

EVALUACIÓN DE LA REHABILITACIÓN DE LA LÍNEA FERREA EL ALTO – VIACHA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN TREN DE PASAJEROS

Autor: Jhon Antony Moreno Barrenechea.
ITVC – UMSA. 2016

RESUMEN

Debido al crecimiento de población que ha experimentado el área metropolitana de La Paz y a la falta de alternativas de transporte urbano, se producen problemas de tráfico en la red de transporte.

Para solventar estos inconvenientes se plantea ofrecer una alternativa que mejore los tiempos de viaje y que sea más sostenible, todo ello con la idea de aprovechar la infraestructura existente de la conexión ferroviaria El Alto –Viacha construida en 1917.

Actualmente la línea no tiene una explotación continúa, debido al deterioro sufrido con el paso del tiempo, por este motivo se propone realizar una inversión con el fin de adaptarla a las necesidades existentes. Además, se creará una conexión intermodal con la red de teleféricos de La Paz, integrando a la misma en la red de transporte urbano de la ciudad.

Se ha comenzado con una evaluación de la situación inicial, basada en las principales características de la zona. Partiendo con estos datos, se continuó con un inventario de la vía con ayuda de un dron y restitución fotogramétrica, para conocer el estado real y así favorecer un análisis óptimo de la problemática.

No tendría sentido valorar este proyecto sin estudiar los trayectos de la población afectada, es por ello que se han realizado encuestas en los puntos de mayor relevancia. La información aportada refleja la necesidad de una conexión ferroviaria de pasajeros con una frecuencia acorde a la demanda.

En cuanto a la elección del tipo de ferrocarril que mejor se ajuste, es importante resaltar que existen dos tramos con características diferentes, ya que 17.226 metros serían de trazado interurbano y 6.774 metros tendrían un trazado urbano. Esto ha provocado que se opte por una solución intermedia entre un tranvía y un tren de cercanías. Se trata del Tren-Tram, que es una combinación de ambas tipologías y gracias ello puede ajustarse a las necesidades realizando transiciones.

1. OBJETIVOS

Objetivo general: Realizar la evaluación de Pre-Factibilidad para la rehabilitación de la vía férrea entre El Alto y Viacha.

- Estimar los costos de rehabilitación
- Realizar la evaluación económica del estudio.

Objetivos específicos:

- Realizar un inventario de la infraestructura existente.
- Realizar encuestas Origen – Destino en los distritos que se encuentran en el área de influencia de la ruta.
- Estimar el número de pasajeros que podría atraer el nuevo modo de transporte.

1.1 JUSTIFICACIÓN

El gran congestionamiento vehicular en el cruce Viacha y en la Ceja de El Alto, además del tiempo de viaje que se prolonga a 60 minutos nos hace buscar alternativas para poder solucionar esta problemática. En esta búsqueda surge la pregunta: ¿por qué no se utiliza la vía férrea que une Viacha y EL Alto para la circulación de

trenes de pasajeros?, a esta pregunta se plantea realizar la Evaluación de la Rehabilitación de la línea Férrea EL Alto – Viacha para la Implementación de un Tren de Pasajeros.

2. ALCANCE Y DELIMITACIÓN

La investigación se realizará a o largo de la ruta en estudio y en una franja de 25m a cada lado del eje.

3. METODOLOGÍA

El método de investigación es el referido a la obtención de información primaria, esto quiere decir que se realizaran trabajos de campo.

Las actividades desarrolladas fueron las que se detallan a continuación:

- a) Recopilación de Información
- b) Inventario
- c) Encuestas
- d) Estimación de costos de construcción
- e) Evaluación

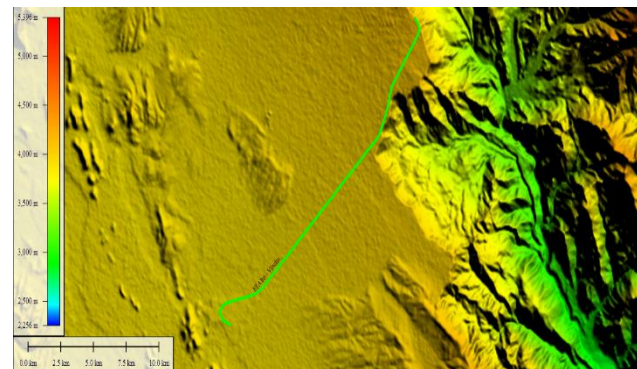
3.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

