

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

Proyecto Red Ferroviaria de Cercanías para el Transporte Sostenible en la Ciudad de Lima Metropolitana

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Civil**, que presenta el bachiller

José Alejandro Bazán Andía

ASESOR: PhD Ing. Federico Alexis Dueñas Dávila

Lima, abril de 2016

Resumen ejecutivo

El presente proyecto de tesis consiste en realizar y explicar un estudio para implementar una red ferroviaria sub urbana (cercanías) de alimentación eléctrica. Este proyecto se desarrollará en la ciudad de Lima – Perú.

El presente trabajo busca ser una guía y fuente de información previa al inicio del ciclo de vida del proyecto.

El sistema de transporte en Lima tendrá que ser modificado por uno sostenible e integrado (Jara, 2013). La experiencia en diferentes ciudades de primer nivel, que poseen un excelente sistema de transporte, fortalece la propuesta aplicada a Lima Metropolitana.

Este documento será una fuente de consulta para las autoridades gubernamentales responsables del transporte urbano de manera que se pueda orientar mejor los proyectos en búsqueda de sostenibilidad. Asimismo, se indica cómo gestionarlos de manera exitosa bajo los lineamientos del PMI.

Los buenos ejemplos de ciudades deben ser replicados. Las ciudades sostenibles orientan sus proyectos al transporte seguro y confortable de pasajeros, no al transporte de vehículos (BID, 2011).

Se definirá el alcance del proyecto así como la posibilidad de integrar la vía férrea con otros medios de transporte a través del intercambio modal. Se explicará la viabilidad sobre la base del desarrollo sostenible (ambiental, económico, social) así como los beneficios durante el ciclo de vida.

Finalmente se presenta las conclusiones del trabajo. El transporte no solo es uno de los principales problemas de la ciudad en la actualidad sino que también es causa de otros (BID, 2009). Se plantea una solución sostenible e integrada.



TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Título	Proyecto Red Ferroviaria de Cercanías para el Transporte Sostenible en la Ciudad de Lima Metropolitana
Área	Medio Ambiente y Recursos Hídricos
Asesor	Federico Alexis Dueñas Dávila
Alumno	JOSE ALEJANDRO BAZAN ANDI
Código	2010.1322.412
Tema N° :	# 70
Fecha	Lima, 9 de febrero de 2016

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los habitantes de Lima están sometidos a la ineficiencia del sistema de transporte, que se traduce en incertidumbre de tiempo para realizar viajes a larga distancia y sobre-costos en las tarifas que pagan respecto a la calidad del servicio. En el 2025, Lima albergará a 11.5 millones de habitantes, y la expansión de la ciudad ha ocurrido abarcando un vasto territorio, este crecimiento extendido ha limitado el desarrollo de un sistema de transporte eficiente.

El Estado a través del MTC ha planteado y adjudicado proyectos como las líneas 1 y 2 del Metro de Lima. Así también, la MML a través de la Gerencia de Transporte Urbano (GTU) ha iniciado reformas, sin embargo son insuficientes y en algunos casos mal orientada. Por ejemplo, el Metro de Lima (líneas 1 y futura 2 en 2017) junto al servicio del bus BRT Metropolitano representarán solo el 15% de viajes que se llevan a cabo en la ciudad. De ese modo, la ciudad requiere una alternativa de mayor impacto y alcance.

El Perú tiene un gran déficit en infraestructura, en su mayoría relacionada al transporte (BID, 2011), por ello es necesario orientar las inversiones para que tengan mayor alcance en el transporte de pasajeros y mercancías de la ciudad. Una alternativa es el proyecto Red Ferroviaria de Cercanías, que por su naturaleza de vía a nivel, es una opción de más rápida aplicación y más económica por kilómetro construido. Por tanto, no solo implica transporte de pasajeros sino también de mercancías, el cual está implícito con beneficios directos en el sistema de transporte integrado y sostenible.

ANTECEDENTES

El presente proyecto de tesis consiste en realizar y explicar un estudio para implementar una red ferroviaria sub urbana (cercanías) de alimentación eléctrica. Este proyecto se desarrollará en la ciudad de Lima – Perú. El presente trabajo busca ser una guía y fuente de información previa al inicio del ciclo de vida del proyecto.

El sistema de transporte en Lima tendrá que ser modificado por uno sostenible e integrado (Jara, 2013). La experiencia en diferentes ciudades de primer nivel, que poseen un excelente sistema de transporte, fortalece la propuesta aplicada a Lima Metropolitana.

Los buenos ejemplos deben ser copiados, ciudades sostenibles orientan sus proyectos al transporte seguro y cómodo de sus pasajeros, no al transporte de vehículos (BID, 2011). El proyecto permitirá definir el alcance así como la posibilidad de integrar la vía férrea con otros medios de transporte a través del intercambio modal. Además se pronuncia sobre la viabilidad sobre la base del desarrollo sostenible (ambiental, económico, social) así como los beneficios durante el ciclo de vida.

OBJETIVOS

El objetivo principal de este proyecto de tesis consiste en realizar y explicar un estudio para implementar una red ferroviaria sub urbana (cercanías) de alimentación eléctrica. Los objetivos específicos consisten en

- i) Proponer y desarrollar un modelo de transporte de cercanías eficiente y de elevado impacto.
- ii) Ser una guía y fuente de información previa al inicio del ciclo de vida del proyecto.
- iii) Ser una fuente de consulta para las autoridades gubernamentales de transporte para que se pueda orientar mejor los proyectos en búsqueda del transporte sostenible así como gestionarlos de manera exitosa bajo los lineamientos del PMI.

PLAN DE TRABAJO

Para desarrollar el estudio propuesto, el alumno deberá cumplir con los siguientes aspectos:

- a. Revisión de la literatura especializada en lo referente transporte de cercanías.
- b. Realizar un diagnóstico sobre la situación actual del transporte de pasajeros y mercancías en la ciudad de Lima.
- c. Desarrollar el estudio técnico de la Red Ferroviaria de Cercanías (RFC).
- d. Realizar una evaluación en el plano de la responsabilidad ambiental, referida al uso y consumo de energía, emisiones de C* y el diseño de medidas de mitigación.
- e. Realizar un análisis detallado de la viabilidad económica del proyecto.
- f. Determinar el impacto social y de accesibilidad del proyecto.

Se establecerá un rol de reuniones con los alumnos, que tendrá una frecuencia semanal a fin de garantizar el avance del estudio, sus conclusiones, el estado del arte, y la adecuada interpretación de los resultados obtenidos. La revisión del documento final de la tesis tendrá dos etapas: Un primer borrador que considera los acápites de revisión de la literatura especializada en lo referente transporte de cercanías, diagnóstico sobre la situación actual del transporte de pasajeros y mercancías, estudio técnico de la Red Ferroviaria de Cercanías (RFC). Un segundo borrador se centrará en el desarrollo de la evaluación en el plano de la responsabilidad ambiental, análisis detallado de la viabilidad económica del proyecto, y la determinación del impacto social y de la accesibilidad del proyecto.

Nota: máximo 100 páginas.



Índice de Contenidos

Introducción 1

Capítulo I

Situación Actual del Transporte de Pasajeros y Mercancías en la Ciudad de Lima Metropolitana

1.1 Situación del transporte de pasajeros 3

 1.1.1 Seguridad y comodidad 4

 1.1.2 Eficiencia 5

1.2 Situación del transporte de mercancías 6

 1.2.1 Medios actuales de transporte 6

 1.2.2 Seguridad 7

1.3 Soluciones planteadas por el Estado y la Municipalidad 7

1.4 La alternativa ignorada: red ferroviaria de cercanías 8

Capítulo II

Estudio Técnico de la Red Ferroviaria de Cercanías

2.1 Planificación del proyecto 11

 2.1.1 Ejemplo de algunas ciudades: experiencias de éxito 12

 2.1.2 Alcance del proyecto: red ferroviaria 13

2.2	Diseño de la vía férrea	18
2.2.1	Diseño por tracción	18
2.2.1.1	Subestaciones: implementación y ubicación.....	18
2.2.2	Diseño geométrico	18
2.2.3	Diseño general de obras civiles.....	19
2.2.3.1	Infraestructura	19
2.2.3.2	Superestructura	19
2.3	Material móvil	20
2.3.1	Para el pasajero: Civia automotor eléctrico	20
2.3.2	Para mercancías: Locomotora eléctrica S - 253.....	22
2.4	Materiales y proceso constructivo.....	23
2.4.1	Infraestructura	23
2.4.2	Superestructura.....	25
2.4.2.1	Vía en balasto.....	25
2.4.2.2	Vía en placa	26
2.5	Gestión de la explotación	27
2.6	Gestión del mantenimiento.....	31
2.6.1	Mantenimiento de vía en balasto	33
2.6.2	Mantenimiento de vía en placa	34

Capítulo III

Evaluación y Responsabilidad Ambiental

3.1	Fuente y consumo de energía.....	35
-----	----------------------------------	----

3.2 Alternativas de energía renovable	36
3.1 Energía hidroeléctrica	37
3.2 Energía renovable y eficiencia energética: undimotriz, eólica y solar fotovoltaica	38
3.3 Renovables o combustibles fósiles	39
3.3 Disminución de emisiones de C*	40
3.4 Medidas de mitigación de impacto ambiental	41
3.4.1 Impacto sonoro	41
3.4.2 Impacto visual. Integración paisajística	42
3.5 Impactos positivos	43
3.6 Evaluación de impactos, influencia y balance integral	44
Capítulo IV	
Viabilidad Económica	
4.1 Presupuesto	50
4.1.1 Materiales, mano de obra y maquinaria	51
4.1.2 Explotación y mantenimiento	54
4.2 Pérdidas económicas actuales del transporte de pasajeros y mercancías	54
4.3 Inversión inicial y costos de mantenimiento	55
4.4 Rentabilidad	57
4.4.1 Para el Estado: variación neta del PBI	57
4.4.2 Para el pasajero: inversión y ahorro	58

4.4.3 Para la empresa: productividad y logística	59
--	----

Capítulo V

Impacto Social. Accesibilidad

5.1 Seguridad y comodidad de pasajeros	60
5.1.1 Seguridad.....	61
5.1.2 Comodidad	62
5.2 Accesibilidad universal, intercambio modal e integración de la ciudadanía.....	63
5.3 Ahorro de tiempo	66
5.4 Desempleo y empleo: balance y alternativas. Expropiaciones de propiedades	67
5.4.1 Desempleo que implica el proyecto. Expropiaciones y solución previa a la ejecución del proyecto	67
5.4.2 Generación de empleo: corto, mediano y largo plazo	68
5.5 Promoción del deporte y cultura	69
5.5.1 Incentivar uso de bicicleta, habilitar infraestructura pertinente	70
5.5.2 Apoyo a actividades culturales. Eventos.....	71

Conclusiones y Recomendaciones

Referencias

Anexos

Índice de tablas

Tabla 1.1 Ventajas del proyecto ferroviario de Cercanías.....	9
Tabla 2.1 Experiencias de éxito en otras ciudades del mundo	12
Tabla 2.2 Comparación de población y vías férreas entre Madrid y Lima	12
Tabla 2.3 Registro de interesados del proyecto	15
Tabla 2.4 Líneas de la red	16
Tabla 2.5 Características técnicas del tren Civia.....	21
Tabla 2.6 Capacidad, pesos y dimensiones Civia.....	21
Tabla 2.7 Consideraciones de elementos de infraestructura ferroviaria.....	24
Tabla 2.8 Costo de mantenimiento de vía en placa respecto de balasto	34
Tabla 3.1 Principales fundamentos de eficiencia energética	38
Tabla 3.2 Energías de fuente renovable con potencial en el Perú	39
Tabla 3.3 Mecanismos de compensación y mitigación	40
Tabla 3.4 Impactos positivos del proyecto según factores ambientales	43
Tabla 3.5 Identificación de factores ambientales del proyecto	44
Tabla 3.6 Identificación de impactos a evaluar	44
Tabla 3.7 Matriz de valoración de impactos.....	45
Tabla 3.8 Potencia requerida para operar el proyecto	48
Tabla 3.9 Programación aproximada de frecuencia de trenes	48
Tabla 3.10 Balance general en los siguientes 100 años	49
Tabla 4.1 Comparación costo de implementación de vía en balasto	52
Tabla 4.2 Estimación paramétrica del costo del proyecto	53
Tabla 4.3 Cálculo de amortización (en años) del uso de la vía en placa	56
Tabla 5.1 Comparación capacidad de medios de transporte actual	63
Tabla 5.2 Cálculo de reducción de tiempos de viaje	67

Índice de figuras

Figura 0.1 Tren Civia en la estación El Escorial, Cercanías Madrid.....	2
Figura 1.1 Proceso de necesidad de transporte de larga distancia.....	4
Figura 1.2 Esquema de problemas del transporte urbano actual.....	4
Figura 1.3 Camioneta rural: inseguridad y hacinamiento	5
Figura 1.4 Consecuencia de proyectos actuales.....	8
Figura 2.1 Procesos de la gestión del proyecto PMI.....	11
Figura 2.2 Aspectos que justifican el proyecto.....	13
Figura 2.3 Ranking de competitividad del Perú en diferentes sectores.....	14
Figura 2.4 Mapa de competitividad regional del Perú	14
Figura 2.5 Proceso de involucramiento partes interesadas	15
Figura 2.6 Secuencia de elementos de vía	25
Figura 2.7 Equipos e instalaciones en estaciones.....	27
Figura 2.8 Cantones móviles.....	28
Figura 2.9 Control de tránsito de trenes	29
Figura 2.10 Centro de control de Cercanías Madrid	30
Figura 2.11 Mallas de circulación	31
Figura 2.12 Pilares del mantenimiento preventivo	32
Figura 2.13 Justificación del mantenimiento preventivo	32
Figura 2.14 Curva mantenimiento preventivo P – F.....	33
Figura 3.1 Proyectos extractivos de fuentes fósiles de energía	36
Figura 3.2 Pantalla acústica metálica revegetada	42
Figura 3.3 Aspectos y factores ambientales evaluados.....	46
Figura 5.1 Características de comodidad del sistema actual	61
Figura 5.2 Edificaciones que apoyan la infraestructura de bicicleta	64

Acrónimos

ADIF	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias
ALC	América Latina y el Caribe
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BRT	Bus Rapid Transit (autobús de tránsito rápido)
CAF	Construcción Auxiliar de Ferrocarriles
CRTM	Consortio Regional de Transporte de Madrid
DS	Decreto Supremo
EDT	Estructura de Desglose de Trabajo
EREC	European Renewable Energy Council
GEI	Gases de efecto invernadero, carbono equivalente (C*)
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
ISHT	Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (España)
ISO	International Organization for Standardization
LAC	Línea Aérea de Contacto
MEM	Ministerio de Energía y Minas (Perú)
MML	Municipalidad Metropolitana de Lima
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones (Perú)
PERT	Project Evaluation and Review Technique
PMBOK	Project Management Book Of Knowledge
PMI	Project Management Institute
PNUD	Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo
PPI	Programa de Puntos de Inspección
SIBRT	Asociación Latino Americana de Sistemas Integrados y BRT

Introducción

Desde hace algunas décadas los ciudadanos de Lima experimentan a diario la ineficiencia del sistema de transporte. Aspectos cotidianos: incertidumbre en el tiempo de viaje, trato irrespetuoso hacia los usuarios y condiciones denigrantes de transporte. El transporte urbano es indispensable en toda ciudad (BID, 2011), en Lima se agudiza esta necesidad.

Lima, capital del Perú, se proyecta a una población de 11.5 millones de habitantes en 2025, la gran mayoría son emigrantes del interior del país (BID, 2009). La ciudad ha crecido rápidamente abarcando un vasto territorio, este crecimiento ha sido en superficie pero no en altura por lo que se reducen áreas inertes para construcción de viviendas, generalmente informales.

En la ciudad existen grandes núcleos urbanos alrededor donde sus habitantes requieren transportarse de manera rápida, eficiente y segura para diferentes fines: educación, trabajo, actividades de ocio.

Es por este motivo que el Estado, a través del Ministerio responsable, ha planteado y adjudicado proyectos como las líneas 1 y 2 del Metro de Lima. Así también, la MML a través de la Gerencia de Transporte Urbano (GTU) ha desarrollado reformas, sin embargo éstas son insuficientes o están mal orientadas por lo que otra alternativa de mayor impacto y alcance es requerida con urgencia. Indicadores económicos representan este requerimiento.

El Perú posee un significativo déficit en infraestructura, en su mayoría relacionada al transporte (BID, 2011). Es necesario orientar eficientemente la inversión macroeconómica para que conlleve mayor alcance en el transporte de los pasajeros y mercancías. En una ciudad de grandes dimensiones un sistema de buses es ineficiente.

El Metro de Lima (líneas 1 y futura 2 en 2017) junto al servicio del bus BRT Metropolitano representarán solo el 15% de viajes que se llevan a cabo en la ciudad (BID, 2011). El cambio en el sistema se debe presentar con mayor celeridad, construir líneas de Metro representa décadas de gran inversión.

El proyecto Red Ferroviaria de Cercanías por su característica de vía a nivel, (como se puede observar en la Figura 0.1) con viaductos, rampas, túneles escasos, es de más rápida implementación y significativamente económico comparado con el Metro en base al cálculo comparativo desarrollado.



Figura 0.1 Tren Civia en la estación El Escorial, Cercanías Madrid

Fuente: fotografía propia

Como valor agregado del proyecto se enfatiza el transporte no motorizado, por ejemplo uso masivo de bicicleta. Para que sea posible es importante garantizar seguridad en los lugares de destino así como ofrecer facilidades en su transporte e inclusión.

Como parte de los beneficios de un sistema integrado y sostenible también está considerado el transporte de mercancías.

Se demostrará la importancia del proyecto y que es viable su implementación. Adicionalmente se explicará su gestión eficiente, cálculo de reducción de tiempo de viaje, contaminación y descripción de conceptos en relación.

Se desarrolla, a continuación, el presente proyecto de tesis

Capítulo I

Situación Actual del Transporte de Pasajeros y Mercancías en la Ciudad de Lima Metropolitana

En sus inicios el transporte fue a través de carruajes y vagones de carga, luego las máquinas fueron reemplazándolos, los servicios logísticos adquirieron importancia y el comercio local e internacional alcanzó auge.

Asimismo, la tecnología del automóvil en constante desarrollo acompañado de mayor solvencia económica de personas naturales y jurídicas tuvo como consecuencia la compra masiva de vehículos privados, de carga y también de transporte público, éstos desencadenaron la ineficiencia del sistema actual.

Lima ha experimentado rápida expansión en área y crecimiento demográfico. Sin embargo, este crecimiento a pesar de tener una planificación inicial ha sido desordenado (BID, 2011).

La necesidad de transporte siempre ha existido. Al ser una ciudad costera estratégica, contar con un puerto incrementó la necesidad de mayor fluidez de transporte tanto de personas como de mercancías.

Para poder proponer una solución correctamente estructurada se requiere conocer el estado del arte, analizar el problema actual (BID, 2011).

1.1 Situación del transporte de pasajeros

Dentro de los problemas de la ciudad, el transporte urbano es uno de los principales según encuestas de opinión. En conjunto con seguridad ciudadana y educación compone los desafíos para la gestión de turno del Estado y Municipio.

Lima concentra las principales oportunidades en el país, a causa de este centralismo el fenómeno social de inmigración ha generado una expansión de área metropolitana insostenible (BID, 2009) según lo muestra la Figura 1.1.



