a cielo abierto	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
5.2. Seguridad perimetral en el andén	5.2.1 Andenes protegidos y cerrados	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	5.2.2 Barreras/señales en el borde del andén	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	5.2.3 Distancia borde-línea amarilla >80 cm	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	5.2.4 Pieza de borde 60 cm con 2 líneas antideslizantes	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	5.2.5 Carteles "ESPERE DETRÁS DE LA LÍNEA"	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
5.3. Dispositivos de embarque	5.3.1 Almacenamiento seguro dispositivos ayuda	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	Los dispositivos de embarque no tienen lugar de almacenamiento seguro.
	5.3.2 Método manual despliegue/almacenamiento	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	5.3.4 Escalones antideslizantes, con ancho igual a la puerta	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	El ancho es menor que el ancho de la puerta.
	5.3.5 Despliegue completo antes apertura puertas	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	Las escaleras estan colocadas de manera fija.
	5.3.7 Rampas antideslizantes, ancho ≥76 cm	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	La rampa tiene un ancho de aproximadamente 1 m.
	5.3.8 Pendiente máxima rampas ≤18%	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	La pendiente es de 27%.
	5.3.10 Elevadores antideslizantes, ancho ≥76 cm	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	No se identificaron elevadores de embarque.
	5.3.11 Longitud de elevadores 120 cm	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	
	5.3.12 Barrera ≥2.5 cm en elevadores que sobresalen	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	
6. Mobiliario y elementos independientes	6.1 Elementos contrastan, bordes romos	☐ Sí ☐ No ☒ Parcialmente ☐ NA	
	6.2 Colocados sin obstruir paso o detectables	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	Las columnas de las marquesitas y los asientos estan colocadas en el espacio de circulación.
	6.3 Altura ≥100 cm + bandas contrastantes	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	Lo elementos no poseen bandas o remates de colores que destaquen sobre el fondo.
	6.4 Protección en objetos que sobresalen >10 cm	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	No hay objetos que sobresalgan por encima del suelo.
7. Asientos	7.1 Zona asientos + espacio silla ruedas	☐ Sí ☐ No ☒ Parcialmente ☐ NA	El espacio de silla de ruedas es ineficiente.

LISTA DE VERIFICACIÓN PARA INSPECCIÓN DE ANDENES FERROVIARIOS

B. ASPECTOS OPERATIVOS			
CATEGORÍA	ÍTEM	CUMPLE	OBSERVACIONES
8. Señalización	8.1 Información de seguridad, advertencias y salidas	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	No hay señalización presente.
	8.2 Medios para personas con pérdida auditiva y visual	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	8.3 Alertas sonoras diferenciadas	☐ Sí ☐ No ☒ Parcialmente ☐ NA	Se cuenta con el sonido del tren al aproximarse.
	8.4 Contraste en la información visual	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	8.5 Pictogramas en señales seguridad, advertencia, prohibición u obligación	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	8.6 Señales de identificación visibles desde tren	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	8.7 Letreros identificación andén/entrada/salida	☐ Sí ☐ No ☒ Parcialmente ☐ NA	Hay hojas tamaño carta con la información del horario.
	8.8 Información salidas a altura ≤160 cm	☐ Sí ☐ No ☒ Parcialmente ☐ NA	El horario esta sobre una pizarra informativa a mayor altura.
	8.9 Al menos una señal táctil por entrada	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	8.10 Información Braille/letras prismáticas	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	8.11 Relojes con contraste	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
9. Salidas de emergencias	9.1 Salidas emergencia 1.5x2.25 m	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	Las salidas de emergencia son las mismas que las entradas y salidas del andén. En la zona izquierda el exceso es de 1.25 m.
	9.2 Alumbrado, señalización y comunicaciones	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	No hay salidas de emergencia especificadas.
10. Iluminación	10.1 Nivel suficiente para orientación	☐ Sí ☐ No ☒ Parcialmente ☐ NA	Hay zonas sin iluminación o con iluminación excesiva.
	10.2 Iluminación blanca	☐ Sí ☐ No ☒ Parcialmente ☐ NA	Se posee también iluminación azul y amarilla.
	10.3 Iluminación adaptada al recorrido	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
11. Mantenimiento	11.1 Programa de limpieza y revisión	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	11.2 Presencia personal o vigilancia	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	11.3 Sistema de videovigilancia	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	11.4 Revestimientos claros	☐ Sí ☐ No ☒ Parcialmente ☐ NA	

C. ASPECTOS CONDUCTUALES			
CATEGORÍA	ÍTEM	CUMPLE	OBSERVACIONES
12. Gestión del comportamiento del usuario	12.1.1 Mitigación para cruces indebidos en las vías	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	12.3.1 Delimitación física	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	12.3.2 Sistema gestión de filas	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	12.3.3 Monitoreo en tiempo real	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	12.4.1 Señalización preventiva	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	12.4.2 Diseño disuasorio en el andén	☐ Sí ☐ No ☒ Parcialmente ☐ NA	

Apéndice C: Lista de verificación para la identificación de riesgos ferroviarios del andén de Los Ángeles

LISTA DE VERIFICACIÓN PARA INSPECCIÓN DE ANDENES FERROVIARIOS

IDENTIFICACIÓN DEL ANDÉN

Andén:	Los Ángeles	
Dirección del andén:	Avenida 1A, Cartago Province, Cartago	
Fecha de evaluación:	06/11/2025	
Evaluator:	Fabiola Solís Méndez	

A. ASPECTOS ESTRUCTURALES			
CATEGORÍA	ÍTEM	CUMPLE	OBSERVACIONES
1. Superficies de los suelos	1.1 Superficies antideslizantes	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	Superficies de concreto.
	1.2 Superficies uniformes, sin irregularidades	☐ Sí ☐ No ☒ Parcialmente ☐ NA	La superficie presenta cavidades localizadas.
	1.3 Juntas <0.5 cm ancho y <0.3 cm profundidad	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	1.4 Pendiente ≤ 1:20	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	1.5 Superficies sin patrones grandes	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	1.6 Superficies mate o semi mate	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	1.7 Barandas en pasos elevados, si >76 cm	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	Se identificaron pasos elevados de 1 m en la esquina izquierda posterior del andén, 75 cm en la esquina derecha posterior del andén y 1.88 m al lado izquierdo del andén.
	1.8 Rejillas de drenaje desplazadas respecto a vía de acceso con barras de rejillas ≤1.3 cm	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	No hay canalización adecuada para el agua de lluvia.
2.1. Escaleras	2.1.1 Altura peldaños ≤20 cm	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	No hay escaleras en el andén.
	2.1.2 Profundidad peldaños ≥23 cm	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	
	2.1.3 Altura de paso libre ≥200 cm	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	
	2.1.4 Misma altura para todos los escalones	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	
	2.1.5 Ancho mínimo ≥112 cm	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	
	2.1.6 Pasamanos continuos en toda la longitud	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	
	2.1.7 Pasamanos ambos lados y a dos alturas	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	
	2.1.8 Superficies antideslizantes	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	
	2.1.9 Indicadores táctiles en el primer escalón	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	
	2.1.10 Material contraste y antideslizante en los bordes (≥5 cm)	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	
	2.1.11 Rebordes ensanchados o redondeados	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	
2.2. Rampas	2.2.1 Suelos antideslizantes en seco/mojado	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	2.2.2 Longitud máxima de los tramos ≤9 m	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	Las dos rampas presentes en el andén, poseen una longitud de 50 cm.
	2.2.3 Ancho superficie ≥150 cm	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	Las rampas tienen un ancho de aproximadamente 2.06 m.
	2.2.4 División con pasamanos en rampas >2.5 m	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	
	2.2.5 Rebordes en rampas <100 cm de ancho	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	Las rampas son mayores a 100 cm.
	2.2.6 Extremos biselados (≤2 cm)	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	

LISTA DE VERIFICACIÓN PARA INSPECCIÓN DE ANDENES FERROVIARIOS

A. ASPECTOS ESTRUCTURALES			
CATEGORÍA	ÍTEM	CUMPLE	OBSERVACIONES
2.2. Rampas	2.2.7 Pendiente constante ≤5%	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	La rampa de acceso del lado derecho tiene una pendiente de 6%. La rampa de acceso del lado izquierdo tiene una pendiente de 100%.
	2.2.8 Descansos al pie/comienzo ≥150 cm	☐ Sí ☐ No ☒ Parcialmente ☐ NA	El descanso esta integrado en la misma estructura que da continuidad a la ruta.
	2.2.9 Descansos intermedios ≥150 cm, libres	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	
	2.2.10 Pasamanos ambos lados y dos alturas	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
2.3. Pasamanos	2.3.1 Diámetro entre 3.2-5 cm	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	No hay pasamanos en el andén.
	2.3.2 Espacio libre entre la estructura ≥4 cm	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	No hay estructuras como paredes, muros.
	2.3.3 Altura 90-110 cm en pasos elevados y escaleras+prolongación 30 cm	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	
	2.3.4 Altura 65-75 cm en rampas	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	No hay pasamanos en el andén.
	2.3.5 Acero inoxidable (recomendado)	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	No hay pasamanos en el andén.
	2.3.6 Color contrastante	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	No hay pasamanos en el andén.
3. Espacios de circulación horizontal	3.1 Conexión entre todos espacios públicos	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	3.2 Ancho mínimo ≥160 cm	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	3.3 Altura libre ≥220 cm	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	3.4 Bandas podotáctiles contrastadas	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	3.5 Resaltes contrastados y ≤2.5 cm	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	La superficie es uniforme.
	3.6 Bordes biselados en elevaciones >5 cm	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	Los bordes se encuentran biselados, pero estan deteriorados.
	3.7 Barandillas ≥100 cm en obstáculos no detectables	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	Se considera que no hay obstáculos no identificables.
	3.8 Ruta alternativa sin escaleras	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
4. Puertas y entradas	4.1 Ancho libre útil ≥90 cm	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	No hay puertas en las entradas establecidas.
	4.2 Altura libre ≥200 cm	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	
	4.3 Manijas a 100 cm, longitud ≥12 cm	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	
	4.4 Dispositivos accionamiento 80-110 cm altura	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	
	4.5 Umbrales en el borde inferior ≤1.5 cm	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	
	4.6 Espacio libre 200 cm antes/después	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	
	4.7 Puertas se abren 90° y mantienen	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	
5.1. Dimensiones y geometría del andén	5.1.1 Ancho andén >3 m	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	El ancho del andén es de aproximadamente 9.20 m.
	5.1.2 Ancho libre obstáculos ≥160 cm	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	5.1.3 Diferencia vertical andén-tren ≤3.5 cm	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	La diferencia vertical es de aproximadamente 12 cm.
	5.1.4 Diferencia horizontal andén-tren ≤7.5 cm	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	La diferencia horizontal es de aproximadamente 18 cm.
	5.1.5 Espacio libre de 150 cm de ancho para sillas de ruedas	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	

LISTA DE VERIFICACIÓN PARA INSPECCIÓN DE ANDENES FERROVIARIOS

A. ASPECTOS ESTRUCTURALES			
CATEGORÍA	ÍTEM	CUMPLE	OBSERVACIONES
5.1. Dimensiones y geometría del andén	5.1.6 Pendiente transversal $\leq 2\%$	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	La pendiente transversal es de 4.35%.
	5.1.7 Franjas guía longitudinales con un ancho de 40 cm	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	No hay bandas podotáctiles.
	5.1.8 Altura nominal 105 cm sobre la vía	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	La altura de los andenes va desde los 78 a 85 cm al frente del plano de rodadura.
	5.1.9 Marquesinas en andenes a cielo abierto	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
5.2. Seguridad perimetral en el andén	5.2.1 Andenes protegidos y cerrados	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	El perímetro no esta cerrado.
	5.2.2 Barreras/señales en el borde del andén	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	No se presenta medidas de seguridad en el borde del andén.
	5.2.3 Distancia borde-línea amarilla > 80 cm	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	5.2.4 Pieza de borde 60 cm con 2 líneas antideslizantes	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	5.2.5 Carteles "ESPERE DETRÁS DE LA LÍNEA"	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
5.3. Dispositivos de embarque	5.3.1 Almacenamiento seguro dispositivos ayuda	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	En el andén no hay dispositivos de embarque.
	5.3.2 Método manual despliegue/almacenamiento	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	
	5.3.4 Escalones antideslizantes, con ancho igual a la puerta	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	No se identificaron escalones de embarque.
	5.3.5 Despliegue completo antes apertura puertas	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	
	5.3.7 Rampas antideslizantes, ancho ≥ 76 cm	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	No se identificaron rampas de embarque.
	5.3.8 Pendiente máxima rampas $\leq 18\%$	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	
	5.3.10 Elevadores antideslizantes, ancho ≥ 76 cm	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	No se identificaron elevadores de embarque.
	5.3.11 Longitud de elevadores 120 cm	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	
	5.3.12 Barrera ≥ 2.5 cm en elevadores que sobresalen	☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	
	6. Mobiliario y elementos independientes	6.1 Elementos contrastan, bordes romos	☐ Sí ☐ No ☒ Parcialmente ☐ NA
6.2 Colocados sin obstruir paso o detectables		☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	Las columnas de las marquesitas estan colocadas en el espacio de circulación.
6.3 Altura ≥ 100 cm + bandas contrastantes		☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	Lo elementos no poseen bandas o remates de colores que destaquen sobre el fondo.
6.4 Protección en objetos que sobresalen > 10 cm		☐ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☒ NA	No hay objetos que sobresalgan por encima del suelo.
7. Asientos	7.1 Zona asientos + espacio silla ruedas	☐ Sí ☐ No ☒ Parcialmente ☐ NA	No hay espacios destinados a sillas de ruedas.

