

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

DISEÑO DE SISTEMA DE CONTEO DE PERSONAS
EN ANDENES DE TREN

Trabajo de Titulación para optar al Título
Profesional de Ingeniero de Ejecución en
CONTROL E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL

Alumno:
Francisco Martínez Vicencio

Profesor Guía:
Mag. Víctor Cárdenas Schweiger

2024

RESUMEN

KEYWORDS: DENSIDAD, INDICADORES, GESTION, INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

Con el impulso de nuevos desafíos y proyectos de EFE trenes de Chile, ha generado un peak histórico en el aumento de pasajeros en sus distintas filiales, por lo que los comportamientos del movimiento de pasajeros al día de hoy es mucho más dinámico y menos predecible, provocando que la gestión de la infraestructura como el material rodante (trenes), consumo de Energía, y escenarios de contingencia sean menos eficientes.

Desde el análisis de los distintos kpi's e índices que miden la eficiencia del uso de recursos de EFE. El proyecto expone y da solución a la problemática de la falta de conteo y control de la densidad de personas, en los andenes de tren y a bordo de los trenes, a tiempo real, en la filiar, EFE Valparaíso, servicio que opera en la Región de Valparaíso, correspondiente al corredor Puerto-Limache, con la implementación de nuevas tecnologías de software y hardware, para generar gemelos virtuales con integración de inteligencia artificial.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES E IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA 2

1 ANTECEDENTES E IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA 3

1.1 ANTECEDENTES GENERALES..... 3

1.2 EFE VALPARAÍSO 3

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA 4

1.3.1 Antecedentes de EFE Valparaíso 4

1.3.2 Políticas para el aumento de Pasajeros 4

1.3.3 Infraestructura 6

1.3.3.1 Material Rodante 6

1.3.4 Estaciones.....8

1.3.5 Frecuencia y Servicios 9

1.4 PROBLEMÁTICA..... 10

1.5 ÍNDICES E INDICADORES 11

1.6 ANÁLISIS DEL PROBLEMA 16

1.7 ANORMALIDADES 20

1.8 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA..... 21

1.8.1 Importancia de resolverlo 21

1.8.2 Involucrados 22

1.9 PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA 22

1.10 REQUERIMIENTOS..... 22

1.11 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN 23

1.11.1 Alternativa N°1: “Mantener situación actual” 23

1.11.2 Alternativa N°2: “Externalizar el conteo de personas y su análisis” 24

1.11.3 Alternativa N°3: “Diseño de un sistema de conteo de personas” 25

1.11.4 Alternativa seleccionada 26

1.12 OBJETIVOS 27

1.12.1 Objetivo general 27

1.12.2 Objetivos específicos.....27

CAPÍTULO 2: SOLUCIÓN Y DISEÑO DE SISTEMA DE CONTEO DE PERSONAS 28

2 SOLUCIÓN Y DISEÑO DE SISTEMA DE CONTEO DE PERSONAS 29

2.1 ALTERNATIVAS DE TECNOLOGÍAS 29

Sensor infrarrojo Activo 29

Sensor infrarrojo Pasivo 29

Sensores de peso.....30

Detector térmico 30

Haces de Luz 30

Sistema de seguimiento de dispositivo móvil 31

Cámaras de video con Inteligencia Artificial (IA) 31

2.2 TABLA RESUMEN DE TECNOLOGÍAS A UTILIZAR..... 32

2.3 MODELO A DESARROLLAR 33

2.4 GEMELOS DIGITALES PARA LA OPTIMIZACIÓN OPERATIVA Y GESTIÓN 34

2.5 ¿CÓMO FUNCIONA? 36

2.6	ESPECIFICACIONES DE LA PLATAFORMA.....	37
2.7	CONTEO DE PERSONAS A GRAN ESCALA A TIEMPO REAL	41
2.8	ENTRENAMIENTO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL (I.A.).....	42
2.9	PROPUESTA TÉCNICA.....	43
2.9.1	Conexión con los sistemas de información de EFE Valparaíso.	43
2.10	REQUERIMIENTOS DE DISEÑO	45
2.10.1	Requerimientos en andenes	45
2.10.2	Equipamientos para andenes.....	45
2.10.3	Diagrama de contexto de cámaras en andenes.....	47
2.10.4	Requerimientos a bordo de tren.....	48
2.10.5	Equipamiento a bordo de tren.....	48
2.10.6	Diagrama de contexto de cámaras a bordo de tren	49
2.11	IMPLEMENTACIÓN DE SOFTWARE	50
CAPÍTULO 3: MATERIALES Y COSTOS ASOCIADOS		52
3.1	PROPUESTA COMERCIAL GEMELO VIRTUAL ESTACIÓN LIMACHE Y SARGENTO ALDEA	53
3	Propuesta cobertura Estación Limache	53
4	Propuesta cobertura estación Sargento Aldea	54
5	Propuesta cobertura trenes Xtrapolis	54
3.2	PROPUESTA COMERCIAL	55
3.3	COSTO DE MATERIALES Y EQUIPAMIENTO	55
3.4	COSTOS DE RECURSOS HUMANOS	58
3.5	COSTOS ASOCIADOS.....	60
3.6	COSTO TOTAL DEL PROYECTO	60
CONCLUSIONES.....		62
BIBLIOGRAFÍA.....		63
ANEXOS.....		64
ANEXO A: Plano instalación cámaras estación Limache.		64
ANEXO B: Plano instalación cámaras estación Sargento Aldea.		65
ANEXO C: Criterios de selección de Hardware.....		66
ANEXO D: Especificaciones cámaras andén DS-2CD2620F-I		68
ANEXO E: Especificaciones PoE switch DS-3E2528P anden		69
ANEXO F: Especificaciones NVR anden DS-7732NXI-I4		70
ANEXO G: Especificaciones cámara a bordo DS-2CD2147G2-L		71
ANEXO H: Especificaciones POE switch a bordo DS-3E1310P-SI		72
ANEXO I: Especificaciones MDVR a bordo M1-H0401.....		73
ANEXO J: Carta gantt implementacion andenes.....		74
ANEXO K: Carta gantt implementacion X-TRÁPOLIS.....		75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Vista Estación Central 1920.	3
Figura 1-2 Estaciones tramo Limache-Puerto.	4
Figura 1-3 XTRÁPOLIS 100.	6
Figura 1-4 XTRÁPOLIS MODULAR.	7
Figura 1-5 Torniquetes Estación Villa Alemana.	8
Figura 1-6 Anden Estación Limache.	9
Figura 1-7 Horarios de Servicio EFE Valparaíso.	9
Figura 1-8 Movimiento de público en anden.	20
Figura 1-9 Mapa conceptual del diseño.	26
Figura 2-1 Gemelo virtual “Turbina de avión”	34
Figura 2-2 Ilustración instalación gemelo virtual	36
Figura 2-3 Vista de administración	37
Figura 2-4 Vista a tiempo real	38
Figura 2-5 Vista de monitoreo	39
Figura 2-6 Vista histórico de densidades	39
Figura 2-7 Ejemplo de mapa de calor	40
Figura 2-8 Vista análisis de pasajeros	41
Figura 2-9 Esquema red neuronal CNN	42
Figura 2-10 Detección de personas en zona no autorizada	42
Figura 2-11 Vista de misión gemelo virtual	43
Figura 2-12 Inyección de trenes Sargento Aldea	45
Figura 2-13 Cámara bullet Hikvision	45
Figura 2-14 PoE Switch Hikvision	46
Figura 2-15 NVR Hikvision	46
Figura 2-16 Diagrama de contexto comunicación cámaras	47
Figura 2-17 Cámara domo Hikvision	48
Figura 2-18 Switch PoE Hikvision	48
Figura 2-19 DVR móvil Streamax.	48
Figura 2-20 Diagrama contexto conexión a bordo de tren.	49
Figura 2-21: Manual de operación gemelo virtual	50
Figura 2-22: Diagrama conceptual comunicación CTC	50
Figura 2-23: Manual de operación gemelo virtual	51
Figura 3-1 Propuesta cobertura de cámaras Limache	53
Figura 3-2 Propuesta cobertura cámaras Sargento Aldea	54
Figura 3-3 Proyección cobertura cámaras Xtrapolis	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Capacidad de pasajeros XT-100 7

Tabla 1-2 Capacidad de pasajeros XT- Modular 8

Tabla 1-3 Horario Servicio comercial 10

Tabla 1-4 Valores de Rendimiento abril 2018. 13

Tabla 1-5 Valores de Rendimiento abril 2020. 14

Tabla 1-6 Valores de Rendimiento abril 2023. 14

Tabla 1-7 Rango de IRE PAX..... 15

Tabla 1-8 Rango de IRE KM. 15

Tabla 1-9 Rango de IRE TREN. 15

Tabla 1-10 Valores IRE PAX..... 19

Tabla 1-11 Valores IRE KM. 19

Tabla 1-12 Valores IRE TREN. 19

Tabla 1-13 Requerimientos del proyecto 23

Tabla 1-14 Evaluación alternativa 1..... 24

Tabla 1-15 Evaluación alternativa 2..... 24

Tabla 1-16 Evaluación alternativa 3..... 25

Tabla 1-17 Cuadro comparativo alternativas. 26

Tabla 2-1 comparaciones alternativas de tecnologías 33

Tabla 3-1 Propuesta comercial gemelo virtual (dólares) 55

Tabla 3-2 Equipamiento estación Sargento Aldea (pesos)..... 56

Tabla 3-3 Equipamiento estación Limache (pesos) 56

Tabla 3-4 Equipamiento a bordo de tren (pesos) 56

Tabla 3-5 Materiales montaje cámaras Limache (pesos) 57

Tabla 3-6 Materiales montaje cámaras Sargento Aldea (pesos) 57

Tabla 3-7 Costo RRHH andenes 59

Tabla 3-8 Costo RRHH X-TRÁPOLIS..... 59

Tabla 3-9 Costo de montaje de cámaras..... 60

Tabla 3-10 Costo total implementación andenes. 60

Tabla 3-11 Costo total implementación X-trápolis. 61

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1 Grupo de usuarios EFE Valparaíso.....4

Gráfico 1-2 Evolución de demanda por año.....10

Gráfico 1-3 Densidad promedio mensual 2023. 16

Gráfico 1-4 Cumplimiento tiempo de Viaje.....16

Gráfico 1-5 Cumplimiento puntualidad en salida. 17

Gráfico 1-6 Cumplimiento de regularidad.....17

Gráfico 1-7 Cumplimiento UMR. 18

Gráfico 1-8 Cantidad de Incidentes.....18

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

A. SIGLAS

CCTV	: Circuito Cerrado de Tele Vigilancia.
CTC	: Control tráfico centralizado
CNN	: Convolutional Neural Network.
EFE	: Empresa de Ferrocarriles del Estado.
GV	: Gemelo Virtual
I.A.	: Inteligencia Artificial.
IP	: Índice de protección contra materiales extraños.
IRE	: Índice de Rendimiento.
MP	: Mega Pixel
NVR	: Network Video Recorder.
PoE	: Power Over Ethernet
PS	: Puntualidad de Salida.
OPC	: OLE Process Control.
OLE	: Objet Linking and Embedding.
RMS	: Red Multi Servicio.
TDV	: Tiempo de Viaje.
UMR	: Utilización Material Rodante.
XT	: Xtrápolis
V	: Volts
3G/4G	: Red de comunicación móvil inalámbrica.

B. SIMBOLOGIAS

Hrs	: Horas
Kv	: Kilo Volt: unidad de medida de la Tensión o Voltaje.
KWh	: Kilo watt por hora: unidad de medida de consumo de energía.
KWh/km	: Kilo watt hora por kilómetro recorrido.
KWh/Pax	: Kilo watt hora por pasajeros transportados
KWh/tren (Xt)	: Kilo watt hora por uso de tren
Km	: Kilometro.
mt2	: Metro Cuadrado.
PAX	: Pasajeros.
pax/m2	: Pasajero por metro cuadrado
mts.	: Metros
mt2.	: Metro cuadrado
mm.	: Milímetro
Tracc.	: Tracción.

INTRODUCCIÓN

EFE Valparaíso tiene como origen su constitución en el año 1995 de la sociedad anónima Metro Regional de Valparaíso S.A., empresa que se orienta a brindar un servicio de transporte ferroviario de pasajeros, atendiendo a las comunas de Valparaíso, Viña del Mar, Quilpué, Villa Alemana y Limache. En ese momento, el estado de la infraestructura y el material rodante hacían imposible ofrecer un servicio confiable, sin embargo, a pesar de las dificultades, la empresa llegó a transportar 9 millones de personas, durante el año de 1995.

Al finalizar el año 1999, se inició el proyecto IV etapa, que incluía una completa modernización de la infraestructura y la compra de nuevos trenes.

En noviembre del año 2005 se da inicio a la operación del nuevo servicio de pasajeros de la empresa Metro Valparaíso.

Así, a través de los años, EFE Valparaíso ha emprendido iniciativas, como la compra de 8 nuevos trenes en el año 2017, el ensanchamiento de andenes, la construcción de nuevas sub-estaciones rectificadoras, El Belloto y Villa Alemana, lo que han permitido que el aumento de pasajeros transportados vaya creciendo año a año.

A la fecha se transportan más de 20 millones de personas anualmente, por ello se hace imperativo que la repuesta hacia la exigencia del sistema, teniendo como prioridad la calidad del servicio hacia los pasajeros, sea lo más eficiente posible.

Con este proyecto se pretende mejorar la calidad del servicio, dado que al saber a tiempo real la densidad de personas en una determinada estación, e incluso a bordo de los trenes, permitiría tomar decisiones más asertivas, en cuanto a la gestión de la flota de los trenes y a la utilización de los espacios.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES E IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

1 **ANTECEDENTES E IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

En este capítulo se describen las problemáticas de la empresa EFE Valparaíso que implica el manejo de una alta densidad de pasajeros en sus andenes y a bordo de los trenes, lo que provoca una alta exigencia a la calidad del servicio y a la infraestructura.

1.1 **ANTECEDENTES GENERALES**

Los sistemas de conteo de personas son herramientas tecnológicas utilizadas para rastrear y contar la cantidad de personas que ingresan, salen o permanecen en un área específica, como una tienda, una estación de tren, un terminal de aeropuerto o cualquier espacio físico público o privado. Estos sistemas son útiles para diversos fines, como la gestión de la afluencia, la toma de decisiones, la seguridad, el análisis de datos, y la optimización de recursos.

1.2 **EFE VALPARAÍSO**

En 1884 se firmó el decreto que creó la Empresa de Los Ferrocarriles de Chile. Esta nueva empresa se constituyó como un servicio público de propiedad estatal, encargada de desarrollar, impulsar y explotar los servicios de transporte ferroviario de pasajeros y de carga.

En 1923 se electrificó el tramo Santiago – Valparaíso, (Figura 1-1). Este proceso fue complementado con la compra de modernas locomotoras reduciendo los tiempos de viaje de 7hrs a 4 hrs.

En 1995 se crean por Ley las actuales filiales operadoras de EFE, donde permitiría que EFE Valparaíso comenzara su operación en el 2005, culminando el plan trienal más ambicioso de EFE, modernizando el corredor Puerto – Limache.



Fuente: <https://media-front.elmostrador.cl/2018/08/005-700x405.jpg>

Figura 1-1 Vista Estación Central 1920.

1.3 **DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Para conocer de mejor manera el desafío planteado es necesario precisar el por qué se origina el presenta problema de EFE Valparaíso.

1.3.1 Antecedentes de EFE Valparaíso

EFE Valparaíso cuenta con 43 kilómetros de doble vía ferroviaria electrificada y 20 estaciones (Figura 1-2), que unen las comunas de Valparaíso, Viña del Mar, Quilpué, Villa Alemana y Limache. La operación ferroviaria se encuentra totalmente segregada de la actividad urbana en todo su trazado. La infraestructura es del tipo mixto, soterrada en gran parte de la comuna de Viña del Mar, y a nivel de superficie en el resto de su trazado.

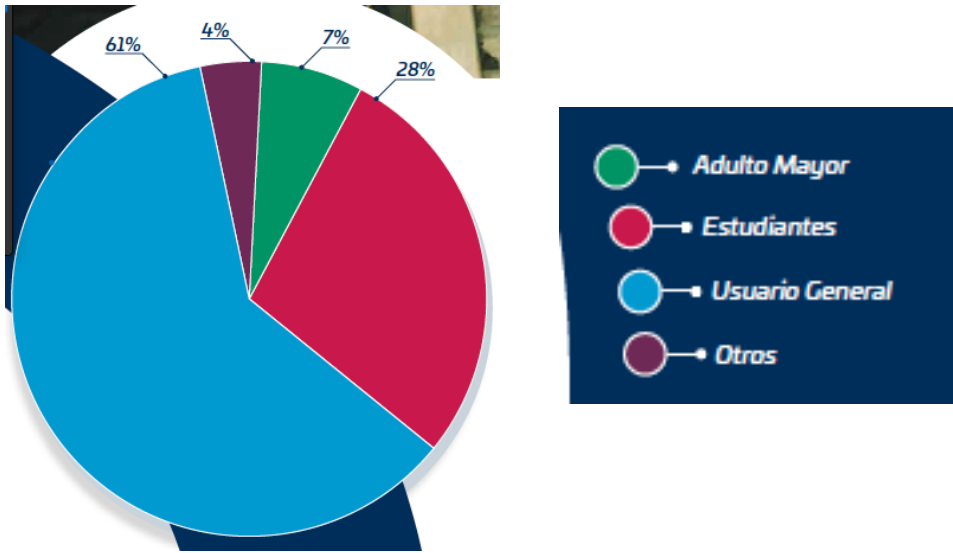


Fuente: www.efe.cl

Figura 1-2 Estaciones tramo Limache-Puerto.

1.3.2 Políticas para el aumento de Pasajeros

Desde que se inició la operación en el año 2005 el público de EFE Valparaíso corresponde a usuarios de todas las edades y grupos socioeconómico, con propósitos de viaje por razones de trabajo, estudio y recreación, entre otros. Esto se ve reflejado en el gráfico 1-1.



Fuente: Memoria Anual 2022 EFE Valparaíso.

Gráfico 1-1 Grupo de usuarios EFE Valparaíso.

En el año 2008 en adelante se integran La Calera, La Cruz, Quillota, Olmué y Limache Viejo a través del servicio de combinación de buses.

En abril del 2015 se inauguró la integración tarifaria con trolebuses y ascensores de la ciudad de Valparaíso, utilizando la tarjeta de Metro, como medio de pago común, y estableciendo descuentos de tarifa.

En Julio de 2016, en marco de ampliación de los servicios se inauguró la combinación Metro+bús, trazado que permite acercar a los pasajeros de las zonas de Los Pinos, Belloto Norte y Villa Alemana, con las estaciones de Quilpué, El Belloto, Las Américas, La Concepción y Villa Alemana.

En el año 2017 se moderniza y aumenta la flota de servicio de Olmué, aumentando la cobertura geográfica, llegando a lugares como Granizo, Cajón Grande, Narváez, Los Maitenes, La Paloma y Gabriela Mistral.

En el año 2022 se termina la ingeniería básica de las obras civiles y sistemas ferroviarios extensión Quillota – Calera. Este proyecto considera un trazado de 28 kilómetros con dos vías de tránsito de pasajeros y una tercera vía para el transporte de carga. Así mismo, el futuro servicio contempla la construcción de 5 estaciones y 15 trenes nuevos, con una demanda anual estimada de 4 millones de pasajeros.

En el año 2022, se activa un estudio de factibilidad de extensión de la red de EFE Valparaíso que incluyo la conexión con las ciudades de San Felipe y Los Andes.