Figura 1.1 Proceso de necesidad de transporte de larga distancia

Fuente: elaboración propia

Las oportunidades de educación, trabajo que esperaban los inmigrantes no siempre fueron alentadoras. Ante la necesidad optaron por instaurar empresas de transporte público independientes con tarifas particulares y superposición de rutas. Se generó un ambiente informal. Surgieron camionetas rurales o combis, coasters o microbús y buses.

El sistema actual de transporte presenta dos problemas fundamentales en lo que respecta al contexto del servicio según lo muestra la Figura 1.2.

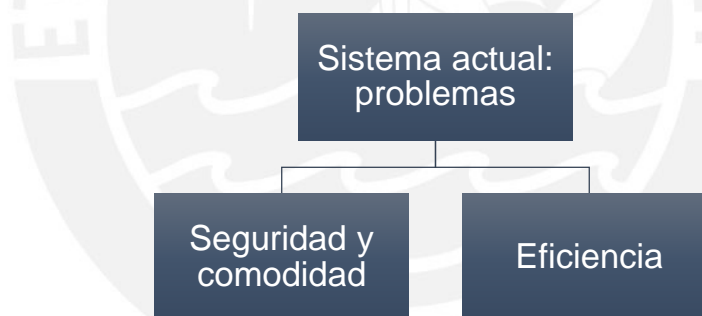


Figura 1.2 Esquema de problemas del transporte urbano actual

Fuente: elaboración propia

1.1.1 Seguridad y Comodidad

La necesidad de transporte es a diario, en todo momento y a cualquier lugar, en ese sentido es de vital importancia que el viaje que se realice no ponga en riesgo la seguridad y comodidad.

¿De qué manera influye? Falta de confortabilidad en el servicio, estado de alerta por seguridad genera molestia, estrés e indisposición, ¿consecuencias? Se reduce rendimiento laboral, académico (BID, 2009)

Un transporte seguro es primordial. Las cifras de accidentes registrados cada año alerta a la ciudadanía (20 mil accidentes de tránsito donde la causa es el sistema caótico e ineficiente de la actualidad). Si bien se generan daños materiales pero por sobre todo pérdida de vidas.

El sistema actual afecta la tranquilidad del pasajero, principalmente para las personas más vulnerables. Personas de movilidad reducida y con discapacidad no puedan hacer uso del transporte con autonomía.

Otro aspecto que perturba la comodidad del pasajero es el pago de cada viaje y el conflicto cobrador pasajero que se produce (Jara, 2013).

Así también no existen medios masivos de transporte, en su lugar circulan buses en mal estado y pequeños como se muestra en la Figura 1.3.

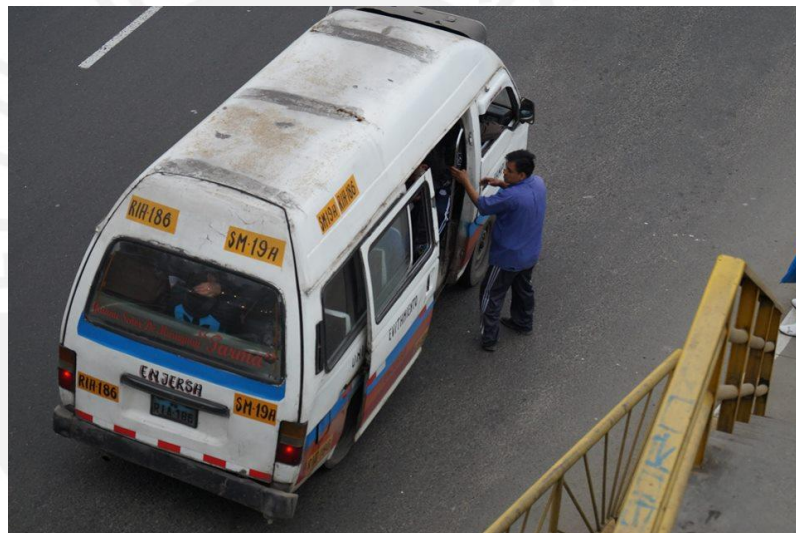


Figura 1.3 Camioneta rural: inseguridad y hacinamiento.

Fuente: fotografía propia

La comodidad está relacionada directamente con la seguridad: se pierde comodidad con sensación de inseguridad. La inseguridad genera situaciones de estrés en pasajeros y ciudadanos en el área de influencia.

1.1.2 Eficiencia

La eficiencia del transporte público radica en el uso de tiempo adecuado con estándares de comodidad y seguridad. Calidad de servicio es sinónimo de eficiencia. El transporte es solo un medio al que se recurre para obtener un fin: llegar a destinos de interés.

La calidad está totalmente fuera del contexto actual, se avanzan distancias relativamente cortas y el promedio de velocidad del transporte público en horas punta no suele superar los 16km/h. (El Comercio, 2015)
La velocidad mínima requerida es de 40 km/h.

Otra fuente de pérdida de tiempo es la espera en que se tarda saturar el vehículo de pasajeros, generando un malestar e incertidumbre en los ciudadanos usuarios.

Estas consideraciones son respecto de la función básica del transporte, existen otros problemas implícitos como contaminación atmosférica, sonora y visual, pérdidas económicas, discriminación hacia las personas más vulnerables y medios de transporte no motorizados.

1.2 Situación del transporte de mercancías

El comercio nacional e internacional representa importantes ingresos económicos para empresas y el Estado (Pro Inversión, 2012).

No es posible concebir crecimiento económico sin comercio con logística eficiente, lo anterior determina la rentabilidad de bienes y servicios.

En ese sentido, el transporte de mercancías requiere significativa potencia. Al llegar a los núcleos urbanos de la ciudad el tránsito es lento y satura vías.

El requerimiento se incrementa cada vez. Se puede observar camiones de carga en la vía Panamericana a cualquier momento del día, están presentes sin considerar la prioridad que poseen los pasajeros de transporte público.

La red de Cercanías es también para transporte de mercancías a través de locomotoras durante la noche y en horas de baja demanda proporcionando importantes ventajas en comparación con el sistema actual.

1.2.1 Medios actuales de transporte

El transporte de mercancías requiere de mayor potencia en las máquinas que se utilizan, debido a la demanda los camiones son numerosos. En la actualidad se comprueba que a toda hora existe tránsito de mercancías. Estos vehículos no pueden satisfacer la demanda que existe además de representar inseguridad circundante (BID, 2011).

Al llegar a estaciones extremas de una red de Cercanías se descarga en vagones. Garantizarán uso de vía única y proporcionarán mayor eficiencia y seguridad para beneficio de empresas que requieren este servicio.

Si bien es cierto, las redes ferroviarias deben extenderse por gran parte del territorio nacional, todavía una red nacional de ferrocarriles (visión a largo plazo) es una idea primitiva. Lima es prioridad.

1.2.2 Seguridad

El transporte de mercancías se diferencia por los conceptos de seguridad y comodidad. El concepto comodidad no puede ser aplicado a productos, se denomina integridad y seguridad.

Existe una tasa de accidentes que protagonizan los camiones transportadores (7 mil accidentes al año).

Al producirse un accidente lo más importante son las posibles pérdidas de la vida humana o daños físicos y psicológicos, pero también hay un daño material y pérdidas económicas que deben evitarse.

Los principales productos y carga que son transportados son materiales de construcción como barras de acero corrugado, elementos prefabricados de concreto, ladrillos, madera; asimismo también el transporte de basura y materiales reciclados como plástico y vidrio.

También la industria agroalimentaria y la de productos peligrosos como insumos químicos presenta demanda de transporte.

El ferrocarril por capacidad de transporte de cargas, menor uso de energía y seguridad se consolida como necesario.

1.3 Soluciones planteadas por el Estado y la Municipalidad

El transporte en la ciudad de Lima siempre ha sido representativo de campañas previas a la elección de alcaldes. Encuestas registran carencia de infraestructura de transporte así como deficiente gestión.

El transporte en la capital es uno de los más deficientes de América Latina (BID, 2009) y sin punto de comparación con el escenario europeo. Políticas de Estado y Municipalidad carecen de planificación y orientación.

El MTC es el principal responsable del transporte de pasajeros y mercancías. En coordinación mutua, las acciones de Pro inversión son adjudicar proyectos de la línea 2 del Metro de Lima (35km en vía subterránea) y la línea 1.

La MML, a través de la GTU, ha implementado algunas mejoras: paraderos mejor señalizados, control de transportistas. Años atrás el proyecto BRT Metropolitano ayudó a mitigar de manera insuficiente el problema, actualmente la reforma del transporte implica buses de mayor capacidad.

Programas como Ciclodía durante los días domingo son positivos, sin embargo el uso de la bicicleta continúa siendo subordinado durante el resto de la semana: se hace poco viable su uso cotidiano para estudiar, trabajar. Se requiere integración de la bicicleta como medio de transporte (BID, 2009).

Los principales proyectos en transporte son las líneas 1 y 2 de Metro, el Metropolitano. Cuando éstos estén culminados representarán el 15% del viaje de transporte público (Luz Ámbar, 2014) con prioridad a vehículos y no a personas. La figura 1.4 indica la secuencia del problema: los proyectos están orientados a transportar vehículos particulares sin comprender la prioridad al peatón, ciclista y transporte público masivo.



Figura 1.4 Consecuencia de proyectos actuales

Fuente: elaboración propia

1.4 La alternativa ignorada: red ferroviaria de cercanías

La única manera de sobrellevar al transporte pareciera ser que es en posesión de un vehículo particular, acción justificada cuando se rechaza un viaje inseguro e ineficiente. Los ciudadanos invierten en un pasivo como es el auto particular (BID, 2009).

Se registran alrededor de 250 000 ventas de autos cada año, si se considera que la antigua flota no es renovada es inminente la saturación a corto plazo de los proyectos en mención (Luz Ámbar, 2014).

Efectos indirectos son incremento de contaminación sonora, visual y atmosférica. Asimismo el transporte en la ciudad carece de un sistema integrado: pago de cada viaje bajo tarifas particulares, formas inhumanas de transporte en camionetas rurales, entre otros aspectos.

¿Qué se puede hacer a mediano plazo y que no sea igual de costoso que implementar líneas de Metro?, ¿cómo se resuelven largas distancias? Actualmente, los buses realizan estos recorridos con ineficiencia e inseguridad.

Los ciudadanos necesitan una solución que integre grandes distancias. Por ejemplo, 100km no podrá ser llevada a cabo por una línea de Metro subterráneo ni de vía elevada.

La Red Ferroviaria de Cercanías para Lima Metropolitana presenta importantes ventajas como lo muestra la Tabla 1.1

Tabla 1.1 Ventajas del proyecto ferroviario de Cercanías

Técnicas	Ambientales	Económicas	Sociales
Presencia limitada de viaductos, túneles	Mejora calidad del aire	Mayor explotación de los servicios	Accesibilidad universal
Vía y estaciones al aire libre	Reducción del ruido	km de vía menos costoso	Inclusión de bicicleta
Uso de vía en placa	Integración paisajística	Pago único mensual	Mayor espacios públicos
Material móvil eficiente y seguro	Uso de energía eléctrica	Eliminación tiempos muertos	Intercambio modal

Fuente: elaboración propia

Nuevas tecnologías como la vía en placa aprovecha con eficiencia recursos y espacio. Material móvil eficiente: el modelo Civia es capaz de transportar a 2000 personas en cada viaje (equivalente a 40 buses grandes) por vía única.

¿Qué representan estas ventajas? Comodidad, seguridad y eficiencia. Tiempos de llegada fijos, desaparece incertidumbre.

Por diseño, la vía ferroviaria es segura, prácticamente los accidentes son nulos. El uso de vehículo particular se reduce, se aprovecha tiempo ahorrado.

El tren de cercanías realiza media a larga distancia, las estaciones se encuentran en un promedio de 5.0 km. Distancias cortas/ medianas o entre estaciones son realizadas por otros medios con mayor frecuencia de parada.

Posteriormente, se implementará buses de corto recorrido sobre avenidas principales. Así como tranvías e inclusión de bicicleta como medio de transporte con habilitación de infraestructura necesaria. Se ganará espacio público, promoverá la salud. La contaminación es reducida.

El transporte debe ser inclusivo con prioridad al peatón y en especial a niños, adultos mayores, personas de movilidad reducida; éstas no usarán bicicleta, el intercambio modal será con buses y tranvías hasta llegar a su destino final. El concepto de accesibilidad universal es incorporado.

El proyecto de Cercanías es el tema de tesis pero su integración con otros medios determinará un sistema integrado de calidad. Los tranvías pueden ser implementados a largo plazo así como las líneas de metro. Los buses serán para distancias cortas o medianas. El pago deberá ser único y mensual considerando zonas de movimiento. Los viajes serán ilimitados.

Es necesario que en edificaciones como centro comerciales, viviendas u oficinas se habilite infraestructura correspondiente a la bicicleta bajo condiciones apropiadas de seguridad e integridad (BID, 2009). Se requiere normativa en este aspecto.

Se requiere un análisis profundo en cada área de sostenibilidad que demuestre verídicamente su viabilidad.

Capítulo II

Estudio Técnico de la Red Ferroviaria de Cercanías

Un proyecto que representa transformación de vida para los ciudadanos precisa de una planificación eficiente (BID, 2011). Es pertinente definir alcance, características técnicas e impacto. Se establece y explica la planificación, los procedimientos constructivos, materiales, material móvil, características técnicas, operación y mantenimiento.

Los procesos de gestión del proyecto son importantes, seguir los lineamientos del PMBOK e ISO 21500 aseguran el éxito del proyecto. De igual manera, es importante explicar la gestión de operación para eficiencia del proyecto.

El proyecto sería insostenible y dejaría de cumplir su función sin una adecuada gestión del mantenimiento, se deberá asegurar su vida útil; el mantenimiento abarca infraestructura, superestructura, material móvil.

2.1 Planificación del proyecto

El éxito del proyecto depende de su planificación. Se siguen lineamientos de las organizaciones mencionadas para gestión de proyectos.

Se definen cinco procesos de gestión de proyectos según indica la Figura 2.1. El más importante es la planificación, el inicio son definiciones previas, la ejecución se desarrolla según indicaciones, el control registra resultados para la mejora continua, el cierre finaliza el proyecto con los documentos de entrega (PMI, 2014).



Figura 2.1 Procesos de la gestión del proyecto PMI

Fuente: elaboración propia

Las líneas base del alcance, tiempo y costos definen la planificación. Planificar calidad, recursos humanos, comunicaciones, adquisiciones la complementa.

2.1.1 Ejemplo de algunas ciudades: experiencias de éxito

El objetivo de todo proyecto de desarrollo se sustenta en mejorar la calidad de vida de los ciudadanos de la región donde se lleva a cabo.

Algunas de las mejores ciudades del mundo han tenido éxito con la implementación de proyectos similares, la Tabla 2.1 muestra en síntesis los casos de éxito.

En el Anexo N°1 se explica con mayor detalle.

Tabla 2.1 Experiencias de éxito en otras ciudades del mundo

América	Santiago de Chile - 135km eléctrica
	Buenos Aires - 550km eléctrica y diésel
	Sao Paulo - 258km eléctrica
Asia, África y Oceanía	Melbourne - 832km eléctrica
	Johannesburgo - 80km tracción eléctrica
	Sidney - 2060km tracción eléctrica
Europa	Madrid - 370km eléctrica
	Paris - 580km eléctrica
	Barcelona - 426km eléctrica

Fuente: elaboración propia con datos ADIF

Como ejemplo comparativo se elige Madrid, una de las ciudades con mayor población en Europa occidental con casi 6.5 millones de habitantes (CRTM, 2015).

Existen marcadas diferencias con Lima como lo muestra la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Comparación población, vías ferroviarias entre Madrid y Lima

	Madrid	Lima
Población (millones de habitantes)	6.5	9.8
Red ferroviaria total (km)	650	35
Red ferroviaria de cercanías (km)	370	0
Superficie (km ²)	8020	2812
Densidad poblacional (hab/km ²)	810	3485

Fuente: elaboración propia con datos INEI y Comunidad de Madrid

La operación de Cercanías Madrid significó; junto con intercambio modal; consolidar la conexión de áreas metropolitanas con periferia.

El sistema cumple características de proyecto sostenible, la contaminación es inapreciable, vía bajo tracción eléctrica. Ruido reducido por uso de trenes de motor trifásico con freno regenerativo (60 dB máximo) y aplicación de pantallas acústicas.

El ámbito social ha permitido integración de bicicletas, accesibilidad. En el ámbito económico representa menor costo para el usuario, rentabilidad para empresas y el Estado español. Bajo esta perspectiva es requerido implementar el proyecto en Lima.

2.1.2 Alcance del proyecto: red ferroviaria

Para desarrollar el alcance del proyecto se define la planificación a través del Acta de Constitución, registro de interesados y definición propia del alcance. Asimismo se confeccionará el EDT, documento de entrada para planes subsidiarios o líneas base.

La línea base del tiempo considera diferentes variables: se define actividades de paquetes de trabajo, se establece secuencia identificando rutas críticas y genera el diagrama de red. Se estima los recursos y duración. Se confecciona el cronograma (PMI, 2014).

La planificación del costo es ascendente según la EDT (BID, 2015)

Justificación del proyecto:

La Figura 2.2 indica los aspectos que sustentan el proyecto, en el Anexo N° 2 se explica con mayor detalle estos aspectos.

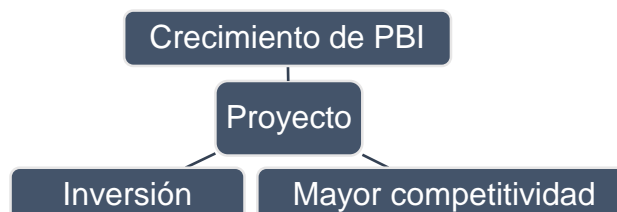


Figura 2.2 Aspectos que justifican el proyecto

Fuente: elaboración propia.

Se necesita reducir la brecha de infraestructura, la Figura 2.3 indica la posición del Perú. Se requiere dinamizar la productividad nacional y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

DESEMPEÑO ECONÓMICO			EFICIENCIA EN LOS NEGOCIOS		
Posición / Cantidad de Países	2014	2015	Posición / Cantidad de Países	2014	2015
Economía Doméstica	32	51	Productividad y Eficiencia	50	50
Comercio Internacional	57	58	Mercado Laboral	37	44
Inversión Extranjera	41	45	Finanzas	45	44
Empleo	14	16	Prácticas Gerenciales	48	51
Precios	49	31	Actitudes y Valores	35	40

EFICIENCIA DEL GOBIERNO			INFRAESTRUCTURA		
Posición / Cantidad de Países	2014	2015	Posición / Cantidad de Países	2014	2015
Finanzas Públicas	8	11	Infraestructura Básica	54	53
Política Fiscal	28	32	Infraestructura Tecnológica	60	60
Marco Institucional	44	48	Infraestructura Científica	60	60
Legislación para los Negocios	37	39	Salud y Medio Ambiente	47	48
Marco Social	54	56	Educación	58	59

Figura 2.3 Ranking de competitividad del Perú en diferentes sectores

Fuente: Centrum Católica

La competitividad se concentra en Lima según lo indica la Figura 2.4, implementar el proyecto representará incrementar este aspecto económico. El modelo podrá adaptarse a la realidad de cada región.



Figura 2.4 Mapa de competitividad regional del Perú

Fuente: Instituto Peruano de Economía

Identificación y registro de los interesados (Stakeholders):

Se define *interesado*: individuo, grupo u organización que puede afectarse, afecta o percibe que puede verse afectado directa o indirectamente como consecuencia del proyecto (PMI, 2014 & ISO, 2012).

La Figura 2.5 muestra el resultado de involucrar las partes interesadas desde etapas iniciales: define el alcance apropiadamente y conlleva éxito del proyecto. El Anexo N° 3 indica la lista completa de partes interesadas.

