

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCION

MAESTRÍA EN INGENIERIA VIAL



**Prefactibilidad económica del transporte de contenedores por medio de
un sistema intermodal ferrocarril/carretera desde Puerto Caldera hasta el
Gran Área Metropolitana**

Proyecto Final de Graduación para optar por el título de Máster en Ingeniería Vial

Grado académico de Maestría

Realizado por:

Juan Carlos Cruz Tenorio

San José, mayo de 2021

ACTA DE APROBACIÓN DE PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN

Con fundamento en lo establecido por la Maestría en Ingeniería Vial, el Tribunal Examinador del Proyecto Final de Graduación denominado:

Prefactibilidad económica del transporte de contenedores por medio de un sistema intermodal ferrocarril/carretera desde Puerto Caldera hasta el Gran Área Metropolitana

Y, habiendo analizado el resultado del trabajo presentado por el(los) estudiante(s):

Primer Apellido	Segundo Apellido	Nombre	No. de carné
CRUZ	TENORIO	JUAN CARLOS	2013389953

Se emite el siguiente dictamen el día 30 de junio del 2021:

<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Reprobado <input type="checkbox"/> Se recomienda <input type="checkbox"/> No se recomienda <i>Brindarle una nueva oportunidad para Defensa Pública.</i> Nueva fecha: _____
---	---

Dando fé de lo acá expuesto firmamos,

<p>GUSTAVO ADOLFO ROJAS MOYA (FIRMA) Firmado digitalmente por GUSTAVO ADOLFO ROJAS MOYA (FIRMA) Fecha: 2021.07.21 15:55:18 -06'00'</p> <p>Ing. Gustavo Rojas Moya. Director, Escuela de Ingeniería en Construcción.</p>	<p>MARCO ANTONIO COTO SEGURA (FIRMA) Firmado digitalmente por MARCO ANTONIO COTO SEGURA (FIRMA)</p> <p>Ing. Marco Coto Segura. Profesor Guía.</p>
<p>MILTON ANTONIO SANDOVAL QUIROS (FIRMA) Firmado digitalmente por MILTON ANTONIO SANDOVAL QUIROS (FIRMA) Fecha: 2021.07.21 15:49:32 -06'00'</p> <p>Ing. Milton Sandoval Quirós. Profesor Lector.</p>	<p>GIANNINA ORTIZ QUESADA (FIRMA) Firmado digitalmente por GIANNINA ORTIZ QUESADA (FIRMA) Fecha: 2021.07.01 14:28:26 -06'00'</p> <p>Ing. Giannina Ortiz Quesada. Coordinadora Unidad de Posgrado</p>

DEDICATORIA

A mi esposa Gabriela, cuyo apoyo incondicional y tolerancia me permitieron avanzar día a día durante los últimos años hasta materializar un resultado satisfactorio. Su involucramiento en el proyecto y su motivación permanente fueron vitales para la concreción de este objetivo.

AGRADECIMIENTOS

A mi esposa Gabriela, a mis padres y hermanos, familia, al tutor del Proyecto Final de Graduación Ing. Marco Coto Segura y demás funcionarios del Instituto Costarricense de Ferrocarriles, al Ing. Orlando Marín Fallas Jefe Unidad de Gestión de Procesos de Reconstrucción y demás compañeros de la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias, del Instituto Costarricense de Puertos del Pacífico, del Consejo Nacional de Concesiones, y a muchas personas que hicieron posible lograr esta meta personal y profesional.

EPÍGRAFE

*«Nuestra vida es un viaje constante, desde el nacimiento hasta la muerte. El paisaje cambia, la gente cambia, nuestras necesidades cambian, pero el tren sigue moviéndose.
La vida es el tren, no la estación»*