En el año 2023 se inicia la construcción de la Estación Valencia, ubicada a 3 kilómetros hacia el poniente de la estación Quilpué, con fecha de término durante el año 2024.

Durante los últimos años ha habido un aumento en la densidad de pasajeros en EFE Valparaíso, movilizandando más de 80.000 pasajeros diarios. A su vez comenzando un año 2023 marzo y abril, Principalmente con peaks de 95.000 pasajeros.

Actualmente existen 2 proyectos que están en ejecución en EFE Valparaíso:

Proyecto de estación Valencia, el cual principalmente es parte del plan de descongestión del troncal urbano, y junto a ello ofrecer mejor conectividad para las personas de este sector.

El proyecto de extensión Limache – Calera, trazado que contempla 26 kilómetros de vías para pasajeros y carga y 6 estaciones adicionales a las existentes. El desarrollo de esta infraestructura permitirá extender las ventajas de conectividad del tren a una población beneficiaria de 1.118.449 personas.

1.3.3 Infraestructura

La infraestructura que se pone a disposición para el usuario, se compone principalmente de 2: material rodante y estaciones.

1.3.3.1 Material Rodante

EFE Valparaíso cuenta con una flota de 35 trenes, los cuales 27 corresponden al modelo XT 100, y 8 al modelo XT modular, los cuales se configuran en unidades simples o dobles según el requerimiento en la demanda de pasajeros.

Xtrápolis 100 (Figura 1-3): es un componente de la serie de sub-urbanos, del fabricante Alstom Transport S.A. Su configuración es de 2 coches, Motriz y Remolque, y tiene una longitud aproximada de 49 mts. Pudiendo estos funcionar en unidad múltiple formando un tren de 4 coches.



Fuente: Memoria anual EFE 2019

Figura 1-3 XTRÁPOLIS 100.

La capacidad de pasajeros está determinada por pasajeros de pie, donde se especifican 4 niveles, C0, C1, C2 y C3. Siendo C0 un tren vacío, y C3 en carga máxima de pasajeros. Cabe señalar que los niveles de cargas obedecen a distintas densidades, C2 corresponde a una densidad de 4 pax/m² y C3 a una densidad de 5,7 pax/m². Ver Tabla 1-1.

Tabla 1-1 Capacidad de pasajeros XT-100

XTRAPOLIS 100	Coche	Unidad Simple	Unidad Múltiple
Sentados	72	144	288
Discapacitados	4	8	16
Pasajero de pie C2 (4 pax/m2)	127	254	508
Capacidad efectiva C2	199	398	796
pasajero de pie C3 (5,7 pax/m2)	181	362	724
Capacidad efectiva C3	253	506	1012

Fuente: Manual de conducción XT-100

Xtrápolis modular (Figura 1-4): también pertenece a la serie sub-urbana de Alstom Transport, el cual se compone de 2 coches modulares C1 y C2, conectados por un boguie central. Tiene una longitud de 46 mts. pudiendo funcionar también en unidad múltiple.



Fuente: Memoria anual EFE 2019

Figura 1-4 XTRÁPOLIS MODULAR.

La capacidad de pasajeros está determinada por la tabla 1-2:

Tabla 1-2 Capacidad de pasajeros XT- Modular

XTRAPOLIS MODULAR	Coche	Unidad Simple	Unidad Múltiple
Sentados	46	92	184
Discapacitados	2	4	8
Pasajero de pie C2 (4 pax/m2)	142	284	568
Capacidad efectiva C2	213	426	852
pasajero de pie C3 (5,7 pax/m2)	188	376	752
Capacidad efectiva C3	259	518	1036

Fuente: Manual de conducción XT Modular.

1.3.4 Estaciones

Las zonas de las estaciones donde transitan los pasajeros se dividen principalmente en 2: mesanina y andén. La mesanina es donde se encuentra la entrada hacia los andenes, la cual está separada por torniquetes que permiten el control de ingreso de público. Ver figura 1-5.



Fuente: Memoria anual EFE 2022

Figura 1-5 Torniquetes Estación Villa Alemana.

Los andenes, como el que se muestra en la figura 1-6, es la estructura que permite la subida y bajada de pasajeros del tren, tienen en promedio las medidas de largo y ancho de 100x2,5 mts, la cual da una superficie útil de 250 mt2. Utilizando como medida la densidad de personas en 4 pax/mt2, puede albergar alrededor de 1000 personas.



Fuente: Memoria anual EFE 2022

Figura 1-6 Anden Estación Limache.

1.3.5 Frecuencia y Servicios

El horario habitual de operación de lunes a viernes es de 6:15 hrs. como primera salida desde Estación Limache y 22:30 hrs. como última salida desde Estación Puerto, teniendo horarios diferenciados los días Sábado y Domingo, Ver figura 1-7.

Lunes a Viernes (Laboral)			
Estación	Primer Servicio	Último Servicio	Frecuencia
Limache <i>hacia Puerto</i>	06:15	22:15	6* - 12 - 15 min
Puerto <i>hacia Limache</i>	06:15	22:30	6* - 12 - 15 min

Sábado			
Estación	Primer Servicio	Último Servicio	Frecuencia
Limache <i>hacia Puerto</i>	07:30	22:06	12 min
Puerto <i>hacia Limache</i>	08:30	22:24	12 min

Domingo y Festivos			
Estación	Primer Servicio	Último Servicio	Frecuencia
Limache <i>hacia Puerto</i>	08:00	22:06	15 min
Puerto <i>hacia Limache</i>	09:00	22:12	15 min

Fuente: www.efevalparaiso.cl

Figura 1-7 Horarios de Servicio EFE Valparaíso.

La frecuencia del servicio se comprende básicamente en 2 etapas según el horario, Hora punta y hora valle, y esta ajustada en la medida que aumenta la densidad de público. Durante la hora punta se inyectan trenes desde la estación Sargento Aldea, aumentando así la frecuencia del servicio. Mientras que la hora valle se extiende durante el resto del horario comercial, donde principalmente es de 12 minutos entre Puerto y Limache. Ver tabla 1-3.

Tabla 1-3 Horario Servicio comercial

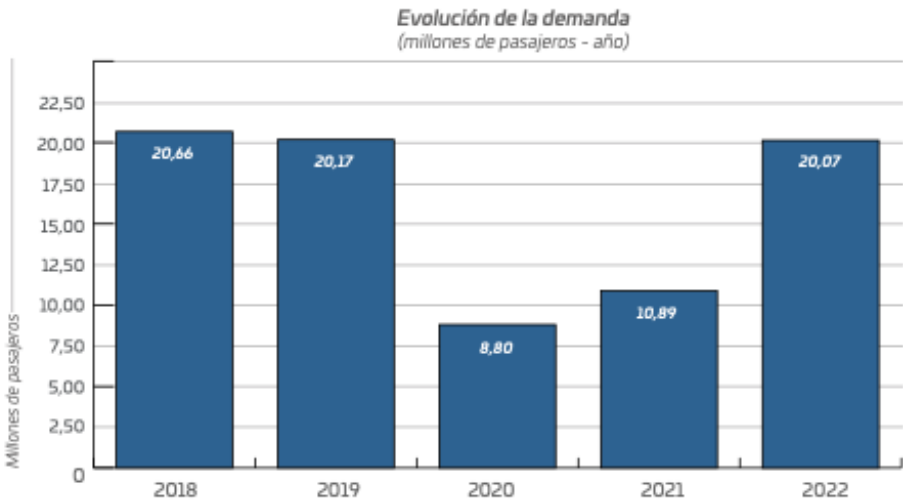
Frecuencia (min)	Estación		Horario	
			Mañana	Tarde
6	Sargento Aldea	Puerto	06:30 - 10:00	15:30 - 19:30
12	Limache	Puerto	06:15	22:30
15				

Fuente: www.efevalparaiso.cl

1.4 **PROBLEMÁTICA**

EFE Valparaíso es una empresa con altos estándares en todos sus procesos, por lo que está en constante búsqueda en mejorarlos, sobre todo en cómo optimizar el uso de los recursos, principalmente Material Rodante, Energía e infraestructura, manteniendo una óptima calidad de servicio hacia los pasajeros.

Como se puede apreciar en el gráfico 1-2, EFE Valparaíso ha impulsado desde sus inicios políticas para el aumento de la cantidad de pasajeros transportados, convirtiéndose en la columna vertebral del transporte público del Gran Valparaíso.



Fuente: Memoria anual 2022 EFE Valparaíso

Gráfico 1-2 Evolución de demanda por año.

En los años previos a la pandemia, se transportaban 80 mil pasajeros diariamente teniendo un cumulo anual de 20 MM de pasajeros, que al ser un flujo casi constante se podía “predecir” el comportamiento de la densidad, instaurando así un servicio comercial acorde a esa demanda.

Durante los años de la pandemia hubo una disminución considerable en la cantidad de pasajeros, por las restricciones propiamente tal, sin embargo, para el año 2022 se remonta casi la totalidad de los pasajeros transportados, y con un cambio de comportamiento en cuanto a la afluencia, en comparación a los años anteriores.

Cabe mencionar que, durante el año 2020, se visualizó una compra masiva de tarjetas de nuevos viajeros, entre 30 y 35 mil tarjetas nuevas, que se traducen en nuevos pasajeros.

Durante el presente año 2023, los efectos de nuevos pasajeros y de las políticas de EFE Valparaíso, produjeron que entre los meses de marzo y septiembre un incremento importante en la afluencia de público, llegando a peaks históricos de más de 90 mil pasajeros diariamente.

1.5 ÍNDICES E INDICADORES

Los principales indicadores que se recopilan diariamente y se utilizan para el análisis de la operación comercial, son:

- **TDV** = Se refiere al Tiempo de Viaje de cada servicio.
- **PS** = Puntualidad en Salida de anden de cada servicio.
- **Regularidad** = Es la Frecuencia que se mantiene entre servicios, según itinerario.
- **UMR** = Utilización de Materia Rodante, determina el porcentaje de viajes vacíos de equipos.
- **Incidentes** = Son todos los sucesos repentinos que interfieren con la normal operación del servicio comercial, para el presente proyecto se tomaron en cuenta solo los incidentes que tienen directa relación con los indicadores mencionados anteriormente.

Además de los indicadores mencionados, para el presente proyecto se crearon índices de rendimiento de energía los que se utilizarán para el análisis de la eficiencia en el consumo y cómo interactúa con las variables que se manejan en EFE Valparaíso, las cuales son:

- Cantidad de pasajeros transportados (PAX).
- Cantidad de XTRAPOLIS en servicio (Material Rodante).
- Kilómetros recorridos por los trenes.

Para el análisis se consideran 3 escenarios:

1. EFE Valparaíso logra récord de pasajeros transportados en abril del 2019.
2. EFE Valparaíso logra la peor cifra de pasajeros, a causa de la pandemia en abril de 2020.
3. Escenario actual pasajeros transportados en abril de 2023.

Los Índices de Rendimiento son los siguientes:

IRE PAX (1): Índice de Rendimiento por pasajero transportado, el cual involucra la energía de tracción 3 kV (KWh) y la cantidad de pasajeros.

$$(1) IRE PAX = \frac{KWh Tracc}{PAX} \left[\frac{KWh}{Pax} \right]$$

Donde:

IRE PAX = Índice de rendimiento consumo energía por pasajero transportado

KWh tracc. = Energía consumida en línea de 3kV de tracción de trenes.

Pax = Pasajeros

IRE km (2): Índice de Rendimiento de energía tracción por kilómetro recorrido, el cual involucra las variables de energía de tracción 3 kV (KWh) y kilómetros recorridos por el material rodante.

$$(2) IRE KM = \frac{KWh Tracc}{Kms} \left[\frac{KWh}{Kms} \right]$$

Donde:

IRE KM = Índice de rendimiento consumo energía por kilómetro recorrido.

KWh tracc. = Energía consumida en línea de 3kV de tracción de trenes.

Kms. = Kilómetros

IRE tren (3): Índice de Rendimiento de energía de tracción por cantidad de trenes, que involucra las variables de energía de tracción 3 kV (KWh) y cantidad de trenes en servicio.

$$(3) \text{ IRE Tren} = \frac{KWh \text{ Tracc}}{XT} \left[\frac{KWh}{tren} \right]$$

Donde:

- IRE KM = Índice de rendimiento consumo energía cantidad de trenes utilizados.
- KWh tracc. = Energía consumida en línea de 3kV de tracción de trenes.
- XT. = X-trápolis o tren.

Utilizando los índices de rendimiento para cada escenario se obtiene:

1. Ejemplo de valores mensual obtenidos de abril 2018. Ver tabla 1-4.

Tabla 1-4 Valores de Rendimiento abril 2018.

Consumo de energía abril 2018		Datos relevantes	
KW total	1.280.583,37	Cantidad Pax mensual	1.944.324
kWh tracción (3Kv)	1.074.473,70	Cantidad XT mensual	6.901
kWh servicios (12Kv)	206.109,67	Kms/tren recorrido	278.992

Abril	2019
IRE PAX	0,55 KWh/pax
IRE Km	3,85 KWh/Km
IRE Tren	155,70 KWh/tren

Fuente: Elaboración Propia

2. Ejemplo de valores mensual obtenidos de abril 2020. Ver Tabla 1-5.

Tabla 1-5 Valores de Rendimiento abril 2020.

Consumo de energía abril 2020		Datos relevantes	
KW total	1.010.562,76	Cantidad Pax mensual	337.302
kWh tracción (3Kv)	804.945,03	Cantidad XT mensual	4991
kWh servicios (12Kv)	205.617,73	Kms/tren recorrido	214.517

Abril	2020
IRE PAX	2,38 KWh/pax
IRE KM	3,75 KWh/Km
IRE TREN	161,27 KWh/tren

Fuente: Elaboración Propia

3. Ejemplo de valores mensual obtenidos de abril 2023. Ver tabla 1-6.

Tabla 1-6 Valores de Rendimiento abril 2023.

Consumo de energía abril 2023		Datos relevantes	
Kwh total	1.293.433	Cantidad Pax mensual	1.308.530
kWh tracción (3Kv)	1.090.545	Cantidad XT mensual	6.730
kWh servicios (12Kv)	202.889	Kms/tren recorrido	271.101

Abril	2023
IRE PAX	0,83 KWh/pax
IRE KM	4,02 KWh/Km
IRE TREN	162,02 KWh/tren

Fuente: Elaboración Propia

Analizando diariamente los 3 escenarios en los meses mencionados, se obtienen los rangos para discriminar los índices de Rendimiento.

Rango índice de rendimiento PAX, ver tabla 1-7:

Tabla 1-7 Rango de IRE PAX.

IRE PAX	ÓPTIMO	REGULAR	DEFICIENTE
RANGO	0 - 0,70 [Kwh/Pax]	0,71 - 1,20 [Kwh/Pax]	> 1,20[Kwh/Pax]

Fuente: Elaboración Propia

Rango índice de rendimiento km, ver tabla 1-8:

Tabla 1-8 Rango de IRE KM.

IRE KM	ÓPTIMO	REGULAR	DEFICIENTE
RANGO	<3,85 [Kwh/kms]	3,85 – 4,0 [KWh/kms]	>4,0[KWh/kms]

Fuente: Elaboración Propia

Rango índice de rendimiento Tren, ver tabla 1-9:

Tabla 1-9 Rango de IRE TREN.

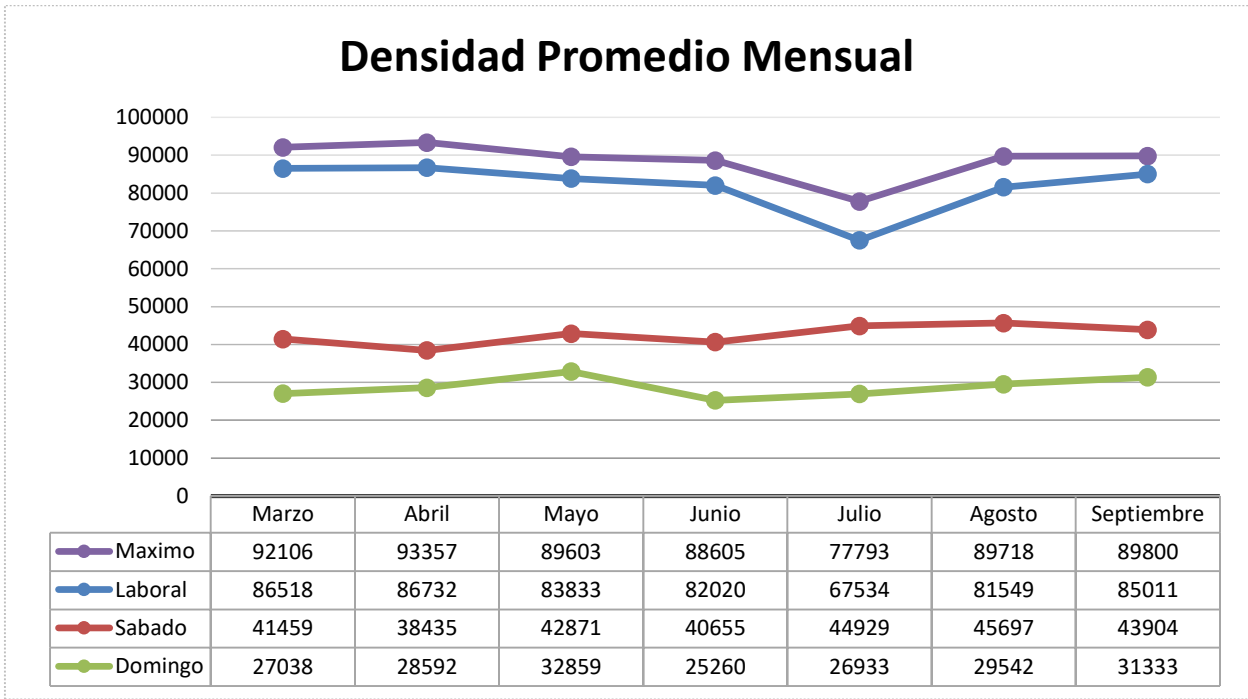
IRE TREN	ÓPTIMO	REGULAR	DEFICIENTE
RANGO	<159 [KWh/xt]	159 – 165 [KWh/xt]	> 165[KWh/xt]

Fuente: Elaboración Propia

A través de los rangos fijados anteriormente, permitirá analizar de forma más certera los datos que se obtienen de la operación ferroviaria en EFE Valparaíso, y así poder detectar las desviaciones asociadas al exceso de público.

1.6 **ANÁLISIS DEL PROBLEMA**

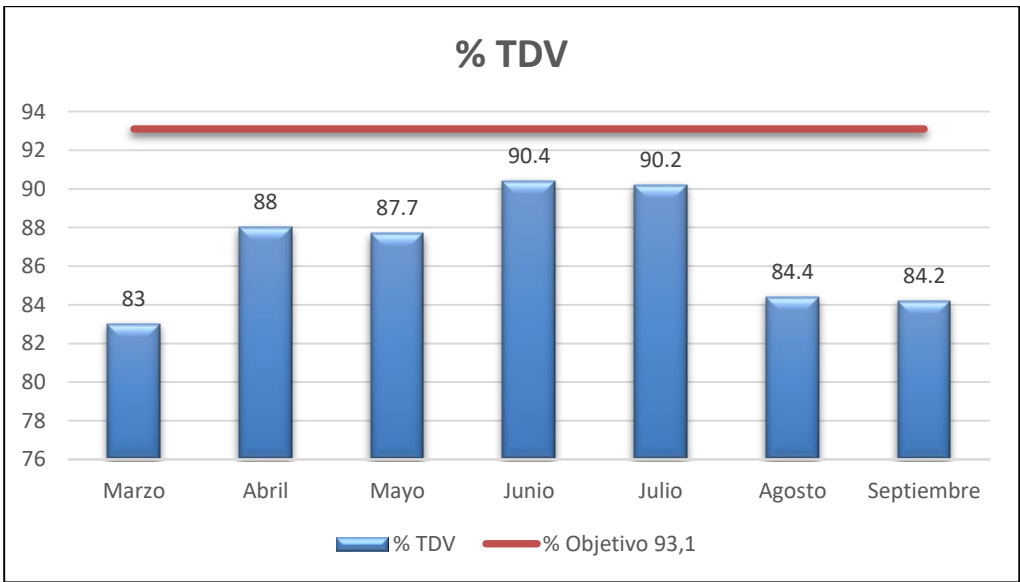
Para el análisis de los indicadores e índices del presente proyecto, se tomaron los valores máximos de densidad de pasajeros desde marzo a septiembre 2023, ya que se observó que se mantiene la tendencia cuando hay una alta densidad de público. Ver gráfico 1-3.