LISTA DE VERIFICACIÓN PARA INSPECCIÓN DE ANDENES FERROVIARIOS

B. ASPECTOS OPERATIVOS			
CATEGORÍA	ÍTEM	CUMPLE	OBSERVACIONES
8. Señalización	8.1 Información de seguridad, advertencias y salidas	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	No hay señalización presente.
	8.2 Medios para personas con pérdida auditiva y visual	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	8.3 Alertas sonoras diferenciadas	☐ Sí ☐ No ☒ Parcialmente ☐ NA	Se cuenta con el sonido del tren al aproximarse.
	8.4 Contraste en la información visual	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	8.5 Pictogramas en señales seguridad, advertencia, prohibición u obligación	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	8.6 Señales de identificación visibles desde tren	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	8.7 Letreros identificación andén/entrada/salida	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	8.8 Información salidas a altura ≤160 cm	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	8.9 Al menos una señal táctil por entrada	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	8.10 Información Braille/letras prismáticas	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	8.11 Relojes con contraste	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
9. Salidas de emergencias	9.1 Salidas emergencia 1.5x2.25 m	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	No hay salidas de emergencia especificadas.
	9.2 Alumbrado, señalización y comunicaciones	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
10. Iluminación	10.1 Nivel suficiente para orientación	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	Solo al iluminación en los extremos del andén.
	10.2 Iluminación blanca	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	La iluminación es amarilla.
	10.3 Iluminación adaptada al recorrido	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	Solo hay dos lumarias, una a cada lado.
11. Mantenimiento	11.1 Programa de limpieza y revisión	☒ Sí ☐ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	11.2 Presencia personal o vigilancia	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	No hay personal de seguridad.
	11.3 Sistema de videovigilancia	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	No hay cámaras de vigilancia.
	11.4 Revestimientos claros	☐ Sí ☐ No ☒ Parcialmente ☐ NA	Se encuentran grafitis.

C. ASPECTOS CONDUCTUALES			
CATEGORÍA	ÍTEM	CUMPLE	OBSERVACIONES
12. Gestión del comportamiento del usuario	12.1.1 Mitigación para cruces indebidos en las vías	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	12.3.1 Delimitación física	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	12.3.2 Sistema gestión de filas	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	12.3.3 Monitoreo en tiempo real	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	12.4.1 Señalización preventiva	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	
	12.4.2 Diseño disuasorio en el andén	☐ Sí ☒ No ☐ Parcialmente ☐ NA	

Apéndice D: Guía de observación estructurada para el andén de Cartago

GUÍA DE OBSERVACIÓN ESTRUCTURADA PARA ANDENES FERROVIARIOS

IDENTIFICACIÓN DEL ANDÉN

Andén observado:	Cartago.	
Fecha:	06/11/2025	
Hora de observación:	6:20 a.m y 6:22 p.m	
Observador:	Fabiola Solís Mendéz e Irving Pizarro.	

1. SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL

Elemento	Evaluación	Observaciones
Ubicación de señales	☐ Adecuada ☒ Inadecuada	En el andén hay breve señalización en una pizarra informativa y sobre los asientos prioritarios.
Legibilidad	☐ Clara ☒ Difícil de leer	La tipografía de las letras es pequeña.
Coherencia con entorno	☒ Coherente ☐ Incoherente	
Estado de conservación	☐ Bueno ☐ Regular ☒ Malo	Las señalización presente está sobre papel.

Ejemplos específicos observados

Señales desgastadas o vandalizadas:	El papel de la señalización se encuentra alabeado.
Contradicciones entre señales:	
Ubicación que obstruye visibilidad:	Las señales están a no más de un metro sobre el suelo.

2. ELEMENTOS DE ACCESIBILIDAD UNIVERSAL

Elemento	Existencia	Condición	Observaciones
Pavimento táctil	☐ Sí ☒ No	☐ Bueno ☐ Regular ☐ Malo	
Rampas	☒ Sí ☐ No	☐ Bueno ☒ Regular ☐ Malo	Las rampas poseen superficie uniforme, pendiente mayor al 5% establecido. Sin pasamanos.
Pasamanos	☒ Sí ☐ No	☒ Bueno ☐ Regular ☐ Malo	Su color no contrasta con el entorno.
Contraste de colores	☐ Sí ☒ No	☐ Adecuado ☒ Inadecuado	Se usan colores que no contrastan. Los inicios y bordes de escaleras no contrastan. El borde del andén no contrasta.

Problemas específicos identificados

Pavimento táctil obstruido:	No hay señalización táctil.
Rampas con pendiente excesiva:	Las rampas superan el 5% de pendiente.
Falta de mantenimiento:	

GUÍA DE OBSERVACIÓN ESTRUCTURADA PARA ANDENES FERROVIARIOS

3. ASPECTOS ESTRUCTURALES

Comportamiento	Frecuencia	Observaciones
Fisuras en estructuras	☐ Frecuente ☐ Ocasional ☒ Raro	
Desniveles en el pavimento	☐ Frecuente ☒ Ocasional ☐ Raro	El extremo frontal derecho del andén, posee un desnivel significativo.
Deterioro de materiales	☐ Frecuente ☐ Ocasional ☒ Raro	
Ausencia de accesibilidad universal	☒ Sí ☐ No	Solo hay rampas y pasamanos en pocas zonas.

Patrones identificados

Fisuras en:	Superficies.
Elementos de accesibilidad faltantes	Bandas podotáctiles.
Materiales deteriorados en:	

4. COMPORTAMIENTOS DE LOS USUARIOS

Comportamiento	Frecuencia	Observaciones
Cruces inapropiados de vías	☐ Frecuente ☐ Ocasional ☒ Raro	
Permanencia en áreas peligrosas	☐ Frecuente ☒ Ocasional ☐ Raro	El borde del andén es transitado constantemente.
Uso de dispositivos móviles en zonas de riesgo	☒ Frecuente ☐ Ocasional ☐ Raro	
Incumplimiento de líneas de seguridad	☐ Frecuente ☐ Ocasional ☐ Raro	No hay líneas de seguridad.

Patrones conductuales identificados

Horarios de mayor riesgo:	Los de la mañana.
Grupos de edad más propensos:	Adultos mayores.
Zonas críticas:	Borde del andén.

GUÍA DE OBSERVACIÓN ESTRUCTURADA PARA ANDENES FERROVIARIOS

5. INTERACCIÓN USUARIOS-ENTORNO FERROVIARIO		
Aspecto	Evaluación	Observaciones
Flujo de pasajeros en horas pico	☒ Fluído ☐ Congestionado ☐ Caótico	
Uso de espacios designados	☐ Adecuado ☒ Inadecuado	Los "asientos preferenciales" no son respetados.
Distribución de personas en andén	☐ Uniforme ☒ Concentrada	
Tiempo de espera promedio	☐ <5 min ☒ 5-15 min ☐ >15 min	

Dinámicas observadas	
Comportamiento durante llegada de tren:	Aglomeraciones en las puertas del tren.
Movimiento durante subida/bajada:	Choque de usuarios en el embarque y desembarque.
Interacción con personal:	Están dispuestos a ayudar a los usuarios.

6. CUMPLIMIENTO DE NORMAS Y SISTEMAS DE ADVERTENCIA		
Elemento	Evaluación	Observaciones
Operación sistemas audiovisuales	☐ Funcional ☐ Intermitente ☐ No funciona	No hay sistemas audiovisuales.
Presencia y acción del personal	☐ Activa ☒ Pasiva ☐ Ausente	
Cumplimiento normas básicas	☐ Alto ☒ Medio ☐ Bajo	A pesar de no haber señalización con prohibiciones. Las personas poseen un comportamiento adecuado

*Sucesos críticos observados

Apéndice E: Guía de observación estructurada para el andén de Los Ángeles

GUÍA DE OBSERVACIÓN ESTRUCTURADA PARA ANDENES FERROVIARIOS

IDENTIFICACIÓN DEL ANDÉN

Andén observado:	Los Ángeles.	
Fecha:	06/11/2025	
Hora de observación:	6:30 a.m y 5:30 p.m	
Observador:	Fabiola Solís Mendéz e Irving Pizarro.	

1. SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL

Elemento	Evaluación	Observaciones
Ubicación de señales	☐ Adecuada ☐ Inadecuada	No hay señalización presente.
Legibilidad	☐ Clara ☐ Difícil de leer	
Coherencia con entorno	☐ Coherente ☐ Incoherente	
Estado de conservación	☐ Bueno ☐ Regular ☐ Malo	

Ejemplos específicos observados

Señales desgastadas o vandalizadas:	
Contradicciones entre señales:	
Ubicación que obstruye visibilidad:	

2. ELEMENTOS DE ACCESIBILIDAD UNIVERSAL

Elemento	Existencia	Condición	Observaciones
Pavimento táctil	☐ Sí ☒ No	☐ Bueno ☐ Regular ☐ Malo	
Rampas	☒ Sí ☐ No	☐ Bueno ☒ Regular ☐ Malo	Las rampas poseen una superficie uniforme.
Pasamanos	☐ Sí ☒ No	☐ Bueno ☐ Regular ☐ Malo	No hay pasamanos.
Contraste de colores	☐ Sí ☒ No	☐ Adecuado ☐ Inadecuado	Se usan colores que no contrastan. El borde del andén no contrasta.

Problemas específicos identificados

Pavimento táctil obstruido:	No hay señalización táctil
Rampas con pendiente excesiva:	Si
Falta de mantenimiento:	Sí

GUÍA DE OBSERVACIÓN ESTRUCTURADA PARA ANDENES FERROVIARIOS

3. ASPECTOS ESTRUCTURALES

Comportamiento	Frecuencia	Observaciones
Fisuras en estructuras	☐ Frecuente ☐ Ocasional ☒ Raro	
Desniveles en el pavimento	☒ Frecuente ☐ Ocasional ☐ Raro	La superficie posee un desnivel que va del centro al borde del andén.
Deterioro de materiales	☐ Frecuente ☒ Ocasional ☐ Raro	El andén no posee un mantenimiento óptimo.
Ausencia de accesibilidad universal	☒ Sí ☐ No	No hay barandas/pasamanos. No hay señalización para personas con discapacidades visuales o auditivas.

Patrones identificados

Fisuras en:	Superficies.
Elementos de accesibilidad faltantes	Bandas podotáctiles.
Materiales deteriorados en:	Marquesitas.

4. COMPORTAMIENTOS DE LOS USUARIOS

Comportamiento	Frecuencia	Observaciones
Cruces inapropiados de vías	☐ Frecuente ☐ Ocasional ☒ Raro	
Permanencia en áreas peligrosas	☒ Frecuente ☐ Ocasional ☐ Raro	El borde del andén y el extremo posterior es transitado constantemente.
Uso de dispositivos móviles en zonas de riesgo	☒ Frecuente ☐ Ocasional ☐ Raro	
Incumplimiento de líneas de seguridad	☐ Frecuente ☐ Ocasional ☐ Raro	No hay líneas de seguridad.

Patrones conductuales identificados

Horarios de mayor riesgo:	Los de la mañana.
Grupos de edad más propensos:	Adultos mayores, PMR.
Zonas críticas:	Borde del andén.

GUÍA DE OBSERVACIÓN ESTRUCTURADA PARA ANDENES FERROVIARIOS

5. INTERACCIÓN USUARIOS-ENTORNO FERROVIARIO		
Aspecto	Evaluación	Observaciones
Flujo de pasajeros en horas pico	☐ Fluido ☒ Congestionado ☐ Caótico	
Uso de espacios designados	☐ Adecuado ☐ Inadecuado	No hay espacios designados.
Distribución de personas en andén	☒ Uniforme ☐ Concentrada	
Tiempo de espera promedio	☐ <5 min ☒ 5-15 min ☐ >15 min	

Dinámicas observadas	
Comportamiento durante llegada de tren:	Aglomeraciones en las puertas del tren.
Movimiento durante subida/bajada:	Choque de usuarios en el embarque y desembarque.
Interacción con personal:	Solo hay una persona encargada en los horarios de la mañana.