Paulo Coelho

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Planteamiento del problema	4
1.3. Justificación del estudio	4
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1.Objetivo general	5
1.4.2.Objetivos específicos	5
1.5. Alcance y limitaciones	6
1.5.1.Alcances	6
1.5.2.Limitaciones	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	8
2.1. Definiciones y categorización	8
2.1.1.Estudio de prefactibilidad	8
2.1.2.Análisis Beneficio/Costo	8
2.1.3.Viabilidad o rentabilidad económica	10
2.1.4.Estudio de mercado	10
2.1.5.Diseño estructural de pavimentos flexibles – Método AASHTO	11
2.1.6.Función de costos	12
2.1.7.Transporte de carga por ferrocarril (caso Costa Rica)	14
2.1.8.Transporte de carga por ferrocarril (casos internacionales)	14
2.1.9.Tipos de trenes de carga	15
2.1.10. Tipos de contenedor para transportar mercancía	16
2.1.11. Transporte intermodal terrestre	16
2.1.12. Terminal intermodal terrestre	17
2.2. Marco normativo y referencial	19
2.2.1.Ministerio de Obras Públicas y Transportes MOPT	19
2.2.2.Instituto Costarricense de Ferrocarriles INCOFER	19
2.2.3.Instituto Costarricense de Puertos del Pacífico INCOP	22
2.2.4.Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica MIDEPLAN	22
2.2.5.Plan Nacional de Transportes de Costa Rica 2011-2035	23
2.2.6.Plan Nacional en Logística de Cargas – PNLog Costa Rica 2014 – 2024	24
2.2.7.Plan Estratégico Sectorial 2019-2024 Infraestructura y Transporte	27
2.2.8.Plan Maestro Portuario del Litoral Pacífico INCOP – MOPT. Plan Maestro de Caldera 2020-2042	28
2.2.9.Identificación del Proyecto: Reconstrucción de la vía y restablecimiento del servicio ferroviario entre Puntarenas y Alajuela INCOFER	28
2.2.10. Movilización actual de contenedores en Puerto Caldera	30
CAPÍTULO III: MARCO METODOLOGICO	34
3.1. Tipo de investigación	34
3.2. Fuentes y sujetos de información	35
3.2.1.Fuentes primarias y sujetos de información	35
3.2.2.Fuentes secundarias (caso Costa Rica)	35
3.2.3.Fuentes secundarias (casos internacionales)	35
3.3. Técnicas de investigación	36
3.3.1.Documental	36

3.3.2. De campo	36
3.4. Procesamiento y análisis de datos	37
3.5. Concepción del diseño del estudio	38
3.6. Procedimiento para estimar la reducción de vehículos pesados tipo T3S2/T3S3 producto de la implementación del transporte por ferrocarril de la carga analizada	39
3.6.1. Estimación de la totalidad de la carga analizada – contenedores llenos de importación – de Puerto Caldera al GAM (situación actual)	40
3.6.2. Diseño estructural de la sobrecapa	42
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	44
4.1. Estimación de la cantidad máxima de contenedores que la propuesta asumiría	44
4.1.1. Datos de distribución y cantidad de carga (contenedores)	44
4.1.2. Estimación de la capacidad de las vías, patios, apartaderos, espuelas y terminales de contenedores para disponer los carros portacontenedores y los contenedores	46
4.1.3. Estimación de la capacidad de arrastre del equipo tractivo que se propone adquirir	53
4.1.4. Definición de la demanda máxima de contenedores llenos de importación que el nuevo sistema ferroviario intermodal propuesto podría asumir	53
4.2. Inversión inicial en el nuevo sistema ferroviario nacional – sector Pacífico para el sistema intermodal propuesto	54
4.2.1. Infraestructura vial	54
4.2.1.1. Vía férrea	54
4.2.1.2. Estructuras mayores	56
4.2.1.3. Estructuras menores	58
4.2.1.4. Predios (terminales de contenedores)	59
4.2.1.5. Soluciones geotécnicas para recuperación de terraplenes y estabilización de taludes	61
4.2.2. Equipo	64
4.2.2.1. Tractivo	64
4.2.2.2. Rodante (carros planos – plataformas ferroviarias portacontenedores)	68
4.2.2.3. De maniobras en patios	71
4.2.2.4. Herramientas computacionales (“software”)	76
4.2.2.5. Equipo menor	76
4.3. Costos anuales de operación del nuevo sistema ferroviario nacional – sector Pacífico desde Puerto Caldera al GAM	76
4.3.1. Logística	76
4.3.1.1. Personal operativo, técnico y profesional	76
4.3.1.2. Alquiler de local para implementar oficina de control y logística	77
4.3.1.3. Costos administrativos generales	77
4.3.2. Infraestructura vial	77
4.3.3. Equipo	77
4.4. Costos anuales de mantenimiento del nuevo sistema ferroviario nacional – sector Pacífico desde Puerto Caldera al GAM	78
4.4.1. Infraestructura vial	78
4.4.1.1. Vía férrea	78
4.4.1.2. Estructuras mayores	79
4.4.1.3. Estructuras menores	80
4.4.1.4. Patios	81
4.4.2. Equipo	81
4.4.2.1. Tractivo	81
4.4.2.2. Rodante (carros planos – plataformas ferroviarias portacontenedores)	82
4.4.2.3. De maniobras en patios	82