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 1-3 Densidad promedio mensual 2023.

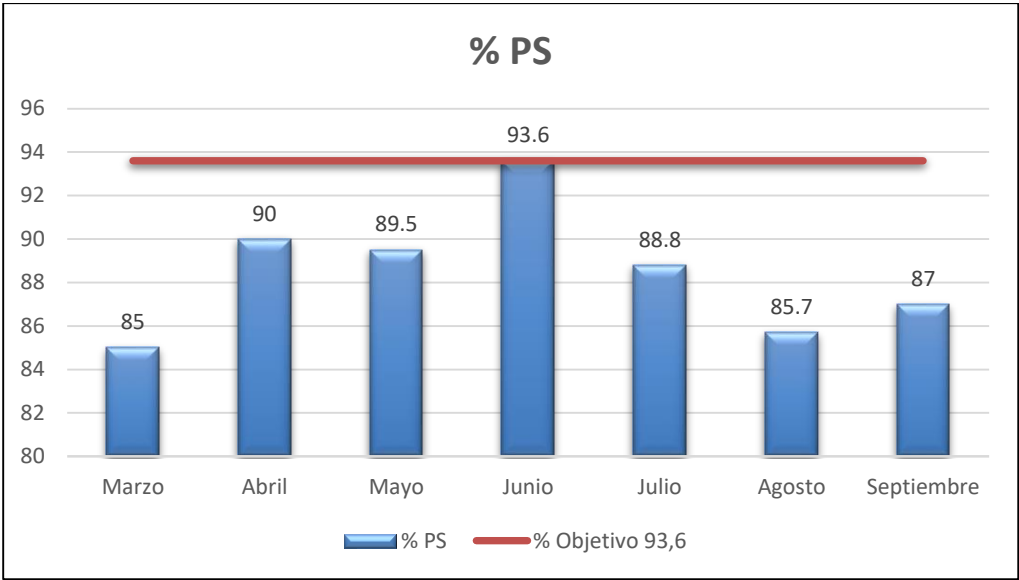
TDV: Los tiempos de viaje de los servicios tienden a no cumplirse cuando la densidad de personas es alta, como se observa en el gráfico 1-4, el valor objetivo es el 93,1%, el cual no se cumple en los días de mayor densidad de público.



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 1-4 Cumplimiento tiempo de Viaje.

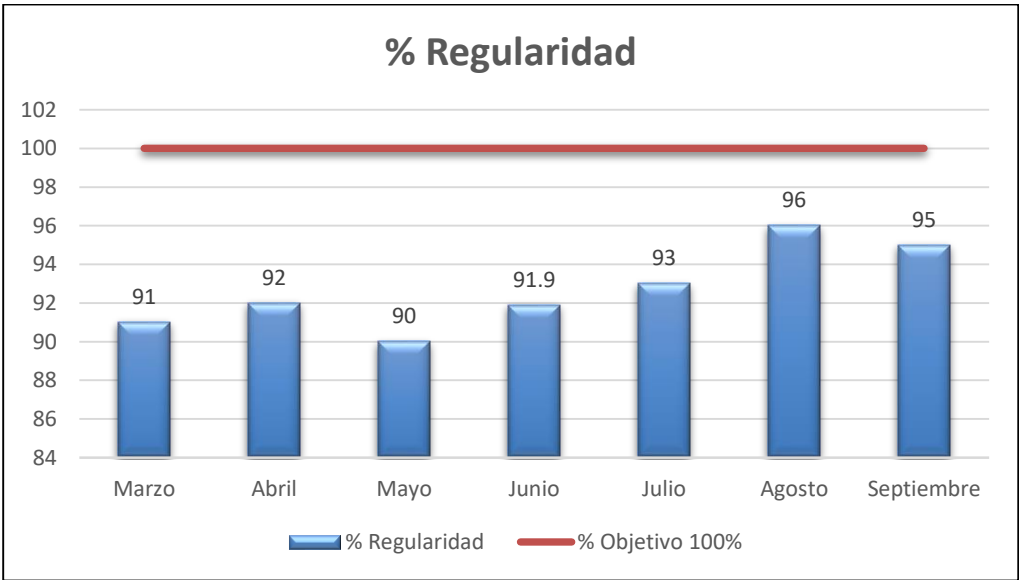
PS: la puntualidad en la salida no se cumple cuando la densidad de público es alta, como se observa en el gráfico 1-5, el valor objetivo es el 93,6%, el cual no se cumple en los días de mayor densidad de público.



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 1-5 Cumplimiento puntualidad en salida.

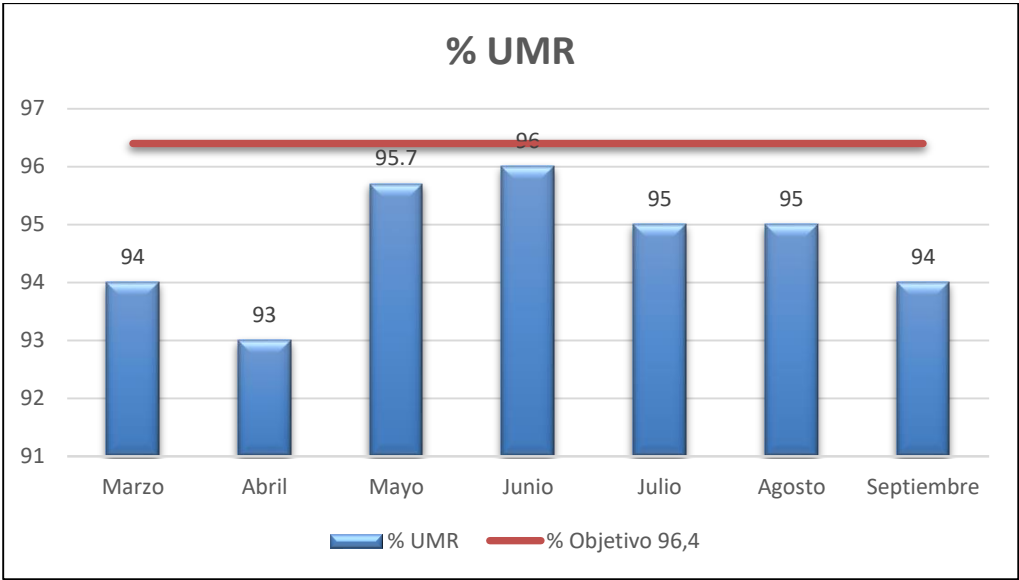
Regularidad: la frecuencia de los servicios no se cumple cuando la densidad de público es alta, como se observa en el gráfico 1-6, el valor objetivo es el 100%, el cual no se cumple en los días de mayor densidad de público.



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 1-6 Cumplimiento de regularidad.

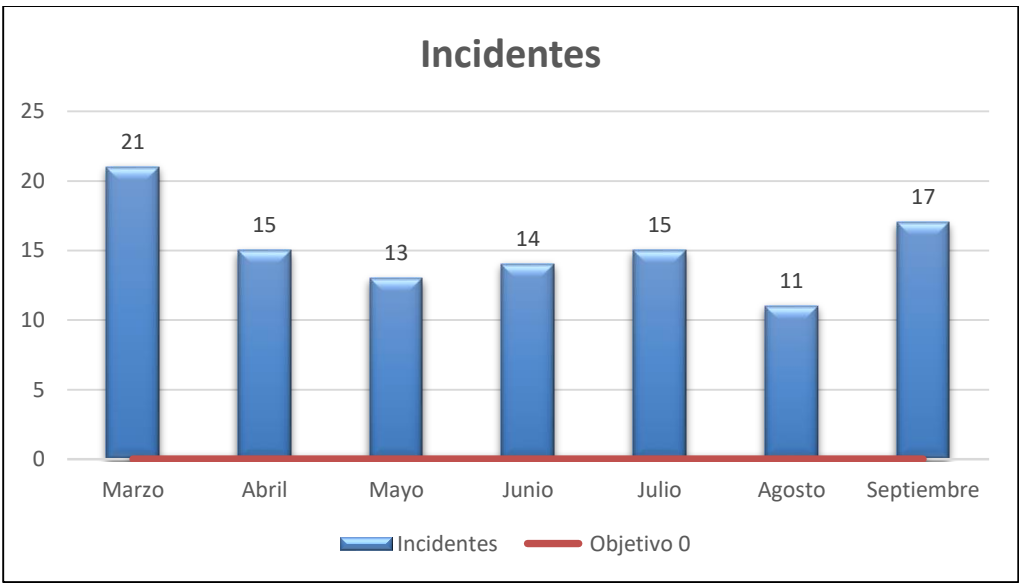
UMR: La utilización de material rodante no se cumplen cuando la densidad de público es alta, como se observa en el gráfico 1-7, el valor objetivo es el 96,4%, el cual no se cumple en los días de mayor densidad de público.



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 1-7 Cumplimiento UMR.

Incidentes: Para el conteo de los incidentes se tomaron en cuenta solo los que afectan a la circulación de los servicios, a causa de exceso de público, como el bloqueo de puerta en estaciones. Si bien no existe un valor objetivo estos deben tender a 0 para que no afecten la operación comercial. Como se observa en el gráfico 1-8 se producen una gran cantidad de incidentes que afectan a la normal circulación de los servicios comerciales.



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 1-8 Cantidad de Incidentes.

Al analizar los índices de rendimiento se pudo observar lo siguiente:

IRE PAX: El índice de rendimiento de Energía v/s Pasajero se encuentra dentro de los rangos, debido a la alta densidad de público transportado, sin embargo, se observa una baja en el rendimiento cuando baja la cantidad de público. Ver tabla 1-10.

Tabla 1-10 Valores IRE PAX.

IRE PAX		OPTIMO		REGULAR		DEFICIENTE	
RANGO		0 - 0,70[KWh/Pax]		0,71 - 1,20[KWh/Pax]		> 1,20[KWh/Pax]	
	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
Pax máximo	92.106	93.357	89.603	88.605	77.793	89.718	89.800
IRE PAX	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6

Fuente: Elaboración Propia

IRE KM: El índice de rendimiento de Energía v/s km se encuentra fuera de los rangos. Coincide con el bajo porcentaje de UMR, y alto consumo de energía. Ver tabla 1-11.

Tabla 1-11 Valores IRE KM.

IRE KM		OPTIMO		REGULAR		DEFICIENTE	
RANGO		<3,85 [KWh/kms]		3,85 – 4,0 [KWh/kms]		>4,0[KWh/kms]	
	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
Pax máximo	92.106	93.357	89.603	88.605	77.793	89.718	89.800
IRE km	4,1	4	4,2	4,1	4,1	4,1	4,2

Fuente: Elaboración Propia

IRE Tren: El índice de rendimiento de Energía v/s Cantidad de servicios, está fuera de los valores óptimos de consumo de energía en relación a los servicios comerciales realizados. Ver tabla 1-12.

Tabla 1-12 Valores IRE TREN.

IRE TREN		OPTIMO		REGULAR		DEFICIENTE	
RANGO		<159 [Kwh/xt]		159 – 165 [Kwh/xt]		> 165[Kwh/xt]	
	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
Pax máximo	92.106	93.357	89.603	88.605	77.793	89.718	89.800
IRE Tren	210	202	210	204	219	222	229

Fuente: Elaboración Propia

Si bien para las metas de EFE Valparaíso este aumento en la afluencia de público es un gran hito, se generan varias problemáticas desde el punto de vista técnico, en las aristas que impactan en la eficiencia del servicio, y la optimización de los recursos.

1.7 **ANORMALIDADES**

El sistema ferroviario de EFE Valparaíso debe enfrentar una serie de posibles anomalías y fallas que afectan a su normal funcionamiento, tales como:

- Problemas técnicos de los trenes.
- Problemas técnicos en la infraestructura, vía, catenaria y andenes.
- Fallas en el suministro de energía.
- Fallas a causa de condiciones climáticas.
- Interrupción en el servicio a causa de accidentes.
- Otros.

Cada una de estas anomalías ha provocado que la densidad de pasajeros en los andenes sea tal que, provoca grandes atochamientos de personas en los mismos, figura 1-8, haciendo que el enfrentamiento de las contingencias sea más difícil de gestionar, empeorando cada escenario de anomalía o falla del sistema.

Si bien es difícil, quizás, prever estas anomalías y fallas, si se tuviera un sistema de conteo de personas en los andenes ayudaría a gestionar de mejor manera los protocolos de contención, resguardando aún más la seguridad hacia los pasajeros.



Fuente: CCTV EFE Valparaíso.

Figura 1-8 Movimiento de público en andén.

1.8 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En EFE Valparaíso, a pesar de contar con una infinidad de datos desde la operación, como tiempo de viaje, uso de material rodante, consumo de energía, para llevar el control y planificación del servicio comercial, acorde a la demanda y optimización de los recursos, aun la empresa no cuenta con un sistema efectivo que permita monitorear la afluencia de público de manera inmediata o en línea, la cual ayudaría a anticipar las desviaciones en los Indicadores e índices de rendimiento que se producen con el aumento de público y a la vez que permita planificar con mayor exactitud lo que significa la operación comercial.

1.8.1 Importancia de resolverlo

La gestión eficiente de la cantidad de personas en los andenes de tren es fundamental por varias razones:

1. **Calidad del servicio:** un andén mejor gestionado mejora la experiencia de los pasajeros. La comodidad y la percepción del servicio influyen en la satisfacción general del usuario.
2. **Seguridad:** Mantener un control preciso del número de personas en los andenes ayuda a prevenir situaciones de hacinamiento o aglomeraciones peligrosas. Evitar multitudes explosivas es crucial para prevenir incidentes y accidentes.
3. **Fluidez en la operación comercial:** Un correcto manejo de un andén congestionado es vital para garantizar el flujo del servicio comercial, permitiendo que los andenes se carguen y descarguen de manera eficiente y sin retrasos innecesarios.
4. **Planificación y gestión de los recursos:** Como se pudo apreciar en el análisis de los Índices e indicadores, conocer la cantidad de personas en los andenes es crucial para la planificación de la utilización de los recursos. En el mismo sentido ayudaría a tomar decisiones informadas sobre las mejoras de la infraestructura, horario de trenes, y a la asignación de personal y servicios adicionales en función de la demanda.
5. **Seguimiento y análisis:** Contar con datos precisos de la cantidad de personas en los andenes permite realizar un seguimiento histórico y análisis estadísticos más acotados a la realidad. Esto resulta crucial para identificar tendencias, patrones de uso, momentos de mayor demanda y optimización de recursos a largo plazo.

Resolver el conteo de personas en los andenes de EFE Valparaíso no solo es importante para la calidad del servicio comercial, sino también influye en la eficiencia operativa, la planificación y el análisis estratégico de la operación comercial.

1.8.2 Involucrados

Si bien los problemas mencionados impactan a toda la empresa, son ciertos miembros y departamentos los que se ven directamente afectados e interesados en su resolución y es aquí donde se debe fomentar una participación positiva y una sinergia para lograr el éxito de la alternativa a aplicar.

A continuación, se mencionan los principales entes involucrados en la resolución del problema:

- **Gerencia de Operaciones ferroviaria:** encargado de planificar y organizar las actividades y recursos para la operación comercial de EFE Valparaíso.
- **Gerencia de personas:** encargado de gestionar la planificación de la operación comercial en base a la información y comportamiento de la densidad de pasajeros.
- **Seguridad y CCTV:** encargado de la seguridad de los pasajeros e infraestructura de EFE Valparaíso.
- **Departamento de ingeniería y proyecto:** encargado de analizar los datos provenientes de la operación comercial para las mejoras continuas de los distintos procesos que ayudan a mejorar la calidad del servicio hacia los pasajeros.

1.9 PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA

Se busca, diseñar, una alternativa que, en base a la tecnología actual, sea capaz de contar la cantidad de pasajeros en los andenes de EFE Valparaíso, pudiendo ser monitoreada a tiempo real por los distintos departamentos que se involucran en la operación comercial, y a que su vez genere nuevos datos sobre el comportamiento de la afluencia de público, y así poder tomar decisiones sobre los distintos hitos que afectan la planificación de la operación ferroviaria.

1.10 REQUERIMIENTOS

El diseño del sistema de conteo de personas debe cumplir los requerimientos mínimos dentro de los estándares que exige EFE Valparaíso, para asegurar su robustez y correcta aplicación y son los que se indican en la tabla 1-13.

Tabla 1-13 Requerimientos del proyecto

N°	Proyecto	Descripción	Requerimientos
1	Diseño de un sistema de conteo de pasajeros que entregue datos a tiempo real.	Diseñar un sistema de conteo de personas en los andenes de tren que permita gestionar de mejor manera la operación ferroviaria, el cual entregue datos, alertas a las distintas áreas involucradas.	Bajo impacto en la operación comercial, en cuanto a la eventual implementación.
			Reducción de costos por implementación del sistema.
			Optimización de los indicadores e índices, independiente del sistema a implementar.
			Documentación del proyecto entregada.
			Validación del proyecto por parte del departamento de ingeniería.
			Materiales y softwares utilizados Homologados por EFE Valparaíso.

Fuente: Elaboración propia basada en las necesidades del proyecto.

1.11 **ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN**

Para dar solución a la problemática se proponen tres alternativas, las cuales deberán ser sometidas a evaluación según criterios pertinentes para escoger, siguiendo 3 pilares fundamentales para los proyectos de EFE Valparaíso.

1.11.1 **Alternativa N°1: “Mantener situación actual”**

La primera alternativa que se tiene ante la problemática planteada es, mantener la situación actual, la cual es, mantener el control de densidad de las personas en base al conteo del marcaje de las tarjetas de viaje de cada usuario, lo que no permite un control real del comportamiento de viaje y que tiene un desfase en la información de 24 horas o más. Además, al

estar enfocada a un criterio comercial más que a uno operacional, no aporta información relevante que apoye a la toma de decisiones en los escenarios de contingencias.

En la tabla 1-14, se evalúa la alternativa de mantener el escenario actual.

Tabla 1-14 Evaluación alternativa 1.

INNOVACIÓN BAJA:	NO emplea nuevos procesos o tecnologías.
BENEFICIOS BAJA:	NO contribuye a mejorar el servicio comercial y sus aristas.
FACTIBILIDAD ALTA:	NO requiere de ajuste al presupuesto anual.

Fuente: Elaboración Propia

1.11.2 Alternativa N°2: “Externalizar el conteo de personas y su análisis”

La segunda alternativa es, contratar personal o empresa externa para el conteo de personas y el análisis, del comportamiento de la densidad, donde los datos también tendrían un desfase de tiempo importante dado por los requerimientos de anonimizacion de los datos de las personas. Si bien, se puede solicitar el empleo de tecnologías para el conteo de personas, al externalizar, solo se pueden implementar sensores y detectores de movimiento y en ningún caso EFE trenes de Chile permite el acceso a las imágenes de video del público a personal externo.

En la tabla 1-15, se evalúa la alternativa de externalizar el proyecto de conteo de personas.

