

Complemento al Estudio de Factibilidad del Proyecto Ferroviario de Rehabilitación del Tramo Algorta-Fray Bentos

Índice

1. Introducción	2
2. Contexto socioeconómico y aspectos generales.....	3
3. Estudio de las alternativas.....	10
4. Estudio técnico del proyecto	15
5. Análisis económico-financiero	23
6. Análisis socioeconómico.....	28
7. Estudio de impacto ambiental.....	32
8. Conclusiones.....	37

1. Introducción

El presente informe pretende ser un complemento al “estudio de pre-factibilidad técnica, socioeconómica, ambiental y financiera” (de aquí en adelante Informe Principal) para el proyecto ferroviario de rehabilitación del tramo Algorta-Fray Bentos en el departamento de Río Negro y que fue realizado por CND a través de la empresa Deloitte en Junio de 2013.

Si bien no se desea repetir el contenido del documento mencionado anteriormente, lo que se intenta es revisar ciertos aspectos que fueron comentados tanto por el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), la Oficina de Planeamiento y Presupuesto (OPP), la Administración de Ferrocarriles del Estado (AFE), la Corporación Nacional para el Desarrollo (CND) y los aportes de la propia consultora Deloitte. Asimismo se quiere incorporar los comentarios y opiniones de expertos en la materia ferroviaria que han sido recopilados con posterioridad a la realización del Informe Principal, proporcionando una visión más actual del proyecto.

Como uno de los principales aspectos que han impulsado el análisis de la posibilidad de rehabilitar la ferrovía se encuentra la situación de la infraestructura del transporte en relación al intenso uso que ha tenido en los últimos años, impulsado por el crecimiento económico. En efecto, la economía uruguaya ha presentado un importante crecimiento económico originado en parte por el sector agropecuario. En el periodo 2000-2013 el PIB creció a una tasa promedio anual del 3,21%, si se parte desde 2002 esta tasa sube a 5,18%. En este contexto se produce un gran cambio estructural en el sector agrícola con la soja como líder. Como forma de ver el impacto que esta ha tenido en la infraestructura se destaca que mientras que en 2000 la producción de soja fue de 27.600 toneladas, en 2012 se contaban 2.764.700 toneladas, esto implica un crecimiento en volumen físico del 46,8% promedio anual que debió ser transportado.

Esto ha representado un gran peso sobre la infraestructura vial provocando un impacto considerable. En este sentido, el sistema ferroviario se piensa como una alternativa, funcionando como una válvula de escape que aliviaría la carga que debe soportar la estructura vial. De la misma manera se pretende que, de ser factible, este proyecto se una a otras iniciativas que apuntan a la rehabilitación del sistema ferroviario uruguayo. Aquí es importante señalar otros proyectos que se están llevando a cabo financiados con fondos del FOCEM como son el tramo Pintado-Rivera (FOCEM I) y el proyecto de Tres Arboles-Piedra Sola, Tres Arboles-Algorta, Algorta-Paysandú, Paysandú-Salto, Salto-Salto Grande (FOCEM II). De esta manera, se podría pensar que el proyecto se enmarca en una estrategia integral del sistema ferroviario.

También desde el punto de vista empresarial se ha manifestado la necesidad de trabajar en proyectos en la infraestructura ferroviaria. Ejemplo de esto es la propuesta de iniciativa privada financiada por empresas agropecuarias radicadas en el litoral, en donde se realiza una propuesta para el ferrocarril del Uruguay 2015-2030 como aporte a la comunidad¹.

¹ <http://www.infraestructurauruguay2030.org/proyecto.html>

En este contexto el presente informe realizará aportes en cuanto al contexto socioeconómico, el análisis de las alternativas a evaluar, el estudio financiero, el estudio socioeconómico y el impacto ambiental del proyecto.

2. Contexto socioeconómico y aspectos generales

2.1 Área de influencia

Como se menciona en el Informe Principal, se trata de un proyecto de rehabilitación y mantenimiento de la vía ferroviaria Algorta-Fray Bentos que desde diciembre de 2010 no se encuentra operativa.

El proyecto involucra directamente a la localidad de Algorta al norte de Río Negro (en el límite con Paysandú) con la capital de Río Negro, Fray Bentos abarcando un tramo cuya extensión es de 141,192 km. Sin embargo, la zona de influencia es significativamente más amplia que el departamento involucrado, debido a que a través de Algorta se pueden realizar conexiones con otras vías importantes. Por un lado, existen conexiones con Tacuarembó, Paysandú y Salto, donde la red se conecta con Argentina. Por otro lado, presenta conexiones con Rivera y Tacuarembó hacia el norte del país posibilitando a estos departamentos el transporte de mercancía hacia Fray Bentos con destino a la exportación.

De esta manera, puede considerarse que el área de influencia del tramo Algorta-Fray Bentos se extiende a todo el norte del Río Negro, que puede dividirse en dos grupos de departamentos identificados en la Tabla 2.1

Tabla 2.1. Departamentos de influencia del proyecto

Litoral Norte	Oeste-Norte
Río Negro	Tacuarembó
Paysandú	Rivera
Salto	

Fuente: Elaboración propia en base al Informe Principal

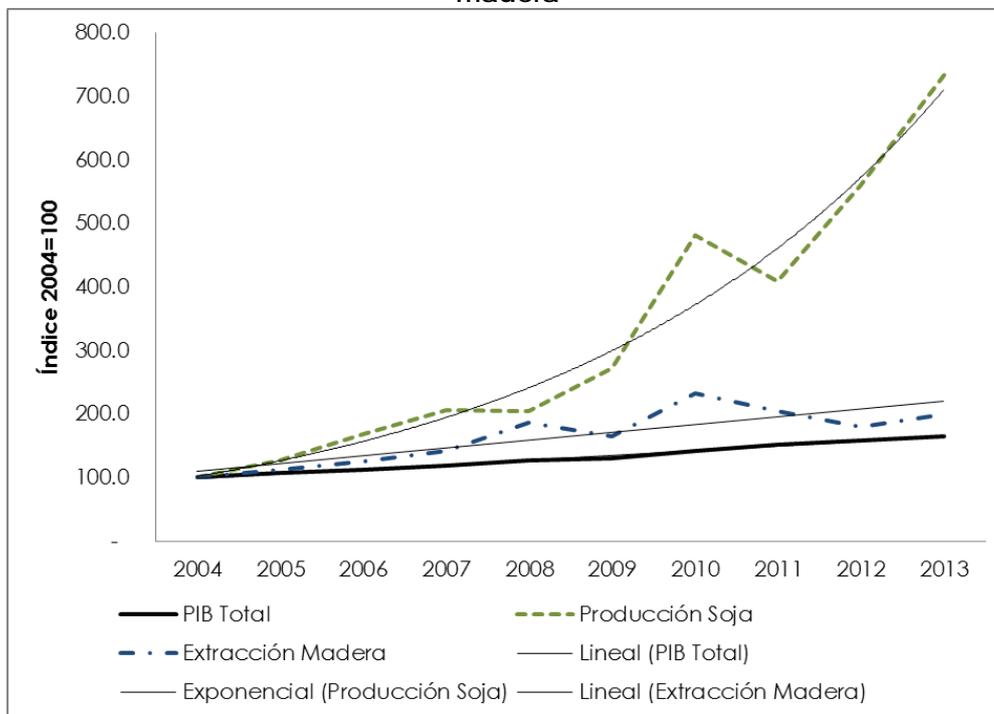
Estos cinco departamentos representan el 35,28% del territorio nacional (62.175 km²) y tienen una producción significativa en varios rubros agropecuarios exportables, que implican tránsito de mercadería importante que actualmente se realiza a través de rutas nacionales.

2.2 Contexto económico

A modo de ver el impacto de la producción del sector agrícola y compararlo con la producción nacional, se tomó el PIB total de la economía a precios constantes de 2005, la producción de soja en toneladas y la extracción maderera en m³ y se realizaron tres índices en base 2004=100. En la Figura 2.1 se puede apreciar que el PIB ha tenido una evolución lineal creciendo a una tasa promedio anual del 5,70% entre 2004 y 2013. Sin embargo, la producción de madera ha crecido a un ritmo mayor que

el promedio de la economía presentando una tasa promedio anual del 8,01% en el periodo. Asimismo, destaca el crecimiento exponencial de la producción de soja que en ese periodo ha presentado una tasa promedio anual de crecimiento del 24,78%.

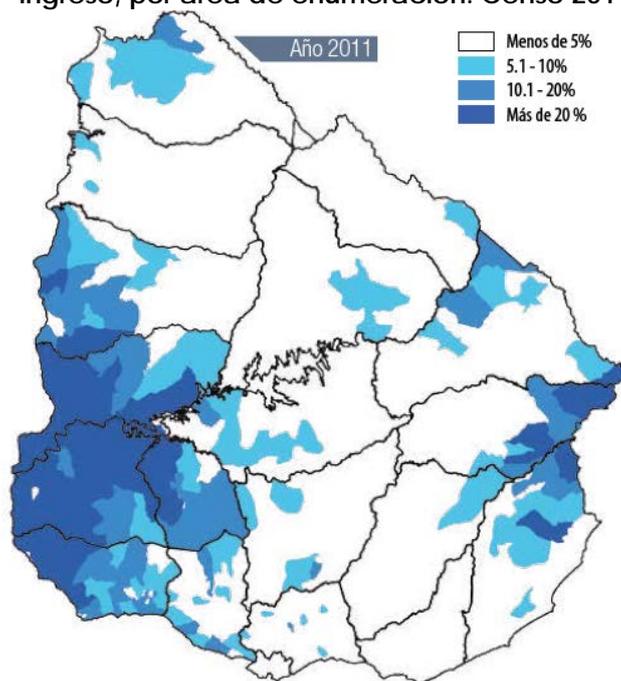
Figura 2.1. Evolución del PIB total en comparación con la producción de Soja y de madera



Fuente: Elaboración propia en base a los datos del BCU y MGAP-DIEA

Si bien los datos son válidos para el total del país, en la Figura 2.2 se puede observar el porcentaje de explotaciones con agricultura como principal fuente de ingresos. Aquí se puede apreciar que los departamentos de influencia del proyecto tienen una alta participación, en particular Río Negro y Paysandú.

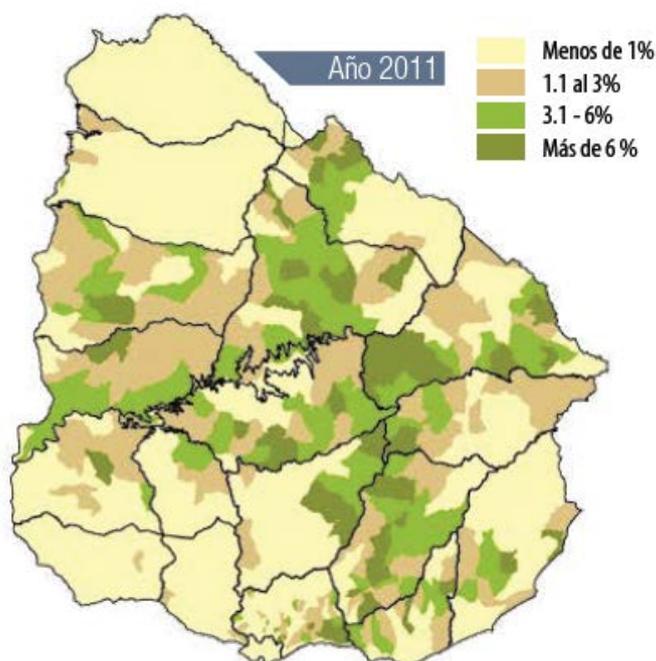
Figura 2.2 Porcentaje de Explotaciones con Agricultura como principal fuente de ingreso, por área de enumeración. Censo 2011.



Fuente: Tomado del Anuario estadístico agropecuario 2013. MGAP-DIEA

Asimismo, la Figura 2.3 muestra el porcentaje de explotaciones con forestación como principal fuente de ingreso, se observa que en los departamentos de influencia del proyecto es importante. En particular, en Río Negro, Paysandú, Tacuarembó y Rivera.

Figura 2.3 Porcentaje de Explotaciones con Forestación como principal fuente de ingreso, por área de enumeración. Censo 2011.



Fuente: Tomado del Anuario estadístico agropecuario 2013. MGAP-DIEA

2.3 Contexto Social

Si bien no se pretende hacer un análisis detallado de la situación social en la que se encuentra el área de influencia, se intentará mostrar la evolución de alguno de los indicadores sociales como pobreza y desempleo que afectan la región, su evolución y comparación con el resto del país.

Como se puede apreciar en la Tabla 2.2 en todo el país los niveles de pobreza han disminuido desde 2006 a 2013 a una tasa del -13,79% promedio anual, pasando de 32,5% a 11,5% personas. Esta caída ha sido más fuerte en algunos departamentos como Colonia y Maldonado quienes han llegado a tener los menores niveles de pobreza con una caída del 30,64% y 22,64% promedio anual. Otros departamentos como Soriano, han comenzado con un nivel de pobreza por encima de la media del país en 2006 y rápidamente han llegado a niveles sensiblemente más bajos que el promedio país en 2013. Sin embargo, se destaca que la mayoría de los departamentos del área de influencia (Río Negro, Tacuarembó y Rivera) se encuentran dentro de los departamentos con niveles de pobreza más altos que el promedio del país. Si se realiza un promedio simple entre los niveles de pobreza de los cinco departamentos de influencia y se los compara con el resto del país y con la media del país se obtiene que mientras la pobreza en el área de influencia es del 12,18% superior a la del total del país, es mucho más alta que la del resto del país que sería del 8,50%.

