



PROGRAMA DE RECUPERACIÓN DE FERROCARRILES
METROPOLITANOS

ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA ELECTRIFICACIÓN DEL
CORREDOR PLAZA CONSTITUCIÓN – LA PLATA, LÍNEA ROCA

ESTIMACIÓN DE DEMANDA Y
EVALUACIÓN ECONÓMICA

INFORME PRELIMINAR

JULIO 2013





Documento: 13P0303-Evaluación Económica Preliminar-r01v04			
Emisión para:	Elaborada por:	Documento:	Evaluado por:
☐ Revisión		☐ CON observaciones	☐ SIN observaciones
☐ Verificación	JGC	☐ NO conforme	☒ Conforme <i>JPM</i>
☒ Entrega al cliente			

R51 V01

Contenido

ABREVIATURAS.....	6
1. Introducción	7
1.1. Área de implantación del proyecto.....	7
1.2. El sistema de transporte de pasajeros de la RMBA	10
1.3. La movilidad en la RMBA.....	11
1.4. La Línea Roca	13
Breve reseña histórica.....	13
Oferta actual	14
Demanda actual	16
1.5. Situación actual de la Línea Roca Ramal Plaza Constitución - La Plata	17
1.6. Objetivo del proyecto.....	19
2. Demanda	21
2.1. Demanda actual Línea Roca ramal Plaza Constitución La Plata	21
Pasajeros pagos según datos oficiales	21
Estimación de pasajeros totales.....	22
Relación pasajeros pagos y pasajeros totales	24
2.2. Demanda con proyecto Línea Roca ramal Plaza Constitución La Plata	27
Cambio modal APP a Línea Roca Ramal Plaza Constitución – La Plata	27
2.3. Proyección de demanda.....	29
2.4. Estimación de frecuencia	32
3. Inversiones	34
3.1. Componente 1 – Ingeniería y Administración.....	34
3.2. Componente 2 – Construcción y adecuación de las superestructuras ferroviarias.....	34
Electrificación	34
Señalización y Telecomunicaciones	36
Remodelación y readecuación de estaciones	41
Renovación y Mejoramiento de Vías y Aparatos de Vía	42
Renovación de Aparatos de Vía	42
Talleres y Depósitos	43
Cercos	44
3.3. Componente 3 - Construcción y adecuación de la infraestructura ferroviaria.....	44
Construcción y adecuación de viaductos	44
Recuperación de obras de arte	45
Pasos bajo nivel	47
Obras suplementarias para drenaje.....	48
4. Costos de Inversión	49
4.1. Componente 1 – Ingeniería y Administración.....	49
4.2. Componente 2 - Construcción y adecuación de las superestructuras ferroviarias	49

Electrificación	49
Señalización y Telecomunicaciones	49
Remodelación y readecuación de estaciones	50
Renovación y Mejoramiento de Vías y Aparatos de Vía	50
Talleres y Depósitos	51
Cercados	51
Supervisión	51
4.3. Componente 3 - Construcción y adecuación de la infraestructura ferroviaria.....	52
Construcción y adecuación de viaductos	52
Reparación de obras de Arte.....	52
Pasos bajo Nivel La Plata.....	52
Obras suplementarias Drenaje.....	52
Supervisión.....	52
4.4. Componente 4. Viabilización Socio Ambiental.	52
4.5. Costo total del proyecto.....	53
5. Costos de inversión en proyecto similares.....	54
5.1. Costos de proyectos ferroviarios similares	54
Construcción y electrificación línea GuiGuang.....	54
Electrificación ferrocarril Marakand-Karshi	54
Construcción ferrocarril Dali-Lijiang.....	54
Construcción y electrificación ferrocarril Hefei-Xi'an	55
Ejecución de vías y electrificación de la Línea 1 del Metro de Lima	55
5.2. Análisis de costos comparados	55
6. Evaluación Económica.....	56
6.1. Demanda	56
6.2. Inversiones	56
Con Proyecto	57
Sin Proyecto	57
6.3. Beneficios por reducción del tiempo de viaje.....	58
6.4. Beneficios por reducción de costos de operación	59
6.5. Beneficios por reducción de accidentes.....	59
Accidentes viales	59
Accidentes ferroviarios y ferroviarios.....	59
6.6. Beneficios por reducción de emisiones de GEI	60
6.7. Resultados	60
6.8. Análisis de sensibilidad.....	63
a-Inversión en infraestructura +20%.....	63
b- Inversión en infraestructura +20% - Beneficios del Proyecto -20%.....	65
c- Sin Inversiones en Infraestructura ni Inversiones en Material Rodante para la situación sin Proyecto	67
7. Resumen.....	69



ANEXO I	70
RECORRIDOS LINEAS COLECTIVOS.	70
LINEA 10	70
LINEA 17	71
LINEA 22	72
LINEA 98	73
LINEA 129	74
LINEA 159	75
LINEA 195	76

ABREVIATURAS

GdA: Gobierno de Argentina
UGOFE: Unidad de Gestión Operativa de Emergencia
AMBA: Área Metropolitana de Buenos Aires
RMBA: Región Metropolitana de Buenos Aires
CABA: Ciudad Autónoma de Buenos Aires
PBA: Provincia de Buenos Aires
SOL: Servicios de Oferta Libre
UGOMS: Unidad de Gestión Operativa para las líneas Mitre y Sarmiento
CNRT: Comisión Nacional de Regulación del Transporte
INTRUPUBA: Investigación de Transporte Urbano de Buenos Aires
FRHP: Factor de Renovación de la Hora Pico
SUBE: Sistema Único de Boleto Electrónico
PETERS: Plan Estratégico y Técnico para la Expansión de la Red de Subterráneos
VT: VALOR DEL TIEMPO
FFCC: FERROCARRIL
CAF: CORPORACION ANDINA DE FOMENTO
OMU: OBSERVATORIO DE MOVILIDAD URBANA
ENMOD: ENCUESTA DE MOVILIDAD DOMICILIARIA
PTUBA: PROYECTO DE TRANSPORTE URBANO PARA BUENOS AIRES
PTUMA: PROYECTO DE TRANSPORTE URBANO PARA AREAS METROPOLITANAS
MINCyT: MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
CEPAL: COMISION ECONOMICA PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE
PBI: PRODUCTO BRUTO INTERNO
FMI: FONDO MONETARIO INTERNACIONAL
HP: HORA PICO
PAX: PASAJEROS
GVO: Gerencia de Vías y Obras
ATP: PROTECCION AUTOMATICA DE TRENES
LF: LÍNEA DE FUERZA
LS: LÍNEA DE SEÑALES
PVC: POLICLORURO DE VINILO
PAN: PASO A NIVEL
EDESUR: EMPRESA DE ENERGIA DEL SUR. DISTRIBUIDORA DE ENERGÍA ELECTRICA.
IVA: IMPUESTO VALOR AGREGADO
USD: DOLARES
AdV: APARATO DE VÍAS
CFR: Cost and Freight, Coste y flete con puerto de destino convenido
PBN: PASO BAJO NIVEL
M USD: MILLONES DE DOLARES

1. Introducción

El presente estudio de viabilidad económica surge de la necesidad de realizar una importante mejora en el transporte urbano de pasajeros, por lo cual el Gobierno de Argentina (GdA) impulsa políticas destinadas a rehabilitar el sistema ferroviario del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA).

En ese contexto, el Ministerio de Economía y Finanzas Públicas de la Nación ha decidido solicitar financiamiento al Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para llevar a cabo la electrificación del corredor Plaza Constitución-La Plata (52 kilómetros) de la Línea Roca suburbana actualmente operada por la UGOFE (Unidad de Gestión Operativa de Emergencia), hoy integrada por los concesionarios ferroviarios metropolitanos Metrovías y Ferrovías.

Por lo cual el GdA y el BID han acordado presentar ante el Directorio de éste último el Programa de Recuperación de los Ferrocarriles Metropolitanos y, en el marco del mismo, el proyecto antes mencionado. En función de este objetivo se deben realizar los siguientes estudios antes de la presentación de la operación de préstamo ante el Directorio del BID son los siguientes:

- De Ingeniería, que incluye el diagnóstico de las instalaciones existentes en el corredor con el objetivo de determinar cuáles de ellas requieren ser renovadas y/o mejoradas (superestructura e infraestructura de vías del corredor, incluyendo aparatos de vía y obras de arte; estaciones; instalaciones de mantenimiento del material rodante) y las características básicas de ingeniería de las intervenciones a realizarles; y las características básicas de ingeniería de las restantes inversiones a realizar (material rodante y sus instalaciones de mantenimiento; instalaciones de electrificación; señalización). En todos los casos se estimarán los costos correspondientes.
- El Estudio de Viabilidad Económica.
- El Estudio Institucional y Financiero del Sector de Transporte Ferroviario en el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA).
- El Análisis Ambiental Estratégico y la Evaluación Ambiental y Social del corredor ferroviario Plaza Constitución-La Plata de la Línea Roca.

Dentro de este marco en el presente trabajo se desarrolla el Estudio de Viabilidad Económica de la Electrificación del Corredor Plaza Constitución – La Plata, Línea Roca.

1.1. Área de implantación del proyecto

El presente proyecto abarca geográficamente el centro y sur de la Región Metropolitana de Buenos Aires (RMBA), en la República Argentina. Dicha región está conformada por la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), capital de la República, y 40 partidos (distritos) de la Provincia de Buenos Aires (PBA).

Políticamente el territorio está dividido en una serie de gobiernos de distinto nivel. El nivel superior lo constituye el Estado Nacional que tiene la autoridad de regulación y control de las líneas y servicios ferroviarios que trasponen el límite de dos jurisdicciones federales, en este caso la CABA y la

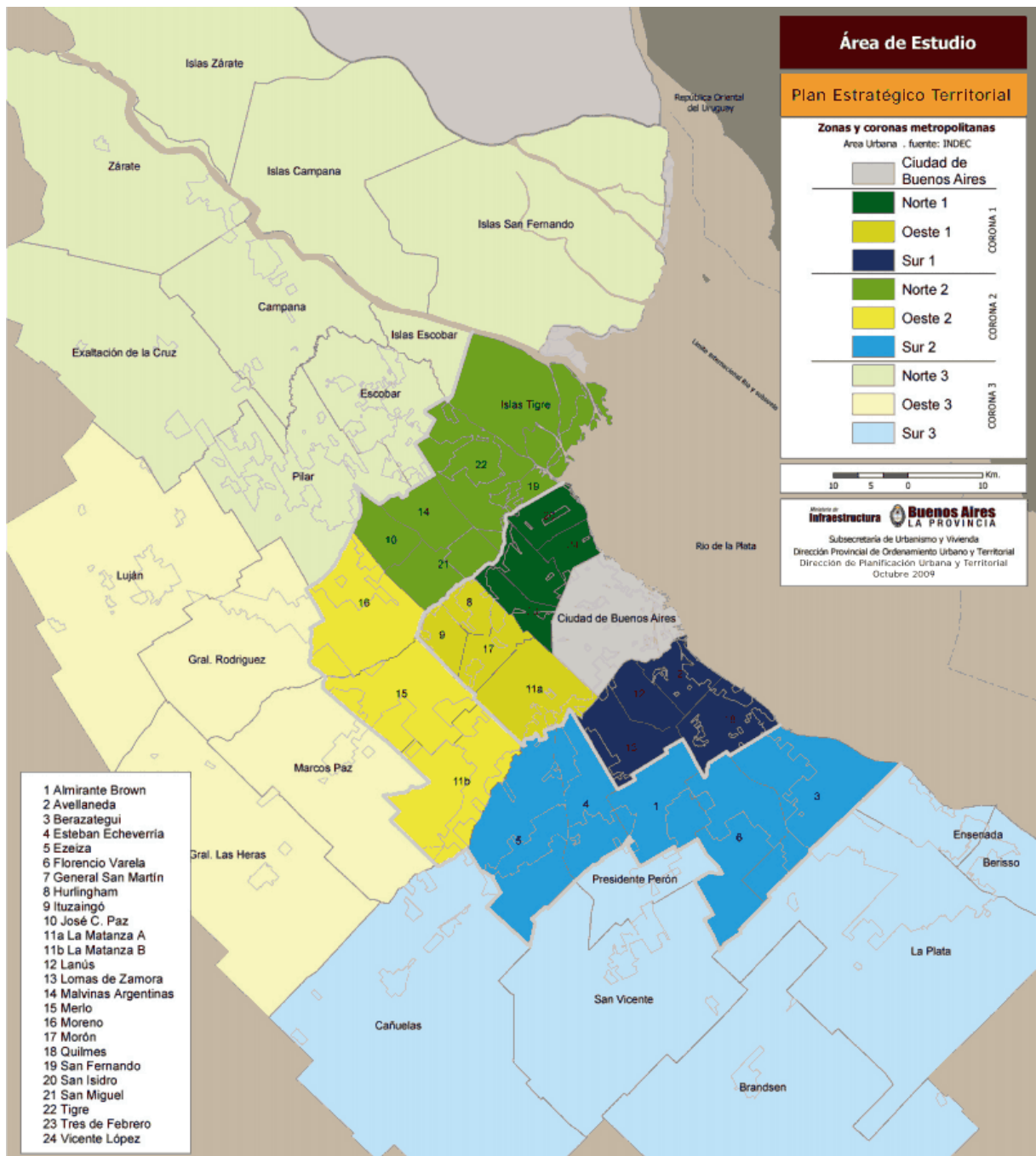
PBA. El segundo nivel lo integran dos unidades federadas, la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y la Provincia de Buenos Aires, cada una con su propia Constitución y sus respectivos poderes legislativos, ejecutivos y judiciales, según establece la Constitución Nacional. Un nivel inferior y dependiente de la PBA, está integrado por los 40 municipios (o partidos), que tienen una autonomía más limitada. Esta compleja división ha tenido y tiene complejas implicancias en el planeamiento del transporte a escala metropolitana.

Según el último Censo Nacional de Población y Vivienda la población total de la RMBA asciende a 14.819.137 habitantes distribuidos en una superficie de 2440 km², lo que la convierte en uno de los conglomerados urbanos más grandes del mundo. El 37% de la población del país y el 52% de la actividad económica del país corresponden a la RMBA, dando una idea de su significancia política y económica dentro de la vida del país.

A los efectos del presente informe también corresponde destacar el conglomerado urbano del Gran La Plata, ubicado en el extremo sudoeste de la RMBA y constituido por la ciudad de La Plata (capital de la Provincia de Buenos Aires) y los partidos de Berisso y Ensenada. Si bien esta mancha urbana no tiene continuidad con la de la ciudad de Buenos Aires, la cercanía y el tamaño de ambas genera un gran intercambio de viajes y para proyectos como el presente deben ser consideradas en conjunto.

La Figura 1 muestra la región geográfica abarcada por la RMBA y la ubicación relativa de la CABA y los partidos que la integran.

Figura 1: Ciudad Autónoma de Buenos Aires y partidos que integran la Región Metropolitana



Fuente: Plan Estratégico territorial, Gobierno de la Provincia de Buenos Aires, 2009

1.2. El sistema de transporte de pasajeros de la RMBA

El sistema de transporte metropolitano y en particular el sistema de transporte terrestre de pasajeros se ha desarrollado de manera gradual y conjunta con el desarrollo de la metrópolis. Su expansión y consolidación ha estado siempre ligado al proceso de estructuración urbano, marcando el desenvolvimiento de las actividades económicas, sociales y culturales.

La infraestructura de transporte terrestre está conformada tanto por redes viales y ferroviarias pero en ambos casos su característica principal es la distribución radial, convergiendo desde las periferias hacia el centro de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Los principales accesos viales a la CABA lo constituyen la autopista Richieri (desde el sudoeste), el Acceso Oeste, el Acceso Norte, y la autopista Buenos Aires - La Plata (desde el sudeste), todas con sistema de cobro de peajes concesionado a empresas privadas. La última de ellas tiene especial importancia en los análisis que se harán a lo largo de este informe, dado que comparte el área de influencia con la línea Plaza Constitución - La Plata bajo estudio.

En tanto, el límite geográfico entre la CABA y la PBA desde el norte hasta el sudoeste coincide con la traza de la Autopista General Paz, de acceso gratuito. Ya dentro de la Ciudad hay 6 autopistas: Dellepiane, 9 de Julio Sur, Presidente Héctor J. Cámpora, 25 de Mayo, Perito Moreno y Arturo Illia. Las tres últimas también tienen cobro de peajes, operado por AUSA, una empresa propiedad del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires.

El sur de la CABA está separado físicamente de la PBA por un curso de agua importante: el Riachuelo, que también hace las veces de límite político. Para facilitar la conectividad vial se han construido, además de la AU Buenos Aires - La Plata, una serie de puentes a medida que el desarrollo urbano lo demandaba. Actualmente los dos más importantes son el puente Pueyrredón nuevo, continuación de la autopista 9 de Julio Sur hacia la PBA, y el puente Avellaneda en las proximidades de la AU Buenos Aires - La Plata. Cercano al primero de estos puentes viales está el cruce de la traza del ferrocarril Roca.

La red vial es usada por el transporte privado y por el transporte público colectivo de pasajeros, conformado esencialmente por más de 135 líneas de colectivos (ómnibus). Administrativamente las líneas de colectivos se dividen según la jurisdicción que las controla. Las líneas que circulan exclusivamente dentro de la CABA o entre ésta y la PBA están bajo control del Estado Nacional y se las conoce como *líneas nacionales*; aquellas que lo hacen entre dos partidos de la PBA quedan bajo el control de la Provincia de Buenos Aires y por ende se las denomina *líneas provinciales*, mientras que las que circulan exclusivamente dentro de un partido se denominan *municipales* y son controladas por el poder ejecutivo de cada municipio.

Paralelamente a los colectivos, pero en una escala mucho menor, existen los servicios de oferta libre, también denominados por sus siglas SOL o más popularmente como “combis”. Estos servicios son prestados por vehículos de mediana capacidad. Existen además servicios de transporte público individual desarrollados por taxis y “remises”, operando casi exclusivamente dentro de las distintas jurisdicciones y dependientes de las autoridades locales. Su importancia es escasa en términos de cantidad de pasajeros y su área de influencia queda acotada a los viajes inter partidos, por lo cual prácticamente no compiten con el ferrocarril.

Por otra parte la RMBA cuenta con una red de transporte público guiado extensa y de larga data, compuesta por siete líneas de ferrocarriles metropolitanos, seis líneas de metro (denominado localmente como “Subte”) y una línea de tranvía conocida como Premetro.

Las siete líneas de la red ferroviaria conectan cinco terminales dentro de la Ciudad con distintos partidos de la Provincia, a través de más de 250 estaciones. De sus 833 km de desarrollo total se encuentra electrificado casi el 20%. Son los tramos Once-Moreno de la Línea Sarmiento, Retiro-José León Suárez, Retiro Bartolomé Mitre y Retiro-Tigre de la Línea Mitre, Federico Lacroze-General Lemos de la Línea Urquiza y los sectores Plaza Constitución-Glew-Alejandro Korn y Plaza Constitución Ezeiza de, precisamente, la Línea Roca.

Toda la red ferroviaria pertenece al Estado pero fue concesionada a empresas privadas durante la década del ‘90. Posteriormente el incumplimiento de los contratos por parte de algunas de las empresas concesionarias ha motivado la rescisión de los contratos de varias de las líneas. Actualmente las únicas que siguen siendo operadas por privados en carácter de concesionarios son las líneas Belgrano Norte y Urquiza, por las empresas Ferrovías y Metrovías respectivamente. Las restantes líneas fueron objeto de contratos de gerenciamiento entre el Estado Nacional a la UGOFE (Unidad de Gestión Operativa de Emergencia) para el caso de las líneas Roca, San Martín y Belgrano Sur, y a la UGOMS para las líneas Mitre y Sarmiento. Estas empresas están conformadas actualmente por Metrovías y Ferrovías.

Dentro de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires funciona el Subte y el Premetro. La red de algo más de 50 km está compuesta por las líneas A, B, C, D, E y H y la línea de Premetro, uniendo unas 80 estaciones subterráneas y 15 de superficie. Actualmente la red, propiedad de la Ciudad de Buenos Aires, es operada por la empresa privada Metrovías.

Corresponde destacar la importantísima función de estructuración y desarrollo urbano que han tenido tanto subtes como ferrocarriles sobre la Región Metropolitana, desde sus inicios hace más de un siglo atrás. Hoy en día los corredores de mayor densidad poblacional dentro del AMBA coinciden estrechamente con los recorridos de las líneas ferroviarias y algo similar ocurre con el Subte dentro de la Ciudad.

1.3. La movilidad en la RMBA

Desde la década de 1960 la población de la Ciudad se ha mantenido relativamente estable en torno a los 3 millones de habitantes. Sin embargo en el mismo periodo la población total de la Región Metropolitana se ha más que duplicado como consecuencia del crecimiento poblacional de los partidos de la PBA a tasas de entre el 1% y 1,5% anual. Estas tendencias muestran un fenómeno de expansión de la mancha urbana, que ha llevado a que aumente notablemente la cantidad de viajes, pero también la distancia media de estos.

Más recientemente, luego de la crisis de 2001, la recuperación económica condujo a una explosión en la tasa de motorización. En ese periodo el total del parque automotor del país se duplicó y Buenos Aires acompañó esa tendencia. Hoy en día las principales avenidas y autopistas de la ciudad aparecen

congestionadas durante varias horas al día, con los perjuicios lógicos que esto conlleva desde el punto de vista económico, social y ambiental.

La situación actual de la movilidad en Buenos Aires se puede resumir usando los términos del Estudio Estratégico que publicó en 2011 la Academia Nacional de Ingeniería sobre los Accesos a la Región Metropolitana de Buenos Aires: “El uso del automóvil en la RMBA es demasiado importante. El área sufre de una dependencia del auto particular y eso provoca congestión, una importante contaminación del aire y gran cantidad de accidentes que incluyen peatones.”¹

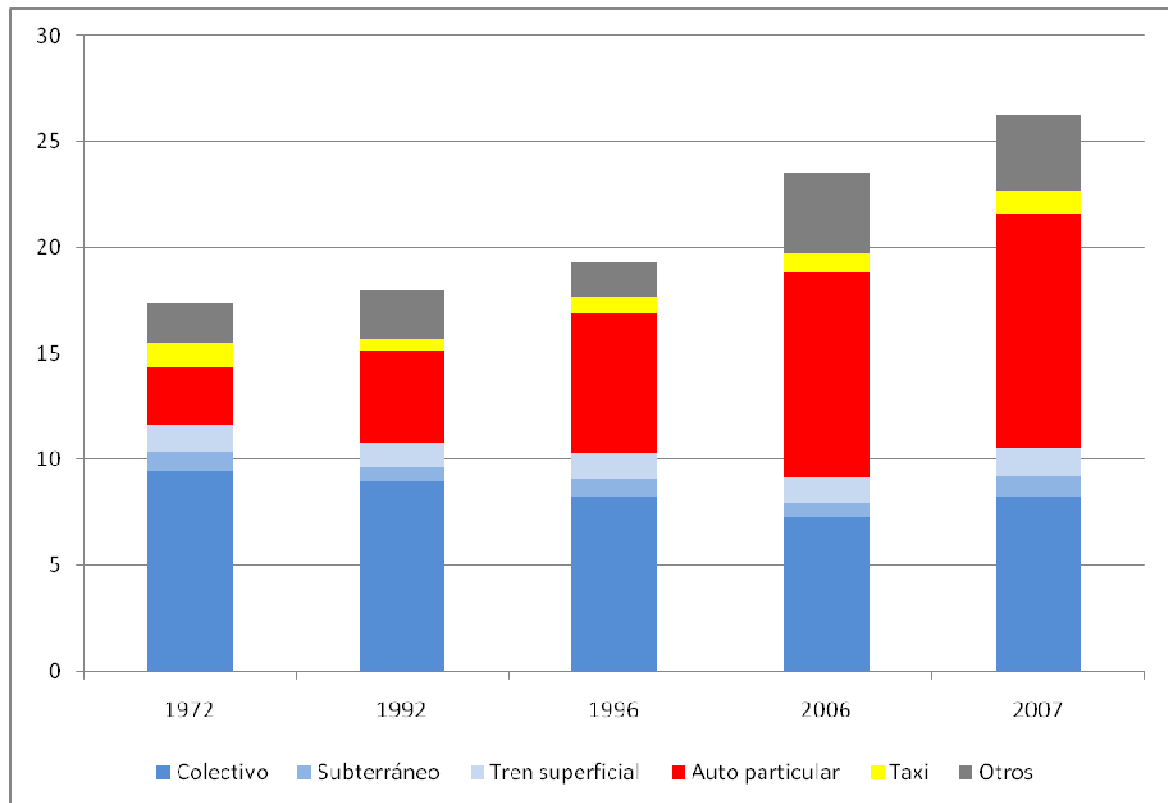
En este mismo informe se afirma de manera categórica que “La solución vial a costo razonable está agotada. Las nuevas ganancias de capacidad y la descongestión deberán lograrse en adelante mediante inversiones preferiblemente orientadas a los modos masivos y guiados.”