4.4.2.4.	Herramientas computacionales (“software”)	82
4.4.2.5.	Equipo menor	82
4.5.	Ahorros previstos con la implementación del nuevo sistema ferroviario nacional – sector Pacífico para el sistema intermodal propuesto	83
4.5.1.	Ahorro en costos por concepto de operación por aumento en la velocidad de circulación de los vehículos usuarios de las rutas nacionales	84
4.5.2.	Ahorro en costos por concepto de conservación vial: mantenimiento y rehabilitación de la superficie de ruedo de las rutas nacionales en estudio	88
4.5.3.	Ahorro en costos por concepto de externalidades del sistema	98
4.5.3.1.	Accidentalidad	98
4.5.3.2.	Contaminación ambiental o polución atmosférica	99
4.5.3.3.	Ruido o contaminación sónica	100
4.5.3.4.	Cambio climático	101
4.5.3.5.	Consumo energético a nivel país	102
4.6.	Ingresos para el sistema ferroviario nacional – sector Pacífico por concepto del servicio de transporte intermodal ferrocarril/carretera de contenedores llenos de importación (recorrido Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela)	103
4.7.	Aplicación del análisis BENEFICIO/COSTO al transporte de contenedores desde Puerto Caldera al GAM utilizando el sistema intermodal ferrocarril/carretera	104
4.7.1.	Datos de ingresos y ahorros: BENEFICIOS	104
4.7.2.	Datos de inversión inicial y costos anuales: COSTOS	105
4.7.3.	Aplicación de la función BENEFICIO/COSTO	107
4.8.	Estimación de costos para los usuarios del transporte de contenedores llenos de importación Puerto Caldera – GAM con el sistema intermodal ferrocarril/carretera	109
4.9.	Estimación de costos para los usuarios del transporte de contenedores llenos de importación Puerto Caldera – GAM al utilizar el sistema tradicional por carretera	112
CAPÍTULO V: RESULTADOS Y ANALISIS		113
5.1.	Análisis de la viabilidad económica de la propuesta de transporte de contenedores llenos de importación por ferrocarril Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela	113
5.2.	Comparación entre la tarifa \$/ton al utilizar el nuevo sistema intermodal ferrocarril/carretera y la tarifa \$/ton al utilizar el sistema tradicional por carretera	114
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		116
6.1.	Conclusiones	116
6.1.1.	A nivel país (prefactibilidad económica)	116
6.1.2.	A nivel empresarial	116
▪	Empresario del servicio de transporte de carga vía terrestre por carretera	116
▪	Empresario que importa carga en contenedor	116
6.2.	Recomendaciones	117
6.2.1.	A nivel país (prefactibilidad económica)	117
6.2.2.	A nivel empresarial	118
▪	Empresario del servicio de transporte de carga vía terrestre por carretera	118
▪	Empresario que importa carga en contenedor	119
CAPÍTULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		120

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla #1. Período de análisis según condiciones de carretera	11
Tabla #2. Carga en contenedor (período enero – diciembre 2018)	30
Tabla #3. Movilización en TEUs/año Puerto Caldera	32
Tabla #4. Proyección de contenedores llenos de importación desembarcados en Puerto Caldera (período 2019-2039)	40
Tabla #5. Nivel de confianza para diseño de pavimentos flexibles según clasificación funcional de la carretera	42
Tabla #6. Valores propuestos de desviación estándar según tipo de intervención	42
Tabla #7. Movilización en TEUs año 2019 Puerto	44
Tabla #8. Clasificación de “boxes” en contenedores de 20 pies y de 40 pies año 2019	45
Tabla #9. Prorrato de relación Área almacenaje / Longitud de vía (caso terminales intermodales México)	51
Tabla #10. Datos de apartaderos y espuelas existentes entre Ciruelas y el Empalme La Purruja	55
Tabla #11. Datos de patios existentes entre Ciruelas y el Empalme La Purruja	56
Tabla #12. Sumario de cantidades para la implementación de la terminal intermodal propuesta en Ciruelas Alajuela	61
Tabla #13. Sumario de cantidades estimado para diseños y construcción de soluciones geotécnicas tramos de la vía férrea colapsados o con inestabilidad global (Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela)	62
Tabla #14. Itinerario propuesto para ciclos diarios Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela – Puerto Caldera transporte de contenedores llenos de importación LOCOMOTORA 1	65
Tabla #15. Itinerario propuesto para ciclos diarios Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela – Puerto Caldera transporte de contenedores llenos de importación LOCOMOTORA	66
Tabla #16. Comparativa temporal de ciclos diarios Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela – Puerto Caldera entre locomotoras 1 y 2, transporte de contenedores llenos de importación	67
Tabla #17. Comparativa que muestra que no existe un traslape de horarios entre las operaciones correspondientes al convoy 1 y al convoy 2	73
Tabla #18. Comparativa que muestra que no existe un traslape de horarios entre las operaciones correspondientes al convoy 1 y al convoy 2 en la terminal intermodal Ciruelas Alajuela	75
Tabla #19. Listado de posibles funcionarios para la operación de la presente propuesta técnica	76
Tabla #20. Listado de equipos requeridos para la presente propuesta técnica y costos estimados de adquisición	78
Tabla #21. Descripción y costos estimados actividades de mantenimiento preventivo y correctivo vía férrea	79
Tabla #22. Descripción y costos estimados de actividades de mantenimiento preventivo y correctivo áreas terminal intermodal Ciruelas Alajuela	81
Tabla #23. Estimación de velocidades promedio por tipo de vehículo, operando con y sin la presencia de vehículos pesados	85
Tabla #24 y #25. Relación costos de operación – velocidades de operación por tipo de vehículo ...	87
Tabla #26. Costos estimados de operación (en colones) según cambio de velocidades de operación por aplicación o no de la propuesta técnica	87
Tabla #27. Ahorro anual neto estimado según cambio de velocidades de operación con la aplicación de la propuesta técnica	88
Tabla #28. Tránsito clasificado SIN PROYECTO. Datos de conteos ejecutados en 2019 (2015*) en los tramos incluidos en el recorrido Puerto Caldera – GAM (sentido Caldera - San José	90
Tabla #29. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo SIN PROYECTO Estación de conteo 20010 Dos Pinos Coyol	91
Tabla #30. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo CON PROYECTO Estación de conteo 20010 Dos Pinos Coyol	91