Tabla 2.2 Porcentaje de personas por debajo de la línea de pobreza (2006-2013)

Departamento	Año							
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Rivera	44,0	43,6	32,4	24,9	21,6	20,4	18,1	18,5
Artigas	48,9	49,1	36,8	34,9	37,2	22,0	16,0	18,3
Montevideo	32,9	31,0	25,1	24,1	21,8	16,8	16,7	15,7
Tacuarembó	40,4	35,8	25,9	25,5	21,8	18,7	12,0	12,6
Cerro Largo	42,3	36,8	27,1	25,7	25,6	20,2	14,6	12,0
Río Negro	30,6	26,7	18,5	18,6	14,2	12,3	10,3	11,7
URUGUAY	32,5	30,1	22,4	21,0	18,9	13,7	12,4	11,5
Durazno	36,6	36,2	25,9	20,8	22,4	12,1	8,5	11,4
Salto	39,4	32,3	25,0	24,0	23,3	16,3	11,2	9,7
Rocha	34,4	30,2	18,6	20,1	15,8	9,8	7,9	9,6
Paysandú	35,2	32,6	22,0	23,8	15,5	9,7	11,7	8,4
Canelones	28,3	27,0	16,5	15,9	14,8	10,5	9,7	8,3
Florida	26,9	26,1	24,5	17,7	15,2	9,5	8,2	7,5
Treinta y Tres	38,2	32,9	30,0	25,5	20,7	15,1	14,0	7,5
San José	28,5	24,6	16,4	13,1	13,2	8,6	6,0	6,3
Soriano	32,6	27,2	18,6	20,0	16,5	7,1	8,0	6,1
Flores	27,5	20,3	11,8	10,4	9,0	9,0	5,0	5,7
Lavalleja	30,2	27,0	15,7	15,9	16,6	10,5	7,9	5,6
Maldonado	19,3	15,8	9,7	7,1	8,1	4,2	3,2	3,2
Colonia	23,3	23,2	15,1	12,0	9,4	3,8	3,4	1,8

Fuente: Elaborado en base a los datos del INE que aplica la metodología elaborada en 2006 basándose en las encuestas continuas de hogares.

La Tabla 2.3 muestra la evolución de la tasa de desempleo por departamento en el período 2006-2012. Al igual que en el caso de la pobreza, se aprecia que la tasa de desempleo ha disminuido en todo el país pasando de 10,9% en 2006 a 6,1% en 2012.

Aquí también se aprecia que (con excepción de Paysandú), los departamentos del área de influencia del proyecto presentan tasas de desempleo por encima del total del país. Si se realiza un promedio simple de las tasa de desempleo del área de influencia se observa que esta es de 6,44% (superior al total del país), por encima del resto del país que presentaría una tasa promedio de 5,83%.

Tabla 2.3 Tasa de Desempleo por departamento (2006-2012)

Departamento	Año						
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Durazno	11,0	12,6	7,4	7,0	8,5	8,9	8,6
Rocha	9,5	10,4	9,4	8,8	7,3	4,2	7,6
Salto	11,0	8,6	6,7	7,7	9,7	6,8	7,6
Río Negro	12,1	11,3	11,6	9,3	9,6	6,7	7,5
Artigas	15,2	14,2	10,5	8,2	7,7	8,1	6,7
Montevideo	10,6	8,7	7,3	7,7	6,9	6,2	6,5
Treinta y Tres	13,3	10,2	8,9	8,4	9,1	8,0	6,5
Canelones	12,2	9,8	8,2	7,5	7,0	6,0	6,3
Rivera	10,9	10,0	9,9	8,1	4,6	5,9	6,3
Soriano	10,3	9,1	7,6	7,7	5,2	5,2	6,1
Tacuarembó	10,2	9,3	7,3	6,9	7,6	6,8	6,1
URUGUAY	10,9	9,3	7,8	7,4	6,9	6,0	6,1
Florida	8,6	9,2	9,7	7,6	8,1	4,9	5,4
Flores	6,9	7,6	7,0	5,3	5,1	5,4	5,0
Lavalleja	10,4	7,4	7,6	8,0	5,4	5,5	5,0
San José	8,5	8,4	7,1	5,7	7,7	6,4	5,0
Maldonado	11,6	10,7	7,9	6,4	5,4	5,5	4,8
Paysandú	11,4	10,8	8,3	8,1	5,9	5,9	4,7
Cerro Largo	12,1	10,8	7,6	5,6	6,4	2,6	4,6
Colonia	8,1	5,8	5,5	4,4	4,4	3,2	3,5

Fuente: Elaborado en base a la información del INE.

Dos conclusiones se podrían obtener de este análisis, en primer lugar tanto la pobreza como la tasa de desempleo han venido cayendo en este periodo y esto en gran parte es debido al crecimiento económico que ha presentado el país. Por otro lado, se observa que el área de influencia del proyecto sigue siendo de las zonas con mayor desempleo y pobreza del país respecto al resto de los departamentos.

2.4 Actores Involucrados

En la Tabla 2.4 se presentan los actores que en alguna medida están involucrados en el proyecto y podrían ser tanto beneficiarios como perjudicados por el mismo, los cuales se analizan a continuación.

Tabla 2.4. Actores Involucrados en el proyecto.

Actor	Interés en el proyecto	Problema Actual	Riesgos o posibles conflictos
<i>Empresas productoras</i>	Contar con un servicio confiable. Reducir los costos de transporte	Imposibilidad total o limitada de uso del modo ferroviario por carencias en la oferta del servicio.	Inversiones en los desvíos hacia las empresas
<i>AFE</i>	Avanzar en el proceso de rehabilitación de la red ferroviaria	Falta de recursos para invertir en infraestructura ferroviaria.	Necesidad de recursos humanos y financieros
<i>SELF</i>	Avanzar en el proceso de rehabilitación de la red ferroviaria	Imposibilidad de actuar debido a que el tramo no se encuentra habilitado	Posibles dificultades de no existir conexiones con los clientes.
<i>Población en general</i>	Reducir contaminación generada por el transporte de cargas. Reducir accidentalidad en las rutas.	Aumento del congestionamiento en rutas y en los puntos de destino de las cargas.	Protestas o presiones en contra del tren en zonas pobladas o en la capital
<i>Intendencias departamentales y municipalidades locales</i>	Buscar bienestar ciudadano referente a la seguridad en el tránsito. Evitar congestionamiento de las rutas y en las ciudades.	Crecimiento del transporte pesado con aumento de la peligrosidad, accidentalidad y deterioro de las vías de tránsito	Nivel de involucramiento en el proyecto
<i>DNTF-MTOP</i>	Mantener/Mejorar la capacidad y el nivel de servicio de las rutas nacionales.	Crecimiento del transporte pesado con aumento del deterioro de las rutas nacionales y de la necesidad de mantenimiento.	Nivel de involucramiento en el proyecto
<i>Empresas de transporte carretero</i>	Contar con vías de tránsito seguras y sin congestionamiento.	Aumento del tránsito pesado afecta la contaminación y la accidentalidad.	Conflictos por el ingresos de un competidor
<i>Trabajadores del transporte carretero.</i>	Contar con vías de tránsito seguras, en buenas condiciones y sin congestionamiento.	Aumento del tránsito pesado afecta la contaminación y la accidentalidad.	Conflictos por posible pérdida de puestos de trabajo

Fuente: Elaboración propia en base al Informe Principal y entrevistas con especialistas.

Las empresas productoras son aquellos actores que demandan transporte para hacer llegar sus productos al mercado. En el área de influencia existen productores en el ámbito de la agricultura de secano, la industria de la madera, la industria láctea, la producción de cítricos, los molinos arroceros, los frigoríficos y curtiembres junto a otras de menor importancia. Estas empresas tienen la necesidad de contar con un servicio confiable y con un bajo costo. Hoy el problema que enfrentan es la imposibilidad de uso del modo ferroviario por carencias en la oferta del servicio. Como riesgo detectado del proyecto se encuentra que las empresas de la zona (UPM, Montes del Plata) debería solucionar el tema de inversiones en desvíos ferroviarios desde la línea que se pretende rehabilitar hacia las empresas.

La Administración de Ferrocarriles del Estado (AFE) es el ente autónomo que tiene la misión de aportar valor a Uruguay con un transporte ferroviario eficiente. Tiene como visión, por un lado, la de aumentar el transporte de mercancías haciendo más

competitivos los productos uruguayos y contribuyendo al desarrollo productivo y social del país en forma sostenible. Por otro lado, la de contribuir al posicionamiento de Uruguay como centro de distribución, incorporándose al sistema regional de transporte y servicios logísticos conexos. AFE tiene el interés de avanzar en el proceso de rehabilitación de la red ferroviaria. Actualmente tiene falta de recursos para invertir en infraestructura ferroviaria. En el marco del proyecto tiene el riesgo de faltarle recursos humanos y financieros.

Servicios Logísticos Ferroviarios (SELF) es la empresa creada para encargarse de la operación ferroviaria de carga. La propiedad de esta empresa es 51% de AFE y 49% de CND. Su interés es del avance de la rehabilitación de la red ferroviaria, hoy en día encuentra la dificultad de no poder operar en ese tramo debido a que este se encuentra fuera de servicio desde 2010. Una de las posibles dificultades que puede presentar es la existencia de conexiones desde el tramo hacia los potenciales clientes.

La población en general se vería beneficiada por una reducción de la contaminación generada por el transporte de cargas carretero. Es de esperar que los niveles de emisión de CO₂ sean menores a los que genera el ferrocarril. Por otra parte, se esperaría una reducción de los niveles de accidentalidad en las rutas. Hoy en día el problema que enfrentan es el aumento del congestionamiento de las rutas y en los puntos de destino de las cargas. En el marco del proyecto, un riesgo señalado por algunos especialistas es el de protestas o presiones en contra del tren en las zonas pobladas por donde este pase.

Las intendencias departamentales y municipios locales buscan el bienestar ciudadano referente a la seguridad en el tránsito y evitar el congestionamiento en las rutas y en las ciudades. Actualmente con el crecimiento del transporte pesado ha aumentado la peligrosidad, accidentalidad y deterioro de las vías de tránsito. Como riesgo del proyecto se señala la posibilidad de un bajo involucramiento con el proyecto.

La Dirección Nacional de Transporte Ferroviario (DNTF) del MTOP tiene la misión de asesorar al Poder Ejecutivo respecto al diseño estratégico e implementación de políticas ferroviarias que se adecuen a las necesidades actuales y futuras dentro del territorio nacional y en el contexto regional. Asimismo debe contribuir a la integración y al desarrollo socio-económico del país, a través del fortalecimiento del Transporte Ferroviario y establecer normativas que garanticen la mayor calidad en el uso de los recursos de la operativa ferroviaria. El problema que hoy en día enfrenta es el del crecimiento del transporte pesado con aumento del deterioro de las rutas nacionales y de la necesidad de mantenimiento. Como posible riesgo se detecta el del grado de involucramiento con el proyecto.

Las Empresas de Transporte Carretero son las empresas que brindan los servicios logísticos que les permiten a las empresas productoras transportar sus mercaderías desde las plantas a los mercados. Estas empresas están interesadas en contar con vías de tránsito seguras y sin congestionamiento. Hoy en día el aumento del tránsito pesado afecta la contaminación y la accidentalidad. Como posible conflicto con el proyecto se ha señalado que el resurgimiento del ferrocarril haría surgir un nuevo competidor del transporte carretero.

Los trabajadores del transporte carretero que podrían pertenecer a agremiaciones como el Sindicato Único del Transporte de Carga y Ramas Afines (SUTCRA) presentan

interés en contar con vías de tránsito seguras, en buenas condiciones y sin congestión. Hoy en día el aumento de tránsito pesado aumenta la accidentalidad y los niveles de contaminación. En el marco del proyecto se señalan posibles conflictos y presiones en contra del proyecto ya que podría generar un riesgo de los puestos de trabajo de los camioneros. De todas formas, el modo ferroviario tiene características particulares y no representaría una proporción importante del mercado de cargas viales.

3. Estudio de las alternativas

En el estudio de factibilidad presentado por Deloitte se evalúan seis alternativas de rehabilitación: 1) Vía sobre durmiente de madera; 2) Vía sobre durmiente de hormigón con riel embridado; 3) Vía sobre durmiente de hormigón con barra larga soldado; 4) Vía sobre durmiente de madera con reutilización del 20% de los durmientes existentes; 5) Vía sobre durmiente de madera con reutilización del 33% de los durmientes existentes; 6) Vía sobre durmiente de madera con reutilización del 50% de los durmientes existentes.

3.1 Alternativa 1: Vía sobre durmiente de madera

Esta alternativa consta de 20 cm de subbalasto dispuestos sobre la plataforma existente. Entre la capa de subbalasto y la plataforma se introduce una lámina impermeabilizante o geotextil. Encima de la capa de subbalasto se dispone una capa de balasto, cuyo espesor mínimo sea de 15 cm y sobre ella se colocan durmientes de madera con una separación entre los mismos de 0,6 m.

El riel que se piensa utilizar es de 54kg/m y éste se sujeta a los durmientes mediante sujeción rígida (placa metálica con tirafondos). La longitud de los rieles ha de ser de 36 m y se unen mediante bridas.

En el lado del desmonte se excava una cuneta de unos 0,6 m de ancho.