Sin embargo, en las últimas décadas, una combinación de falta de inversión en mantenimiento y expansión de la red por parte del Estado y mala gestión de parte de algunas de las empresas concesionarias han conducido a una pérdida de la capacidad de los modos públicos y la reducción de la calidad en el servicio prestado. La preferencia de los usuarios hacia estos modos ha caído notablemente.

La Figura 2 que sigue sintetiza las tendencias expuestas precedentemente. Como se puede ver desde la década del '70 al presente el porcentaje de uso del auto se ha triplicado, mientras que todos los modos públicos han disminuido su participación.

¹ Academia Nacional de Ingeniería, Estudio estratégico preliminar. Accesos a la Región Metropolitana de Buenos Aires, el transporte ferroviario y los subterráneos, 2011

Figura 2. Evolución de los viajes en la RMBA (en millones de viajes al día)



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Observatorio de Movilidad Urbana, CAF, 2007

1.4. La Línea Roca

Breve reseña histórica

El ferrocarril General Roca, objeto de este estudio, fue formado al nacionalizarse los ferrocarriles entre 1946 y 1948, unificando los servicios prestados hasta ese momento por varias empresas de capitales privados. Desde ese momento y hasta su privatización en 1995 fue operado por la agencia estatal de trenes Ferrocarriles Argentinos, encargada de prestar servicios de carga y de transporte urbano e interurbano de pasajeros.

Cuando se concretó la privatización de ferrocarriles suburbanos en 1994 se canceló la mayoría de los servicios de pasajeros interurbanos, mientras que los servicios urbanos fueron concedidos para su operación a las empresas privadas. Una de ellas Metropolitano se hizo cargo de la Línea Roca el 1 de enero de 1995. Esta misma empresa contaba también con la concesión de los ferrocarriles San Martín y Belgrano Sur.

En 1999, luego de varios años donde el servicio mejora notablemente y la cantidad de pasajeros crece, sobreviene la crisis económica y poco después Metropolitano cambia de dueños y el contrato de concesión es renegociado. Luego de la crisis comienza un rápido deterioro en la calidad del servicio que hace habituales los atrasos y suspensiones de servicios, junto con el deterioro generalizado de la infraestructura ferroviaria y de estaciones, sumado a incumplimientos en el contrato de concesión.

Finalmente en mayo de 2007 el Estado Nacional rescinde el contrato a la empresa Metropolitano y ordena la creación de la Unidad de Gestión Operativa Ferroviaria de Emergencia (UGOFE). Esta empresa continúa operando el ferrocarril hasta el presente.

Oferta actual

El servicio de transporte urbano de pasajeros del ferrocarril Roca tiene una longitud de 237km, con un total de 70 estaciones. El ferrocarril presta servicio a los partidos de Almirante Brown, Avellaneda, Berazategui, Esteban Echeverría, Ezeiza, Florencio Varela, La Matanza, Lanús, Lomas de Zamora, Morón, Presidente Perón, Quilmes y San Vicente, además de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

En cuanto a su interacción con la red vial puede decirse que hay un total de 229 pasos vehiculares en el trayecto del ferrocarril, de los cuales 158 aún son pasos a nivel. Este dato es importante dado que un número importante de las demoras y cancelaciones de los servicios son debidos a accidentes con peatones y vehículos

La estructura de servicios de la Línea Roca es la más compleja de todas las líneas ferroviarias de la RMBA, en parte por la cantidad de ramales y la interconexión entre ellos, y en parte por la convivencia de servicios diesel con los eléctricos.

La Figura 3 muestra los ramales existentes en la actualidad.

Figura 3. Esquema del ferrocarril Roca, mostrando los distintos ramales



Fuente: UGOFE

El Roca presta en días hábiles, considerando ambos sentidos, unos 720 servicios diarios de los cuales aproximadamente la mitad corresponden a los servicios electrificados. El tramo Plaza Constitución-Avellaneda-Temperley es de vía cuádruple, y de éstas vías (las vías 3 y 4) dos se encuentran electrificadas. Muy recientemente se están electrificando vías 1 y 2.

Con vistas a analizar el ramal objeto del estudio es importante aclarar la operatividad actual en el tramo compartido por los ramales diesel y eléctricos. De las 4 vías mencionadas, las vías 1 y 2 entre Plaza Constitución y Empalme Pavón (punto cercano a continuación de la estación Avellaneda) son compartidas con los trenes diesel rápidos o generales que circulan entre Constitución y Temperley. Existe por lo tanto una limitación en cuanto a capacidad y a diagramación del corredor a La Plata, ya que la vía descendente del ramal Avellaneda – La Plata cruza a la ascendente (vía 1) del troncal Constitución – Temperley. Éste es un limitante de la capacidad de las vías del ramal Avellaneda – La Plata independientemente de la frecuencia que permita el sistema de señalización de éste ramal. Las vías 3 y 4 del troncal principal son exclusivas del corredor Constitución – Temperley, es decir no son

compartidas con otros corredores, por lo tanto para éste corredor la capacidad podría ser optimizada y la diagramación resulta más sencilla.

Hoy en día son los servicios eléctricos los que ofrecen la mejor frecuencia y concentran la mayor parte de la demanda.

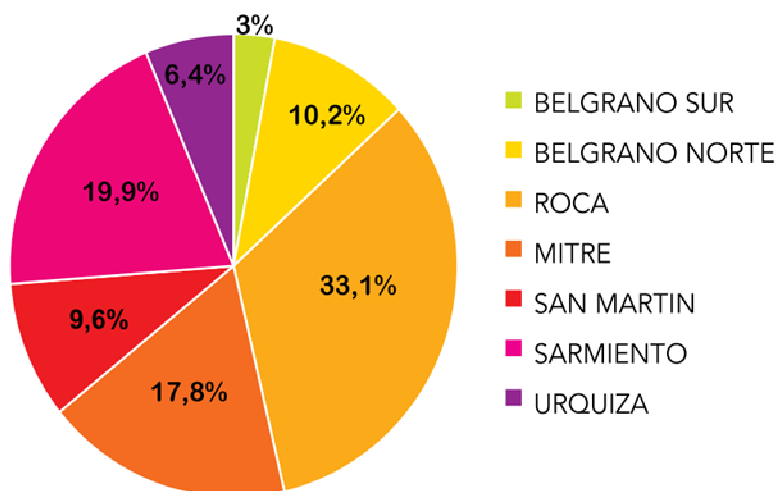
Durante 2010 la línea Roca corrió aproximadamente unos 9 millones de trenes-kilómetro, los cuáles se dividieron casi exactamente por mitades entre los servicios diesel y eléctrico. (Fuente CNRT)

Según las estadísticas relevadas por la CNRT la regularidad absoluta de la Línea Roca (servicios puntuales/servicios programados) durante 2010 fue de casi el 89%, registrando una mejora notable respecto del año 2007 (momento de rescisión de la concesión), pero aún inferior a los mejores valores, que fueron alcanzados en el intervalo 1995-2000 cuando la regularidad absoluta se mantuvo por encima del 95%. Actualmente la regularidad de la Línea Roca es muy similar a las registradas por las demás líneas ferroviarias de Buenos Aires.

Demanda actual

Como indica la Figura 4 prácticamente un tercio de los pasajeros que usan el ferrocarril en la RMBA viajan en el servicio urbano del Ferrocarril Roca.

Figura 4. Participación de los ferrocarriles en el total de viajes en tren de la RMBA



Fuente: INTRUPUBA, 2006

Según estadísticas de la CNRT durante los años 1999 y 2000 se dieron los máximos históricos de pasajeros pagos (155 millones anuales), disminuyendo luego con la crisis económica para volver a incrementarse con la recuperación posterior a 2002 y volver a caer producto del empeoramiento del servicio que finalmente llevó a la quita de la concesión a Metropolitano. Actualmente las estadísticas arrojan un valor de cerca de 100 millones de boletos vendidos al año, aunque como la misma CNRT explica esta merma respecto a años anteriores se debe en causas ajenas al servicio de pasajeros. Como se verá más adelante la principal causa es la evasión del pago de boleto por falta de controles y deficiencia del sistema de venta de boletos.

Durante los últimos años el Poder Ejecutivo Nacional ha llevado adelante una política de subsidios al transporte destinada a evitar incrementos sustanciales en el precio nominal de las tarifas. Por este

motivo se ha visto un desacople entre la evolución de los costos de transporte del usuario (precio pagado por el boleto) respecto de la evolución de los costos destinados a operar y mantener el servicio por parte de las empresas concesionarias. El diferencial entre ambas ha sido cubierto por el Estado Nacional mediante subsidios crecientes destinados a estas empresas. Actualmente un porcentaje muy importante de los ingresos de las empresas concesionarias proviene de los subsidios. El estímulo original que existía para que los concesionarios realizaran una gestión comercial dinámica y controlaran los boletos, lo que justificaba marginalmente habilitar boleterías, aumentar el personal de control, etc. ha desaparecido.

Adicionalmente se ha creado el Sistema Único de Boleto Electrónico (SUBE), que consiste básicamente en un sistema único de pago mediante una tarjeta de viajes recargable que puede ser usada en todas las líneas de transporte público colectivo de la Región Metropolitana. En el último año el Estado Nacional ha fomentado su uso reduciendo el monto de los subsidios en los casos en los que el usuario adquiere el boleto en efectivo.

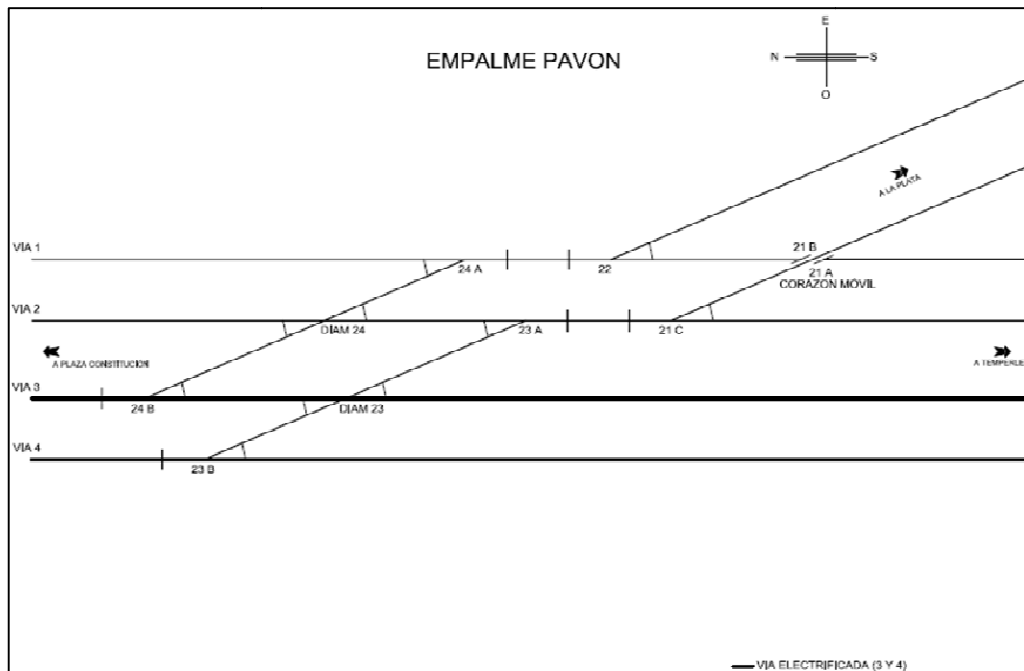
El cuadro tarifario del ferrocarril Roca fija el costo del boleto según la distancia recorrida. La tarifa mínima es de \$1 pagando con SUBE (\$2 sin SUBE), y la máxima \$5,75 (\$8 sin SUBE).

1.5. Situación actual de la Línea Roca Ramal Plaza Constitución - La Plata

El corredor a electrificar comprende íntegramente el ramal La Plata del Ferrocarril Roca, desde su extremo norte en la estación cabecera Plaza Constitución hasta el extremo sudeste en la estación cabecera La Plata.

Actualmente este corredor está conformado por dos vías que recorren una parte del troncal principal Plaza Constitución - Temperley, hasta el kilómetro 3,945 (sector denominado “Empalme Pavón” o “km 4”) cercano a la estación Avellaneda y luego el ramal Avellaneda – La Plata en forma íntegra, entre las progresivas km 3,945 y km 52,800 aproximadamente (estación La Plata). Estas vías se denominan 1 y 2 (ascendente y descendente respectivamente).

Figura 5. Empalme Pavón



Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, el troncal principal Plaza Constitución – Temperley (ya electrificado) está conformado por cuatro vías denominadas 1, 2, 3, y 4. Las vías 1 y 3 son ascendentes mientras que las vías 2 y 4 son descendentes.

Actualmente el corredor a La Plata utiliza las vías 1 y 2 de éste troncal principal, y eventualmente podría utilizar las vías 3 y 4 debido a la disposición de los aparatos de vía (AdV) del Empalme Pavón mencionado previamente, aunque esto último sólo en casos de emergencias.

La gran mayoría de los servicios diesel recorren tres rutas principales, de las cuales dos utilizan el tramo objeto de este estudio:

- Plaza Constitución - Bosques, vía Temperley: Se prestan unos 50 servicios diarios en cada sentido. El recorrido de 30km insume unos 50 minutos de viaje, aunque demanda una combinación con el servicio eléctrico en Temperley por lo que es necesario sumar el tiempo de trasbordo. No utiliza el tramo en estudio.
- Plaza Constitución - Bosques, vía Berazategui: También se prestan unos 50 servicios diarios en promedio, demorándose prácticamente una hora en recorrer una distancia de 30 km a lo largo de 14 estaciones, sin transbordo. Utiliza unos 20 km del tramo en estudio.
- Plaza Constitución - La Plata, con 19 estaciones a lo largo de 50 km de longitud. Este ramal presta 43 servicios diarios en cada sentido (Fuente UGOFE, a Diciembre 2012), de los cuales 4 son servicios rápidos, es decir sin escalas entre cabeceras. Según relevamientos de INTRUPUBA la duración del viaje entre extremos es de 44 minutos, lo que implica una velocidad comercial de poco más de 40 km/h. Este ramal utiliza en su totalidad el tramo en estudio.
- Plaza Constitución – Berazategui, este tramo, es compartido por los servicios a La Plata y a Bosques, vía Berazategui, por lo cual los pasajeros que desean viajar en este tramo poseen

ambas ofertas. Totalizando 93 servicios diarios en el tramo. En la hora pico la frecuencia horaria es de 5 trenes/hora.

Los trenes destinados a Bosques, que utilizan la denominada Vía Circuito, emplean el corredor bajo estudio entre Plaza Constitución y Berazategui. Es importante destacar que en todos los casos el ferrocarril funciona prácticamente las 24 hs del día.

Para el tramo analizado en este informe la tarifa máxima corresponde al recorrido Plaza Constitución - La Plata y asciende a \$5,75 (\$8 sin SUBE).

1.6. Objetivo del proyecto

En los puntos precedentes se ha reseñado la importancia que ha tenido y tiene el Ferrocarril Roca para la conectividad de todo el sur de la Región Metropolitana de Buenos Aires, y por ende el desarrollo económico y social.

Cabe destacar también que el ferrocarril es el modo de transporte más económico junto con el colectivo, pero su velocidad comercial es notablemente mayor. Por ende es vital para todas aquellas personas de sectores sociales bajos que deben recorrer las largas distancias que hay entre los partidos del sur de la RMBA y la Ciudad de Buenos Aires.

La importancia de la electrificación de los modos ferroviarios radica en que permite aumentar la velocidad comercial y en alguna medida aumentar las frecuencias respecto de los trenes diesel. En consecuencia se logra una reducción en los tiempos de viaje y una mayor capacidad, tal como se indica en el cuadro siguiente.

Cuadro 1. Comparación de características operativas de ferrocarriles eléctricos y diesel

	Capacidad típica (pax-hora- dirección)	Velocidad típica (km/h)	Intervalo mínimo (minutos)	Observaciones
Trenes suburbanos diesel	30.000 – 36.000	30-40	3,5 - 4	Trenes largos, baja aceleración y desaceleración
Trenes suburbanos eléctricos	40.000 – 60.000	35-55	2 -3	Pueden tener velocidades mucho mayores, de acuerdo con el espaciamento entre estaciones

Fuente: Adaptado de Vukan R. Vuchic (2005) Urban Transit: Operations, Planning and Economics.

Estas mejoras permitirán incrementar la oferta de transporte y mejorar cuestiones operativas que redundarán en una mejor frecuencia y regularidad del servicio. Se espera que estas condiciones hagan más atractivos los servicios intervenidos, aumentando la cantidad de pasajeros que viajan en ellos y reduciendo los tiempos de viaje tanto de los nuevos usuarios provenientes del ómnibus como de quienes hoy en día ya viajan en los ramales diesel.

Adicionalmente a los beneficios que se esperan para los usuarios se busca reducir los costos de operación y mantenimiento, el consumo de energía, los gases de efecto invernadero y las emisiones contaminantes. La ejecución de pasos a desnivel permitirá reducir la tasa de accidentes con peatones y vehículos respecto de los niveles actuales. Asimismo las obras complementarias de la



electrificación, como la mejora de estaciones y vías, permitirá mejorar el confort y la seguridad del servicio, una de los motivos de quejas recurrentes de los pasajeros

Para lograr estas mejoras se prevé la electrificación del corredor Plaza Constitución-La Plata a lo largo de 52 kilómetros. Esto incluye además, la renovación de la superestructura de vía (rieles, durmientes, balasto, fijaciones), la solución de problemas localizados de infraestructura de vías que presenta el corredor, las intervenciones en obras de arte, la mejora en estaciones (con la modificación de la altura de las plataformas), la construcción de las instalaciones de electrificación (incluyendo una o más subestaciones y catenarias), un nuevo sistema de señalización, el material rodante, las instalaciones de mantenimiento del material rodante y pasos a desnivel.

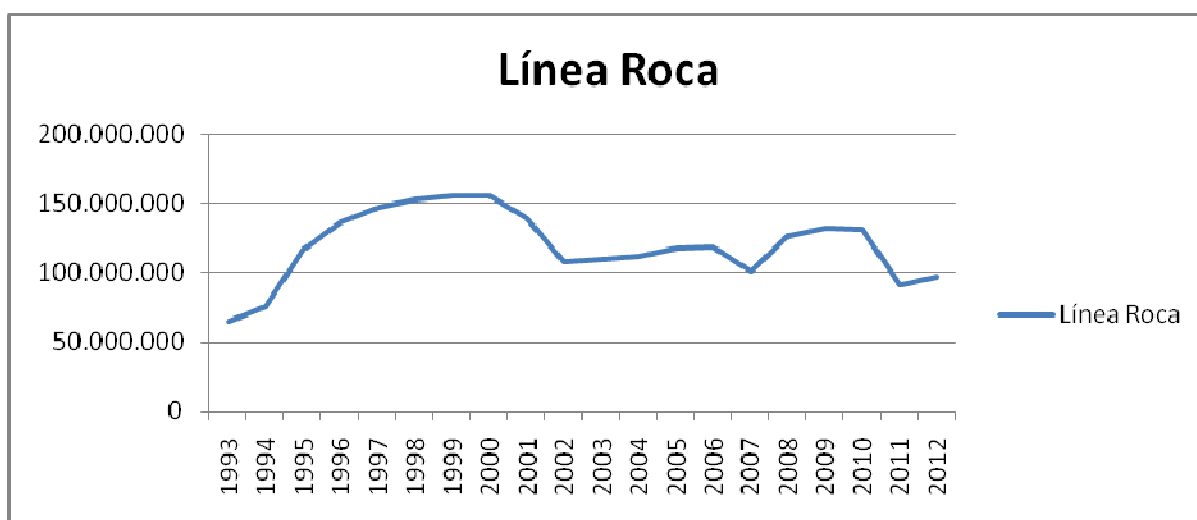
2. Demanda

2.1. Demanda actual Línea Roca ramal Plaza Constitución La Plata

Pasajeros pagos según datos oficiales

La demanda actual de la Línea Roca presenta en los últimos años importantes variaciones debido a crisis económicas, cambio de concesión, cambio del sistema de pago, deficiencia en el control de pago, cierre de boleterías, días de paro, entre otras, por lo cual las estadísticas anuales de pasajeros pagos deben analizarse teniendo en cuenta estas observaciones.

Figura 6. Evolución de los pasajeros pagos en la Línea Roca 1993- 2012



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la CNRT

En el año 1999 alcanzó la máxima demanda de los últimos 20 años con 155 millones de pasajeros pagos; esa cifra superó todos los registros precedentes de la historia del ferrocarril Roca, incluso anteriores a 1960, único caso en los ferrocarriles suburbanos de Buenos Aires. En el año 2012 se contabilizaron 97 millones de pasajeros, en la actualidad las estadísticas se ven afectadas por la falta de control del pago y como consecuencia se detecta una alta evasión.

Para analizar la demanda del Ramal Plaza Constitución – La Plata, no se poseen estadísticas que permitan determinar con exactitud dicha demanda ya que las estaciones Plaza Constitución, Hipólito Yrigoyen y Avellaneda, son compartidas por todos los ramales. Por lo cual para estimar la demanda del ramal se utilizó la matriz por estaciones producida por INTRUPUBA². Esta investigación indica que el ramal Plaza Constitución – La Plata, transporta el 19,7% de los pasajeros de la Línea Roca, registrando en el año 2012 19.101.162 pasajeros pagos.

INTRUPUBA también permite obtener la distribución de los pasajeros por estación. Plaza Constitución con el 21% de los pasajeros se erige como la estación principal siendo Quilmes (12,5%), Ezpeleta (8,2%) y Berazategui (9%) un nodo de importancia en la zona media de la línea y La Plata con 7,8% de los pasajeros genera movimientos en el otro extremo del ramal.

² Investigación de Transporte Urbano de Buenos Aires INTRUPUBA ha sido realizada por la Secretaría de Transporte de la Nación durante los años 2006 y 2007.

Figura 7. Ascensos por estación en el ramal Plaza Constitución - La Plata



Fuente: Elaboración propia en base a datos de INTRUPUBA

Estimación de pasajeros totales

Debido a las observaciones realizadas sobre la cantidad de pasajeros pagos se realizaron trabajos de campo que permitan obtener la cantidad de pasajeros totales que en la actualidad se transportan en la Línea Roca, ramal Plaza Constitución La Plata. Se plantearon dos tipos de relevamientos: por un lado se hicieron conteos de pasajeros pagos y pasajeros totales ascendidos para obtener relación pagos/totales, y en paralelo se realizó un relevamiento de ocupación visual.

Los relevamientos para obtener la relación pasajeros pagos/totales se realizó en las estaciones de Berazategui, Quilmes y Sarandí. En la actualidad los molinetes no presentan un punto de control por lo cual para contar pasajeros pagos se dispuso personal en las máquinas de SUBE y en las boleterías, los cuales además identificaban a que andén acudían para dividir los sentidos de circulación.

El trabajo se realizó los días 3, 4 y 5 de junio y se presentaron las siguientes observaciones:

- Estación Sarandí. Máquina de SUBE sin funcionamiento
- Estación Berazategui. Boletería Cerrada
- Estación Quilmes. Máquina de SUBE sin funcionamiento durante 30 minutos.