El proyecto se encuentra emplazado entre las ciudades de El Alto y Viacha, ambas ciudades ubicadas en el departamento de La Paz - Bolivia. Se ha trabajado sobre Cartas Geográficas del IGM (Instituto Geográfico Militar), Imágenes Satelitales Google Earth y ALOS Global Digital Surface Model de JAXA.

Es importante comentar que estos datos digitales de elevación, son aproximados y nunca se podrán utilizar como definitivos.

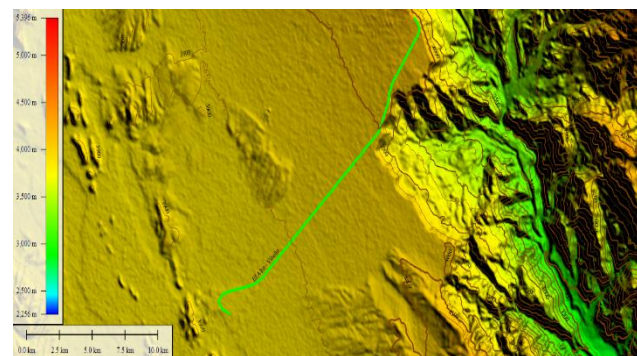
Para la obtención de los datos definitivos se debería realizar un vuelo en el que se tomaran imágenes nítidas y precisas de la zona, apoyadas por puntos de terreno, obteniendo una cartografía más precisa y apta para el proyecto.

Imagen 1. Relieve Satelital SRTM generado con Globalmapper



Fuente: Elaboración: Propia

Imagen 2. Curvas de nivel SRTM generado con Globalmapper

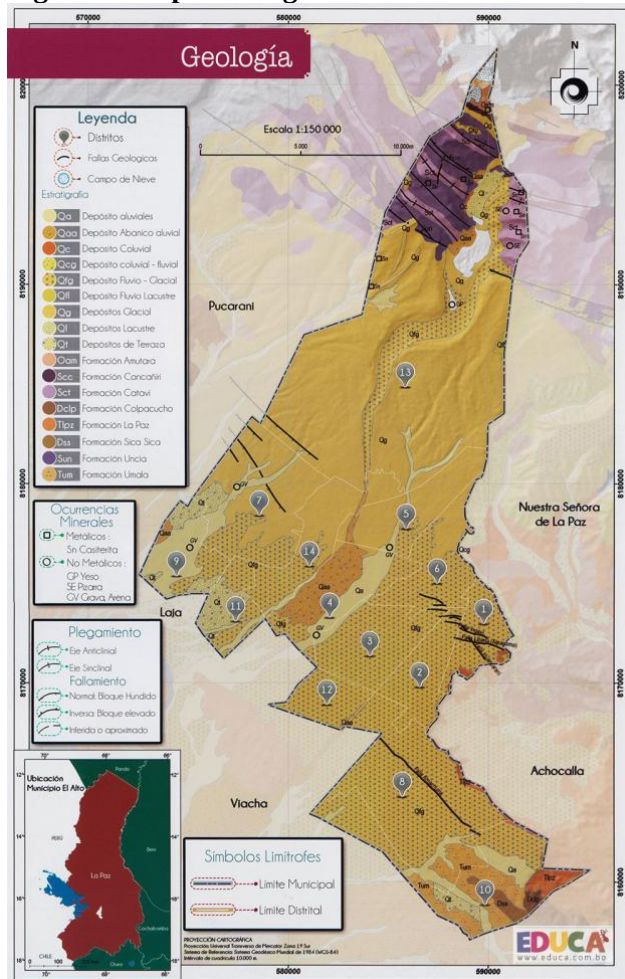


Fuente: Elaboración: Propia

3.1.1 GEOLOGÍA

El Municipio de El Alto, está constituido por metasedimentos del Ordovícico, además de facies psamíticas y pelíticas del Silúrico y Devónico. Plutonismo Triásico y sedimentitas Paleoneógenas. Durante el Paleozoico los ámbitos geológicos fueron de trasarco y antepaís. La depositación durante el Cenozoico estuvo controlada por fenómenos tectónicos, dando lugar a cuencas intermontanas. Movimientos tectónicos Hercínicos y Andinos deformaron y plegaron el Municipio de El Alto.