Tabla 1-15 Evaluación alternativa 2.

INNOVACIÓN (BAJA):	NO emplea nuevos procesos o tecnologías
BENEFICIOS (MEDIA):	Si bien, contribuye a mejorar el servicio comercial y sus aristas, NO es a tiempo real.
FACTIBILIDAD (ALTA):	NO requiere de ajuste al presupuesto anual, dado que ya existe una unidad para el análisis, pero del punto de vista comercial y no operativo

Fuente: Elaboración Propia

1.11.3 Alternativa N°3: “Diseño de un sistema de conteo de personas”

La alternativa número tres consiste en diseñar un sistema de conteo de personas en las distintas superficies de interés, utilizando nuevas tecnologías como es la inteligencia artificial, implementando además gemelos virtuales de cada área a analizar.

La gran ventaja es que se podrá dar un enfoque operacional, aportando información relevante y a tiempo real, del comportamiento de la densidad de viaje de los pasajeros, para así, aportar a la toma de decisiones en cuanto a la gestión operativa de EFE Valparaíso.

También aportará información para la mejora continua de los indicadores e índices que diariamente miden el rendimiento del uso de los recursos de EFE Valparaíso.

En la tabla 1-16, se evalúa la alternativa diseñar un sistema de conteo de personas.

Tabla 1-16 Evaluación alternativa 3

INNOVACIÓN (ALTA):	Emplea nuevas tecnologías, como por ejemplo la IA: Inteligencia Artificial.
BENEFICIOS (ALTA):	Contribuye a mejorar el servicio comercial y sus aristas, a tiempo real.
FACTIBILIDAD (MADIA):	Técnicamente factible, pero requiere de un ajuste y aprobación de presupuesto anual.

Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en la tabla 1-17, se establece un puntaje de 1 al 5 para evaluar las 3 alternativas, siendo 1 la peor nota y 5 como máxima calificación.

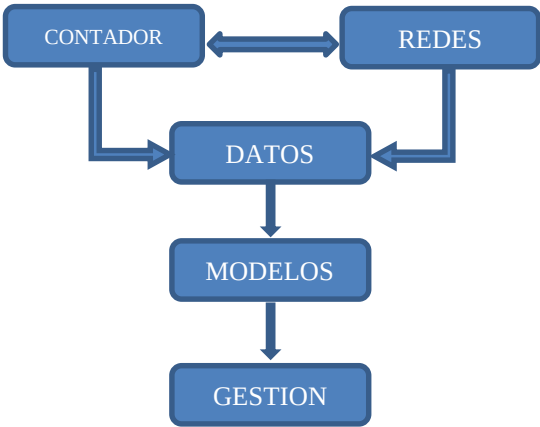
Tabla 1-17 Cuadro comparativo alternativas.

	INNOVACION	BENEFICIOS	FACTIBILIDAD	TOTAL
Alternativa N°3: Diseño sistema de conteo de personas a tiempo real.	5	5	3	13
Alternativa N°2: Externalizar el servicio de conteo y análisis.	1	3	5	9
Alternativa N°1: Mantener situación actual.	1	1	5	7

Fuente: Elaboración Propia

1.11.4 Alternativa seleccionada

A partir de la evaluación de las alternativas, la alternativa N.º 3, “diseño de un sistema de conteo de personas” es la mejor opción, ya que, el conteo preciso de personas en los andenes de tren proporciona una serie de beneficios al medio de transporte, además de mejorar la experiencia del usuario. En el mismo sentido presenta además una oportunidad de innovación, que técnicamente es factible de aplicar utilizando tecnologías ya desarrolladas en el área del transporte de pasajeros. Esta se visualiza en la figura 1-9.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 1-9 Mapa conceptual del diseño.

1.12 **OBJETIVOS**

En esta sección se describen el objetivo general y específicos que se deben alcanzar durante el desarrollo de este proyecto.

1.12.1 **Objetivo general**

Proponer un diseño de un sistema de conteo de personas en anden de EFE Valparaíso, considerando aspectos tecnológicos, implementación y usabilidad.

1.12.2 **Objetivos específicos**

Para cumplir la meta impuesta en el objetivo general, se deben cumplir los siguientes objetivos específicos:

- Evaluar y definir la tecnología más adecuada para el conteo de personas en andenes.
- Identificar las ubicaciones estratégicas para la implementación.
- Proyectar la instalación y configuración del sistema de conteo de personas.
- Asegurar que el sistema propuesto cumpla con las regulaciones de privacidad y protección de datos.
- Realizar evaluación de costos del proyecto.

CAPÍTULO 2: SOLUCIÓN Y DISEÑO DE SISTEMA DE CONTEO DE PERSONAS

2 SOLUCIÓN Y DISEÑO DE SISTEMA DE CONTEO DE PERSONAS

El objetivo de este capítulo es abordar como saber a tiempo real el número de personas que están en un andén de tren, extensible al conteo de personas que van a bordo de el tren. Por ello y por la problemática descrita en el Capítulo 1, se plantea diseñar una solución que permita integrar tecnología que entregue información precisa.

Dicha solución se centrará en los aspectos fundamentales para la mejora de la gestión ferroviaria y la mejora en la calidad de servicio al pasajero.

2.1 ALTERNATIVAS DE TECNOLOGÍAS

Los sistemas de conteo de personas en andenes de tren son herramientas tecnológicas que utilizan una variedad de métodos para rastrear y contar el número de pasajeros que ingresan, permanecen y salen de las estaciones de tren o saber cuántas personas va a bordo de un tren.

Algunos métodos utilizados en los sistemas de conteo de personas son:

Sensor infrarrojo Activo

Si se realiza la medición de flujo mediante un conjunto de sensores de proximidad, se detecta la distancia que atraviesa un objeto calculando el tiempo de retardo del reflejo del haz de luz infrarrojo previamente emitido. Esto tiene un menor procesamiento algorítmico, lo que simplifica la elección del hardware de bajo costo, pero se hace complejo de programar ante situaciones de alto flujo.

Sensor infrarrojo Pasivo

El sensor infrarrojo pasivo realiza el conteo de pasajeros detectando el cambio de luminosidad en el campo de visión, cuando un objeto pasa a través de él. Si el cambio de contraste está dentro de los parámetros, se detecta, para el caso, una persona con su dirección determinada.

Si un objeto, como una maleta con ruedas pasa a través del campo de visión del sensor, podría ser contado como pasajero.

Este tipo de sensor es sencillo de programar y de bajo costo computacional, sin embargo, también inducen una alta posibilidad de cuantificar flujo erróneamente en presencia de cambios bruscos de luminosidad.

Sensores de peso

Algunas estaciones o trenes están equipados con sensores de peso integrados a la plataforma, estos sensores pueden detectar cuando una persona está parada en un área específica y a través de la información de peso, estimar el número de personas que están presentes. Este tipo de sensor posee bajo costo computacional y de mantenimiento, son imprecisos para situaciones de conteo de alta demanda, y tampoco son capaces de diferenciar personas de distintos pesos o diferenciarlas de objetos, por lo que solo permitirán calcular un promedio de pasajeros.

Detector térmico

Este sensor se encarga de recibir la señal generada por un objeto, en este caso, un cuerpo humano. La señal es luz infrarroja emitida por un cuerpo a cierta temperatura, debido a este fenómeno físico “Radiación de cuerpos negros”. La intensidad de la radiación térmica emitida, no solo se ve incrementada por el tipo de material y la textura de superficie del objeto.

Cuando el cuerpo entra en el campo de visión del sensor, primero hay una reducción del fondo causada por la opacidad de la persona y enseguida, entra la nueva fuente de radiación del cuerpo proveniente.

Debido a que la temperatura es generalmente mayor a la del ambiente circundante, el resultado es un aumento de la luz infrarroja capturada por el detector, notándose una diferencia entre la temperatura de un cuerpo y su fondo.

Este tipo de sensor es sencillo de programar y de bajo costo computacional, sin embargo, son incapaces de funcionar en situaciones en que la temperatura corporal promedio de cada pasajero, es similar a la del ambiente; o bien si un grupo de personas se sitúa durante un tiempo bajo el sensor, este no es capaz de diferenciar a cada uno por separado. Los cambios bruscos de temperatura y luz solar intensa pueden inducir a errores en la medición.

Haces de Luz

Este tipo de detector actúa como un sensor de presencia que se puede instalar vertical u horizontalmente. El haz de luz es captado por el receptor y la interrupción del haz de luz por un objeto, indica que hay algo o alguien entre la fuente y el detector. Una persona es detectada cuando pasa a través de él.

Este tipo de dispositivos tienen una programación sencilla y un nulo costo computacional. Posee una limitada zona de detección; requiere de una trayectoria sin obstrucciones entre el transmisor y el receptor para poder operar; el patrón de tráfico es aleatorio, una persona puede caminar a través de una entrada, pero no en la visión directa del sensor o ésta puede estar obstruida por otra persona que circula a la vez.

Sistema de seguimiento de dispositivo móvil

Algunos sistemas de conteo de personas utilizan tecnología que rastrea las señales de los dispositivos móviles de los pasajeros, como teléfonos inteligentes, para determinar la cantidad de personas en un área determinada.

Cámaras de video con Inteligencia Artificial (IA)

Una cámara con inteligencia artificial (IA) para el conteo de personas, es un sistema que utiliza cámaras de video equipadas con algoritmos de IA para detectar y contar automáticamente el número de personas que entran y salen de un área determinada. Estos sistemas son útiles en una variedad de entornos, como tiendas, centros comerciales, estaciones de transporte, donde se necesite monitorear y gestionar el flujo de personas.

La cámara está equipada con un software de análisis de video que utiliza algoritmos de aprendizaje profundo, como redes neuronales convolucionales (CNN), para procesar las imágenes capturadas por la cámara a tiempo real. Estos algoritmos son entrenados previamente para reconocer y localizar personas en las imágenes y, a través de técnicas de conteo, determinar cuántas personas están presentes en el área monitoreada.

Algunas características comunes de las cámaras con IA para el conteo de personas incluyen:

- **Detección y seguimiento de personas:** la capacidad de detectar y seguir automáticamente a las personas a medida que entran y salen del área de interés.
- **Precisión de conteo:** la capacidad de contar personas con precisión, incluso en entornos con mucha actividad y condiciones de luminosidad variables.
- **Análisis a tiempo real:** la capacidad de analizar imágenes de video a tiempo real y proporcionar datos de conteo actualizados al instante.

- **Integración con sistemas de gestión:** la capacidad de integrarse con sistemas de gestión de tráfico, sistemas de control de accesos u otras plataformas de gestión para mejorar la eficiencia operativa.
- **Configuración y personalización:** la capacidad de ajustar y personalizar parámetros como umbrales de detección, zonas de interés y notificaciones de eventos según las necesidades específicas del usuario.

2.2 TABLA RESUMEN DE TECNOLOGÍAS A UTILIZAR

Los diversos requisitos para el sistema de conteo de personas deben cumplir con las necesidades transversales para la implementación de proyectos en EFE Valparaíso. Los principales requerimientos son:

- **Costo de Instalación:** El sistema debe ser rentable y proporcionar un buen retorno de la inversión.
- **Mantenimiento:** El sistema debe ser fácil de mantener y actualizar, para aumentar su tiempo de obsolescencia, con soporte técnico cuando sea necesario.
- **Escalabilidad:** El sistema debe ser escalable para manejar grandes volúmenes de personas y adaptarse a cambios en la demanda de conteo.
- **Precisión:** El sistema debe ser capaz de contar personas con precisión, minimizando los errores de conteo y proporcionando resultados confiables.
- **Configuración y Personalización:** El sistema debe permitir la personalización de parámetros como umbrales de detección, zonas de interés, etc. Como se observa en la tabla 2-1, se ha evaluado del 1 al 3, para evaluar las características funcionales de las distintas tecnologías para el conteo de personas mencionadas anteriormente, considerando el 1 como la peor nota, y el 3 como la mejor nota.

Tabla 2-1 comparaciones alternativas de tecnologías

	Costo Instalación	Costo Mantenimiento	Escalabilidad	Precisión	Configuración y Personalización	Total
Sensor Infrarrojo Activo / Pasivo	3	3	1	1	1	9
Sensor de Peso	3	3	1	1	1	9
Detector térmico	2	2	1	1	1	7
Haz de Luz	3	3	1	1	1	9
Seguimiento dispositivo móvil	2	2	3	2	2	11
Cámaras con integración de IA	3	3	3	3	3	15

Fuente: Elaboración Propia

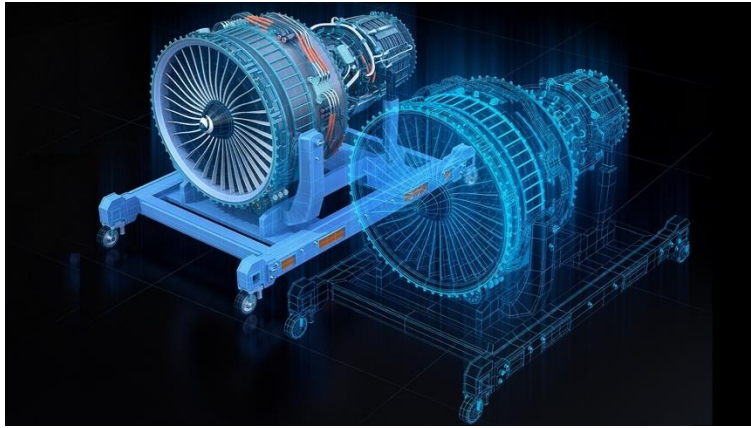
2.3 **MODELO A DESARROLLAR**

Evaluadas las especificaciones antes mencionadas en la tabla 2-1, de cada una de las tecnologías, que tienen en distinto grado el potencial para el conteo de personas, se llega a la conclusión que, según la mejor evaluada, son las cámaras con integración de inteligencia artificial (IA).

El modelo a desarrollar se basa en dos conceptos, que son la Inteligencia Artificial (IA), propiamente tal, y Gemelo Digital. La inteligencia artificial y el Gemelo digital son dos conceptos que están estrechamente relacionados y que están transformando la forma en que las empresas operan y toman decisiones.

Inteligencia Artificial (IA): la IA es un campo de la informática que se centra en el desarrollo de sistemas y algoritmos que pueden realizar tareas que normalmente requieren de inteligencia humana. Estos sistemas pueden aprender datos, reconocer patrones, tomar decisiones y realizar tareas específicas sin la intervención humana. La IA, hoy en día, se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, como reconocimiento de voz, procesamiento de lenguaje natural, robótica, análisis de datos y mucho más.

Gemelo Digital: un gemelo digital es una representación digital de un objeto, como la turbina de un avión, figura 2-1, sistema o proceso del mundo real y las interacciones del objeto o sistema en tiempo real. Los Gemelos Digitales se utilizan en una variedad de industrias, como la manufactura, energía, salud, logística y gestión, para optimizar el rendimiento, predecir fallas, realizar pruebas y simulaciones.



Fuente: <https://img.computing.es/wp-content/uploads/2023/09/05100705/gemelos-digitales-1024x576.jpg>

Figura 2-1 Gemelo virtual “Turbina de avión”

La relación entre IA y gemelo digital, es que la IA es utilizada para alimentar y mejorar los gemelos digitales. Por ejemplo, la IA puede ser utilizada para analizar una gran cantidad de datos a tiempo real, como el conteo de personas, y proporcionar información valiosa para mejorar la precisión y la eficiencia de los gemelos digitales. Del mismo modo los gemelos digitales pueden ser utilizados para entrenar y mejorar los algoritmos de la IA, proporcionando datos de entrenamiento y validación para modelos de IA.

2.4 GEMELOS DIGITALES PARA LA OPTIMIZACIÓN OPERATIVA Y GESTIÓN

Para esta solución se implementará un software de gemelo digital, con integración de IA, el cual permitirá crear las copias virtuales de los andenes y de los espacios a bordo del tren.

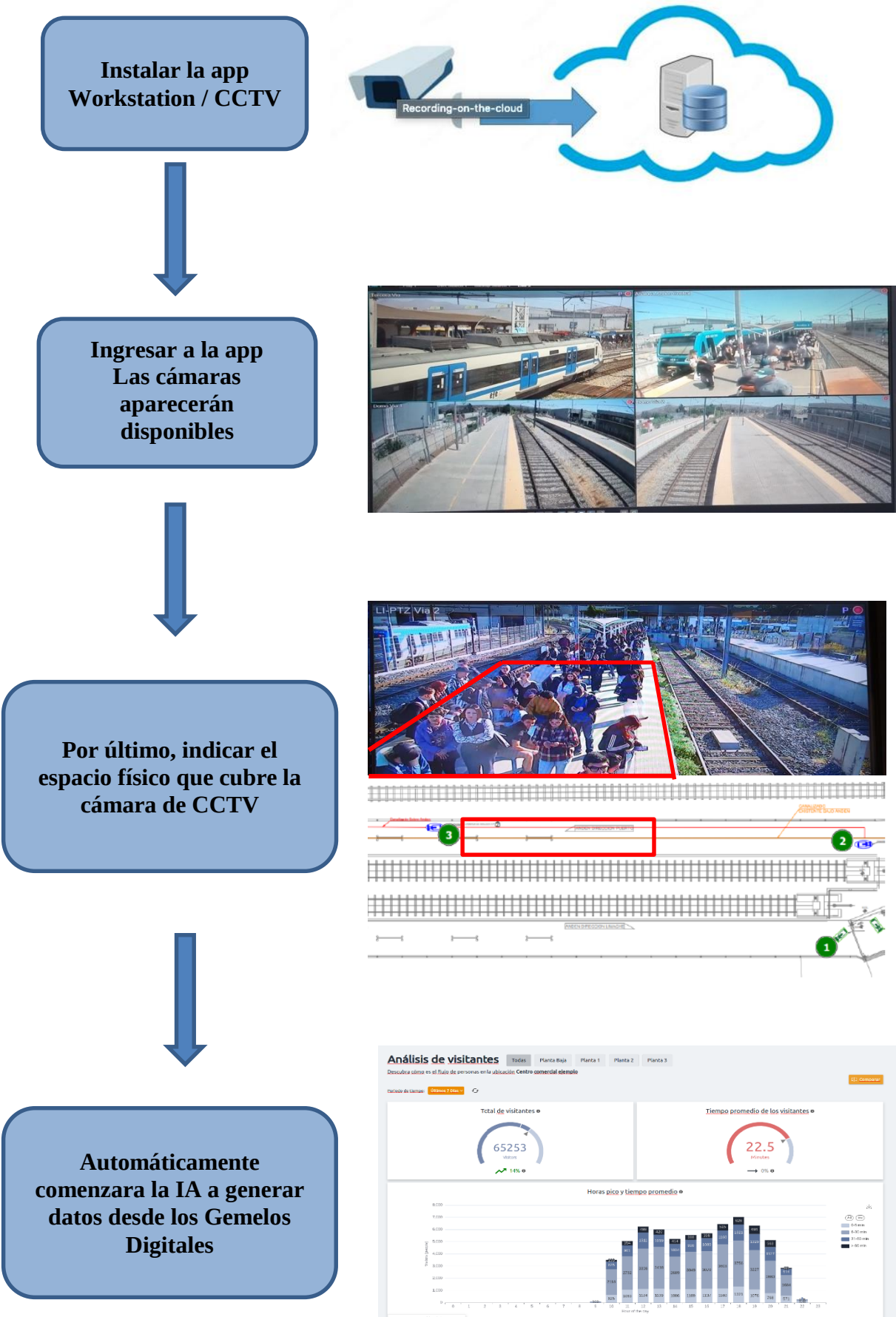
La aplicación procesará las imágenes del sistema de cámaras de seguridad con analíticas de IA, creando una copia digital de los espacios (Gemelos Digitales), y subiendo los metadatos a la nube o datacenter propio de EFE Valparaíso. Esto permitirá crear una copia virtual de todo lo que sucede en los espacios de andén y a bordo, en tiempo real, permitiendo tomar acciones tácticas y estratégicas de mejora continua basados en estos datos.