La Tabla 2.3 resume interesados y rol.



Figura 2.5 Proceso de involucramiento partes interesadas

Fuente: elaboración propia

Tabla 2.3 Registro de interesados del proyecto

	Parte interesada	Rol en el proyecto
Influencia positiva	Estado Peruano	Cliente formal
	Ministerios. PCM	Supervisión y beneficiarios en proyectos
	Municipalidad Metropolitana de Lima	Brindar facilidades para la ejecución del proyecto
	Sindicato de Trabajadores de Construcción Civil	Proveer mano de obra, ser capacitados
	Empresa ejecutora, diseño y estudio	Estudio, diseño y construcción del proyecto respectivamente
	Empresas proveedoras	Proveer materiales y maquinarias
	Ciudadanos y visitantes en su totalidad	Usuarios y clientes finales
	Empresas locales de comercio y producción	Brindar servicios durante la operación en el red. Mantenimiento
	Empresas locales de servicios	Brindan el servicio de limpieza
Influencia negativa	Transportistas del sistema actual	Formar parte del personal de construcción, operación y mantenimiento de la red
	Ciudadanos de viviendas expropiadas	Brindan las facilidades para el trazo de la red, ser beneficiarios del programa social de viviendas

Fuente: elaboración propia

El impacto resultante del proyecto es positivo (incluso en influencia negativa) porque se generará puestos de trabajo, mejores condiciones laborales, capacitaciones. Los afectados por expropiación se beneficiarán a través de vivienda social.

Definición del alcance:

El alcance del proyecto comprende, en definición de alto nivel, el diseño, planificación, construcción, operación y mantenimiento de un sistema de vías ferroviarias sub urbana (Cercanías) para la ciudad de Lima.

El proyecto consta de **312 km** en 6 líneas. Se denominarán vías primarias o de primer orden a las pertenecientes a la red de cercanías, el intercambio modal definirá vías de segundo y tercer orden.

La vía ferroviaria en su mayoría será nivel 0.0m con algunos pasos a desnivel para intersección. Representará ventaja respecto del Metro (viaducto o subterráneo). Se construirá en vía en placa de ancho internacional 1435 mm. El Anexo N°4 presenta el Acta de Constitución y el Anexo N°5 el Enunciado del Alcance.

La Tabla 2.4 resume las líneas, las distancias de cada línea son valores aproximados que se han obtenido con el uso de Google Maps.

Tabla 2.4 Líneas de la red

Red de Cercanías de Lima Metropolitana	
Línea	km
<input type="checkbox"/> Línea A: Pucusana – Ancón	107
<input type="checkbox"/> Línea B: Pachacamác – Carabayllo	69 (21 compartidos)
<input type="checkbox"/> Línea C: Chorrillos – Ventanilla	58
<input type="checkbox"/> Línea D: Aeropuerto – San Juan de Lurigancho	28
<input type="checkbox"/> Línea E: Bellavista – Lurigancho	38 (5 compartidos)
<input type="checkbox"/> Línea F: La Punta – Cieneguilla	38

Fuente: elaboración propia

Las líneas fueron trazadas según corredores existentes, reemplaza el espacio de vehículos particulares. En el Anexo N°6 se presenta el Mapa de Cercanías de Lima. En el Anexo N°7 se detalla recorrido de las líneas.

Las líneas no representan km construidos, algunas comparten segmentos de vía. El total de km construidos es de **312km** y el total de km de recorrido es de **338km**, en un futuro estas líneas podrán prolongarse.

Suposiciones dentro del desarrollo del proyecto son apoyo de inversores, inflación medida, ausencia de cambios importantes en el alcance, requerimientos legales cumplidos. Los requisitos para la aprobación del proyecto se basan en el acuerdo entre las partes interesadas.

Cambios y control del alcance estarán a cargo del director del proyecto y su equipo de trabajo.

Planificar la calidad:

Los requisitos de calidad se establecen en el Plan de Calidad. Se deberán reunir todas las partes interesadas. El PMBOK define tres procesos para un entregable con calidad: planificación, aseguramiento (se considera también la mejora continua) y control de calidad.

Un proyecto exitoso satisface y supera los requisitos del cliente.

- ❖ Planificación de la calidad: en base al alcance se identifican las normas aplicables a cada paquete de trabajo y/o actividad.
- ❖ Aseguramiento de la calidad: establecer procedimientos, selección apropiada de recursos humanos. Capacitaciones.
- ❖ Control de calidad: realizar inspecciones, puntos de control, toma de resultados y establecimiento de conformidad del entregable.

Se debe realizar el proceso cíclico de mejora continua y realizar acciones preventivas. En el Anexo N°8 se presenta el Plan de Calidad.

Se establecerá PPI para procesos entre actividades que conforma un paquete de trabajo. Éstos son para realizar control y registrar calidad por etapas. La capacitación del personal es continua.

La mejora continua se efectuará con resultados de tiempo, costo y alcance de procesos e identificando donde se requiere realizar coordinaciones.

La gestión de no conformidades es inmediata, analizar solución: costo y plazo, de no ser factible se desecha el entregable y se vuelve a realizar.

2.2 Diseño de la vía férrea

El Perú no cuenta con norma de diseño ferroviario, la última edición de diseño y especificaciones técnicas data de 1978, este documento pertenece a la Dirección General de Ferrocarriles del MTC. En 2005 se dictó el DS N°032 – 2005 MTC como Reglamento Nacional de Ferrocarriles para vía en balasto.

¿Cuáles son las consideraciones para el diseño del proyecto? Se propone vía en placa Rheda 2000 y no de balasto, porque éste no representa factibilidad. Con el uso de vía en placa el diseño por tracción y geometría es invariable.

2.2.1 Diseño por tracción

Consiste en determinar carga máxima y/o pendiente límite del trazo vertical (no debe superar 1.5% por ser tráfico mixto de transporte de pasajeros y mercancías).

Los datos de entrada son potencia de material móvil, coeficiente de fricción carril – rueda para que en base a una velocidad de servicio se calcule la pendiente límite y carga máxima.

El tránsito de mercancías define este diseño, la locomotora con vagones representan mayor carga, se establece carga máxima (# de vagones con determinada tara) que puede ser transportada según pendiente.

2.2.1.1 Subestaciones: implementación y ubicación

Las subestaciones transforman energía y alimentan la catenaria. Para evitar zonas neutras donde no hay alimentación se implementan subestaciones a cierta distancia límite (diseño eléctrico).

Se encuentra cada 5 a 10km, los cálculos son en función de tráfico y potencia para no alterar el servicio. Se destina un área pertinente para las subestaciones, generalmente cerca a estaciones.

2.2.2 Diseño geométrico

Determina radios de curvatura, clotoides (curvas de transición).

Datos de entrada son velocidad de servicio, máxima. Se tendrán en cuenta cálculos de aceleración centrífuga y fuerzas durante la curvatura. La vía en placa proporciona rigidez en alineamiento geométrico (Melis Maynar, Quereda Laviña & González Fernández, 2014).

2.2.3 Diseño general de obras civiles

Las obras civiles conforman la estructura completa, desde cimentaciones hasta elementos propios de la vía. Se da inicio a la operación y mantenimiento al concluir este proceso.

2.2.3.1 Infraestructura

La infraestructura ferroviaria está formado por viaductos, pasos a desnivel, terraplenes y túneles (elementos en los que se asienta la vía).

El diseño se realiza bajo normas peruanas e internacionales, normas aplicadas son Suelos y Cimentaciones, Concreto Armado, Sismo resistente (como guía). Se deberá garantizar rigidez de estructuras.

Se utilizará pilotes con zapatas en cimentaciones para pasos a desnivel. Para túneles y terraplenes según características del sitio.

2.2.3.2 Superestructura

Se utilizará vía en placa Rheda 2000. Se requerirá mayores rendimientos constructivos pero se obtendrá menores espesores de plataforma.

Se utilizarán geomallas para armado de la plataforma, también mezclas con cal o cemento como estabilizaciones según tipo de suelo, se deberá determinar la rentabilidad para cada una de estas aplicaciones.

La vía en placa Rheda 2000 se encuentra especificada en diseño y procedimiento constructivo, se utiliza concreto de 350kg/cm², según resultados de transmisión de esfuerzos se hallará el espesor de plataforma y placa.

2.3 Material móvil

El proyecto brindará calidad y eficiencia en el transporte público masivo, superará largas distancias y altas demandas así como inclusión de medios de transporte no motorizados y personas de movilidad reducida. Funcionarán servicios de logística a través del tráfico de mercancías.

El material móvil deberá cumplir las demandas de servicio para pasajeros y mercancías. Ambos poseen innovaciones tecnológicas y representan mejor inversión para el proyecto.

2.3.1 Para el pasajero: Civia automotor eléctrico

Redes de Cercanías en diferentes ciudades en el mundo buscan material móvil que represente ventajas a largo plazo, reducción de costos de mantenimiento y operación.

Trenes en París, Berlín y Amsterdam son bastante antiguos, precisan mayor mantenimiento y renovación del parque de trenes. Empresas líderes en fabricación son Alstom, Siemens, de origen europeo.

La empresa española Renfe, quien opera las líneas de cercanías en el país, ha desarrollado en conjunto con empresas productoras un nuevo concepto del tren suburbano: Civia.

Los trenes Civia constituyen el origen de una nueva plataforma tecnológica de Cercanías, concebida para satisfacer necesidades de transporte en grandes áreas metropolitanas debido a características de modularidad, confort, eficiencia, disminución de costos energéticos y explotación.

Son unidades eléctricas para transporte masivo de cercanías, paradas frecuentes (c/5km). El Anexo N°9 indica las características técnicas, especificaciones y beneficios del tren Civia.

Fueron diseñados por el consorcio formado por Caf, Siemens, Bombardier y Alstom. La primera circulación comercial fue el 1 de julio de 2008 en el núcleo de Cercanías de Madrid (CAF, 2014).

La Tabla 2.5 indica las características resumidas del tren Civia.

Tabla 2.5 Características técnicas del tren Civia

Composición	II	III	IV	V
Ancho de vía (m)	1.668 / 1.435			
Tensión de alimentación (V)	3000			
Captación de corriente	2 pantógrafos			
Estructura de caja	Aluminio			
Puertas por costado	4	6	8	10
Velocidad máxima (km/h)	120			
Motores de tracción	4	4	6	8
Tipo de motor	Trifásico asíncrono de seis polos, autoventilado			
Potencia nominal por motor (kW)	320			
Convertidor de tracción	Ondulador directo de red trifásico que utiliza IGBT de 6,5 kV de tensión inversa			
Bogies	2M 1R	2M 2R	3M 2R	4M 2R
Aparatos de enganche	Scharfenberg			
Freno	Eléctrico de recuperación, neumático, directo de urgencia y muelle acumulador en estacionamiento			
Consumo energético (kWh/km)	2.73	3.62	4.5	5.4
Aceleración entre 0 y 120 km/h	0.59 m/s ²			
Deceleración de servicio, máxima y de urgencia	1.1; 1.2 y 1.3 m/s ²			

Fuente: adaptado de Renfe

El proyecto Civia nació en el año 2000 como consecuencia de nuevas necesidades, mayor demanda, construcción de infraestructuras ferroviarias.

La Tabla 2.6 muestra características adicionales por serie.

Tabla 2.6 Capacidad, pesos y dimensiones Civia

Serie	II	III	IV	V
Longitud del tren (m)	44.8	65.55	80.3	98.05
Longitud coches con cabina (m)	22.4	22.4	22.4	22.4
Longitud coches intermedios (m)	17.75	17.75	17.75	17.75
Altura máxima (m)	4.26	4.26	4.26	4.26
Anchura exterior (m)	2.94	2.94	2.94	2.94
Altura del piso sobre carril (m)	1.15	1.15	1.15	1.15
Altura piso bajo sobre el carril (m)	-	-	0.68	0.68
Peso en tara (Ton)	80.00	105.80	131.50	157.30
Plazas totales	414	607	832	997
Plazas sentadas	126	169	223	277
Servicios higiénicos por tren	0	0	1	1

Fuente: adaptado de Renfe

Son armados en diferentes composiciones según los coches. La combinación más típica es Civia V: dos coches cabina motor extremos, tres intermedios remolque.

El coche intermedio cuenta con un área de piso bajo adaptada para las personas de movilidad reducida, un lugar para colocar las bicicletas y los servicios higiénicos. Existe también un coche especial para bicicletas.

2.3.2 Para mercancías: Locomotora eléctrica S – 253

La demanda de servicios logísticos y necesidad de simplificar viajes requiere mayor capacidad de carga y eficiencia energética, es por este motivo que empresas fabricantes idearon un nuevo modelo.

Bombardier en conjunto con Renfe, dentro del plan de mejora del servicio, desarrolló la Serie 253 locomotora eléctrica, innovadora del sector para mejor eficiencia y respeto por el medio ambiente.

Aportan aumento de fiabilidad, disponibilidad, capacidad de carga y tracción; mayor eficiencia de costes, energía, productividad.

En cuanto a su disponibilidad y mantenimiento, se prevé que las locomotoras 253 tendrán una incidencia cada 250,000 km, frente a los 33,000 kilómetros por incidencia actuales, con disponibilidad del 95% frente al material actual con un 25% (Renfe, 2015).

Dadas estas características, se podrán aumentar tráficos de mercancías pesadas, más tonelaje y pendientes. En el Anexo N°10 se explica con detalle las especificaciones de la serie 253. Otra ventaja es su menor incidencia ambiental. Las características técnicas son las siguientes:

- ❖ Ancho de vía de 1668 mm o 1435mm
- ❖ Tensión alimentación de 3.000 V DC con 4 motores trifásicos asíncronos y una potencia total de 5 400kW
- ❖ La masa de la locomotora es de 87 Ton y una masa por eje de 21.8 Ton. Puede alcanzar velocidades de 140km/h.
- ❖ Los tipos de freno son el neumático a través de un disco, freno eléctrico regenerativo y reostático, finalmente freno con muelle acumulador para estacionamiento.

- ❖ Longitud entre tope de 18.9m, anchura de 3.0m y altura de 4.27m.
Distancia entre ejes de 10.4m.

El material móvil corresponde a últimas versiones desarrolladas que cumplen expectativas de explotación, bajo mantenimiento, gran capacidad de transporte y accesibilidad. Civia y S – 253.

2.4 Materiales y proceso constructivo

Se explica materiales y procesos constructivos de la vía ferroviaria. Se establecen diferencias en tipología de vía en placa. Descripción y explicación desde infraestructura: túneles, puentes, viaductos, pasos a desnivel. En superestructura el Perú tiene experiencia limitada.

El Perú fue líder latinoamericano en infraestructura ferroviaria (PNUD, 2010), actualmente presenta mayor retraso y brecha. Contribuir con conocimiento de este tema es parte de los objetivos del presente trabajo.

2.4.1 Infraestructura

Construir túneles, viaductos, puentes, terraplenes no representa nuevo conocimiento en el Perú.

Según el diseño por tracción, el trazado debe superar desniveles existentes en la topografía de la ciudad, sobre todo líneas férreas de penetración (dirección oeste – este).

Se permite pendientes máximas de 1.5%, de lo contrario se usará obras auxiliares como pasos a desnivel, viaductos. La orografía de Lima en su mayoría es llanura.

La construcción de obras civiles de infraestructura seguirá el diseño por cargas estáticas y dinámicas. El material más usado será concreto armado y acero (carril).

El Anexo N°11 presenta detalle de consideraciones para materiales y procedimiento constructivos de cada elemento.

La Tabla 2.7 indica las consideraciones más importantes para los elementos de infraestructura.

Tabla 2.7 Consideraciones de elementos de infraestructura ferroviaria

Terraplenes	Eliminar material orgánico Tongadas c/ 25cm con compactación 95% Humedad óptima ensayo Proctor Modificado Precarga, uso de geotextiles, limitar altura
Drenaje	Longitudinal y transversal Elementos prefabricado impermeables Profundo para guiar o cortar corrientes subterráneas
Viaductos y túneles	Importante: cambios de rigidez Uso de vía en placa Túneles integrados al paisaje Sistemas de seguridad túneles, ventilación
Estabilizaciones	Reducir asentamientos globales Durabilidad, capacidad portante, rigidez Grava: cemento, suelo plástico: primero cal y luego cemento

Fuente: elaboración propia

La experiencia en España de orografías complicadas evidencia poca funcionalidad de terraplenes, en líneas de alta velocidad el problema es mayor al limitar velocidades menores a las de diseño (Melis Maynar, Quereda Laviña & González Fernández, 2014).

La altura en terraplenes será limitada, la vía en placa brinda rigidez de vía. Se podrían generar problemas de mantenimiento de largo plazo e interrupción del servicio de no desarrollar calidad en el proceso constructivo, debe evitarse estos problemas desde la concepción.

Un inconveniente importante que precisa mayor atención será la rigidez vertical de vía en terraplén y el paso a viaducto, también los descensos en el terraplén y los asentamientos.

Técnicas de reducción del descenso son:

- ❖ Precarga, compactación dinámica del terreno. Uso de geotextiles como armado o como base.
- ❖ Limitar altura y utilizar viaductos enterrados sobre pilotes. Japón limita la altura de sus terraplenes a 9m.

Estabilizaciones combinadas con vía en placa requerirán mantenimiento nulo (Melis Maynar, 2010).

Para grava el cemento podrá ser suficiente, en su defecto, en suelos de mayor contenido plástico, primero utilizar cal (reducción de la plasticidad) y luego cemento.

2.4.2 Superestructura

Es el conjunto de elementos por encima de la infraestructura. Desde la plataforma hasta las instalaciones eléctricas (postes, catenaria). La catenaria permanece invariable independiente del tipo de estructura de vía (balasto o placa).

2.4.2.1 Vía en balasto

Es la más empleada y común en la actualidad en vías de ferrocarril, se explica el contexto actual, sin embargo representa innecesaria inversión de conservación durante la vida útil del proyecto. El proyecto se implementará con vía en placa.

La Figura 2.6 indica los elementos de vía en balasto.

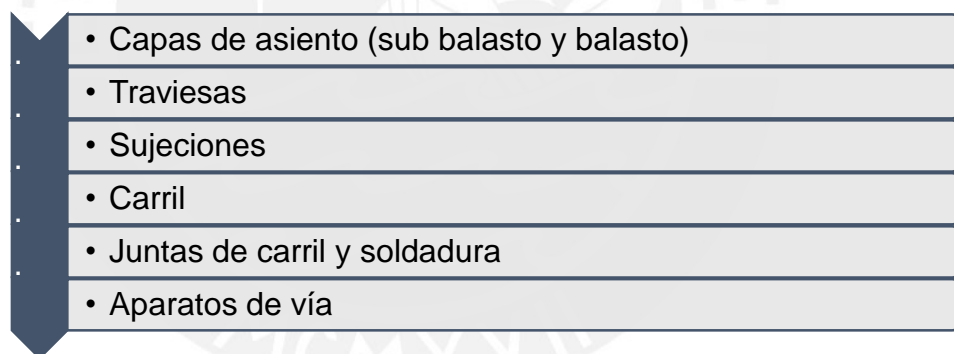


Figura 2.6 Secuencia de elementos de vía

Fuente: elaboración propia

Los rendimientos de construcción son altos, no precisa de condiciones especiales, sí de equipos especializados. El reto es durante el mantenimiento para garantizar eficiencia y disponibilidad, representa mayor costo post construcción.

Situación distinta se presenta con vía en placa. El Anexo N°12 explica cada elemento de la vía en placa. Sujeciones, carril, juntas y aparatos de vía son independientes del tipo de vía.