Tabla #31. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo SIN PROYECTO Estación de conteo 20010 Manolos	91
Tabla #32. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo CON PROYECTO Estación de conteo 20010 Manolos	91
Tabla #33. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo SIN PROYECTO Estación de conteo 20020 FANAL	92
Tabla #34. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo CON PROYECTO Estación de conteo 20020 FANAL	92
Tabla #35. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo SIN PROYECTO Estación de conteo 20031 Radial Naranja 1	92
Tabla #36. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo CON PROYECTO Estación de conteo 20031 Radial Naranja 1	92
Tabla #37. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo SIN PROYECTO Estación de conteo 20032 Radial Naranja 2	93
Tabla #38. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo CON PROYECTO Estación de conteo 20032 Radial Naranja 2	93
Tabla #39. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo SIN PROYECTO Estación de conteo 20050 Radial San Ramón	93
Tabla #40. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo CON PROYECTO Estación de conteo 20050 Radial San Ramón	93
Tabla #41. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo SIN PROYECTO Estación de conteo 20060 Puente río Jesús María	94
Tabla #42. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo CON PROYECTO Estación de conteo 20060 Puente río Jesús María	94
Tabla #43. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo SIN PROYECTO Estación de conteo 60200 Macacona	94
Tabla #44. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo CON PROYECTO Estación de conteo 60200 Macacona	94
Tabla #45. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo SIN PROYECTO Estación de conteo 60210 Puente río Barranca	95
Tabla #46. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo CON PROYECTO Estación de conteo 60210 Puente río Barranca	95
Tabla #47. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo SIN PROYECTO Estación de conteo 60610 El Roble	95
Tabla #48. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo CON PROYECTO Estación de conteo 60610 El Roble	95
Tabla #49. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo SIN PROYECTO Estación de conteo 60840 Plaza Caldera	96
Tabla #50. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo CON PROYECTO Estación de conteo 60840 Plaza Caldera	96
Tabla #51. Determinación del espesor diferencial. Diseño estructural de pavimentos flexibles por Método de la AASHTO por tramo en estudio	96
Tabla #52. Estimación del costo de la sobrecapa en función del espesor diferencial por cada	97
Tabla #53. Estimación del dato 1000 ton*km año 2019 contenedores llenos de importación	98
Tabla #54. Estimación del costo unitario (¢/1000 t*km) de ahorros por concepto de externalidades en el transporte de contenedores llenos de importación salientes de Puerto Caldera	101
Tabla #55. Estimación del monto total de ahorros por concepto de externalidades en el transporte de contenedores llenos de importación salientes de Puerto Caldera año 2019	102
Tabla #56. Tarifas mínima y máxima de transporte de carga por ferrocarril (\$/ton)	103
Tabla #57. Cuadro resumen ahorros anuales por concepto de externalidades al ferrocarril	104