6. CUMPLIMIENTO DE NORMAS Y SISTEMAS DE ADVERTENCIA		
Elemento	Evaluación	Observaciones
Operación sistemas audiovisuales	☐ Funcional ☐ Intermitente ☐ No funciona	No hay sistemas audiovisuales.
Presencia y acción del personal	☐ Activa ☐ Pasiva ☒ Ausente	
Cumplimiento normas básicas	☐ Alto ☐ Medio ☒ Bajo	

*Sucesos críticos observados

Apéndice F: Marco técnico normativo

MARCO TÉCNICO NORMATIVO

PELIGRO O PUNTO DE CONTACTO	RIESGO/ GENERALIDAD ASOCIADO	DOCUMENTO	ESPECIFICACIÓN
Descanso / descanso intermedio	Resbalón en el material, seco o mojado	NFPA 101:2012 Capítulo 7: medios de egreso	7.1.6.4 Resistencia al Deslizamiento. Las superficies para caminar deberán presentar resistencia al deslizamiento dentro de las condiciones previsibles. La superficie de tránsito de cada elemento del medio de egreso deberá ser uniformemente antideslizante a lo largo de la dirección natural de recorrido.
			7.2.2.2.1 (a) & (b) Escaleras Normalizadas. Deberán estar de acuerdo con la Tabla 7.2.2.2.1(a). (b) Se deberá permitir que las escaleras existentes en los edificios ya existentes permanezcan en uso siempre que cumplan con los requisitos para las escaleras que figuran en la Tabla 7.2.2.2.1(b). Cuando así lo apruebe la autoridad competente, se deberá permitir que las escaleras ya existentes sean reconstruidas de acuerdo con la Tabla 7.2.2.2.1(b) de criterios dimensionales para escaleras ya existentes, y de acuerdo con otros requisitos en 7.2.2 para escaleras del Código.
			7.2.2.3.5 Altura del Frente de los Peldaños y Profundidad de los Escalones. La altura del frente de los peldaños se deberá medir como la distancia vertical entre los rebatidos de los escalones. La profundidad de los escalones deberá ser medida horizontalmente entre los planos verticales de la proyección delantera de los escalones adyacentes y en un ángulo recto al borde de entrada, pero no deberá incluir las superficies biseladas o redondeadas de los escalones de pendientes de más de 20 grados (una pendiente de 1 en 2,75). En los rebatidos de los escalones, dicho biselado o redondeado no deberá ser de más de ½ pulg. (1,3 cm) en la dimensión horizontal
	Resbalón en pendiente, seco o mojado	NFPA 101:2012 Capítulo 7	7.2.8.4.2 Resistencia al Deslizamiento. Los escalones y los descansos de las escaleras de escape contra incendio nuevas o reemplazadas deberán tener superficies resistentes al deslizamiento.
			7.1.6.4 Resistencia al Deslizamiento.
			7.2.2.2.1 (a) & (b) Escaleras Normalizadas.
	Tropezón por cambios de nivel	NFPA 101:2012 Capítulo 7	7.2.2.3.5 Altura del Frente de los Peldaños y Profundidad de los Escalones.
			7.2.8.4.2 Resistencia al Deslizamiento.
			7.1.6.4 Resistencia al Deslizamiento.
	Tropezón por trabajo irregular	NFPA 101:2012 Capítulo 7	7.2.2.2.1 (a) & (b) Escaleras Normalizadas.
			7.2.2.3.5 Altura del Frente de los Peldaños y Profundidad de los Escalones.
			7.2.8.4.2 Resistencia al Deslizamiento.
Escaleras	Caída en escaleras relacionada con una distancia vertical grande entre descansos	NFPA 101:2012 Capítulo 7	7.1.6.2 Cambios de Altura. Los cambios abruptos de altura en las superficies para caminar no deberán exceder ¼ de pulg. (0,6 cm). Los cambios de altura que superen ¼ de pulg. (0,6 cm) pero no excedan la ½ pulg. (1,3 cm), deberán biselarse con una inclinación de 1 a 2. Los cambios de altura que superen la ½ pulg. (1,3 cm) deberán ser considerados como un cambio de nivel y estarán sujetos a los requisitos de 7.1.7.
			7.1.6.3 Nivel. Las superficies para caminar deberán ser nominalmente niveladas. La pendiente de las superficies para caminar en la dirección de recorrido no deberá tener una inclinación mayor que 1 en 20, salvo que se cumplan los requisitos para rampas de 7.2.5. La pendiente perpendicular a la dirección de recorrido no deberá ser mayor que 1 en 48.
			7.2.2.2.1 (a) & (b) Escaleras Normalizadas.
	Resbalón, tropiezo o caída debido a la visibilidad	NFPA 101:2012 Capítulo 7	7.8 Iluminación de los medios de egreso
			7.1.6.4 Resistencia al Deslizamiento.
			7.2.2.2.1 (a) & (b) Escaleras Normalizadas.
	Deslizamiento en el material, seco o mojado	NFPA 101:2012 Capítulo 7	7.2.2.3.5 Altura del Frente de los Peldaños y Profundidad de los Escalones.
			7.2.8.4.2 Resistencia al Deslizamiento.
			7.1.6.4 Resistencia al Deslizamiento.
	Resbalón en la pendiente de la huella, seco o mojado	NFPA 101:2012 Capítulo 7	7.2.2.2.1 (a) & (b) Escaleras Normalizadas.
			7.2.2.3.5 Altura del Frente de los Peldaños y Profundidad de los Escalones.
			7.2.8.4.2 Resistencia al Deslizamiento.
Escaleras	Resbalón debido a una profundidad de huella insuficiente	NFPA 101:2012 Capítulo 7	7.1.6.4 Resistencia al Deslizamiento.
			7.2.2.2.1 (a) & (b) Escaleras Normalizadas.
			7.2.2.3.5 Altura del Frente de los Peldaños y Profundidad de los Escalones.
	Resbalón debido a una profundidad de huella excesiva	NFPA 101:2012 Capítulo 7	7.2.8.4.2 Resistencia al Deslizamiento.
			7.1.6.4 Resistencia al Deslizamiento.
			7.2.2.2.1 (a) & (b) Escaleras Normalizadas.
	Tropezón en el borde de la escalera	NFPA 101:2012 Capítulo 7	7.2.2.3.5 Altura del Frente de los Peldaños y Profundidad de los Escalones.
			7.2.8.4.2 Resistencia al Deslizamiento.
			7.1.6.4 Resistencia al Deslizamiento.
	Tropezón en la altura de la escalera	NFPA 101:2012 Capítulo 7	7.2.2.2.1 (a) & (b) Escaleras Normalizadas.
			7.2.2.3.5 Altura del Frente de los Peldaños y Profundidad de los Escalones.
			7.2.8.4.2 Resistencia al Deslizamiento.

MARCO TÉCNICO NORMATIVO

PELIGRO O PUNTO DE CONTACTO	RIESGO/ GENERALIDAD ASOCIADO	DOCUMENTO	ESPECIFICACIÓN
Escaleras	Impacto por la protuberancia de objetos	NFPA 101:2012 Capítulo 7	7.1.6.4 Resistencia al Deslizamiento.
			7.2.2.2.1 (a) & (b) Escaleras Normalizadas.
			7.1.5 Altura libre. Los medios de egreso se deberán diseñar y mantener para proporcionar una altura libre, según lo prescrito en otras secciones de este Código, y deberá tener por lo menos 7 pies 6 pulg. (2,3 m) con proyecciones desde el cielorraso de por lo menos 6 pies 8 pulg. (2 m) de altura nominal por encima del piso terminado. La altura mínima del cielorraso deberá mantenerse a no menos de dos tercios del área de cielorraso de cualquier habitación o espacio, siempre que la altura del cielorraso del resto no sea menor que 6 pies 8 pulg. (2 m). La altura libre sobre las escaleras no deberá ser menor que 6 pies 8 pulg. (2 m) y se deberá medir verticalmente por encima de una plano paralelo a una tangente con la proyección más adelantada de los peldaños de la escalera.
	Resbalón, tropezón o caída debido a la visibilidad	NFPA 101:2012 Capítulo 7	7.8 Iluminación de los medios de egreso
	Caída por falta de baranda	NFPA 101:2012 Capítulo 7	7.2.2.4 Barandas y Pasamanos.
	Resbalón, tropezón con resultado de caída	NFPA 101:2012 Capítulo 7: medios de egreso	7.1.6.4 Resistencia al Deslizamiento.
			7.2.2.2.1 (a) & (b) Escaleras Normalizadas.
			7.2.2.3.5 Altura del Frente de los Peldaños y Profundidad de los Escalones.
			7.2.8.4.2 Resistencia al Deslizamiento.
			7.2.2.4 Barandas y Pasamanos.
			7.2.2.4.2 Pasamanos. Las escaleras y las rampas deberán tener pasamanos a ambos lados. Además, deberán existir pasamanos dentro de las 30 pulg. (76 cm) de todas las porciones del ancho de egreso requerido de las escaleras. El ancho de egreso deberá acompañar el camino natural del recorrido.
			7.2.2.4.3 Continuidad. Las barandas y los pasamanos requeridos deberán ser continuos en la longitud total de cada tramo de escaleras. En los recodos de las escaleras nuevas, los pasamanos internos deberán ser continuos entre los tramos en los rellanos.
			7.2.2.4.5 Detalles de los Pasamanos. (1) Los pasamanos de las escaleras deberán estar por lo menos a 36 pulg. (86 cm) y a no más de 38 pulg. (96 cm) por encima de la superficie de los escalones, medidos verticalmente desde el borde del umbral del escalón hasta la parte superior de los pasamanos. (2) Los pasamanos nuevos deberán presentar un espacio de por lo menos 1½ pulg. (3,8 cm) entre ellas y la pared a la que están sujetas. (3) Los pasamanos deberán tener una sección circular transversal con un diámetro externo de por lo menos 1¼ pulg. (3,2 cm) y de no más de 2 pulg. (5 cm). (4) Los pasamanos nuevos deberán poderse asir a lo largo de toda su extensión. (5) Los extremos de los pasamanos nuevos deberán estar vueltos hacia la pared o el piso, o deberán terminar en postes redondos. (6) Los pasamanos nuevos que no sean continuos entre los tramos, deberán extenderse horizontalmente a la altura adecuada, por lo menos 12 pulg. (30,5 cm) más allá del frente del escalón superior, y continuar en declive para una profundidad de un escalón más allá del frente del escalón inferior.
Camino	Deslizamiento en el material, seco o mojado	NFPA 101:2012 Capítulo 7	7.1.6.4 Resistencia al Deslizamiento.
			7.2.2.2.1 (a) & (b) Escaleras Normalizadas.
			7.2.2.3.5 Altura del Frente de los Peldaños y Profundidad de los Escalones.
	Resbalón en pendiente, seco o mojado	NFPA 101:2012 Capítulo 7	7.2.8.4.2 Resistencia al Deslizamiento.
			7.1.6.4 Resistencia al Deslizamiento.
			7.2.2.2.1 (a) & (b) Escaleras Normalizadas.
	Tropezón en cambio de nivel	NFPA 101:2012 Capítulo 7	7.2.2.3.5 Altura del Frente de los Peldaños y Profundidad de los Escalones.
			7.2.8.4.2 Resistencia al Deslizamiento.
			7.1.6.4 Resistencia al Deslizamiento.
	Topezón por trabajo irregular	NFPA 101:2012 Capítulo 7	7.2.2.2.1 (a) & (b) Escaleras Normalizadas.
			7.2.2.3.5 Altura del Frente de los Peldaños y Profundidad de los Escalones.
	Resbalón, tropezón o caída debido a la visibilidad	NFPA 101:2012 Capítulo 7	7.2.8.4.2 Resistencia al Deslizamiento.
			7.1.6.2 Cambios de Altura.
			7.1.6.3 Nivel.
	Resbalón, tropezón o caída debido a la visibilidad	NFPA 101:2012 Capítulo 7	7.8 Iluminación de los medios de egreso
			7.8 Iluminación de los medios de egreso