2.4.2.2 Vía en placa

Es una tecnología que surge en los años 80, existe experiencia suficiente en países que apostaron por su implementación, Japón desde 1980, Alemania desde 2000, demás países en Europa lo vienen implementando (López Pita, 2008).

Respecto de la vía en balasto existen diferencias técnicas, ambientales, económicas y sociales que incrementan motivos para su uso.

La diferencia fundamental es la ausencia del balasto, en su lugar se utiliza una losa de concreto armado denominada placa.

Los principales efectos son geometría de vía invariable, disminución de costos de mantenimiento (prácticamente ausente), aumento de disponibilidad de vía, protección ambiental (uso dejado de canteras para el balasto) reducción de peso en viaductos, aumento de sección útil en túneles (Dueñas Naranjo, 2012).

Se exige precisión milimétrica, no será posible realizar modificaciones luego de colocar el concreto.

La rigidez de vía independientemente de la infraestructura brinda excelente comportamiento ante sismos ocasionales y raros (0.25 y 0.4g SEAOC, respectivamente).

La tipología empleada en el proyecto será Rheda 2000 (patente Alemana) por mayor disponibilidad y rendimientos respecto de otra tipología.

El Anexo N°13 explica los elementos de este tipo de vía. Asimismo, el Anexo N°14 presenta otros tipos de vía en placa.

La vía en placa presenta mayor confort de rodadura, escasez de altura de plataforma, inmejorable longevidad, convergencia con infraestructura. Se podrá, utilizar su variante aligerada MRT.

La vía en placa Rheda 2000 debe ser, cuanto menos, la utilizada en el proyecto. En la actualidad se desarrollan nuevos sistemas que podrán ser más eficientes como Slab Track de Japón, aún en estudio.

Elementos adicionales de superestructura e infraestructura de vía:

Son elementos que complementan los servicios para lograr los objetivos del proyecto.

- ❖ Superestructura: catenaria y alimentación eléctrica.
- ❖ Infraestructura: estaciones, sub estaciones, centros de control.

Completan el sistema ferroviario y garantizan gestión de explotación eficiente.

El Anexo N°15 explica consideraciones de estos elementos.

Dentro de las estaciones son indispensables instalaciones complementarias.

La Figura 2.7 indica instalaciones/ equipamientos necesarios.

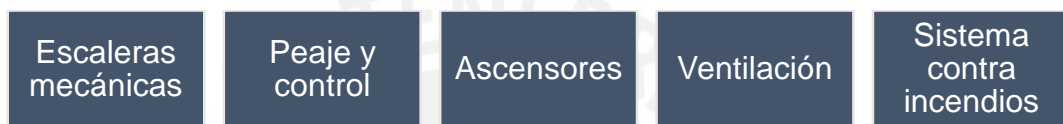


Figura 2.7 Equipo e instalaciones en estaciones

Fuente: elaboración propia

Se cuenta con la vía ferroviaria habilitada, estaciones, subestaciones y centros de control. Se construirá patios de estacionamiento y naves de mantenimiento. El Anexo N°16 muestra instalaciones del Metro de Madrid y Cercanías Madrid, serán similares para el proyecto en Lima.

2.5 Gestión de la explotación

La fase de operación brinda los servicios de transporte de pasajeros y mercancías. La gestión de circulación es explotación primaria; servicios adicionales como comercio, turismo, publicidad, es explotación secundaria.

Se consigue máximo aprovechamiento para retorno de inversión y representa rentabilidad para las partes interesadas.

La circulación/ operación es compleja (Arqués Patón, 2009). La eficiencia radica en satisfacer la demanda en todo momento. No es entregar sobreoferta de viajes sino lo requerido.

Mantener comunicación permanente entre el tren y el centro de control es básico (ADIF, 2010). Se requiere conocer ubicación del tren, asegurar conducción y diferenciar cada servicio según necesidades y particularidades.

Control, seguridad y supervisión:

El control busca aprovechar la capacidad máxima de vía para atender demanda en hora punta. Modelos actuales de trenes por CAF o Siemens poseen modularidad. Importancia en frecuencia de trenes y capacidad de vía para que entre estaciones pueda circular más de un tren.

La vía se divide en sectores de bloqueo denominados *cantones*, un tren puede ocupar solo un cantón (Domínguez Barbero, 2001). Desde los bloqueos primitivos (testigos entregados por el maquinista de estación a estación) se tenía conocimiento de la importancia de la seguridad en el tránsito.

En la actualidad automatizar los bloqueos ha generado mayor seguridad, la tecnología aplicada es *Bloqueo de Control Automático (BCA)*, se establece un punto de detención que va cambiando con el paso del tren (cantones móviles). Los cantones están limitados a longitud de trenes más una longitud de seguridad, la Figura 2.8 esquematiza la circulación bajo cantones móviles. Para poder observar de manera conjunta las líneas se establece un Control de Tráfico Centralizado (CTC).

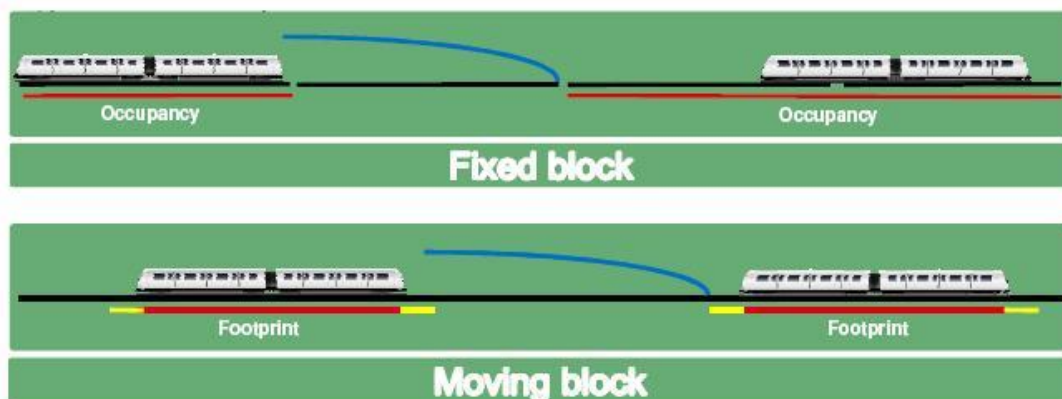


Figura 2.8 Cantones móviles

Fuente: ADIF

El Bloqueo BCA forma parte del sistema CBTC Communications Based Train Control (Control de Trenes Basado en Comunicaciones), es conocida la posición del tren, la gestión de circulación es más eficiente y segura.

El sistema está basado en comunicación continua entre el tren y vía.

Se implementa funciones de control Automatic Train Protection (ATP), Automatic Train Operation (ATO, sistema driver – less) y Automatic Train Supervision (ATS), el estándar IEEE 1474 se denomina Automatic Train Control (ATC).

La comunicación es vía radio desde el tren a los dispositivos de vía. La información proporcionada es posición exacta, velocidad, sentido, distancia de frenado. En base a estos datos se define el punto que no debe sobrepasarse.

Los componentes del sistema CBTC comprende ATP y ATO embarcados y en la vía, sistemas ATS y comunicaciones, existe un sistema de enclavamiento como adicional aunque ha perdido uso (ADIF, 2010). La Figura 2.9 esquematiza los sistemas.

Proveedores del sistema CBTC: Alstom, Ansaldo, Bombardier y Siemens. El sistema ya es utilizado en muchas de las vías ferroviarias de gran demanda.

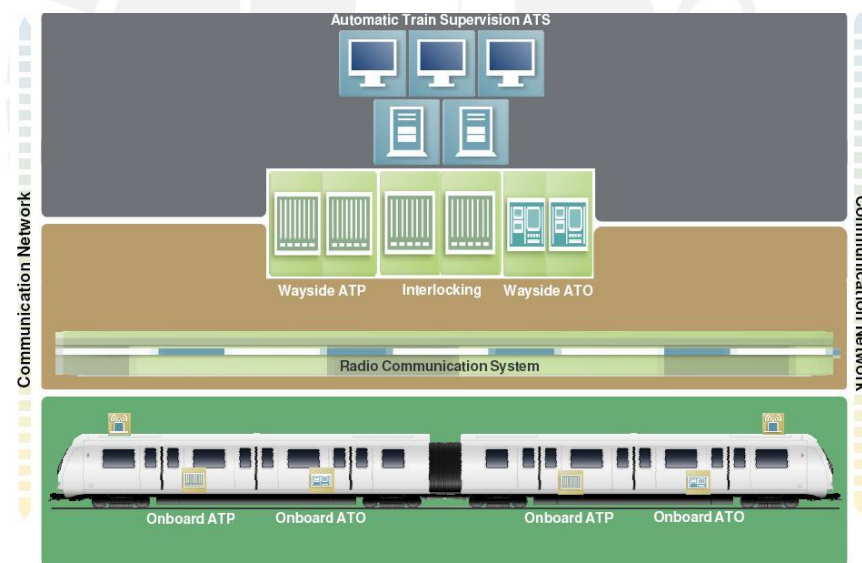


Figura 2.9 Control de tránsito de trenes

Fuente: ADIF

Circulación, servicios brindados adicionales:

El servicio que se brinda corresponde al alcance de una vía de Cercanías:

- ❖ Velocidades medias entre 60km/h a 90km/h con máximas de 120km/h hasta 150km/h, frecuencia de paradas según demanda local, mayor densidad de estaciones en el centro.

- ❖ Servicios de alta demanda con periodos punta diferenciados.
- ❖ Mayor circulación de viajes hacia centro, por la tarde hacia la periferia.
- ❖ Longitudes de tren según modularidad y capacidad para demanda, el material móvil es autopropulsado, posee espacios amplios, 4 puertas por coche para rápida subida/ bajada de viajeros.

La figura 2.10 muestra el sistema de control en Cercanías Madrid



Figura 2.10 Centro de control de Cercanías Madrid

Fuente: fotografía propia

Adicionalmente la red es usada para transporte de mercancías en horario nocturno (12am – 5am). Trenes de gran longitud por vagones acoplados a la locomotora con tendencia de 750m de longitud y pesos de 2000 ton.

Con los sistemas CBTC e integración con centro de control y sistema ATC la explotación es dinámica, posibilidad de adelantamiento sin detención en vía doble o bifurcación (Álvarez Mantaras & Luque Rodríguez, 2003).

El estudio de circulación debe ser profundo para diseñar la capacidad de vía ferroviaria, dicho estudio está a cargo de profesionales del rubro. El documento de salida de este proceso es el Reglamento General de Circulación (ADIF, 2010).

Existen otras circulaciones a considerar: trenes turísticos, de prueba, auscultadores de vía, mantenimiento.

La interrelación de trenes, número, frecuencia determina la capacidad de vía y define el Plan de Explotación.

Este plan define las mallas de circulación, como se muestra en la Figura 2.11, con los siguientes datos: estaciones, paradas, velocidades, cantones.

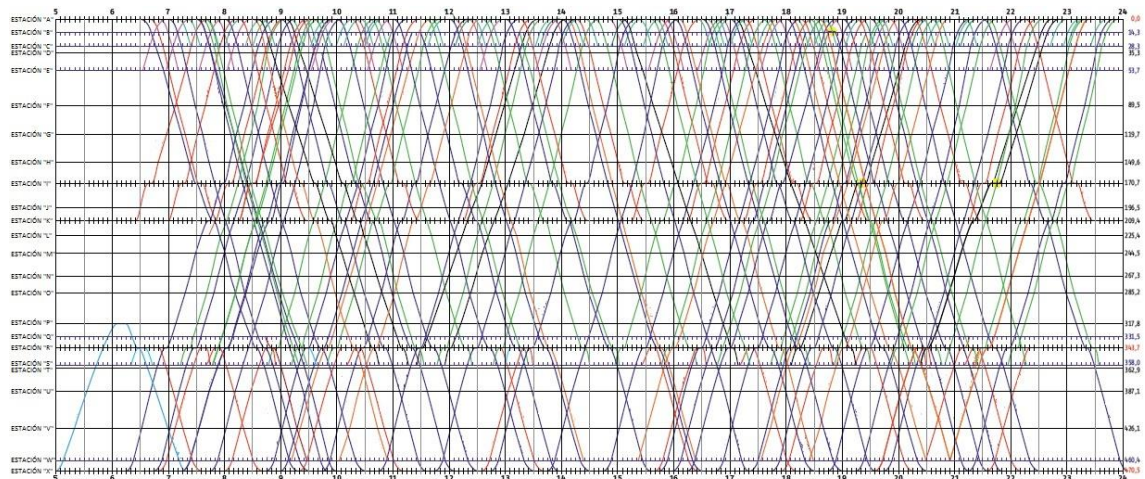


Figura 2.11 Mallas de circulación

Fuente: ADIF

Servicios adicionales comerciales podrán ser ofrecidos en estaciones, se aprovecharán estos espacios para publicidad, entre otros aspectos. La vida útil de un ferrocarril es de no menos 100 años.

Para asegurar continuidad de servicios es indispensable contar con planificación del mantenimiento, es parte de la política y plan de calidad.

2.6 Gestión del mantenimiento

El mantenimiento no tuvo importancia durante años, recientemente se ha convertido en una estrategia de competitividad porque se exige funcionalidad permanente (Melis Maynar, Quereda Laviña, & González Fernández, 2014).

El mantenimiento se ha industrializado y está regido por tres pilares interrelacionados: fiabilidad, coste y disponibilidad, según lo indica la Figura 2.12. Será de cuarta generación denominado “mantenimiento a la medida”.

Se utilizan técnicas avanzadas de predicción consolidadas en planes de mantenimiento particulares ajustados a cada equipo o sistema; no se deben utilizar planes generales sino particulares y específicos (Arqués Patón, 2009).



Figura 2.12 Pilares del mantenimiento preventivo

Fuente: elaboración propia

La explotación y mantenimiento necesitan realizarse en conjunto, constituyen, los objetivos del Plan de Calidad. ISO 9000 y 14000 requieren de la cuarta generación del mantenimiento.

El proceso es altamente dinámico, se enfocan direcciones y metas en servicio, se utilizan herramientas como Benchmarking para mejorar metodología y generan resultados más eficientes.

Para el mantenimiento se indica la marcada diferencia entre el uso de vía en balasto y vía en placa. Los componentes en infraestructura e instalaciones ferroviarias son comunes en ambos sistemas, el Anexo N°17 explica con detalle su mantenimiento.

El presente y futuro del mantenimiento ferroviario tiene como principal característica la re ingeniería. Las técnicas de predicción son herramientas eficientes del mantenimiento. Este proceso lo indica la Figura 2.13.

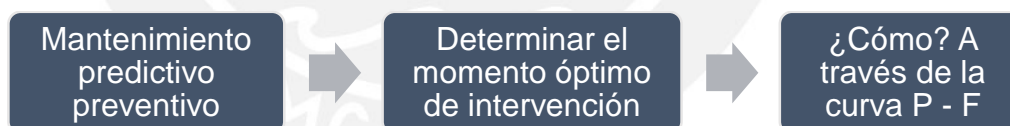


Figura 2.13 Justificación del mantenimiento preventivo

Fuente: elaboración propia

La gestión del mantenimiento (explotación ferroviaria) es predictivo, solo interviene cuando y donde sea necesario. Se evita intervenciones innecesarias mejorando disponibilidad y reduciendo costos, cada elemento o sistema requiere de una curva P – F de predicción (Figura 2.14), estado del elemento según tiempo.

Puntos clave: fallo potencial (P) y el intervalo P – F (tiempo transcurrido entre fallo potencial y empeoramiento hasta que converge un fallo funcional que representa inoperatividad parcial o total).

Para el material móvil el principal elemento es el motor, es trifásico de corriente alterna asíncronos que precisan poco mantenimiento.

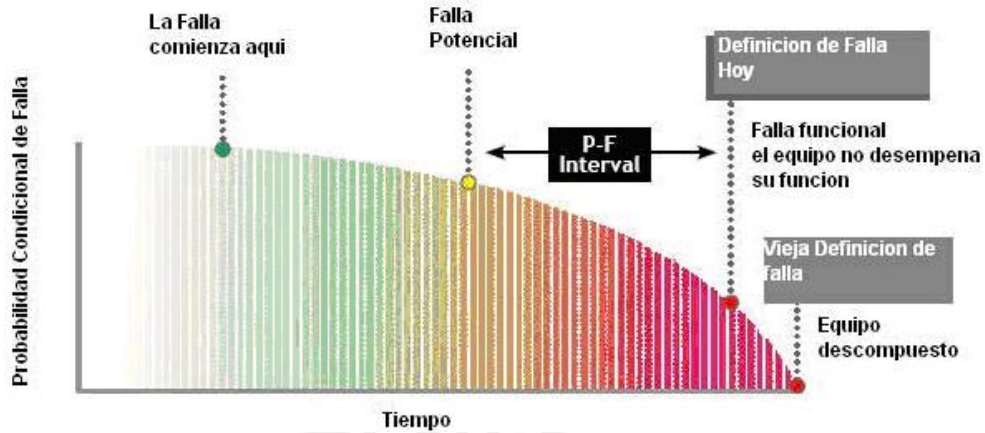


Figura 2.14 Curva mantenimiento preventivo P - F

Fuente: Asociación Española de Mantenimiento

La implantación es progresiva y requiere de personal capacitado, las técnicas son rentables, eficaces y con técnicas organizativas potencia los beneficios durante la explotación. (López Pita, 2008).

Se reduce el mantenimiento correctivo que supone interrupción del servicio dependiendo de la falla y perjudica los objetivos del proyecto.

Es necesario la elaboración de planes de gestión de no conformidades y técnicas de corrección. La prioridad la posee el mantenimiento preventivo predictivo.

2.6.1 Mantenimiento de vía en balasto

En el caso de la vía en balasto el mantenimiento representa un notable esfuerzo con mayor frecuencia de inspección y corrección que se realiza en horarios nocturnos.

Deberán realizarse auscultación de vía mediante equipos que comprueben la calidad de geometría. La ejecución de estos procesos representa tiempo y costo innecesarios (López Pita, 2008).

Limita explotación de mercancías, incrementa costo y riesgo de interrupción. En vía en placa el mantenimiento es reducido (ISHT, 2005).

El Anexo N°18 explica procesos de conservación preventivo predictivo.

2.6.2 Mantenimiento vía en placa

La vía en placa representa menores rendimientos de producción durante su construcción pero requiere mantenimiento mínimo, amortiza costos en menor tiempo, incrementa la rentabilidad.

Los procedimientos de mantenimiento son complicados, representan dificultad y experiencia pero son escasos. A través del mantenimiento predictivo se establece la curva P – F.

La vía en placa reduce presiones transmitidas a la plataforma, se reducen posibles fallas en esta zona crítica. (Domínguez Barbero, 2001). Combinar estabilizaciones (suelo o grava cemento) y el suelo en Lima (4kg/cm²) representa a seguridad, esfuerzos bajo la placa son de 0.5 – 1kg/cm².

Sustituir el balasto por concreto armado precisa poco mantenimiento, representa condiciones geométricas invariables, rodadura uniforme, rigidez constante, mayor velocidad de circulación (Dueñas Naranjo, 2012).

Cuando se prediga falla potencial en la plataforma dependerá la tipología de vía en placa para determinar cuando se realizará la corrección. La auscultación de vía debe ser constante para elaborar la curva P – F.

Experiencias de éxito en Japón, Alemania, España evidencia reducción de costes de mantenimiento de la vía en placa respecto del balasto. La Tabla 2.8 indica los valor porcentuales en estos casos.