Al respecto de esta alternativa se deben hacer varias consideraciones que surgen de un análisis posterior al Informe Principal realizado en junio de 2013. Los 141,192 km que implican el tramo Algorta-Fray Bentos necesitan de 235.320 durmientes de madera. De acuerdo a los técnicos, en Uruguay se están importando durmientes de madera desde Paraguay que actualmente es el único proveedor. En los aserraderos de Uruguay no se hacen de buena calidad. Se debe recordar que el durmiente de buena calidad es aquel de madera dura que en general, en los países del norte se realiza con madera de roble y en Sudamérica en base a la madera de Quebracho que tiene características similares. Este tipo de madera actualmente es escaso y los durmientes de Curupay no tienen el mismo nivel de calidad.

Los técnicos también han señalado que de pensarse en la alternativa de madera sería viable con rieles embridados y no con un riel soldado. En este último caso se necesitaría un tratamiento especial del durmiente con compuestos químicos que plantean un daño ecológico y que encarecen el costo del durmiente. Asimismo se necesitarían sujeciones especiales, más elásticas que también encarecen el costo.

3.2 Alternativa 2: Vía sobre durmiente de hormigón con riel embridado

Esta alternativa consta de 20 cm de subbalasto, los cuales se disponen sobre la plataforma existente. Entre la capa de subbalasto y la plataforma se introduce una lámina impermeabilizante o geotextil.

Encima de la capa de subbalasto se dispone una capa de balasto, cuyo espesor mínimo sea 20 cm y sobre ella se colocan los durmientes de hormigón con separación entre las mismas de 0,6 m.

El riel utilizado es de 54 kg/m y éste se sujeta a los durmientes mediante sujeción elástica (tipo SKL1). La longitud de los rieles ha de ser de 36 m y se unen mediante bridas.

En el lado del desmante se excava una cuneta de unos 0,6 m de ancho.

En el caso de los durmientes de hormigón, Uruguay no cuenta con experiencia y se plantea en el caso de ser la alternativa seleccionada la construcción de una planta de hormigón, por lo cual a diferencia de los durmientes de madera podrían no ser importados sino que de fabricación nacional. A nivel técnico se plantea que para dichos durmientes se debería exigir un tipo de estándar de calidad internacional como el ALAF 5-022 o ALAF 5-023.

Otra consideración que se ha realizado a nivel técnico es la no conveniencia de aplicar el riel embridado con el durmiente de hormigón debido a que aumenta los costos de mantenimiento. En general, cuando se aplican durmientes de hormigón se aplican rieles soldados, que sería la alternativa siguiente.

3.3 Alternativa 3: Vía sobre durmiente de hormigón con riel largo soldado

Esta alternativa es similar a la presentada anteriormente, la única diferencia es que el riel se suelda a todo lo largo y por lo tanto no es necesario colocar bridas. Si se opta por la barra larga soldada, es necesario disponer aparatos de dilatación en las estructuras y aparatos de vía.

Como se mencionó anteriormente, esta alternativa a nivel técnico sería más viable que la de riel embridado ya que la dureza del material exigiría en el caso del embridado un mayor mantenimiento debido a frecuentes ajustes de los tornillos para brida. Sin embargo, ciertos expertos indican que esta alternativa podría ser costosa debido a que se requiere un mantenimiento mecanizado especial para que se preserve la vida útil del durmiente de hormigón.

3.4 Alternativa 4: Vía sobre durmiente de madera con reutilización del 20% de los durmientes existentes.

Esta alternativa es similar en lo estructural a la alternativa 1 ya que utiliza durmientes de madera y el mismo tipo de rieles y balasto. Sin embargo, plantea la reutilización del 20% de los durmientes existentes.

Esta alternativa al igual que las dos siguientes que implican reutilización de durmientes merece algunas consideraciones técnicas a tener en cuenta.

Como se mencionó el tramo en estudio requiere de 235.320 durmientes de madera una reutilización del 20% implica reutilizar 47.064 durmientes de madera ya existentes. En primer lugar la vía no está en servicio desde el año 2010 y el recuento de durmientes se realizó en el año 2011 según el inventario de AFE y por lo tanto actualmente, en 2014 el número de durmientes que se podrían reutilizar podría ser sensiblemente inferior. Asimismo la empresa Deloitte indica que en su momento el relevamiento no permitió, ni tenía por objeto determinar el porcentaje de durmientes que requería ser renovado. En este sentido se debe considerar que los técnicos que trabajaron en el tramo Pintado-Rivera previeron 120.000 durmientes nuevos y al pasar un año se necesitaron 50.000 durmientes más. Asimismo según Manalo et al. (2010)² en Estados Unidos la industria ferroviaria debe reemplazar anualmente un 2% de los 700 millones de durmientes de madera. Todo esto indicaría que la situación en cuanto a durmientes a reutilizar luego de tres años podría ser diferente. Por otro lado, se debería pensar en un costo de mantenimiento más alto debido al reemplazo anual de durmientes, que por otra parte como se aprecia en la Tabla 3.1 tiene una duración de entre 20 y 30 años siempre que sean de madera dura y de 20 años en el caso de la madera blanda.

3.5 Alternativa 5: Vía sobre durmiente de madera con reutilización del 33% de los durmientes existentes.

Esta alternativa es similar a la anterior pero implica la reutilización de un 33% de los durmientes, en lugar del 20%. Los comentarios son válidos también en este caso, es de notar que esta alternativa requiere reutilizar 77.655 durmientes con un mayor riesgo de no encontrar durmientes en buenas condiciones que en la alternativa anterior e implicando mayores costos de mantenimiento.

3.6 Alternativa 6: Vía sobre durmiente de madera con reutilización del 50% de los durmientes existentes.

Finalmente, la alternativa 6 es similar a las dos anteriores solo que implica una reutilización del 50% de los durmientes existentes, esto es utilizar 117.660 durmientes existentes. Nótese que el riesgo de encontrar menos durmientes en buenas condiciones es mayor aquí. Además si se considera la afirmación de Manalo et al. (2010) antes mencionada sobre una tasa de reemplazo de durmientes del 2% anual y de que este costo de reemplazo en otros países es el más significativo dentro de los costos de mantenimiento estaríamos hablando de un costos de mantenimiento por concepto de reemplazo de USD 122.356 (reemplazando 2.353 durmientes por año a USD 52). Según algunos expertos este valor debería ser relativizado ya que el peso que deben soportar los durmientes debido a las locomotoras de mayor porte en EE.UU. generan un mayor deterioro y por tanto una mayor tasa de reemplazo que aquella que se podría esperar en Uruguay.

3.7 Consideraciones sobre las alternativas y comparación entre materiales

Se debería hacer una serie de precisiones respecto a las alternativas y los materiales de durmientes planteados a la luz de la literatura existente y luego de una serie de entrevistas con especialistas ferroviarios tanto en Uruguay como en Argentina.

² Manalo, A.; Aravinthan, T.; Karunasena, W.; Ticoalu, A., (2010), "A review of alternative materials for replacing existing timber sleepers", Composite Structures, Vol. 92, pp. 603-611.

Como se puede apreciar en la Tabla 3.1 los materiales existentes para durmientes ferroviarios son básicamente cuatro: 1) Madera dura; 2) Madera blanda; 3) Hormigón; 4) Acero.

3.7.1 Durmientes de Madera

La madera dura ha sido el material tradicional con el que comenzó la industria ferroviaria tiene una gran resistencia y es difícil conseguir un sustituto técnico que lo reemplace en cuanto a ciertas características deseables como la adaptabilidad, trabajabilidad, el manejo e instalación, la forma en que se reemplaza, la sujetabilidad a la vía, la baja conductividad eléctrica y el peso para manejarlo.

Sin embargo, este durmiente viene a presentar una serie de desventajas. En primer lugar, como señala Manalo et al. (2010) el problema más difícil que está encarando la industria ferroviaria es la disponibilidad cada vez menor de los durmientes de madera de calidad. Como se mencionó Uruguay debe importar el Quebracho desde Paraguay que es actualmente el único proveedor en la región. De hecho, el proyecto ferroviario que se está llevando a cabo en Uruguay (FOCEM I) importa durmientes desde ese país. Por otro lado, como se señaló el Curupay no tiene los mismos niveles de calidad del Quebracho. Asimismo las alternativas en madera blanda si bien tienen una alta disponibilidad y un costo menor a la madera dura, presentan una difícil adaptabilidad, una pobre sujetabilidad a las vías, una menor interacción con el balasto y una menor vida útil.

Tabla 3.1 Comparación de los materiales existentes para durmientes ferroviarios

Propiedades	Madera Dura	Madera Blanda	Hormigón	Acero
<i>Adaptabilidad</i>	Fácil	Difícil	Difícil	Difícil
<i>Trabajabilidad</i>	Fácil	Fácil	Difícil	Difícil
<i>Manejo e instalación</i>	Fácil	Fácil	Difícil	Difícil
<i>Durabilidad</i>	Baja	Baja	Alta	Baja
<i>Mantenimiento</i>	Alto	Alto	Bajo	Alto
<i>Reemplazo</i>	Fácil	Fácil	Difícil	Difícil
<i>Disponibilidad</i>	Baja	Alta	Alta	Alta
<i>Costo</i>	Alto	Bajo	Muy Alto	Muy Alto
<i>Sujetabilidad</i>	Buena	Pobre	Muy Buena	Pobre
<i>Interacción con el balasto</i>	Muy Buena	Buena	Muy Buena	Pobre
<i>Conductividad eléctrica</i>	Baja	Baja	Alta	Muy Alta
<i>Impacto</i>	Alto	Alto	Bajo	Medio
<i>Peso^(a), kg</i>	60-70	60-70	285	70-80
<i>Vida útil (Año)</i>	20-30	20	60	50

Fuente: Tomado de "A review of alternative materials for replacing existing timber sleepers", Revista: Composite Structures, Autores: Manalo, Aravinthan, Karunasena and Ticoalu, año: 2010. (a) Basado en los pesos de los principales estándares de durmientes.

La vida útil del durmiente de madera es inferior al de otras alternativas, una de las causas de esto es biológica como el ataque de hongos que degradan al durmiente.

Otras fallas que se presentan frecuentemente son la partición en dos del durmiente en los extremos cuando deben soportar cargas muy pesadas.

Como menciona Manalo et al. (2010) otra preocupación creciente se refiere al impacto en el medioambiente y la salud debido al uso de químicos utilizados para preservar a los durmientes. De la misma forma, los escasos y la tala de árboles de madera dura plantean un problema ecológico.

Actualmente el durmiente de madera se sigue usando en países como EE.UU. donde según Manalo et al. (2010) existen 700 millones (alrededor de 420.000 km), a pesar que preocupa la baja disponibilidad, la disminución de la calidad y los aspectos ambientales.

3.7.2 Durmientes de Hormigón

Por otra parte, el durmiente de hormigón surgió a mediados del siglo pasado como una alternativa a la utilización del durmiente de madera que ha venido creciendo en aplicación en gran parte debido a la escases de los durmientes de madera y la utilización de locomotoras cada vez de mayor porte. España se encontraba dentro de los primeros países en utilizar durmientes de hormigón, como señala Najera (1965) en esa época RENFE alegaba a favor del durmiente de hormigón el ahorro experimentado en energía de tracción (al mejorar el coeficiente de rodadura aparente del trayecto en cuestión presentando un mejor rendimiento del material motor), entre otros factores. Como se aprecia en la Tabla 3.1 las ventajas de esta tecnología son varias: Alta durabilidad, bajo mantenimiento, altamente disponible, muy buen ajuste a las vías, muy buena interacción con el balasto y una vida útil que ronda los 60 años. Sin embargo, como contracara que el costo es muy alto, la conductividad eléctrica es alta, es muy pesado (285 kg por bloque), es muy difícil de adaptar, trabajar e instalar. En este aspecto se señala que si se piensa en trabajo manual, el reemplazo de un durmiente de hormigón involucra a ocho personas, mientras que el de madera necesita cuatro. Por otra parte, como se señaló anteriormente el mantenimiento debería ser mecanizado para preservar la vida útil del material.

En el caso de Uruguay se estaría pensando en la incorporación de una planta de hormigón para la producción de este tipo de durmiente que se estima requiere de una inversión de USD 5 millones para su instalación. En este caso, entre otras cosas hay que tener en cuenta dos cosas: 1) El nivel de capacidad de producción de la planta y su relación con la producción de durmientes. Se debe tener en cuenta que se requerirían 235.320 durmientes en dos años de inversión, lo que implicaría una producción de 117.660 durmientes al año; 2) Se plantea la cuestión del futuro de la planta de hormigón luego de terminado el proyecto de inversión ferroviario.

Alternativamente algunos expertos argentinos mencionaban la posibilidad de importar durmientes de hormigón desde Argentina siempre que el nivel de construcción en ese país esté en baja.

Respecto a esta alternativa varios de los expertos entrevistados señalan que la utilización del durmiente de hormigón en Uruguay podría ser riesgosa debido a la falta de experiencia en esta variante tecnológica.

También es importante señalar que existen otras alternativas a la madera y al hormigón que no han sido evaluadas en este estudio y que o bien se encuentran en experimentación o se aplican en algún país en particular. En este sentido, Manalo et al. (2010) hace una revisión de las alternativas a los durmientes de madera, señalando la existencia de durmientes a base de fibra de vidrio reforzado con plástico reciclado (EE.UU.), fibra de vidrio y poliuretano duro (Japón), plástico reciclado (UK), a base de caucho natural (Tailandia), entre otros.

Por otro lado, como se aprecia en la Tabla 3.2 se presentan diferencias entre considerar una vía con juntas y una vía en la cual los rieles estén soldados. Este último implica un costo de mantenimiento inferior. Como se mencionó anteriormente, a nivel técnico los expertos parecen indicar que con los durmientes de hormigón la mejor opción es el riel soldado, sin embargo con el durmiente de madera se debería utilizar el riel con juntas, debido a que el riel soldado implicaría un tratamiento químico sobre la madera que aumentaría su costo y que podría no ser ecológicamente aceptable.