MARCO TÉCNICO NORMATIVO

PELIGRO O PUNTO DE CONTACTO	RIESGO/ GENERALIDAD ASOCIADO	DOCUMENTO	ESPECIFICACIÓN
Camino	Impacto por la protuberancia de objetos	NFPA 101:2012 Capítulo 7	7.1.6.4 Resistencia al Deslizamiento. 7.2.2.2.1 (a) & (b) Escaleras Normalizadas. 7.1.5 Altura libre.
	Caída por falta de baranda	NFPA 101:2012 Capítulo 7	7.2.2.4 Barandas y Pasamanos.
Ruta sin obstáculos	Circulación horizontal	COMMISSION REGULATION (EU) No 1300/2014	4.2.1.2.1. (1) Todos los recorridos libres de obstáculos, pasarelas y pasos subterráneos, tendrán una anchura libre mínima de 160 cm excepto en las zonas que se especifican en los puntos 4.2.1.3 (2) (puertas), 4.2.1.12 (3) (andenes) y 4.2.1.15 (2) (pasos a nivel)). (2) Cuando se instalen umbrales en un recorrido horizontal, deberán contrastar con el suelo circundante y no deberán tener una altura superior a 2,5 cm. (3) El pavimento y la superficie de los suelos en los recorridos libres de obstáculos serán poco reflectantes.
	Circulación vertical	COMMISSION REGULATION (EU) No 1300/2014	4.2.1.2.2 (1) Cuando una ruta sin obstáculos incluya un cambio de nivel, deberá haber una ruta sin escalones que ofrezca una alternativa a las escaleras para personas con movilidad reducida. (2) Las escaleras en los recorridos sin obstáculos tendrán un ancho mínimo de 160 cm, medido entre los pasamanos. Como mínimo, el primer y el último escalón estarán señalizados mediante una banda de contraste y se instalarán, como mínimo, indicadores táctiles de advertencia antes del primer escalón descendente. (3) Se instalarán rampas para personas con discapacidad y personas con movilidad reducida que no puedan usar escaleras donde no haya ascensores. Deberán tener una pendiente moderada. Solo se permite una pendiente pronunciada en rampas de tramos cortos. (4) Las escaleras y rampas deberán estar provistas de pasamanos en ambos lados y en dos niveles.
	Identificación de recorridos	COMMISSION REGULATION (EU) No 1300/2014	4.2.1.2.3 Si a lo largo del recorrido sin obstáculos hasta el andén hay pasamanos o paredes al alcance, deberán tener información breve (por ejemplo, número de andén o información de dirección) en Braille o en letras prismáticas o números en el pasamanos o en la pared a una altura entre 145 cm y 165 cm.
Puertas y entradas		COMMISSION REGULATION (EU) No 1300/2014	4.2.1.3. Aplica a todas las puertas y entradas que se encuentren en recorridos libres de obstáculos. (1) Las puertas tendrán una anchura libre útil mínima de 90 cm y serán accesibles para personas con discapacidad y personas con movilidad reducida. (2) Los dispositivos de accionamiento de las puertas deberán estar disponibles a una altura de entre 80 cm y 110 cm.
Rampas		COMMISSION REGULATION (EU) No 1300/2015	5.3.1.2 1) Las rampas se diseñarán y evaluarán para un ámbito de utilización definido por la distancia vertical máxima que pueden superar en una inclinación máxima del 18 %. (2) Las rampas podrán alojar una silla de ruedas con las características especificadas en el apéndice M. (5) La superficie de la rampa será antideslizante y tendrá una anchura efectiva libre no inferior a 760 mm. (6) Si la rampa tiene una anchura libre inferior a 1 000 mm, dispondrá de rebordes a ambos lados para impedir que se salgan las ruedas de los dispositivos de movilidad. (7) Los extremos de la rampa estarán biselados y no podrán exceder de 20 mm de altura. Llevarán bandas contrastadas de advertencia de peligro. (8) La rampa deberá ir equipada con un mecanismo para su colocación de forma segura, de manera que no esté sometida a desplazamientos en el momento de su utilización para el embarque o desembarque. (9) Las rampas estarán provistas de señales contrastantes.
Superficies del suelo		COMMISSION REGULATION (EU) No 1300/2014	4.2.1.4. Todos los revestimientos de suelo, superficies de suelo y superficies de escalones deberán ser antideslizantes. (2) Dentro de los edificios de la estación no debe haber irregularidades superiores a 0,5 cm en ningún punto de las superficies de paso del suelo, excepto en los umbrales, canales de drenaje e indicadores táctiles de la superficie de paso.
Señalización de obstáculos transparentes		COMMISSION REGULATION (EU) No 1300/2015	4.2.1.5. (1) Los obstáculos transparentes a lo largo de los recorridos utilizados por los viajeros, consistentes en puertas de cristal o paramentos transparentes, deberán señalizarse. La señalización deberá destacar los obstáculos transparentes. No será necesario señalizarlos si se protege a los viajeros de la colisión por otros medios, como pasamanos o bancos corridos.
Mobiliarios y elementos independientes		COMMISSION REGULATION (EU) No 1300/2016	4.2.1.7 1) Todos los muebles y elementos independientes de las estaciones deberán contrastar con su entorno y tener bordes romos. (2) Dentro del recinto de la estación los muebles y elementos independientes (incluidos los elementos en voladizo y suspendidos) estarán colocados donde no obstruyan el paso a las personas invidentes o con discapacidad visual, o deberán ser detectables por una persona que utilice bastón. (3) En cada andén en el que los viajeros estén autorizados a esperar el tren y en cada zona de espera habrá como mínimo una zona con asientos y un espacio para silla de ruedas. (4) Cuando esta zona esté abrigada de la intemperie, deberá ser accesible para los usuarios de sillas de ruedas.
Iluminación		COMMISSION REGULATION (EU) No 1300/2017	4.2.1.9 1) El nivel de iluminación de las zonas exteriores de la estación deberá ser suficiente para orientarse y destacar los cambios de nivel, las puertas y los accesos. (2) El nivel de iluminación a lo largo de un recorrido libre de obstáculos deberá adaptarse a la necesidad visual de los viajeros. Se prestará especial atención a los desniveles, las oficinas y máquinas expendedoras de billetes, los mostradores de información y las pantallas de información. (3) Los andenes se iluminarán según la especificación mencionada en el anexo A, índice 3 e índice 4. (4) El alumbrado de emergencia proporcionará visibilidad suficiente para la evacuación y para la identificación de los equipos de lucha contra incendios y de seguridad.

MARCO TÉCNICO NORMATIVO

PELIGRO O PUNTO DE CONTACTO	RIESGO/ GENERALIDAD ASOCIADO	DOCUMENTO	ESPECIFICACIÓN
Información visual	Señalización, pictogramas, información impresa o dinámica	COMMISSION REGULATION (EU) No 1300/2014	4.2.1.10. (1) Se deberá proporcionar la siguiente información: — Información de seguridad e instrucciones de seguridad. — Señales de advertencia, prohibición y acciones obligatorias. — Información sobre la salida de los trenes. — Identificación de las instalaciones de la estación, cuando existan, y rutas de acceso a dichas instalaciones. (2) Las fuentes, símbolos y pictogramas utilizados para la información visual deberán contrastar con su fondo. (4) La información sobre la salida de los trenes (incluidos el destino, las paradas intermedias, el número de andén y la hora) deberá estar disponible a una altura máxima de 160 cm, al menos en un punto de la estación. Este requisito se aplica a la información impresa y dinámica, independientemente de su contenido.
Información hablada		COMMISSION REGULATION (EU) No 1300/2014	4.2.1.11 (1) La información hablada deberá tener un nivel mínimo de STI-PA de 0,45.
Ancho y borde de la plataforma		COMMISSION REGULATION (EU) No 1300/2014	4.2.1.12 (1) La zona de peligro de un andén comienza en el borde del andén del lado del riel y se define como área donde no se permite a los pasajeros permanecer de pie cuando los trenes pasan o llegan. (3) El ancho mínimo de la plataforma sin obstáculos será igual al ancho de la zona de peligro más el ancho de dos vías de acceso opuestas de 80 cm (160 cm). Esta dimensión podrá reducirse a 90 cm en los extremos de la plataforma. (4) Se permiten obstáculos dentro de esta autopista de 160 cm. El equipo necesario para el sistema de señalización y el equipo de seguridad no se considerarán obstáculos en este punto. La distancia mínima entre los obstáculos y la zona de peligro se ajustará a el siguiente cuadro 4 (5) Si existen instalaciones auxiliares a bordo de los trenes o en el andén que permitan el acceso o la salida de usuarios de sillas de ruedas, se deberá prever un espacio libre (sin obstáculos) de 150 cm desde el borde de la instalación hacia la zona de acceso/descenso de la silla de ruedas al nivel del andén, donde sea previsible su uso. Las nuevas estaciones deberán cumplir este requisito para todos los trenes que tengan prevista su parada en el andén. (7) La señalización visual deberá ser una línea de advertencia antideslizante y contrastada, con un ancho mínimo de 10 cm. (8) Los indicadores táctiles de superficie para caminar pueden ser de uno de dos tipos: — un patrón de atención que indica un peligro en el límite del área de peligro — un patrón guía que indica una ruta de viaje en el lado seguro de la plataforma.
Extremos de los andenes		COMMISSION REGULATION (EU) No 1300/2015	4.2.1.13. 1) Los extremos de los andenes deberán ir equipados con una barrera que impida el acceso público o bien tener una señal visual y bandas podotáctiles con un diseño de advertencia que indique la existencia de peligro.
Ayudas de embarque almacenadas en plataformas		COMMISSION REGULATION (EU) No 1300/2014	4.2.1.14 (3) Se deberá proporcionar un método de almacenamiento seguro para garantizar que las ayudas de embarque, incluidas las rampas portátiles, cuando se almacenen en una plataforma, no causen obstrucciones ni representen ningún peligro para los pasajeros.
Cruce de vías de pasajeros a andenes		COMMISSION REGULATION (EU) No 1300/2014	4.2.1.15 (2) Si se utilizan pasos a nivel como partes de rutas sin escalones además de otras rutas, deberán: — tener una anchura mínima de 120 cm (menos de 10 m de longitud) o de 160 cm (10 m o más de longitud). — tienen pendientes moderadas; una pendiente pronunciada solo se permite para rampas en distancias cortas (3) Si se utilizan pasos a nivel como parte de rutas libres de obstáculos, solución única para todos los pasajeros deben — tener marcas visuales y táctiles para identificar el inicio y el final de la superficie de cruce.
Escaleras de acceso y salida		COMMISSION REGULATION (EU) No 1300/2014	4.2.2.11.2 Todos los escalones de acceso y salida deberán ser antideslizantes y tener un ancho libre efectivo de hasta el ancho de la puerta. (2) Los escalones internos para acceso externo deberán tener una profundidad mínima de 240 mm entre los bordes verticales del escalón y una altura máxima de 200 mm. La altura de cada escalón podrá aumentarse hasta un máximo de 230 mm si se demuestra que con ello se reduce en uno el número total de escalones necesarios. (3) La altura de elevación de cada escalón deberá ser igual. (4) Como mínimo, el primer y el último escalón se indicarán mediante una banda contrastante de 45 mm a 55 mm de profundidad, que se extenderá al menos el 80 % del ancho de los escalones en la superficie superior del borde del escalón. Una banda similar indicará la superficie frontal del último escalón al entrar en la unidad. (5) Un escalón de acceso externo, fijo o móvil, tendrá una altura máxima de 230 mm entre escalones y una profundidad mínima de 150 mm.

MARCO TÉCNICO NORMATIVO

PELIGRO O PUNTO DE CONTACTO	RIESGO/ GENERALIDAD ASOCIADO	DOCUMENTO	ESPECIFICACIÓN
Ayudas a embarque	Dispositivos de embarque	COMMISSION REGULATION (EU) No 1300/2014	4.2.2.12 (1) Se deberá proporcionar un sistema de almacenamiento seguro para garantizar que los dispositivos de ayuda para el embarque, incluidas las rampas portátiles, no afecten la silla de ruedas o el dispositivo de ayuda para la movilidad de un pasajero ni representen ningún peligro para los pasajeros en caso de una parada repentina.
	Escalón móvil y placa-puente	COMMISSION REGULATION (EU) No 1300/2014	4.2.2.12.1. (1) Un escalón móvil es un dispositivo retráctil integrado en el vehículo situado por debajo del nivel del umbral de la puerta, totalmente automático y que se activa en conjunto con las secuencias de apertura/cierre de la puerta. (2) Una placa puente es un dispositivo retráctil integrado en el vehículo lo más cerca posible del nivel del umbral de la puerta, totalmente automático y que se activa junto con las secuencias de apertura/cierre de la puerta. (3) En caso de que el escalón o placa puente móvil se extienda más allá de lo permitido por las reglas de gálibo, el tren deberá inmovilizarse mientras el escalón o placa permanezca extendido. (4) La extensión del escalón móvil o placa de puente deberá completarse antes de que la abertura de la puerta permita el cruce de los pasajeros y, a la inversa, el retiro del escalón o placa sólo podrá comenzar cuando la abertura de la puerta ya no permita el cruce de pasajeros. 5.3.2.8 (1) Un escalón móvil o placa de puente deberá diseñarse y evaluarse para un área de uso definida por el ancho de la puerta en la que puede encajar. (3) Se instalará un mecanismo adecuado para garantizar la estabilidad del dispositivo en la posición desplegada y retraída. (4) La superficie del dispositivo deberá ser antideslizante y tener un ancho libre efectivo tan grande como la entrada. (6) El dispositivo deberá incorporar un método de despliegue y almacenamiento en caso de que falle la alimentación eléctrica del escalón.
	Rampas de embarque	COMMISSION REGULATION (EU) No 1300/2014	(1) Una rampa de embarque es un dispositivo que se coloca entre el umbral de la puerta del vehículo y la plataforma. Puede ser manual, semiautomática o automática. (1) Las rampas se diseñarán y evaluarán para un área de uso definida por el espacio vertical máximo que puedan superar dentro de una pendiente máxima del 18 %. (3) Una rampa de acceso deberá ser colocada manualmente por el personal o desplegada de forma semiautomática por medios mecánicos, operados por el personal o por el pasajero. (5) La superficie de la rampa deberá ser antideslizante y tendrá un ancho libre efectivo de un mínimo de 760 mm.
	Ascensor de embarque	COMMISSION REGULATION (EU) No 1300/2014	4.2.2.12.3. (1) Un ascensor de a bordo es un dispositivo integrado en la puerta de un vehículo que debe ser capaz de superar la diferencia máxima de altura entre el piso del vehículo y el andén de la estación donde funciona. (2) Cuando el ascensor esté en posición replegada, la puerta deberá tener un ancho mínimo utilizable de acuerdo con punto 4.2.2.3.2 5.3.2.10. (2) La superficie de la plataforma elevadora deberá ser antideslizante. A nivel de la superficie, la plataforma elevadora deberá tener un ancho libre mínimo de 760 mm y una longitud de 1200 mm. De acuerdo con el apéndice M, se dispondrá de una longitud adicional de 50 mm para pies que superen los 100 mm de altura sobre la plataforma elevadora, considerando tanto la orientación interior como la exterior del usuario de silla de ruedas (11) Cada lado de la plataforma elevadora que sobresalga del vehículo en su posición elevada deberá contar con una barrera de al menos 25 mm de altura. Dichas barreras no deberán interferir con las maniobras para entrar o salir del pasillo.
Cruces de vía		Recomendación técnica 3/2021 de la agencia estatal de seguridad ferroviaria	III.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS CRUCES ENTRE ANDENES: 1. Anchura mínima de 120 cm (para una longitud inferior a 10 m) o de 160 cm (para una longitud igual o superior a 10 m). 2. La pendiente longitudinal del cruce entre andenes será la mínima posible, sin superar en ningún caso el 4%. 3. La diferencia de altura máxima entre la superficie del cruce entre andenes y la cabeza del carril no superará 14 mm, siendo recomendable que estén situados a la misma cota. 4. La distancia horizontal entre el borde de la superficie del cruce entre andenes próximo al carril y el propio carril sea menor o igual a 75 mm y la distancia vertical sea menor o igual a 50 mm 5. El cruce entre andenes deberá ser ortogonal al eje de la vía.
		Recomendación técnica 3/2021 de la agencia estatal de seguridad ferroviaria	III.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS RAMPAS DE ACCESO AL CRUCE ENTRE ANDENES 1. La anchura mínima de la rampa será de 120 cm. Dicha anchura mínima se garantizará fuera de la zona de peligro, siempre que ello sea viable desde un punto de vista técnico y económico. 2. Dispondrán de una superficie horizontal al principio y al final con una longitud mayor de 120 cm en la dirección del eje de la rampa. 3. La rampa podrá estar dividida en tramos, en los que la pendiente longitudinal máxima de cada uno será del: a) 10%, cuando su longitud sea menor que 3 m, b) 8%, cuando su longitud sea menor que 6 m, y c) 6%, en el resto de los casos. 4. La pendiente transversal será del 2%, como máximo. 5. Cada uno de los tramos que conforman la rampa tendrán una longitud de 9 m, como máximo. Cada 9 m deberá existir una meseta horizontal. Las mesetas tendrán al menos la anchura de la rampa y una longitud, medida en su eje, de 1,50 m como mínimo. 7. En los andenes existentes que se acondicionen se dispondrán pasamanos en la rampa de acceso al cruce entre andenes de la misma forma que en los de nueva construcción, excepto en aquellas situaciones en que el espacio disponible obligue a adoptar soluciones distintas.