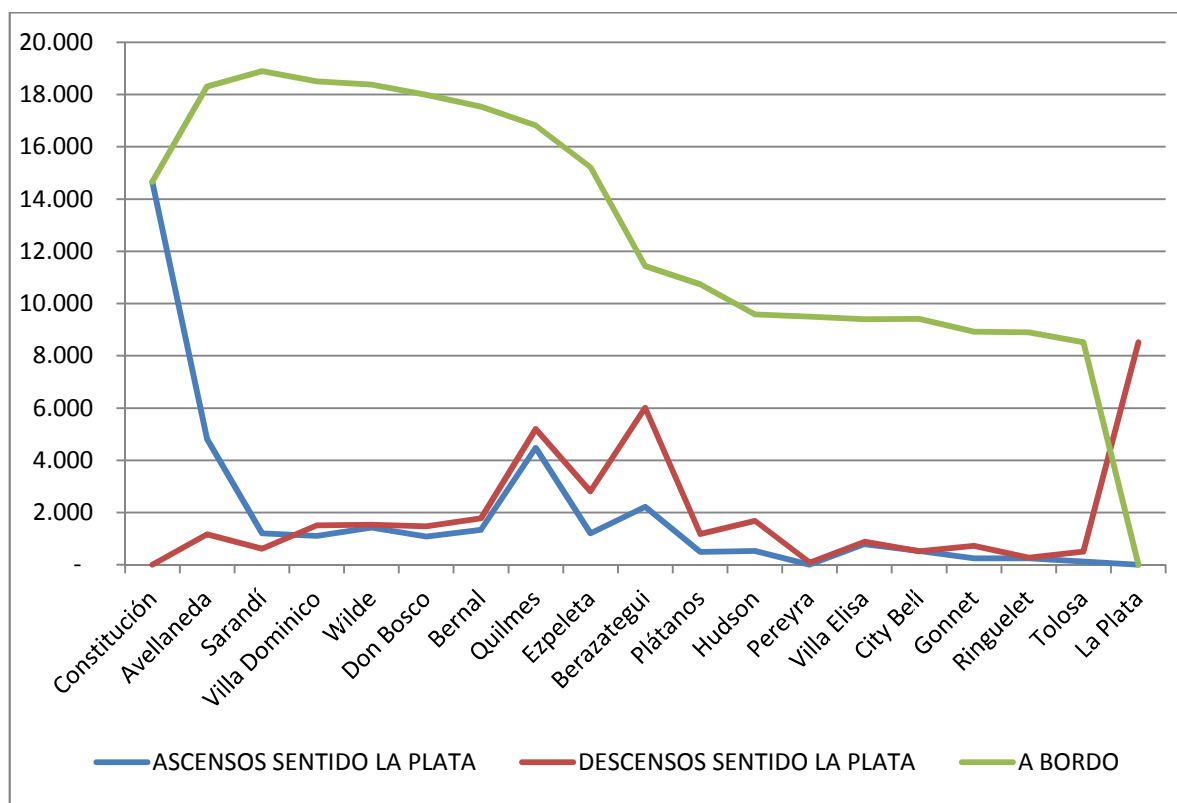
Estos datos iban a ser expandidos con datos de cancelaciones de SUBE del día 21-03-2013 cuando se registraron 230.000 viajes en la totalidad de la línea Roca. Pero observando la importante aleatoriedad de los datos se considera que debería realizarse una muestra mayor. Por lo cual fueron desechados estos resultados.

En consecuencia se optó por realizar las estimaciones partiendo del relevamiento del factor de ocupación de los trenes. Éste se realizó en la estación Sarandí en el horario de 16 hs a 19 hs en el sentido hacia La Plata. Se ubicó en el andén una persona por coche y se estimó la ocupación de cada

uno, arrojando este relevamiento un total de 6.000 pasajeros en el pico horario, registrado entre las 18 y 19 horas.

Como se observa en el gráfico obtenido de INTRUPUBA la cantidad de pasajeros en el ramal con sentido a La Plata la máxima carga se obtiene en la estación Sarandí, concretamente entre ésta y Villa Domínico.

Figura 8. Ascensos y descensos ramal Plaza Constitución - La Plata



Fuente: Elaboración propia en base a datos de INTRUPUBA

Esta distribución de los pasajeros genera un Factor de Renovación del día de 1,9, que puede considerarse elevado pero que se explica por la importancia de las localidades que tiene en su trazado. Al analizar la situación en la hora del relevamiento, se ajustó el factor de renovación debido a que se observó una importante cantidad de pasajeros que no podían ascender al tren debido a que circulaba a capacidad. Por lo cual se utilizó el FR obtenido en INTRUPUBA para el periodo de 18 a 20:30hs en el sentido hacia Constitución en la estación Sarandí, el cual es 1,59. Este FR nos permite extender la cantidad de pasajeros en el tramo de máxima carga Sarandí-Va. Domínico a la totalidad del ramal. Para estimar los pasajeros que circulan durante esta hora en sentido hacia Constitución se mantuvo la proporción estimada en INTRUPUBA para el periodo antes mencionado, donde se estima que el 31% de los pasajeros que utilizan el servicio lo hacen con sentido hacia Constitución.

Analizando los datos de cancelaciones de pago con la tarjeta SUBE se observó que durante el horario de análisis se transporta el 8% de los pasajeros de la totalidad del día.

A continuación se presentan las estimaciones de pasajeros totales llegando a concluir que el ramal en estudio transporta 172.391 pasajeros por día.

Cuadro 2. Calculo del total de pasajeros de la Línea Roca

ESTACIÓN SARANDI PASAJEROS TOTALES 18 a 19hs.	6.000 pax	SENTIDO a LA PLATA
FR	1,59	
RAMAL PLAZA CONSTITUCIÓN - LA PLATA PASAJEROS TOTALES 18 a 19hs.	9.518 pax 4.273 pax 13.791 pax	SENTIDO a LA PLATA SENTIDO a CONSTITUCIÓN TOTAL RAMAL
PAX 18H/PAX DIA	8%	
RAMAL PLAZA CONSTITUCIÓN - LA PLATA PASAJEROS TOTALES DIARIOS	172.391 pax	TOTAL DIA
CANTIDAD DÍAS TIPO EN JUNIO	22	
RAMAL PLAZA CONSTITUCIÓN - LA PLATA PASAJEROS TOTALES MENSUALES	3.792.604 pax	TOTAL MES
PAX JUNIO / PAX AÑO	8,6%	
RAMAL PLAZA CONSTITUCIÓN - LA PLATA PASAJEROS TOTALES ANUALES	44.100.050 pax	TOTAL AÑO
PAX RAMAL PLAZA CONSTITUCIÓN - LA PLATA / LINEA ROCA	21,2%	
LINEA ROCA	208.399.931 pax	TOTAL

Fuente: Elaboración propia

Relación pasajeros pagos y pasajeros totales

Si comparamos los datos de pasajeros totales estimados se observa que en 2012 pagaron 97.157.488 pasajeros, un 47% de los pasajeros totales estimados. Hecho que se explica en la falta de control del pago, la desatención de boleterías, la falta de cambio para quienes pagan con billetes, etc. Y en comparación con el año 1999 cuando se produjo la máxima demanda se estima que hoy se transportan un 25% más de pasajeros. Este crecimiento obedece a tres causas: i) hay mayor población en el área de influencia de la línea; b) hay mayor actividad económica que en 1999 (caída del índice de desempleo: 13,8³ en 1999 versus 7,9 en la actualidad) y un relativo mayor poder de pago de la clase trabajadora; c) en términos reales el precio de los viajes es varias veces menor que en el año de máxima, a lo que se agrega que una importante cantidad de pasajeros viaja sin pagar.

(i) Demanda actual ómnibus Corredor Buenos Aires La Plata

A lo largo del corredor formado por la CABA y los partidos de Avellaneda, Quilmes, Berazategui y La Plata prestan servicio líneas de autotransporte público de pasajeros nacionales, provinciales y municipales. Para el presente trabajo se analizaron las que comparten el corredor en gran parte de su recorrido, por lo cual se estudiaron las líneas 10, 17, 22, 98, 129, 159 y 195. En el Anexo I se pueden observar sus recorridos y la relación de los mismos con las estaciones de la Línea Roca.

Según las cancelaciones registradas con la tarjeta SUBE durante los días 3, 4 y 5 de julio de 2012 las siete líneas transportaron 217.199 pasajeros.

³ http://www.indec.mecon.ar/nuevaweb/cuadros/4/empleo_cambios03-08.pdf

Cuadro 3. Líneas de colectivo que comparten corredor con el ramal Plaza Constitución - La Plata

LÍNEA	PASAJEROS	CANTIDAD DE RAMALES
10	20660	1
17	30814	1
22	19439	2
98	41360	6
129	33846	19
159	65951	11
195	5129	11
TOTAL	217199	

Fuente: Elaboración propia

Las líneas poseen ramales que presentan ramales muy diferentes en su recorrido y su modalidad de prestación de servicio. Principalmente las líneas 129 y 195 que realizan su recorrido entre la CABA y La Plata poseen servicios con cabecera en la ciudad de Buenos Aires en las estaciones de Once, Retiro, Corrientes / Alem y Cerrito / Santa Fe.

En cuanto a la duración del viaje el mismo depende del tipo de servicio. A continuación se detallan los ramales de la línea 129 y 195 con sus tiempos de viaje entre cabeceras en hora pico.

Ramales Expresos:

- Cerrito y Santa Fe – La Plata. Duración del viaje (ida) 60 minutos
- Retiro – La Plata. Duración del viaje (ida) 64 minutos
- Once – La Plata. Duración del viaje (ida) 76 minutos

Ramales Por Autopista:

- Cerrito y Santa Fe – La Plata. Duración del viaje (ida) 105 minutos
- Retiro – La Plata. Duración del viaje (ida) 98 minutos
- Once – La Plata. Duración del viaje (ida) 101 minutos

Los ramales expresos, circulan por autopista y tienen menos de 10 paradas en la CABA y menos de 3 paradas en el resto del recorrido, en cambio los ramales por autopista que circulan parte de su recorrido por autopista, en sus tramos por calles y avenidas son servicios convencionales con paradas cada 300-500 m.

Los ramales con servicio convencional que circulan por Camino General Belgrano o Centenario tienen una duración de viaje entre cabeceras de más 150 minutos.

Se realizaron relevamientos para identificar los ramales y servicios, cabe señalar que los ramales publicados por la CNRT presentan divergencias con los ramales que prestan servicio en la actualidad.

(ii) Demanda actual automóvil Corredor Buenos Aires La Plata.

Para estudiar los viajes que se realizan en la actualidad dentro del corredor con automóvil se analizó la base de datos de la Encuesta de Movilidad Domiciliaria ENMODO⁴, obteniendo que en el corredor se realizan 127.547 viajes con origen o destino en partidos del corredor, sin contabilizar los viajes intra partido.

Cuadro 4. Pares OD para los partidos del Sur y la CABA

	AVELLANEDA	BERAZATEGUI	LA PLATA	QUILMES	CABA
AVELLANEDA	48518	606	958	7787	21370
BERAZATEGUI	509	37270	716	8244	5624
LA PLATA	801	716	0	2220	719
QUILMES	9336	8898	1606	86451	15387
CABA	19507	5652	1006	15885	

Fuente: Elaboración propia en base a datos de ENMODO

ENMODO no incluía los hogares del partido de La Plata, por lo cual los viajes registrados atribuidos a dicho partido son los de personas que viven en otros municipios, es decir que la cantidad de viajes en automóvil esta subestimada.

(iii) Demanda actual combis corredor Buenos Aires - La Plata.

Por último se analizan los desplazamientos en combi, denominados oficialmente como Servicios de Oferta Libre. Para esto se utilizó el Estudio del Servicio de Oferta Libre en la CABA⁵. El área de estudio para el corredor Constitución – La Plata, se encuentra casi en su totalidad dentro del denominado corredor Sur-Este en el estudio mencionado.

Estos servicios presentan su cabecera en la ciudad de Buenos Aires en la zona del Obelisco y el ex Correo Central. Como resultado se estima que en el corredor Sur-Este viajan en SOL 10.000 pasajeros.

Cuadro 5. Viajes y recaudación estimada para los SOL

Corredor	Empresas	Vehículos	Servicios	Viajes		Recaudación		
				Diarios	Anuales	Diaria	Anual	Porcentaje
N	14	195	700	4.900	1.179.063	\$ 108.630	\$ 26.139.063	11,15%
O	15	195	1000	13.900	3.344.688	\$ 201.117	\$ 48.393.863	20,65%
Ruta 3	1	77	250	10.100	2.406.250	\$ 80.319	\$ 19.326.733	8,25%
SO	12	173	1150	17.800	4.283.125	\$ 270.210	\$ 65.019.284	27,74%
S	6	225	1300	21.500	5.173.438	\$ 204.841	\$ 49.289.968	21,03%
SE	7	125	600	10.000	2.406.250	\$ 108.942	\$ 26.214.053	11,18%
Sin determinar	-	-	-	12.500	3.007.813	\$ 254.916	\$ 61.339.049	26,17%
Total	55	990	5.000	90.700	21.800.625	\$ 974.059	\$ 234.382.965	100,00%

Fuente: Elaboración propia

⁴ La Encuesta de Movilidad Domiciliaria en el Área Metropolitana de Buenos Aires fue realizada entre fines del año 2009 y principios del 2010. La misma llevó a cabo un relevamiento de la movilidad de 22.500 hogares del AMBA.

⁵ Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Buenos Aires. 2011

2.2. Demanda con proyecto Línea Roca ramal Plaza Constitución La Plata

Cambio modal APP a Línea Roca Ramal Plaza Constitución – La Plata

La atracción de viajes que en la actualidad se realizan en ómnibus hacia el nuevo servicio ferroviario se configura como el principal aumento de demanda, ya que son viajes de costos, niveles de confort y tiempos similares. Por lo cual una mejora en uno de ellos permitirá un traspaso de pasajeros hacia ese modo, tal como sucedió a favor del ferrocarril en los años iniciales de las concesiones y a favor del ómnibus en los años post-crisis y deterioro del servicio.

Para estimar la cantidad de viajes que serán atraídos por el proyecto se realizó un modelo LOGIT.

Mediante conteos de sube y baja se estimó la cantidad de viajes factibles de ser captados por el ramal Plaza Constitución – La Plata. Estos viajes pueden ser realizados únicamente con este modo o realizando transbordos, por lo cual el funcionamiento del proyecto depende también de la mejora del sistema de transporte urbano en su conjunto.

De las líneas que circulan en el corredor se analizaron los pasajeros que son factibles a ser captados por el ferrocarril, es decir, se descontaron los pasajeros que tienen origen y destino del viaje antes de que las líneas ingresen al área de influencia del ferrocarril. A modo de ejemplo se eliminan los pasajeros que circulan entre Recoleta y el Microcentro con la línea 10 o 17, o entre Retiro y Microcentro con la línea 22.

Cuadro 6. Pasajeros de colectivos factibles de ser captados por el ferrocarril Roca

LINEA	PASAJEROS	% PASAJEROS FACTIBLES	PASAJEROS FACTIBLES
10	20660	91%	18801
17	30814	91%	28041
22	19439	95%	18467
98	41360	83%	34329
129	33846	90%	30461
159	65951	95%	62653
195	5129	95%	4873
TOTAL	217199	TOTAL	197625

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto tenemos 197.625 viajes en ómnibus que serán evaluados mediante un modelo logit, con el fin de obtener la probabilidad de que estos viajes cambien al ferrocarril, en caso de que el mismo mejore su servicio.

El modelo Logit utiliza la diferencia entre impedancias para calcular la distribución. De manera que

$$P_i^a = \frac{e^{-\beta \cdot Imp_i^a}}{\sum e^{-\beta \cdot Imp_j^a}}.$$

Obteniendo así la probabilidad de que los viajes se realicen en un modo u otro.

Siendo la impedancia $I = TVP \text{ (min)} + Tarifa \text{ (\$)} / VT \text{ (\$/min)}$

El Tiempo de Viaje Percibido TVP = Tiempo en vehículo + 2,6 * Tiempo de Acceso + 2,6 * Tiempo de Egreso + 2,6 * Tiempo de espera en origen + 2,6 * Tiempo de espera en transferencia.

Los coeficientes de peso de cada tiempo componente se obtuvieron del modelo realizado para el subte de la ciudad de Buenos Aires en el estudio PETERS⁶.

(iv) Valor del tiempo.

El valor del tiempo se estimó como el 33% del valor de la hora productiva. La hora productiva se obtuvo como el sueldo medio de los asalariados en diciembre de 2012 el cual es de \$7.173 según el Observatorio de Empleo y Dinámica Empresarial del Ministerio de Trabajo⁷.

Por lo cual se estima VT = 15,5 \$/hora.

(v) Estimación de impedancias

Se realizaron estimaciones partiendo de una distribución supuesta de longitud de viaje por línea de ómnibus, dividiendo los viajes en: i) viajes cortos, ii) viajes con tiempo medio de viaje y iii) la totalidad del recorrido. Obteniendo una impedancia media para los viajes en APP y la impedancia que tienen los viajes en el FFCC diesel actual. De esta manera se obtuvo el parámetro β , dado que la proporción de viajes actuales por modo es conocida.

En la actualidad el Ramal Plaza Constitución – La Plata realiza el recorrido entre cabeceras en 80 minutos, siendo un recorrido de 52,6 km, obteniendo una velocidad comercial de 39,45 Km/h. Si se analizan los ramales eléctricos de la Línea Roca, los mismos tienen una velocidad comercial que oscila entre 45 y 50 km/h. Por lo cual para el proyecto de electrificación a La Plata se estima una velocidad comercial de 50 km/h, reduciendo los tiempos de viaje en un 25%.

Cuadro 7. Estimación de viajes Con Proyecto

ACTUAL	Viajes APP	196.406
	Viajes FFCC Diesel	172.391
	Viajes Totales	368.798
	% Viajes APP	53%
	% Viajes FFCC Diesel	47%
	I APP	112,9
	I FFCC Diesel	122,8
	β	0,01319
CON PROYECTO	I FFCC Electrico	103,3
	% Viajes FFCC Electrico	53%
	% Viajes APP	47%

Fuente: Elaboración propia

(vi) Cambio modal automóvil y combis a Línea Roca Ramal Plaza Constitución – La Plata

Se estima que el cambio en la distribución de viajes en este caso será de baja cuantía, ya que por un lado la evaluación del confort que realizan quienes viajan en automóvil es difícil de cambiar, y sumado a esto se debe realizar una mejora sustancial en todo el sistema ya que en el caso de cambiar de modo y no viajar en automóvil deberán realizar más etapas y transbordos.

⁶ Plan Estratégico y Técnico para la Expansión de la Red de Subterráneos. PETERS.

⁷ <http://www.trabajo.gov.ar/left/estadisticas/oede/>

Por lo cual se plantea un 5% de los viajes en automóvil se realizarán en el nuevo ramal electrificado, es decir 6.377 viajes.

En cambio para las combis este cambio puede ser mayor, pero la baja participación de estos viajes sobre el total del corredor permite hacer una estimación preliminar suponiendo que el 20% de los viajes se derivarán al FFCC, siendo 2.000 viajes diarios.

(vii) Demanda total de pasajeros con proyecto Año 0.

Se determina el Año 0, como el año en el que el proyecto comenzará su funcionamiento, por lo cual se realizan las estimaciones para el año 2018.

De acuerdo a las estimaciones de intercambio modal y de la demanda actual del ramal Plaza Constitución- La Plata con la implementación del proyecto la demanda se incrementará un 25% llegando a los 215.980 pasajeros.

Cuadro 8. Pasajeros estimados

ACTUAL	2013	FERROCARRIL	172.391
		OMNIBUS	196.406
		AUTO	127.540
		COMBI	10.000
SP	2018	FERROCARRIL	178.480
		OMNIBUS	212.283
		AUTO	135.136
		COMBI	10.596
CP	2018	FERROCARRIL	215.980
		OMNIBUS	183.659
		AUTO	128.379
		COMBI	8.476

Fuente: Elaboración propia

2.3. Proyección de demanda

Existen pocos estudios de demanda en la RMBA que sean confiables y de escala suficiente. Esto hace que las posibilidades de correlacionar adecuadamente la evolución de la demanda con la evolución de variables como PBI, población, empleo y otros, son limitadas.

En el Cuadro 9 se detallan los estudios existentes que realizan una estimación de la totalidad de viajes diarios en el AMBA.

Cuadro 9. Evolución de la demanda de transporte en la RMBA

Año	1972	1992	1996	2006	2007	2009-2010
Fuente	EPTRM	Susana	Plan Urbano	DGTyT, GCBA	CAF	ENMODO
Total de viajes (MM)	17,4	18	19,3	23,5	26,3	19,8

Fuente: Elaboración propia en base a OMU, CAF y ENMODO, PTUBA

Ante esta situación se optó por actuar de manera conservadora y asumir que la tasa de crecimiento de la demanda más allá del Año 0 será similar a la tasa de crecimiento de la población de los partidos

del Sur de la RMBA que proporcionarán la mayor parte de la demanda del proyecto (Quilmes, Berazategui y Lomas de Zamora). Para ello se obtuvo la tasa de crecimiento esperada para el país en las próximas décadas en base a los datos mostrados en el Cuadro 10, luego se calculó el cociente entre las tasas de crecimiento de la población de los partidos mencionados y la del país, y a partir de estos valores se obtuvieron las tasas de crecimiento para los partidos.

Cuadro 10. Evolución de la población argentina y proyección esperada

Años	MINCyT	ONU	CEPAL
1985		30.672	
1990	32.527	33.036	
1995	34.769	35.274	
2000	37.032	37.336	36.896
2005	39.302	39.181	38.747
2010	41.474	41.343	40.738
2015	43.498	43.432	42.676
2020	45.347	45.379	44.486
2025	47.160	47.165	46.115
2030		48.795	47.534
2035		50.273	48.727
2040		51.573	49.786
2045		52.663	50.683
2050		53.511	51.382

Fuente: Elaboración propia en base a datos del MINCyT, ONU y CEPAL

Se analizó también la posibilidad de proyectar los viajes usando la evolución esperada del PBI, pero hay poca paridad entre las distintas proyecciones, el horizonte de proyección suele ser cercano a los 5 años y en general las tasas de crecimiento esperadas son bastante mayores a las tasas de crecimiento registradas por la demanda en las últimas décadas. Como ejemplo, la proyección de crecimiento del PBI argentino por parte del FMI⁸ entre 2013 y 2018 es de 3% anual en promedio. El aumento de la demanda de transporte en la RMBA en las últimas dos décadas según los datos existentes fue de poco menos del 2,5% anual.

La proyección de la demanda usando el crecimiento de la población en lugar de las proyecciones de crecimiento económico tiene dos ventajas. Por un lado las distintas proyecciones de crecimiento de población del país son muy coincidentes y por otro, dado las características del crecimiento poblacional, es posible extrapolar con buena precisión muchos años hacia delante. Adicionalmente, las tasas de crecimiento de la población parecen ser inferiores a las de crecimiento de la demanda, por ende no se corre riesgo de sobrestimar los beneficios del proyecto.

En síntesis, a partir de las proyecciones de población para las próximas décadas (ver Cuadro 11) se calcularon tasas de variación interanuales y se proyectó la demanda de transporte en esos mismos porcentajes.

⁸ www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2013/01/weodata/index.aspx

Cuadro 11. Tasas de crecimiento adoptadas para el Área de Estudio

Año	Tasa de crecimiento del país	Tasa de crecimiento del AE
2005	1,20%	1,68%
2010	1,08%	1,51%
2015	0,96%	1,34%
2020	0,84%	1,17%
2025	0,79%	1,10%
2030	0,68%	0,96%
2035	0,60%	0,84%
2040	0,51%	0,72%
2045	0,42%	0,59%
2050	0,32%	0,45%

Fuente: Elaboración propia en base a datos del MINCyT, ONU y CEPAL

La demanda para un día hábil típico del Año 0 (2018) es, según lo calculado previamente, de 215.980 pasajeros. A continuación se calcula la cantidad de pasajeros anuales para el nuevo ramal electrificado.