Tabla 2.8 Costo de mantenimiento de vía en placa respecto de balasto

País	Tasas de costos
Japón	10 - 20%
Alemania	15%
España	15%

Fuente: elaboración propia con datos ADIF

Actividades preventivas o correctivas se realizarán con medidas de seguridad individual o colectiva, capacitaciones técnicas y de riesgo.

Capítulo III

Evaluación y Responsabilidad Ambiental

El presente capítulo explica las condiciones ambientales e impactos en relación al proyecto. El proyecto se alimenta de energía eléctrica en su operación, para garantizar eficiencia será fundamental asegurar el abastecimiento de energía.

El Ministerio de Energía y Minas en conjunto con el Ministerio del Ambiente (partes interesadas) serán responsables de brindar energía para el sistema.

El reto a nivel energético es reducir considerablemente el uso de energía de origen fósil que son las más usadas actualmente (EREC, 2011). Se desarrolla conceptos ambientales como energía, impactos ambientales, medidas de mitigación y efectos positivos de la implementación del proyecto.

3.1 Fuente y consumo de energía

Es pertinente definir el estado del arte de producción y uso de energía en el Perú. Las fuentes de energía en la actualidad son en su mayoría de origen fósil en tres estados: sólido (carbón), líquido (petróleo) y gaseoso (gas natural) (Fundación Friedrich Ebert, 2012).

Las políticas nacionales dirigen proyectos para la explotación de fuentes fósiles (energía no renovable).

El transporte usa prácticamente, en su totalidad, energía de origen fósil. Éstas son no renovables, la fuente ha ido formándose durante millones de años, resultado de procesos dentro de la corteza terrestre, cambios físicos y químicos complejos, representa equilibrio natural de energía en el planeta (Fundación Friedrich Ebert, 2012).

Esta situación no es exclusiva del Perú, se da en la mayoría de países; sin embargo, por la contaminación que representa desde hace algunas décadas se ha establecido medidas internacionales para reducir y eliminar su uso.

A pesar de estar en este contexto temporal, en el Perú se siguen desarrollando proyectos para uso de energías de origen fósil. Algunos ejemplos se presentan en la Figura 3.1, son proyectos de gran inversión no obstante son insostenibles y representan contaminación.



Figura 3.1 Proyectos extractivos de fuentes fósiles de energía

Fuente: elaboración propia

Nuevas tecnologías de buses usan gas natural como fuente de energía, no obstante todavía representa contaminación y alteración del equilibrio energético del planeta. Este es uno de los motivos de deficiencia del sector energía en el Perú (Fundación Friedrich Ebert, 2012).

Otra energía de alta demanda es la eléctrica, en el territorio nacional se genera de centrales hidroeléctricas y térmicas. La primera es una alternativa que representa sostenibilidad, interviene la capacidad de la central; la segunda involucra procesos que producen contaminación y deben ser descartados.

El proyecto requiere de energía eléctrica. La planificación del proyecto deberá considerar ejecución de hidroeléctricas involucrando los sectores de energía y ambiente (partes interesadas).

La energía hidroeléctrica es sostenible y renovable con impactos ambientales negativos mínimos.

3.2 Alternativas de energía renovable

La energía requerida debe tener ciertas características. El principal objetivo del proyecto es mejorar la calidad de vida de los ciudadanos a partir de un manejo responsable y sostenible de los recursos naturales.

Ante el uso masivo de energía de origen fósil debe implementarse, en paralelo, proyectos de generación de energía eléctrica de fuentes renovables. El proyecto genera un entorno ambientalmente sostenible.

En el Perú las acciones enfocadas a energía de origen renovable son escasas, prácticamente inexistentes. En el año 2007 la generación de energía eléctrica con fuentes renovables no convencionales (eólica) apenas fue del 1% (Fundación Friedrich Ebert, 2012). Se continúa construcción de proyectos extractivos de fuentes de origen fósil.

La participación ciudadana debe dinamizar el proceso de cambio de fuentes de energía, la gran mayoría desconoce lo que son energías renovables y de conocerlas no saben cuáles son las de mayor viabilidad en el Perú.

3.2.1 Energía hidroeléctrica

Es la energía renovable por excelencia, se consolida como la mejor opción para reducir y eliminar el uso del petróleo (limitado y costoso).

Cada año se libera 9811Gg de C* por el consumo de energía de origen fósil donde más del 60% se concentra en la ciudad capital. En Lima se liberan 672 TonC*/hora. Existe urgencia en cambiar la fuente energética (Fundación Friedrich Ebert, 2012).

La energía hidroeléctrica es económica, su potencial corresponde a 8 veces la potencia instalada actual. Se genera de centrales hidroeléctricas, es eficiente y en la práctica inagotable (Fundación Friedrich Ebert, 2012).

Carece de sentido poseer este potencial y que se continúe importando 2500 millones de dólares (1% PBI) anuales en petróleo y Diesel (EREC, 2011). Evidencia contradicción, negligencia, ineficiencia, falta de competitividad, pérdidas económicas y deterioro ambiental.

En cooperación con Alemania, se ha realizado investigación sobre el potencial hidroeléctrico en el Perú. Se considera que es 400 mil GWh anuales equivalente a 5 veces la demanda. Las centrales serán ubicadas estratégicamente para reducir distancias de transmisión y distribución.

La inversión en infraestructura para energía hidroeléctrica debe ser prioridad para el MEM. Centrales termoeléctricas con uso de petróleo y gas natural deben ser descartadas. Perjudica a empresas lucrativas pero a perjuicio de pérdidas económicas para Estado y deterioro ambiental.

El proyecto ferroviario representa oportunidad para inversión en energía de origen renovable y deja de lado el uso de fuentes fósiles brindando sostenibilidad para el medio ambiente, se consolida esta postura.

3.2.2 Eficiencia energética. Energías undimotriz, eólica y solar fotovoltaica

La eficiencia energética es concepto clave en sostenibilidad del proyecto a nivel ambiental. Significa menor consumo de energía (hacer más con menos), se consigue a través de tecnología y reducción de pérdidas energéticas (disipación como calor) durante transmisión y distribución.

En el Perú solo el 30 a 40% de la energía utilizada es medianamente bien utilizada, para el 2020 se ha trazado la meta de un ahorro energético del 15% anual (Horn Mutschler, 2006).

La Dirección General de Eficiencia Energética indica que el sector transporte es, significativamente, el más ineficiente.

Los principales motivos son uso de motores antiguos, congestión, procesos de arranque y frenado.

Los fundamentos que respaldan la eficiencia energética del proyecto se presentan en la Tabla 3.1, en el Anexo N°19 se explica con detalle.

Tabla 3.1 Principales fundamentos de eficiencia energética

Vía férrea	Contacto rueda carril, más movimiento con menos consumo de energía
Vía en placa	Menos mantenimiento, tránsito fluido sin esperas, paradas más distanciadas
Fuente eléctrica renovable	Reemplazo de fuentes fósiles, conversión directa en subestaciones a la LAC
Material móvil	Freno regenerativo: se usa la energía de frenado para el siguiente arranque
	Modularidad: armado de número de coches en función de la demanda
Reducción del vehículo particular	Ausencia de pérdidas por frenado/ arranque. Energía para el movimiento de pasajeros
Mitigación de congestión	Aplicar restricciones, recuperar espacios, construcción de ciclovías

Fuente: elaboración propia

Se ha desarrollado estudios de otras energías renovables. En base a mayor compromiso e investigaciones serán implementadas para generación eléctrica.

Las energías de mayor potencial se presentan en la Tabla 3.2, el Anexo N°20 lo desarrolla a detalle.

Tabla 3.2 Energías de fuente renovable con potencial en el Perú

Undimotriz	Movimiento mecánico de olas, posee predicibilidad. Para ciudades costeras
Eólica	Se requiere más de 5m/s. Poco viable en Lima. En regiones Lambayeque, Ica, Piura es viable
Solar fotovoltaica	Según radiación, continuidad. Mayor en la serranía, poco viable en Lima.

Fuente: elaboración propia

Es viable la implementación de energías renovables especialmente hidroeléctrica, mitigan pérdidas económicas y representa eficiencia energética (Fundación Friedrich Ebert, 2012).

Otras energías renovables deberán estudiarse por regiones según mejor aprovechamiento. Deberá implementarse proyectos hidroeléctricos, el futuro energético es de origen renovable y limpio.

3.2.3 Renovables o combustibles fósiles

El uso de energías renovables responde a una estrategia de mitigación que posibilita la diversificación de la matriz energética con metas precisas a diferentes plazos (Fundación Friedrich Ebert, 2012).

Instrumentos de gestión ambiental como políticas de promoción de proyectos de energía renovable desarrollan una economía de bajo carbono. La energía de origen fósil carece de sostenibilidad, contribuyen a la contaminación generando desequilibrio de energía.

La responsabilidad ambiental es de tres niveles de gobierno: central, regional y local. El proyecto abarca los tres niveles.

Las energías de origen fósil no deben continuar en uso desde el punto de vista de competitividad energética, dependencia, pérdidas económicas y contaminación.

Proyectos de explotación de fuentes fósiles deberán reducirse, las de origen renovable serán en el futuro las que impulsen los sectores económicos (Horn Mutschler, 2006).

3.3 Disminución de emisiones de C*

El carbono equivalente (C*) es el conjunto de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos por diferentes fuentes.

Según el último inventario nacional (2009) el 47% de las emisiones son por causa del cambio del uso de suelo, conversación de bosques y deforestación, no solo los procesos generan emisiones de C* sino también disminuye el efecto de poder convertir los GEI a oxígeno a través de la vegetación.

En segundo lugar la categoría de consumo de energía representa el 21% de emisiones, dentro de esta categoría el sector transporte es el que más aporta. En el año 2000 se registró 10mil Gg de CO₂ correspondientes el 94% al transporte con vehículos que funcionan a partir de energías de origen fósil.

El proyecto brinda solución de mitigación y escenario de compensación de estos problemas que generan contaminación del aire y lo hacen peligroso. Disminuye emisiones de C* y genera mecanismos de limpieza de partículas dañinas.

La Tabla 3.3 explica los mecanismos de compensación y mitigación de impactos ambientales negativos, el Anexo N°21 los detalla.

Tabla 3.3 Mecanismos de compensación y mitigación

Energía eléctrica de origen renovable	Reducción de la huella de carbono tanto en producción como consumo de energía
Eficiencia energética	Mayor capacidad de transporte con menor consumo energético
Recuperación de espacios públicos	Vías exclusivas de transporte masivo, implementación de ciclovías, áreas verdes
Barrera acústica y revegetación	Uso de pantallas acústicas para mitigación de ruido, las plantas transforman CO ₂ a O ₂
Reducción de vehículos particulares	Reducción de emisiones de GEI (motores), pérdidas energéticas

Fuente: elaboración propia

Las emisiones de GEI se ven notablemente reducidas. Los impactos ambientales del sistema actual tienen sus efectos en calidad del aire, ruido, visual y consumo ineficiente de energía. El proyecto mitiga los potenciales efectos nocivos de este problema y compensa el medio ambiente.

3.4 Medidas de mitigación de impacto ambiental

Los impactos negativos son dos: sonidos no agradables en el tránsito de trenes y cambio del paisaje durante el trazo. Se han desarrollado soluciones dentro de las características técnicas o medidas independientes de la construcción y operación de la vía.

3.4.1 Impacto sonoro

Se da durante la construcción del proyecto y operación. La vía en placa es un poco más ruidosa que la vía en balasto, éste absorbe vibraciones y ondas sonoras. El sonido del tránsito de trenes es mucho menor que el de la actualidad (motores sin mantenimiento, bocinas, rodadura).

Se requiere implementar medidas para mitigación del sonido que se produce. El paso de un tren a velocidad máxima de servicios de cercanías (120km/h) alcanza un valor de 70 dB el cual está por encima del máximo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Horn Mutschler, 2006).

Los trenes Civia en velocidad de servicio alcanzan 60dB, a su llegada a la estación se reduce hasta 45dB: las conversaciones son desarrolladas sin esfuerzo por los pasajeros en espera.

Las alarmas de apertura y cierre de puertas tienen un valor de 62dB. En las estaciones será obligatorio usar barreras acústicas por la locomotora de mercancías (cantidad de vagones que transporta y altas velocidades sin parada, bocinas (75db) como medida de seguridad) (Renfe, 2015).

Se usa pantallas (barreras) acústicas para mitigación, serán necesarias en zonas residenciales, oficinas u otro tipo de edificaciones, precisando incluso zona de silencio donde quedará prohibido el uso de bocinas. Las pantallas complementan la integración del paisaje a través de vegetación.

Las barreras acústicas se clasifican según propiedades acústicas y tipo de material empleado. Las propiedades son de absorción (inapreciable) y aislamiento. Según la tipología de los sistemas reductores se utilizarán:

- ❖ Metálicos (tipo sándwich): será integrada según se requiera con vegetación, es de tipo reflectante y absorbente.
- ❖ Transparentes de vidrio: más efectiva pues es íntegramente reflectante. Atenuación acústica entre 30 a 31.5dB.

Existen otros tipos de pantalla que brindan reducción de ruido, no obstante generan consumo de recursos como madera u concreto poroso (Melis Maynar, Quereda Laviña, & González Fernández, 2014).

Las dos tipologías señaladas son las que deberán utilizarse por su mejor comportamiento acústico, no aportan carga significativa que altere el diseño estructural, son longevas y de fácil mantenimiento.

Son estéticos, se puede usar combinaciones de ambas.

3.4.2 Impacto visual. Integración paisajística

La infraestructura modificará el paisaje por lo que se tendrá en cuenta en el diseño de vía, estaciones. Se empleará vegetación con pantallas metálicas (cobertura total) y de vidrio (cobertura parcial). La Figura 3.2 presenta una barrera acústica revegetada.



Figura 3.2 Pantalla acústica metálica revegetada

Fuente: BID

3.5 Impactos positivos

El proyecto tiene como objetivo transformar el sistema de transporte en la ciudad de Lima Metropolitana brindando menores tiempos de viaje, seguridad y calidad de servicio, integración modal con otros medios sostenibles de corto a mediano recorrido (vías complementarias).

Será necesario realizar una transición de energía de origen fósil a eléctrica renovable.

Las características técnicas de vía, material móvil representa eficiencia energética: modularidad de trenes, poca resistencia al desplazamiento, freno regenerativo, eliminación de congestión.

La vía en placa no contempla la explotación de canteras de balasto.

La Tabla 3.4 presenta los impactos positivos del proyecto.

Tabla 3.4 Impactos positivos del proyecto según factores ambientales

Factor ambiental	Descripción
Precipitación	Eliminación de lluvia ácida
Calidad del aire	Reducción drástica de concentración de C*
Energía	Reducción de demanda de energía de origen fósil, eficiencia energética
Erosión del suelo	Control de erosión con estabilizaciones
Calidad del suelo	Sin derrame de contaminantes
Flora	Revegetación con plantas de bajo consumo de agua
Seguridad	Sistemas de control electrónicos
Comodidad	Capacidad de material móvil
Accesibilidad	Integración de personas de movilidad reducida
Recuperación de espacios	Actividades al aire libre, uso de bicicleta como medio de transporte alternativo
Rentabilidad	Eliminación de pérdidas anuales del sistema actual, pago único mensual del sistema
Polcentrismo y diversificación	Promoción de actividades económicas descentralizadas, ciudad compacta

Fuente: elaboración propia

3.6 Evaluación de impactos, influencia y balance integral

Se cuantificará el impacto del proyecto en el ambiente. Se identificará, valorará los impactos.

La valoración será a través del método de Conesa.

Los factores ambientales del entorno susceptibles a recibir impactos se presentan en la Tabla 3.5.

La Tabla 3.6 calcula la importancia de los impactos según cinco autores y según la naturaleza del proyecto.

Tabla 3.5 Identificación de factores ambientales del proyecto

Sistema	Subsistema	Componente ambiental
Medio físico	Medio inerte	Clima, aire, suelo, agua, energía
	Medio biótico	Flora
	Medio perceptual	Paisaje
Medio socio económico	Medio socio cultural	Seguridad y comodidad
		Recuperación de espacios
		Accesibilidad
	Medio económico	Rentabilidad
		Policentrismo
		Diversificación económica

Fuente: elaboración propia

Tabla 3.6 Identificación de impactos a evaluar

Impacto	V. Conesa	G. Espinoza	J. Arboleda	F. Iribarren	D. Orea	Σ	IA
Calidad del aire	1	1	1	1	1	5	1.00
Erosión del suelo	1	1	0	1	0	3	0.60
Calidad del suelo	1	1	0	0	1	3	0.60
Uso de Energía	1	1	1	1	0	4	0.80
Precipitación (clima)	0	1	0	1	0	2	0.40
Agua superficial	1	0	1	1	0	3	0.60
Agua subterránea	0	1	1	0	1	3	0.60
Vegetación (flora)	1	1	1	1	1	5	1.00
Ruido	1	1	0	1	1	4	0.80
Paisaje	1	1	1	1	1	5	1.00
Accesibilidad	1	1	1	1	0	4	0.80
Recuperación áreas	1	0	1	0	1	3	0.60
Policentrismo	1	1	1	1	0	4	0.80
Σ	11	11	9	10	7	48	

Fuente: elaboración propia

Se identifica los impactos significativos que se pueden presentar según el índice el cual debe ser mayor o igual a 0.80 por lo menos para que el impacto sea considerado para la evaluación.

Por la naturaleza de un proyecto ferroviario quedan como impactos a evaluar: calidad del aire, uso de energía, vegetación (flora), ruido, paisaje, accesibilidad y poli centrismo.

El Anexo N°22 presenta el desarrollo de los procedimientos para la evaluación de impactos y las matrices de importancia según cada fase del ciclo de vida del proyecto.

La Tabla 3.7 presenta la valoración de impactos ponderada con Unidades de Importancia de Parámetro (UIP) según (Conesa) con los resultados de los valores de cada fase del ciclo de vida.

Tabla 3.7 Matriz de valoración de impactos

Valoración de impactos							
Actividades del proyecto		Inicio/ planificación	Ejecución	Control/ Cierre	Operación/ Mantenimiento	Σ	Σ ponderada
Impactos	UIP						
Calidad del aire	60	-17	-15	-15	86	39	2340
Uso de Energía	60	-21	-18	-15	74	20	1200
Vegetación	60	-13	-16	-13	35	-7	-420
Ruido	20	-22	-28	-13	34	-29	-580
Paisaje	20	-13	-32	-16	26	-35	-700
Accesibilidad	30	-15	-13	37	73	82	2460
Policentrismo	30	-13	-13	44	64	82	2460
Σ	280	-114	-135	9	392	152	
Σ ponderada		-16.43	-17.57	-2.61	60.75		

Fuente: elaboración propia

La Figura 3.3 presenta los gráficos resultantes de la valoración tanto de aspectos como de factores ambientales.

Posteriormente se cuantifica y determina la influencia de las diferentes variables del proyecto sobre el costo global de implementar el proyecto, es decir el impacto final general de la implementación del proyecto.

Se utiliza el método matemático de regresión lineal.

El Anexo N°23 explica los datos considerados, el procedimiento y la aplicación del programa SPSS versión 22 para el cálculo de del modelo de regresión lineal múltiple.

El escenario que se presenta al implementar el proyecto es de mitigación y compensación de los efectos del sistema actual.