Figura 3. Mapa Geológico de la Ciudad de El Alto



Fuente: EDUCA.COM.BO

3.1.2 CLIMATOLOGÍA

El clima en la Ciudad de El Alto el frío y húmedo en verano y en invierno es frío y seco, presentándose nevadas ocasionales. En los distritos de nuestro interés (1, 2 y 8) impera el clima templado con un invierno seco y verano suave. La temperatura media ambiente es de 7.7 °C mientras que la humedad relativa media es del 53%.

3.1.3 INVENTARIO

El tramo en estudio tiene una longitud de 24.0 Km partiendo en el mercado de la Ceja de El Alto y finalizando en la antigua Estación Ferroviaria de Viacha. Con ayuda de un dron y restitución fotogramétrica se ha realizado un inventario preliminar del estado actual de la vía, los resultados se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 1.

ITEM	VA-LOR	P.K.		LONG. (Km)	OBSERVA-CIONES
		DE:	A		
Ancho de vía	1000 mm	0+000.0	24+000	24	Trocha métrica
Tipo de riel		0+000.0	24+000	24	
Durmientes de madera	0.20 * 0.15 cm			18	Existen tramos en los cuales se tienen emplazadas durmientes (traviesas) de madera
Durmientes metálicas				6	Existen tramos en los cuales se tienen emplazadas durmientes (traviesas) metálicas
Intersecciones a nivel con vías urbanas	45	0+000.0	24+000	24	
Intersecciones a nivel con Carreteras y Avenidas	3				En progresivas 7+400, 5+100 y 23+350
Intersecciones a nivel con caminos rurales	4	12+400	21+100	8.7	
Expropiaciones e Indemnizaciones					
Señalización	0				
Obras de arte menor	33				
Obras de arte mayor	0				
Cunetas				4.2	Cunetas NO revestidas

Fuente: Elaboración: Propia

3.1.4 ENCUESTAS

Para hacer un análisis consistente en la presente investigación, se ha realizado una serie de Encuestas de Preferencia a varias personas en tres distintos puntos (estaciones de encuesta) a fin de conocer algunos aspectos importantes.

Las preguntas formuladas fueron las que se muestran a continuación:

Preg.

1.-	¿En caso de Rehabilitar el ferrocarril entre la Ceja y Viacha, usted usaría ese servicio?
2.-	¿Cuánto pagaría por este servicio?
3.-	¿Usted transporta carga?

4.-	¿A dónde se dirige?
5.-	¿Cuánto tiempo tarda hasta su destino?
6.-	¿Cuánto gasta en pasajes?

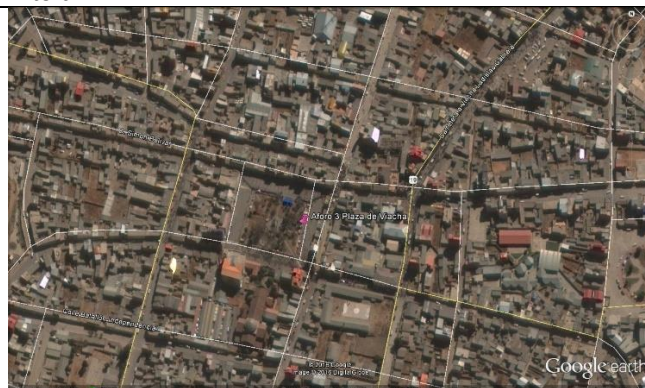
Las encuestas fueron realizadas en tres puntos clave, los mismos son los que se muestran en las imágenes siguientes:



Punto de aforo de encuestas 1, ubicado en la intersección de las vías: Carretera a Viacha Ladislao Cabrera y Ruta Nacional 1