Tabla 3.2 Desventajas de la vía con juntas y ventajas de la vía con riel continuo soldado

Vía con Juntas	Vía con riel continuo soldado
Requiere de bridas y tornillos	Requiere soldaduras y requiere liberación de tensiones
DESVENTAJAS	VENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> * Rodadura discontinua * Genera impactos, vibraciones y ruidos * Aflojamiento de fijaciones * Aflojamiento de tornillos * Problemas de nivelación (baches) * Problemas de alineación * Deformación de la vía * Desgastes prematuros * Deterioro de los durmientes * Degradación del balasto * Averías punto crítico descarrilo 	<ul style="list-style-type: none"> * Disminución de la resistencia de rodadura * Mejor calidad de rodadura * Reducción de ruidos * Aumenta la vida útil del riel * Aumenta la vida útil de los durmientes * Aumenta la vida útil del balasto * Reduce gastos de mantenimiento * Mejora la conductividad * Reduce el consumo energético
VENTAJAS	DESVENTAJAS
*Es más económico	*El mantenimiento es especial y podría ser más costoso.

Fuentes: Elaboración propia en base al Informe Principal y entrevistas a expertos.

4. Estudio técnico del proyecto

En este apartado no se pretende hacer un análisis detallado del análisis técnico el cual se presenta en el Informe Princiapl. Aquí se realiza un breve resumen de las tareas necesarias para realizar el proyecto a los efectos de describir los rubros involucrados en el costo total de inversión de las seis alternativas.

Las obras tienen por objetivo principal la rehabilitación y el mantenimiento del tramo de vía ferroviario definido entre la localidad de Algorta (km 409) y la ciudad de Fray Bentos (km 550) que implica una longitud de tramo de 141,192 kms. Se plantea mantener un estándar de calidad que permita una velocidad de circulación media de 40 km/h y el aumento del peso del riel a 54 kg/m para permitir el aumento del peso de la carga transportada.

Para lograr estos objetivos y dependiendo de las alternativas que se estén considerando será necesario realizar las siguientes obras.

- Suministro y recambio de rieles
- Suministro y recambio de durmientes
- Colocación de sujeciones de vías
- Suministro y reposición de balasto
- Colocación de desvíos
- Reforzamiento de puentes

4.1 Suministros

Se requerirá una serie de suministros que se detallan en la Tabla 4.1. En primer lugar, se plantea la necesidad de cubrir 282,384 km de rieles nuevos de 54 kg/m. Dependiendo de la alternativa, se necesitarán 235.320 durmientes de madera o de hormigón (en este último caso es aconsejable seguir las normas ALAF 5-022 o ALAF 5-023. Tirafondos, placas en el caso de durmientes de madera, bridas y tornillos para brida en el caso de durmientes de hormigón con vía embrizada. Además se requieren balasto, geotextil y desvíos tipo A.

4.2 Descripción de tareas

Carga, transporte y descarga de rieles; Descarga de material menudo; Descarga de durmientes de madera o de hormigón; Desagüe de vía; Montaje de vía; Rebaje bajo balasto; Piqueteado de vía; Liberación de tensiones (en el caso del riel soldado); soldaduras aluminotérmicas; descarga de balasto; rebaje explanación bajo balasto; cuneta longitudinal; drenaje transversal y drenaje longitudinal; Descarga de desvío; Montaje de desvío. Además se incluyen los reforzamientos de 117,65 metros de puentes para 22 ton/eje y 60 km/h. Los mismos se encuentran detallados en el punto 4.1.4.5 del informe principal.

4.3 Costos de inversión

4.3.1 Costo de la Obra

En la Tabla 4.2 se presentan los metrajes, costos unitarios y nivel de inversión total que requiere el proyecto en sus seis alternativas.

Como se puede apreciar la alternativa que representa un menor nivel de inversión inicial es la que involucra la reutilización del 50% de los durmientes la cual representa

un costo de inversión de USD 91.537.189, mientras que la propuesta más cara es la de durmientes de hormigón con riel soldado que implica una inversión en obras de USD 109.422.279.

Tabla 4.1 Rubros con mayor peso en las alternativas de inversión

Descripción	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	Alternativa 6
Rieles nuevos (54 kg)	16,5%	15,7%	15,6%	17,3%	17,9%	18,7%
Sum. y des. balasto of.	11,2%	14,1%	14,0%	11,7%	12,1%	12,6%
50 cm. capa forma (Plataforma)	11,4%	10,9%	10,8%	11,9%	12,4%	12,9%
Durmientes de hormigón (ALAF 5-022 o ALAF 5-023)	0,0%	19,7%	19,6%	0,0%	0,0%	0,0%
Montaje vía	7,9%	7,5%	7,4%	8,2%	8,5%	8,9%
Durmientes comunes de madera dura	11,8%	0,0%	0,0%	9,9%	8,5%	6,7%
TOTAL	58,7%	67,9%	67,4%	59,1%	59,4%	59,8%

Fuente: Elaboración propia en base al rubrado presentado en Tabla 4.2

Como se aprecia en la Tabla 4.1 los rubros que tiene mayor peso en el nivel de inversión dependen de las alternativas consideradas. En el caso de la alternativa 1 que plantea un recambio de todos los durmientes el principal rubro son los rieles que ponderan un 16,5% seguido de los durmientes de madera con 11,8%. Sin embargo, en el caso de las alternativas en hormigón (2 y 3), son los durmientes los que se encuentran en primer lugar con 19,7% y 19,6% respectivamente seguido por los rieles nuevos con 15,7% y 15,6% respectivamente. En el caso del recambio parcial de durmientes (alternativas 4, 5 y 6) los rieles tienen un mayor peso, 17,3%, 17,9% y 18,7% respectivamente, seguido de la capa forma de 50cm y luego el suministro y descarga de balasto.

Esto apunta básicamente a considerar el precio de los rieles y los durmientes en las alternativas que implican un recambio total de durmientes. Mientras que las alternativas parciales apuntan a los rieles como el principal costo seguido por la plataforma de balasto.

Tabla 4.2 Metrajes y Costos Unitarios (Nivel de inversión inicial)

INSTALACIÓN DE VIA Y PLATAFORMA														
Descripción de Suministros	Unidad	Precio Unitario (US\$)	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		Alternativa 4		Alternativa 5		Alternativa 6	
			Metraje	Valor total										
Rieles nuevos(54kg)	m	60,52	282.384	17.090.120	282.384	17.090.120	282.384	17.090.120	282.384	17.090.120	282.384	17.090.120	282.384	17.090.120
Durmientes comunes de madera dura	Unidad	52,00	235.320	12.236.640	-	-	-	-	188.256	9.789.312	156.880	8.157.760	117.660	6.118.320
Durmientes de hormigón (ALAF 5-022 o ALAF 5-023)	Unidad	91,00	-	-	235.320	21.414.120	235.320	21.414.120	-	-	-	-	-	-
Tirafondos	Unidad	1,29	1.411.920	1.821.377	-	-	-	-	1.129.536	1.457.101	941.280	1.214.251	705.960	910.688
Placa	Unidad	17,55	470.640	8.259.732	-	-	-	-	376.512	6.607.786	313.760	5.506.488	235.320	4.129.866
Bridas	Unidad	35,00	-	-	15.690	549.150	-	-	-	-	-	-	-	-
Tornillo Brida	Unidad	3,64	-	-	62.760	228.446	-	-	-	-	-	-	-	-
20 cm. subbalasto (Plataforma)	m3	30,63	139.356.50	4.268.490	139.356.50	4.268.490	139.356.50	4.268.490	139.356.50	4.268.490	139.356.50	4.268.490	139.356.50	4.268.490
50 cm. capa forma (Plataforma)	m3	30,63	385.454.16	11.806.461	385.454.16	11.806.461	385.454.16	11.806.461	385.454.16	11.806.461	385.454.16	11.806.461	385.454.16	11.806.461
Geotextil (Plataforma)	m	2,00	141.192	282.384	141.192	282.384	141.192	282.384	141.192	282.384	141.192	282.384	141.192	282.384
				55.765.203		55.639.171		54.861.574		51.301.653		48.325.954		44.606.329
Descripción de Tareas	Unidad	Precio Unitario (US\$)	Metraje	Valor total										
Carga, Transporte y Descarga de Rieles	m	8,90	141.192	1.256.008	141.192	1.256.008	141.192	1.256.008	141.192	1.256.008	141.192	1.256.008	141.192	1.256.008
Descarga material menudo	m	58,90	3.546	208.867	2	102	-	-	3.546	208.867	3.546	208.867	3.546	208.867
Descarga durmiente de madera	Unidad	2,15	235.320	505.938	-	-	-	-	188.256	404.750	156.880	337.292	117.660	252.969
Descarga durmiente de hormigón	Unidad	2,80	-	-	235.320	658.896	235.320	658.896	-	-	-	-	-	-
Desagüe vía	m	20,81	141.192	2.938.206	141.192	2.938.206	141.192	2.938.206	141.192	2.938.206	141.192	2.938.206	141.192	2.938.206
Montaje vía	m	57,64	141.192	8.138.307	141.192	8.138.307	141.192	8.138.307	141.192	8.138.307	141.192	8.138.307	141.192	8.138.307
Rebaje bajo balasto	m	17,19	141.192	2.427.090	141.192	2.427.090	141.192	2.427.090	141.192	2.427.090	141.192	2.427.090	141.192	2.427.090
Piqueteado vía	m	2,31	141.192	326.154	141.192	326.154	141.192	326.154	141.192	326.154	141.192	326.154	141.192	326.154
Liberación tensiones	m	6,14	-	-	141.192	866.919	141.192	866.919	-	-	-	-	-	-
Soldaduras Aluminotérmicas	Unidad	246,75	8.189	2.020.669	12.143	2.996.165	16.096	3.971.660	8.189	2.020.669	8.189	2.020.669	8.189	2.020.669
Sum. y des. balasto of.	m	43,03	268.830	11.567.736	355.804	15.310.239	355.804	15.310.239	268.830	11.567.736	268.830	11.567.736	268.830	11.567.736
Rebaje Explanación bajo balasto, hasta 0,70	m	36,13	141.192	5.101.267	141.192	5.101.267	141.192	5.101.267	141.192	5.101.267	141.192	5.101.267	141.192	5.101.267

m (Plataforma)														
Cuneta longitudinal en tierra (Plataforma)	m	5,00	282.384	1.411.920	282.384	1.411.920	282.384	1.411.920	282.384	1.411.920	282.384	1.411.920	282.384	1.411.920
Drenaje transversal (Plataforma)	ml.	40,00	10.166	406.633	10.166	406.633	10.166	406.633	10.166	406.633	10.166	406.633	10.166	406.633
Drenaje longitudinal (Plataforma)	m.	13,00	42.358	550.649	42.358	550.649	42.358	550.649	42.358	550.649	42.358	550.649	42.358	550.649
				36.859.444		42.388.554		43.363.947		36.758.256		36.690.798		36.606.475

ESTACIONES Y DESVIOS

Descripción de Suministros	Unidad	Precio Unitario (US\$)	Metraje	Valor total	Metraje	Valor total	Metraje	Valor total	Metraje	Valor total	Metraje	Valor total	Metraje	Valor total
Rieles nuevos (54 kg)	m	37,40	14.000	523.600	14.000	523.600	14.000	523.600	14.000	523.600	14.000	523.600	14.000	523.600
Durmientes comunes de madera dura	Unidad	40,00	11.664	466.550	-	-	-	-	11.664	466.550	11.664	466.550	11.664	466.550
Durmientes de hormigón (ALAF 5-022 o ALAF 5-023)	Unidad	70,00	-	-	11.664	816.463	11.664	816.463	-	-	-	-	-	-
Desvío Tipo A	Unidad	54,51	18	954	-	-	-	-	18	954	18	954	18	954
Tirafondos	Unidad	0,99	69.983	69.283	141.192	139.780	141.192	139.780	69.983	69.283	69.983	69.283	69.983	69.283
Placa	Unidad	13,50	23.327.50	314.921	-	-	-	-	23.327.50	314.921	23.327.50	314.921	23.327.50	314.921
Bridas	Unidad	35,00	-	-	12.425	434.871	-	-	-	-	-	-	-	-
Tornillo Brida	Unidad	3,64	-	-	24.850	90.453	-	-	-	-	-	-	-	-
Plataforma media	Unidad	34,32	2	72	2	151	2	72	2	72	2	72	2	72
Plataforma nueva (mala)	Unidad	168,76	4	591	4	2.067	4	591	4	591	4	591	4	591
Suma Desvío DSI-A (Desvíos)	Unidad	35.350,00	7	247.450	7	247.450	7	247.450	7	247.450	7	247.450	7	247.450
Durmientes de madera (Desvíos)	Unidad	3.541,67	7	24.792	-	-	-	-	7	24.792	7	24.792	7	24.792
Durmientes de hormigón (Desvíos)	Unidad	6.197,92	-	-	7	43.385	7	43.385	-	-	-	-	-	-
Rieles intermedios (Desvío)	Unidad	850,00	28	23.443	28	23.443	28	23.443	28	23.443	28	23.443	28	23.443
Placas (Desvío)	Unidad	13,50	700	9.450	700	9.450	700	9.450	700	9.450	700	9.450	700	9.450
Tirafondos n°5 (Desvío)	Unidad	0,99	2.100	2.079	2.100	2.079	2.100	2.079	2.100	2.079	2.100	2.079	2.100	2.079
Bridas (Desvío)	Unidad	13,50	196	2.646	196	2.646	196	2.646	196	2.646	196	2.646	196	2.646
Tornillo Brida (Desvío)	Unidad	2,80	392	1.098	392	1.098	392	1.098	392	1.098	392	1.098	392	1.098
Cerrojo de Uña (Desvío)	Unidad	2,80	7	20	7	20	7	20	7	20	7	20	7	20
				1.686.947		2.336.957		1.810.076		1.686.947		1.686.947		1.686.947