El gemelo digital creado a partir de la IA, que recolecta metadatos de la infraestructura existente de cámaras de seguridad aplicando un filtro de anonimización no invasivo, es decir, no afecta los usos de video vigilancia, cumpliendo con la regulación RGPD de datos personales.

Sobre este gemelo digital se implementan múltiples funcionalidades de valor para la gestión de pasajeros, tanto en tiempo real, como análisis estratégico.

2.5 ¿CÓMO FUNCIONA?

En la figura 2-2 se ilustra cómo se instala el gemelo virtual.



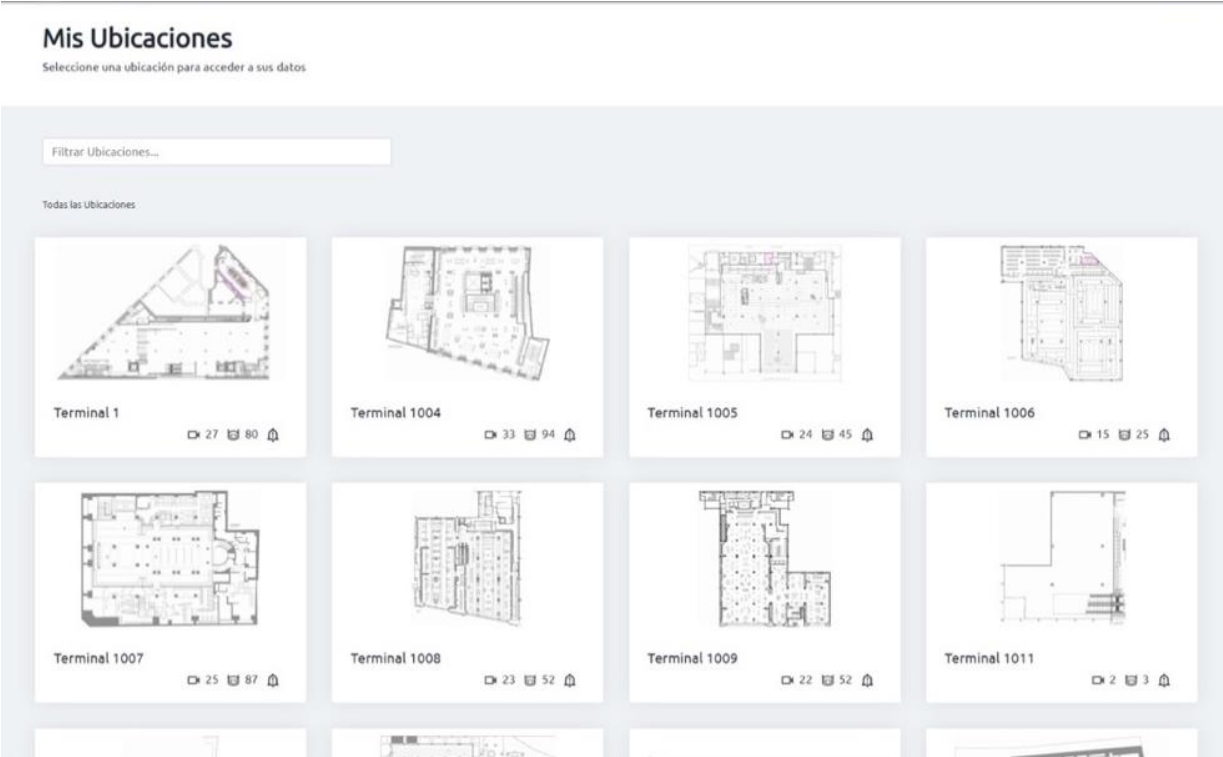
Fuente: Elaboración Propia

Figura 2-2 Ilustración instalación gemelo virtual

2.6 **ESPECIFICACIONES DE LA PLATAFORMA**

La plataforma se divide en páginas o vistas, donde se podrán ver todas las superficies agregadas al sistema, como andenes e interior de trenes.

Vista de administración: En esta vista se podrán ver todas las terminales incluidas en la aplicación. En esta vista, figura 2-3, estarán configuradas las zonas de cada área donde se realizará el conteo de los pasajeros, como andenes, mesanina, interior de trenes.

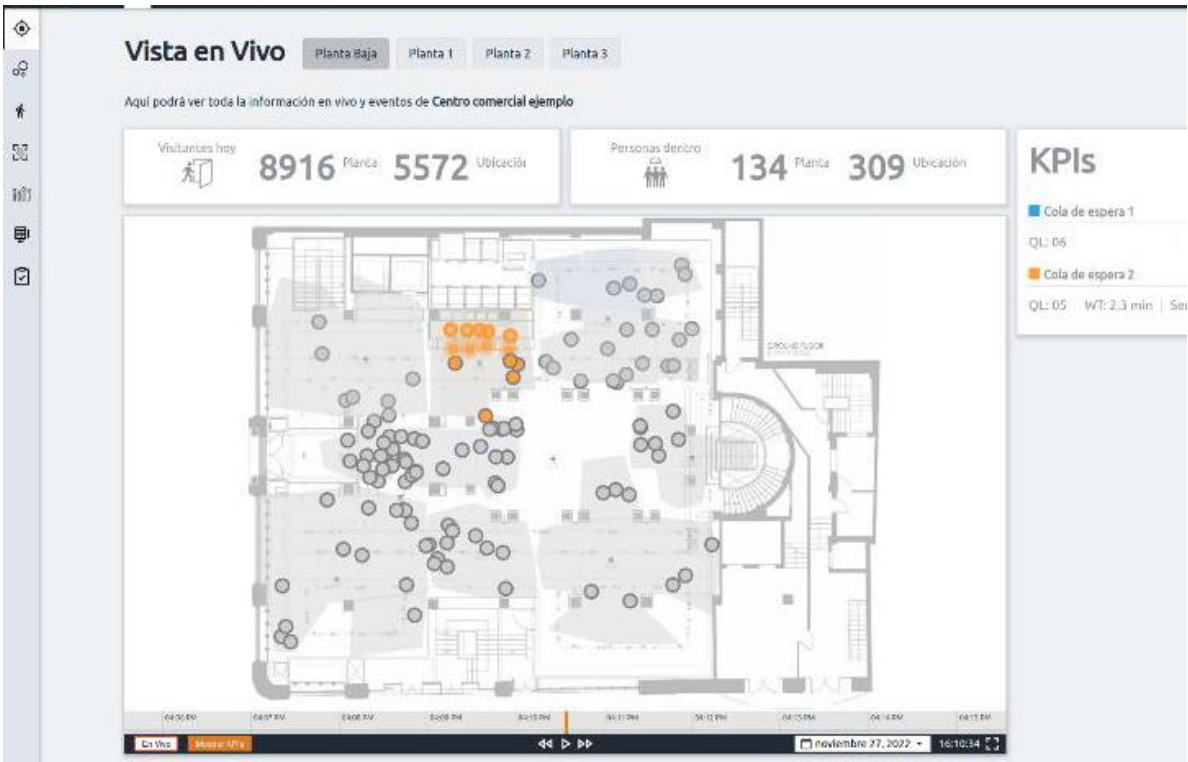


Fuente: Manual de operación gemelo virtual

Figura 2-3 Vista de administración

Vistas de Tiempo real: En esta vista, figura 2-4, se tendrá acceso a:

- Todos los eventos e indicadores a tiempo real.
- Eventos a tiempo real, que requieran alguna acción.
- Información de las áreas.

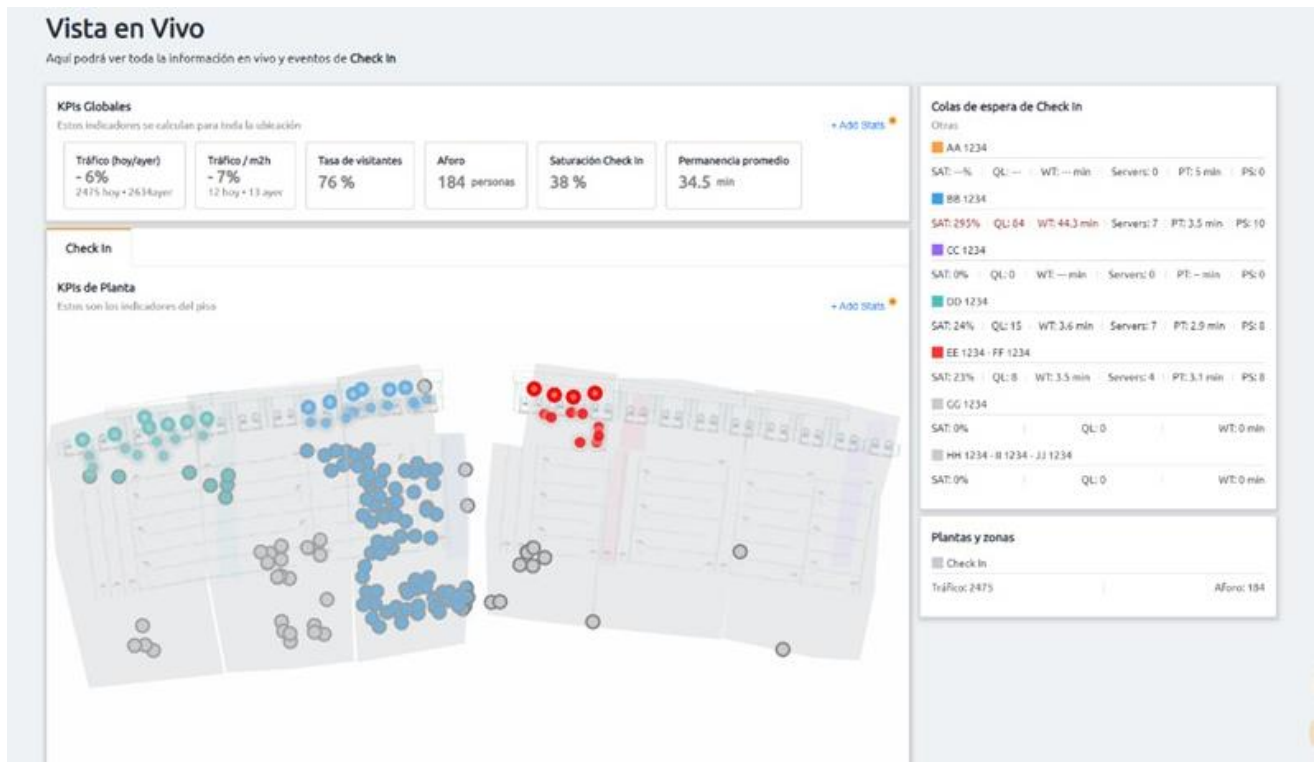


Fuente: Manual de operación gemelo virtual

Figura 2-4 Vista a tiempo real

Vista de monitoreo: En esta vista, figura 2-5, se realiza la gestión de monitoreo, según como se haya configurado las mediciones. Esta es la principal función de la aplicación ya que en ella se pueden configurar los indicadores a medir, las cuales nos ayudaran a prever, por ejemplo, si la capacidad del siguiente viaje es suficiente, el cual generara alertas en tiempo real en el caso de que los viajes tengan un exceso de pasajeros, tanto a bordo como en andenes.

Además, se obtendrá el cruce de datos de tráfico de pasajeros con los horarios de partidas de viajes pasados y futuros, para el cumplimiento de los estandartes de la oferta, cada una con el detalle histórico de todos los indicadores con granularidades de minutos, y también separados por días y viajes.



Fuente: Manual de operación gemelo virtual

Figura 2-5 Vista de monitoreo

En esta vista de monitoreo también se puede configurar un Benchmarking y ranking de las áreas (fig. 2-6), realizando comparativas de los indicadores entre distintos horarios y diferentes viajes.

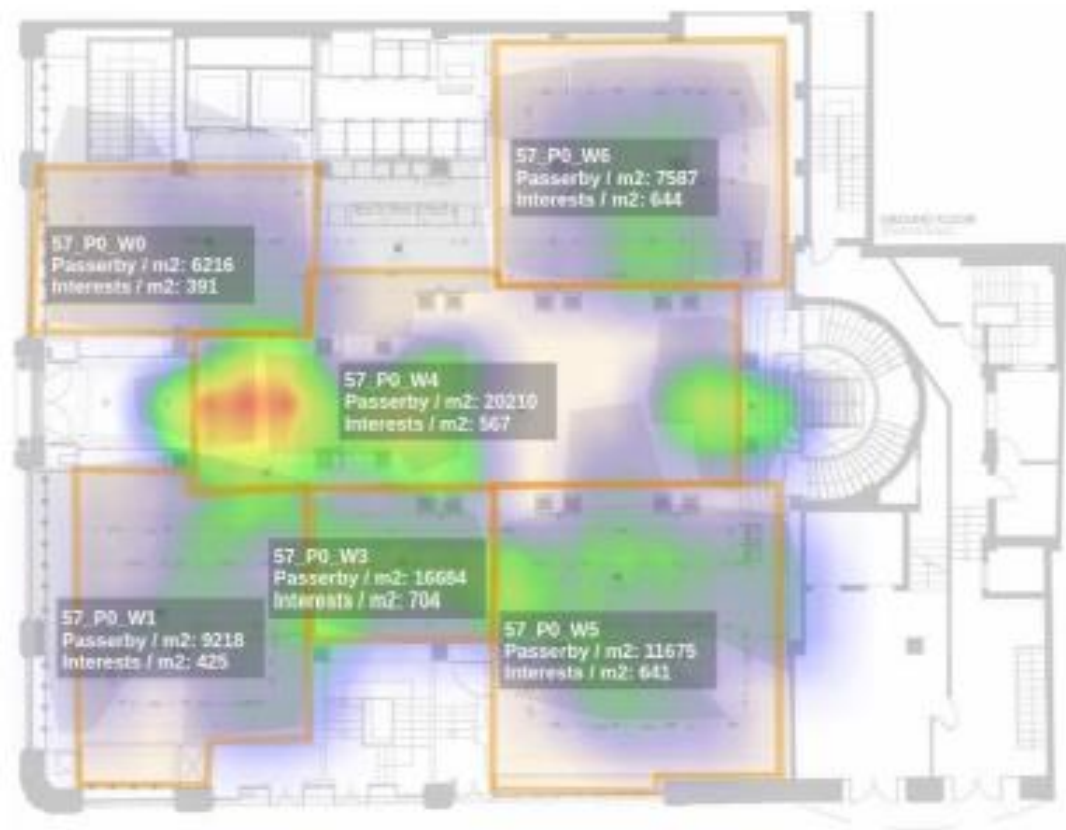


Fuente: Manual de operación gemelo virtual

Figura 2-6 Vista histórico de densidades

Algunas vistas de monitoreo que se configuraran para EFE Valparaíso son:

- **Densidad de pasajeros en andén y a bordo:** el cual es la medición del aforo de pasajeros en las zonas seleccionada.
- **Tiempo de espera:** es el tiempo en que un pasajero permanece en un andén o mesanina.
- **Indicadores a tiempo real:** En esta pantalla se pueden ver los mapas de calor configurados, figura 2-7.



Fuente: Manual de operación gemelo virtual

Figura 2-7 Ejemplo de mapa de calor

2.7 CONTEO DE PERSONAS A GRAN ESCALA A TIEMPO REAL

Dentro de las vistas configuradas para EFE Valparaíso, se tendrá la vista o pantalla de “Análisis de Pasajeros”, figura 2-8, donde se visualizarán los indicadores sobre los pasajeros en los andenes y a bordo de los trenes, los que incluirán:

- Cantidad de pasajeros en cualquier periodo de tiempo seleccionado
- Tiempo de permanencia de pasajeros dentro de un área seleccionada.
- Aforos en las distintas áreas.

El conteo de personas se puede realizar en todos los puntos que se estime necesario, agregándolos a las analíticas de la IA, por ejemplo, en estación Limache, en la zona de combinación de buses con Quillota – Calera.

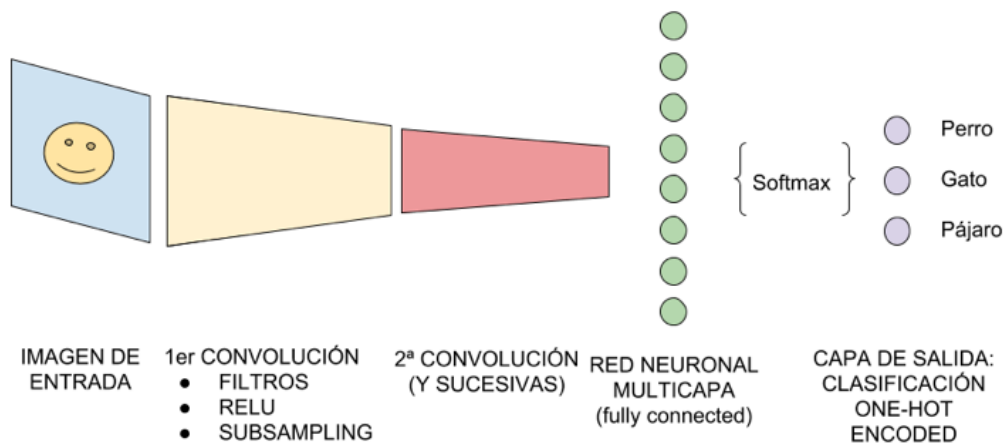


Fuente: Manual de operación gemelo virtual

Figura 2-8 Vista análisis de pasajeros

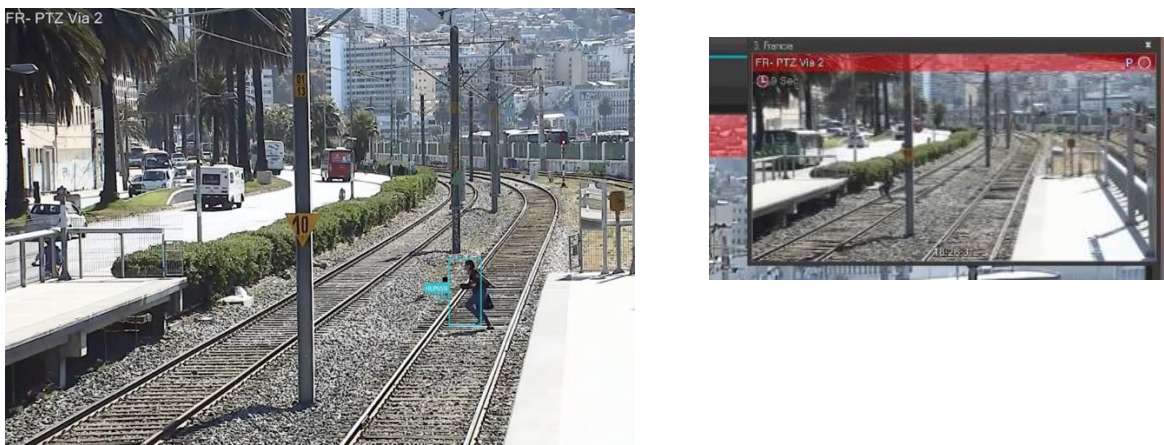
2.8 **ENTRENAMIENTO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL (I.A.)**

El software viene con varios preset de reconocimiento, sin embargo, tiene varias capas de inteligencia artificial, basados en redes neuronales tipo CNN (Redes Neuronales Convolucionales) figura 2-9, lo que permite el reconocimiento y procesamiento de imágenes, diseñado para reconocer todo tipo de imágenes y patrones espaciales, permitiendo el entrenamiento constante de las redes neuronales. Esto permite ingresar nuevos modelos a la red como, por ejemplo, coches de bebés, silla de ruedas, personas en zonas no autorizadas (figura 2-10), los que quedan guardados en los datasets personalizados de cada usuario.