Cuadro 12. Cantidad de pasajeros anuales esperados para el Año 0

Pasajeros día típico junio Año 0	215.980
Cantidad de días típicos en junio	22
Factor mensual para junio	8,6%
Pasajeros anuales Año 0	55.250.749

Fuente: Elaboración propia

Partiendo de este valor para el año 0 se estimó la demanda para los años siguientes usando las tasas de crecimiento mencionadas previamente.

Cuadro 13. Proyección de la demanda

Año	Año del Proyecto	Demanda tota	Tasa de crecimiento interanual	Demanda FC - CP
2016	Año -2	134.103.300	1,16%	45.657.715
2017	Año -1	135.663.963	1,16%	45.657.715
2018	Año 0	137.242.787	1,16%	55.250.749
2019	Año 1	138.839.986	1,16%	55.893.744
2020	Año 2	140.455.773	1,16%	56.544.222
2021	Año 3	142.003.556	1,10%	57.167.324
2022	Año 4	143.568.395	1,10%	57.797.291
2023	Año 5	145.150.478	1,10%	58.434.201
2024	Año 6	146.749.996	1,10%	59.078.130
2025	Año 7	148.367.139	1,10%	59.729.154
2026	Año 8	149.787.828	0,96%	60.301.090
2027	Año 9	151.222.120	0,96%	60.878.503
2028	Año 10	152.670.147	0,96%	61.461.445
2029	Año 11	154.132.039	0,96%	62.049.968
2030	Año 12	155.607.930	0,96%	62.644.127
2031	Año 13	156.911.966	0,84%	63.169.102
2032	Año 14	158.226.930	0,84%	63.698.476
2033	Año 15	159.552.914	0,84%	64.232.286
2034	Año 16	160.890.010	0,84%	64.770.570
2035	Año 17	162.238.311	0,84%	65.313.365
2036	Año 18	163.401.027	0,72%	65.781.447
2037	Año 19	164.572.076	0,72%	66.252.884
2038	Año 20	165.751.518	0,72%	66.727.700
2039	Año 21	166.939.412	0,72%	67.205.918
2040	Año 22	168.135.819	0,72%	67.687.564
2041	Año 23	169.122.511	0,59%	68.084.783
2042	Año 24	170.114.993	0,59%	68.484.333
2043	Año 25	171.113.299	0,59%	68.886.228
2044	Año 26	172.117.464	0,59%	69.290.482
2045	Año 27	173.127.522	0,59%	69.697.107
2046	Año 28	173.903.117	0,45%	70.009.344
2047	Año 29	174.682.186	0,45%	70.322.979
2048	Año 30	175.464.746	0,45%	70.638.019
2049	Año 31	176.250.812	0,45%	70.954.471
2050	Año 32	177.040.399	0,45%	71.272.340

Fuente: Elaboración propia

2.4. Estimación de frecuencia

Cuadro 14. Estimación de la frecuencia

CON PROYECTO AÑO 0 - 2018			DEMANDA entre BERAZATEGUI y LA PLATA		
DEMANDA AÑO 0 entre CONSTITUCION y BERAZATEGUI			DEMANDA AÑO 0		
DEMANDA AÑO 0	215.980	pax día	DEMANDA AÑO 0	215.980	pax día
HP	8%	17.278	HP	8%	17.278
SENTIDO PRINCIPAL	69%	11.922	SENTIDO PRINCIPAL	69%	11.922
FRHP- SARANDI - V. DOMINICO	1,59		FRHP-BERAZATEGUI - PLATANOS	3,20	
PAX EN TRAMO MAS CARGADO SARANDI	7498	pax día	PAX EN TRAMO MAS CARGADO	3726	pax día
DIMENSIONES POR COCHE			DIMENSIONES POR COCHE		
Largo	20	m	Largo	20	m
Ancho	3	m	Ancho	3	m
Superficie	60	m2	Superficie	60	m2
Asientos	80	asientos	Asientos	80	asientos
Superficie libre	28	m2	Superficie libre	28	m2
PASAJEROS POR COCHE			PASAJEROS POR COCHE		
Pasajeros sentados	80	pax	Pasajeros sentados	80	pax
Factor de ocupacion	4	pax/m2	Factor de ocupacion	4	pax/m2
Pasajeros parados	112	pax	Pasajeros parados	112	pax
CAPACIDAD ESTATICA	192	pax	CAPACIDAD ESTATICA	192	pax
ESTIMACION DE FRECUENCIA			ESTIMACION DE FRECUENCIA		
Cantidad de coches mínima	39	COCHES/H	Cantidad de coches mínima	20	COCHES/H
COCHES POR FORMACIÓN	6	COCHES	COCHES POR FORMACIÓN	6	COCHES
FRECUENCIA	7	TRENES HORA	FRECUENCIA	4	TRENES HORA
INTERVALO	9	MINUTOS	INTERVALO	15	MINUTOS
Cantidad de coches a implementar	42	COCHES/H	Cantidad de coches a implementar	24	COCHES/H
CAPACIDAD	8.064	pax/h/sent	CAPACIDAD	4.608	pax/h/sent

Fuente: Elaboración propia



Cabe señalar que el factor de ocupación de 4 pax/m² genera un servicio de alta comodidad de manera que se mantiene una capacidad remanente que aún podría ser superada en algún tramo sin perder confort el servicio. Igualmente se toma como premisa para el año 0, brindar un servicio con el factor de ocupación expresado en los cálculos.

En el informe final se realizará un prediseño de servicios con el cual se realizará una estimación de flota necesaria para el proyecto.

3. Inversiones

Las inversiones necesarias para el proyecto de identificación se plantean en el presente punto identificando las características técnicas de cada componente.

3.1. Componente 1 – Ingeniería y Administración

Comprende los

- *estudios técnicos, económicos y socioambientales y documentos de licitación requeridos para ejecutar las obras y sistemas relacionados al programa;*
- *la administración, evaluación y monitoreo del programa;*
- *la contratación de las auditorías externas independientes.*

3.2. Componente 2 – Construcción y adecuación de las superestructuras ferroviarias

Electrificación

- i) Instalación de un sistema de catenaria de 50 kV ca para alimentar a los trenes eléctricos, con las correspondientes líneas de alimentación y protección, y los postes laterales a las vías con ménsulas móviles y fijas.

Las líneas de alimentación corren por encima del hilo de contacto, siendo la alimentación superior con bajadas (feeder) cada 500 metros. La catenaria está conformada por el hilo de contacto a 25 kV y la portadora, que sustenta el peso físico y las tensiones del hilo de contacto. La línea de protección es una puesta a tierra o pararrayos ubicada a un nivel superior de las demás líneas.

Se sustenta en postes de cemento con diámetro de 30 cm y bases de fundación de 1,20x1,20 m y 2 m de profundidad, aptas para soportar tensiones de 3 tn de los cables y vientos de 100 km/h.

Las ménsulas se fabrican localmente, constituidas por elementos de acero galvanizado para sujetar al hilo de contacto y la catenaria.

Imagen 15. Sistema de Electrificación por catenaria con las LS LF



Fuente: Elaboración Propia

Las Líneas de Fuerza (trifásica) y de Señales (monofásica) corren respectivamente con la vía ascendente y la descendente, llevando 13,2 kVca.

Los hilos de contacto de cobre de máxima pureza se colocan en tiras de hasta 1.600 m de longitud y en los extremos se colocan tensores que generan contrapeso para alcanzar la tensión adecuada. El comienzo de una nueva tirada y el fin de la anterior se superponen en tramos de 50 m de longitud.

Desde el km 3,945 al 52,800 se tienen aproximadamente 98 km de electrificación, sin considerar las vías de sobrepaso.

- ii) Electrificación de las nuevas plataformas en la estación Plaza Constitución para recibir los nuevos trenes eléctricos.

Se planea electrificar 4 plataformas de las vías 9 a 12, vía Quilmes - La Plata, compuestas por 1.750 ml de electrificación. Las vías 7 y 8 actualmente operando con trenes diesel pero con andenes altos, están en proceso de electrificación; son la salida a las vías 1 y 2 vía Temperley y Florencio Varela y Bosques.

- iii) Subestación transformadora alimentada en 132 kVca desde la Red Pública (EDESUR).

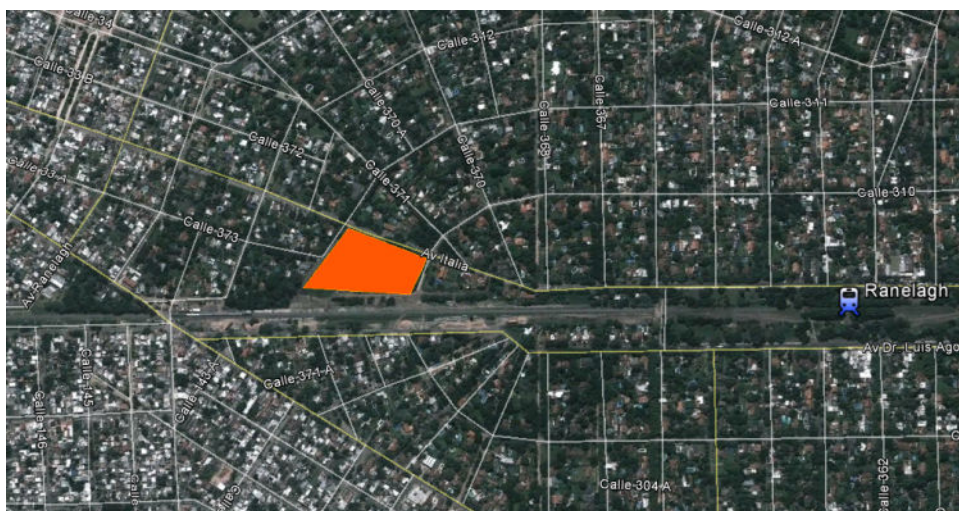
La diferencia de potencial entre riel e hilo de contacto es de 25 kV ca, de hecho el sistema es 25kV 50 Hz. La alimentación es a 50kV ca, y con autotransformadores se divide esta tensión en dos vectores de 25kV.

La subestación alimentadora se ubicaría en la playa de vías de Berazategui donde se contempla la posibilidad de lograr la transformación directa a 25 kV ca, pero dicho proyecto todavía no se ha aprobado. Se ha evaluado también su ubicación en Pereyra o Ranelagh, cerca del paso a nivel de avenida Eva Perón ex Sevilla donde la zona de vía es ancha.

Cada aproximadamente 25 km debe colocarse una nueva subestación, resultando Berazategui una ubicación ideal por ser baricéntrica, mientras que Pereyra o Villa Elisa, más cercanos a La Plata, carecen de esta característica. Localizando los equipos en Ranelagh podría alimentarse el ramal mediante las líneas necesarias desde un punto baricéntrico.

El problema que presenta Ranelagh es la superficie angosta de la zona de vía. En un tramo dispone de 50m de ancho por 200m de largo, con la vía doble en el centro. La superficie necesaria para la subestación se estima en 20.000m² (actual Subestación Temperley posee 16.000m²). En este sentido, cabría la posibilidad de expropiar una manzana lindera a la vía cerca del paso a nivel Eva Perón ex Sevilla, manzana que da a las vías y a la Av. Italia entre las calles 310 y 311.

Imagen 2. Predio propuesto cercano a la Estación Ranelagh



Fuente: Elaboración Propia

La subestación alimentará a dos secciones diferentes y en los cambios de sección se colocan tramos neutros, es decir, tramos de línea de contacto no conductora, una por vía, de unos 8m de largo. Cada 10 km se prevén tramos de seccionamientos donde se puede interrumpir la alimentación de energía para facilitar las tareas de mantenimiento.

Señalización y Telecomunicaciones

- i) Instalación de un nuevo sistema de señalización de bloqueo automático entre las estaciones Avellaneda y La Plata.

El sistema pensado en UGOFE posee igual interfase que el del tramo Constitución – Temperley, que consiste en semáforos de 4 aspectos. Está constituido por un sistema eléctrico, con enclavamientos eléctricos y lógica a través de relés, reservando la electrónica para los mímicos y la interfase operativa. Desde la Secretaría de Transporte se propone que todo el sistema sea electrónico, pero existen reparos por la dependencia tecnológica consecuente así como una esperable obsolescencia dentro del mediano plazo.

En el troncal principal la señalización es eléctrico automática y luminosa de 4 aspectos.

La interfase con el conductor es a través de señales fijas realizadas por semáforos de 4 focos que emiten 4 aspectos (luz roja, luz anaranjada primera, luz anaranjada segunda y verde) ubicadas cada 400m. De esta manera se alcanzan intervalos teóricos (headways) de 3 minutos y prácticos de 3 minutos 20 segundos, con recubrimiento doble en todo el corredor (dos señales a peligro detrás de cada tren), aplicando lo dispuesto en el Reglamento Interno Técnico Operativo (RITO) de Ferrocarriles Argentinos.

Imagen 3. Señales de 4 aspectos. Las señales en primer plano son semiautomáticas y corresponden a la entrada Sur a Temperley desde Glew. A la izquierda pueden verse señales de tres aspectos que llevan a vías de playa, y debajo un panel de 9 focos el cual actúa como repetidor de una señal posterior no visible. En segundo plano puede verse una señal exhibiendo aspecto precaución, un solo foco amarillo.



Fuente: Elaboración Propia

Las maniobras se controlan con señales denominadas enanas de 3 focos que emiten 2 aspectos: maniobra permitida o peligro.

Imagen 5. Señal enana de 2 aspectos exhibiendo peligro



Fuente: Elaboración Propia

Las máquinas de cambio son eléctricas con encerrojamiento interno.

Imagen 6. Máquina de cambio eléctrica Nypon Signal



Fuente: Elaboración Propia

Las timonerías son sencillas, existiendo planos de la GVO (Gerencia de Vías y Obras) de Ferrocarriles Argentinos. Se consiguen en Japón y también son fabricadas localmente.

La seguridad se garantiza con un sistema de ATP (Automatic Train Protection) *puntual* que actualmente funciona solamente para trenes eléctricos ya que el material tractivo diesel-eléctrico carece de antenas para comunicarse con dicho sistema.

El sistema es *puntual* porque verifica la velocidad de marcha de las formaciones cuando pasan por una señal. Si la velocidad de marcha supera la permitida, se aplica el freno de servicio, de emergencia o de peligro según la instancia de la señal.

Físicamente el sistema funciona con bobinas de vía. Cada señal fija tiene asociada una bobina de vía ubicada entre los rieles de la vía y al pie de la señal.



BID

ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA
ELECTRIFICACIÓN DEL CORREDOR PLAZA
CONSTITUCIÓN – LA PLATA, LÍNEA ROCA.

ESTIMACIÓN DE DEMANDA
Y EVALUACIÓN ECONÓMICA
–PRELIMINAR –

AC&A
INGENIEROS ECONOMISTAS PLANIFICADORES

Imagen 7. Bobina ATP puntual origen japonés



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 8. Juntas aislantes de riel (bridas de color amarillo) con una bobina de origen nacional



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 9. Bobina de origen nacional



Fuente: Elaboración Propia

Los trenes eléctricos tienen incorporadas antenas que al pasar sobre las bobinas son capaces de recibir una señal con información sobre la velocidad máxima permitida.

La señalización automática es eléctrica y se trata de un sistema robusto con relés y enclavamientos eléctricos.

Las vías tienen juntas aislantes de riel para separar los circuitos de vía. Los circuitos trabajan con una diferencia de potencial de 12 volts entre riel y riel, con corriente alterna de 25 ciclos. También se encuentran cajas de impedancia para el retorno de las corrientes de tracción.

En las vías electrificadas se tienen líneas de señales (LS), que son líneas de alimentación eléctrica para las cabinas de señales y para el sistema de señales propiamente dicho. La tensión de estas líneas es de 13.200 Volts, por lo que existen transformadores para la reducción del voltaje de alimentación a los equipos.

En Plaza Constitución se tiene un puesto central de señalización con un mímico que permite ver el avance de los trenes a través del número de tren. En Empalme Pavón se encuentra una cabina de señales semiautomáticas.

Desde el Empalme Pavón hacia La Plata, se encuentra una interfase de dos señales semiautomáticas entre el sistema automático de la vía cuádruple y el sistema mecánico manual del ramal Avellaneda - La Plata.

El sistema automático que se está evaluando incorporar para esta línea es un sistema con una interfase similar (semáforos de cuatro aspectos), con una base eléctrica por relés, pero con comandos y mesas electrónicas. Una ventaja del sistema electrónico es la posibilidad de eliminar en ciertos casos las juntas aislantes de riel y de hacer que el sistema sea continuo en lugar de puntual.

Entre Empalme Pavón y La Plata la señalización es mecánica y manual. Cada estación regula la corrida de los trenes y las secciones de bloqueo son de estación a estación en lugar de ser de señal en señal como en el caso del bloqueo automático, donde los aspectos de las señales son determinados por la propia circulación.

La transmisión de los movimientos a los aparatos de vía es mecánica, con fuerza humana y las señales están compuestas por semáforos de brazos de dos posiciones mientras que las señales de distancia no se suelen utilizar.

El sistema no tiene seguridad ya que la responsabilidad recae solamente en los conductores, en cuanto a obedecer al aspecto mostrado por las señales.

ii) Reemplazo de las barreras manuales existentes por barreras automáticas.

El reemplazo de las barreras manuales por automáticas sería parte componente de la obra de señalización. Una obra semejante se ha realizado entre Glew y Alejandro Korn, en la cual se ha instalado la nueva señalización eléctrica luminosa con semáforos cada 400 m para permitir intervalos de 3 min; en paralelo se utilizan los circuitos de vía de la señalización para el accionamiento y libranza de las barreras automáticas de los pasos a niveles.

iii) Nuevo sistema de telecomunicaciones.

Se compone por un tendido de fibra óptica paralelo a la línea férrea compuesto por 3 planchas de tritubos que permiten el pasaje de fibra óptica en 9 tuberías. Una de esas tuberías se contrata a terceros y tres de ellas quedan para un sistema interno de telefonía y banda ancha. Las canalizaciones existentes no poseen un buen estado, con lo cual son muy frecuentes los cortes involuntarios del servicio. La nueva obra debería asegurar que las planchas de tritubos se coloquen enterradas a la profundidad normada (mayor a 1,20m del suelo) y con recubrimiento de hormigón para prevenir el vandalismo.

Remodelación y readecuación de estaciones

- i) *Mejora del diseño y desempeño funcional de las estaciones del ramal, incluyendo la elevación de las plataformas de 19 estaciones y la adecuación de las puertas y de las escaleras del material rodante diesel existente para poder operar con plataformas elevadas en la etapa de transición entre ambos sistemas de tracción.*

Se trata de la elevación de andenes en 19 estaciones, dos andenes por estación salvo Plaza Constitución donde serán 4 andenes, y en Quilmes y Berazategui donde serán 3 andenes, obteniendo un total de 42 andenes a elevar.

Los andenes poseen una longitud de 250 m y un ancho entre 2 y 3 m. Se construyen con elementos premoldeados llevando en su nariz baldosones de peligro, una hilera de baldosones de precaución y en el centro, una guía para ciegos. Los premoldeados miden aproximadamente 5 m de longitud y se colocan sobre vigas transversales al andén que descargan sobre dos pilotines de 2 m de profundidad. Las vigas llevan aberturas por donde corren tuberías de PVC de 110 mm en reserva para pasaje de cables y demás elementos. Las balaustradas o barandas son piezas premoldeadas o barandas de acero de diseño estándar.

Las estaciones remodeladas son sometidas a pintura y en caso de no haber accesos pavimentados, se les construye una vereda perimetral a todo el cuadro. Se colocan bancos, apoyos isquiáticos, señalética y luminarias.

La adecuación de los coches remolcados diesel consiste en eliminar el escalón más bajo que es postizo estando abulonado a la carrocería. El escalón intermedio se mantiene, con un marco de perfil ángulo y con una malla en su interior se nivela el acceso al coche. Este panel se coloca soldado a nivel del piso interior en el espacio del coche reservado para la escalerilla, de forma que quede nivelado y evitando el hueco con el andén. Por último, las puertas no sufren ningún tipo de modificación.

Para 9 formaciones de 5 coches asignadas a este ramal, 45 coches serán intervenidos. Los furgones no necesitan este trabajo pues su piso ya está a nivel. Se trata de 6 puertas individuales por coche y por lado (1+2+2+1) para clase única y 5 por coche furgón (1+2+2). Considerando un coche furgón por formación se obtienen un total de 58 puertas por formación, totalizando 522 puertas para las 9 formaciones.

Renovación y Mejoramiento de Vías y Aparatos de Vía

Comprende la construcción de 15km de vía simple (única) para permitir el sobrepaso de trenes, la renovación de 2,2 km de vía doble entre Ringuelet y Tolosa y el mejoramiento de 30 km de vía doble (km 20 al km 35). Incluye la renovación de 100 aparatos de vía.

Análisis de las renovaciones de vía

Para el caso de la renovación de vías sólo se ha considerado el tramo Ringuelet - Tolosa. Aunque los tramos que requieren intervención urgente son además de éste, el tramo City Bell – Ringuelet, el tramo Tolosa - La Plata al igual que la renovación de vías en los dos andenes de la estación de La Plata. Los cuales suman 1 km de vía. Se considera que estos tramos se renovarán previo a la realización del presente proyecto.

Vías de sobrepaso

Las vías de sobrepaso estudiadas hasta el momento suman 7 km de vía simple.

La vía más importante estará en el tramo de 4 km de longitud entre Villa Elisa y City Bell. Esta vía se construiría aprovechando las bases de las vías terceras de Villa Elisa y City Bell. Entre ambas estaciones debería construirse el terraplén elevado mientras que en el tramo central, un puente de tres tramos con 15m de longitud cada uno. Las pilas existentes ya contemplan esta ampliación. La actual vía ascendente se convertiría en una vía banalizada de sobrepaso, con adecuada señalización.

El segundo tramo en importancia de 1,5 km se ubicaría en Tolosa, entre la estación y la punta norte del cuadro (reconocida como vía de prueba) y sería una vía para desviar las formaciones con problemas.

El tercer tramo de 1,1 km corresponde a la estación Quilmes, donde convirtiendo la vía tercera en vía descendente y la actual descendente en desvío dinámico, se pretende una vía de sobrepaso con andén.

El último tramo de casi 800m corresponde al viaducto Sarandí, donde se pretende aprovechar la vía tercera prevista. El proceso sería convertirla en ascendente, y la actual ascendente en tercera con acceso desde ambas vías.

Se considera que los restantes 8 km de vías a construir serán determinados con posterioridad según las necesidades planteadas en el funcionamiento de la línea.

Mejoramiento de vía

Se consideran el mejoramiento de 30 km de vía doble entre las progresivas 20 y 25.

Renovación de Aparatos de Vía

Se contemplan 100 aparatos de vía, de los cuales 19 se colocarían en Plaza Constitución, 9 en Avellaneda, 6 en la nueva vía de 'sobrepaso' Sarandí, 6 en la de Quilmes, 6 en la de Villa Elisa, 6 en la de Tolosa, 4 en Wilde, 4 en Bernal, 8 en Quilmes, 8 en Berazategui, 4 en Hudson, 5 en Villa Elisa, 9 en Tolosa y 6 en La Plata. Algunos pocos serían cruces oblicuos (empalmes Pavón o Villa Elisa). El Empalme Berazategui no fue considerado, pues la UGOFE ya adquirió los mismos.