Descripción de Tareas	Unidad	Precio Unitario (US\$)												
			Metraje	Valor total	Metraje	Valor total	Metraje	Valor total	Metraje	Valor total	Metraje	Valor total	Metraje	Valor total
Descarga de Rieles (estación)	m	28,58	767	21.914	767	21.914	767	21.914	767	21.914	767	21.914	767	21.914
Descarga material menudo (estación)	m	20,06	175	3.511	175	3.511	175	3.511	175	3.511	175	3.511	175	3.511
Descarga durmiente de madera	Unidad	1,65	11.664	19.245	-	-	-	-	11.664	19.245	11.664	19.245	11.664	19.245
Descarga durmiente de hormigón	Unidad	2,13	-	-	11.664	24.844	11.664	24.844	-	-	-	-	-	-
Desagüe vía	m	16,01	7.000	112.070	7.000	112.070	7.000	112.070	7.000	112.070	7.000	112.070	7.000	112.070
Montaje vía	m	44,34	7.000	310.380	7.000	310.380	7.000	310.380	7.000	310.380	7.000	310.380	7.000	310.380
Rebaje bajo balasto	m	13,22	7.000	92.540	7.000	92.540	7.000	92.540	7.000	92.540	7.000	92.540	7.000	92.540
Piqueteado vía	m	1,78	7.000	12.460	7.000	12.460	7.000	12.460	7.000	12.460	7.000	12.460	7.000	12.460
Liberación tensiones	m	4,72	-	-	7.000	33.040	7.000	33.040	-	-	-	-	-	-
Soldaduras Aluminotérmicas	Unidad	189,81	518	98.322	490	93.007	644	122.238	518	98.322	518	98.322	518	98.322
Sum. y des. balasto of.	m	33,10	13.328	441.157	17.640	583.884	17.640	583.884	13.328	441.157	13.328	441.157	13.328	441.157
Descarga de Desvío (Desvíos)	Unidad	100,00	7	700	7	700	7	700	7	700	7	700	7	700
Descarga de Rieles (Desvío)	Unidad	17,87	7	125	7	125	7	125	7	125	7	125	7	125
Descarga cachas (Desvíos)	Unidad	120,00	7	840	7	840	7	840	7	840	7	840	7	840
Descarga de menudo (Desvío)	Unidad	20,00	7	140	7	140	7	140	7	140	7	140	7	140
Descarga de durmientes de madera (Desvíos)	Unidad	1,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Descarga de durmientes de hormigón (Desvíos)	Unidad	2,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Desague de Desvío (Desvíos)	Unidad	1.071,00	7	7.497	7	7.497	7	7.497	7	7.497	7	7.497	7	7.497
Rebaje bajo balasto	ml.	13,22	7.000	92.540	7.000	92.540	7.000	92.540	7.000	92.540	7.000	92.540	7.000	92.540
Montaje de Desvío (Desvíos)	Unidad	7.602,80	7	53.220	7	53.220	7	53.220	7	53.220	7	53.220	7	53.220
Piqueteado vía	ml.	1,78	7	12	7	12	7	12	7	12	7	12	7	12
Soldaduras Aluminotérmicas	Unidad	189,81	-	-	-	-	28	5.315	-	-	-	-	-	-
Suministro balasto of.	Unidad	959,90	7	6.719	7	6.719	7	6.719	7	6.719	7	6.719	7	6.719
Reforzamiento de puentes	m.	11.700	117,65	1.376.505	117,65	1.376.505	117,65	1.376.505	117,65	1.376.505	117,65	1.376.505	117,65	1.376.505
				2.649.897		2.825.948		2.860.493		2.649.897		2.649.897		2.649.897
Subtotal				96.961.491		103.190.629		102.896.091		92.396.754		89.353.595		85.549.648
Imprevistos				6.698.997		5.407.759		6.526.188		6.414.415		6.224.694		5.987.541
COSTOS TOTAL DE INVERSIÓN				103.660.488		108.598.388		109.422.279		98.811.169		95.578.289		91.537.189

4.3.2 Otros costos de inversión

Existen tres costos extras a incluir dentro de los costos de la inversión: 1) La supervisión de obras, la cual se asume en un 8% más IVA (9,76%); 2) Los gastos en fianza como la garantía por fiel cumplimiento de obra que se estima en un 10% del monto de inversión; 3) Se debe asumir una prima de seguro de la obra civil. En consultas con el Banco de Seguros del Estado (BSE) se mencionó que el mejor seguro en la etapa de construcción sería el Todo Riesgo Construcción (TRC) cuya póliza puede cubrir todos los daños materiales que sufran los bienes asegurados así como la responsabilidad civil por daños materiales o por lesiones corporales y que también puede extenderse a cubrir la maquinaria y el equipo de construcción. En el caso del proyecto bajo estudio se mencionó que el costo de la póliza estaría en el 2%. En general, dependiendo del proyecto este seguro varía desde el 1,5% al 3,5%.

4.4 Costos Anuales

Aquí se incluye una serie de costos anuales que tendrá el proyecto.

4.4.1 Costos de Mantenimiento

Del informe Principal surge que los costos anuales de mantenimiento por kilómetro de vía ferroviaria empleados en este estudio son los considerados razonables en Uruguay. Estos valores están basados en los observados en la práctica de AFE y que se estima son razonables para el caso de la infraestructura rehabilitada.

Como valor medio de mantenimiento anual se emplea el valor de USD 3.000 por kilómetro de vía en las tres primeras alternativas. El costo de mantenimiento se distribuye entre las seis alternativas como se observa en la Tabla 4.3. Como se puede apreciar en las alternativas que implican reutilización de durmientes este costo es mayor. En el caso de las alternativas que reutilizan el 20%, el 33% y el 50% de los durmientes se supone un incremento en el costo de mantenimiento del 5%, 10% y 15% respectivamente, debido al recambio de durmientes.

Tabla 4.3 Costo de mantenimiento en las seis alternativas en dólares.

Alternativas	Coste anual por km del mantenimiento	Costo de mantenimiento anual en el tramo Algorta-Fray Bentos
1- Madera	3.000	423.576
2 - Hormigón & Embridado	3.000	423.576
3 - Hormigón & Riel soldado	3.000	423.576
4 - Madera [Reut. 20%]	3.150	444.755
5 - Madera [Reut. 33%]	3.300	465.934
6 - Madera [Reut. 50%]	3.450	487.112

Fuente: Elaborado en base al Informe Principal, para el tramo considerado de 141,192 km.

Este monto promedio de USD 3.000/km se consideró razonable para realizar el mantenimiento permitiendo que la estrategia del operador sea flexible y que pueda asignar los recursos maquinarias y equipos y recursos humanos como disponga conveniente. De esta forma puede elegir un mantenimiento mecanizado en donde la mano de obra es menor, pero el peso del capital es alto, o un mantenimiento manual,

en donde pesa mucho la mano de obra y el capital utilizado es bajo. En la Figuras 4.1 y 4.2 se ejemplifican diferentes alternativas técnicas de un tipo de mantenimiento como es el recambio de un durmiente de hormigón. El primero es manual involucrando más mano de obra y el segundo es utilizando una máquina y menos personal.

Figura 4.1 Ejemplo de mantenimiento manual. Recambio de un durmiente de hormigón



Fuente: Tomado de Network Rail Standardised Rail, "How to change a concrete sleeper by hand", <http://www.youtube.com/watch?v=YyvOTD6sKrg&list=UUNQfx8VstOVwGMhalyeaXBw>

Es importante señalar que los costos de mantenimiento solamente se refieren a mano de obra, maquinaria y suministros utilizados para mantener la infraestructura ferroviaria. Esto es una diferencia respecto a los proyectos financiados por FOCEM, los cuales incluyen el mantenimiento del material rodante y otros costos que corresponderían de la operativa ferroviaria.

Figura 4.2 Ejemplo de mantenimiento mecanizado. Recambio de un durmiente de hormigón.



Fuente: Tomado de Network Rail Standardised Rail "Mechanical sleeper changing", <http://www.youtube.com/watch?v=LA4u4S9eLZg&list=UUNQfx8VstOVwGMhalyeaXBw&index=41>

4.4.2 Garantía por fiel cumplimiento del contrato

Este costo es una fianza que se estima en un monto imponible igual al 50% del pago por disponibilidad. Se considerará el pago de un aval bancario por este monto que implica un costo de 5% de esta suma o si se prefiere un 2,5% sobre el valor del primer pago por disponibilidad. Debe notarse que dado que los montos de pago por disponibilidad son constantes a lo largo de los 28 años no hay incrementos en el costo del aval bancario.

4.4.3 Costo del Regulador del Contrato

Este costo se puede estimar en un 1% de los ingresos que perciba el concesionario a lo largo de todo el proyecto.

4.4.4 Seguro Todo Riesgo Operativo

De acuerdo al BSE, el Seguro Todo Riesgo Operativo (TRO) cubre los daños por pérdida directa, destrucción física o daño material de los bienes muebles e inmuebles asegurados, dentro de los predios solicitados por la empresa, que sean consecuencia directa, accidental e imprevista de cualquier causa, a excepción de los riesgos especialmente excluidos en las condiciones del seguro. Aquí se estimó en un 0,05% de los ingresos anuales.

5. Análisis económico-financiero

5.1 Estructura Financiera

Para el proyecto de infraestructura considerado se ha seleccionado como alternativa de financiación, una estructura financiera inicial consistente en capital del propio contratista y una deuda *Project Finance* a suscribir por entidades financieras. De esta forma el proyecto parte como base de una estructura en la cual el 30% es capital propio mientras que el 70% corresponde a deuda senior.

La estructura financiera se compone de una deuda por el periodo de construcción de dos años, la cual se cancela al tercer año, momento en que se emite un bono por el saldo de la deuda que tendrá vigencia durante el periodo de operación.

En el caso de la deuda el tipo de interés es de 6% con una comisión de apertura del 2%, comisión por disponibilidad de 1%, comisión de amortización anticipada de 4%, comisión de gestión de UI 471.763 al año y un ratio de cobertura del servicio de deuda (RCSD) de 1,40.

La emisión del bono al tercer año y que tiene como objeto amortizar el saldo pendiente de la deuda tiene un apalancamiento del 70%, un tipo de interés del 5%, una comisión por emisión del 3%, una comisión de gestión de UI 471.763 al año y un RCSD de 1,35.

5.2 Costo de Fondos Propios

Con el objetivo de estimar la tasa de retorno esperado (k) en el mercado de capitales en inversiones alternativas de riesgo equivalente se consideró el modelo CAPM (*Capital Asset Pricing Model*) como se aprecia en la ecuación (1).

$$k = r_f + r_p + \beta(1 + [D/E][1 - t\%])(r_m - r_f) \quad (1)$$

Donde r_f es la tasa libre de riesgo para la cual se utilizó la tasa promedio anual desde 2004 a 2013 de los retornos anuales de inversión de los bonos del tesoro de los Estados Unidos a 10 años (10-year US T. Bond). La tasa r_p corresponde al índice EMBI+ para Uruguay. El parámetro β corresponde al beta desapalancado del proyecto en donde se tuvo en cuenta aquellas actividades que están alineadas con el proyecto en estudio, en este caso se consideraron los datos del sitio web de Damodarán³ (ingeniería, construcción pesada)⁴. Para la relación deuda-fondos propios (D/E) se consideró el promedio de la relación entre los pasivos de largo plazo y los fondos propios del proyecto a lo largo de los años de duración del proyecto. El parámetro $t\%$ es la tasa de impuestos de Uruguay, en este caso el impuesto IRAE del 25%. De esta forma se puede definir el beta apalancado del proyecto, este sería recomendable en proyectos de estas características en los cuales el inversor solo financia una parte con fondos propios. Finalmente la tasa r_m representa los retornos del mercado de capitales los cuales se estiman mediante el promedio anual de los retornos del índice S&P 500 desde 1953 a 2013.

Por otra parte, a los efectos de obtener una tasa de descuento real en unidades indexadas (UI) se utilizó las tasa de inflación anual de Estados Unidos y la de Uruguay. La Tabla 5.1 resume los datos utilizados para dicha tasa de descuento.

Tabla 5.1. Tasa de Descuento en UI aplicada al proyecto de inversión por los accionistas (modelo CAPM)

CAPM nominal USD desapalancado	11,64%
RF	4,69%
RP	1,94%
BETA desapalancado	0,67
RM	12,17%
Beta apalancado	1,08
IRAE	0,25
D/E	0,82
CAPM nominal USD apalancado	14,71%
Inflación USA	1,77%
Inflación Uruguay	7,94%
Diferencial de tasas	6,06%
CAPM nominal URU apalancado	21,66%
CAPM Real (UI)	12,72%

Fuente: Elaboración propia en base a los datos de Damodarán

³ <http://people.stern.nyu.edu/adamodar/>

⁴ Por ejemplo, la empresa China “Corporación de Construcción Ferroviaria de China” (CRCC) que en alguna ocasión ha manifestado interés en rehabilitaciones ferroviarias pertenece al sector de ingeniería.

5.3 Pago por disponibilidad según las alternativas

En la Tabla 5.2 se muestran los pagos por disponibilidad asociados a cada una de las alternativas que dependen de los niveles de inversión inicial, mantenimiento anual y la tasa de rentabilidad exigida del 12,72%.