MARCO TÉCNICO NORMATIVO

PELIGRO O PUNTO DE CONTACTO	RIESGO/ GENERALIDAD ASOCIADO	DOCUMENTO	ESPECIFICACIÓN
Cruces de vía	Balizamiento	Recomendación técnica 3/2021 de la agencia estatal de seguridad ferroviaria	Las bandas señalizadoras visuales y táctiles serán de dos tipos: Pavimento táctil indicador de advertencia o proximidad a puntos de peligro, con tratamiento superficial a base de botones de forma troncocónica y de altura máxima de 5±1 mm, tanto en exteriores como en interiores, dispuestos en retícula ordenada. Contrastará cromáticamente con el resto del pavimento. Pavimento táctil indicador de cambio de nivel, con tratamiento superficial de acanalado en alto relieve y de altura máxima de 5±1 mm, tanto en exteriores como en interiores, dispuestos en retícula ordenada. Contrastará cromáticamente con el resto del pavimento. El pavimento táctil indicador de cambio de nivel (acanalado) se dispondrá en el inicio y final de las rampas. Se puede prescindir del pavimento táctil indicador de cambio de nivel situado en la parte inferior de la rampa si no se puede evitar el solape con el pavimento táctil indicador de advertencia (botones) situado delante del propio cruce entre andenes.
Señales táctiles		Código Construcción Chicago	18-11-1113.2.2.1. Si se instalan letreros en las entradas de las estaciones que identifiquen la estación, la entrada o ambas, al menos un letrero en cada entrada deberá ser táctil y cumplir con el requisito de la norma ICC/ANSI A117.1 para caracteres visuales y táctiles. Dichos letreros se colocarán en ubicaciones uniformes en las entradas del sistema de transporte público, en la medida de lo posible. Si la estación no tiene una entrada definida pero hay señales, las señales táctiles se colocarán en una ubicación central.
		Código Construcción Chicago	18-11-1113.2.2.2 Las estaciones contempladas en esta sección deberán contar con señales de identificación visual que cumplan con la norma ICC/ANSI A117.1. Las señales deberán ser claramente visibles y estar dentro del campo visual de un pasajero, de pie o sentado, desde el interior del tren, a ambos lados de la estación, siempre que no estén obstruidas por otro tren.
Señales de identificación		Código Construcción Chicago	18-11-1113.2.4 En las estaciones contempladas en esta sección, la altura entre el riel y el andén deberá coordinarse con la altura del piso de los vehículos nuevos, de modo que la diferencia vertical, medida con el vehículo en reposo, sea de ±16 mm (0,625 pulgadas) en condiciones normales de carga de pasajeros. Para los sistemas de tren rápido, tren ligero, tren de cercanías, tren de alta velocidad e interurbano en estaciones nuevas, la separación horizontal, medida con el vehículo en reposo, será de 76 mm (3 pulgadas) como máximo. Para los sistemas de transporte de pasajeros con carriles guía automatizados de baja velocidad, la separación horizontal en estaciones nuevas será de 25 mm (1 pulgada) como máximo.
Altura del riel al andén		Código Construcción Chicago	18-11-1113.3.2 En las estaciones clave de trenes ligeros y trenes de cercanías, la plataforma o una parte de ella y el piso del vehículo deberán coordinarse de modo que la diferencia vertical, medida cuando el vehículo está en reposo, sea de más o menos 1,5 pulgadas (38 mm) en condiciones normales de carga de pasajeros, y el espacio horizontal, medido cuando el vehículo está en reposo, sea de 3 pulgadas (76 mm) como máximo para al menos una puerta de cada vehículo o vagón que se requiere que sea accesible según la Parte 37 del Título 49 del CFR.
		Código construcción Chicago	18-11-1113.2.6 Si es necesario cruzar las vías para acceder a las plataformas de embarque, la superficie de la ruta deberá estar nivelada con la parte superior del riel en el borde exterior y entre los rieles, excepto por un espacio máximo de 64 mm (2,5 pulgadas) en el borde interior de cada riel para permitir el paso de las pestañas de las ruedas. Si no es posible reducir el espacio, se deberá proporcionar una ruta accesible, ya sea por encima o por debajo del nivel del suelo.
Sistema de megafonía		Código Construcción Chicago	18-11-1113.2.7 Si se instalan sistemas de megafonía para transmitir información al público en terminales, estaciones u otras instalaciones fijas, se deberá proporcionar un medio para transmitir la misma información o información equivalente a las personas con pérdida auditiva o sordas.
Relojes		Código Construcción Chicago	18-11-1113.2.8 Si se proporcionan relojes para uso del público en general, la esfera del reloj deberá estar despejada para que sus elementos sean claramente visibles. Las manecillas, números y dígitos deberán contrastar con el fondo, ya sea claro sobre oscuro o oscuro sobre claro. Si los relojes se instalan en el techo, los números y dígitos deberán cumplir con los requisitos de la norma ICC/ANSI A117.1 para caracteres visuales.
Escaleras mecánicas		Código Construcción Chicago	18-11-1113.2.9 Si se proporcionan, las escaleras mecánicas deberán tener un ancho libre de al menos 32 pulgadas (813 mm).
Ruta sin obstáculos		Código Construcción Chicago	18-11-1113.3.1 Se deberá proporcionar al menos una ruta accesible desde una entrada accesible hasta las áreas necesarias para el uso del sistema de transporte. Esta ruta accesible deberá incluir las características especificadas en la Sección 18-11-1113.2, excepto que las escaleras mecánicas no estarán obligadas a cumplir con la Sección 18-11-1113.2.9. Si la inviabilidad técnica de las estaciones existentes requiere que la ruta accesible conduzca desde la vía pública hasta una zona de pago del sistema de transporte, se deberá instalar una máquina de cobro de tarifas accesible que cumpla con la Sección 18-11-1113.2.3 a lo largo de dicha ruta accesible.

MARCO TÉCNICO NORMATIVO

PELIGRO O PUNTO DE CONTACTO	RIESGO/ GENERALIDAD ASOCIADO	DOCUMENTO	ESPECIFICACIÓN
Ruta sin obstáculos	Normas de Diseño Escocés		F.1 a. Las rutas hacia y dentro de los edificios deben ser lo suficientemente amplias para que los usuarios de sillas de ruedas puedan utilizarlas fácilmente. Recomendamos un mínimo de 2000 mm. Deben estar libres de obstáculos, ser directos y evidentes. b. El mobiliario de la estación debe diseñarse y colocarse de forma que no interfiera con el flujo peatonal principal. Dichos elementos deben ser claramente visibles para todos los pasajeros y estar diseñados de forma que ofrezcan un buen contraste tonal con el entorno circundante. g. En general, se recomienda colocar objetos independientes, como bolderos, alejados del paso de peatones. Deben tener una altura mínima de 1000 mm y estar provistos de bandas o remates de colores que destaquen sobre el fondo. h. Objetos que sobresalgan más de 100 mm en una ruta de acceso entre 300 mm y 2100 mm por encima del suelo deben estar delimitados por una protección contra riesgos. i. La protección contra riesgos debe consistir en una barrera situada a una altura de 1000 mm desde el nivel del suelo y un bordillo u otra barrera sólida, detectable por los usuarios de bastón largo. Este bordillo debe estar a más de 100 mm de la parte delantera del borde del obstáculo k. Los obstáculos que se estrechan, como los espacios debajo de las rampas y escaleras, que no pueden ser detectados por los usuarios de bastón ni por los perros guía, deben bloquearse o protegerse con barandillas que se extiendan al menos 1000 mm por encima del nivel del suelo. Se recomienda utilizar también una barandilla de protección de una altura máxima de 200 mm. m. Cualquier elevación de más de 5 mm debe tener un borde biselado, y los escalones individuales también deben cumplir con lo anterior.
Puertas	Normas de Diseño Escocés		g1. a. Se recomienda que los umbrales estén nivelados con el suelo circundante o, cuando esto no sea posible, que no se eleven más de 15 mm para puertas exteriores o 13 mm para puertas interiores. B. Los felpudos deben fijarse y hundirse de manera que queden a ras del suelo para evitar el riesgo de tropiezos. d. Las puertas deben tener un contraste tonal con sus alrededores. e Se recomienda un espacio libre de 2000 mm antes y después de cualquier puerta para permitir que un usuario de silla de ruedas tenga espacio para maniobrar f. Las puertas batientes deben diseñarse de manera que puede dejarse abierto a 90 grados. o. Las manijas de palanca deben fijarse a una altura de 1000 mm, con una longitud mínima de 120 mm.
Iluminación	Normas de Diseño Escocés		La luz artificial blanca es más eficaz que la amarilla en cuanto a sus propiedades de reproducción cromática y a la creación de una apariencia de color real c. Los escalones y escaleras deben estar bien iluminados, sin deslumbramientos.
Superficies del suelo	Normas de Diseño Escocés		La inclinación máxima recomendada es de 2.5%. No se deben utilizar en ninguna superficie de piso patrones grandes y repetidos que incorporen colores contrastantes llamativos o simulen escalones. Se recomienda que los pisos tengan una superficie mate o semimate. Se deben evitar los acabados superficiales espejados, de alto brillo o muy brillantes en áreas grandes. Se recomienda que todas las instalaciones para pasajeros estén en un mismo nivel. Las rejillas de drenaje deben estar, siempre que sea posible, desplazadas respecto de la vía de acceso y alineadas con el entorno. La distancia entre las barras de la rejilla no debe superar los 13 mm.
Signos	Normas de Diseño Escocés		Se deben utilizar fuentes sans-serif, en mayúsculas y minúsculas, para toda la información escrita (es decir, no sólo en mayúsculas). La información visual deberá contrastar con su fondo. Se deben proporcionar señales en relieve donde las personas con discapacidad visual las necesiten para poder identificar y utilizar las instalaciones en las estaciones. Las alarmas de emergencia deben ser tanto visuales y auditivos.
Rampas	Normas de Diseño Escocés		Cuando el desnivel no sea mayor de 300 mm, una rampa podrá ser aceptable como único medio de acceso. La existencia y ubicación de una rampa deberá estar claramente indicada en el acceso a un edificio. La rampa debe tener la pendiente más baja posible. Si la pendiente es de 1:20 o más, debe cumplir con la longitud recomendada de rampa (en el sentido de una pendiente). El ancho de la superficie de la rampa no debe ser inferior a 1500 mm. No obstante, a la hora de decidir el ancho adecuado de la rampa se debe tener en cuenta la intensidad de uso. Si la rampa supera los 2,5 metros, la rampa debe estar dividida por un pasamanos en dos o más canales iguales para garantizar que todos los usuarios tengan acceso a ella. 1800 mm es el ancho mínimo que se necesitaría para que sea usada por dos sillas de ruedas a la vez. Al pie y al comienzo de la rampa se deben colocar descansos que tengan como mínimo el ancho de la rampa y una longitud mínima de 1500 mm. Cualquier descanso intermedio a lo largo de una serie de rampas en línea recta debe tener una longitud mínima de 1500 mm y estar libre de cualquier obstrucción. Se recomienda que las rampas tengan una pendiente constante de no más de 1:20. Las rampas con una pendiente mayor a 1:20 pueden resultar muy difíciles de usar para algunas personas que impulsan su silla de ruedas por sí mismas o para aquellas que brindan asistencia empujando la silla desde atrás. Los lados de las rampas deben estar protegidos por bordillos elevados de al menos 100 mm de altura, detectables para los usuarios de bastones largos. Los extremos de los pasamanos deben extenderse al menos 300 mm horizontalmente. Debe haber un espacio libre mínimo de 40 mm entre el pasamanos y otras partes de la estructura. En las rampas, el pasamanos más alto deberá ser situado entre 850 mm y 1000 mm sobre el nivel del suelo, el pasamanos inferior deberá estar situado a una altura de entre 500 mm y 750 mm sobre el nivel del suelo. El pasamanos debe ser redondeado y tener una Sección transversal de 30 mm a 50 mm equivalente al diámetro.