Fuente <https://www.aprendemachinelearning.com/wp-content/uploads/2018/11/CNN-08.png>

Figura 2-9 Esquema red neuronal CNN



Fuente: CCTV EFE Valparaíso

Figura 2-10 Detección de personas en zona no autorizada

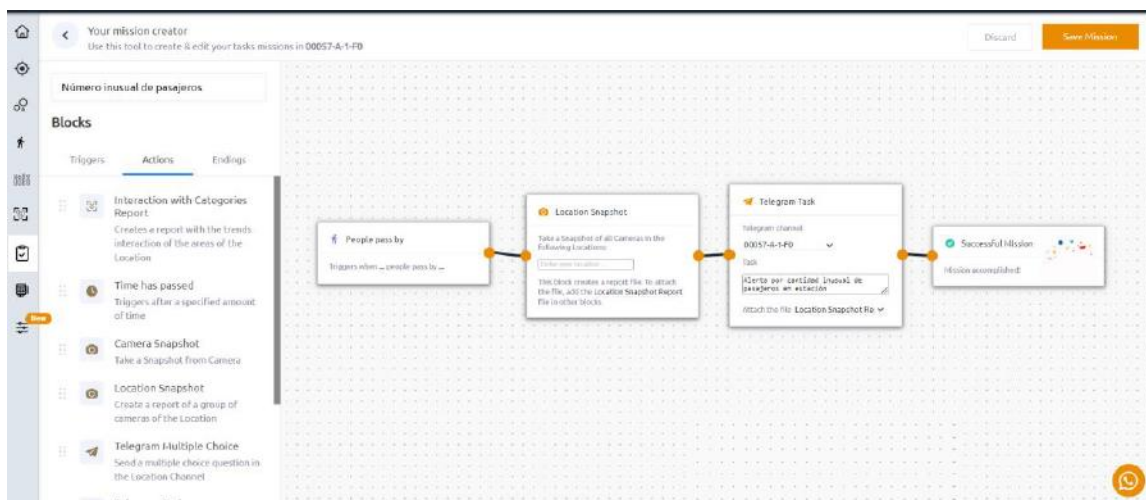
2.9 PROPUESTA TÉCNICA

La propuesta técnica propone la creación de un gemelo virtual de cada estación, Limache y Sargento Aldea, y coches de Tren Xtrapolis, que permita agrupar las mediciones de conteo y aforo en tiempo real de cada estación y tren, con capacidad de programación de operativas automáticas en tiempo real.

En particular, se prevé la recolección histórica y en tiempo real de las mediciones de:

- Conteo de pasajeros
- Aforo en andenes y zonas de interés
- Tiempo de espera

También se dejará a disposición la posibilidad de ejecutar alertas y operativas a tiempo real con el sistema o vista de programación de misiones, figura 2-11.



Fuente: Manual de operación gemelo virtual

Figura 2-11 Vista de misión gemelo virtual

2.9.1 Conexión con los sistemas de información de EFE Valparaíso.

Para el desarrollo de todas las funcionalidades, la plataforma tecnológica propuesta cuenta con múltiples medios de interacción con los distintos usuarios: Gerentes, Personal Operativo, Vigilancia, etc.

Interfaz web: El sistema cuenta con una poderosa interfaz web donde es posible monitorear todo lo que sucede en tiempo real, como también consultar cualquier histórico, en el periodo de tiempo que se desee, como también programación de reportes antes mencionados.

Mensajería Instantánea: El sistema tiene integración tanto con WhatsApp como Microsoft Teams. Mediante mensajería es posible interactuar con el sistema utilizando lenguaje natural con GPT-4, para solicitar toda la información que se desea.

Orquestador Operativo: El sistema tiene un gestor de operativas que coordina acciones a tiempo real, dependiendo de los eventos que se detectan en los espacios. Puede interactuar con el personal por mensajería instantánea y también con sistemas de terceros vía API.

Correo Electrónico: El sistema puede enviar reportes generados a los destinatarios de correo que se desee. También es posible enviar alertas por este medio.

Integración Bidireccional con otros sistemas: El sistema cuenta con una avanzada API para la comunicación con otros sistemas, tanto para levantar datos desde otros sistemas en tiempo real, como de históricos. Es capaz de impactar otros sistemas para la integración con sistemas ferroviarios.

Desde el punto de vista técnico, el software utiliza tecnologías para gestionar grandes flujos de datos de forma escalable, con una alta disponibilidad y tolerancia a fallos. Para ello utiliza servidores que pueden estar en el Cloud u On-premise, con una arquitectura de clústeres de kubernetes que permiten escalar el sistema horizontalmente tanto como sea necesario.

Dentro de los clústeres, corren micro-servicios de múltiples tipos, que dan disponibilidad las funciones del sistema, entre los cuales están:

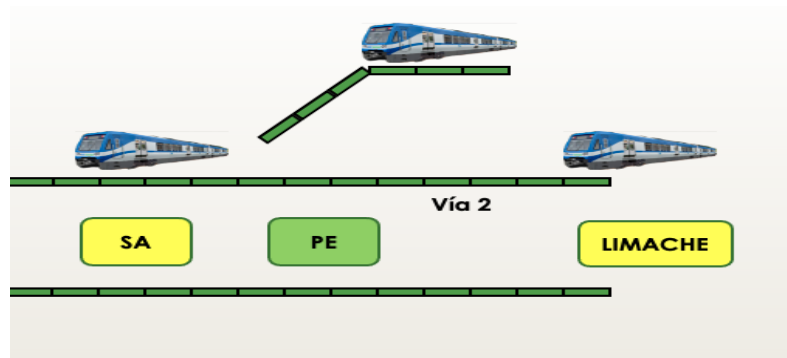
- Redes neuronales de I.A. realizando inferencia
- I.A. de interpretación de lenguaje natural
- Orquestadores de tareas.
- API's, webserver, etc: todos los servicios que dan lugar a las funcionalidades explicadas anteriormente.

2.10 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

La ingeniería desarrollada define los lineamientos y requerimientos mínimos para el diseño, configuración de hardware y software para el diseño del sistema de conteo de personas.

2.10.1 Requerimientos en andenes

Para el diseño en andenes se tomarán las estaciones de Limache y Sargento Aldea, ya que son las principales estaciones para la regulación de tráfico ferroviario comercial de EFE Valparaíso, y es en estación Sargento Aldea donde se inyectan los trenes para la regulación de la frecuencia de 6 minutos, ver figura 2-12.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-12 Inyección de trenes Sargento Aldea

2.10.2 Equipamientos para andenes

A continuación, se detallan los equipos que irán montados en los andenes para mejorar la cobertura de visión del gemelo virtual. El detalle de montaje se especifica en los anexos adjuntos

Para las estaciones se instalarán:

- Cámaras HIKVISION DS-2CD2632F-IS, de vigilancia, tipo bullet, figura 2-13), para cubrir los puntos ciegos y de interés para el conteo de personas, donde sus principales características son: visión día y noche, IP 67, 3 megapíxeles, alimentación PoE, ver anexo D.



Fuente: <https://i.ebayimg.com/images/g/yeQAAOSwDI1kXabi/s-l960.jpg>

Figura 2-13 Cámara bullet Hikvision

- POE SWITCH HIKVISION de 24 canales, figura 2-14, por cada estación, los que permitirán conectar las cámaras al circuito cerrado de EFE Valparaíso y alimentar las cámaras a través del mismo cable de red, ver anexo E.



Fuente: https://www.hikvision.com/content/dam/hikvision/products/S000000001/S000000048/S000000068/S000008679/OF0000092/M000009043/images/2528PB_主图.png.thumb.1280.1280.png

Figura 2-14 PoE Switch Hikvision

- NVR HIKVISION, figura 2-15, para el almacenamiento y procesamiento de video por cada estación, con acceso remoto desde la central de televigilancia a través de la Red Multiservicio (RMS), de EFE Valparaíso, ver anexo F.



Fuente: <https://www.hikvision.com/content/dam/hikvision/products/S000000001/S000000132/S000000007/S000000026/OF0000042/M000032104/SM000060179/images/MB-0262YNN-H15-440A0-U2L0-A0-P-HIKVISION.png.thumb.1280.1280.png>

Figura 2-15 NVR Hikvision

Equipamiento Estación Limache

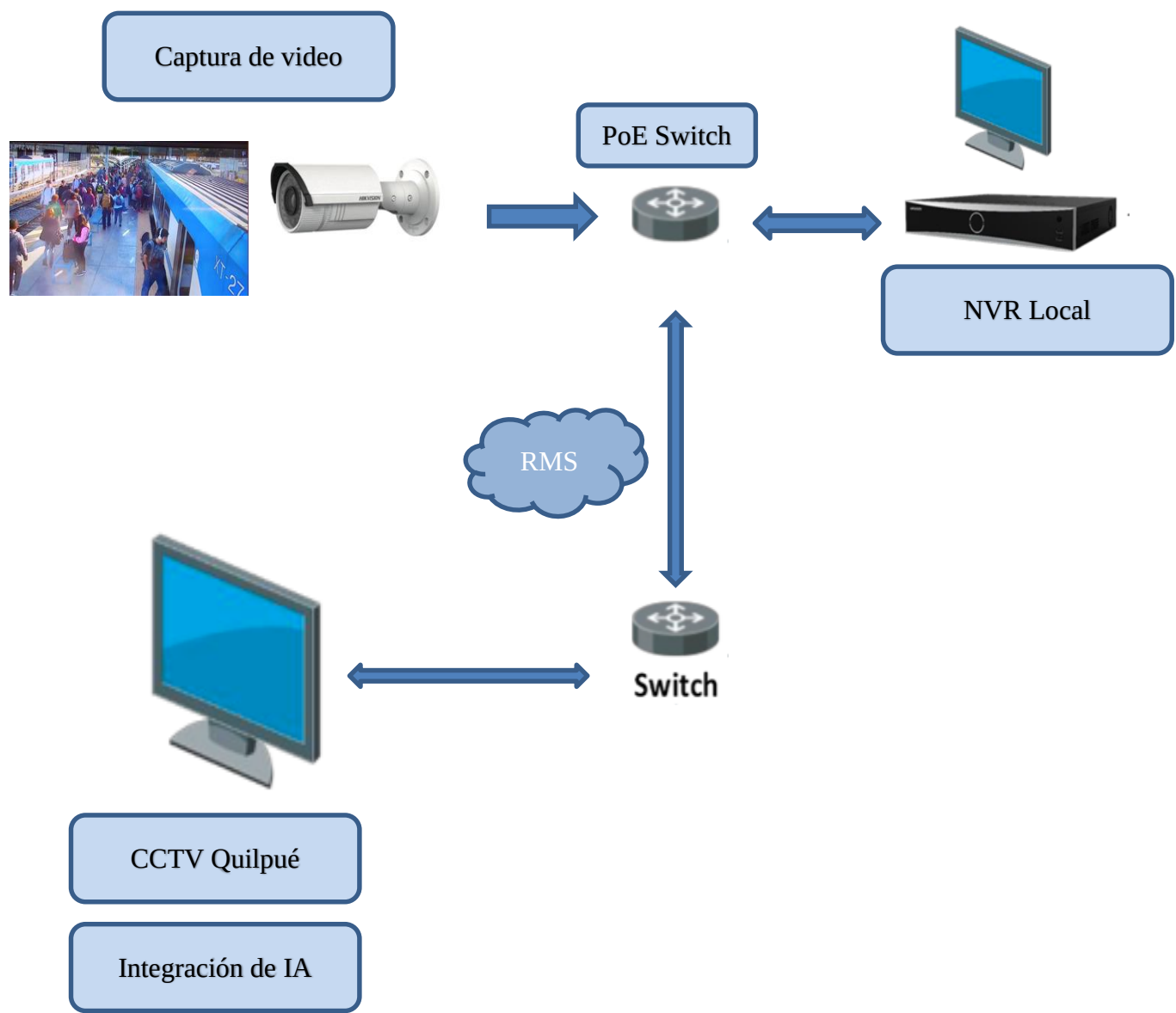
- 9 cámaras bullets marca HIKVISION mod: DS-2CD2632F-IS
- 1 POE Swicth de 24 canales DS-3E2528P
- 1 NVR hibrido Marca HIKVISION mod: DS-7732NXI-I4/S(C)
- 2 conmutadores PoE, smartnode HIKVISION DS-3E2528P

Equipamiento Estación Sargento Aldea:

- 6 cámaras bullets marca HIKVISION mod: DS-2CD2632F-IS
- 1 POE Swicth de 24 canales DS-3E2528P
- 1 NVR hibrido Marca HIKVISION mod: DS-7732NXI-I4/S(C)

2.10.3 Diagrama de contexto de cámaras en andenes

En la figura 2-16 se ilustra la red de comunicación contextual de cámaras y equipamiento en andenes.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 2-16 Diagrama de contexto comunicación cámaras

2.10.4 Requerimientos a bordo de tren

Para el diseño de circuito cerrado de cámaras a bordo del tren, se dimensionará sobre el XT-100, sin embargo, se dimensionará una propuesta, ya que para poder definir e intervenir el equipamiento a bordo del tren se deben acordar los alcances de contrato de mantenimiento mandante vigente, en este caso con ALSTOM Chile.

Se proyectará la captura de video a distancia a través de la red inalámbrica de EFE Valparaíso presente a lo largo de todo el corredor

2.10.5 Equipamiento a bordo de tren

- Cámara HIKVISION DS-2CD2147G2-L figura 2-17, tipo domo, para espacios reducidos, la cual posee 4MP de resolución, IP 67, alimentación 12V PoE, ver anexo G.



Fuente: <https://www.hikvision.com/es-la/products/IP-Products/Network-Cameras/Pro-Series-EasyIP-/ds-2cd2147g2-l-su-/>

Figura 2-17 Cámara domo Hikvision

- POE SWITCH HIKVISION figura 2-18, de 8x10/100 Mbps por canal, PoE switch, 1 por cada tren, ver anexo H.



Fuente: <https://ikseg.cl/product/switch-poe-4boca-58w-1b-hasta-250-metros-ds-3e0105p-e-b>

Figura 2-18 Switch PoE Hikvision

- DVR móvil Streamax M1-0401, figura 2-19, 4 canales, 3G/4G, ver anexo I.



Fuente: <https://www.redgps.com/hubfs/Imagenes-dispositivos/dispositivo723.jpg>

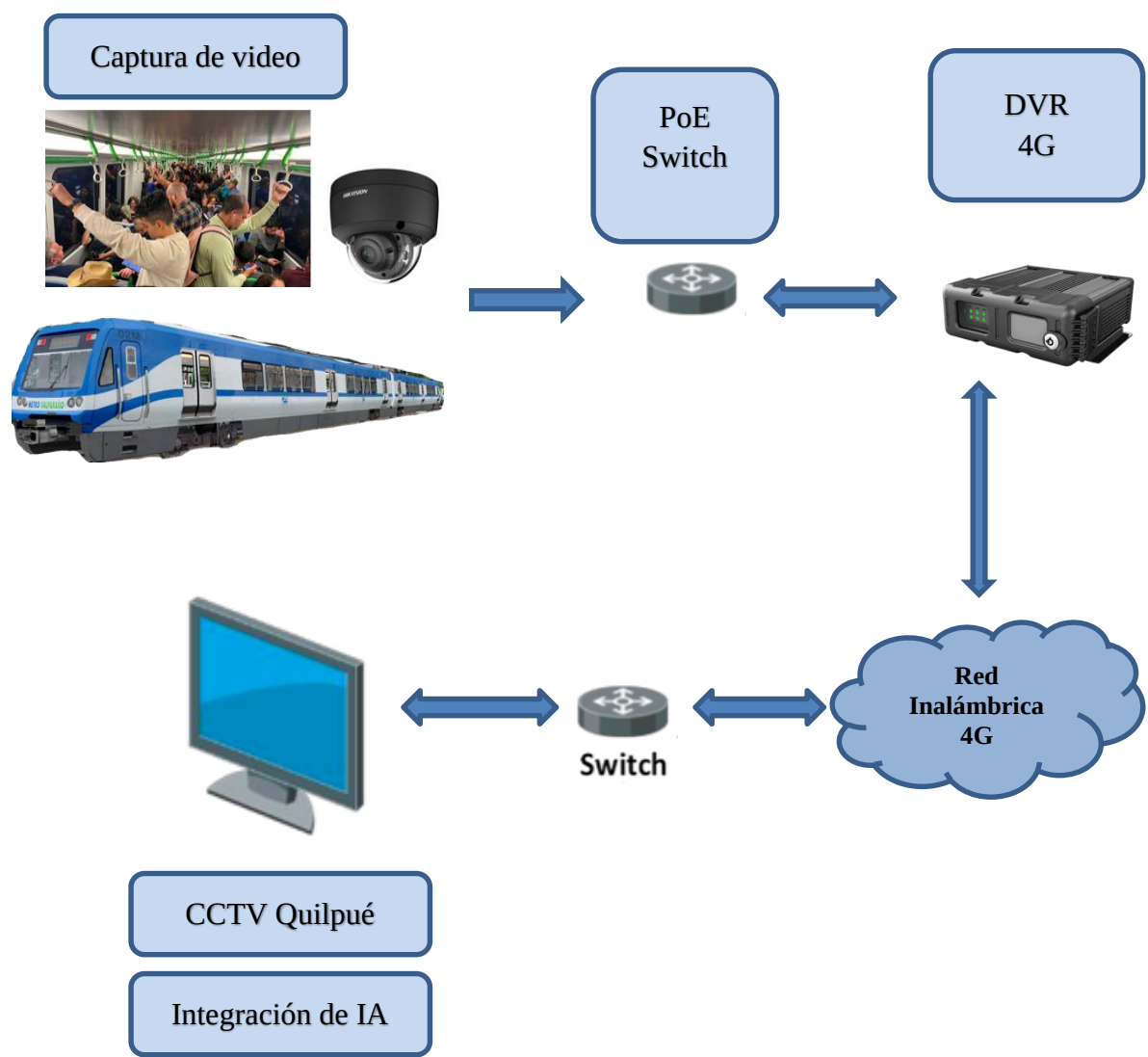
Figura 2-19 DVR móvil Streamax.

Equipamiento por tren X-TRAPOLIS

- 4 cámaras HIKVISION, domo, 2 por coche mod: DS-2CD2147G2-L
- 1 PoE Switth HIKVISION, 8 canales mod: DS-3E1310P-SI
- 1 DVR móvil 3G/4G, M1-H0401.

2.10.6 Diagrama de contexto de cámaras a bordo de tren

En la figura 2-20 se ilustra la red de comunicación contextual de cámaras y equipamiento a bordo de tren.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 2-20 Diagrama contexto conexión a bordo de tren.

2.11 **IMPLEMENTACIÓN DE SOFTWARE**

La instalación y configuración del gemelo virtual se realiza en 4 pasos:

- 1

Instalación de gemelo digital de las estaciones: La implementación lleva aproximadamente 1 día por 5000 m2 de área de interés, como se muestra en la figura 2-21.



Fuente: Manual de operación gemelo virtual
Figura 2-21: Manual de operación gemelo virtual

- 2

Conectar el gemelo digital con la información de los viajes de EFE Valparaíso:

El gemelo digital reconoce en tiempo real los distintos andenes y trenes, en comunicación con el sistema de control de tráfico CTC (Control de Tráfico Centralizado), a través del protocolo de comunicación OPC (OLE Process Control), figura 2-22, es capaz de determinar la cantidad de personas en espera para cada viaje. Para los alcances de este diseño se tomará el tramo desde Estación Limache a Estación Sargento Aldea, monitoreando la cantidad de personas en los andenes de estas estaciones, y dentro de los trenes que salen desde Limache.