Como se puede apreciar este pago varía desde USD 15,7 millones en el caso de la alternativa 6 que implica la reutilización del 50% de los durmientes existentes, hasta la alternativa 3 que implica la utilización de durmientes de hormigón con riel soldado en donde el pago sería USD 18,3 millones.

Tabla 5.2 Pago por Disponibilidad, Inversión Inicial y Mantenimiento anual de las seis alternativas evaluadas.

Alternativas	Pago por Disponibilidad Anual		Inversión Inicial*		Mantenimiento Anual	
	US\$	UI	US\$	UI	US\$	UI
1-Madera	17.437.742	137.107.921	125.842.775	989.465.348	423.576	3.330.456
2-Hormigón & Embridado	18.185.723	142.989.083	131.766.280	1.036.040.153	423.576	3.315.619
3-Hormigón&Riel soldado	18.310.477	143.969.989	132.754.620	1.043.811.182	423.576	3.315.619
4-Madera[Reut. 20%]	16.724.193	131.497.490	120.025.532	943.726.046	444.755	3.481.400
5-Madera[Reut. 33%]	16.256.887	127.823.205	116.147.370	913.233.175	465.934	3.647.181
6-Madera[Reut. 50%]	15.666.154	123.178.438	111.299.666	875.117.087	487.112	3.812.961

Fuente: Elaborado en base al Informe Principal. *La inversión inicial incluye la obra de construcción, la garantía por ejecución de obra, el seguro Todo Riesgo Construcción, la dirección de obra y los gastos de estructura durante la construcción.

5.4 Sensibilidad de los Pagos por disponibilidad respecto al mantenimiento

Se realizó un análisis de sensibilidad de los pagos por disponibilidad respecto a variaciones en los costos de mantenimiento, manteniendo la tasa de rentabilidad del 12,72% constante. En la Tabla 5.3 se resumen los resultados para las primeras tres alternativas. Como se puede apreciar la sensibilidad de los PPD son muy bajos, un incremento del 10% de los costos de mantenimiento implican un aumento de los PPD del 0,25%, mientras que un 50% determinan una variación del 1,26%, 1,21% y 1,20% respectivamente en los PPD.

Tabla 5.3 Sensibilidad de los pagos por disponibilidad respecto a los costos de mantenimiento en las tres primeras alternativas (en US\$)

Sensibilidad costo de mantenimiento	Costo de Mantenimiento (USD) por km	Alternativa 1 PPD (USD)	Alternativa 2 PPD (USD)	Alternativa 3 PPD (USD)
-50%	1.500	17.217.468	17.965.814	18.090.693
-20%	2.400	17.349.700	18.097.967	18.222.721
-10%	2.700	17.393.355	18.143.880	18.266.867
-5%	2.850	17.415.317	18.164.229	18.288.856
0%	3.000	17.437.742	18.185.723	18.310.477
+5%	3.150	17.459.182	18.207.843	18.332.480
+10%	3.300	17.481.124	18.229.983	18.354.648

Sensibilidad costo de mantenimiento	Costo de Mantenimiento (USD) por km	Alternativa 1 PPD (USD)	Alternativa 2 PPD (USD)	Alternativa 3 PPD (USD)
+20%	3.600	17.525.625	18.273.479	18.398.615
+50%	4.500	17.657.524	18.405.876	18.530.249

Fuente: Elaboración propia en base al modelo financiero.

En el caso de las tres alternativas que reutilizan cierto porcentaje de durmientes la sensibilidad es similar. Si bien una mayor reutilización parece mostrar una mayor variación en los PPD, este es marginal. Como se aprecia en la Tabla 5.4 un aumento del 50% de los costos en las alternativas de reutilización del 20%, del 33% y del 50% determina un incremento de los PPD en un 1,38%, en 1,49% y en 1,62%, respectivamente.

Tabla 5.4 Sensibilidad de los pagos por disponibilidad respecto a los costos de mantenimiento en las alternativas de reutilización de durmientes (en USD)

Sensibilidad costo de mantenimiento	Alternativa 4 (20%)		Alternativa 5 (33%)		Alternativa 6 (50%)	
	Costo de Mantenimiento (USD) por km	PPD (USD)	Costo de Mantenimiento (USD) por km	PPD (USD)	Costo de Mantenimiento (USD) por km	PPD (USD)
-50%	1.575	16.493.941	1.650	16.014.732	1.725	15.413.061
-20%	2.520	16.632.367	2.640	16.159.720	2.760	15.564.734
-10%	2.835	16.678.788	2.970	16.208.558	3.105	15.615.281
-5%	2.993	16.701.936	3.135	16.232.596	3.278	15.640.789
0%	3.150	16.724.193	3.300	16.256.887	3.450	15.666.154
+5%	3.308	16.747.340	3.465	16.280.543	3.623	15.691.336
+10%	3.465	16.770.996	3.630	16.304.708	3.795	15.716.391
+20%	3.780	16.817.036	3.960	16.353.546	4.140	15.767.900
+50%	4.725	16.955.665	4.950	16.498.534	5.175	15.919.247

Fuente: Elaboración propia en base al modelo financiero.

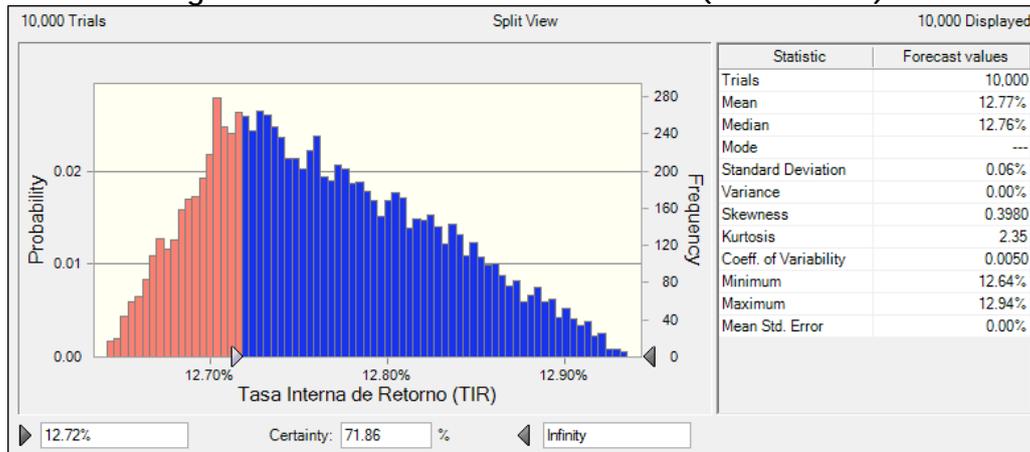
5.5 Simulaciones de la TIR respecto a la variación de los costos de mantenimiento

Otro ejercicio realizado se refiere a la estimación de la distribución simulada de la tasa interna de retorno del proyecto para los niveles de pagos por disponibilidad establecidos en las alternativas, asumiendo que el costo de mantenimiento por kilómetro tiene una distribución de probabilidad.

Mediante el Crystal Ball se asumió una distribución triangular para el costo de mantenimiento por kilómetro tomando como valor esperado US\$ 3000 y como valores mínimos US\$ 1520 y máximo US\$ 3500, estos dos últimos tomados como referencia de los estudios de factibilidad ferroviarios presentados para el FOCEM. Se realizaron 10.000 simulaciones de Montecarlo en base a la distribución del costo de mantenimiento para cada una de las tres primeras alternativas.

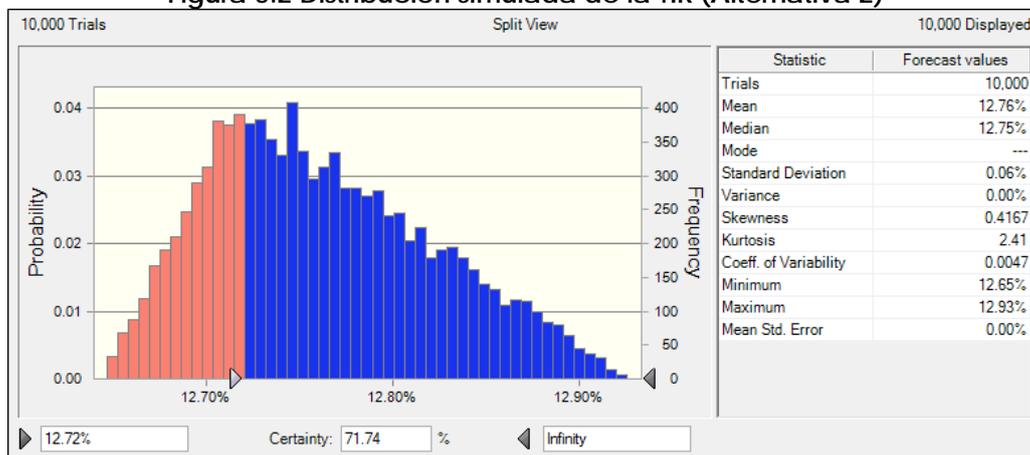
Como se puede apreciar en las Figuras 5.1, 5.2 y 5.3 de existir variaciones en los costos de mantenimiento y fijando los pagos por disponibilidad para un costo de mantenimiento por kilómetro de US\$ 3.000, el inversor tendría una probabilidad de más del 71% de obtener una rentabilidad superior a la TIR requerida del 12,72%.

Figura 5.1 Distribución simulada de la TIR (Alternativa 1)



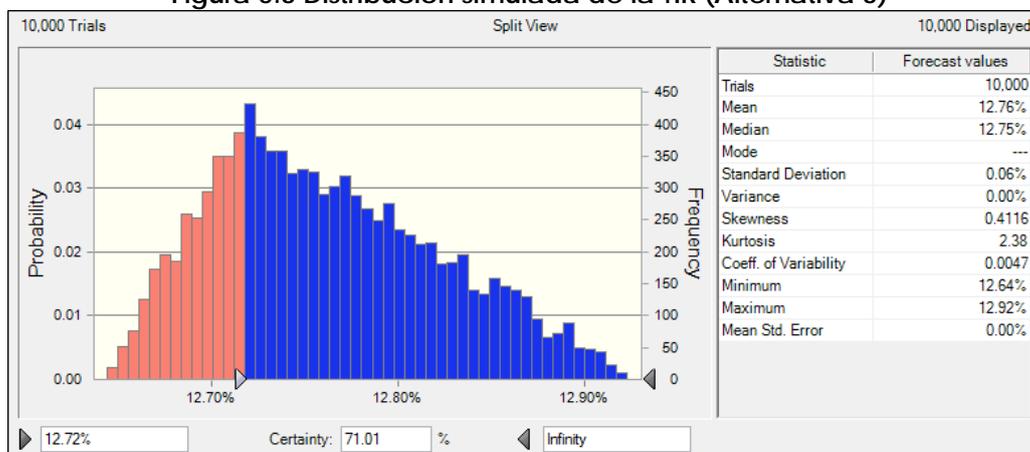
Fuente: Elaboración propia en base al modelo financiero de Deloitte y aplicando el programa Crystal Ball.

Figura 5.2 Distribución simulada de la TIR (Alternativa 2)



Fuente: Elaboración propia en base al modelo financiero de Deloitte y aplicando el programa Crystal Ball.

Figura 5.3 Distribución simulada de la TIR (Alternativa 3)



Fuente: Elaboración propia en base al modelo financiero de Deloitte y aplicando el programa Crystal Ball.

6. Análisis socioeconómico

El objetivo de la presente sección es la de actualizar el análisis socioeconómico presentado en el Informe Principipl para el ramal Algorta-Fray Bentos.

La rentabilidad se evalúa por comparación de los flujos de beneficios netos a valores económicos en la situación sin proyecto respecto a la situación con proyecto. Por lo tanto es necesario estimar los costes y beneficios correspondientes a la propuesta de infraestructura y de servicios, considerando los distintos escenarios de rehabilitación.

6.1 Supuestos del análisis socioeconómico

Este análisis se basa en los siguientes criterios:

- Horizonte temporal de 30 años
- La tasa de descuento para el análisis socioeconómico es de 5%⁵.

Los indicadores de rentabilidad calculados son:

- El valor actual neto económico (VANE)
- La tasa interna de retorno económico (TIRE)

Los costos y beneficios considerados en este análisis son los siguientes:

- Costos de inversión en la rehabilitación.
 - Inversión en infraestructura ferroviaria (rehabilitación de la línea).
 - Inversión en infraestructura, inclusión de desvíos hacia las plantas de UPM y Montes del Plata.
 - Inversión en material móvil (locomotoras y vagones)
- Costos de mantenimiento.
 - Mantenimiento ferroviario
 - Mantenimiento carretera. Los ahorros en mantenimiento de carretera son los estimados en el capítulo 5.3 del Informe Principal.
- Reducción de los costos operativos.
 - Costos de explotación ferroviaria. Los costos de explotación ferroviaria se han estimado con los siguientes criterios:
 - Costos de operación en carretera. Los ahorros en costos de operación en carretera son los estimados en el capítulo 5.3 del Informe Principal.
- Externalidades. Los ahorros en externalidades son los estimados en el capítulo 5.3 del Informe Principal.
 - Accidentes.
 - Contaminación
 - Ahorros de tiempo.

Como se puede apreciar en los puntos antes mencionados, se incorporaron una serie de inversiones que no se consideran directamente en el proyecto de inversión evaluado desde el punto de vista del inversor, pero que están relacionados con el mismo y por tanto deben ser considerados en la evaluación socioeconómica.