Punto de aforo de encuestas 2, ubicado en la intersección de las vías: Carretera a Viacha Ladislao Cabrera y Av. Litoral



Punto de aforo de encuestas 3, ubicado en la parada de transporte público en la Plaza principal de Viacha

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de las encuestas son los siguientes:

Tabla 2. Resumen de encuestas

PREGUNTAS	RESPUESTAS	PUNTO DE AFORO		
		1	2	3
1	SI	242	143	100
	NO	26	35	18
	NSNR	0	2	0
	TOTAL	268	180	118
2	0-2,50	158	116	68
	3-5	102	60	48
	NSNR	8	4	2
	TOTAL	268	180	118
3	SI	65	66	31
	NO	199	112	87
	NSNR	4	2	0
	TOTAL	268	180	118
4	EL ALTO	175	130	99
	LA PAZ	83	5	2
	VIACHA	2	36	13
	OTRO	6	5	0
	NSNR	2	4	4
	TOTAL	268	180	118
5	0-1	183	172	113
	1-2	76	4	1
	>2	8	2	1
	NSNR	1	2	3
	TOTAL	268	180	118
6	0-10	212	151	108
	10-20	51	21	6
	20-30	2	3	0
	>30	1	0	1
	NSNR	2	5	3
	TOTAL	268	180	118

Fuente: Elaboración propia

Se han encuestado un total de 566 personas, de las cuales el 85.69% indica que usaría el tren. El 60.42% indica que el costo del pasaje debería ser no mayor a los 2.50 Bs. El 71.38% se dirige a la ciudad de El Alto. El 82.69% indica que el tiempo que tarda en llegar a la ciudad de El Alto es 60 minutos (1.0 Hrs.)

3.1.5 ESTIMACIÓN DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN

Cantidades.

Para la estimación de costos se ha realizado un diseño geométrico que se ajusta a normativas actuales de diseño geométrico para este tipo de trenes. Una vez realizados los diseños se tienen las siguientes cantidades de obra:

Tabla 3. Resumen de cantidades

ITEM O PARTIDA	UND.	CANTIDAD
drenaje transversal	ml	261.00
cuneta	ml	4200.00
excavación de tierra vegetal	m3	15655.82
excavación con medio mecánicos	m3	40150.00
relleno procedente de excavación	m3	40150.00
relleno procedente de cantera	M3	226841.25
capa de forma	m3	
capa de subbalasto	m3	29455.28
balasto	m3	44519.11
estaciones principales	pza	2.00
estaciones intermedias	pza	2.00
expropiaciones	ha	5.70

Fuente: Elaboración propia

Costos de construcción

Los costos de construcción determinados son los siguientes:

Tabla 4. Resumen de cantidades

PRESUPUESTO DE LA OBRA	COSTO (\$US)
COSTO DIRECTO	50,498,853.55
GASTOS GENERALES 13.0%	6,564,850.96
BENEFICIO INDUSTRIAL 6.0%	3,029,931.21
IMPUESTOS AL VALOR AGREGADO IVA 13.0%	7,8212,172.64
PRESUPUESTO GENERAL	67,905,808.36

Fuente: Elaboración propia

4. EVALUACIÓN

Se ha considerado que la construcción tomará al menos dos años y recién desde el tercero empezará a operar el servicio. Además como la vida útil del material rodante es de 30 años, el análisis se hace para 32 años, ya que la construcción es previa a la puesta en marcha del proyecto. Se usaron los siguientes datos para realizar el análisis:

Costos:

- **Costos de inversión:** En primer lugar, se considera el Costo total de construcción en Dólares: **67,905,808.36 \$us**.
En cuanto al costo de adquisición del tren, se usará el coste para tranvías de 9 módulos con capacidad para 562 pasajeros, que es de 2.600.000 \$us, (documento *Diálogo Regional sobre Transporte urbano*. Quito. Dic 2005) además la idea es contar con 10 unidades para satisfacer la demanda de la hora pico, aproximadamente 5620 pasajeros, con lo que el costo será de **26.000.000 \$us**.
- **Costos de operación anual:** Incluye los costes laborales de la tripulación y del personal encargado de gestionar la circulación, coste del mantenimiento del material rodante y resto de equipos auxiliares, gastos de energía, pagos a la administradora por uso de infraestructura y estaciones y costes administrativos y asociados a la comercialización de los servicios (como ser personal administrativo, amortización, depreciación y gastos financieros). Se asumirán 7.692.984 \$us, usando datos del documento *Diálogo Regional sobre Transporte urbano*. Quito. Dic 2005.
- **Costo de mantenimiento anual:** Incluye los costes laborales del personal de mantenimiento, los materiales y repuestos para el mantenimiento de vías, electrificación, señalización, telecomunicaciones y otros. Usando de referencia los costes en España, que alcanzan a cerca de 35.800 \$us por kilómetro.

Luego, el costo de operación más el de mantenimiento anual es de **8,559,049.88 \$us**.

Beneficios:

- **Ingreso por concepto de pasajes:** Considerando que de los casi 80.000 habitantes que tiene Viacha, el 70% está en edad económicamente activa, incluyendo a los escolares que matriculados en El Alto (Datos Instituto Nacional de Estadística – Bolivia) y de ellos el 85,7% (de acuerdo a

encuestas) estaría dispuesto a tomar el tren, lo que significa 48.212 potenciales pasajeros al día.

El pasaje se establece en función de lo que actualmente gasta la mayoría, a fin de ser competitivo, es decir 0,69 \$us (Bs. 5.0). Para calcular el ingreso diario por este concepto, se ha considerado que el servicio se prestará durante 10 horas diarias, de las cuales, **en cada sentido** una hora será pico, con las unidades al tope de su capacidad (5620 pasajeros), las 9 horas restantes serán horas valle, en las cuales los usuarios serán de 702 pasajeros/hora en promedio (de acuerdo a encuestas). Entonces, se tendría un total de 11.938 pasajeros al día por sentido, 23.876 pasajeros/día en total (49.5% de los potenciales pasajeros), que representan un total de 16.559,20 \$us al día; en un año, considerando solamente los días laborables significa un ingreso anual de 4.377.651,52 \$us por concepto de pasajes.

- **Ahorro de tiempo:** Un gran beneficio para la población es el ahorro de tiempo porque actualmente se tarda en promedio 60 minutos entre La Ceja de El Alto y Viacha, con el tren propuesto este tiempo se reducirá a 40 minutos, es decir que se ahorrarían 20 minutos en cada trayecto (de ida o de vuelta).

El ahorro de tiempo se ha cuantificado en función del ingreso mensual, que en nuestro país la población económicamente activa, en promedio, percibe mensualmente el equivalente a dos salarios mínimos, es decir Bs. 3,600.00 (517.24 \$us), un ahorro de 20 minutos significa un ahorro de Bs. 6,00 (0,86 \$us) por viaje, asumiendo que cada pasajero usará el tren dos veces al día, una para el trayecto de ida y otra para la vuelta, logrará ahorrar 40 minutos, que representan Bs. 12,00 o 1,72 \$us. Entonces, en un año una persona lograría un ahorro de 516 \$us por concepto de tiempo utilizado en transportarse y al aplicar a la población que usaría el tren (11.938 pasajeros), son 6,160,008.00 \$us al año.

Evaluación Económica:

Como se trata de un proyecto de inversión pública, se usa una tasa de descuento social de 12,67% (datos Instituto Nacional de Estadística – Bolivia), con lo que se han obtenido los siguientes resultados:

- TIR = -0.85%
- VAN = -52,725,163.16 \$us

La TIR ha resultado negativa porque la suma de los flujos de fondos es menor a la inversión inicial. Lo que significa que la inversión no es rentable económicamente y ni siquiera es necesario comparar la TIR con la tasa de descuento del proyecto, que era de 12,67%. El VAN también resulta negativo, lo que significa que en las condiciones presentadas, la inversión producirá pérdidas por debajo de la rentabilidad exigida.