Talleres y Depósitos

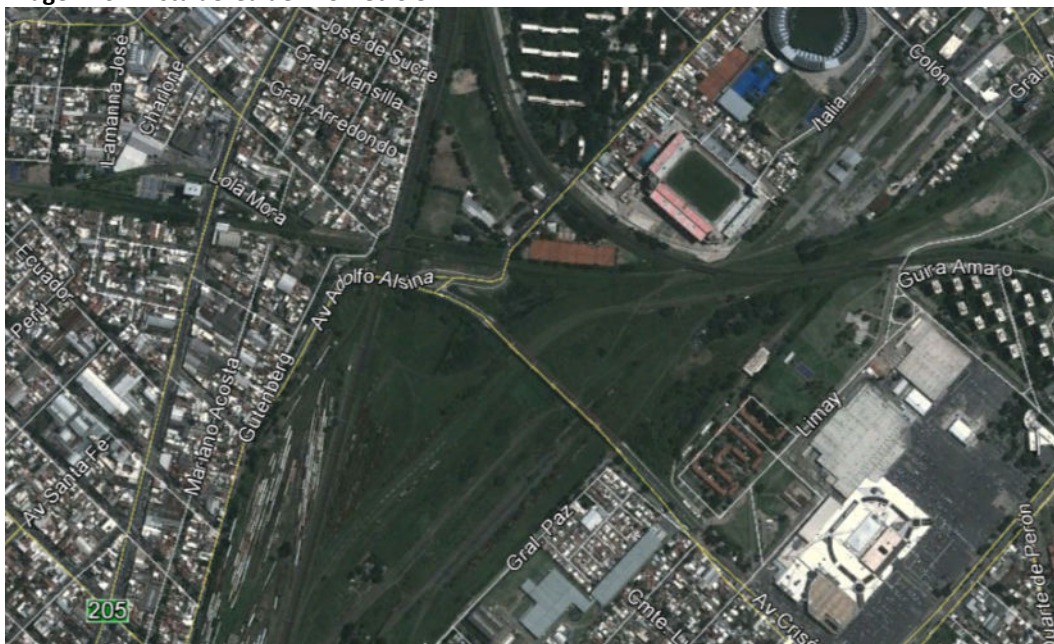
Comprende la construcción y equipamiento del taller de mantenimiento para los coches eléctricos en un lugar del patio Kilómetro 5 (Kilo 5) incluyendo la ampliación y adecuación del depósito de alistamiento de coches localizado en Tolosa.

Actualmente para acceder a Kilómetro 5 debe ingresarse desde Plaza Constitución. Se debe acceder por las vías 3 y 4, habiendo un solo enlace para el acceso desde el norte y otro desde el sur. Debería contemplarse la duplicación de este acceso desde el norte, pues una falla en la única vía complicaría la evacuación o ingreso de las formaciones.

Como naves industriales se podría considerar un galpón de 250 m de largo por 40m de ancho aproximadamente, con vías a la intemperie. Con 25 vías de 600m de longitud se obtendrían 15.000 metros lineales de vías.

El caso de Tolosa es semejante, con una cantidad de vías posibles similar. No se disponen datos para la reparación de las naves existentes y los galpones y la playa se encuentran desmantelados.

Imagen 10 - Vista aérea de kilómetro 5



Fuente: Elaboración Propia

Cercos

Comprende la construcción de un cerco perimetral a lo largo de la vía. Se trata de una defensa continua de hormigón armado tipo Nueva Jersey vial. El cerco debería ser construido entre el sur de Sarandí y Tolosa, ya que entre Tolosa y La Plata ya existe un cerco artístico. Siendo una longitud estimada de 40 km de traza, es decir 80 km de cerco.

En algunos sectores se considera necesaria la colocación adicional de una malla Schullmann, sumando así 1,5m de altura a la cerca de hormigón, por lo cual se consideran 40 km lineales de malla, es decir 20 km de la longitud del ramal.

3.3. Componente 3 - Construcción y adecuación de la infraestructura ferroviaria

Construcción y adecuación de viaductos

Contempla dos obras: el nuevo Viaducto Ringuelet de 2,2km para solucionar los problemas de inestabilidad de la infraestructura básica entre Ringuelet, y Tolosa, y la rehabilitación del Viaducto Sarandí.

La zona más comprometida del tramo (según estadísticas informales) es la curva ubicada entre Ringuelet y el Arroyo El Gato (km 48,660), pero los estudios presentaron suelos de poca resistencia en todo el tramo de 2,2 km, de donde se proyecta el tratamiento en toda la longitud para dar al problema una solución definitiva.

El caso del viaducto de Sarandí, donde los arcos de los puentes de las avenidas Güemes y Mitre, probablemente deban reconstruirse. Se trata de cinco puentes para dos vías (o 10 puentes) de 40 m de longitud promedio.



Descripción del viaducto de Sarandí

Comienza en el puente de la calle Güemes y culmina cerca de la Estación Sarandí en el puente de la calle Mitre.

Prog. eje Pte. Güemes km 6,021.

Prog. Pte. calle Mitre km 7.515.

Diferencia: 1.494m

Los puentes son estructuras independientes del viaducto, pero se considera como parte del mismo. Entonces se suma la distancia del eje de cada puente al borde exterior al viaducto.

Medio Largo Pte. Calle Güemes: $112\text{m}/2 = 56\text{m}$

Medio Largo Pte. Calle Mitre: $122\text{m}/2 = 61\text{m}$

Por lo cual el total del viaducto es de 1.611 m.

La estación Sarandí es elevada y con estructura de Viaducto.

Desde el eje del Puente de la calle Mitre hasta el eje del puente de la calle Cramer (al sur de Sarandí): $(\text{km}7.800 - \text{km}7.515) = 285\text{m}$

Desde el eje de la calle Cramer hasta la unión del viaducto con el terraplén hay 70 m, entonces se alcanza un total de 355m de viaducto.

Sumando $1.611 + 355 = 1.966\text{ m}$ totales de viaducto de HºAº. No incluye terraplenes ni puente del Canal Sarandí, que esta fuera del tramo de HºAº.

Recuperación de obras de arte

Comprenderá la adecuación de puentes, alcantarillas, y demás obras de arte a lo largo de la línea mediante tareas de reparación, reposición de elementos y limpieza en la infraestructura (apoyos, estribos) y superestructura (tableros, vigas).

La UGOFE subcontrató el estudio de todas las obras de arte de la Línea Gral. Roca. Según los informes, las que se encontraban en peor estado fueron reparadas o cambiadas, y próximamente se ejecutarán tareas en las alcantarillas del tramo City Bell - Gonnet. Las mismas son de tablero abierto, lo cual implica un mantenimiento costoso a ambos lados, además de poseer fijaciones rígidas y carecer de balasto o amortiguadores de impacto. Debido a la diferencia en el módulo de elasticidad

de la vía es aconsejable la eliminación de las alcantarillas o puentes de tablero abierto. Lo ideal sería el reemplazo por puentes de tablero cerrado, de forma de independizar la superestructura de vía de las vigas de los puentes.

Imagen 11. Alcantarilla km 44,642 de tablero abierto



Fuente: Elaboración Propia

Las obras de arte en el corredor que deberían repararse o cambiarse son:

Cuadro 15. Listado de alcantarillas a reparar o cambiar

PROG.	DENOMINACIÓN
8,015	Alcantarilla 1,40 M De Luz
9,547	Alcantarilla 1,00 M De Luz
9,809	Entubamiento Arroyo Santo Domingo - 2 celdas de Hº Aº de 5,10 x 2,20 m
10,371	Puente S/ Arroyo Chico De 5 M De Luz
10,567	Alcantarilla 2 M De Luz
10,580	Alcantarilla 2 M de Luz
11,226	Alcantarilla 2,00 M De Luz
12,830	Alcantarilla 2 M De Luz
12,855	Alcantarilla 2,00 M De Luz
13,160	Alcantarilla 2,00 M De Luz
13,175	Alcantarilla 2 M De Luz
13,460	Alcantarilla 2,00 M De Luz c/ 2 caños de 0,60 M
16,147	Alcantarilla 1 M De Luz c/ caño 0,25 M
16,590	Alcantarilla 1,00 M De Luz c/ caño 0,25 M
16,614	Alcantarilla 2,00 M De Luz
17,371	Alcantarilla 2 M De Luz
18,877	Alcantarilla 2,00 M De Luz Calle Dorrego

PROG.	DENOMINACIÓN
19,666	Alcantarilla 2,00 M De Luz c/ 2 caños de 0,40 M Calle Dorrego
20,530	Alcantarilla 2 M De Luz
21,482	Alcantarilla 2 M De Luz
21,502	Alcantarilla 2,00 M De Luz
24,950	Alcantarilla 2,00 M De Luz c/ caño 0,60 m
27,003	Alcantarilla 2,00 M De Luz
27,765	Alcantarilla 2,00 M De Luz
27,905	Alcantarilla 2,00 M De Luz
29,180	Alcantarilla 2,00 M De Luz
29,405	Alcantarilla 2 M De Luz
30,704	Puente 5,00 M De Luz (abierto) s/ Arroyo seco
32,498	Puente 2 Tr. De 5,00 - 6,40 M De Luz (abierto) s/ Arroyo
34,383	Alcantarilla 2,00 M De Luz c/ caño 0,80 M
35,017	Puente S/ Arroyo Pereyra 3 Tr. De 9,90 - 9,90 - 9,90 M De Luz (abierto)
36,304	Alcantarilla 2,00 M De Luz
36,627	Alcantarilla 2,00 M De Luz c/caño 0,80 M
37,182	Alcantarilla 2,00 M De Luz
37,353	Alcantarilla 2,00 M De Luz
38,956	Alcantarilla 2,00 M De Luz
38,977	Alcantarilla 2,00 M De Luz
40,554	Alcantarilla 4,00 M De Luz S/ Arroyo Carnaval (cerrado)
42,375	Alcantarilla 2 M De Luz c/ 2 caños de 0,60 M
43,237	Alcantarilla 2,00 M De Luz Calle Güemes
44,099	Puente S/ Arroyo Rodríguez 3 Tr. De 10,00 - 10,00 - 10,00 M De Luz (abierto)
44,642	Puente S/ Arroyo San Carlos 2 Tr. De 6,55 - 6,55 M De Luz - Calle 487 (abierto)
45,103	Alcantarilla 2,00 M De Luz - Calle 491 (abierto)
46,277	Alcantarilla 2,00 M De Luz
47,737	Alcantarilla 3,00 M De Luz
48,028	Alcantarilla 3,00 M De Luz
48,660	Puente S/ Arroyo El Gato 4 Tr 10,40 - 10,40 - 10,30 - 10,30 - M De Luz (abierto)
48,874	Alcantarilla 2 M De Luz c/caño 1,00 M
49,520	Puente S/ Calle 520 31 M De Luz (HºAº)
50,945	Alcantarilla 2,00 M De Luz

Fuente: Elaboración Propia en base a información de UGOFE.

Pasos bajo nivel

Se incluirá la construcción de dos pasos bajo nivel con alto tránsito automotor en la ciudad de La Plata.

Se trata de los cruces de la avenida de circunvalación, calle 532 y calle 32, los cuales reciben parte del caudal de la Autopista Buenos Aires - La Plata. Ambas arterias forman un par de circulación y poseen un boulevard central, entre ambas, que facilitaría la construcción de las rampas. Se trata de dos cruces de dos carriles por mano.

Obras suplementarias para drenaje

Este rubro abarca la adecuación de drenajes de vía.

Los tramos que requerirían de drenaje o adecuación de los mismos, se encuentran entre Tolosa y La Plata, que por correr el tendido ferroviario entremedio de la avenida 1, y por carecer de cunetas laterales, posee un drenaje de entrevías que funciona. Fue reconstituido en 2010 y posee tramos nuevos de PVC reforzado ranurado de diámetro 25 cm, y tramos de caños en cerámica de 1908, con junta floja como coladera.

El tramo km 1,000 - km 4,000 y el tramo km 6,021 - km 7,800, al estar en viaducto cerrado, también debería tener drenaje en buen estado. Estos tramos presentan problemas de filtraciones que evidencian el mal funcionamiento de los drenajes.

4. Costos de Inversión

4.1. Componente 1 – Ingeniería y Administración

Los siguientes trabajos se estiman en un costo total de **USD 5.000.000**:

- *estudios técnicos, económicos y socioambientales y documentos de licitación requeridos para ejecutar las obras y sistemas relacionados al programa;*
- *administración, evaluación y monitoreo del programa;*
- *la contratación de las auditorías externas independientes.*

4.2. Componente 2 - Construcción y adecuación de las superestructuras ferroviarias

Electrificación

Comprenderá:

- la instalación de un sistema de catenaria de 50 kV ca para alimentar a los trenes eléctricos, con las correspondientes líneas de alimentación y protección, y los postes laterales a las vías con ménsulas móviles fijas.
- Electrificación de las nuevas plataformas de Constitución.
- Subestación transformadora alimentada en 132 kVca desde la Red Pública (EDESUR).

Se considera un costo de USD 800.000 IVA incluido por km de vía simple electrificada, incluyendo los postes, ménsulas, líneas auxiliares, subestación y la catenaria en sí, con sus seccionadores, sea el caso de las vías 1 y 2 entre Plaza Constitución y Terminal Yrigoyen que incluye la subestación. Con este dato, los 98 km de electrificación con la subestación, alcanzan los USD 78.400.000. Considerando los 7 km de vías de sobrepaso, se llega a **USD 84.000.000**.

Señalización y Telecomunicaciones

- Instalación de un nuevo sistema de señalización de bloqueo automático entre las estaciones Avellaneda (empalme Pavón) y La Plata.
- Reemplazo de las barreras manuales existentes por barreras automáticas.
- Nuevo sistema de telecomunicaciones.

El costo final, IVA incluido, de las obras de señalización dado por UGOFE es de USD 1.000.000 por km (1 km de vía doble equivalente a dos km lineales de vía).

En este caso el tramo km 0,000 – km 3,945 no sería incluido en la nueva obra. El tramo entre los km 3,945 y 5,500, donde hay dos cantones semiautomáticos sería conservado para efectuar la transición del sistema, considerado por haber una intervención en el mismo. De la diferencia entre km 52,800 y km 3,945, se obtienen km 48,900 metros de vía doble, lo que equivale aproximadamente a 98 km lineales de vía, alcanzando un costo de USD 98.000.000.

Al agregar la señalización de los 7 km de vía de sobrepaso banalizada, resultan USD 7.000.000 adicionales, que totalizarían **USD 105.000.000**.

El precio incluye vía corrida para 3' con una estación de tres andenes cada 10 km aproximadamente, con el tendido de Fibra Óptica incluido, que llevan cierto equipamiento en cada estación.

Remodelación y readecuación de estaciones

Se trata de la mejora del diseño y desempeño funcional de las estaciones del ramal, incluyendo la elevación de las plataformas de 19 estaciones y, paralelamente, la adecuación de las puertas y de las escaleras del material rodante diesel existente para poder operar con plataformas elevadas en la etapa de transición entre ambos sistemas de tracción.

El precio por cada estación de dos andenes es aproximadamente de USD 2.000.000. Considerando a Plaza Constitución como dos estaciones y a Quilmes y a Berazategui juntas como a tres estaciones, tendríamos $16 + 2 + 3 = 21$ estaciones equivalentes, que a razón de USD 2M cada una, nos da un total de USD 42.000.000.

Considerando 522 puertas para las 9 formaciones con un valor de de \$2.000 por puerta, el costo total resultaría de USD 200.000⁹.

El total ascendería así a **USD 42.200.000**.

Renovación y Mejoramiento de Vías y Aparatos de Vía

El precio del kilómetro de vía simple con durmientes de hormigón pretensado, IVA incluido, es de \$ 9.000.000, precio que no incluye la provisión de los rieles pues su compra la hace la UGOFE en forma conjunta para varias obras. A valores presentes de cotización del Dólar, resulta el precio de USD 1.700.000¹ el km sin la provisión de los rieles.

Considerando los 4,4 km lineales entre Ringuelet y Tolosa (sobre el viaducto), los cuales se corresponden con el terraplén inestable, más los 15 km lineales de vía para sobrepasos tenemos USD 33.000.000.

En el caso de los aparatos de vía, el costo es muy variable, pero se analiza la utilización únicamente de desvíos simples con tangente 1:12. Los mismos tienen un costo de € 85.000¹⁰. La nueva política de UGOFE motivada por la Secretaría, es que la compra de los aparatos de vía sea realizada por la UGOFE quien los entrega a las empresas contratistas. El costo de la obra de colocación de un aparato de vía tiene un costo del orden del doble del valor del aparato de vía a colocar. No existe mucha experiencia sobre obras de este tipo por lo que se considera que la provisión de un aparato de vía sin mayor error y en dólares precios CFR Bs As es de USD 110.000. La colocación la consideramos en USD 220.000 por AdV.

El costo de provisión y colocación de los aparatos de vía considerando 100 desvíos con tangente 1:12 arroja un total de USD 33.000.000.

⁹ Banco de la Nación Argentina cotización al 6/6/2013 - USD = \$5.261

¹⁰ Banco de la Nación Argentina cotización al 6/6/2013 - € = \$6.9582

Por último el mejoramiento de vía que incluye el mecanizado de la vía más la provisión y colocación de elementos de reposición, tiene un precio del orden de \$ 3.600.000 el kilómetro lineal, es decir USD 684.000 el kilómetro lineal.

Así, el mejoramiento de vía doble entre los km 20 al 35 (30 km lineales), posee un costo de USD 20.400.000.

Para el presente rubro de vías, se presenta un total es de **USD 86.400.000.**

Talleres y Depósitos

Como naves industriales se podría considerar un galpón de 250m de largo por 40m de ancho aproximadamente, con vías a la intemperie. El costo de las vías supone que sean construidas 25 vías de 600m de longitud resultando 15.000 m lineales. El costo de las vías sería de USD 18.000.000, considerando un costo algo menor por tratarse de vías en playa.

El costo de los talleres y equipamiento para el mantenimiento en “Kilometro 5” y la ampliación y adecuación del depósito de alistamiento de Tolosa se estiman en un costo de USD 13.500.000.

De este modo el costo de talleres y depósitos llega a **USD 31.500.000.**

Cercados

La longitud de cercos necesaria sería de cerca de 80 km, utilizando paneles premoldeados de 4m de longitud. La colocación se realizara con un camión hidrogrúa y 6 operarios. El rendimiento es bajo, de 40 m por día, ya que hay que acoplar los premoldeados entre si y nivelar el terreno.

La longitud de cerco necesaria sería de cerca de 80 km. Los paneles premoldeados de 4 m de longitud tienen un costo aproximado de USD 400. El costo de provisión ascendería entonces a USD 8.000.000.

El costo de colocación de los paneles premoldeados se estima en USD 2.700.000

Asimismo se estima la necesidad de colocar malla Schullmann por encima de los paneles premoldeados, la cual tiene 1,5m de altura. Su costo por metro lineal incluyendo la colocación es de 20 dólares, considerando la colocación de 40 km de malla, su costo es de USD 800.000.

Por lo tanto el ítem Cerco alcanza un costo total de **USD 11.500.000.**

Supervisión

El costo de Supervisión de obra se estima en un 5% de las obras a supervisar por lo tanto el mismo sería de **USD 19.000.000.**

4.3. Componente 3 - Construcción y adecuación de la infraestructura ferroviaria

Construcción y adecuación de viaductos

El costo del viaducto Ringuelet fue estimado en otra oportunidad en \$250.000.000, o sea USD 48.000.000¹¹.

La rehabilitación del Viaducto Sarandí se estima en USD 9.600.000.

Sumando así para la construcción y adecuación de viaductos **USD 57.600.000.**

Reparación de obras de Arte.

Se computa la reparación de 60 obras de arte. La cantidad de reparaciones presenta una importante divergencia de costos debido al tipo de reparación y la envergadura de la misma. Ante esta amplitud de tipo de reparaciones se estima un costo unitario medio por obra de arte de 200.000 USD. Siendo el total de **USD 12.000.000.**

Pasos bajo Nivel La Plata.

Según la información brindada por PTUMA en su página web¹², el costo del Paso Bajo Nivel en la Av. Henry Ford en el Partido de Tigre realizado en 2012 con un costo de \$59.766.000 y el PBN en la Calle Lisandro de la Torre del Partido de 3 de Febrero también del año 2012 con un costo de \$85.887.839, en base a estas obras ejecutadas se estimo un costo medio de PBN, cabe destacar que el realizado en la calle Lisandro de la Torre consta de 6 puentes ferroviarios. Por lo cual se obtiene un valor medio actualizado de USD 15.000.000 por PBN. La realización de los dos PBN en La Plata, tendrá un costo total de **USD 30.000.000.**

Obras suplementarias Drenaje.

El costo de drenaje se encuentra incluido en las obras de vía. Por lo cual solo se incluye el costo únicamente de las obras suplementarias. Estimando un costo total del rubro de **USD 5.000.000.**

Supervisión

El costo de Supervisión de obra se estima en un 5% de las obras a supervisar por lo tanto el mismo sería de **USD 6.000.000.**

4.4. Componente 4. Viabilización Socio Ambiental.

Se consideran los costos de mitigación de impactos por un monto de **USD 3.000.000.**

¹¹ Banco de la Nación Argentina cotización al 6/6/2013 - USD = \$5.261

¹² <http://www.ptuma.gob.ar/areas/amba/index.html>

4.5. Costo total del proyecto

Cuadro 16. Costo total del proyecto. Incidencia por componente

COMPONENTE	MONTO US\$millones	%
1. Ingeniería y Administración	5	1,00
2. Construcción y adecuación de las superestructura ferroviarias	379,6	76,19
2.1 Electrificación	84	16,86
2.2 Señalamiento y Telecomunicaciones	105	21,08
2.3 Estaciones	42,2	8,47
2.4 Renovación y Mejoramiento de Vías y Aparatos de Vías	86,4	17,34
2.5 Talleres y Depósitos	31,5	6,32
2.6 Cercos	11,5	2,31
2.7 Supervisión	19	3,81
3. Construcción y adecuación de la infraestructura ferroviaria	110,6	22,20
3.1 Viaductos	57,6	11,56
3.2 Reparación de Obras de Arte	12	2,41
3.3 Pasos Bajo Nivel La Plata	30	6,02
3.4 Obras Suplementarias Drenaje	5	1,00
3.5 Supervisión	6	1,20
4. Viabilización Socio Ambiental	3	0,60
TOTAL	498,2	100,0

Fuente: Elaboración Propia

5. Costos de inversión en proyecto similares.

5.1. Costos de proyectos ferroviarios similares

Construcción y electrificación línea GuiGuang¹³

El proyecto consiste en la construcción de la denominada Línea GuiGuang, una nueva vía ferroviaria doble electrificada de aproximadamente 857km que corre entre la ciudades de Guiyang (provincia de Guizhou) y Guangzhou (provincia de Guangdong), en China. Adicionalmente se provee de asistencia técnica relacionada al proyecto.

Plazo del proyecto: 2009 a 2015

Monto total: 12,527 M USD

Costo estimado del kilómetro de construcción y electrificación de vía doble: 14,6 M USD/km

Electrificación ferrocarril Marakand-Karshi¹⁴

El proyecto comprende la electrificación de 140 km de vía ferroviaria entre Marakand y Karshi, en Uzbekistán. Adicionalmente contempla asistencia para la mejora de la capacidad de gestión de la Empresa Nacional de Ferrocarriles de ese país.

Plazo del proyecto: 2011 - en curso

Monto total: 176 M USD

Costo estimado por kilómetro: 1,25 M USD/km

Construcción ferrocarril Dali-Lijiang¹⁵

El proyecto abarca la construcción de 167 km de línea férrea simple, reservada para electrificación, y expansión de la capacidad de la línea existente entre Dali y Lijiang. Incluye la colocación de las vías (rieles y accesorios, durmientes, balasto), construcción de 11 nuevas estaciones, provisión de la tecnología de señalamiento y comunicaciones, mitigación ambiental y protección de equipos, entrenamiento del personal y fortalecimiento de la capacidad institucional de las agencias operadoras.