⁵ El informe "Fortalecimiento del Sistema Nacional de Inversión Pública (Componente: Precio de Cuenta; Subcomponente: Tasa Social del Descuento), confirma la tasa de descuento real antes mencionada para la evaluación social de Proyectos, estimando la nominal en un 12%. Como en este estudio se realizan todos los cálculos en unidades indexadas, la tasa a emplear es la tasa social de descuento real.

1) Desvíos hacia la planta de UPM y Montes del Plata

Se estima que la longitud del desvío hacia la planta de UPM es de 4,5 km y la del desvío hacia Montes del Plata de 3,7 km totalizando una necesidad de infraestructura de 8,2 km. El costo por km surge de la alternativa base, estimado en USD 648.317 por km.

2) Material rodante

Se asume que se necesitan 4 locomotoras y 104 vagones. Según los datos de Baumgartner (2001) "prices and cost in the railway sector" utilizados por Deloitte en el informe principal, el costo de una locomotora nueva es de USD 1.500.000, mientras que cada vagón está cotizado en USD 50.000.

En relación a los costos, además de los costos de mantenimiento evaluados en el análisis financiero aquí se deben incluir los costos de la operación ferroviaria. Estos costos están descritos en el informe principal de Deloitte y se mencionan a continuación.

Los elementos de costes de operación ferroviaria son los siguientes:

- Costos ligados al tiempo (personal): estimados a partir de los costes salariales de la línea Río Branco en 2011. El coste horario se ha calculado a partir de los costes salariales anuales y suponiendo 1.800 horas de trabajadas anualmente.
- Costos ligados a la circulación (combustible): estimados a partir de los gastos de combustible de AFE para la locomotora GE 2000 en el año 2011.
- Costos ligados al tren (mantenimiento): se han empleado los valores propuestos para locomotoras y vagones norteamericanos en el análisis internacional de costes ferroviarios realizado por el catedrático J.P. Baumgartner de la Escuela Politécnica Federal de Lausana titulado "Prices and cost in the railway sector".
- Gastos generales y administrativos: se ha supuesto un 30%.

Los costes unitarios de la operación ferroviaria se muestran en el cuadro siguiente:

Tabla 6.1. Costes unitarios de operación ferroviaria

Concepto	Unidad	Con Proyecto
Costos ligados al tiempo (personal)	US\$/tren.hora	12.698
Costos ligados a la circulación (combustible)	US\$/tren.km	4.740
Costos ligados al tren (mantenimiento locomotora)	US\$/tren.km	2.568
Costos ligados al tren (mantenimiento vagón)	US\$ /vagón.km	0,005
Gastos generales y administrativos	%	30,0%

Fuente: Tomado del Informe Principal, elaborado en base a datos de AFE (2011) y Baumgartner (2001) "Prices and cost in the railway sector".

La Tabla 6.2 muestra la razón de precios de cuenta (RPC) de la divisa y la mano de obra que fueron utilizados en el análisis. Estos valores además de la tasa de descuento social del 5% en UI fueron tomados informe "Metodología General de Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Inversión Pública" (2012).

Tabla 6.2. Razón precio de cuenta

Concepto	RPC
Razón de precio de cuenta - Divisa	1,21
Razón de precio de cuenta - Mano de Obra	0,625

Fuente: Tomado del informe principal.

Para calcular el RPC aplicable a cada concepto de costo se consideró el porcentaje que representa cada componente en la inversión según lo muestra la Tabla 6.3.

Tabla 6.3. Proporción de la inversión correspondiente a mano de obra y a importaciones

Concepto	Alternativas						Promedio
	1	2	3	4	5	6	
Materiales	60,5%	55,2%	54,3%	57,7%	55,7%	52,8%	56,03%
% Mano de Obra	27,6%	31,4%	32,0%	29,6%	31,0%	33,1%	30,78%
Maquinaria	11,9%	13,4%	13,7%	12,7%	13,3%	14,2%	13,20%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
% importaciones	42,15%	41,00%	40,85%	41,55%	41,15%	40,60%	41,22%

Fuente: Elaboración propia en base a la estructura de las inversiones.

A partir del RPC de la divisa y la mano de obra y del porcentaje que cada concepto representa en los distintos costos considerados se determina el RPC aplicable a cada concepto de costo. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 6.4.

Tabla 6.4: Razón precio de cuenta de los conceptos considerados en el análisis coste - beneficio

Concepto	% importaciones	% mano de obra	RPC
Inversiones			
Inversión en Infraestructuras	41%	31%	0,971
Inversión en material móvil	100%		1,210
Costes de explotación y mantenimiento			
Mantenimiento de infraestructuras ferroviarias	41%	31%	0,971
Mantenimiento de carreteras	41%	31%	0,971
Costes de explotación ferroviaria			
Costes ligados al tiempo (personal)	0%	100%	0,625
Costes ligados a la circulación (combustible)	100%	0%	1,210
Costes ligados al tren (mantenimiento locomotora)	55%	35%	0,984
Costes ligados al tren (mantenimiento vagón)	55%	35%	0,984
Gastos generales y administrativos		100%	0,625
Costes de operación de carreteras	60%	30%	1,014

Fuente: Elaboración propia en base al informe principal.

6.2 Análisis de sensibilidad de la TIRE y el VANE ante variaciones en costos

Los resultados del análisis socioeconómico se resumen en la Tabla 6.2. Como puede apreciarse las alternativas son todas rentables ya que el VANE es positivo en todos los casos y de la misma forma la TIRE es mayor a la tasa de corte del 5%. De todas las alternativas, la que presenta mayor rentabilidad social es aquella que implica una mayor reutilización de durmientes existentes, mostrando una TIRE del 5,90%. Se debe recordar que de acuerdo a lo señalado por expertos no existe un recuento del número de durmientes disponibles actualmente y por tanto no se sabe si el porcentaje de reutilización del 50% es viable técnicamente. Para esto se requiere un trabajo de conteo e identificación por parte de técnicos ferroviarios de aquellos durmientes que están en condiciones de ser reutilizables en el tramo. Sin embargo, de ser viable los resultados muestran una mayor rentabilidad social en este sentido.

En cuanto a las tres primeras alternativas que implican la renovación de todos los durmientes en hormigón o madera, se aprecia que la alternativa en madera es aquella socialmente más rentable con una TIRE del 5,16%.

Tabla 6.2 Análisis de sensibilidad de las seis alternativas ante variaciones en los costos de inversión y mantenimiento.

Sensibilidad costos inv. y mant.	ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2		ALTERNATIVA 3		ALTERNATIVA 4		ALTERNATIVA 5		ALTERNATIVA 6	
	TIRE(%)	VANE (M UI)										
-15%	6,34%	125.998	6,16%	116.072	6,11%	111.777	6,66%	150.229	6,88%	165.798	7,18%	185.698
-10%	5,91%	89.583	5,76%	79.073	5,71%	74.525	6,22%	115.239	6,43%	131.724	6,71%	152.795
-5%	5,52%	53.167	5,38%	42.074	5,34%	37.273	5,81%	80.249	6,02%	97.650	6,29%	119.891
0%	5,16%	16.752	5,04%	5.075	5,00%	21	5,44%	45.259	5,63%	63.576	5,90%	86.988
5%	4,82%	-19.663	4,73%	-31.924	4,69%	-37.230	5,10%	10.269	5,28%	29.502	5,54%	54.084
10%	4,51%	-56.079	4,44%	-68.924	4,40%	-74.482	4,78%	-24.721	4,96%	-4.572	5,20%	21.181
15%	4,23%	-92.494	4,17%	105.923	4,14%	111.734	4,48%	-59.711	4,66%	-38.647	4,89%	-11.723

Fuente: Elaboración propia en base al informe de Deloitte y el modelo socioeconómico.

En la Tabla 6.2 se muestra los resultados de variaciones de costos de inversión y mantenimiento de vías férreas.

Para variaciones conjuntas de los costos de inversión y mantenimiento los resultados indican que para las Alternativas 1, 2 y 3 un aumento de dichos costos de 5% hace que las mismas no sean rentables socialmente. En el caso de las alternativas de reutilización una variación del 10% determina que las alternativas no sean socialmente rentables.

Se debe resaltar que si bien todas las alternativas son rentables, todas se encuentran en el límite de rentabilidad y un aumento de los costos de inversión y mantenimiento de entre 5% y 10% determinarían que el proyecto no fuera socialmente rentable.

7. Estudio de impacto ambiental

En el cuerpo principal del informe de Deloitte se encuentra la identificación de los impactos y medidas de mitigación.

La identificación de los aspectos ambientales se realizan considerando los distintos medios (físicos, bióticos o antrópicos) así como en las distintas etapas del proyecto (fase de obra, fase de operación y fase de abandono).

La Tabla 7.1 presenta una visualización, fácil y rápida en una matriz donde las columnas presentan las distintas acciones comprendidas en cada etapa del emprendimiento, y en las filas los aspectos o medios ambientales que pueden llegar a ser afectados. En cada celda de intersección se hace una breve referencia al impacto resultante de la acción correspondiente sobre el aspecto ambiental en tal caso. Asimismo, de acuerdo a un código de colores se representa el grado de importancia del impacto (relevante, relevancia moderada, irrelevante o impacto positivo). Finalmente, se resaltan con texto rojo los impactos que presentan alguna diferencia según la alternativa que se considere.

Tabla 7.1 Matriz de identificación de impactos

ENTORNO	Factor ambiental	ACCIONES FASE DE OBRA				ACCIONES FASE DE OPERACIÓN				ACCIONES FASE DE CLAUSURA
		Tráfico de vehículos	Movimiento de tierras	Reparación de la vía férrea	Generación de residuos sólidos	Generación de vibraciones	Generación de ruidos	Mantenimiento de la vía férrea	Generación de humos	Demolición de las instalaciones
ATMÓSFERA	Calidad sonora	Alteración moderada del nivel sonoro por presencia de vehículos	Alteración moderada del nivel sonoro por presencia de maquinaria	Alteración reducida del nivel sonoro por presencia de maquinaria		Baja de la intensidad sonora de cada evento debido a mejoras en las vías y en el material rodante	Alteración de la permanencia de niveles sonoros por mayor utilización de la vía férrea	Impacto mínimo debido a emisiones de polvo durante eventos de mantenimiento		Alteración moderada del nivel sonoro por presencia de maquinaria y vehículos
	Calidad físico-química y organoléptica	Impacto reducido por generación de gases de combustión	Impacto reducido por generación de gases de combustión y vuelo de material pulverulento		Alteración reducida por generación de olores			Impacto mínimo debido a emisiones de polvo durante eventos de mantenimiento	Impacto mínimo por generación de humos debido a mayor número de servicios y disminución en cada evento por mantenimiento del material rodante	Impacto reducido por vuelo de material pulverulento y gases de combustión
SUELO	Propiedades físico-químicas	Impacto reducido por generación de residuos	Impacto reducido por generación de residuos sólidos		Impacto reducido por generación de residuos sólidos	Impacto moderado por la generación de vibraciones		Impacto moderado por afectación del suelo		
	Fauna y procesos ecológicos	Desplazamiento o temporal de algunas poblaciones. Impacto reducido. Otros posibles impactos menores a definir en proyecto ejecutivo.	Desplazamiento o temporal de algunas poblaciones. Impacto reducido. Otros posibles impactos menores a definir en proyecto ejecutivo.			El material rodante así como las vías férreas será acondicionadas por lo que se espera que las vibraciones se reduzcan notoriamente	Debido a la baja frecuencia de la operativa prevista se espera que no existan impactos significativos en fauna y flora en fase de operación.	Desplazamiento o temporal de algunas poblaciones. Impacto reducido.	Impacto reducido negativo por presencia de humos	Desplazamiento temporal de algunas poblaciones en los alrededores
MEDIO PERCEPTUAL	Incidencia visual		Impacto reducido		Impacto moderado por presencia de equipos					Impacto moderado por presencia de equipos
	Elementos singulares	Impacto de relevancia moderada sobre el tránsito de la								
MEDIO SOCIOECONÓMICO	Salud ambiental y calidad de vida							Impacto mínimo		

- Impacto relevante
- Impacto moderado
- Impacto reducido
- Impacto positivo

Fuente: Tomado del informe de pre-factibilidad de Deloitte.

7.1 impactos en la fase de obra

7.1.1 Impactos por tráfico de vehículos

Un primer impacto fácilmente detectable resulta ser el incremento de nivel sonoro causado por el tránsito vehicular o ferroviario, causando molestias a la población de la zona. Este impacto no será únicamente en el sitio de implantación del emprendimiento, sino que podrá afectar los alrededores por el tráfico afluente por transporte tanto de suministros como de personal. Este impacto se considera de escasa a moderada relevancia debido a que se estima que no será de gran intensidad, se estima que gran parte de los materiales y otros insumos se desplazarán por la vía férrea existente y además se debe considerar que las posibles zonas de implantación (diferentes estaciones ferroviarias existentes mayoritariamente) no tienen una densidad de población elevada que pueda ser afectada, teniendo en cuenta asimismo el grado temporal de la afectación por tratarse de la fase de obra. Se entiende que para todas las alternativas de implantación habrá un similar grado de afectación en este caso. MITIGACIÓN: Definir rutas de circulación preestablecidas de forma de minimizar la zona afectada.

También se generarán humos resultantes de los gases de combustión de los vehículos. Sin embargo, la afectación de la calidad del aire y presencia de olores por esta causa se estima será irrelevante para cualquier alternativa, dada la baja carga que esta representa, así como por la rápida disipación por tratarse de espacios abiertos de gran circulación de aire. MITIGACIÓN: Definir rutas de circulación restringidas preestablecidas de forma de minimizar la zona afectada. Utilización de maquinaria en buenas condiciones de mantenimiento con bajo nivel de emisiones.