Fuente: Elaboración propia
Figura 2-22: Diagrama conceptual comunicación CTC

- 3

Configuración de los reportes: En esta etapa se configurarán los reportes de los diferentes KPI's de EFE Valparaíso, generando automáticamente reportes del conteo de personas. Este reporte se automatiza en la plataforma web del gemelo digital, como se muestra en

la figura 2-23. En este paso también se configuran las alertas para las acciones a tiempo real.



Fuente: Manual de operación gemelo virtual

Figura 2-23: Manual de operación gemelo virtual

4

Conexión con los sistemas de información de EFE Valparaíso: En el último paso, se conecta la información del sistema con pantallas, aplicaciones, y otros sistemas API o flujo de colas de datos a tiempo real. Además, habilitando el proceso de mejora continua basado en los datos para los equipos de EFE Valparaíso.

Para las especificaciones de hardware de la Workstation, se seleccionará según las tablas de ANEXO C.

CAPÍTULO 3: MATERIALES Y COSTOS ASOCIADOS

3 MATERIALES Y COSTOS ASOCIADOS

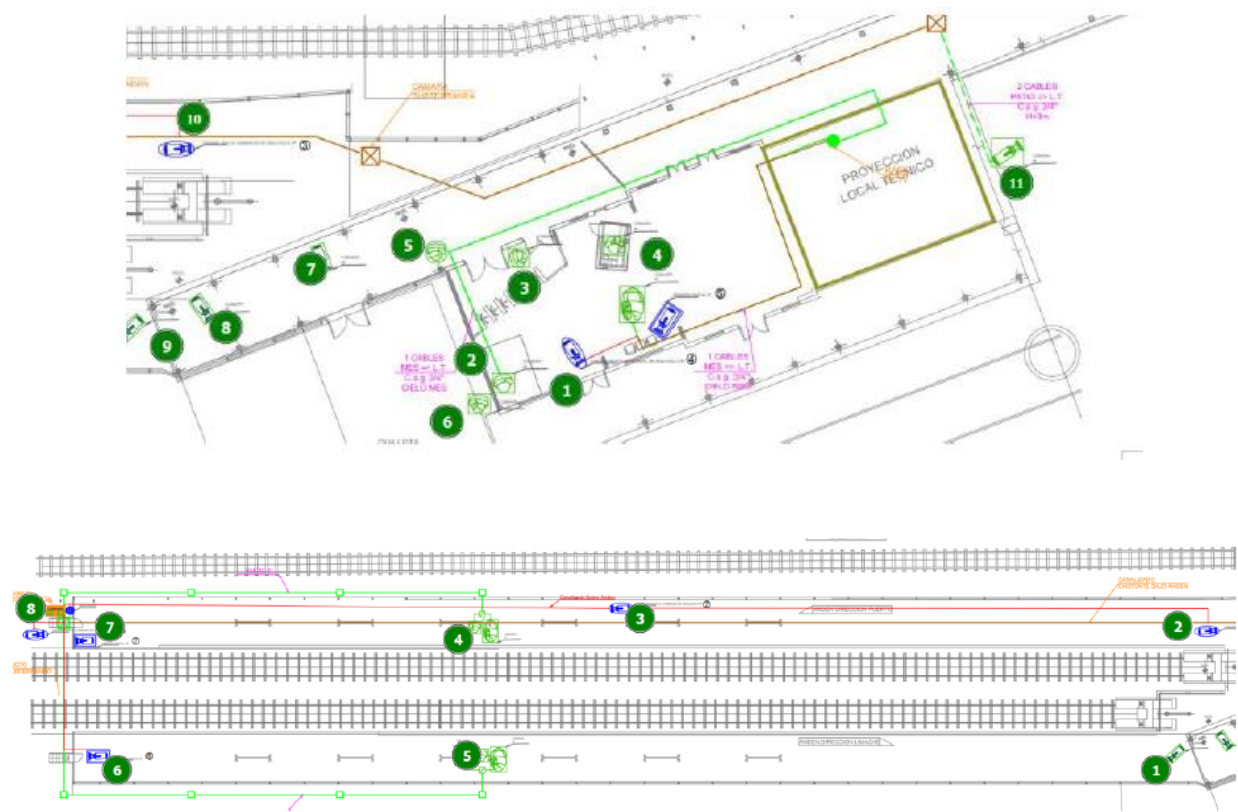
Este capítulo, tiene por finalidad presentar el detalle de los materiales y equipos necesarios para el desarrollo del proyecto. A su vez se mostrarán los valores en pesos chilenos de cada componente de la instalación de las nuevas cámaras con su respectivo distribuidor y en dólares para la solución de software.

3.1 PROPUESTA COMERCIAL GEMELO VIRTUAL ESTACIÓN LIMACHE Y SARGENTO ALDEA

Como se mencionó en el capítulo 2, para el diseño, se proyectará un piloto para el tramo entre las estaciones Limache y Sargento Aldea.

3Propuesta cobertura Estación Limache

Para estación Limache se consideran 19 cámaras con valor analítico, para tener una óptima cobertura para el conteo de pasajeros, y métricas de aforo en los andenes a tiempo real, figura 3-1. Además, se consideran las zonas de maniobra, mesanina (zona paga y no paga), y zona de combinación (Quillota – Calera).

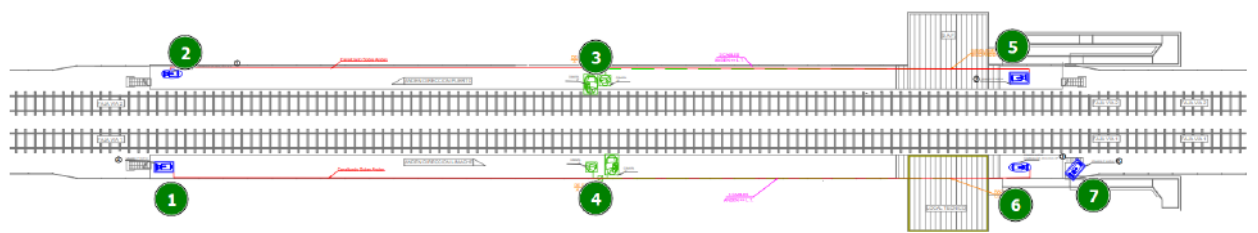


Fuente: Elaboración Propia

Figura 3-1 Propuesta cobertura de cámaras Limache

4Propuesta cobertura estación Sargento Aldea

Para estación Sargento Aldea se consideran 7 cámaras en total con valor analítico, para tener una óptima cobertura para el conteo de pasajeros, y métricas de aforo en los andenes a tiempo real, figura 3-2.

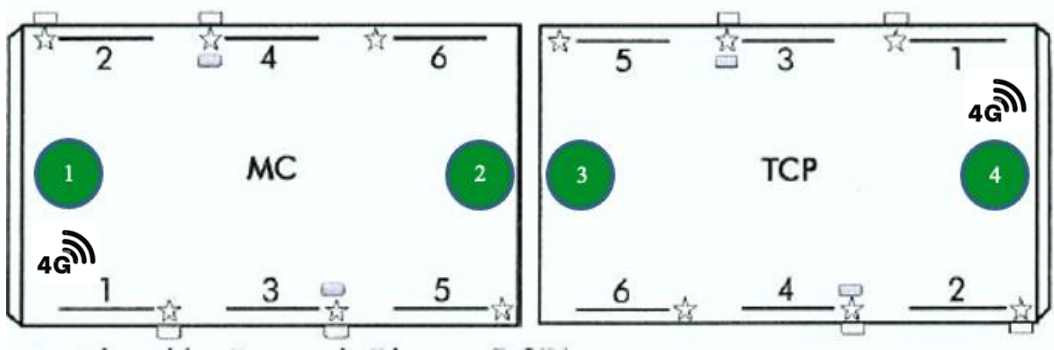


Fuente: Elaboración Propia

Figura 3-2 Propuesta cobertura cámaras Sargento Aldea

5Propuesta cobertura trenes Xtrapolis

Para los trenes Xtrapolis se consideran 4 cámaras, 2 por coche, con valor analítico, figura 3-3, comunicadas a través de la red 4G de EFE Valparaíso, por medio de equipo DVR móvil, también 2 por cada frente.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3-3 Proyección cobertura cámaras Xtrapolis

3.2 **PROPUESTA COMERCIAL**

En la tabla 3-1 se detalla propuesta comercial que incluye el valor de:

- Instalación y configuración del gemelo virtual.
- Workstation donde irá instalada el software de gemelo virtual, según criterio de selección, anexo C.
- Mantenimiento mensual desde cloud del gemelo virtual

Valor del dólar es de \$ 945.- pesos al 05 de abril de 2024.

Tabla 3-1 Propuesta comercial gemelo virtual (dólares)

Ítem	Instalación y configuración	Mensualidad y mantenimiento Cloud	Estimado Workstation
Gemelo Virtual de estaciones Sargento Aldea y Limache	2950 USD	99 USD/mes	800 USD
Gemelo Virtual de Xtrapolis	455 USD / tren		

Fuente: Elaboración Propia

3.3 **COSTO DE MATERIALES Y EQUIPAMIENTO**

A continuación, se muestra el detalle de cada componente empleado para la instalación de las cámaras adicionales, se indica el fabricante y distribuidor según corresponda.

La cotización de materiales eléctricos para el montaje de las cámaras se realizó en Rhona, EECOOL y Sodimac. Para facilitar la comprensión se dividieron los materiales y equipos de acuerdo a sus características, a continuación, se detalla que contiene cada tabla

- Tabla 3-2 muestra el valor y detalle de equipamiento estación Sargento Aldea.
- Tabla 3-3 muestra el valor y detalle de equipamiento estación Limache.
- Tabla 3-4 muestra el valor y detalle de equipamiento a bordo de tren.
- Tabla 3-5 muestra detalle de materiales eléctrico para montaje Limache.
- Tabla 3-6 muestra detalle de materiales eléctricos para montaje Sargento Aldea.
- Tabla 3-7 muestra valor total de montajes y mano de obra.
- Tabla 3-8 muestra costo total de proyecto.

Tabla 3-2 Equipamiento estación Sargento Aldea (pesos)

Sgto. Aldea	TAG	Marca	Modelo	Cantidad	Precio	Total	Dólar (US)
	NVR 1	Hikvision	DS-7732NXI-K4-32P	1	\$ 384.300	\$ 384.300	\$US 408
	SWITCH PoE	Hikvision	DS-3E2528P	1	\$ 62.310	\$ 62.310	\$US 66
	Cámara bullet Anden	Hikvision	DS-2CD2632F-IS	6	\$ 149.990	\$ 899.940	\$US 954

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3-3 Equipamiento estación Limache (pesos)

LIMACHE	TAG	Marca	Modelo	Cantidad	Precio un	Total	Dólar (US)
	NVR LIMACHE 1 RED	Hikvision	DS-7732NXI-K4-32P	1	\$ 384.300	\$ 384.300	\$US 408
	SWITCH PoE	Hikvision	DS-3E2528P	2	\$ 62.310	\$ 124.620	\$US 132
	PoE Smart node	Hikvision	DS-3E0105P	2	\$ 95.190	\$ 190.380	\$US 202
	Cámara bullet Anden	Hikvision	DS-2CD2632F-IS	9	\$ 149.990	\$ 1.349.910	\$US 1431

Fuente: Elaboración Propia

Valor del dólar es de \$ 945.- pesos al 05 de abril de 2024.

Tabla 3-4 Equipamiento a bordo de tren (pesos)

Xtrapolis	TAG	Marca	Modelo	Cantidad	Precio	Total	Dólar (US)
	DVR 4 ch 3G/4G	Streamax	M1-H0401	2	\$ 580.000	\$ 1.160.000	\$US 1.218
	SWITCH PoE	Hikvision	DS-3E1310P-SI	1	\$ 49.950	\$ 49.950	\$US 53
	Cámara domo salón	Hikvision	DS-2CD2147G2-L	4	\$ 52.990	\$ 211.960	\$US 223
	Conector rj45	Exelink	cat 6	50	\$ 120	\$ 6.000	
	Cable red cat 6	spektra	UTP cat 6	200	\$ 367	\$ 73.400	

Fuente: Elaboración Propia

Valor del dólar es de \$ 945.- pesos al 05 de abril de 2024.

Tabla 3-5 Materiales montaje cámaras Limache (pesos)

LIMACHE	TAG	Marca	Cantidad	Precio un	Total (CLP)
	Conduit galv 1"	BM Electric	100	\$ 11.560	\$ 1.156.000
	Copla galvanizada 1"	BM Electric	50	\$ 1.214	\$ 60.700
	Salida de caja galv	BM Electric	30	\$ 981	\$ 29.430
	Tubo flex armado	Crompton	25	\$ 4.199	\$ 104.975
	Conector recto flexible	BM Electric	25	\$ 2.499	\$ 62.475
	Abrazadera Riel	BM Electric	300	\$ 327	\$ 98.100
	Tubo PVC conduit 25mm	Tuboplast	20	\$ 1.310	\$ 26.200
	Caja empalme galv 150x150x100 mm	Vitel	5	\$ 4.974	\$ 24.870
	Caja empalme pvc 150x150x100 mm	MGC	5	\$ 4.082	\$ 20.410
	Curva pvc counduit 25mm	Tuboplast	50	\$ 290	\$ 14.500
	Caja estanca 100x100x50	MGC	5	\$ 2.050	\$ 10.250
	Tornillo roscalata 6mm cajax100mm	Mamut	10	\$ 3.490	\$ 34.900
	Tarugo plástico 6mm caja x 100mm	RH	10	\$ 1.400	\$ 14.000
	Abrazadera metálica 25 mm	omega	200	\$ 189	\$ 37.800
	Cable red cat 6	spektra	200	\$ 367	\$ 73.400
	Conector RJ45 x100 unidades	Exelink	1	\$ 15.190	\$ 15.190

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3-6 Materiales montaje cámaras Sargento Aldea (pesos)

Sgto Aldea	TAG	Marca	Cantidad	Precio	Total (CLP)
	Conduit galvanizada 1 pulgada	BM Electric	75	\$ 11.560	\$ 867.000
	Copla galvanizada 1 pulgada	BM Electric	30	\$ 1.214	\$ 36.420
	salida de caja galv 1 pulgada	BM Electric	20	\$ 981	\$ 19.620
	tubo flex armado	Crompton	10	\$ 4.199	\$ 41.990
	Conector recto flexible	BM Electric	10	\$ 2.499	\$ 24.990
	abrazadera Riel	BM Electric	300	\$ 327	\$ 98.100
	tubo PVC Conduit 25mm	Tuboplast	20	\$ 1.310	\$ 26.200
	caja empalme galvanizada 150x150x100mm	Vitel	5	\$ 4.974	\$ 24.870
	caja empalme pvc 150x150x100mm	MGC	5	\$ 4.082	\$ 20.410
	curva pvc Conduit 25mm	Tuboplast	50	\$ 290	\$ 14.500

	caja estanca 100x100x50mm	MGC	5	\$ 2.050	\$ 10.250
	Tornillo roscalata 6mm cajax100 unidades	Mamut	10	\$ 3.490	\$ 34.900
	tarugo plástico 6mm caja x 100 unidades	RH	10	\$ 1.400	\$ 14.000
	abrazadera metálica 25 mm	omega	200	\$ 189	\$ 37.800
	Cable red cat 6	spektra	200	\$ 367	\$ 73.400
	Conector RJ45 x100 unidades	Exelink	1	\$ 15.190	\$ 15.190

Fuente: Elaboración Propia

3.4 **COSTOS DE RECURSOS HUMANOS**

El montaje de los equipos y la implementación del gemelo digital en los andenes se realizará en un lapso de 20 días, con una jornada correspondiente de 9 hrs diarias.

Para el montaje de los equipos a bordo de tren, se realizará en un lapso de 1 día de 9 horas diarias por tren.

El equipo que realizará el montaje de las cámaras estará compuesto por 5 personas:

- 1 supervisor
- 1 prevencionista de riesgos
- 3 técnicos

El equipo que instalará y configurará el gemelo digital y que además integrará las señales de comunicación de los sistemas de información de EFE Valparaíso, con el gemelo digital, estará compuesto por:

- 1 ingeniero programador

En la tabla 3-7 se observa los costos del proyecto asociados a RRHH para el montaje del gemelo virtual y equipamiento en andenes. Cabe mencionar que la jornada será supervisada por personal de informática y redes de EFE Valparaíso. La programación del proyecto está dada por la carta Gantt en el anexo J.

Tabla 3-7 Costo RRHH andenes

CARGO	CANTIDAD	HORAS HOMBRE	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR (USD)
Ingeniero Programador	1	74 horas	40	2.960 USD
Supervisor	1	120 horas	15	1.800 USD
Prevencionista de Riesgos	1	120 horas	10	1.200 USD
Técnico Montajista	3	256 horas	8	2.048 USD
			Total	8.008 USD
			Total + IVA (19%)	9.530 USD

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 3-8 se detallan los costos del proyecto asociados a RRHH para el montaje del gemelo virtual y equipamiento por cada tren. La programación del proyecto está dada por la carta Gantt en el anexo K.

Tabla 3-8 Costo RRHH X-TRÁPOLIS

CARGO	CANTIDAD	HORAS HOMBRE	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR (USD)
Ingeniero Programador	1	3 horas	40	120 USD
Supervisor	1	9 horas	15	72 USD
Prevencionista de Riesgos	1	9 horas	10	54 USD
técnico Montajista	3	27 horas	8	135 USD
			Total	381 USD
			Total + IVA (19%)	454 USD

Fuente: Elaboración Propia

3.5 **COSTOS ASOCIADOS**

En la tabla 3-9 se desglosa el costo total de equipamiento y materiales por cada área descrita en el presente proyecto.

Tabla 3-9 Costo de montaje de cámaras.

Ítem	Valor (pesos)	Dólar (USD)
Equipamiento Sgto. Aldea	\$ 1.346.550	1.424 USD
Materiales Sgto. Aldea	\$ 1.359.640	1.438 USD
Equipamiento Limache	\$ 2.049.210	2.168 USD
Materiales Limache	\$ 1.783.200	1.887 USD
Equipamiento Xtrapolis	\$ 1.501.310	1.589 USD

Fuente: Elaboración Propia

Valor del dólar es de \$ 945.- pesos al 05 de abril de 2024.

3.6 **COSTO TOTAL DEL PROYECTO**

Luego de realizar el estudio de los costos asociados al proyecto, desglosándolos por costos de equipamiento, materiales y mano de obra, se obtiene el resultado que se puede ver en la tabla 3-10, correspondiente a los andenes y en la tabla 3-11 correspondiente al costo de implementación por cada tren.

Tabla 3-10 Costo total implementación andenes.

Ítem	Costo (USD)
Costo total equipamiento andenes	3.592 USD
Costo total materiales andenes	632 USD
Costo de recursos humanos andenes	9.530 USD
Total	13.754 USD
10 % imprevistos	1.375 USD
Total, con 10% de imprevistos	15.129 USD

Fuente: Elaboración Propia

El costo total del proyecto para la implementación de gemelos virtuales en los andes de Limache y Sargento Aldea, es de \$ 15.129.- dólares, cuyo valor al 5 de abril de 2024 es de \$ 945.- pesos al 05 de abril de 2024.

Tabla 3-11 Costo total implementación X-trápolis.