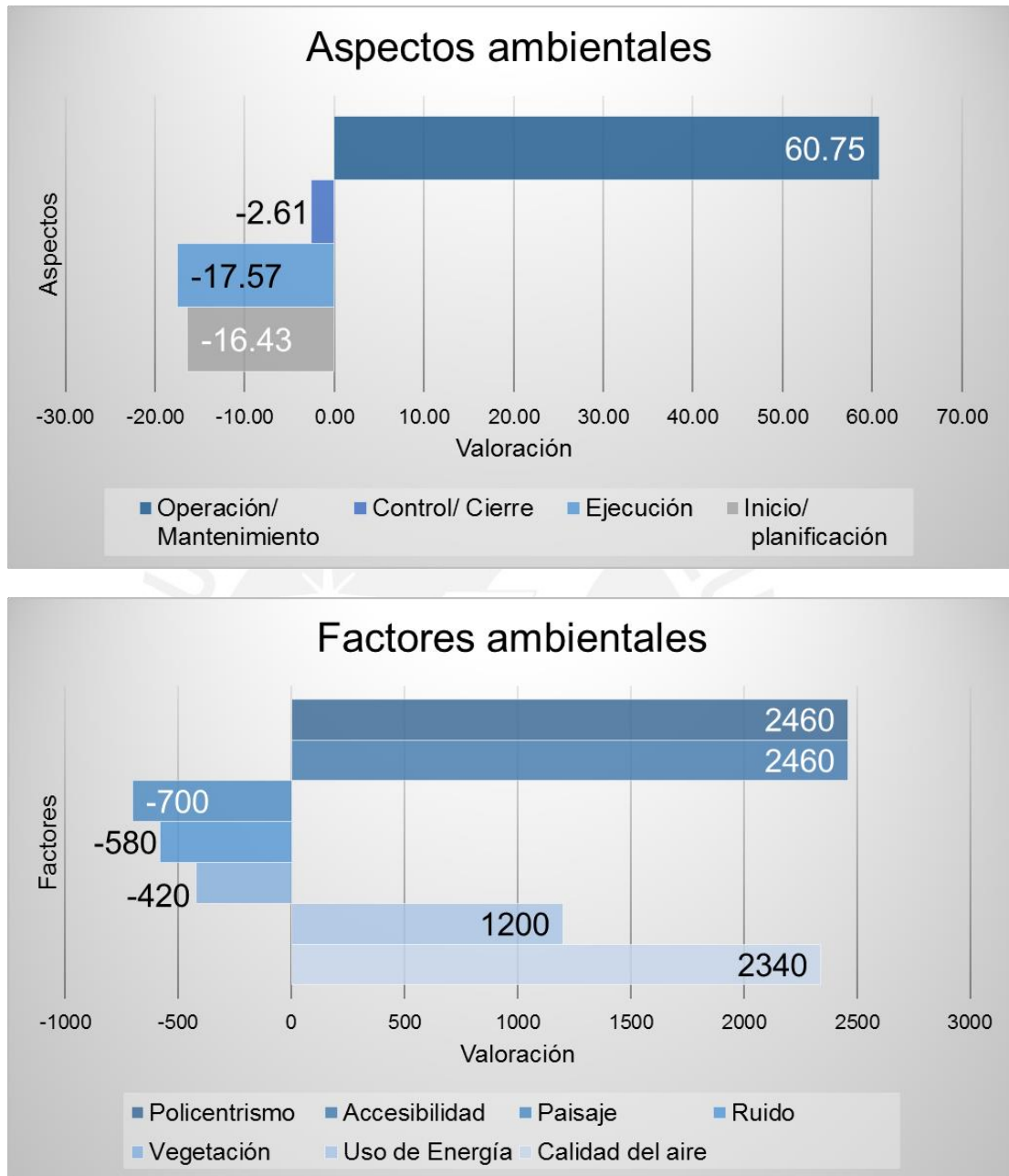


Figura 3.3 Aspectos y factores ambientales evaluados

Fuente: elaboración propia

Influencia de variables

De acuerdo al Anexo N°23 se obtuvieron los valores de los coeficientes Beta para la ecuación de la recta de regresión.

La variable dependiente en los escenarios sin y con proyecto es el costo, según indica la ecuación de regresión respectiva.

$$\text{Costo (pérdidas)} = -48.159 + 2.801t + 312.870E$$

$$\text{Costo (inversión)} = -33.997 + 3.489t + 44.482E$$

Son significativas las variables de consumo energético y tiempo empleado.

La variable independiente consumo de energía se correlaciona directamente con la emisión de carbono equivalente.

El variable tiempo empleado es menos significativa pero también importante y se correlaciona con la distancia recorrida.

Se puede afirmar que el consumo energético así como la emisión de carbono equivalente es el aspecto más influyente del proyecto.

Balance general

El documento Construyendo Participativamente la Contribución Nacional del Minam, en el sector transporte, se indica la ejecución de la Red Básica del Metro de Lima como proyecto de mitigación sectorial.

La proyección de mitigación al implementar el sistema integrado de transporte (líneas de Metro), que ha propuesto el Estado, al 2030 es de 0.340 MTon C* cada año respecto del sistema actual (Minam, 2015).

En Lima se emiten 672 Ton de C* cada hora producto del transporte de pasajeros, el proyecto generará 9.66 Ton de C*/h, el objetivo es que máximo el **30%** de buses sigan funcionando para realizar los viajes complementarios; se reducirán 460.7 Ton de carbono equivalente cada hora (se emiten 30% de 672 + 9.66, la diferencia es la reducción de emisiones de C*).

En un año serán mitigadas 4.12 MTon de C* en contraste con 0.34MT de C* (más de 1200%) que propone el documento del Minam. Asimismo, el Minam indica que sería en 2030, el proyecto de ser aprobado en el corto plazo estaría listo en el 2025. El Anexo N°24 presenta los cálculos sustentatorios.

La Tabla 3.8 resume los cálculos presentados en el anexo e indica que se requiere una energía diaria de 671.7 MWh.

El sistema opera por 19 horas cada día por lo que con una potencia instalada en una central hidroeléctrica de 35.35 MW puede dar operación al sistema.

Es viable usar energía de origen renovable (hidroeléctrica) para el transporte en la ciudad de Lima reduciendo el uso de fuentes fósiles.

Tabla 3.8 Potencia hidroeléctrica requerida para operar el proyecto

Energía anual requerida (GWh)	245.16
Energía diaria requerida (MWh)	671.67
Potencia de central (MW)	35.35

Fuente: elaboración propia

En la ciudad de Lima se realizan 8.5 millones de viajes al día (SIBRT, 2015) producto de múltiples opciones que existen de transporte (superposición de rutas, diferentes líneas, diferentes combinaciones). El proyecto propone monopolio de líneas de Cercanías y viajes complementarios a través de rutas únicas de diferentes medios de intercambio modal.

La Tabla 3.9 presenta la programación de frecuencia y modularidad de trenes según demanda y horario al día. Es una programación holgada aproximada para una línea y en un sentido en base a la capacidad de la composición del tren Civia presentada en la siguiente tabla. Es evidente que la programación final será más detallada y según el requerimiento de pasajeros de cada línea.

Tabla 3.9 Programación aproximada de frecuencia de trenes

Tránsito de trenes diario para todas las líneas (un sentido)				
Horarios	Intervalo (min)	N° de trenes	Composición Civia	Energía (kWh/km)
5:00 - 6:00	30	3	V doble	10.8
6:00 - 8:30	10	15	V triple	16.2
8:30 - 11:30	20	9	V doble	10.8
11:30 - 14:00	10	15	V doble	10.8
14:00 - 16:30	30	5	V doble	10.8
16:30 - 19:30	10	18	V triple	16.2
19:30 - 21:30	15	8	V doble	10.8
21:30 - 24:00	30	5	V simple	5.4

Fuente: elaboración propia

Se busca impulsar la formación de centros laborales, de estudio y ocio en diferentes puntos de la ciudad (policentrismo) para reducir la necesidad de transporte de más personas.

La composición del tren Civia será según demanda y serán simples o acoplados doble o triple de modularidad V como se indicó en el capítulo II, cada uno con capacidad de 977, 1994 y 2991 personas respectivamente. Se podrá ingresar con bicicletas.

Cada línea llevará en promedio 370 mil personas al día, el proyecto podrá llevar hasta 2.2 millones de personas a diario, de esta manera también se limita el número de viajes promoviendo policentrismo.

La Tabla 3.10 presenta el balance general en los próximos 100 años de los escenarios sin y con proyecto en base a la situación actual. Es evidente que el proyecto representa significativos beneficios en uso eficiente de energía, emisión de carbono equivalente, reducción del ruido.

Tabla 3.10 Balance general aproximado en los siguientes 100 años

Balance general de ciclo de vida (próximos 100 años)		
	Sin proyecto	Con proyecto
Relación de tiempo empleado respecto de actual	2 a 1	0.25 a 1
Emissiones de C* (MTon)	588.67	8.46
Consumo de energía (TWh)	4474.1	24.5
Sonido promedio (dB)	85	55
Costo (US\$ millones)	1400000 (pérdidas)	10998 (inversión del ciclo de vida)

Fuente: elaboración propia

La inversión del ciclo de vida del proyecto es despreciable comparada a las pérdidas que significa y representará continuar con el sistema actual con implementación lenta y costosa de la red básica del metro, es trascendente implementar el proyecto presentado.

Capítulo IV

Viabilidad Económica

Habiéndose explicado el sustento ambiental del proyecto y explicado los beneficios se procede, en este capítulo, a explicar las consideraciones económicas del proyecto: inversión que representa, comparación con otros proyectos orientados a mejorar el transporte urbano, entre otros.

Se plantea el sistema de pago que implica el inicio de un sistema integrado de transporte sostenible con interconexión modal, se describe los beneficios para las partes involucradas en materia económica.

4.1 Presupuesto

Para que un proyecto de desarrollo dé inicio, el Estado, quien financiará total o parcialmente el proyecto, evalúa el costo y cuántas personas serán beneficiadas, es decir su alcance.

Cuantificar la inversión que representa el proyecto es un dato fundamental para demostrar viabilidad, interés de ser ejecutado y cofinanciado mediante una alianza público privada, instrumento muy utilizado para los proyectos de desarrollo en América Latina y el Caribe (BID, 2015) También es información de entrada para la gestión de costos del proyecto.

Es común dar prioridad al presupuesto correspondiente al diseño, planificación y construcción; es correcto, sin embargo, no se da la misma o mayor importancia al coste de etapas posteriores: operación y mantenimiento.

En todo ciclo de un proyecto de desarrollo y especialmente en los ferroviarios estas etapas representan prácticamente el íntegro de su vida útil. Implementar el proyecto puede tardar de 3 a 5 años pero la operación y mantenimiento será de no menos de 100 años, es decir alrededor del 5% del tiempo de vida es al que se le da mayor atención en cuanto a costo.

El Estado asume el costo de implementar el proyecto pero serán los ciudadanos quienes solventen el costo de operación y mantenimiento. Éstos son la parte interesada de mayor influencia y sobre los cuales se materializarán los beneficios del proyecto (PMI, 2014).

Se analiza y cuantifica un presupuesto aproximado del ciclo de vida.

4.1.1 Materiales, mano de obra y maquinaria

Usualmente estos tres aspectos resumen la inversión de implementar un proyecto, se desarrollan en partidas de precios unitarios según los paquetes de trabajo de la Estructura de Desglose de Trabajo, también pueden desarrollarse a partir de una estimación del costo de actividades.

Para la realización del presupuesto en base al enfoque PMI de la gestión de proyectos en su apartado de gestión de costos se da inicio con la estimación del costo de actividades teniendo como entradas la lista de actividades que se desglosan de los paquetes de trabajo de la EDT.

Después se utiliza alguna de técnica de estimación siendo la de mayor éxito los tres valores en su variante PERT $((\text{Costo más pesimista} + \text{costo más optimista} + 4 * \text{costo más probable})/6)$.

Cuando se realiza la gestión de costos en la planificación se incluirán los costos de diseño y gestión, serán sumados a los de construcción.

El EDT debe estar dividido en las cinco etapas del proyecto: inicio, planificación, ejecución, control y cierre donde se incluirán los costos del diseño y del equipo de gestión.

El proyecto representa gran inversión, se realizará los pasos antes indicados. Formular el presupuesto de manera ascendente: con los costos de cada actividad ir sumándolos en paquetes de trabajo.

Para la tesis se utilizará la técnica paramétrica para una estimación aproximada del costo en base a datos de experiencias similares.

Se han implementado proyectos similares de transporte ferroviario en diferentes ciudades del mundo, en ALC son escasos.

Se analizará las condiciones de Lima para encontrar ciudades con configuración similar como analogía y hacer la estimación paramétrica.

Lima es una ciudad costera que asciende rápidamente en su topografía en el este, posee clima húmedo aunque se encuentra en un desierto, posee grava arenosa en la mayor parte de su área superficial, la napa freática es alta en zonas cercanas al litoral lo que representa costos adicionales por impermeabilización con el uso de geo sintéticos.

Bajo esta configuración ciudades similares serían Buenos Aires, Barcelona y Sydney, la Tabla 4.1 muestra el valor promedio del km implementado de red de Cercanías.

En su mayoría ha sido la vía en balasto la construida en estas ciudades pero proyección de cambio a vía en placa (ADIF, 2012).

Tabla 4.1 Comparación costo de implementación de vía en balasto

Costo por km de vía en balasto implementada		
Ciudad	Continente	Costo (millones de US\$)
Buenos Aires	América Latina	18.3
Barcelona	Europa	16.8
Sydney	Oceanía	17.1

Fuente: elaboración propia con datos ADIF y Renfe

El precio por kilómetro depende de diversos parámetros:

- ❖ Relieve de las zonas a atravesar.
- ❖ Túneles y viaductos a construir, e infraestructuras a reponer.
- ❖ Tipo de línea (mixta/viajeros) para mercancías incluida.
- ❖ Inserción en el paisaje y cumplimiento de las leyes locales en materia de medio ambiente (sonido y paisaje).

Se estima el precio medio de kilómetro en €17,5 millones (US\$ 21 millones) (España entre €8 – 20 millones, Francia €7 – 23 millones) (ADIF, 2012).

El costo de vía en placa es todavía estudiado y según estimaciones y experiencia en Alemania este valor asciende a 20 millones €/km.

Incluye costo de infraestructura necesaria como viaductos, túneles, pasos a desnivel, estabilizaciones de plataforma y superestructura (carril, placa de hormigón, sujeciones, alimentación eléctrica, señalización).

Por una ciudad como Lima, considerando eventuales retrasos (gestión de riesgos), mayor material móvil que en otras ciudades (calificación de mega ciudad) y construcción de viviendas sociales producto de expropiación el valor de vía en placa se incrementa a 25 millones de €/ km representa 30 millones US\$/km (factor de seguridad excesivo).

Si se compara con proyectos de metro como el de la línea 2 del Metro de Lima que representa un inversión de 6,620 millones de dólares en solo 35km se tiene un costo por km de 189 millones de dólares.

El problema principal pensado de la vía en placa es el precio de partida, ante la dicotomía ¿se construye sistemas de calidad, veloces y duraderos, aunque representen una gran inversión al principio?, o ¿se construye sistemas módico, que se limite en velocidad y tenga que repararse cada año sin dar importancia a quien será usuario del sistema?

El costo por km de vía en placa implementada es el 15.8% del costo por km de la línea 2 del Metro de Lima.

Con la inversión de la línea 2 se pudo haber construido 220 km del proyecto.

La Tabla 4.2 indica el presupuesto aproximado del proyecto.

Tabla 4.2 Estimación paramétrica del costo del proyecto

Red ferroviaria de Cercanías Lima Metropolitana		
km de red	Costo (millones US\$/km)	Costo total (millones US\$)
312.00	30.00	9360.00

Fuente: elaboración propia

La solución escogida es (casi) siempre la misma: construir lo más asequible ahora que en el futuro termina siendo oneroso (Melis Maynar, Quereda Laviña & González Fernández, 2014).

4.1.2 Explotación y mantenimiento

Es costumbre no considerar el costo que representa la operación y mantenimiento.

Una gestión eficiente del proyecto correspondiente a las partes interesadas es también hacer participar a quien vaya a realizar la operación y mantenimiento durante la vida útil del proyecto (PMI, 2014).

Para que esta gestión se vea simplificada en materia de riesgos, mayor rentabilidad y reducción de costos de los 100 años del proyecto es imperativa la necesidad de utilizar la vía en placa Rheda 2000.

Según datos de la empresa ADIF el costo por mantenimiento y operación de vía en balasto anual es de 350 mil US\$/km, asimismo los costos en vía en placa son de alrededor del 15% es decir US\$ 52.5 mil/km.

4.2 Pérdidas económicas actuales del transporte de pasajeros y mercancías

Lima viene enfrentando problemas producto del transporte ineficiente. Algunas de las fuentes principales de pérdidas económicas son:

- ❖ Tráfico: pérdida de tiempo, crítica en horas punta. Pérdida de tiempo a personas que podría ser usado en otras actividades, repercute directamente en la productividad de cada persona o empresa.
- ❖ Uso de combustible: producto del tráfico y de la gran cantidad de vehículos que forman parte del parque automotor. El consumo de combustible fósil representa contaminación ambiental y consumo innecesario: se compra petróleo, gas natural.
- ❖ Daño en pavimentos: producto de circulación excesiva de vehículos pesados de carga por vías pequeñas o que no han sido diseñadas para este objetivo conlleva importantes daños a estas arterias. Se representa fracturas, grietas, corrosión de armaduras, entre otros.

El transporte urbano actual representa pérdidas anuales de US\$ 20 mil millones. Correspondiente a ciudades donde se concentra 50% de la población del Perú.

En proporción para Lima (33% de la población del Perú) las pérdidas anuales ascenderían a casi 14 mil millones de dólares lo que representa cerca del 7% del PBI del Perú. El estudio fue realizado por la Asociación Latinoamericana de Sistemas Integrados de Transporte (SIBRT).

¿Quién asume estas pérdidas? Son las partes interesadas del proyecto. Estas son cargadas a gobiernos (incluido el gobierno central), empresas y familias usuarios del sistema. ¿En qué están diversificadas las pérdidas? Se concentran en salud pública, operación y mantenimiento y economía familiar.

La pérdida cuantificada por la SIBRT es alarmante pero puede ser vista como un motivo más para implementar un sistema integrado con base en la red del proyecto, es indiscutiblemente necesario.

Los efectos en salud se manifiestan en pérdida de vidas y elevados costos de atención médica por la contaminación ambiental, discapacidad temporal y permanente ocasionada por accidentes de tránsito, asumidas por las familias y los servicios de salud pública (SIBRT, 2015).

Retrasan competitividad del Perú y mejora la calidad de vida de ciudadanos.

El modelo en Lima podrá ser replicado y adaptado por demás ciudades en el Perú en rápida urbanización, brindará una perspectiva de éxito.

4.3 Inversión inicial y costos de mantenimiento

En esta sección se hace una comparación entre implementar vía en balasto en perspectiva de vía en placa, los proyectos ferroviarios en latino américa son realizados en vía en balasto por su menor coste (CE Delft, 2008).

En Europa, no obstante, existe una revolución de la ingeniería ferroviaria, se ha iniciado el cambio del balasto por placas de concreto armado.

Países como Alemania, Holanda y Suiza han sido proactivos en este sentido construyendo sus líneas de alta velocidad y cercanías con vía en placa.

España y Francia han iniciado el cambio del balasto por la vía en placa de líneas existentes así como la construcción de líneas de alta velocidad, cercanías y metro bajo estas características (Melis Maynar, 2010).

¿Por qué implementar la vía en placa en lugar del balasto? Se ha descrito razones técnicas rigurosas durante la planificación, diseño y construcción con provecho en cuanto a explotación, así como beneficios ambientales.

¿Cuáles serían las razones económicas por las que es mejor usar esta vía?