La presencia de vehículos y maquinaria en el entorno de la obra pueden suponer la presencia de residuos de aceites, grasa y combustibles. La inadecuada disposición de estos elementos puede implicar un elemento de contaminación de reducida relevancia por su afectación local, pero cuya previsión no debe desestimarse por la intensidad del impacto local del suelo causando su deterioro por alteración de su permeabilidad, composición química y su rol en los procesos ecológicos. MITIGACIÓN: Definir espacios bien delimitados para la realización de tareas de mantenimiento y recambio de aceite con cubas estancas de contención y recipientes para la disposición adecuada y segura.

El tráfico de vehículos tanto en la zona de obra como en la red vial de los alrededores por transporte de suministros hacia la obra, puede implicar una interferencia con la fauna presente debido al incremento del nivel de ruidos así como por la invasión de los espacios habituales de circulación de las distintas especies pudiendo provocar algún desplazamiento temporal. No se descarta el determinar algún otro posible impacto sobre los procesos ecológicos durante la etapa de proyecto ejecutivo, que de cualquier manera se estiman de escasa o nula magnitud debido a que la obra implica el mantenimiento de vías existentes básicamente por lo que los impactos se limitarán a la etapa de construcción. MITIGACIÓN: Definir rutas de circulación restringidas preestablecidas de forma de minimizar la zona afectada.

Por otra parte, como impacto sobre el medio perceptual, el aumento de la carga de tránsito en las redes viales locales a cada sitio de implantación (estaciones ferroviarias existentes) supondrá un una afectación a la normal circulación, así como un posible daño en la infraestructura vial existente ya que la misma en algunos casos no ha sido prevista para tal flujo y dimensiones de maquinarias. Este impacto se considera que será de importancia moderada para cualquiera de las alternativas. MITIGACIÓN: Medidas de apoyo a la circulación como presencia de banderilleros en el acceso a vías principales de circulación (rutas, etc.) y otros nodos donde se considere necesario, definición de circuitos que descongestionen el tránsito o ejecución de vías de circulación provisorias, reparación de infraestructura dañada.

Asociado al tráfico de vehículos se identifica la presencia de personal en la zona, la que eventualmente puede incrementar la demanda en el área de servicios y comercios de la zona cercana a cada implantación, representando esto un impacto positivo de escasa relevancia en cuanto a la economía de la zona sin importar la alternativa que se evalúe. MITIGACIÓN: No corresponde.

7.1.2 Impactos por excavación y movimiento de tierra

Desde el punto de vista de la calidad sonora, se registrará un impacto muy similar al causado por el tránsito vehicular y el tránsito ferroviario debido al ruido que causará la maquinaria involucrada en tal tarea, generándose un aumento en los niveles de ruido y vibraciones así como la persistencia de los sonidos en los frentes de obra, que de todas maneras se moverán rápidamente a lo largo de las vías existentes. Estos impactos ocurren por la operación de los equipos necesarios para la reconfiguración.

Sin embargo en este caso la extensión espacial será más reducida, aunque muy probablemente de mayor intensidad localizada. Debido tanto al carácter temporal, como a la escasa densidad de población, se considera como un impacto de moderada a reducida relevancia para cualquiera de las alternativas. MITIGACIÓN: Restringir el movimiento de maquinaria a las áreas estrictamente necesarias. Utilización de maquinaria con los menores niveles de generación de ruido posibles, en general lo más nueva posible o con buen nivel de mantenimiento.

Respecto a la afectación a la calidad del aire también resulta similar a la del tránsito vehicular, aunque en este caso se suma el vuelo de material pulverulento a causa de la remoción producida y al balasto ferroviario que se aportará, lo cual incrementa la importancia del impacto. Sin embargo, aun así, este impacto se considera de reducida relevancia por su corta extensión temporal y espacial, no suponiendo un movimiento de grandes volúmenes. El balasto ferroviario está formado por material pétreo de granulometría del orden de 10cm de diámetro, por lo que la emisión de polvo se estima que será muy reducida. MITIGACIÓN: Utilización de maquinaria en buenas condiciones de mantenimiento con bajo nivel de emisiones.

Al igual que el tránsito vehicular, la reparación también puede impactar sobre la fauna local provocando su desplazamiento por resultar esta una acción invasiva, implicando la desaparición de especies endémicas y/o la disminución de las áreas ocupadas por ellas. Este impacto se considera de escasa relevancia o nulo ya que la obra es básicamente la reparación de vías férreas existentes por lo que no se cambia el uso del suelo y además, no se considera un entorno de poblaciones especialmente sensibles ante esta acción en cada implantación, por lo que el impacto se entiende

de reducida relevancia. No se descarta el determinar algún otro posible impacto sobre los procesos ecológicos durante la etapa de proyecto ejecutivo. MITIGACIÓN: Restringir el movimiento de maquinaria a las áreas estrictamente necesarias. Utilización de maquinaria con los menores niveles de generación de ruido posibles, en general lo más nueva posible o con buen nivel de mantenimiento.

7.1.3 Impactos por la reparación de la vía férrea

La reparación de la vía férrea tendrá un efecto muy localizado y de muy corta duración desde el punto de vista de la afectación de la calidad sonora. MITIGACIÓN: Utilización de maquinarias de última generación con bajos niveles de ruido.

7.1.4 Impactos por la generación de residuos sólidos

La inadecuada disposición de los residuos sólidos generados puede generar un impacto por generación de olores y por emisión de material pulverulento a la atmósfera, que se considera será de reducida relevancia. Este impacto se puede dar por la exposición de los residuos orgánicos al sol u otras fuentes de calor o disposición de los residuos en zonas no protegidas del viento que fácilmente pueden trasladar el polvo, los olores, etc. MITIGACIÓN: Adecuado diseño de las instalaciones de disposición, previendo protección de la radiación solar, adecuada ventilación, evitar exposición al viento, etc. Existirá un impacto ambiental remanente muy bajo que se considera aceptable.

7.2 Impactos en la fase de operación

Una vez que se culminen las obras, se espera un aumento de la utilización de las vías férreas para cubrir la demanda existente que no es posible transportar actualmente.

Por lo tanto, se observa que si bien se espera un incremento en las frecuencias de tráfico ferroviario, las mismas continúan en niveles muy bajos o bajísimos. Asimismo, como se reacondicionará el material rodante se presume que los ruidos asociados al servicio ferroviario no serían significativos. De manera general se puede presumir entonces que el aumento de la frecuencia de los servicios no tendrá mayor incidencia en otros servicios (tráfico vehicular) así como en el confort de la población (ruidos). Por lo tanto de cumplirse esta expectativa de uso de la red viaria, a lo sumo, serán necesarias algunas medidas de mitigación puntuales para efectos muy locales.

A continuación, se describen algunos impactos de manera particular.

7.2.1 Impactos por la generación de vibraciones

Desde el punto de vista de la permanencia de los impactos sonoros se espera que se genere un aumento del tránsito ferroviario debido a que estará restaurada la vía férrea y a que la misma podrá operar. Este impacto se considera de carácter negativo moderado ya que si bien se prevé que aumente la permanencia de los impactos sonoros y vibraciones, la frecuencia relativa de los mismos seguirá siendo muy baja. MITIGACION: no corresponde de manera general, a lo sumo deberán estudiarse casos puntuales muy localizados.

7.2.2 Impactos por la generación de humos

La generación de humos será de escasa entidad, por lo que se entiende que el impacto en la calidad del aire será mínima para cualquier alternativa. MITIGACIÓN: No corresponde.

7.2.3 Impactos por el mantenimiento de la vía férrea

El correcto mantenimiento de la vía férrea, implicará el correcto servicio de la misma. Se realizará en la infraestructura y la superestructura de la vía férrea, por medio de la inspección periódica de todos sus elementos, por medio de la utilización eficiente de los equipos ferroviarios diseñados para tal efecto. Este impacto se considera de carácter positivo moderado, ya que prevendrá la afectación del suelo y de la fauna. Así como también colabora a la generación de empleo en la zona. MITIGACION: No corresponde.

7.3 Impactos en la fase de abandono

Para la fase de abandono resulta difícil predecir cuál será la probabilidad de ocurrencia de la misma, así como las eventuales acciones que la misma involucre. A modo de especulación se supone el desmonte de la vía férrea, ya sea para la restitución de las condiciones iniciales o para ejecutar otro tipo de instalaciones en el sitio.

En tal caso se puede suponer que existan impactos de tipo similar a los de la fase de obra como lo son:

- Alteración de la calidad sonora (moderado en todos los casos)
- Afectación de la calidad del aire por gases de combustión y materiales pulverulentos (reducido en todos los casos)
- Desplazamiento temporal de algunas especies en los alrededores
- Afectación a la normal circulación por el flujo de maquinaria pesada (moderado en todos los casos)
- Incidencia visual por presencia de equipos de gran porte en el predio (moderado en todos los casos)

De manera general, se deberían prever medidas de mitigación similares a las consideradas en la fase de obra para impactos similares.

8. Conclusiones

La economía uruguaya ha tenido un crecimiento económico importante en los últimos años impulsada por el sector agropecuario. En este sentido desde el 2004 al 2013 el PIB ha crecido a una tasa promedio real anual del 5,70%. En el mismo periodo la producción de madera y la de soja han crecido en volumen a tasas del 8,01% y 24,78%

promedio anual, respectivamente. Esto ha significado un gran impacto en la infraestructura terrestre, en particular la vial.

En este contexto la rehabilitación de la infraestructura ferroviaria se podría pensar como una posible válvula de escape. Sin embargo, la infraestructura ferroviaria ha sido desarrollada a principios del siglo pasado y la falta de inversión y mantenimiento han llevado a que en la actualidad la infraestructura existente no responde a los requerimientos básicos.

Distintas iniciativas como aquellas financiadas por FOCEM apuntan a pensar en una estrategia de rehabilitación de la red ferroviaria. Dentro de este marco el proyecto de rehabilitación del tramo de 141,192 km de Algorta a Fray Bentos podría relacionarse.

Si bien el tramo abarca directamente el departamento de Río Negro, el área de influencia abarca a varios departamentos del norte del país, como son Paysandú, Salto, Rivera y Tacuarembó. Se destaca que a nivel social esta región es la que presenta mayores niveles de pobreza y desempleo.

Existe una serie de actores que directa o indirectamente se relacionan con el proyecto: Las empresas productoras (en donde destacan UPM y Montes del Plata), las empresas transportistas, los trabajadores del transporte, AFE, SELF, la DNTF-MTOP, las intendencias departamentales y la población en general.

Se plantearon seis alternativas sobre las cuales se realizaron las evaluaciones financiera y socioeconómica. Estas alternativas básicamente consideran durmientes de hormigón (en su opción con rieles embridados o soldados) o durmientes de madera, con opción de algún grado de reutilización de los existentes en 0%, 20%, 33% o 50%. En este sentido los expertos han señalado ventajas y desventajas o al menos puntos a tener en cuenta en ambas tecnologías. Por un lado, el durmiente de madera es la alternativa más tradicional. El durmiente de madera tiene la ventaja de ser más fácil de adaptar, menor peso y por tanto mejor manejo y más fácil remplazo. Como contraparte, tiene una vida útil menor, es más escaso (actualmente se importa desde Paraguay) y puede generar un riesgo ambiental. Por otra parte, el durmiente de hormigón tiene una vida útil mayor y es más fácil de conseguir, pero tiene un costo mayor, es más difícil de manejar y en el caso de Uruguay, varios expertos señalan un riesgo debido a la falta de experiencia en el país respecto a esta tecnología.

Las alternativas que implican cierto nivel de reutilización de durmientes de madera si son las más económicas y presentan una rentabilidad financiera y social mayor. Sin embargo, se debe tener en cuenta que hoy en día no se sabe el porcentaje de durmientes que pueden ser reutilizados y por tanto hay un riesgo de que alguna de ellas no sea viable técnicamente. Esto requeriría un trabajo de conteo e identificación de durmientes a reutilizar por parte de técnicos ferroviarios.

Del análisis surge que el nivel de inversiones requerido varía entre USD 111,3 millones y USD 132,7 millones dependiendo de las alternativas e incluyendo no solo los costos de obra sino que las garantías, seguros, costos de dirección de obra y gastos de estructura durante la construcción. De esta forma para una tasa de rentabilidad requerida del 12,72% real en UI, los pagos por disponibilidad varían entre un USD 15,7 millones (en la alternativa de reutilización del 50% de durmientes) a USD 18,3 millones (alternativa 3 de hormigón con riel soldado). El análisis de sensibilidad realizado

muestra una baja variación de los pagos por disponibilidad producidas por variaciones en el costo de mantenimiento, de esta forma una posible variación del 50% en los costos de mantenimiento determinaría un cambio de aproximadamente 1,2% en los pagos por disponibilidad para mantener la misma tasa de retorno requerida.

El análisis de simulación muestra que si se mantienen los pagos por disponibilidad correspondientes a un costo de mantenimiento medio, el inversor podría tener alrededor de un 71% de probabilidad de obtener una rentabilidad mayor al 12,72% requerido en las tres primeras alternativas.

Finalmente, el análisis socioeconómico muestra que las seis alternativas son rentables desde este punto de vista. Sin embargo, se encuentran en el límite, ya que la TIRE varía entre el 5% en la alternativa 3 al 5,90% en la alternativa 6 y se debe considerar que la tasa de corte es del 5% en UI. Esto se ve claramente en el análisis de sensibilidad respecto a los costos de mantenimiento e inversión, en donde un incremento de estos del 5% determina que las primeras tres alternativas no serían rentables y un incremento del 10% en estos costos implicaría que no sean rentables las alternativas 4 y 5.