MARCO TÉCNICO NORMATIVO

PELIGRO O PUNTO DE CONTACTO	RIESGO/ GENERALIDAD ASOCIADO	DOCUMENTO	ESPECIFICACIÓN
Escaleras	Normas de Diseño Escocés		El rango preferido para la subida de un escalón debe ser de 150–180 mm. La distancia entre los pasos debe ser de 300 mm a 450 mm. Cada borde de escalón debe incorporar un material continuo de contraste permanente en todo el ancho de la escalera. El material de contraste debe tener 50 mm según BS 8300:5.9.5 65 mm de ancho en la banda de rodadura y de 30 mm a 55 mm. Toda la banda de rodadura o el borde de la huella debe incorporar un material antideslizante. Los rebordes deben estar ensanchados o redondeados con un radio de 6 mm sin salientes y deben tener un color que contraste con el resto del escalón. Se debe incluir una superficie de advertencia texturizada, en la parte superior e inferior de los escalones, pero no en los rellanos intermedios. La superficie táctil debe contrastar tonalmente con el área circundante. Las bandas de contraste deberán tener una profundidad mínima de 400 mm y deberán contrastar con la superficie del suelo y estar integradas en ella.
Pasamanos	Normas de Diseño Escocés		Se debe proporcionar un pasamanos a cada lado de una rampa o escalera, en toda su longitud. La superficie superior del pasamanos debe estar entre 900 mm y 1000 mm desde la superficie de la rampa o línea de paso de una escalera y entre 900 mm y 1100 mm desde el rellano. En Norma BS 8300:5.10.1 todos los edificios utilizados por el público en general, se debe instalar un segundo pasamanos con su superficie superior a 600 mm de la superficie o pendiente de la rampa. Cualquier pasamanos circular debe tener un diámetro de entre 32 y 55 mm.
Plataformas (andenes)	Normas de Diseño Escocés		Se deberá dejar un espacio libre (sin obstáculos) de 1500 mm desde el borde de la instalación hacia la dirección en la que la silla de ruedas sube o baja, en los casos en que sea probable que se utilicen dichas instalaciones. También se debe utilizar una banda inferior adicional para marcarlos como peligro. Se recomienda que la superficie de advertencia no esté a menos de 500 mm de la borde de la plataforma, ya que puede no dar tiempo suficiente a que las personas se detengan después de detectar la superficie. La zona de peligro de una plataforma comienza en el borde del lado del riel de la plataforma y se define como el área donde los pasajeros no pueden permanecer de pie cuando los trenes pasan o llegan. El límite de la zona de peligro, más alejado del borde del andén del lado del carril, deberá tener una marcación visual e indicadores táctiles en la superficie para caminar. La marca visual deberá ser una lámina de contraste, deslizable. Los indicadores táctiles de superficie para caminar pueden ser de uno de los siguientes tipos: • un patrón de atención que indica un peligro en el límite del área de peligro • un patrón guía que indica una ruta de viaje en el lado seguro de la plataforma. Se recomienda que los postes, pasamanos y pilares sean de un color que contraste con la superficie de la plataforma circundante. Cuando esto no sea posible, deberán estar marcados con una banda de color contrastante de 140 a 160 mm de ancho, con su borde inferior a 1500 mm del suelo. El pavimento debe tener una pendiente descendente en dirección opuesta al borde de la plataforma, que no debe ser mayor del 2,5 por ciento. . Si no es posible que los accesos a los andenes desde diferentes niveles sean paralelos al borde del andén, se deberán instalar barreras de al menos 1100 mm de altura (preferiblemente 1200 mm) con travesaños, para evitar que los pasajeros o los perros de asistencia caigan accidentalmente por el borde del andén.
Plataformas elevadoras para el acceso a trenes	Normas de Diseño Escocés		La plataforma elevadora deberá estar equipada con barreras para evitar que cualquiera de las ruedas de una silla de ruedas se salga de la plataforma elevadora durante su funcionamiento. Cuando se utilizan elevadores de plataforma para facilitar el acceso a un tren, el diseño del elevador debe garantizar que el vehículo (ferroviario) no se pueda mover cuando el elevador no está guardado.
Cruce de vías de pasajeros a andenes	Normas de Diseño Escocés		Los cruces de vías también deben tener marcas visuales y táctiles para identificar los límites del cruce.
Pavimentos antideslizantes	Evaluación de la accesibilidad al transporte público		Todos los pavimentos en el interior de la estación deben ser antideslizantes, para evitar resbalones y caídas que puedan producir accidentes tanto en días secos como lluviosos.
Anchura mínima de pasillo	Evaluación de la accesibilidad al transporte público		El Código Técnico de la Edificación (CTE) establece que los pasillos de itinerarios accesibles deben tener una anchura mínima de 1,20 metros. Si la longitud del pasillo es superior a 10 metros, se debe disponer de un espacio de diámetro 1,50 metros para permitir el giro de una silla de ruedas. Este requisito no se ha considerado crítico ya que no impide que la persona en silla de ruedas pueda desplazarse por el pasillo. Sin embargo, es importante para garantizar la comodidad y seguridad de los desplazamientos. El Decreto 217/2001 (Castilla y León, 2001b) establece una anchura libre mínima de los pasillos adaptados de 1,20 metros, debiéndose garantizar, al menos, 1,10 metros en pasillos practicables. Este requisito es crítico para permitir el desplazamiento de una persona en silla de ruedas.

MARCO TÉCNICO NORMATIVO

PELIGRO O PUNTO DE CONTACTO	RIESGO/ GENERALIDAD ASOCIADO	DOCUMENTO	ESPECIFICACIÓN
Salidas de emergencia		Evaluación de la accesibilidad al transporte público	El Decreto 217/2001 (Castilla y León, 2001b) refleja que las salidas de emergencia deben dejar un hueco de paso libre mínimo de 1 metro de anchura. El mecanismo de apertura de las puertas situadas en las salidas de emergencia debe accionarse por simple presión.
Anchura mínima de escaleras		Evaluación de la accesibilidad al transporte público	El Código Técnico de la Edificación (CTE) establece que la anchura mínima de las escaleras en edificios con pública concurrencia debe ser de 1,10 metros cuando esté previsto su uso por más de 100 personas.
Pasamanos en escaleras y rampas		Evaluación de la accesibilidad al transporte público	El Código Técnico de la Edificación (CTE) determina las características que deben cumplir los pasamanos en escaleras y rampas. En el caso de las escaleras, el pasamanos debe disponerse a una altura entre 0,90 y 1,10 metros además de prolongarse 30 centímetros al inicio y al final de la escalera (NCIE4). En las rampas, el pasamanos debe disponerse a una altura comprendida entre 65 y 75 centímetros (NCIE5).
Bandas antideslizantes en peldaños de escaleras		Evaluación de la accesibilidad al transporte público	El Código Técnico de la Edificación (CTE) establece que los peldaños dispondrán de una banda antideslizante de 3 a 5 centímetros en el borde exterior de cada huella.
Anchura y longitud de rampas		Evaluación de la accesibilidad al transporte público	Los tramos deben ser rectos o con un radio de curvatura de al menos 30 metros y una anchura de 1,20 metros como mínimo. Así mismo la longitud máxima de los tramos de rampa debe ser de 9 metros y su pendiente máxima del 6 %.
Pavimento antideslizante en rampas		Evaluación de la accesibilidad al transporte público	El Real Decreto 1544/2007 (España, 2007b) establece que el pavimento en rampas debe estar compuesto por material con acabado no deslizante, en seco y en mojado
Área libre de obstáculos y altura libre		Evaluación de la accesibilidad al transporte público	Según lo establecido en el Real Decreto 1544/2007 (España, 2007b), los pasos elevados y subterráneos incorporados como parte del recorrido accesible del viajero deben contar con una zona despejada de obstáculos de 1,60 metros de ancho (CIP1) y una altura libre de 2,20 metros (CIP2) a lo largo de su trayecto para poder circular con comodidad y seguridad.
Puerta accesible		Evaluación de la accesibilidad al transporte público	Conforme el Real Decreto 1544/2007 (España, 2007b), en todas las estaciones de tren debe existir al menos una puerta accesible en el acceso al edificio y otra en el acceso a los andenes (CAE1). Estas deben cumplir una serie de requisitos determinadas en el Código Técnico de la Edificación (CTE). La anchura libre de paso de las puertas debe ser de al menos 80 centímetros (CAE2) y la altura libre mínima de 2 metros (CAE3). Junto a las puertas debe haber un espacio libre de 1,20 metros de diámetro (CAE4) para que una persona en silla de ruedas pueda maniobrar colocándose los mecanismos de apertura de las puertas a una altura entre 0,80 y 1,20 metros (CAE5).
Pavimentos en andenes		Evaluación de la accesibilidad al transporte público	Conforme a lo dispuesto en el Real Decreto 1544/2007 (España, 2007b) en los andenes de nueva construcción, el pavimento debe ser no deslizante. Su acabado preferentemente continuo y si no lo es debe procurarse evitar las juntas con anchura mayor de 0,5 centímetros y profundidad mayor de 0,3 centímetros. Del mismo modo, deben evitarse los dibujos con resaltes o hendiduras en pavimentos o losetas, con colocación "a tope".
Franja solado en andenes		Evaluación de la accesibilidad al transporte público	Junto a la pieza de borde de andén debe colocarse una franja de solado de botones de 60 centímetros de anchura de material no deslizante. Además, junto a esta franja debe existir una banda de 10 centímetros de anchura de color amarillo vivo.
Distancia libre en andenes		Evaluación de la accesibilidad al transporte público	En los andenes en los que no se pueda asegurar que las puertas de los trenes designadas para usuarios de sillas de ruedas no queden enfrentadas con elementos fijos (tales como pilares, postes, escaleras, ascensores, rampas, etc.), se deben garantizar unas distancias libres mínimas establecidas en el Real Decreto 1544/2007 (España 2007b).
Pieza de borde de andén		Evaluación de la accesibilidad al transporte público	Conforme a lo dispuesto de manera textual Real Decreto 1544/2007 (España 2007b) el color del material del borde de andén debe contrastar con la oscuridad del hueco entre coche y andén. La pieza de borde de andén será de 60 centímetros de anchura incluyendo al menos, dos tiras de material no deslizante.
Nivel de iluminación adecuado en andenes		Evaluación de la accesibilidad al transporte público	a zona del andén que se prevea sea utilizada por los viajeros ha de garantizar que, unos 15 minutos antes de la llegada de los trenes y hasta 5 minutos después de su salida, tenga una iluminación mínima media de 20 luxes, medidos al nivel del suelo, con un valor mínimo de 10 luxes.

MARCO TÉCNICO NORMATIVO

PELIGRO O PUNTO DE CONTACTO	RIESGO/ GENERALIDAD ASOCIADO	DOCUMENTO	ESPECIFICACIÓN
Material móvil en andenes		Evaluación de la accesibilidad al transporte público	Según se establece en el Real Decreto 1544/2007 (España 2007b) cuando el medio auxiliar empleado para la subida al tren de viajeros en sillas de ruedas sea una rampa, la inclinación de esta no tendrá una inclinación superior al 18 por ciento.
Espesor de línea amarilla con banda táctil		Gestión de pasajeros y accesibilidad en la interfaz tren-andén Amestoy (2015)	Debe ser de 24 cm, tener podos y color amarillo.
Distancia entre el borde del andén y la línea amarilla		Gestión de pasajeros y accesibilidad en la interfaz tren-andén Amestoy (2015)	Debe ser mayor a 0,8 m.
Pavimento guía en andén		Gestión de pasajeros y accesibilidad en la interfaz tren-andén DS 50 de Ley Accesibilidad Universal (2010)	Debe incluir franjas longitudinales de 0,4 m de ancho.
Pavimento alerta en andén (táctil)		Gestión de pasajeros y accesibilidad en la interfaz tren-andén DS 50 de Ley Accesibilidad Universal (2010)	Debe tener textura de podos y ancho de 0,4 - 0,8 m.
Ancho de andén		Gestión de pasajeros y accesibilidad en la interfaz tren-andén Metro de Londres (2012)	Debe ser mayor a 3,0 m.
Borde del andén	Instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura		A lo largo del andén se situarán carteles de advertencia a fin de no invadir la zona de peligro con el siguiente texto «ESPERE DETRÁS DE LA LÍNEA» (en el apéndice G se incluye un ejemplo de este cartel). Se colocarán los carteles en intervalos de 40-50 m cumpliendo lo indicado en la figura G.1.b del apéndice G.
			El color del material en el borde del andén del lado de la vía deberá contrastar con la oscuridad del hueco de la vía.
			La pieza de borde de andén será de 60 cm de anchura y debe incluir, al menos, dos tiras de material no deslizante.
			Junto a la pieza de borde de andén se ha de colocar una franja de solado de botones hasta el límite definido en la figura 4.1.4.7.3.2.a.2, de material no deslizante de acuerdo con lo definido por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo(5), de color preferiblemente amarillo.
			Para un ancho de la zona de peligro de 60 cm la configuración de borde de andén representada en la figura 4.1.4.7.3.2.a.2
Cruces entre andenes	Instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura		Anchura mínima de 120 cm (para una longitud inferior a 10 metros) o de 160 cm (para una longitud igual o superior a 10 metros).
			La pendiente longitudinal del cruce entre andenes será la mínima posible, sin superar el 4%.
			La diferencia de altura máxima entre la superficie del cruce entre andenes y la cabeza del carril no superará 14 mm,
			La distancia horizontal entre el borde de la superficie del cruce entre andenes próximo al carril y el propio carril sea menor o igual a 75 mm y la distancia vertical será menor o igual a 50 mm.