Ítem	Costo (USD)
Costo total equipamiento X-trápolis	1.589 USD
Costo total materiales X-trápolis	632 USD
Costo de recursos humanos X-trápolis	454 USD
Total	2.675 USD
10 % imprevistos	268 USD
Total, con 10% de imprevistos	2.943 USD
Total 35 trenes	103.005 USD

Fuente: Elaboración Propia

El costo total del proyecto para la implementación de gemelos virtuales por cada tren, es de \$ 2.943 dólares, cuyo valor al 5 de abril de 2024 es de \$ 945.- pesos al 05 de abril de 2024.

CONCLUSIONES

Un sistema de conteo de personas en los andenes y trenes proporcionara una serie de beneficios, tanto para la operación comercial como para los usuarios, tales como:

Mejora en la gestión operativa:

- **Planificación y Programación:** Permite una mejor programación de los servicios de tren, ajustando horarios y frecuencias según la demanda real de pasajeros.
- **Optimización de Recursos:** Facilita la asignación eficiente de trenes y personal, evitando la sub-utilización o sobrecarga de recursos.

Seguridad y Control de Multitudes:

- **Prevención de Hacinamientos:** Permite identificar y gestionar las aglomeraciones para prevenir situaciones de hacinamiento, mejorando la seguridad de los pasajeros.
- **Gestión de Emergencias:** Proporciona datos esenciales para manejar situaciones de emergencia y evacuación de manera más eficiente.

Experiencia del Usuario:

- **Reducción de tiempo de espera:** Ayuda a los pasajeros a anticipar y gestionar mejor su tiempo, al reducir el tiempo de espera y mejorar la gestión de la frecuencia comercial.
- **Información a Tiempo Real:** Proporciona información actualizada sobre la densidad de personas, ayudando a los pasajeros a tomar decisiones informadas.

Optimización y eficiencia:

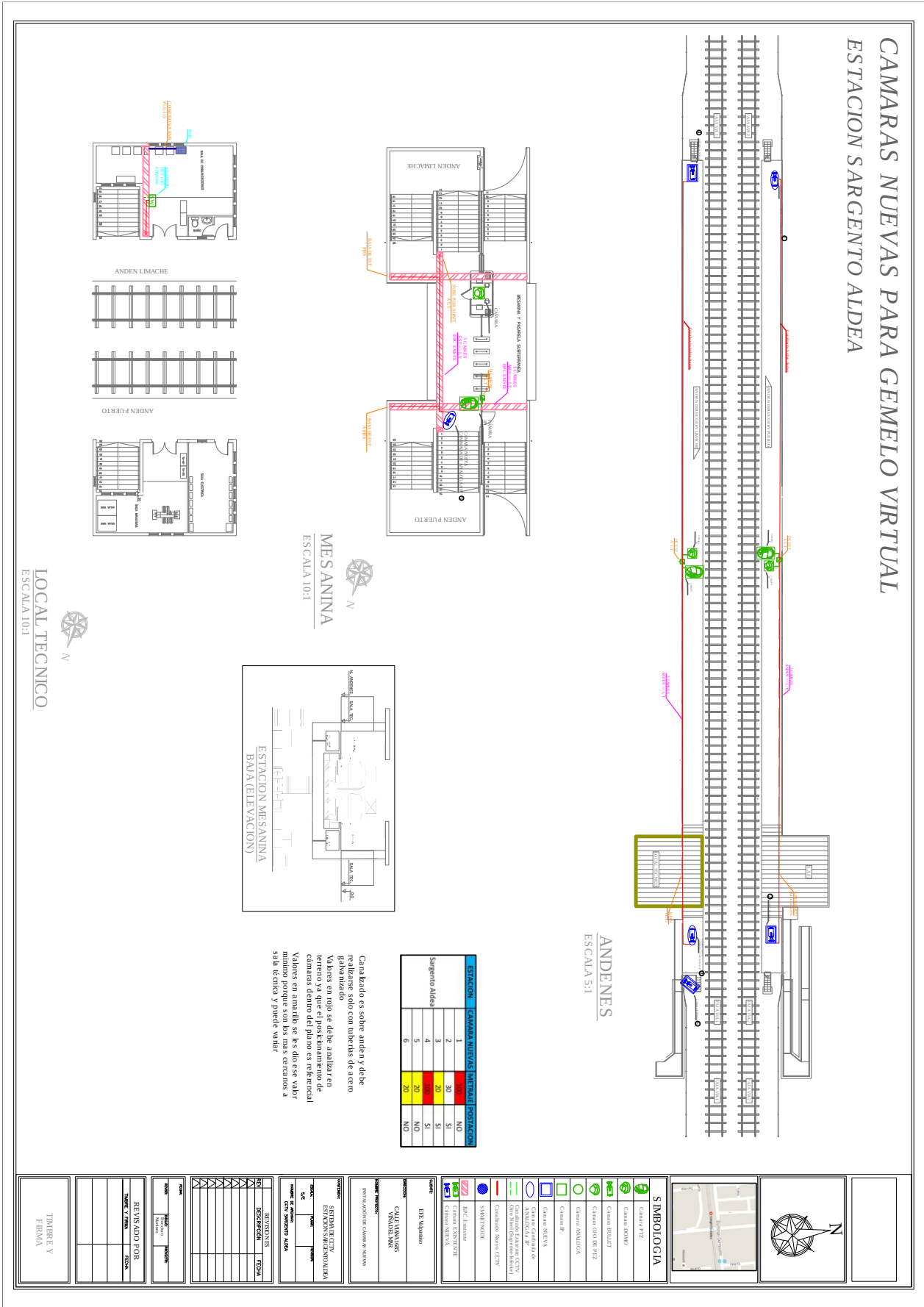
- **Eficiencia operativa:** Contribuye a una operación más eficiente al ajustar los servicios según la demanda actual, reduciendo costos operativos innecesarios.
- **Cumplimiento normativo:** Ayuda a cumplir con las regulaciones y estándares relacionados con la capacidad y seguridad en el transporte público.

Planificación a largo plazo:

- **Análisis de patrones de uso:** Permite comprender los patrones de viaje y la demanda, lo que facilita la toma de decisiones para los futuros proyectos.
- **Datos para la Infraestructura:** Ofrece información que permite planificar expansiones, remodelaciones o mejoras en las estaciones en función de la demanda real.

BIBLIOGRAFÍA

- Manual de conducción Xtrapolis – 100 y Xtrapolis Modular.
- Memoria, “Análisis de capacidad de transporte ferroviario de una línea comercial con sistema de protección ERTMS/ETCS nivel 2, Madrid Julio 2017.
- Conference paper, “flujo de saturación de pasajeros en puertas del transporte público”, junio 2014
- Memoria Anual EFE Valparaíso, 2022
- Convolutional Neural Network, Vol 4, noviembre 29, 2009.
- Libro de capacitación “Impacto de la Inteligencia Artificial en la empresa”. STRUCTURALIA, 2022
- Metodologías de ideación y gestión de proyectos de Inteligencia Artificial, STRUCTURALIA, “lean star-up and scrum”, vol I. octubre 2022
- NCH Elec. 4/2003. Instalaciones de consumo en Baja Tensión. Santiago, Chile: Ediciones Publiley, octubre 2003. 29-52 p.



ANEXO C: CRITERIOS DE SELECCIÓN DE HARDWARE

Dependiendo del metraje de área a analizar del espacio físico.

m2 de áreas	Características recomendadas de Hardware			
	CPU	RAM	SSD	GPU
100 m2 – 500 m2 Apto para el pack 1 pack 2.1	Intel i5 (gen 12 o superior) con Intel® Iris® Xe Por ejemplo: Intel NUC 11 Pro i5-1145G7	16 GB	256 GB	
100 m2 – 1000 m2 Apto para el pack 1 pack 2.2	Intel i7 (gen 11 o superior) con Intel® Iris® Xe Por ejemplo: Intel NUC 11 Pro i7-1185G7	16 GB	256 GB	
100 m2 – 500 m2	Intel/AMD 6 cores o superior	32 GB	256 GB	nVidia RTX A2000 / 3060 12GB
500 m2 – 2000 m2 Todos los packs	Intel i7 (generación 11 o superior) ó Intel/AMD CPU 12 cores o superior	32 GB	512 GB	nVidia RTX A4000 / 3080 12-16GB
2000 m2 - 5000 m2	Intel/AMD CPU 16 cores o superior	64 GB	1 T	nVidia RTX A5500 / 3080 24GB
Más de 5000 m2	Evaluar caso a caso	Evaluar caso a caso	Evaluar caso a caso	Evaluar caso a caso

Estimación según la cantidad de cámaras

Se deben descartar:

- Cámaras que visualizan la misma zona
- Cámaras fuera de áreas de interés de medición
- Cámaras PTZ o Robóticas

Cantidad de cámaras	Características recomendadas de Hardware			
	CPU	RAM	SSD	GPU
4-8 cámaras Apto para el pack 1 pack 23. (Equipo tipo NUC)	Intel i5 (gen 12 o superior) con Intel® Iris® Xe Por ejemplo: Intel NUC 11 Pro i5-1145G7	16 GB	256 GB	-
8 cámaras Apto para el pack 1 pack 2. (Equipo tipo NUC)	Intel i7 (gen 11 o superior) con Intel® Iris® Xe Por ejemplo: Intel NUC 11 Pro i7-1185G7	16 GB	256 GB	-
16 cámaras Todos los packs	Intel/AMD 6 cores o superior	32 GB	256 GB	nVidia RTX A2000 / 3060 12GB
24 cámaras Todos los packs	Intel i7 (generación 11 o superior) ó Intel/AMD CPU 12 cores o superior	32 GB	256 GB	nVidia RTX A4000 / 3080 12-16GB
48 cámaras Todos los packs	Intel/AMD CPU 16 cores o superior	64 GB	256 GB	nVidia RTX A5500 / 3090 24GB
Más de 48 cámaras	Evaluar caso a caso	Evaluar caso a caso	Evaluar caso a caso	Evaluar caso a caso

ANEXO D: ESPECIFICACIONES CÁMARAS ANDÉN DS-2CD2620F-I




CMO


Sca


HD


H.264


SD


DIGITA


Po


Light


IR


3D DNR


Gear


BL

Key features

- 2.0MP / 3MP high resolution
- HD real-time video
- Vari-focal lens
- IR range: up to 30m
- DWDR & 3D DNR & BLC
- IP66

DS-2CD2620F-I (S)		DS-2CD2632F-I (S)	
Camera			
Image sensor	1/3" Processor EXMOR CMOS TI DAVINCE Linux processor		
Min. illumination	0.2 lux F1.2 Color, 0.01 lux F1.2 p&b, 0 lux with IR AGC / ATW Auto/Manual		
Shutter time	1/3s ~ 1/100,000s		
Lens	2.8 ~ 12 mm @ F1.4, angle of view: 98.4° ~ 30.2°	2.8 - 2 mm @ F1.4, Angle of view: 91.2°-28.3°	
Lens mount	Ø14		
Day & night	ICR		
Digital noise reduction	3DDNR		
Wide dynamic range	Digital WDR		
Backlight			
Compensation	Yes, zone confi		
Compression Standard			
Video compression	H.264 / MJPEG		
H.264 codec profile	Main profile		
Bit rate	32Kbps ~ 12Mbps		
Audio compression	G.711 / G.722.1/ G.726 / MP2L2		
Audio bit rate	64 Kbps (G.711) / 16Kbps (G.722.1)/ 16 Kbps (G.726) / 32-128 Kbps (MP2L2)		
Image			
Max. Image Resolution	1280 x 960	2048 x 1536	
Frame rate	50 Hz: 25 fps (1280 x 960), 25 fps (1280 x 720), 25 fps (704 x 576), 25 fps (640 x 480) 60 Hz: 30 fps (1280 x 960), 30 fps (1280 x 720), 30 fps (704 x 576), 30 fps (640 x 480), 30 fps (704 x 480), 30 fps (352 x 240) NTSC	50 Hz: 20 fps (2048 x 1536), 25 fps (1920 x 1080), 25 fps (1280 x 720) 60 Hz: 20 fps (2048 x 1536), 30 fps (1920 x 1080), 30 fps (1280 x 720) NTSC	

ANEXO E: ESPECIFICACIONES POE SWITCH DS-3E2528P ANDEN

HIKVISION**DS-3E2528P
Gigabit Full Managed PoE Switch****Features and Functions**

- DS-3E2528P supports the telecom-level Ethernet-ring protection protocol with a protection shift time of less than 50ms, STP/RSTP, backup of active and standby uplinks, and LACP link aggregation to cater to the requirements of high reliability of carriers;
- DS-3E2528P has powerful ACL functions to access and control L2-L7 data, providing carriers flexible and various policy control methods;
- DS-3E2528P supports In-Service Software Upgrade (ISSU) to ensure the unremitting data forwarding during system upgrade;
- DS-3E2528P supports various L2 multicast functions such as IGMP-snooping, user fast-leave mechanism and trans-vlan multicast copy;
- DS-3E2528P supports IEEE 802.3AF/AT standard, built-in large power supply, no need of external power supply, that is, 24-port AF full-load power supply.
- DS-3E2528P supports the configuration of Base-T port priority when the power is inadequate.
- DS-3E2528P supports POE port and up to 4KV power thunder-proof.
- DS-3E2528P supports priority retagging and complicated flow classification based on VLAN, MAC, source address, destination address, IP or priority to better streamline carrier's services;
- DS-3E2528P provides flexible bandwidth control policies, supporting port-/flow-based flow limit, and ensuring the line speed forwarding of each port to make sure the high quality of network services;
- DS-3E2528P supports multiple queue schedule algorithms such as SP, WRR, or "SP plus WRR";
- Equipment-level security: The advanced hardware infrastructure design realizes the level-based packet schedule and packet protection, prevents DoS-/TCP-related SYN Flood, UDP Flood, Broadcast Storm or large traffic attacks, and supports level-based command line protection, endowing different levels of users with different management permissions;
- Perfect security authentication mechanisms: IEEE 802.1x, Radius and BDTacacs+;
- DS-3E2528P supports storm/multicast/unicast limit which ensures the normal running of equipment in harsh network conditions;
- DS-3E2528P supports perfect ring detection mechanism which ensures the long-term stable running of network;
- DS-3E2528P supports port isolation within the same VLAN, DHCP-Snooping, and IP plus MAC plus Port binding for ensuring user data security;
- DS-3E2528P supports many management modes such as the console port, Telnet, SSH;
- DS-3E2528P supports the WEB management mode, which is easy and efficient so that it makes installation and debugging convenient;
- DS-3E2528P supports TFTP-patterned file upload/download management;


www.hikvision.com

ANEXO F: ESPECIFICACIONES NVR ANDEN DS-7732NXI-I4

HIKVISION®

DS-7732NXI-I4/S (E) AcuSense Series NVR

Key Feature

- H.265+/H.265/H.264+/H.264 video formats
- Intelligent analytics based on deep learning algorithm
- Up to 4-ch perimeter protection
- Up to 4-ch facial recognition for video stream, or up to 8-ch facial recognition for face picture
- All channels support Motion Detection 2..0
- Up to 32-ch IP camera inputs
- Up to 32-ch 1080p decoding capability
- Up to 160 Mbps incoming bandwidth



Compression and Recording

- H.265+ compression effectively reduces the storage space by up to 75%
- Full channel IP cameras connection
- Adopt stream over TLS encryption technology which provides more secure stream transmission service
- Support double verification for playback and downloading

HD Video Output

- Provide independent HDMI and VGA outputs
- Dual 4K HDMI video output resolution

Storage and Playback

- Up to 4 SATA interfaces for HDD connection
- 16-ch synchronous playback at up to 1080p resolution

Smart & POS Function

- Support multiple VCA (Video Content Analytics) events
- Smart search for the selected area in the video, and smart playback to improve the playback efficiency
- POS information overlay on live view and playback
- POS triggered recording and alarm

ANEXO G: ESPECIFICACIONES CÁMARA A BORDO DS-2CD2147G2-L



DS-2CD2147G2-L(SU)
4 MP ColorVu Fixed Dome Network Camera







Hikvision ColorVu technology provides 24/7 vivid colorful images with F1.0 advanced lenses and high performance sensors. F1.0 super-aperture collects more light to produce brighter images. Advanced sensor technology can vastly improve the utilization of available light.

- High quality imaging with 4 MP resolution
- Efficient H.265+ compression technology
- Clear imaging against strong back light due to 130 dB WDR technology
- 24/7 colorful imaging
- Focus on human and vehicle targets classification based on deep learning
- -SU: Built-in microphone for real-time audio security, audio and alarm interface available
- Water and dust resistant (IP67) and vandal resistant (IK10)



www.hikvision.com

ANEXO H: ESPECIFICACIONES POE SWITCH A BORDO DS-3E1310P-SI**HIKVISION®****DS-3E1310P-SI**
Smart Managed 8-Port 100 Mbps PoE Switch

Smart managed switches are developed by Hikvision, featuring in easy management and maintenance. You can easily deploy, monitor and expand your surveillance system anytime and anywhere with our software platforms. You can view the network topology, monitor the health of the network and receive device alarms in real time, which greatly reduces the cost of network operation and maintenance.

- 8 × 100 Mbps PoE RJ45 port, 2 × gigabit combo.
- IEEE 802.3at/af standard for PoE ports.
- Network topology management, alarm push, network health monitor.
- 6 KV surge protection for PoE ports.
- AF/AT camera can reach up to 300 m in extend mode.

ANEXO I: ESPECIFICACIONES MDVR A BORDO M1-H0401

Big Dipper

► DATASHEET SM-M1-SH0401-G4

MDVR-M1-H0401

Mobile Digital Video Recorder



- Main Features
- Supports 4 channels AHD(1080P)+1 channel IPC(1080P)
 - Supports dual SD cards for main recording
 - Built-in three-axis inertia sensor
 - Supports GPS for location tracking
 - Supports USB2.0 high speed backup
 - Supports data recovery technology

Overview

Streamax M1-H0401 is a functional Mobile Digital Video Recorder specially designed for vehicle video surveillance. It has a high-speed processor and embedded operating system, combining with the most advanced H.265 video compression / decompression technology, GPS positioning technology. It supports video recording in 1080P, 720P, WD1, WHD1, WCIF, D1, HD1 and CIF formats. It is easy to use with simple design, multi-functions, superior anti-vibration, flexible installation and high reliability.

Function Overview		Preview, Recording, Playback, Network, Locating
System	OS	Linux 3.18.20
	Control Mode	CP4, mouse, EasyCheck, network (3G/4G/WIFI)
Video	Input	4 channels AHD(1080P)+1 channel IPC(1080P)
	Output	1 channel
	Total Resource	4*720P@30fps+1*1080P@30fps 4*1080P@15fps+1*1080P@30fps
	Video Signal Standard	Electrical level: 1Vpp Impedance: 75Ω Optional NTSC/PAL
Audio	Input	5channels (1 channel IPC audio input)
	Output	1channel
	Audio Signal Standard	Electrical level: 2Vpp Input impedance: 4.7kΩ
Display	Display Split	1/4/9
	OSD	GPS information, alarm, vehicle No., speed, date/time
	Operation Interface	Semi-transparent GUI
Recording	Video/Audio Compression	Video: H.264/H.265
		Audio: ADPCM, G.711A G.711U
	Image Resolution	Analog: PAL: 1080P(1920X1080), 720P(1280X720), WD1(928X576), WHD1(928X288), WCIF(464X288), D1(704X576), HD1(704x288), CIF(352x288) NTSC: 1080P(1920X1080), 720P(1280X720), WD1(928X480), WHD1(928X240), WCIF(464X240), D1(704x480), HD1(704x240),CIF(352x240); Digital: 1080P(1920X1080), 720P(1280X720)
	Image Quality	1-8 levels adjustable (1 is the best)
	Recording Mode	Boot up/Schedule/Alarm
	Pre-recording	0-60minutes
	Post-recording	0-30 minutes

ANEXO J: CARTA GANTT IMPLEMENTACION ANDENES

[illegible]