5. CONCLUSIONES

- En Bolivia, cuando una obra trae grandes beneficios a la población, mejorando su calidad de vida y las condiciones diarias en que van a desarrollar sus actividades, es considerada de importancia social y puede ser presentada al Gobierno Central para que éste subvencione completamente los costos iniciales, siempre que se demuestre que apartando dichos costos, el proyecto será sustentable.
- Se observa que por concepto de pasajes se obtiene un ingreso de 4,349,252.16 \$us anuales. Este monto es inferior a los 8,552,033.88 \$us anuales que se necesitan para la operación y mantenimiento.
- Los datos anteriores nos indican que el tren de pasajeros El Alto Viacha necesitaría la subvención de alcaldías y gobernación para su funcionamiento. Y para su implementación el Gobierno Central se haría cargo de financiar su construcción.
- Incrementando el número de trenes a 20 unidades y garantizando el flujo a 48 mil pasajeros podemos llegar a los siguientes

resultados: ingreso por pasajes
8,755,303.00 \$us

Con esos ingresos tenemos una TIR =
8.56% y un VAN = -19,138,156.81 \$us.

Estos resultados nos muestran que
podemos hacer sostenible el proyecto
atrayendo mayor número de pasajeros.

Bibliografía

1. European Union Agency for Railways. *Reglamento la Especificación Técnica de Interoperabilidad (ETI) relativa al subsistema «infraestructura»*. Reglamento (UE) No 1299/2014 de la comisión de 18 de noviembre de 2014.
2. Ministerio de Fomento de España. “*Estudio informativo de la línea ferroviaria Valencia – Alicante*”.
3. EPTISA-ÁLABE. “*Proyecto del Tren Tranvía de Chiclana de la Frontera a San Fernando*”. Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía (AOPJA), Consejería de Fomento y Vivienda - Junta de Andalucía, 2014.
4. Ferropedia, Tram-tren.[en línea]. Disponible en: <http://ferropedia.es/wiki/Tram-tren> [Consulta 15 de septiembre de 2016].
5. Base de Precios Tipo General para los Proyectos De Plataforma (BPGP). ADIF, 2008
6. Base de Precios Tipo para los Proyectos de Vía (BPGV). ADIF, 2003
7. Documentos del Máster en Estructura Ferroviaria. EADIC. 2015- 2016.
8. Ferropedia (web)
9. Universidad Mayor de San Andrés – UNICEF. *Investigación Socioeconómica El Alto*. Facultad de Ciencias Sociales. Noviembre 2011
10. Tesina de Especialidad. Autor Oliver Alcalde Fernández. Tutor Andrés López Pita. *La nueva era del tranvía como modo de transporte ¿necesidad o moda?*. Junio 2012
11. *La Reforma de los Ferrocarriles. Manual para el Mejorar el Rendimiento del Sector Ferroviario. Capítulo 2: Mercados y Tecnologías Ferroviarias*. Versión en español de WB_Railways_Toolkit_Chapter2.
12. Enrique Lillo, Ulises Wensell, Luis Willumsen. *Economía Industrial. Innovación en el Transporte Urbano: Bus Transit Systems*

13. Cimbra 356_8. Artículo de Opinión por Ángel Álvarez Tejerina. *Transporte Urbano. Diferencias entre Tranvía, Metro Ligero y Metro Convencional*
14. Boletín FAL No.200, *¿Buses O Tranvías Para Las Avenidas De Ciudades Latinoamericanas?*. Abril 2003.
15. GTZ Módulo 3ª Transporte Sostenible, Texto de Referencia para formuladores de políticas públicas en ciudades de desarrollo. *Opciones de Transporte Público Masivo*. 2006.
16. Comunicado 2014 OurTransit. *Proyecto De Tren Ligero Durham – Orange (D-O Lrt)*. Disponible en www.ourtransitfuture.com
17. Institut de Recherche pour le développement. *Estudio de Identificación de Zonas de Riesgos en los Distritos 5 Y 6 Ciudad de El Alto. Análisis Geológico – Geomorfológico*. Enero 2008.
18. Andrés Pizarro. Banco Mundial *BRT vs. LRT. Dialogo Regional Sobre Transporte Urbano*. Quito, Diciembre 2005.