Los costos de renovación son importantes. Del balasto es aproximadamente cada 15 años, el de la placa de concreto es de 70 años (gran parte de la vida útil del proyecto). Beneficios ambientales, explotación mixta para tránsito de mercancías consigue máximo provecho (Melis Maynar, 2010).

¿En cuánto tiempo se llega a amortizar la inversión inicial que representa la vía en placa respecto de la vía en balasto? La Tabla 4.3 muestra el cálculo de años de amortización. La vida útil del ferrocarril es de 100 años.

El costo de mantenimiento y operación de la vía en balasto es de US\$ 350 mil aproximadamente por km y año, en una vía en placa con tráfico mixto el costo de estos procesos es alrededor del 15% de la vía en balasto. Calculando en los 312 km de la red se obtuvo 34 años.

Tabla 4.3 Cálculo de amortización (en años) del uso de la vía en placa

Categoría	Unidad métrica	Vía en balasto	Vía en placa
Inversión inicial	millones de US\$	6240.00	9360.00
Costo de mantenimiento anual	millones de US\$/km	0.35	0.0525
	millones de US\$/ red completa	109.20	16.38
Costo del proyecto ciclo de vida	millones de US\$/km	55.00	35.25
	millones de US\$/ red completa	17160.00	10998.00
Amotización	Años	33.61	

Fuente: elaboración propia

Como resultado de aplicar vía en placa en lugar de vía en balasto se ve sustentado que en **34 años** (comparado a los 100 años de vida útil del proyecto) puede ser **amortizada la inversión inicial**.

La rentabilidad para las partes interesadas constituye el principal sustento económico.

Es característica del proyecto ser integrador y mixto del tránsito de mercancías. La vía en placa es favorable al tráfico mixto, se cuenta con disponibilidad total permitiendo reducir años de amortización, de lo contrario sería del orden de 60 años (Dueñas Naranjo, 2012).

4.4 Rentabilidad

Los beneficios económicos de un proyecto de desarrollo se materializan desde que se decide implementarlo. Éstos se deben concretar eficientemente para las partes interesadas de influencia positiva e influencia negativa aparente.

¿Quiénes son estas partes involucradas que deben ver realizadas sus expectativas económicas? Son el Estado, el ciudadano y la empresa.

4.4.1 Para el Estado: variación neta del PBI

Las pérdidas correspondientes a ciudades que reúnen al 50% de la población representan casi el 10% del PBI, Lima concentra pérdidas del 7% del PBI.

Se analizaron las causas de estas cifras. La inversión a través alianza público privada (APP) debe representar soluciones integrales y sostenibles. Las consecuencias están diversificadas.

En Lima enfrentar el problema únicamente con corredores de buses o líneas de metro significará el colapso del sistema aun con estos proyectos.

Para el éxito de un proyecto de transporte urbano se une las periferias de la ciudad. La economía se dinamiza y generan nuevos centros de desarrollo económico. La ciudad será compacta y poli céntrica (BID, 2009).

El recorrido del proyecto representa 312km de vía construida pero 338km de recorrido. La inversión del proyecto asciende a 9360 millones de dólares aproximadamente (4.25% del PBI), este monto es 41% mayor del costo de la línea 2 del Metro de Lima.

No se le da importancia debida a este tipo de proyectos sea por decisiones políticas como por ignorancia (BID, 2015).

El proyecto enfrenta los problemas del sistema actual, representa reducción de pérdidas y soporte de interconexión modal: ciclovías apropiadas que interconecten las estaciones de la red con los centros de trabajo/ estudio/ocio y vivienda.

El apoyo de legislación es importante. Con las pérdidas ahorradas anualmente (7% del PBI) se diversifica la inversión en educación y seguridad: creación de gran cantidad de puestos de trabajo.

Invertir en el proyecto representa dar fin con pérdidas económicas del sistema actual y diversificar la actividad económica, formalización de empleos y mayor productividad laboral. Se verá reflejado en el crecimiento de la economía año a año.

4.4.2 Para el pasajero: inversión y ahorro

Las líneas deben finalizar su construcción al mismo tiempo.

Se debe organizar a transportistas actuales para que un grupo pase a formar parte de la operación y mantenimiento de la red y otro grupo seguirá brindando el servicio de transporte a través de buses (nuevos, más no accesibles) que se tiene actualmente pero para trayectos de interconexión con estaciones de la red.

Los buses alimentan el sistema, se podrá garantizar un sistema de transporte integrado sostenible, tiempo después se podrá adquirir buses universalmente accesibles y construirá metros ligeros y metro.

¿Por qué es importante que estén listos los demás medios de intercambio como buses, bicicletas? Porque representará integración eficiente y permitirá establecer un **único cobro mensual** por el uso del sistema (red ferroviaria cercanías, buses, ciclovías en primera etapa) según radios con centro en el centro histórico de la ciudad.

El pago único intermodal es ilimitado durante un mes y según radios. Este esquema es compartido por muchas ciudades en el mundo: promueve el uso del transporte público del público (Renfe, 2015)

Se generará ahorro, no será necesario uso de vehículos particulares (en su mayoría de grupos de mayor poder adquisitivo), se reduce la demanda de combustible fósil, permitirá el uso de bicicleta al contar con la infraestructura necesaria. Las personas podrán realizar la cantidad de viajes que deseen.

Un estudio económico será responsable de establecer tarifas. Con seguridad se anticipa que será del orden igual o menor del costo actual por experiencia internacional. Para lograr mayor número de usuarios se promoverá descuentos especiales según consideraciones familiares o personales (Renfe, 2015).

4.4.3 Para la empresa: productividad y logística

La empresa operadora obtendrá beneficios económicos principalmente porque al ser una vía de uso mixta permitirá el transporte de mercancías durante la noche y en horas de baja demanda.

Existen experiencias donde los sistemas de transporte pierden rentabilidad por poco uso o la falta de clientes/ usuarios. El público objetivo es el 100% de la población de la ciudad, existe baja probabilidad de ser insuficiente. Con campañas para limitar el uso del auto particular y promoción del sistema se garantiza uso masivo de la población. La legislación también será un instrumento de apoyo.

Empresas privadas y públicas en general se verán beneficiadas por mayor productividad de sus trabajadores. Salud, descanso y recreación incide directamente en la productividad de la empresa obteniendo mayores ganancias económicas, mejorando indicadores (BID, 2011).

Existe sostenibilidad del proyecto en el aspecto económico, en el último capítulo se sustenta las consideraciones sociales.

Capítulo V

Impacto Social. Accesibilidad

Los objetivos finales de cada proyecto de desarrollo son los beneficios a la sociedad (BID, 2009). A diferencia de la parte ambiental y económica, el requisito que sustenta con prioridad el proyecto es mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

A más ciudadanos beneficiados se dará prioridad a un proyecto (BID, 2009), para el caso de la red ferroviaria de Cercanías el público objetivo será el 100% de la población de Lima, con especial énfasis personas vulnerables o de movilidad reducida. Para éstos el proyecto representa inclusión a un sistema de transporte que en la actualidad los discrimina.

5.1 Seguridad y comodidad de pasajeros

Como resultado de implementar la red ferroviaria de cercanías se da por finalizado un sistema de transporte ineficiente y peligroso.

Se ha incrementado situaciones de alto riesgo en los últimos años producto del sistema actual (Pro Inversión, 2012). Diversas situaciones de alto riesgo están presentes a diario.

En horas de mayor demanda los pasajeros reciben faltas de respeto de actuales empresas de transporte: hacinamiento, falta de ventilación e incertidumbre son algunos de los principales problemas como lo muestra la Figura 5.1

La comodidad disminuye, como se indicó, por la sensación de inseguridad. Vehículos sin mantenimiento y antiguos genera malestar, incertidumbre en el tiempo que demanda viajar impide realizar otras actividades.

El malestar generado influye en el estado de ánimo, disminuye la productividad laboral, académica.

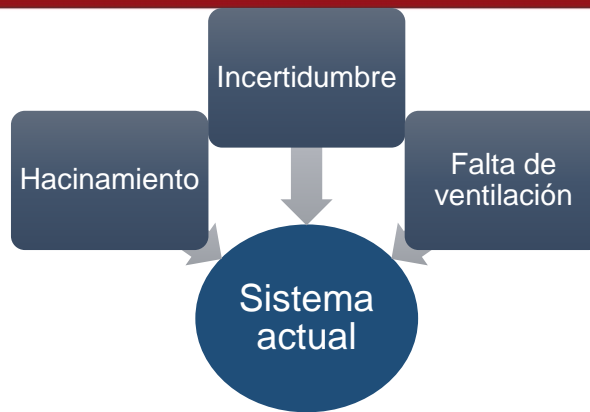


Figura 5.1 Características de comodidad del sistema actual

Fuente: elaboración propia

El proyecto presenta beneficios hacia personas vulnerables como niños, ancianos y personas con discapacidad los cuales son los más afectados por el sistema actual.

Este sector de la población se ve discriminado de para usar el transporte público de la ciudad (BID, 2009). El proyecto representa beneficios de integridad física y psicológica así como satisfacción por el servicio.

5.1.1 Seguridad

¿Dónde radica la seguridad de las vías férreas? El diseño ferroviario implica factor de seguridad para el tránsito de trenes.

Se fundamenta técnicamente en el movimiento de lazo que se da a través de las llantas cónicas, es por esto que a pesar de no existir timón, el tren no descarrilará (Álvarez Mantaras & Luque Rodríguez, 2003).

Las pestañas brindan mayor seguridad: estabilizan el movimiento del tren sobre todo en curvas. Transitar en vía exclusiva en la cual no transitan otro tipo de vehículos es otro argumento. Diseño de vía y sistema de protección.

La mayor cantidad de accidentes son por imprudencia, por temeridad y afecta a vehículos circundantes y peatones en el área de influencia. La gran cantidad de vehículos incrementa la probabilidad de accidentes, camiones de carga peligrosa conlleva consecuencias peores.

Con la tecnología actual de los trenes y vía se garantiza la integridad de los pasajeros y mercancías. El sistema ASFA Digital ofrece una interconexión por cantones de la vía que advierte siempre la presencia de algún objeto que esté cerrando el circuito en el trayecto, las balizas en la vía ofrecen esta comunicación.

La estación de control verifica en tiempo real la situación y mantiene comunicación permanente con el tren. Para problemas técnicos o situaciones de emergencia se activa la marcha de emergencia de desaceleración. En el caso de sismo, el sistema japonés detecta las ondas primarias P, de menor frecuencia, e inician la parada de emergencia: en algunos segundos se detiene en su totalidad.

El impacto en seguridad del proyecto es para todos los usuarios del servicio e indirectamente para los demás vehículos circundantes.

5.1.2 Comodidad

La seguridad del usuario es fundamental durante el transporte. De igual importancia es la comodidad debido al impacto en el estado de ánimo y desempeño.

La comodidad se mide con mayor exactitud en personas vulnerables y de movilidad reducida.

Así también permitir el ingreso de mascotas es un indicador de inclusión e integración con el medio ambiente.

Actualmente, los asientos en buses se encuentran en deficientes condiciones. La saturación del bus genera la pérdida de comodidad.

Para las personas de movilidad reducida: discapacidad visual, silla de ruedas, muletas no es posible usar los medios de transporte actual.

No existe acceso ni espacio destinado para personas con alguna de estas condiciones, tampoco existen anuncios que indique destino, ruta.

Los medios de transporte actuales no tienen capacidad física de llevar gran número de personas.

Los aforos se muestran en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1 Comparación capacidad de medio de transporte actual

Ómnibus	Couster	Camioneta rural
100	60	25

Fuente: elaboración propia

Los medio actuales no representan competencia en relación al material móvil propuesto: Civia (composición V transporta 1000 personas). La modularidad permite ante mayor demanda duplicar su capacidad en base a un acoplamiento con otro tren Civia.

En un solo viaje, se lleva 10 o 20 veces más que un ómnibus, diferencia que influye en comodidad y satisfacción.

Asimismo otras actividades pueden ser realizadas por los usuarios, haciendo uso productivo del viaje.

Esta realidad puede ser posible de implementar el proyecto.

5.2 Accesibilidad universal, intercambio modal e integración de la ciudadanía

Se explica los conceptos que potenciarán el uso del proyecto, las grandes distancias serán superadas con el tren de cercanías pero las distancias para llegar a las estaciones y otros destinos intermedios son una obstáculo a superar.

Accesibilidad universal

Las personas de movilidad reducida necesitan de infraestructura pertinente. Los accesos deben ser inclusivos con la implementación de ascensores, señalización e ingresos al tren.

El concepto de diseño es facilidad de acceso y autonomía de personas en silla de ruedas, por ejemplo el estribo a nivel del andén, el coche de piso bajo donde se encuentran los servicios higiénicos posee espacios exclusivos para silla de ruedas

La señalización visual y sonora es importante para el orden y orientación. Se puede contar con apoyo de orientadores en las estaciones. Durante el viaje, la información es importante (considerar diferentes idiomas).

La información visual de estaciones y destino se da en pantallas internas. Las instalaciones deben garantizar accesibilidad de personas vulnerables. Para resolver distancias cortas/medias (5 – 10km) se podrá utilizar bicicleta, el tren Civia admite bicicletas y existen estacionamientos internos.

Intercambio modal

Intercambio de modos de transporte. Según diversos estudios, la bicicleta compete y es más eficiente para distancias entre 5 a 10km con cualquier medio de transporte. Promover el uso de la bicicleta para ir a trabajar, estudiar u otra actividad es posible con infraestructuras auxiliares: estacionamientos de bicicletas.

El sistema de protección es aplicable con la disposición de un espacio amplio en los sótanos; otra alternativa es que las edificaciones determinen un ambiente cerrado para bicicletas, en este espacio puede entregarse una credencial de pertenencia que acredite dueño o usuario. El control consolida seguridad del patrimonio.

Pertinente es indicar que el aforo de bicicletas en el tren varía por horas, por ejemplo en hora punta lo hace poco inviable, mas no representa un problema.

La promoción en el uso de la bicicleta debe ser apoyada por la autoridad pertinente, empresas y edificaciones como lo muestra la Figura 5.2:

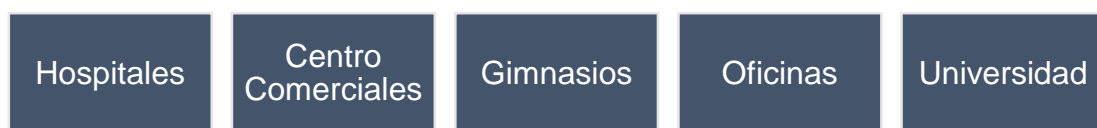


Figura 5.2 Edificaciones que apoyan la infraestructura de bicicleta

Fuente: elaboración propia

Como alternativa de apoyo, las estaciones de la red de cercanías deben poseer esta infraestructura y también ofrecer servicio de préstamo de bicicletas públicas.

No todas las personas pueden hacer uso de bicicleta con la misma facilidad, por ejemplo niños, madres gestantes, ancianos con problemas físicos y personas de movilidad reducida, para ellos deberá existir el intercambio modal con otros medio de transporte motorizados.

Implementar el tranvía aprovecha los espacios eficientemente, las vías se encuentran embebidas en el pavimento por lo que los autos pueden cruzarlas sin problema en calles u avenidas (Melis Maynar, 2010)

El tranvía requiere menor energía y es más eficiente que buses, es un ferrocarril metropolitano de diferentes características que el tren de cercanías con los mismos beneficios en seguridad, comodidad y con la ventaja de poder efectuar paradas más cortas y para trayectos de menor recorrido.

Los buses inclusivos son apoyo y complemento al sistema, son de piso bajo para la inclusión de personas en silla de ruedas, los tranvías tienen la misma facultad (Renfe, 2015)

Aquellas personas que no puedan hacer uso de bicicleta lo podrán hacer a través de estos dos medios para los viajes complementarios.

Las vías de cercanías transportan mercancías en grandes distancias, las vías del tranvía eventualmente podrían distribuir ciertos productos.

Se desarrolla material móvil para llevar mercancías a través de vías de tranvía con perfil de garganta para logística de supermercados por ejemplo, éstas pueden prolongarse dentro del almacén para su descarga.

A manera de resumen, distancias intermedias son resueltas por, en primer lugar, bicicletas para personas con buena salud con infraestructura pertinente (red de ciclovías, estacionamientos). Para personas que no puedan usar bicicleta el uso del tranvía o metro ligero y buses de piso bajo complementa el servicio.

Este sistema es de plazo menor que líneas de metro, las cuales demandan más tiempo e inversión.

La implementación de vías de Metro queda en segundo plano bajo este sistema. No es prioridad inmediata, no resuelve grandes distancias ni demanda.

Finalmente es necesaria señalización e infraestructura pertinente en estaciones y uso de una tarjeta magnética de pago mensual (como se indicó anteriormente), el cual asegure intercambio modal por viajes ilimitados según zonas circundantes al centro.

Integración de la ciudadanía

El proyecto tiene por objetivo integrar a los ciudadanos. La visión del proyecto es integrar los sectores socioeconómicos de la población para promover respeto y responsabilidad. Asimismo se reducirá el uso del auto particular a través de diferentes restricciones que se implementarán entre las que destaca eliminación de carriles por presencia de ciclovías.

Como escenario se podrá observar personas de importantes cargos que viajan junto con personas humildes. El sistema tiene por objetivo eliminar las distinciones e integrar la ciudad para acortar la brecha social.

5.3 Ahorro de tiempo

El ahorro de tiempo es el primer efecto social percibido, es el principal objetivo de gestiones municipales y estatales. Su mayor efecto se evidencia en hora de mayor concentración de tráfico y en transporte a través de larga distancia. El flujo de trenes en la mañana va desde la periferia hacia la zona central y por las tardes se revierte (BID, 2009).

La pérdida de tiempo se produce debido a la poca capacidad y constantes paradas del sistema actual, no obstante la principal razón es la presencia de autos particulares. Es debido a esta situación que, erróneamente, autoridades construyen más vías, más carriles.

El tráfico se adapta a las vías existentes por lo que no interesa cuantos proyectos se realicen si es que éstos son orientados a vehículos y no a movilidad de personas (BID, 2011).

El escenario objetivo es un sistema ordenado y planificado para el transporte urbano, incentivar su uso generando confianza en usuarios. Iniciar acciones que restrinja tránsito de autos particulares: mayores impuestos, cobros de estacionamiento y permisos especiales para su uso.

El ahorro de tiempo mejora la productividad de las personas usuarias del sistema, se obtiene horas hombre laborales que genera mayor ingreso para empresas privadas y Estado.

Mejores rendimientos en las actividades son indicadores de calidad del sistema sobre el que se puede dar evaluación.

El objetivo final del proyecto es que los ciudadanos usuarios puedan emplear el tiempo ahorrado en actividades deportivas, culturales, de ocio.

La Tabla 5.2 muestra el cálculo de reducción de tiempos de viaje para cada línea.

Tabla 5.2 Cálculo de reducción de tiempos de viaje

Línea	km	Actual (min)	Servicio (min)	Ahorro (min)	% reducción
□ Línea A	107	180	100	80	44.4
□ Línea B	69	140	65	75	53.6
□ Línea C	58	120	60	60	50.0
□ Línea D	28	120	30	90	75.0
□ Línea E	38	90	40	50	55.6
□ Línea F	38	120	45	75	62.5

Fuente: elaboración propia

5.4 Desempleo y empleo: balance y alternativas.

Expropiaciones de propiedades

Dentro de las partes interesadas, las de influencia negativa son trabajadores del sistema de transporte actual que dependen de su trabajo actual para la solvencia económica familiar.

El proyecto elimina el sistema actual pero integra a estos trabajadores. Se explicará la forma de dar solución a este problema social.