MARCO TÉCNICO NORMATIVO

PELIGRO O PUNTO DE CONTACTO	RIESGO/ GENERALIDAD ASOCIADO	DOCUMENTO	ESPECIFICACIÓN
Cruces entre andenes		Instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura	Cuando por motivos de seguridad los accesos del cruce entre andenes dispongan de cambios de dirección para evitar el cruce involuntario o incontrolado de las vías, la anchura mínima tanto en los tramos rectos como en aquellos en que se cambie de dirección no puede ser inferior a 120 cm, si bien en el caso de acondicionamiento de instalaciones existentes se admite en casos excepcionales debidamente justificados un valor mínimo de 90 cm.
			El cruce entre andenes deberá ser ortogonal al eje de la vía.
Salidas de emergencia		Instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura	Sus dimensiones mínimas serán: 1,50 m de anchura y 2,25 m de altura.
			La abertura de las puertas dejará como mínimo un hueco libre de 1,40 m de ancho y 2,00 m de altura. Todas las salidas de emergencia estarán equipadas con alumbrado de emergencia, señalización de evacuación y comunicaciones de emergencia.
Andenes		Instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura	El pavimento de los andenes será de superficie no deslizante.
			Su acabado superficial será preferentemente continuo, con colocación «a tope», y si no lo es, se procurará evitar las juntas con anchura mayor de 0,5 cm y profundidad mayor de 0,3 cm.
Altura de andén		Borrador Instrucción ferroviaria	La altura nominal de los andenes (hq) será de 105 cm sobre el plano de rodadura.
Anchura y borde de los andenes		Borrador Instrucción ferroviaria	Se cumplirán los requisitos definidos en el apartado 4.2.1.12 de la ETI de accesibilidad para personas con discapacidad y de movilidad reducida.
Extremos de los andenes		Borrador Instrucción ferroviaria	Se cumplirán los requisitos definidos en el apartado 4.2.1.13 de la ETI de accesibilidad para personas con discapacidad y de movilidad reducida.
Cruce entre andenes		Borrador Instrucción ferroviaria	Se cumplirán los requisitos definidos en el apartado 4.2.1.15 de la ETI de accesibilidad para personas con discapacidad y de movilidad reducida, así como en el apartado 2.1.2.
Pendiente transversal del andén		Borrador Instrucción ferroviaria	La pendiente transversal máxima será del 2% en andenes nuevos.
Pendiente longitudinal del andén		Borrador Instrucción ferroviaria	La pendiente longitudinal de los andenes deberá seguir la pendiente de la vía, sin que se supere el valor de 2,5 milésimas, tanto en andenes nuevos como acondicionado.
Longitud útil de andén, (4.1.4.7.2)		Borrador Instrucción ferroviaria	Se recomienda que adicionalmente a la longitud útil de andén, en sus extremos se disponga un murete que sea prolongación de los muretes de andén, de 0,76 m de altura, en una longitud de 35 m, retranqueado progresiva y linealmente, hasta una separación perpendicular a la vía de 1,7 m, del borde teórico de andén, en líneas con ancho de vía nominal de 1668 mm, y longitud de 30 m, con retranqueo de 1,5 m, en líneas con ancho de vía nominal de 1435 mm.
			La mínima longitud útil de andén será de 210 m en el caso de líneas donde se prevea que sólo se detengan trenes de cercanías.
			La longitud útil de andén es la longitud continua máxima de la parte del andén en la que está previsto que el tren permanezca inmóvil, en condiciones normales de servicio.
Anchura de los andenes, (4.1.4.7.3)		Borrador Instrucción ferroviaria	La zona de peligro de un andén comienza en el borde del andén que está del lado de la vía y tendrá la anchura mínima que figura en el cuadro 4.1.4.7.3 en función de la velocidad y del tipo de tráfico.
			Las distancias mínimas de los obstáculos al borde de andén o borde de la zona de peligro para las dos posibles configuraciones de andenes se muestran en el anexo H.
Borde del andén		Borrador Instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura	A lo largo del andén se situarán señales de advertencia a fin de no invadir la zona de peligro con el siguiente texto "ESPERE DETRÁS DE LA LÍNEA" (en el anexo H se incluye un ejemplo de la señal). Se colocarán las señales en intervalos de 40-50 m cumpliendo lo indicado en la figura H.1.b del anexo H.
			La pieza de borde de andén será de 60 centímetros de anchura y debe incluir, al menos, dos tiras de material no deslizante.
			Junto a la pieza de borde de andén se ha de colocar una franja de solado de botones hasta el límite definido en la figura 4.1.4.7.3.2.a.1, de material no deslizante.
			A = 60 cm (cuando el ancho de la zona de peligro sea de 60, 80, 100 y 110 cm) A = 80 cm (cuando el ancho de la zona de peligro sea de 140 cm).
			En los restantes casos y de forma justificada se aplicará la configuración definida en la figura 4.1.4.7.3.2.a.2, en la que se podrá mantener la pieza de borde de andén existente, con una franja de solado de botones de 20 cm y una banda antideslizante de material resistente al desgaste, de 10 centímetros de anchura, de color amarillo vivo (preferentemente Pantone 012).
			El marcado horizontal de la indicación "ESPERE DETRÁS DE LA LÍNEA" se realizará de acuerdo a lo indicado en la figura 4.1.4.7.3.2.a.3. En las estaciones donde proceda se incluirá el texto en castellano y a continuación la lengua cooficial de la Comunidad Autónoma, espaciando cada bloque.

MARCO TÉCNICO NORMATIVO

PELIGRO O PUNTO DE CONTACTO	RIESGO/ GENERALIDAD ASOCIADO	DOCUMENTO	ESPECIFICACIÓN
Extremos de los andenes		Borrador Instrucción ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura	Andenes existentes sin acondicionar Se dispondrá una señalización visual consistente en una señal vertical que indique "PROHIBIDO EL PASO", así como una banda antideslizante de material resistente al desgaste, de 10 centímetros de anchura, de color amarillo vivo (preferentemente Pantone 012).
			La señalización visual consistirá en una señal vertical que indique "PROHIBIDO EL PASO", así como un balizamiento horizontal consistente en una banda antideslizante de material resistente al desgaste, de 10 centímetros de anchura, de color amarillo vivo (preferentemente Pantone 012). Las bandas podotáctiles consistirán en una franja de solado de botones, de 60 centímetros de anchura, de material no deslizando.
Altura de andén		Borrador Instrucción ferroviaria	La altura nominal de los andenes (hq) será de 55, 68 ó 76 cm sobre el plano de rodadura, dependiendo del servicio que presten.
Radio mínimo de las alineaciones circulares en andenes		Borrador Instrucción ferroviaria	Las vías adyacentes a andenes serán preferiblemente rectas y no podrán tener en ningún punto un radio mínimo normal inferior a 300 m y excepcional inferior a 200 m.
Peralte en andenes		Borrador Instrucción ferroviaria	El peralte de diseño en vías adyacentes a los andenes de estación será tan reducido como sea posible.
			En el caso de líneas nuevas y variantes, en vías con andén donde todos los trenes de viajeros tengan prescrita parada, el peralte será nulo.
			En aquellas vías con andén donde predominen los trenes con parada u operen trenes de cercanías, no se dispondrá peralte en la zona de andén.
Diseño de zonas de espera		LIBRO BLANCO DE CRITERIOS PARA EL DISEÑO	Todas las estaciones situadas a cielo abierto deberán contar con marquesinas que ofrezcan cobijo.
			Todas las estaciones deberán tener delimitada una zona de espera para personas con movilidad reducida en el andén para que puedan acceder a los vagones en los puntos facilitados para ellas.
Pavimento y desniveles		LIBRO BLANCO DE CRITERIOS PARA EL DISEÑO	Los pavimentos en espacios públicos exteriores deben ser antideslizantes Clase 3 con una resistencia al deslizamiento $R_d > 45$.
			Los desniveles deben estar protegidos para evitar caídas y las rampas y escaleras deben disponer de pasamanos de acuerdo a la normativa para facilitar el tránsito de las personas con movilidad reducida.
			Las barandillas de protección no deben ser escalables cuando el desnivel supere la altura indicada en el CTE-SUA.
			Los pasamanos de rampas y escaleras deben terminar de tal manera que no sean susceptibles de generar enganches.
Diseño de escaleras		LIBRO BLANCO DE CRITERIOS PARA EL DISEÑO	El acceso a las estaciones debe estar enrasado con el nivel de la calle o salvado mediante una pequeña rampa que comunique ambos niveles.
			Las escaleras sin contrahuella también resultan inseguras porque pueden provocar enganchones y tropiezos.
			Los bajos de las escaleras deben estar delimitados mediante algún tipo de cierre y con señalización podotáctil en el pavimento para evitar golpes y cabezadas.
			El pavimento utilizado en escaleras y rampas debe de ser antideslizante.
Diseño de pasillos		LIBRO BLANCO DE CRITERIOS PARA EL DISEÑO	Los espacios de tránsito y maniobra deben estar libres de obstáculos que pudieran dificultar el desplazamiento de las personas usuarias.
			No deben situarse objetos suspendidos que invadan el interior de los espacios de maniobra.
			Los pasillos deben tener el ancho libre de paso definido en la reglamentación, 120 cm o 90 cm ocasionalmente.
			Los recorridos deben tener una altura libre de obstáculos de al menos 220 cm.
Andenes		LIBRO BLANCO DE CRITERIOS PARA EL DISEÑO	La pendiente transversal de los recorridos no debe superar el 3%.
			Se deben evitar los andenes curvos para conseguir una distancia entre el coche y el andén constante y segura.
			Es recomendable que la zona de espera del andén para personas con movilidad reducida esté lo más próxima posible al acceso a la estación.
			Se dibujará la línea de distancia de seguridad respecto del borde del andén.
			Los andenes deben cumplir con el ancho mínimo exigido y permitir el cruce de dos personas de manera segura y cómoda.
Eliminación de riesgos		LIBRO BLANCO DE CRITERIOS PARA EL DISEÑO	La posición de la marquesina debe respetar el ancho mínimo del andén y no invadir ni estrechar el paso. La estructura de las marquesinas debe ser lo más ligera y permeable posible y estar ubicada de tal manera que no estrechen el andén.
			Los andenes tienen que estar protegidos y cerrados para evitar que cualquier persona pueda acceder a ellos.
Vigilancia activa		LIBRO BLANCO DE CRITERIOS PARA EL DISEÑO	Se recomienda que las estaciones de tren dispongan de tornos de acceso para evitar que cualquier persona pueda acceder sin control.
			Las estaciones que cuentan con personal permanente resultan más seguras.

MARCO TÉCNICO NORMATIVO

PELIGRO O PUNTO DE CONTACTO	RIESGO/ GENERALIDAD ASOCIADO	DOCUMENTO	ESPECIFICACIÓN
Vigilancia pasiva		LIBRO BLANCO DE CRITERIOS PARA EL DISEÑO	Todas las estaciones deben contar con sistema de videovigilancia, incluso las de tranvía
			En las estaciones de poco tránsito y sin personal de estación se recomienda disponer de un buen sistema de videovigilancia, botón de socorro en varios puntos y control de accesos.
Mantenimiento		LIBRO BLANCO DE CRITERIOS PARA EL DISEÑO	La limpieza de una estación está directamente relacionada con la sensación de seguridad que genera en las personas usuarias.
			Se debe cuidar el mantenimiento de las estaciones, reparar las humedades y filtraciones, eliminar los grafitis y cuidar los revestimientos y el mobiliario.
			Se recomienda la utilización de revestimientos claros.
			Se recomienda que los elementos metálicos de las estaciones como barandillas y pasamanos sean de acero inoxidable.
Señalización		LIBRO BLANCO DE CRITERIOS PARA EL DISEÑO	Las estaciones deben ser visibles desde la calle y desde los recorridos principales próximos a ellas.
			El tiempo de espera u hora de llegada del tren debe estar señalizado en cada uno de los andenes, indicando también el sentido de la línea.
Itinerario Exterior	Evaluación de la accesibilidad al transporte público		Desniveles salvados por rampas (no escalones).
			Pavimento sin piezas o elementos sueltos. Pavimento no deslizante, continuo y compacto.
			Pendiente de aceras adecuada.
			Anchura acera suficiente.
			Rejas, rejillas y tapas de registro enrasadas con pavimento.
Itinerario interior	Evaluación de la accesibilidad al transporte público		Alcorques cubiertos o enrasados con el pavimento.
			Acceso a todos los servicios desde anden principal.
			Pavimento antideslizante.
			Anchura mínima de pasillos (1,20 metros en pasillos adaptados y 1,10 metros en pasillo practicables).
			Salidas de emergencia con paso libre mínimo 1 metro.
Itinerario: Escaleras fijas y rampas	Evaluación de la accesibilidad al transporte público		Nivel iluminación adecuado en los itinerarios interiores accesibles.
			Pavimento evita el deslumbramiento por reflexión.
			Contraste de color entre suelo y pared.
			Requisitos dimensionales de pasillos.
			Dispositivo para salvar escalera.
Itinerario Acceso principal a la estación de tren	Evaluación de la accesibilidad al transporte público		Anchura mínima de escalera (1,10 metros).
			Bandas antideslizantes en peldaños de escaleras.
			Anchura y longitud de rampas (mínima 1,20 metros y longitud máxima 9 metros).
			Pavimento antideslizante en rampas.
			Nivel iluminación adecuado en escalera.
Andenes	Evaluación de la accesibilidad al transporte público		Franja de pavimento de 1,20 metro táctil de diferente color en arranque de escaleras.
			Franja de pavimento de 1,00 metro de diferente color y textura en embarque y desembarque de escaleras y rampas.
			Pasamanos adicional en rampas altura entre 0,65 y 0,75 m.
			Pasamanos entre 0,90 y 1,10 metros de altura prolongado 30 centímetros color contrastado.
			Puerta accesible en acceso a estación y entrada a andén.
Andén	Elevación	Station and Support Facility Desing Guidelines	Anchura libre de paso mayor o igual a 0,80 metros.
			Altura libre 2 metros.
			Espacio libre próximo a la puerta de diámetro 1,20 metros.
			Mecanismo apertura situado entre 0,80 y 1,20 metros de altura.
			Puertas automáticas correderas o batientes con célula fotoeléctrica.
Andén			Puertas automáticas correderas o batientes con mecanismo de minoración de velocidad.
			Pasos controlados (tornos) anchura mínima 80 centímetros.
			Alfombra o similar en acceso que no pueda deslizarse y enrasada.
			Vestíbulos o distribuidores de 1,2 ó 1,5 metros de diámetro.
			Franja de guía mínimo 0,10 m, con pavimento de textura y color diferenciado.
Andén			Pavimento antideslizante, preferentemente continuo, juntas ni anchas ni profundas.
			Junto pieza borde andén, franja solado 60 centímetros botones antideslizante más banda 10 centímetros amarilla.
			Medios auxiliares para acceder en condiciones de dignidad y seguridad al tren.
			Dispositivo capaz de cubrir la distancia si existe entre coche y andén.
			Rampa de acceso con una pendiente máxima del 18%.
Andén			Sin desnivel o elevador a bordo o equipo móvil en andén.
			Las plataformas del tren ligero deben estar 30 cm por encima de la parte superior de los rieles adyacentes.
			Las plataformas del tren de cercanías deben estar 20 cm por encima de la parte superior de los rieles adyacentes.
			Se deben instalar bordillos elevados siempre que sea posible, dependiendo del ancho del andén, las consideraciones sobre las aguas pluviales y los requisitos de la ADA. Esto puede permitir un abordaje a nivel (aproximadamente 33 cm por encima de la plataforma) o con bordillos más altos (aproximadamente 25 cm por encima de la plataforma) para facilitar un abordaje rápido. Los andenes con bordillos de altura estándar (aproximadamente 15 cm por encima de la plataforma) son aceptables para estaciones de menor volumen o con servidumbres de paso limitadas.