Plazo del proyecto: 2006 - en curso

Monto total: 508 M USD

Costo estimado por kilómetro incluyendo las estaciones: 3 M USD/km

¹³ Fuente: World Bank. 2009. China - Guiguang Railway Project. Washington D.C. - The Worldbank.
<http://documents.worldbank.org/curated/en/2009/03/10350245/china-guiguang-railway-project>

¹⁴ Fuente: Asian Development Bank. 2013. Uzbekistán - Marakand - Karshi Railway Electrification Project. Manila, Filipinas - ADB. <http://www.adb.org/projects/45067-005/details>

¹⁵ Fuente: Asian Development Bank. 2012. Dali - Lijiang Railway Project. Manila, Filipinas - ADB.
<http://www.adb.org/projects/36432-013/details>

Construcción y electrificación ferrocarril Hefei-Xi'an¹⁶

El alcance del proyecto abarca la construcción de 954 km de vía única entre Hefei y Xi'an, la electrificación de 407 km entre Xi'an y Nanyang, provisión de la tecnología de señalamiento y telecomunicaciones, entrenamiento en el uso del equipamiento, mitigación ambiental, adquisición de tierras y relocalización de población, servicios de consultoría y fortalecimiento institucional.

Plazo del proyecto: 2000 - 2007

Monto total: 300 M USD

Ejecución de vías y electrificación de la Línea 1 del Metro de Lima

Inversión en equipamiento electromecánico para 30 km de vía electrificada en la Línea 1 del Metro de Lima. Incluye la instalación de la vía férrea, catenaria, instalación eléctrica, señalización y automatización, telecomunicaciones, equipos auxiliares, accesorios y estudios.

Monto total: 303 M USD

Costo aproximado: 10 M USD/km

5.2. Análisis de costos comparados

Cuadro 17. Comparación de costos

PROYECTO	PAIS	LONGITUD (Km)	AÑO	COSTO TOTAL (MUSD)	COSTO UNITARIO (MUSD/Km)	DIFERENCIAS CON LA ELECTRIFICACIÓN ROCA
GuiGuang	China	857	2009-2015	12527	14,6	Larga distancia Obra nueva
Marakand-Karshi	Uzbekistán	140	2011-actual	176	1,3	Solo electrificación
Dali-Lijiang	China	167	2006-actual	508	3,0	No incluye electrificación Via Simple Media distancia
Hefei-Xi'an	China	954	2000-2007	300	0,3	Larga distancia Electrificación de la mitad del trayecto Vía única Expropiación y relocalización de población
Metro de Lima	Perú	30	2009-2011	303	10,1	Metro elevado
LÍNEA ROCA PLAZA CONSTITUCION LA PLATA	Argentina	52	2013	491,2	9,4	

Fuente: Elaboración Propia

Pese a la dificultad de encontrar proyectos comparables se considera que el costo del proyecto en evaluación se encuentra en valores cercanos al Metro de Lima y es un 65% menor que el proyecto de GuiGuang el cual es una obra nueva en su totalidad.

¹⁶ Fuente: Asian Development Bank. 2007. Hefei Xi'an Railway. Manila, Filipinas - ADB.
<http://www.adb.org/projects/33175-013/details>

6. Evaluación Económica

Para la evaluación económica de la electrificación del corredor Plaza Constitución – La Plata, Línea Roca se tuvo en cuenta la variación de costos y beneficios en el sistema de transporte público y privado del corredor en Estudio y su área de influencia. Se incluyó, además del modo ferroviario objeto de las inversiones analizadas, los efectos sobre los modos que compiten directamente con éste: colectivos, automóvil particular y combis.

La evaluación toma en cuenta la inversión en material rodante e infraestructura y los beneficios por reducción de costos de operación, ahorro de tiempo de los usuarios, reducción de accidentes y reducción de emisión de gases de efecto invernadero.

El horizonte de evaluación es de 30 años.

6.1. Demanda

La demanda para el caso con Proyecto toma como base la demanda esperada al día de hoy en el caso de que el ramal se electrificara y luego se proyecta para los años siguientes usando las tasas de crecimiento desarrolladas en puntos anteriores. Este supuesto implica que los beneficios de la inversión en electrificación pueden ser aprovechados en su totalidad porque en paralelo se han completado las inversiones fundamentales en material rodante, estaciones, etc. para garantizar la posibilidad de operar en las condiciones de seguridad, velocidad e intervalos correspondientes a un servicio ferroviario eléctrico.

Para la situación Sin Proyecto igualmente se parte de la demanda esperada al día de hoy, sin electrificación, y se proyecta usando las mismas tasas de crecimiento que para la situación Con Proyecto. Sin embargo el hecho de posponer inversiones en material rodante y las demás mencionadas previamente indefectiblemente hará que la calidad del servicio se resienta hasta tanto éstas se completen. La consecuencia inmediata será que una parte de los usuarios opten por el uso de modos alternativos. Por ello, a los efectos de la evaluación económica, se ha supuesto que estos dos efectos (crecimiento de la demanda por aumento de la población y disminución de la demanda por empeoramiento de la calidad del servicio) se compensan, resultando en que la demanda permanece constante hasta tanto se completen las inversiones en material rodante y las obras asociadas.

6.2. Inversiones

La inversión necesaria para la ejecución del proyecto fue determinada por UGOFE y la Unidad Ejecutora del Proyecto. En base a dicha información se realizaron cálculos preliminares y se evaluaron los costos propuestos sin que de estos análisis surgieran mayores diferencias respecto de la información brindada. A todos los valores monetarios se le descontaron los impuestos y subsidios.

No todas las inversiones identificadas son atribuibles al proyecto de electrificación en estudio. Debido al estado actual u obsolescencia de la infraestructura y del material rodante se consideró que la situación Sin Proyecto debe contemplar la realización de algunas de las inversiones identificadas, para mantener la continuidad del servicio con niveles mínimos de seguridad a lo largo de los 30 años

del período de análisis del proyecto. Otras inversiones, en cambio, son exclusivamente atribuibles al proyecto de electrificación, y son las que definen la situación *Con Proyecto*.

Con Proyecto

Se ha supuesto que todas las inversiones en infraestructura y superestructura se realizan durante los cuatro años previos al inicio del proyecto (2014 a 2017), de manera de que para el Año 0 (2018) se estarían percibiendo la totalidad de los beneficios esperables: reducción de costos operativos, ahorros de tiempo, reducción de accidentes (de todos los tipos: viales, ferroviarios y ferroviarios) y reducción de emisión de GEI.

En cuanto a la inversión en material rodante se ha tenido en cuenta que ya hay en curso una compra de coches nuevos para el ferrocarril Roca. Aunque no hay mayores certezas al respecto, es posible suponer que en el caso de que se electrifique el ramal a La Plata estos coches terminarán operando en dicho ramal. Por ende para tener en cuenta esta incertidumbre se imputó la compra de los coches nuevos en partes iguales a los años 2014 y 2015 en lugar de suponer que los coches nuevos se compran de forma paralela con la electrificación del ramal (años 2016 y 2017). Esta hipótesis es conservadora dado que aumenta el valor presente de esta inversión en la situación *Con Proyecto*.

Sin Proyecto

La distribución de las inversiones en la situación *Sin Proyecto* se basó en la hipótesis de que algunas de las inversiones necesarias se retrasarían todo lo posible siempre y cuando se mantengan las condiciones mínimas de seguridad. Esto aún a costa de admitir un empeoramiento de las condiciones del servicio respecto a las condiciones actuales. En este caso se produciría una lógica disminución de la demanda del ferrocarril.

El plan de inversiones para la situación *Sin Proyecto* quedó entonces determinado de la siguiente forma:

- Viaductos, ADV y reparaciones urgentes

Estas inversiones son necesarias de inmediato para evitar operar en condiciones inseguras. Por este motivo se asumió que en ambas situaciones (*Con* y *Sin Proyecto*) se harían al inicio del periodo evaluado (años 2016 y 2017) y que estarían completadas para el Año 0 (2018).

- Material rodante, elevación de andenes, señalamiento y talleres

Se ha tomado como hipótesis que en la situación *Sin Proyecto* el material rodante actual se daría de baja al alcanzar los 50 años en operación. Dado que las formaciones actuales datan de 1970 su renovación debería hacerse en 2020, comenzando el proceso de compra dos años antes.

Seguramente correspondería renovar la flota antes para evitar que empeore la calidad del servicio; sin embargo para actuar con criterio conservador y ser coherente con la tendencia observada en las últimas décadas en materia de inversiones, a los fines de la evaluación se consideró adecuado suponer que no habría renovación de la flota hasta 2020. Este supuesto contiene también, implícitamente, el supuesto de que habrá una disminución de la demanda a causa del empeoramiento de las condiciones de viaje (irregularidad, comodidad, aspecto de las formaciones).

A los fines de la evaluación económica se ha considerado suficientemente exacto aceptar que el grado de caída de la demanda por estas causas equivale al aumento que habría tenido la demanda por mayor población y actividad económica. Esto da como resultado aceptar que en tanto no se mejoren las formaciones se mantendrá la demanda actual del ferrocarril.

En el momento en que se cambien las formaciones se incorporarán coches modernos que necesariamente obligarán a compatibilizar otros elementos del sistema, en particular elevar los andenes de todas las estaciones y acondicionar los antiguos talleres. Por este motivo estas inversiones se han incluido en el mismo periodo que los coches (ejecución en 2018 y 2019 y puesta en funcionamiento a principios de 2020)

- Señalización ferroviaria

La línea a La Plata está equipada con un sistema de señales mecánicas del tipo tradicional, accionadas desde cabinas implantadas a lo largo de la línea. La seguridad de este sistema depende de la absoluta obediencia del personal a la indicación de los semáforos, y de no ocurrir esto nada impide que un tren sobrepasando señales a peligro choque con otro. Si bien el riesgo es bajo no es nulo y las consecuencias de los accidentes que podrían ocurrir son muy graves. Contar con una demanda de la importancia de la que está en juego y mantener estas condiciones inseguras con un equipamiento de hace un siglo, no es razonable. Por ese motivo, aunque el proyecto de electrificación no fuera realizado, se considera que debe sustituirse el sistema de señales por uno moderno, al menos con características funcionales similares al que equipa el sector de la Línea Roca ya electrificado. Se supuso que estas inversiones tendrían lugar junto con la elevación de andenes y el recambio de coches

- Pasos bajo nivel en La Plata, vías de sobrepaso, etc.

Todas estas inversiones convenientes pero no fundamentales se han postergado lo más posible en la situación sin proyecto para hacer el análisis más conservador. Se ha supuesto un plazo de ejecución de dos años comenzando en 2028 de manera de entrar en operación en 2030 (Año 12 del proyecto).

6.3. Beneficios por reducción del tiempo de viaje

Usando las demandas estimadas en cada año del proyecto para cada modo y los tiempos de viaje medio por modo se ha estimado el tiempo de viaje total del sistema de transporte tanto para la situación Sin Proyecto como Con Proyecto.

Se ha valorizado el tiempo de viaje en un tercio del valor promedio del valor de la hora trabajada. Este valor corresponde a un promedio ponderado entre la proporción de los distintos motivos de viaje (por trabajo, por estudio, etc.) y el valor del tiempo en cada uno de esos casos.

El producto del valor del tiempo por la cantidad de horas viajadas al año por los usuarios resulta en el valor global del tiempo para el sistema, para las situaciones Con y Sin Proyecto. El cálculo de los beneficios es inmediato.

6.4. Beneficios por reducción de costos de operación

Se han estimado los costos de operación por vehículo-km para cada uno de los modos que entran en el análisis: ferrocarril eléctrico y diesel, automóvil particular, colectivo y combi. Luego, en base a las estimación de demanda actual y futura, Con y Sin Proyecto, se calculó la oferta anual (en kilómetros) de cada modo en cada año del proyecto. El producto de recorrido por el costo de operación unitario resulta en el costo de operación total del sistema.

Los costos de operación de los distintos modos dependen directamente de la oferta de éstos, la que a su vez depende de la demanda. Bajo las hipótesis adoptadas y descriptas en el precedentemente postergar obras en Sin Proyecto implicará la disminución de la calidad del servicio ferroviario con su consecuente disminución de la demanda sobre el ferrocarril (el modo con menos costos de operación por pasajero-km) y un aumento de la demanda sobre los modos en competencia, más caros de operar. La consecuencia inmediata es un aumento en los costos de operación per cápita del sistema de transporte de la RMBA en Sin Proyecto respecto de Con Proyecto hasta tanto se completen las obras que permitan recuperar el nivel de servicio actual.

6.5. Beneficios por reducción de accidentes

Accidentes viales

Los accidentes viales son los generados en la vialidad urbana por los desplazamientos de los modos no guiados (autos, combis y APP). Se han evaluado usando tasas típicas de accidentes en función de la cantidad de vehículos-km recorridos. En consecuencia la reducción de este tipo de accidentes depende exclusivamente de que haya una disminución en la circulación de vehículos de este tipo.

En el contexto del proyecto esto sucede cuando el ferrocarril captura viajes de los demás modos (como consecuencia de una disminución de la velocidad comercial al electrificar) transfiriendo demanda desde ellos. Al haber menor demanda sobre los modos no guiados corresponde una reducción de la oferta (menos vehículos-km anuales). La tasa de reducción de la oferta se ha fijado en el 50% de la tasa de reducción de la demanda.

En la situación Con Proyecto esto ocurre cuando se inicia la prestación del servicio eléctrico y se mejoran los tiempos de viaje (Año 0) y luego en correspondientes mejoras de la frecuencia para dar respuesta a los sucesivos aumentos de la demanda a causa del crecimiento de la población servida.

En la situación Sin Proyecto hay mejoras de la demanda del ferrocarril a raíz del aumento de población a lo que se suma el aumento de la demanda como consecuencia de la mejora de calidad del servicio cuando se renueva la flota actual.

Accidentes ferroviarios y ferroviarios

Son accidentes que involucran al ferrocarril de una u otra manera. La disminución de éstos se relaciona directamente con las obras encaradas en el proyecto. En particular:

- La construcción de pasos bajo nivel y viaductos que evitarán los accidentes con peatones y vehículos en esos puntos. En la situación Sin Proyecto las primeras se desfazarían 12 años

durante los cuales seguiría habiendo accidentes en estos lugares, los segundos se harían al mismo tiempo en los dos casos.

- La compra de nuevos coches: Unidades modernas ya no circularían con las puertas abiertas evitando caídas de pasajeros del tren a la vía y al andén, y los golpes contra la superestructura del ferrocarril de las personas que hoy viajan colgadas de la formación. Durante el desfase de 2 años Sin Proyecto respecto a Con Proyecto seguirían produciéndose estos accidentes.
- La elevación de andenes: evitaría los accidentes por caídas de las personas que hoy ascienden o descienden del tren desde un andén que está a menor desnivel respecto a la formación. También habría un desfase de dos años entre SP y CP

6.6. Beneficios por reducción de emisiones de GEI

Partiendo de los recorridos anuales de cada uno de los modos considerados (ferrocarril, auto, APP y combis) en la situación Sin Proyecto y en la situación Con Proyecto, y las emisiones de dióxido de carbono típicas de cada modo (tonCO₂/coche.km) se ha calculado el valor global anual para los escenarios Sin y Con Proyecto.

Luego, adoptando conservadoramente un valor económico para la tonelada igual al precio piso de los contratos a futuro de 10 EUR/tonCO₂ se valorizaron las emisiones en cada escenario y se obtuvieron los beneficios de la electrificación.

6.7. Resultados

La tasa de actualización usada es del 12%. El horizonte de evaluación es de 30 años.

Para estas condiciones se obtuvo una TIR de 22,4% y un VAN de 358 millones de dólares.

Cuadro 16. Flujo de fondos del proyecto a valores corrientes

Nombre del campo	Año del proyecto	Inversión en infraestructura	Inversión en material rodante FFCC	Inversión en material rodante Omnibus	Costos de Operación	Inversión en infraestructura a cf	Inversión en material rodante FFCC a cf	Inversión en material rodante Omnibus a cf	Costos de Operación a cf	Valor del tiempo ahorrado	Valor de la reducción de accidentes	Valor de la reducción de GEI	Excedente Neto
Unidad	0	M USD2013	M USD2013	M USD2013	M USD2013	M USD2013	M USD2013	M USD2013	M USD2013	M USD2013	M USD2013	M USD2013	M USD2013
Código	0	lp	lmrFC	lmrAPP	Cop	lp'	lmrFC'	lmrAPP'	Cop'	TdeV	Acc	GEI	ENE
Expresión de cálculo	0	CP-SP	CP-SP	CP-SP	CP-SP	lp*0,8	lmrFC*1,0	lmrFC*0,8	Cop*0,85	SP-CP	SP-CP	SP-CP	lp'+lmr'+Cop'+TdeV+Acc+GEI
2014	-4	-124,16	-72,11	0,00	0,00	-99,33	-72,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-171,43
2015	-3	-139,47	-72,11	0,00	0,00	-111,58	-72,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-183,68
2016	-2	-93,20	0,00	0,00	0,00	-74,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-74,56
2017	-1	18,00	0,00	0,00	0,00	14,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,40
2018	Año 0	78,94	59,58	1,00	47,30	63,15	59,58	0,80	40,21	19,44	29,50	0,37	213,05
2019	Año 1	99,64	59,58	1,00	46,81	79,71	59,58	0,80	39,79	19,75	29,57	0,38	229,59
2020	Año 2	6,94	0,00	0,50	85,26	5,55	0,00	0,40	72,47	19,36	17,77	0,48	116,04
2021	Año 3	0,00	0,00	0,60	86,20	0,00	0,00	0,48	73,27	19,58	17,78	0,49	111,60
2022	Año 4	0,00	0,00	0,60	87,15	0,00	0,00	0,48	74,08	19,79	17,80	0,50	112,65
2023	Año 5	0,00	0,00	0,50	88,11	0,00	0,00	0,40	74,90	20,01	17,82	0,50	113,62
2024	Año 6	0,00	0,00	0,60	89,08	0,00	0,00	0,48	75,72	20,23	17,83	0,51	114,77
2025	Año 7	0,00	0,00	0,60	90,07	0,00	0,00	0,48	76,56	20,45	17,85	0,51	115,85
2026	Año 8	0,00	0,00	0,60	90,93	0,00	0,00	0,48	77,29	20,65	17,86	0,52	116,80
2027	Año 9	6,42	-14,42	0,50	91,80	5,14	-14,42	0,40	78,03	20,85	17,88	0,52	108,39
2028	Año 10	19,26	0,00	0,60	92,68	15,41	0,00	0,48	78,78	21,05	17,89	0,53	134,13
2029	Año 11	6,42	0,00	0,60	93,57	5,14	0,00	0,48	79,53	21,25	17,91	0,53	124,84
2030	Año 12	0,00	11,92	0,60	94,46	0,00	11,92	0,48	80,29	21,45	1,60	0,54	116,28
2031	Año 13	0,00	0,00	0,60	95,25	0,00	0,00	0,48	80,96	21,63	1,61	0,54	105,23
2032	Año 14	0,00	0,00	0,60	96,05	0,00	0,00	0,48	81,64	21,81	1,63	0,55	106,11
2033	Año 15	0,00	0,00	0,60	96,86	0,00	0,00	0,48	82,33	22,00	1,64	0,55	107,00
2034	Año 16	0,00	0,00	0,60	97,67	0,00	0,00	0,48	83,02	22,18	1,66	0,55	107,89
2035	Año 17	0,00	0,00	0,70	98,49	0,00	0,00	0,56	83,71	22,37	1,67	0,56	108,87
2036	Año 18	0,00	0,00	0,60	99,19	0,00	0,00	0,48	84,31	22,53	1,68	0,56	109,56
2037	Año 19	0,00	0,00	0,60	99,90	0,00	0,00	0,48	84,92	22,69	1,69	0,57	110,35
2038	Año 20	0,00	-14,42	0,60	100,62	0,00	-14,42	0,48	85,53	22,85	1,71	0,57	96,71
2039	Año 21	0,00	0,00	0,60	101,34	0,00	0,00	0,48	86,14	23,01	1,72	0,58	111,93
2040	Año 22	0,00	0,00	0,70	102,07	0,00	0,00	0,56	86,76	23,18	1,73	0,58	112,81
2041	Año 23	0,00	11,92	0,60	102,66	0,00	11,92	0,48	87,27	23,32	1,74	0,58	125,30
2042	Año 24	0,00	0,00	0,70	103,27	0,00	0,00	0,56	87,78	23,45	1,75	0,59	114,13
2043	Año 25	0,00	0,00	0,70	103,87	0,00	0,00	0,56	88,29	23,59	1,76	0,59	114,79
2044	Año 26	0,00	0,00	0,60	104,48	0,00	0,00	0,48	88,81	23,73	1,77	0,59	115,38
2045	Año 27	0,00	0,00	0,70	105,10	0,00	0,00	0,56	89,33	23,87	1,78	0,60	116,14
2046	Año 28	0,00	0,00	0,60	105,57	0,00	0,00	0,48	89,73	23,97	1,79	0,60	116,58
2047	Año 29	0,00	0,00	0,70	106,04	0,00	0,00	0,56	90,13	24,08	1,80	0,60	117,18
2048	Año 30	0,00	0,00	0,70	106,52	0,00	0,00	0,56	90,54	24,19	1,81	0,61	117,70

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 17. Excedentes del proyecto descontados

Nombre del campo	Año del proyecto	Excedente Neto	Coefficiente de actualización	Excedente Neto Actualizado	Excedente Neto Actualizado Acumulado
Unidad	0	M USD2013	0	M USD2013	M USD2013
Código	0	ENE	ACT	ENEa	ENEaa
Expresión de cálculo	0	$Ip' + Imr' + Cop' + Td$ $eV + Acc + GEI$	$(1 + TXACT)^{(ANN$ $NEj - ANNACT)}$	$ENE * ACT$	suma (ENEa...
2014	-4	-171,43	0,89	-153,06	-153,06
2015	-3	-183,68	0,80	-146,43	-299,49
2016	-2	-74,56	0,71	-53,07	-352,56
2017	-1	14,40	0,64	9,15	-343,41
2018	Año 0	213,05	0,57	120,89	-222,52
2019	Año 1	229,59	0,51	116,32	-106,20
2020	Año 2	116,04	0,45	52,49	-53,71
2021	Año 3	111,60	0,40	45,07	-8,63
2022	Año 4	112,65	0,36	40,62	31,99
2023	Año 5	113,62	0,32	36,58	68,57
2024	Año 6	114,77	0,29	32,99	101,56
2025	Año 7	115,85	0,26	29,74	131,30
2026	Año 8	116,80	0,23	26,77	158,07
2027	Año 9	108,39	0,20	22,18	180,25
2028	Año 10	134,13	0,18	24,51	204,75
2029	Año 11	124,84	0,16	20,36	225,12
2030	Año 12	116,28	0,15	16,94	242,05
2031	Año 13	105,23	0,13	13,68	255,74
2032	Año 14	106,11	0,12	12,32	268,06
2033	Año 15	107,00	0,10	11,09	279,15
2034	Año 16	107,89	0,09	9,99	289,13
2035	Año 17	108,87	0,08	9,00	298,13
2036	Año 18	109,56	0,07	8,08	306,22
2037	Año 19	110,35	0,07	7,27	313,49
2038	Año 20	96,71	0,06	5,69	319,18
2039	Año 21	111,93	0,05	5,88	325,05
2040	Año 22	112,81	0,05	5,29	330,34
2041	Año 23	125,30	0,04	5,25	335,59
2042	Año 24	114,13	0,04	4,27	339,86
2043	Año 25	114,79	0,03	3,83	343,69
2044	Año 26	115,38	0,03	3,44	347,13
2045	Año 27	116,14	0,03	3,09	350,22
2046	Año 28	116,58	0,02	2,77	352,99
2047	Año 29	117,18	0,02	2,49	355,47
2048	Año 30	117,70	0,02	2,23	357,70

Fuente: Elaboración propia

6.8. Análisis de sensibilidad

Se han realizado tres análisis de sensibilidad.

a-Inversión en infraestructura +20%

En el primer caso se ha supuesto que los costos de inversión en infraestructura en la situación Con Proyecto resultan un 20% mayor a los previstos inicialmente (manteniendo los costos de la inversión Sin Proyecto). Bajo esta hipótesis la TIR se reduce levemente a 20,1% y el Valor Actual Neto pasa a 306 millones de dólares.