5.4.1 Desempleo que implica el proyecto. Expropiaciones y solución previa a la ejecución del proyecto.

El desempleo se genera para los trabajadores del sistema actual. Las personas de empresas de buses, micro buses, camionetas rurales representan la mayor cantidad de afectados.

Se calcula que sería aproximadamente 4 mil personas (BID, 2011). Sin embargo, serán parte de las diferentes etapas del proyecto: desde el final de la planificación, durante la ejecución y, principalmente, durante la operación y mantenimiento. Serán capacitados para brindar un buen servicio y conocer las consideraciones de un proyecto ferroviario.

El proyecto representará expropiaciones de propiedades a lo largo del trazo de ruta. Deberá construirse viviendas sociales, en el final de la planificación deberá considerarse el número de familias que serán expropiadas y brindarles vivienda anterior a los trabajos del proyecto. Existe experiencia en este aspecto.

5.4.2 Generación de empleo: corto, mediano y largo plazo

Para el problema planteado se propone medidas de generación de oportunidades laborales según:

Corto plazo: actividades limitadas e inversión en capacitación. Durante la fase de inicio y planificación se establecerá herramientas de capacitación para las personas del sistema actual.

El transporte no puede ser interrumpido y tendrá que seguir operando durante los procesos de inicio, planificación, ejecución. Para los procesos de control y cierre que dan inicio a la operación y explotación desaparece el sistema actual en paralelo a la implementación del intercambio modal (metros ligeros (tranvías), buses accesibles) que atenderán los recorridos cortos/ medianos complementarios (vías complementarias).

Se organizará capacitaciones para una parte de trabajadores, el primer ciclo estará a cargo de los especialistas en ingeniería del transporte, ferroviaria (construcción, operación y mantenimiento), atención a los ciudadanos serán los temas, principalmente.

Empresas destinarán parte de su personal para prestar servicios durante el día y otro grupo durante la noche. Se comunicará de esta medida a los ciudadanos usuarios. La capacitación también será para el sector de construcción civil del personal obrero que participe de la ejecución.

Mediano plazo: se rotará el personal de empresas de transporte para su participación en la ejecución del proyecto, se destinará una semana del mes para realizar labores de apoyo durante la construcción. Se explicará las medidas que se adoptarán cuando el proyecto esté concluido. Se continuarán las capacitaciones principalmente en cuanto a operación y mantenimiento.

Largo Plazo: el mayor cambio se dará cuando el proyecto se encuentre concluido. El personal de empresas pasará a ser parte de las actividades de operación mantenimiento, capacitación continua. Otra parte seguirá prestando servicio con recorridos cortos/medianos y con buses accesibles. Se requerirá dar inicio al proyecto del metro ligero en apoyo a buses dando continuidad a accesibilidad universal.

El empleo mejorará en el sector transporte urbano, el personal tendrá mejores oportunidades laborales futuras.

Existirá resistencia por dejar el trabajo en el cual llevan años, la dimensión del proyecto implica revolución en el sistema y cambios necesarios. Es vital la participación de partes interesadas desde el inicio (técnica fundamental para la gestión de los interesados descritos en el PMBOK) (PMI, 2012).

La totalidad de ciudadanos se ve beneficiados, también trabajadores del sistema actual.

5.5 Promoción del deporte y cultura

El proyecto impulsa la implementación de intercambio modal y se recupera espacios públicos que en la actualidad desaparecen por dar prioridad a vehículos motorizados particulares. Con la recuperación del espacio público se puede realizar diferentes actividades de carácter deportivo y cultural con seguridad y libertad (BID, 2009),

En el ámbito deportivo el uso de bicicleta como medio para realizar viajes complementarios se consolida como parte del intercambio modal.

La capacidad de transporte en bicicleta implica implementación de red de ciclovías a través de la ciudad, bien planificadas y con suficiente espacio.

Se incentiva a realizar deporte como transporte con proyección a ser especializado. El ciclismo en España, por ejemplo, incrementó su número de profesionales desde la recuperación de espacios públicos (BID, 2011).

Otros deportes se ven beneficiados con recuperación de espacios, seguridad, espacios verdes representan calidad de oxígeno sin contaminación sonora. Alguno de los deportes considerados es carrera a pie, patinaje, los cuales son favorecidos directamente. Iniciativas culturales se verán favorecidas también. Se presenta una recuperación progresiva de la ciudad.

5.5.1 Incentivar uso de la bicicleta con habilitación de infraestructura pertinente.

El uso de la bicicleta es origen de beneficios deportivos y de salud. Al recuperar espacios se brinda facilidades para su uso correcto. Mayor número de áreas verdes que integren la ciudad con el medio natural crean un ambiente apto para la práctica de disciplinas al aire libre.

Planificar con éxito ciclovías implica vías espaciosas en ambos sentidos, segregadas de pistas. Estacionamientos apropiados en edificaciones son también necesarios y garantizan el uso masivo de bicicletas.

El diseñar una ciclovía es tan importante como una vías para autos incluyendo intersecciones, capacidad de fluidez de tránsito, seguridad apropiada a partir de segregación física no solo señalizada (pequeños muros de concreto, barandas, espacios verdes intermedios).

La legislación técnica es importante. Se puede hacer efectivas disposiciones sin que representen onerosa inversión.

Normativa en este aspecto que solicite dentro de edificaciones un área destinada a estacionamiento de bicicletas es la principal herramienta que se tiene para poder hacer efectiva esta disposición. (BID, 2011)

El RNE indica el número mínimo de estacionamientos o dimensiones requeridas para el tránsito de vehículos, de la misma manera deberá ser para la infraestructura de la bicicleta.

5.5.2 Apoyo a actividades culturales. Eventos.

De igual manera el ámbito cultural se beneficia con la implementación del proyecto. Con la recuperación de espacios se puede gestionar dentro de plazas y parques actividades de promoción cultural: danza, música y teatro.

Dentro de las instalaciones del proyecto se puede realizar actividades artísticas. Como parte de una gestión integral de explotación se promueve el uso de red brindando oportunidades a artistas en iniciación.

En la actualidad la operación de la línea 1 del Metro de Lima viene gestionando con éxito eventos programados dentro de las estaciones.

Planificar usos más recreacionales de viajes es también una buena práctica. Por ejemplo, el caso aplicado en España: el *Tren de Cervantes* viaja desde Atocha hasta Alcalá de Henares representando los pasajes más famosos de la obra "*El Quijote*"; este tren pertenece a la operación de Cercanías de Madrid.

En Francia un viaje similar se da en la RER de París, el *Tren hacia Versalles* describe los atractivos turísticos de la localidad, el viaje desde la Torre Eiffel y está a cargo de la operación de la red sub urbana Cercanías Réseau Express Régional (RER).

Ejemplos como éstos pueden incorporarse como incentivo cultural durante la operación del proyecto de Cercanías para la ciudad de Lima.

Conclusiones y Recomendaciones

En esta última sección se explican los resultados más importantes que están orientados a sustentar el logro de los objetivos propuestos.

Se afirma la necesidad de implementar el proyecto de cercanías en la ciudad de Lima Metropolitana. Asimismo, se brinda consideraciones y recomendaciones para el éxito del proyecto.

Conclusiones:

- ❖ El transporte en la ciudad de Lima es insostenible y peligroso. Los proyectos propuestos son inapropiados. Construcción de intercambios viales representa pérdida de tiempo y presupuesto. Ignorancia de las autoridades y falta de voluntad política son los principales obstáculos. El proyecto es replicable y adaptable a otras ciudades.
- ❖ Antes de la Guerra del Pacífico, el Perú fue potencia en Ingeniería Ferroviaria, importantes diseñadores y constructores europeos impulsaron el crecimiento de esta especialidad de la ingeniería de caminos. En el Anexo N°25 se presenta fotografías del cementerio de ferrocarriles en Puerto Eten (región Lambayeque).
- ❖ Es de necesidad prioritaria implementar el proyecto, no solo tenerlo en agenda sino realmente ejecutarlo (Objetivo general). Conlleva beneficios ambientales, sociales y económicos para la ciudadanía. Eliminará problemas directos e indirectos del sistema actual. El transporte urbano es la base para crecimiento, competitividad, diversificación económica de una ciudad.
- ❖ La gestión de proyectos PMI y norma ISO 21500 implican el éxito del ciclo de vida del proyecto. (Objetivo específico 1). La operación brinda aprovechamiento eficiente (cantones móviles) y seguridad.

El mantenimiento debe ser predictivo preventivo para que no existan interrupciones en el servicio, pérdidas económicas ni insatisfacción de los ciudadanos (enfocado al cliente).

Procedimientos constructivos logran mejores rendimientos con uso de materiales prefabricados y gestión BIM integrada con Lean.

- ❖ El proyecto es ambientalmente responsable. La tecnología de Civia y S – 253 representa eficiencia energética, también las características técnicas de vía férrea. El consumo de energía es menor.
Son reducidas las emisiones de C* por uso de energía eléctrica de origen renovable. Es posible usar energía de origen renovable para alimentar el sistema (Potencia 35.35 MW). (Objetivo específico 2).
- ❖ Los tiempos de viaje se reducen entre 45 a 75%. Se reduce la emisión de carbono equivalente a 9.66Ton/h (1.5% del actual) y anualmente se mitigan 4.12MTon de C* en contraste con 0.34MTon que propone la red de Metro. Impactos negativos como emisión de ruido y modificación del paisaje son mitigados mediante pantallas acústicas e integración paisajística (revegetación). (Objetivo específico 3).
- ❖ El intercambio modal representa integración y sostenibilidad (Objetivo específico 4). Para realizar viajes complementarios podrá usarse bicicleta y caminata (no motorizado), ciudadanos que no puedan utilizar estos medios se transportarán mediante buses (primera etapa) y en el futuro mediante metros ligeros o tranvías y metro (segunda y tercera etapa respectivamente). Se implementarán ciclo vías, estacionamientos apropiados y mayor espacio público.
- ❖ El proyecto es económicamente viable y socialmente inclusivo. (Objetivo específico 5) Las pérdidas anuales en Lima ascienden a 14 mil millones de dólares (7% PBI). El costo por km de vía es 30 millones de dólares, el proyecto (312.00 km) asciende a 9360 millones de dólares (4.25% PBI): 41.4% mayor a la línea 2 del Metro de Lima.

La vía en placa representa mayor explotación, rentabilidad, menor coste de mantenimiento que vía en balasto, en 34 años se amortiza la inversión inicial. El proyecto elimina las pérdidas actuales. El tiempo de ejecución es menor para el proyecto que para el Metro.

Se espera que 100% de los ciudadanos de Lima hagan uso del proyecto. Tendrá interconexión modal, accesibilidad, pago único mensual con viajes ilimitados. Promueve uso y acepta ingreso de bicicletas, recuperación de vías para desarrollo de actividades culturales y deportivas. Brinda contexto de integración laboral.

Recomendaciones:

- ❖ Realizar gestión del ciclo de vida del proyecto, usar modelación 3D, integrar especialidades (arquitectura, estructura, MEP), entender y visualizar el modelo. Para proyectos de este tipo, la modelación BIM no se encuentra muy desarrollada, debe aplicarse en edificaciones (estaciones, centros de control, naves). Las edificaciones podrían ser diseñadas para acceder a certificación LEED.
- ❖ Implementar vía en placa Rheda 2000 (patente alemana) por presentar ventajas respecto de otras, para tramos compartidos con autos utilizar variante adaptada para pase de neumáticos.
- ❖ (Objetivo general). Comprender a profundidad los beneficios ambientales, sociales y económicos del proyecto, difundir información para participación activa de la ciudadanía, enfocar los resultados del proyecto a los clientes: ciudadanos de Lima y el Perú.
- ❖ Aplicar gestión de proyectos PMI; BIM & Lean integrada. (Objetivo específico 1). Integrar características restrictivas: alcance, tiempo y costo. Prevenir riesgos (amenazas y oportunidades), comunicar y distribuir capital humano. Generar calidad e involucrar efectivamente partes interesadas (atención con los de influencia negativa). Utilizar la herramienta de valor ganado para el control del proyecto.

- ❖ Promover inversión e investigación para proyectos energéticos de fuentes renovables, limitar implementación de los de origen fósil. (Objetivo específico 2).

- ❖ Coordinar frecuencia de trenes con llegada de medios de interconexión modal, difundir horarios. Implementar programa ciclista en estaciones. Utilizar más pantallas acústicas de vidrio con revegetación de especies que precisen poco riego. (Objetivo específico 3).

- ❖ Implementar ciclovías segregadas de pistas. Las edificaciones deben contar con estacionamientos apropiados, implementar duchas para aseo de personas. Implementar en fases demás medios de transporte sostenible: buses y ciclovías (primera), buses accesibles y metros ligeros (segunda), metro (tercera). (Objetivo específico 4).

- ❖ Aplicar el pago único mensual para viajes ilimitados, dinamizar la economía con mejores servicios de logística a través del transporte de mercancías. Restringir uso de autos particulares mediante impuestos para promover transporte público.
Implementar espacios públicos para recuperar la ciudad. Favorecer diversificación económica, educación, actividades culturales y deportivas y competitividad. (Objetivo específico 5).

Referencias

- ❖ ADIF. (2010). *Cirtra 2009 Tomos I y II*. Madrid: ADIF.
- ❖ ADIF. (2012). *La vía en placa frente a la vía en balasto*. Madrid: ADIF.
- ❖ Álvarez Mantaras, D. & Luque Rodríguez, P. (2003). *Ingeniería e infraestructura del transporte: ferrocarriles*. Valencia: Publicaciones Oviedo.
- ❖ American Psychological Association. (2012). *Publication Manual of the APA*. Boston: APA.
- ❖ Arqués Patón, J. L. (2009). *Ingeniería y gestión del mantenimiento en sector ferroviario*. Barcelona: Austral.
- ❖ Banco Interamericano de Desarrollo. (2009). *Construir ciudades, mejoramiento de barrios y calidad de vida urbana*. Washington, DC: BID.
- ❖ Banco Interamericano de Desarrollo. (2011). *Sostenibilidad urbana en América Latina y el Caribe*. San José de Costa Rica: BID.
- ❖ Banco Interamericano de Desarrollo. (2015). *Gestión de proyecto de desarrollo, metodología PM4R*. Madrid: BID
- ❖ CE Delft. (2008). *External cost of transport in Europe*. Delft: World Bank.
- ❖ Construcción y Auxiliar de Ferrocarriles. (20 de junio de 2014). CAF. Obtenido de: <http://www.caf.es/>
- ❖ CRTM. (24 de marzo de 2015). CRTM. Obtenido de: <http://www.crtm.es/>
- ❖ Dirección de Asuntos Académicos PUCP. (2015). *Guía PUCP para el registro y citado de fuentes*. Lima: Fondo Editorial PUCP.
- ❖ Dirección General de Ferrocarriles. (1978). *Normas de Diseño y Especificaciones Técnicas de Vías Ferroviarias*. Lima: MTC.
- ❖ Domínguez Barbero, J. (2001). *Dinámica de puentes de ferrocarril de alta velocidad, tesis doctoral UPM*. Madrid: ETSI Caminos, Canales y Puertos UPM.
- ❖ Dueñas Dávila, A. F. (2015). *Influencia del capital natural en las trayectorias de crecimiento y desarrollo, tesis doctoral*. Lima: UNFV.

- ❖ Dueñas Naranjo, R. A. (2012). *Elementos de ayuda para la toma de decisiones sobre la utilización de vías sin balasto, tesina de fin de carrera*. Barcelona: UPC.
- ❖ El Comercio. (21 de junio de 2015). *Proyecto de ley busca restringir circulación de vehículos*. Obtenido de: <http://elcomercio.pe/lima/transporte/proyecto-ley-busca-restringir-circulacion-vehiculos-noticia-1820254>
- ❖ European Renewable Energy Council. (2011). *Revolución energética*. Stuttgart: Greenpeace.
- ❖ Fundación Friedrich Ebert. (2012). *Matriz energética en el Perú y energías renovables, IV energía en el Perú, ¿hacia dónde vamos?* Lima: FFE.
- ❖ Horn Mutschler, M. (2006). *El estado actual del uso de la energía solar en el Perú*. Lima: UNI.
- ❖ INEI. (2010). *Perú: estimaciones y proyecciones de población departamental por años calendario y edades 1995 – 2025*. Lima: INEI.
- ❖ Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2005). *Infraestructuras Ferroviarias: mantenimiento preventivo*. Madrid: ISHT
- ❖ Instituto para la Calidad PUCP. (31 de octubre de 2014). *¿Qué es el alcance de un proyecto?* Obtenido de: <http://calidad.pucp.edu.pe/wiki-calidad/que-es-el-alcance-de-un-proyecto#sthash.w4tnJCXI.dpbs>
- ❖ ISO. (2012). *Normas ISO 21500: 2012 y ISO 9001: 2008*. Ginebra: ISO.
- ❖ Jara Risco, M. (2013). *La reforma del transporte en Lima*. Lima: MML.
- ❖ López Pita, A. (2008). *Explotación de líneas de ferrocarril*. Barcelona: Renfe.
- ❖ Luz Ámbar. (13 de setiembre de 2014). *Luz Ámbar*. Obtenido de: <http://www.luzambar.pe/>
- ❖ Melis Maynar, M., Quereda Laviña, J. & González Fernández, F. J. (2014). *Apuntes del curso Ingeniería Ferroviaria, Escuela de Caminos, Canales y Puertos, UPM*. Madrid: ETSICCP.
- ❖ Melis Maynar, M. (2010). *Ingeniería forense en infraestructuras ferroviarias, Escuela de Caminos, Canales y Puertos, UPM*. Madrid: ETSICCP.

- ❖ Ministerio del Ambiente. (2009). *Política Nacional del Ambiente*. Lima: Minam.
- ❖ Ministerio del Ambiente. (2011). *Registro de emisiones y transferencia de contaminantes RECT*. Lima: Minam.
- ❖ Ministerio del Ambiente. (2015). *Construyendo participativamente la contribución nacional: propuesta del Perú (iNDC) para consulta pública*. Lima: Minam.
- ❖ Metro de Madrid. (26 de setiembre de 2014). *Metro de Madrid*. Obtenido de: <http://www.metromadrid.es/es/index.html>
- ❖ Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2005). *Reglamento Nacional de Ferrocarriles*. Lima: MTC.
- ❖ Ochoa Lozano Álvarez, A. G. (2015). *Diapositivas de clase del curso de Gestión de Proyectos de la Construcción*. Lima: Facultad de Ciencias e Ingeniería PUCP.
- ❖ Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2010). *Informe regional sobre desarrollo urbano para América Latina y el Caribe*. Nueva York: PNUD.
- ❖ Pro Inversión. (2012). *Estudio de Preinversión a Nivel de Perfil. Línea 2 del Metro*. Lima: PCM.
- ❖ Project Management Institute. (2014). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía PMBOK) V Edición*. Madrid: PMI.
- ❖ Quiroz González, R. M. (2015). *Diapositivas de clase del curso de Gestión de la Calidad en la Construcción*. Lima: Facultad de Ciencias e Ingeniería PUCP.
- ❖ Renfe. (19 de enero de 2015). *Renfe*. Obtenido de: <http://www.renfe.com/>
- ❖ SIBRT. (20 de julio de 2015). *Caótico Transporte Público Provoca Pérdidas de US\$ 20 millones anuales*. Obtenido de: <http://diario16.pe/noticia/51262-caotico-transporte-publico-provoca-perdidas-us-20-000-millones-anuales>
- ❖ Siemens. (13 de diciembre de 2014). *Siemens*. Obtenido de: <http://www.siemens.com/entry/>