MARCO TÉCNICO NORMATIVO

PELIGRO O PUNTO DE CONTACTO	RIESGO/ GENERALIDAD ASOCIADO	DOCUMENTO	ESPECIFICACIÓN
Andén	Ancho	Station and Support Facility Desing Guidelines	El ancho mínimo deseado de la plataforma para las plataformas LRT debe ser de 20 pies para las plataformas centrales (preferido) y 13 pies (12 pies mínimo absoluto según los criterios de diseño de CCLRT) para las plataformas laterales.
			El ancho del andén debe incluir espacio para una barrera de seguridad a lo largo del borde opuesto a la vía cuando haya una diferencia de pendiente de dos pies y seis pulgadas o más, o cuando esté adyacente a una carretera.
			El ancho estándar recomendado para los andenes de trenes de cercanías es de 7,9 metros (26 pies) en los andenes laterales (un mínimo absoluto de 4 metros según los Criterios de Diseño de Northstar de septiembre de 2006).
	Longitud	Station and Support Facility Desing Guidelines	El andén debe incluir un espacio libre continuo, libre de infraestructura de servicios públicos y mobiliario urbano, a lo largo de toda su longitud.
			En las estaciones de tren ligero (LRT), el ancho ideal desde el borde del andén hasta cualquier obstáculo debe ser de 2,4 metros (8 pies); el ancho mínimo es de 1,92 metros (6 pies y 8 pulgadas).
Mantenimiento		Station and Support Facility Desing Guidelines	La longitud de la plataforma debe corresponder al número de vehículos de pasajeros detenidos en la plataforma en un momento dado. Para el sistema LRT, la longitud mínima de la plataforma debe ser de 270 pies para acomodar un tren de tres vagones. En el caso del tren de cercanías, cada vagón de pasajeros tiene una longitud de 26 metros. La longitud del andén debe ser de al menos 120 metros para acomodar un tren de cinco vagones, con capacidad de expansión de al menos 182 metros.
Pavimento		Station and Support Facility Desing Guidelines	Se deben instalar contenedores de basura resistentes a explosiones en todas las estaciones de tránsito para minimizar la acumulación de basura y escombros. s. Se pueden instalar contenedores de basura en las zonas de espera de pasajeros en lugar de en los andenes.
Señalización		Station and Support Facility Desing Guidelines	Se deben utilizar marcas especiales en el pavimento, que pueden incluir cambios de textura o color, para indicar las áreas de especial interés, incluyendo franjas táctiles de advertencia de color o textura diferenciadas de la superficie del andén, que marquen el borde de acceso a los andenes.
			La señalización de la estación debe ofrecer uniformidad en materiales, acabados y ubicación en todo el sistema para disuadir el vandalismo y resistir el desgaste normal. Las señales pueden incluir algunos o todos los tipos de señalización: • Estático: señalización permanente de texto y gráficos/mapas • Cambiable/Variable: información impresa sobre rutas, horarios de servicio que pueden cambiar y ser actualizado reemplazando material impreso dentro de áreas de exhibición protegidas. • Tiempo real: información electrónica que proporciona información actualizada sobre el próximo tren o autobús, ruta número y condiciones de emergencia
Seguridad		Station and Support Facility Desing Guidelines	Las estaciones de tránsito deben diseñarse para promover un entorno seguro y cómodo para los usuarios. Esto incluye la aplicación de los principios de prevención del delito mediante el diseño ambiental, la realización de revisiones de diseño y análisis de riesgos, amenazas y vulnerabilidades, así como la provisión de comunicaciones en la estación y la preparación para emergencias.
Análisis de evaluación de riesgos			
Infraestructura/ Plataforma	Posible afección a la geometría de la vía debido a la prolongación de los andenes	Anejo 4. Superestructura de Vía	UNE-EN 15273- 3:2014+A1:2017. Aplicaciones ferroviarias. Gálbos. Parte 3: Gálbo de implantación de obstáculos. Orden FOM/1630/2015 de 14 de julio, por la que se aprueba la Instrucción ferroviaria de gálbos". Dimensionamiento superestructura.
		Anejo 4. Superestructura de Vía	Decreto 68/00 de 11 de abril del departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente, por el que se aprueban normas técnicas sobre condiciones de accesibilidad de los entornos urbanos, espacios públicos, edificaciones y sistemas de información y comunicación (Boletín no 110 de 12/06/2000). Ley 20/1997, de 4 de diciembre, para la Promoción de la Accesibilidad (Boletín no 246 de 24/12/1997). Decreto 126/2001, de 10 de julio, por el que se aprueban las normas técnicas sobre condiciones de accesibilidad en el transporte (Boletín no 142 de 24/07/2001). DECRETO 42/2005, de 1 de marzo, de modificación del Decreto por el que se aprueban las normas técnicas sobre condiciones de accesibilidad de los entornos urbanos, espacios públicos, edificaciones y sistemas de información y comunicación (Boletín no49 de 11/03/2005). DECRETO 126/2001, de 10 de julio, por el que se aprueban las Normas Técnicas sobre Condiciones de Accesibilidad en el Transporte (corrección de errores). Boletín no 225 de 21/11/2001. Real Decreto 173/2010, de 19 de febrero, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, en materia de accesibilidad y no discriminación de las personas con discapacidad (BOE no61 de 11/03/2010). Guía de aplicación de la normativa técnica vigente.

MARCO TÉCNICO NORMATIVO

PELIGRO O PUNTO DE CONTACTO	RIESGO/ GENERALIDAD ASOCIADO	DOCUMENTO	ESPECIFICACIÓN
Infraestructura/ Andenes	Deficiencia o insuficiencia de la actuación en cuanto a accesibilidad para personas de movilidad reducida (ascensores, rampas, gálibos, etc.)	Anejo 4. Superestructura de Vía	Decreto 68/00 de 11 de abril del departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente, por el que se aprueban normas técnicas sobre condiciones de accesibilidad de los entornos urbanos, espacios públicos, edificaciones y sistemas de información y comunicación (Boletín no 110 de 12/06/2000). Ley 20/1997, de 4 de diciembre, para la Promoción de la Accesibilidad (Boletín no 246 de 24/12/1997). Decreto 126/2001, de 10 de julio, por el que se aprueban las normas técnicas sobre condiciones de accesibilidad en el transporte (Boletín no 142 de 24/07/2001). DECRETO 42/2005, de 1 de marzo, de modificación del Decreto por el que se aprueban las normas técnicas sobre condiciones de accesibilidad de los entornos urbanos, espacios públicos, edificaciones y sistemas de información y comunicación (Boletín no 49 de 11/03/2005). DECRETO 126/2001, de 10 de julio, por el que se aprueban las Normas Técnicas sobre Condiciones de Accesibilidad en el Transporte (corrección de errores). Boletín no 225 de 21/11/2001. Real Decreto 173/2010, de 19 de febrero, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, en materia de accesibilidad y no discriminación de las personas con discapacidad (BOE no 61 de 11/03/2010).
Infraestructura/ Andenes	Posible ausencia o insuficiencia de señalización (horizontal, vertical, megafonía) en andenes.	Anejo 4. Superestructura de Vía	Real Decreto 393/2007, de 23 de marzo, y en su modificación según el Real Decreto 1468/2008, de 5 de septiembre, por el que se aprueba la Norma Básica de Autoprotección de los centros, establecimientos y dependencias dedicados a actividades que puedan dar origen a situaciones de emergencia.: Aplicación en su totalidad. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (CTE).: Documento Básico. SI. Seguridad en caso de incendio. SI. 3. Evacuación de ocupantes. SI 4. Instalaciones de protección contra incendios.
Infraestructura/ Andenes	Insuficiencia de instalaciones para detección de incendios, alumbrado, señalización para evacuación y suministro de agua	Anejo 4. Superestructura de Vía	Manual de estaciones de viajeros Normativa de accesibilidad del País Vasco.
Infraestructura/ Estación/ Accesibilidad	Existencia de obstáculos en andenes que dejen espacio reducido frente al borde de andén	Anejo 4. Superestructura de Vía.	Código Técnico de la Edificación. Documento Básico de Seguridad de utilización y accesibilidad. Sección de Seguridad de utilización y accesibilidad (SUA).
Infraestructura/ Estación/ Accesibilidad		Código Técnico de la Edificación. Documento Básico de Seguridad de utilización y accesibilidad. Sección de Seguridad de utilización y accesibilidad.	ACCESIBILIDAD ESTACIONES. RECORRIDOS LIBRES DE OBSTACULOS. Deficiencia o insuficiencia de la actuación en cuanto a accesibilidad para personas de movilidad reducida para los siguientes elementos: - Banda contrastada en primero y último escalón de escaleras - Bandas podotáctiles antes del primer peldaño descendente - Pendiente de rampa - Pasamanos en escaleras y rampas.
Infraestructura/ Estación/ Accesibilidad		Código Técnico de la Edificación. Documento Básico de Seguridad de utilización y accesibilidad. Sección de Seguridad de utilización y accesibilidad.	Deficiencia o insuficiencia de la actuación en cuanto a accesibilidad para personas de movilidad reducida ACCESIBILIDAD ESTACIONES. PUERTAS Y ACCESOS - Las Puertas podrán ser accionadas por personas con discapacidad y por personas de movilidad reducida. - Los dispositivos de accionamiento de las puertas deberán estar situados a una altura de entre 80 cm y 110 cm.
Infraestructura/ Estación/ Accesibilidad		Código Técnico de la Edificación. Documento Básico de Seguridad de utilización y accesibilidad. Sección de Seguridad de utilización y accesibilidad.	ACCESIBILIDAD ESTACIONES. PAVIMENTOS Deficiencia o insuficiencia de la actuación en cuanto a accesibilidad para personas de movilidad reducida para los siguientes elementos: - Pavimentos antideslizantes - Altura de resaltes.

MARCO TÉCNICO NORMATIVO

PELIGRO O PUNTO DE CONTACTO	RIESGO/ GENERALIDAD ASOCIADO	DOCUMENTO	ESPECIFICACIÓN
Infraestructura/ Estación/ Accesibilidad		Código Técnico de la Edificación. Documento Básico de Seguridad de utilización y accesibilidad. Sección de Seguridad de utilización y accesibilidad.	ACCESIBILIDAD ESTACIONES. ILUMINACIÓN Deficiencia o insuficiencia de la actuación en cuanto a accesibilidad para los siguientes elementos: - Iluminación de servicio - Iluminación emergencia.
Infraestructura/ Estación/ Accesibilidad		Ley del Sector Ferroviario	ACCESIBILIDAD. Información visual: señalización, pictogramas e información impresa o dinámica Deficiencia o insuficiencia de la actuación en cuanto a accesibilidad para los siguientes elementos: - Señalización de Evacuación.
Infraestructura/ Protección por desniveles	Caída de personas por desnivel.		Normativa accesibilidad País Vasco Código Técnico de la Edificación. Documento Básico de Seguridad de utilización y accesibilidad. Sección de Seguridad de utilización y accesibilidad (SUA).
Infraestructura/ Escaleras	Diseño y dimensionamiento incorrecto de escaleras.		Normativa accesibilidad País Vasco Código Técnico de la Edificación. Documento Básico de Seguridad de utilización y accesibilidad. Sección de Seguridad de utilización y accesibilidad (SUA).
Infraestructura/ Seguridad frente al riesgo de impacto o de atrapamiento	Posibilidad de que los usuarios puedan sufrir impacto o atrapamiento con elementos fijos o practicables del edificio.		Normativa accesibilidad País Vasco Código Técnico de la Edificación. Documento Básico de Seguridad de utilización y accesibilidad. Sección de Seguridad de utilización y accesibilidad (SUA).
Infraestructura/ Seguridad frente al riesgo de aprisionamiento	Posibilidad de que los usuarios puedan quedar accidentalmente aprisionados en recintos.		Normativa accesibilidad País Vasco Código Técnico de la Edificación. Documento Básico de Seguridad de utilización y accesibilidad. Sección de Seguridad de utilización y accesibilidad (SUA).