Cuadro 18. Flujo de fondos del proyecto (Análisis de sensibilidad I)

Nombre del campo	Año del proyecto	Inversión en infraestructura	Inversión en material rodante FFCC	Inversión en material rodante Omnibus	Costos de Operación	Inversión en infraestructura a cf	Inversión en material rodante FFCC a cf	Inversión en material rodante Omnibus a cf	Costos de Operación a cf	Valor del tiempo ahorrado	Valor de la reducción de accidentes	Valor de la reducción de GEI	Excedente Neto
Unidad	Código	M USD2013	M USD2013	M USD2013	M USD2013	M USD2013	M USD2013	M USD2013	M USD2013	M USD2013	M USD2013	M USD2013	M USD2013
Expresión de cálculo		Ip	ImrFC	ImrAPP	Cop	Ip'	ImrFC'	ImrAPP'	Cop'	TdeV	Acc	GEI	Ip'+Imr'+Cop'+TdeV+Acc+GEI
2014	-4	-148,99	-72,11	0,00	0,00	-119,19	-72,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-191,30
2015	-3	-167,37	-72,11	0,00	0,00	-133,89	-72,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-206,00
2016	-2	-111,84	0,00	0,00	0,00	-89,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-89,47
2017	-1	9,63	0,00	0,00	0,00	7,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,70
2018	Año 0	76,00	59,58	1,00	47,30	60,80	59,58	0,80	40,21	19,44	29,50	0,37	210,71
2019	Año 1	99,64	59,58	1,00	46,81	79,71	59,58	0,80	39,79	19,75	29,57	0,38	229,59
2020	Año 2	6,94	0,00	0,50	85,26	5,55	0,00	0,40	72,47	19,36	17,77	0,48	116,04
2021	Año 3	0,00	0,00	0,60	86,20	0,00	0,00	0,48	73,27	19,58	17,78	0,49	111,60
2022	Año 4	0,00	0,00	0,60	87,15	0,00	0,00	0,48	74,08	19,79	17,80	0,50	112,65
2023	Año 5	0,00	0,00	0,50	88,11	0,00	0,00	0,40	74,90	20,01	17,82	0,50	113,62
2024	Año 6	0,00	0,00	0,60	89,08	0,00	0,00	0,48	75,72	20,23	17,83	0,51	114,77
2025	Año 7	0,00	0,00	0,60	90,07	0,00	0,00	0,48	76,56	20,45	17,85	0,51	115,85
2026	Año 8	0,00	0,00	0,60	90,93	0,00	0,00	0,48	77,29	20,65	17,86	0,52	116,80
2027	Año 9	6,42	-14,42	0,50	91,80	5,14	-14,42	0,40	78,03	20,85	17,88	0,52	108,39
2028	Año 10	19,26	0,00	0,60	92,68	15,41	0,00	0,48	78,78	21,05	17,89	0,53	134,13
2029	Año 11	6,42	0,00	0,60	93,57	5,14	0,00	0,48	79,53	21,25	17,91	0,53	124,84
2030	Año 12	0,00	11,92	0,60	94,46	0,00	11,92	0,48	80,29	21,45	1,60	0,54	116,28
2031	Año 13	0,00	0,00	0,60	95,25	0,00	0,00	0,48	80,96	21,63	1,61	0,54	105,23
2032	Año 14	0,00	0,00	0,60	96,05	0,00	0,00	0,48	81,64	21,81	1,63	0,55	106,11
2033	Año 15	0,00	0,00	0,60	96,86	0,00	0,00	0,48	82,33	22,00	1,64	0,55	107,00
2034	Año 16	0,00	0,00	0,60	97,67	0,00	0,00	0,48	83,02	22,18	1,66	0,55	107,89
2035	Año 17	0,00	0,00	0,70	98,49	0,00	0,00	0,56	83,71	22,37	1,67	0,56	108,87
2036	Año 18	0,00	0,00	0,60	99,19	0,00	0,00	0,48	84,31	22,53	1,68	0,56	109,56
2037	Año 19	0,00	0,00	0,60	99,90	0,00	0,00	0,48	84,92	22,69	1,69	0,57	110,35
2038	Año 20	0,00	-14,42	0,60	100,62	0,00	-14,42	0,48	85,53	22,85	1,71	0,57	96,71
2039	Año 21	0,00	0,00	0,60	101,34	0,00	0,00	0,48	86,14	23,01	1,72	0,58	111,93
2040	Año 22	0,00	0,00	0,70	102,07	0,00	0,00	0,56	86,76	23,18	1,73	0,58	112,81
2041	Año 23	0,00	11,92	0,60	102,66	0,00	11,92	0,48	87,27	23,32	1,74	0,58	125,30
2042	Año 24	0,00	0,00	0,70	103,27	0,00	0,00	0,56	87,78	23,45	1,75	0,59	114,13
2043	Año 25	0,00	0,00	0,70	103,87	0,00	0,00	0,56	88,29	23,59	1,76	0,59	114,79
2044	Año 26	0,00	0,00	0,60	104,48	0,00	0,00	0,48	88,81	23,73	1,77	0,59	115,38
2045	Año 27	0,00	0,00	0,70	105,10	0,00	0,00	0,56	89,33	23,87	1,78	0,60	116,14
2046	Año 28	0,00	0,00	0,60	105,57	0,00	0,00	0,48	89,73	23,97	1,79	0,60	116,58
2047	Año 29	0,00	0,00	0,70	106,04	0,00	0,00	0,56	90,13	24,08	1,80	0,60	117,18
2048	Año 30	0,00	0,00	0,70	106,52	0,00	0,00	0,56	90,54	24,19	1,81	0,61	117,70

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 19. Excedentes del proyecto (Análisis de sensibilidad I)

Nombre del campo	Año del proyecto	Excedente Neto	Coefficiente de actualización	Excedente Neto Actualizado	Excedente Neto Actualizado Acumulado
Unidad	0	M USD2013	0	M USD2013	M USD2013
Código	0	ENE	ACT	ENEa	ENEaa
Expresión de cálculo	0	$Ip' + Imr' + Cop' + Td$ $eV + Acc + GEI$	$(1 + TXACT)^{(ANN$ $NEj - ANNACT)}$	$ENE * ACT$	suma (ENEa...
2014	-4	-191,30	0,89	-170,80	-170,80
2015	-3	-206,00	0,80	-164,22	-335,02
2016	-2	-89,47	0,71	-63,68	-398,70
2017	-1	7,70	0,64	4,89	-393,81
2018	Año 0	210,71	0,57	119,56	-274,25
2019	Año 1	229,59	0,51	116,32	-157,93
2020	Año 2	116,04	0,45	52,49	-105,44
2021	Año 3	111,60	0,40	45,07	-60,37
2022	Año 4	112,65	0,36	40,62	-19,74
2023	Año 5	113,62	0,32	36,58	16,84
2024	Año 6	114,77	0,29	32,99	49,83
2025	Año 7	115,85	0,26	29,74	79,57
2026	Año 8	116,80	0,23	26,77	106,34
2027	Año 9	108,39	0,20	22,18	128,52
2028	Año 10	134,13	0,18	24,51	153,02
2029	Año 11	124,84	0,16	20,36	173,39
2030	Año 12	116,28	0,15	16,94	190,32
2031	Año 13	105,23	0,13	13,68	204,00
2032	Año 14	106,11	0,12	12,32	216,32
2033	Año 15	107,00	0,10	11,09	227,42
2034	Año 16	107,89	0,09	9,99	237,40
2035	Año 17	108,87	0,08	9,00	246,40
2036	Año 18	109,56	0,07	8,08	254,48
2037	Año 19	110,35	0,07	7,27	261,75
2038	Año 20	96,71	0,06	5,69	267,44
2039	Año 21	111,93	0,05	5,88	273,32
2040	Año 22	112,81	0,05	5,29	278,61
2041	Año 23	125,30	0,04	5,25	283,86
2042	Año 24	114,13	0,04	4,27	288,12
2043	Año 25	114,79	0,03	3,83	291,96
2044	Año 26	115,38	0,03	3,44	295,39
2045	Año 27	116,14	0,03	3,09	298,48
2046	Año 28	116,58	0,02	2,77	301,25
2047	Año 29	117,18	0,02	2,49	303,74
2048	Año 30	117,70	0,02	2,23	305,97

Fuente: Elaboración propia

b- Inversión en infraestructura +20% - Beneficios del Proyecto -20%

Un segundo análisis, más desfavorable aún, asume que a la situación anterior (20% de aumento en la inversión de infraestructura) se le suma una reducción del 20% en los beneficios obtenidos. En este caso la Tasa Interna de Retorno pasa a ser de 19,2% y el Valor Actual Neto se reduce a 267 millones de dólares.

Cuadro 20. Flujo de fondos del proyecto (Análisis de sensibilidad II)

Nombre del campo	Año del proyecto	Inversión en infraestructura	Inversión en material rodante FFCC	Inversión en material rodante Omnibus	Costos de Operación	Inversión en infraestructura a cf	Inversión en material rodante FFCC a cf	Inversión en material rodante Omnibus a cf	Costos de Operación a cf	Valor del tiempo ahorrado	Valor de la reducción de accidentes	Valor de la reducción de GEI	Excedente Neto
Unidad	0	MM USD 2013	MM USD 2013	MM USD 2013	MM USD 2013	MM USD 2013	MM USD 2013	MM USD 2013	MM USD 2013	MM USD 2013	MM USD 2013	MM USD 2013	MM USD 2013
Código	0	lp	lmrFC	lmrAPP	Cop	lp'	lmrFC'	lmrAPP'	Cop'	TdeV	Acc	GEI	ENE
Expresión de cálculo	0	CP-SP	CP-SP	0	CP-SP	lp*0,8	lmrFC*1,0	lmrAPP*0,8	Cop*0,85	SP-CP	SP-CP	SP-CP	lp'+lmr'+cop'+TdeV+Acc+GEI
2014	-4	-148,99	-72,11	0,00	0,00	-119,19	-72,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-191,30
2015	-3	-167,37	-72,11	0,00	0,00	-133,89	-72,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-206,00
2016	-2	-111,84	0,00	0,00	0,00	-89,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-89,47
2017	-1	9,63	0,00	0,00	0,00	7,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,70
2018	Año 0	76,00	59,58	1,00	47,30	60,80	59,58	0,80	40,21	15,55	23,60	0,30	200,84
2019	Año 1	99,64	59,58	1,00	46,81	79,71	59,58	0,80	39,79	15,80	23,66	0,30	219,65
2020	Año 2	6,94	0,00	0,50	85,26	5,55	0,00	0,40	72,47	15,49	14,21	0,39	108,52
2021	Año 3	0,00	0,00	0,60	86,20	0,00	0,00	0,48	73,27	15,66	14,23	0,39	104,03
2022	Año 4	0,00	0,00	0,60	87,15	0,00	0,00	0,48	74,08	15,83	14,24	0,40	105,03
2023	Año 5	0,00	0,00	0,50	88,11	0,00	0,00	0,40	74,90	16,01	14,25	0,40	105,96
2024	Año 6	0,00	0,00	0,60	89,08	0,00	0,00	0,48	75,72	16,18	14,27	0,40	107,06
2025	Año 7	0,00	0,00	0,60	90,07	0,00	0,00	0,48	76,56	16,36	14,28	0,41	108,09
2026	Año 8	0,00	0,00	0,60	90,93	0,00	0,00	0,48	77,29	16,52	14,29	0,41	108,99
2027	Año 9	6,42	-14,42	0,50	91,80	5,14	-14,42	0,40	78,03	16,68	14,30	0,42	100,54
2028	Año 10	19,26	0,00	0,60	92,68	15,41	0,00	0,48	78,78	16,84	14,31	0,42	126,24
2029	Año 11	6,42	0,00	0,60	93,57	5,14	0,00	0,48	79,53	17,00	14,33	0,43	116,90
2030	Año 12	0,00	11,92	0,60	94,46	0,00	11,92	0,48	80,29	17,16	1,28	0,43	111,56
2031	Año 13	0,00	0,00	0,60	95,25	0,00	0,00	0,48	80,96	17,31	1,29	0,43	100,48
2032	Año 14	0,00	0,00	0,60	96,05	0,00	0,00	0,48	81,64	17,45	1,30	0,44	101,31
2033	Año 15	0,00	0,00	0,60	96,86	0,00	0,00	0,48	82,33	17,60	1,31	0,44	102,16
2034	Año 16	0,00	0,00	0,60	97,67	0,00	0,00	0,48	83,02	17,74	1,32	0,44	103,01
2035	Año 17	0,00	0,00	0,70	98,49	0,00	0,00	0,56	83,71	17,89	1,34	0,45	103,95
2036	Año 18	0,00	0,00	0,60	99,19	0,00	0,00	0,48	84,31	18,02	1,35	0,45	104,61
2037	Año 19	0,00	0,00	0,60	99,90	0,00	0,00	0,48	84,92	18,15	1,35	0,45	105,36
2038	Año 20	0,00	-14,42	0,60	100,62	0,00	-14,42	0,48	85,53	18,28	1,36	0,46	91,69
2039	Año 21	0,00	0,00	0,60	101,34	0,00	0,00	0,48	86,14	18,41	1,37	0,46	106,87
2040	Año 22	0,00	0,00	0,70	102,07	0,00	0,00	0,56	86,76	18,54	1,38	0,46	107,71
2041	Año 23	0,00	11,92	0,60	102,66	0,00	11,92	0,48	87,27	18,65	1,39	0,47	120,17
2042	Año 24	0,00	0,00	0,70	103,27	0,00	0,00	0,56	87,78	18,76	1,40	0,47	108,97
2043	Año 25	0,00	0,00	0,70	103,87	0,00	0,00	0,56	88,29	18,87	1,41	0,47	109,61
2044	Año 26	0,00	0,00	0,60	104,48	0,00	0,00	0,48	88,81	18,98	1,42	0,47	110,16
2045	Año 27	0,00	0,00	0,70	105,10	0,00	0,00	0,56	89,33	19,09	1,43	0,48	110,89
2046	Año 28	0,00	0,00	0,60	105,57	0,00	0,00	0,48	89,73	19,18	1,43	0,48	111,30
2047	Año 29	0,00	0,00	0,70	106,04	0,00	0,00	0,56	90,13	19,27	1,44	0,48	111,88
2048	Año 30	0,00	0,00	0,70	106,52	0,00	0,00	0,56	90,54	19,35	1,44	0,48	112,38

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 21. Excedentes del proyecto (Análisis de sensibilidad II)

Nombre del campo	Año del proyecto	Excedente Neto	Coefficiente de actualización	Excedente Neto Actualizado	Excedente Neto Actualizado Acumulado
Unidad	0	MM USD2013	0	MM USD2013	MM USD2013
Código	0	ENE	ACT	ENEa	ENEaa
Expresión de cálculo	0	$Ip' + Imr' + Cop' + Td$ $eV + Acc + GEI$	$1/(1+TXACT)^{(A$ $NNNEj - ANNACT)}$	$ENE * ACT$	suma (ENEa...
2014	-4	-191,30	0,89	-170,80	-170,80
2015	-3	-206,00	0,80	-164,22	-335,02
2016	-2	-89,47	0,71	-63,68	-398,70
2017	-1	7,70	0,64	4,89	-393,81
2018	Año 0	200,84	0,57	113,96	-279,85
2019	Año 1	219,65	0,51	111,28	-168,56
2020	Año 2	108,52	0,45	49,09	-119,48
2021	Año 3	104,03	0,40	42,02	-77,46
2022	Año 4	105,03	0,36	37,87	-39,58
2023	Año 5	105,96	0,32	34,12	-5,47
2024	Año 6	107,06	0,29	30,78	25,31
2025	Año 7	108,09	0,26	27,74	53,05
2026	Año 8	108,99	0,23	24,98	78,03
2027	Año 9	100,54	0,20	20,57	98,60
2028	Año 10	126,24	0,18	23,06	121,67
2029	Año 11	116,90	0,16	19,07	140,73
2030	Año 12	111,56	0,15	16,25	156,98
2031	Año 13	100,48	0,13	13,07	170,05
2032	Año 14	101,31	0,12	11,76	181,81
2033	Año 15	102,16	0,10	10,59	192,40
2034	Año 16	103,01	0,09	9,53	201,94
2035	Año 17	103,95	0,08	8,59	210,53
2036	Año 18	104,61	0,07	7,72	218,25
2037	Año 19	105,36	0,07	6,94	225,19
2038	Año 20	91,69	0,06	5,39	230,58
2039	Año 21	106,87	0,05	5,61	236,19
2040	Año 22	107,71	0,05	5,05	241,24
2041	Año 23	120,17	0,04	5,03	246,28
2042	Año 24	108,97	0,04	4,07	250,35
2043	Año 25	109,61	0,03	3,66	254,01
2044	Año 26	110,16	0,03	3,28	257,29
2045	Año 27	110,89	0,03	2,95	260,24
2046	Año 28	111,30	0,02	2,64	262,89
2047	Año 29	111,88	0,02	2,37	265,26
2048	Año 30	112,38	0,02	2,13	267,39

Fuente: Elaboración propia

c- Sin Inversiones en Infraestructura ni Inversiones en Material Rodante para la situación sin Proyecto

El último análisis realizado al momento supone la no inversión en Infraestructura ni material rodante para la situación sin proyecto. Este escenario se encuentra en proceso de ajuste ya que deben evaluarse los mayores costos de operación y otros beneficios que se pierden en la situación sin Proyecto. Pese a lo mencionado la Tasa Interna de Retorno pasa a ser de 16,3% y el Valor Actual Neto se reduce a 171 millones de dólares, lo que demuestra la robustez del proyecto.

Cuadro 22. Flujo de fondos del proyecto (Análisis de sensibilidad II)

Nombre del campo	Año del proyecto	Inversión en infraestructura	Inversión en material rodante FFCC	Inversión en material rodante Omnibus	Costos de Operación	Inversión en infraestructura a cf	Inversión en material rodante FFCC a cf	Inversión en material rodante Omnibus a cf	Costos de Operación a cf	Valor del tiempo ahorrado	Valor de la reducción de accidentes	Valor de la reducción de GEI	Excedente Neto
Unidad	0	M USD2013	M USD2013	M USD2013	M USD2013	M USD2013	M USD2013	M USD2013	M USD2013	M USD2013	M USD2013	M USD2013	M USD2013
Código	0	lp	ImrFC	ImrAPP	Cop	lp'	ImrFC'	ImrAPP'	Cop'	TdeV	Acc	GEI	ENE
Expresión de cálculo	0	CP-SP	CP-SP	CP-SP	CP-SP	lp*0,8	ImrFC*1,0	ImrAPP*0,8	Cop*0,85	SP-CP	SP-CP	SP-CP	lp'+Imr'+Cop'+TdeV+Acc+GEI
2014	-4	-124,16	-72,11	0,00	0,00	-99,33	-72,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-171,43
2015	-3	-139,47	-72,11	0,00	0,00	-111,58	-72,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-183,68
2016	-2	-93,20	0,00	0,00	0,00	-74,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-74,56
2017	-1	-41,89	0,00	0,00	0,00	-33,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-33,51
2018	Año 0	-14,67	0,00	1,00	47,30	-11,74	0,00	0,80	40,21	19,44	29,50	0,37	78,58
2019	Año 1	0,00	0,00	1,00	46,81	0,00	0,00	0,80	39,79	19,75	29,57	0,38	90,29
2020	Año 2	0,00	0,00	0,50	85,26	0,00	0,00	0,40	72,47	19,36	17,77	0,48	110,49
2021	Año 3	0,00	0,00	0,60	86,20	0,00	0,00	0,48	73,27	19,58	17,78	0,49	111,60
2022	Año 4	0,00	0,00	0,60	87,15	0,00	0,00	0,48	74,08	19,79	17,80	0,50	112,65
2023	Año 5	0,00	0,00	0,50	88,11	0,00	0,00	0,40	74,90	20,01	17,82	0,50	113,62
2024	Año 6	0,00	0,00	0,60	89,08	0,00	0,00	0,48	75,72	20,23	17,83	0,51	114,77
2025	Año 7	0,00	0,00	0,60	90,07	0,00	0,00	0,48	76,56	20,45	17,85	0,51	115,85
2026	Año 8	0,00	0,00	0,60	90,93	0,00	0,00	0,48	77,29	20,65	17,86	0,52	116,80
2027	Año 9	0,00	-14,42	0,50	91,80	0,00	-14,42	0,40	78,03	20,85	17,88	0,52	103,26
2028	Año 10	0,00	0,00	0,60	92,68	0,00	0,00	0,48	78,78	21,05	17,89	0,53	118,72
2029	Año 11	0,00	0,00	0,60	93,57	0,00	0,00	0,48	79,53	21,25	17,91	0,53	119,70
2030	Año 12	0,00	0,00	0,60	94,46	0,00	0,00	0,48	80,29	21,45	1,60	0,54	104,36
2031	Año 13	0,00	0,00	0,60	95,25	0,00	0,00	0,48	80,96	21,63	1,61	0,54	105,23
2032	Año 14	0,00	0,00	0,60	96,05	0,00	0,00	0,48	81,64	21,81	1,63	0,55	106,11
2033	Año 15	0,00	0,00	0,60	96,86	0,00	0,00	0,48	82,33	22,00	1,64	0,55	107,00
2034	Año 16	0,00	0,00	0,60	97,67	0,00	0,00	0,48	83,02	22,18	1,66	0,55	107,89
2035	Año 17	0,00	0,00	0,70	98,49	0,00	0,00	0,56	83,71	22,37	1,67	0,56	108,87
2036	Año 18	0,00	0,00	0,60	99,19	0,00	0,00	0,48	84,31	22,53	1,68	0,56	109,56
2037	Año 19	0,00	0,00	0,60	99,90	0,00	0,00	0,48	84,92	22,69	1,69	0,57	110,35
2038	Año 20	0,00	-14,42	0,60	100,62	0,00	-14,42	0,48	85,53	22,85	1,71	0,57	96,71
2039	Año 21	0,00	0,00	0,60	101,34	0,00	0,00	0,48	86,14	23,01	1,72	0,58	111,93
2040	Año 22	0,00	0,00	0,70	102,07	0,00	0,00	0,56	86,76	23,18	1,73	0,58	112,81
2041	Año 23	0,00	0,00	0,60	102,66	0,00	0,00	0,48	87,27	23,32	1,74	0,58	113,38
2042	Año 24	0,00	0,00	0,70	103,27	0,00	0,00	0,56	87,78	23,45	1,75	0,59	114,13
2043	Año 25	0,00	0,00	0,70	103,87	0,00	0,00	0,56	88,29	23,59	1,76	0,59	114,79
2044	Año 26	0,00	0,00	0,60	104,48	0,00	0,00	0,48	88,81	23,73	1,77	0,59	115,38
2045	Año 27	0,00	0,00	0,70	105,10	0,00	0,00	0,56	89,33	23,87	1,78	0,60	116,14
2046	Año 28	0,00	0,00	0,60	105,57	0,00	0,00	0,48	89,73	23,97	1,79	0,60	116,58
2047	Año 29	0,00	0,00	0,70	106,04	0,00	0,00	0,56	90,13	24,08	1,80	0,60	117,18
2048	Año 30	0,00	0,00	0,70	106,52	0,00	0,00	0,56	90,54	24,19	1,81	0,61	117,70

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 23. Excedentes del proyecto (Análisis de sensibilidad III)

Nombre del campo	Año del proyecto	Excedente Neto	Coefficiente de actualización	Excedente Neto Actualizado	Excedente Neto Actualizado Acumulado
Unidad	0	M USD2013	0	M USD2013	M USD2013
Código	0	ENE	ACT	ENEa	ENEaa
Expresión de cálculo	0	$Ip' + Imr' + Cop' + Td$ $eV + Acc + GEI$	$(1 + TXACT)^{(ANN$ $NEj - ANNACT)}$	$ENE * ACT$	suma (ENEa...
2014	-4	-171,43	0,89	-153,06	-153,06
2015	-3	-183,68	0,80	-146,43	-299,49
2016	-2	-74,56	0,71	-53,07	-352,56
2017	-1	-33,51	0,64	-21,30	-373,86
2018	Año 0	78,58	0,57	44,59	-329,27
2019	Año 1	90,29	0,51	45,74	-283,53
2020	Año 2	110,49	0,45	49,98	-233,55
2021	Año 3	111,60	0,40	45,07	-188,47
2022	Año 4	112,65	0,36	40,62	-147,85
2023	Año 5	113,62	0,32	36,58	-111,27
2024	Año 6	114,77	0,29	32,99	-78,27
2025	Año 7	115,85	0,26	29,74	-48,54
2026	Año 8	116,80	0,23	26,77	-21,77
2027	Año 9	103,26	0,20	21,13	-0,64
2028	Año 10	118,72	0,18	21,69	21,05
2029	Año 11	119,70	0,16	19,53	40,57
2030	Año 12	104,36	0,15	15,20	55,77
2031	Año 13	105,23	0,13	13,68	69,46
2032	Año 14	106,11	0,12	12,32	81,78
2033	Año 15	107,00	0,10	11,09	92,87
2034	Año 16	107,89	0,09	9,99	102,86
2035	Año 17	108,87	0,08	9,00	111,85
2036	Año 18	109,56	0,07	8,08	119,94
2037	Año 19	110,35	0,07	7,27	127,21
2038	Año 20	96,71	0,06	5,69	132,90
2039	Año 21	111,93	0,05	5,88	138,78
2040	Año 22	112,81	0,05	5,29	144,07
2041	Año 23	113,38	0,04	4,75	148,81
2042	Año 24	114,13	0,04	4,27	153,08
2043	Año 25	114,79	0,03	3,83	156,91
2044	Año 26	115,38	0,03	3,44	160,35
2045	Año 27	116,14	0,03	3,09	163,44
2046	Año 28	116,58	0,02	2,77	166,21
2047	Año 29	117,18	0,02	2,49	168,69
2048	Año 30	117,70	0,02	2,23	170,92

Fuente: Elaboración propia

Si bien se encuentran en ajuste los escenarios de sensibilidad, los resultados preliminares indican una considerable robustez del proyecto que permite inferir que los resultados finales no sufrirán modificaciones significativas.

7. Resumen

El Estudio de Viabilidad Económica de la electrificación del corredor Plaza Constitución – La Plata, Línea Roca consiste en la evaluación de un proyecto de infraestructura ferroviaria de electrificación de 52km de vía y la mejoras correspondientes en la infraestructura y superestructura del ramal. El trabajo se dividió en 3 partes: estimación de la demanda actual y futura, verificación de las inversiones necesarias y evaluación económica.

La estimación de demanda se realizó tomando como base las estadísticas de viajes pagos en ferrocarril de la Comisión Nacional de Regulación del Transporte y la INTRUPUBA¹⁷, y se complementó con relevamientos de campo. A continuación se revisaron las estimaciones de inversión necesaria para la ejecución del proyecto sin surgir diferencias considerables. Por último se realizó una evaluación económica para un período de 30 años, cuantificando los costos y beneficios a valores económicos. Para la evaluación se tomó en consideración la inversión en material rodante e infraestructura y los beneficios por reducción de costos de operación, ahorro de tiempo de los usuarios, reducción de accidentes y reducción de emisión de gases de efecto invernadero.

El proyecto analizado da como resultados una TIR del 22,4% y un VAN de 358 millones de dólares. Si bien en este momento se están realizando los análisis de sensibilidad, los primeros resultados muestran que el proyecto es robusto. Por ejemplo, se realizó un caso muy simplificado de “no hacer nada” en la situación actual solamente borrando las inversiones, el cual dio una TIR del 16,3% y un VAN de 171 millones de dólares. Por otro lado se estimó la rentabilidad si se incrementaran los costos de inversión en infraestructura en un 20%, caso para el cual se obtiene una TIR del 20,1% y un VAN de 306 millones de dólares. Finalmente al último escenario adicionalmente se le redujeron los beneficios un 20%, obteniendo una TIR del 19,2% y una VAN de 267 millones de dólares.

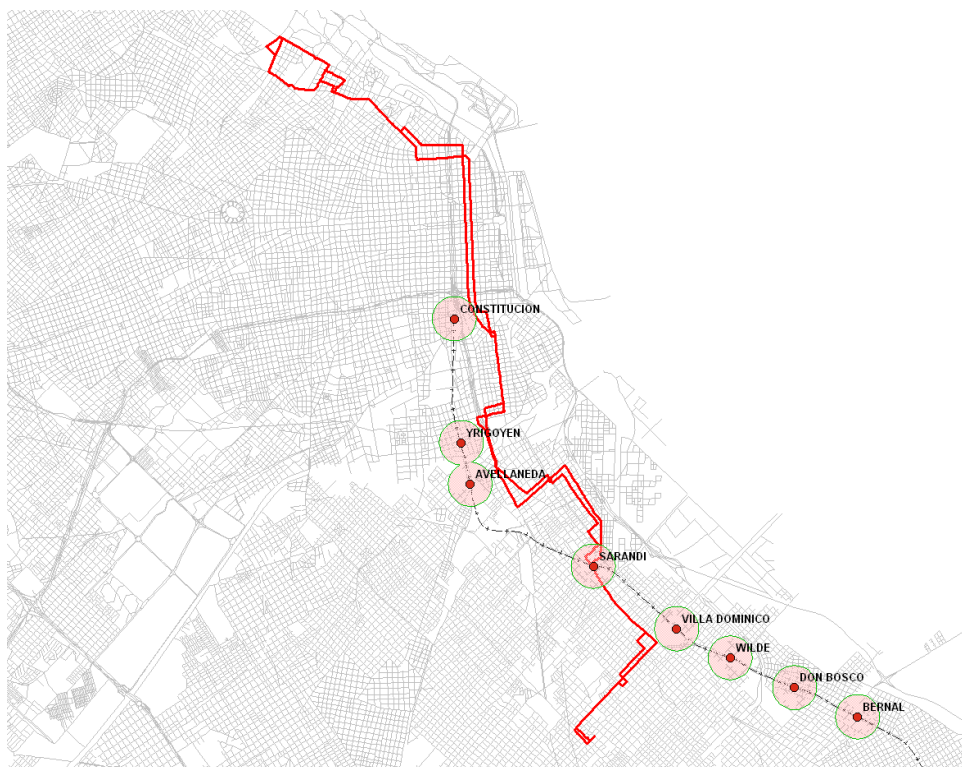
¹⁷ INTRUPUBA, Investigación de Transporte Urbano de Buenos Aires INTRUPUBA ha sido realizada por la Secretaría de Transporte de la Nación, 2006-2007.

ANEXO I

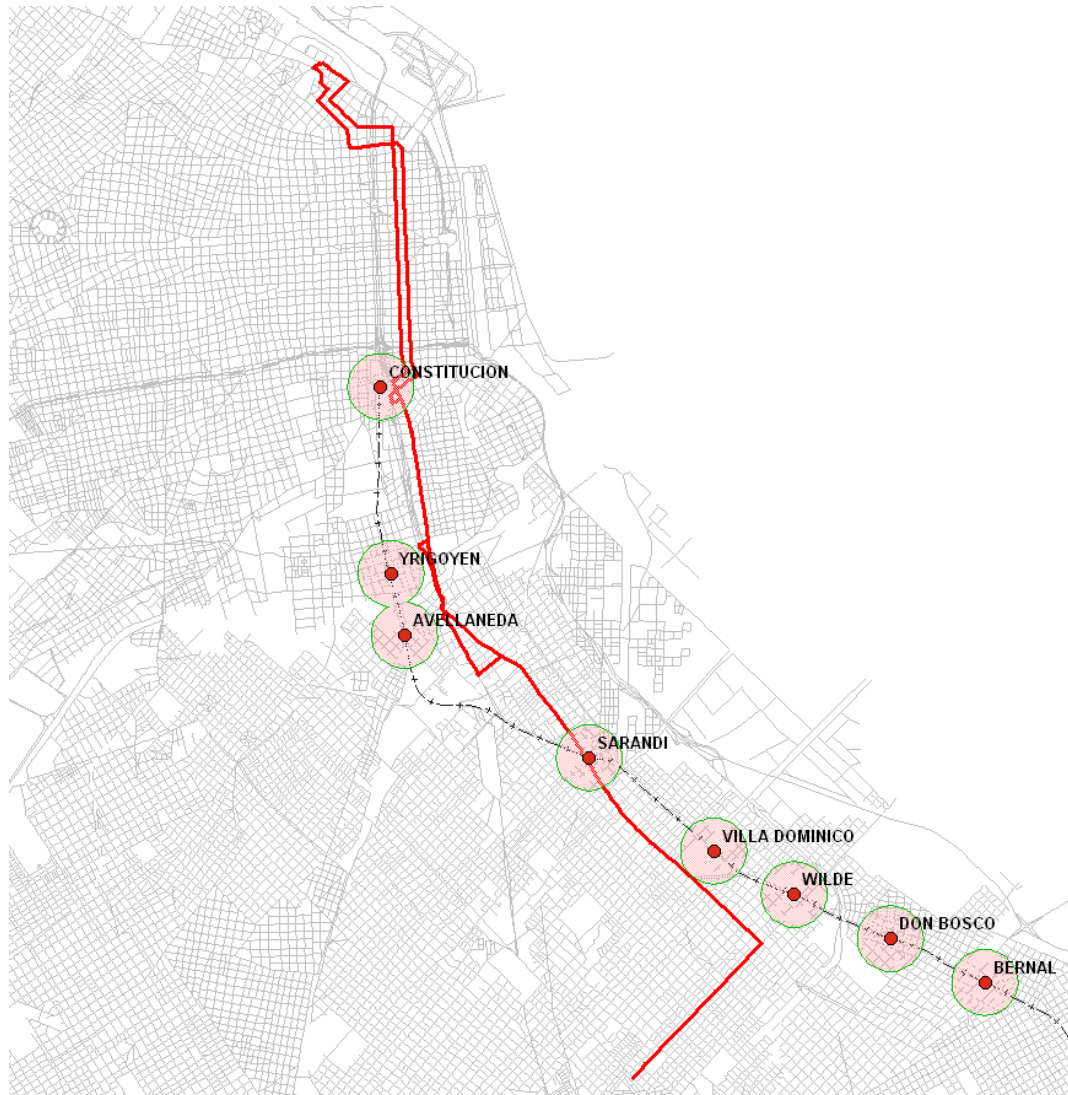
RECORRIDOS LINEAS COLECTIVAS.

A continuación se incluye el recorrido de las líneas de autotransporte público de pasajeros en el corredor Plaza Constitución – La Plata.

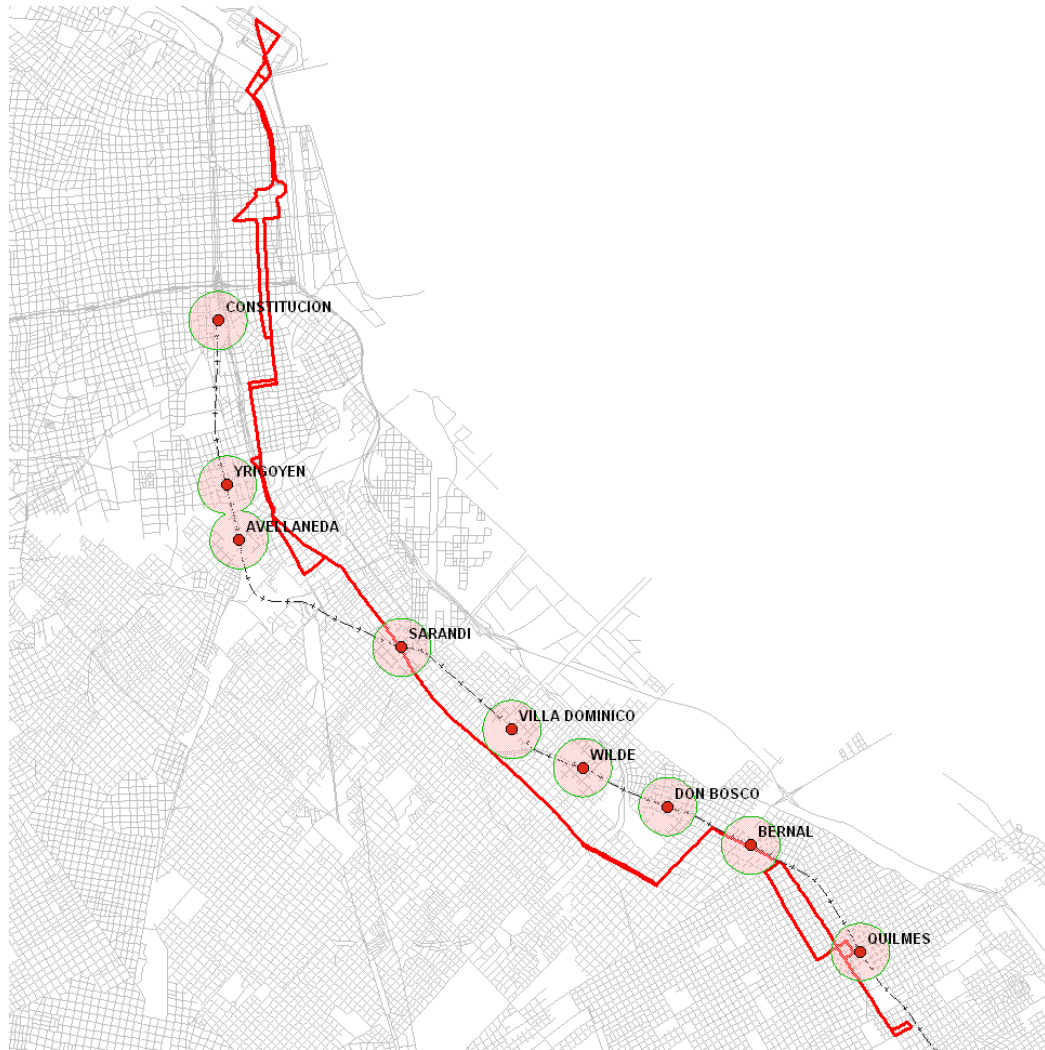
LINEA 10



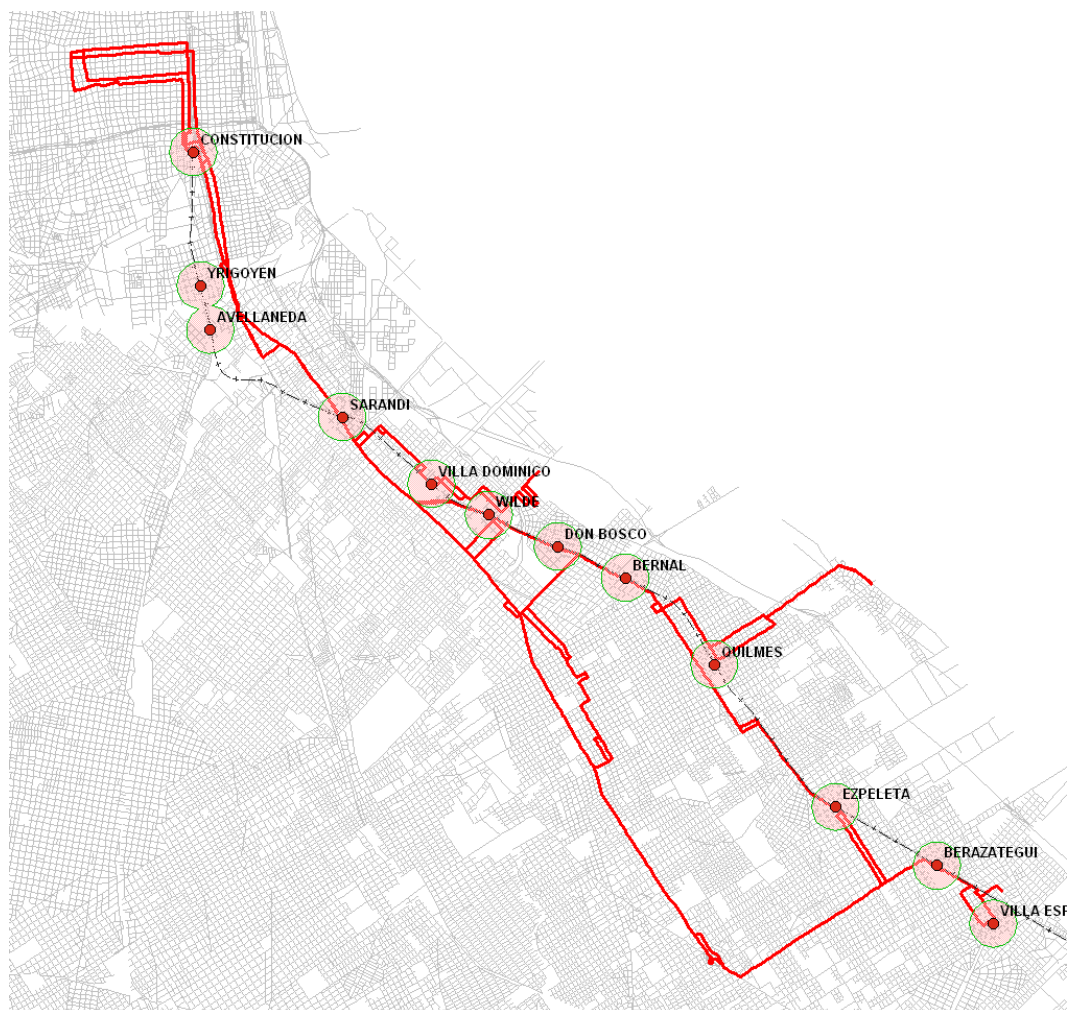
LÍNEA 17



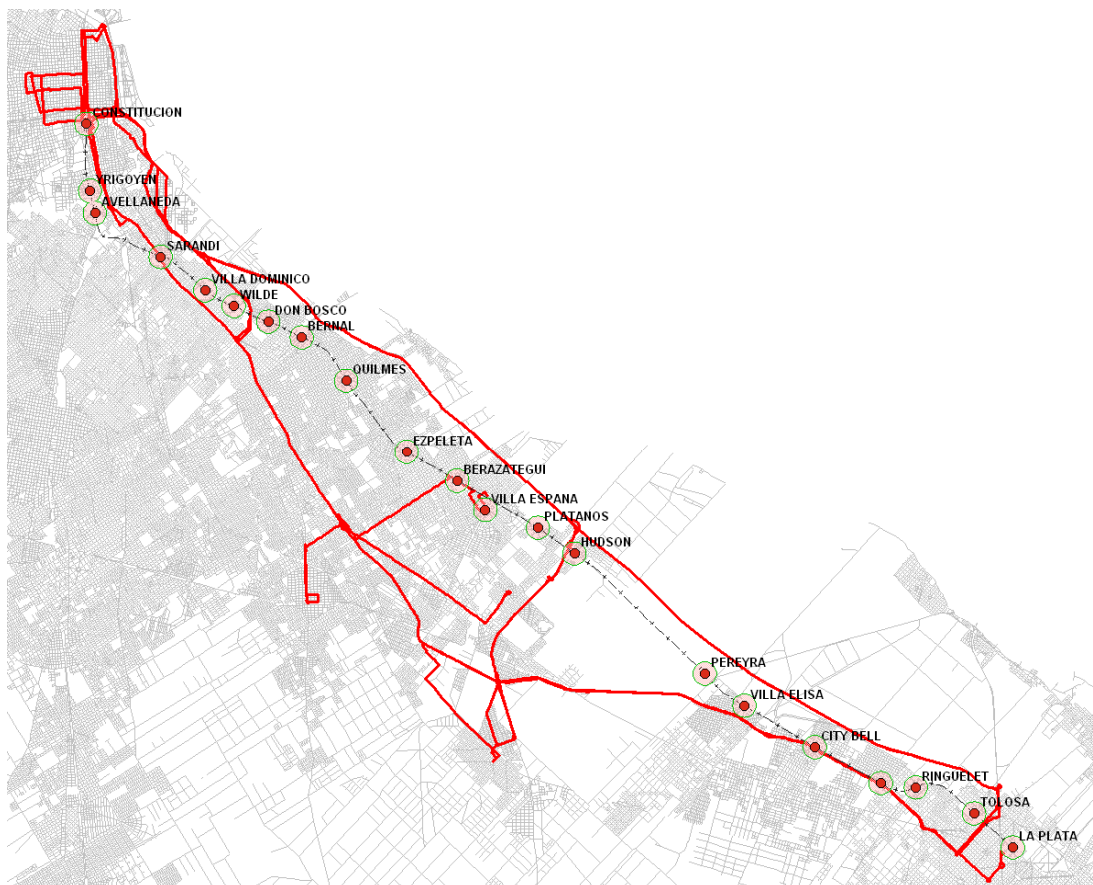
LÍNEA 22



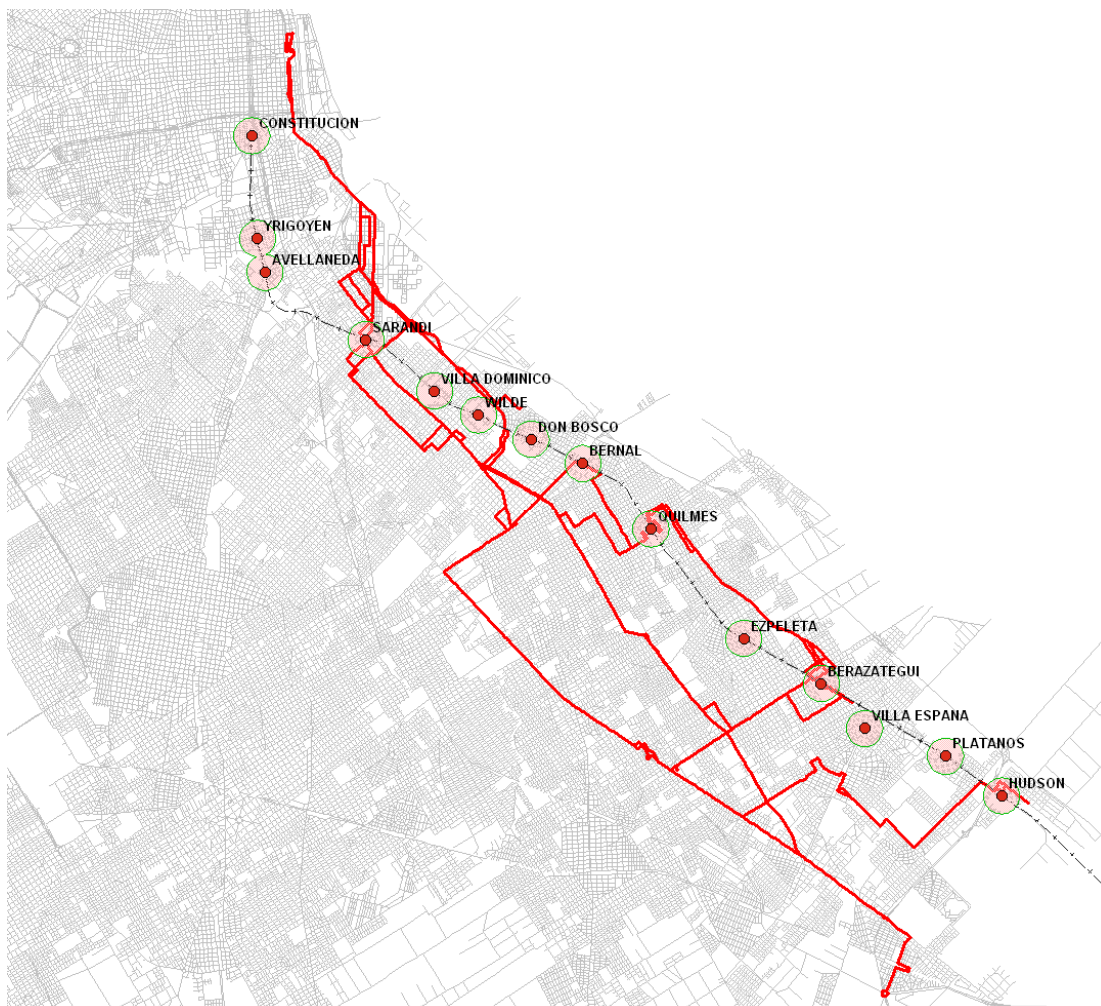
LÍNEA 98



LÍNEA 129



LINEA 159



LINEA 195