Tabla #58. Cuadro resumen ahorro anual en costos de operación por aumento en la velocidad de circulación de los vehículos usuarios (tomado de Tabla #28)	104
Tabla #59. Cuadro resumen ahorro anual en conservación vial (por diferencial en la sobrecapa de mezcla asfáltica superficie de ruedo tramo en estudio)	104
Tabla #60. Ingresos anuales por transporte de contenedores llenos de importación en ferrocarril Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela	105
Tabla #61. Cuadro resumen inversión inicial para la puesta a punto del sistema intermodal ferrocarril/carretera Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela (transporte de contenedores llenos de importación)	105
Tabla #62. Cuadro resumen costos anuales de mantenimiento terminal intermodal ferrocarril/carretera en Ciruelas Alajuela	106
Tabla #63. Cuadro resumen de costos anuales de mantenimiento del sistema intermodal ferrocarril/carretera Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela	106
Tabla #64. Cuadro resumen de costos anuales de operación del sistema intermodal ferrocarril/carretera en Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela	107
Tabla #65. Flujo de caja estimado para la presente propuesta técnica (datos en millones)	107
Tabla #66. Salida de hoja de cálculo (Costo/Beneficio)	108
Tabla #67. Valor de cada término de la ecuación y costo total por tonelada transportada en contenedores por el sistema intermodal ferrocarril-carretera (Puerto Caldera – GAM)	111
Tabla #68. Comparativo entre opciones de transporte de contenedores llenos de importación de Puerto Caldera al GAM (sistema intermodal ferrocarril/carretera y sistema tradicional carretera)	114
Tabla #69. Comparativo entre ingresos y costos para el empresario de transporte de contenedores llenos de importación de Puerto Caldera al GAM	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura #1. Características principales de la infraestructura ferroviaria de Costa Rica	24
Figura #2. Red ferroviaria de carga en operación en Costa Rica	25
Figura #3. Síntesis de principales fortalezas y debilidades del sistema de logística de cargas de Costa Rica	26
Figura #4. Resultados esperados en la formulación del Plan Estratégico Sectorial	27
Figura #5. Resultados esperados, plazos y actividades para alcanzarlos	27
Figura #6. Matriz de Indicadores de Impacto del Plan Estratégico Sectorial	28
Figura #7. Sistema ferroviario nacional sector Pacífico (Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela)	29
Figura #8. Comparación movimiento unidades de carga en contenedor (II semestre 2018)	31
Figura #9. Distribución de contenedores en teus (año 2018)	31
Figura #10. TEUs movilizados por semestre (datos históricos desde el 2011)	32
Figura #11. TEUs movilizados desde el 2007 y proyección para el 2019	33
Figura #12. Conceptualización del estudio	38
Figura #13. Comparativo de tarifas (\$/TM) para toma de decisiones del usuario del transporte de contenedores de Puerto Caldera al GAM	39
Figura #14. Gráfico de datos históricos contenedores llenos de importación desembarcados en Puerto Caldera (período 2006-2019)	39
Figura #15. Factor camión promedio para diferentes rutas del país	41
Figura #16. Imagen panorámica del patio “La Purruja”, afueras del puerto de Caldera	46
Figura #17. Imagen satelital – propuesta de terreno completo para terminal intermodal	49
Figura #18. Imagen satelital – propuesta de porción de terreno para patio terminal intermodal	49
Figura #19. Imagen satelital – propuesta de porción de terreno para acceso de camiones a la terminal intermodal	50
Figura #20. Imagen satelital – patio “La Purruja” a reproducir en la terminal	50
Figura #21. Imagen satelital – propuesta de porción de terreno para oficinas administrativas de la terminal intermodal	51
Figura #22. Plano sistema ferroviario nacional – sector Pacífico tramo Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela y alineamiento propuesto para construcción de túnel sector Dantas	57
Figura #23. Imagen satelital – propuesta de alineamiento tramo cubierto de 1.60 kilómetros de longitud sector Dantas	58
Figura #24. Mapa terreno objeto (propuesto para terminal intermodal) y terreno comparable	60
Figura #25. Ubicación geográfica de los sitios vulnerables a deslizamientos, identificados por la Unidad de Evaluación de la Red Vial Nacional LANAMME, año 2011	63
Figura #26. Puntos coincidentes vulnerables por deslizamiento entre la ruta nacional 27 y la vía férrea destacados en rojo (13 y 14)	63
Figura #27. Imágenes del deslizamiento ocurrido en el PK 46+250 (1 de setiembre 2011 – tomada de la página web www.nacion.com) y del talud superior PK 47+200, respectivamente (puntos #13 y #14 Figura 26)	64
Figura #28. Especificaciones técnicas de plataforma ferroviaria portacontenedores Serie Internacional: LGNSS, Tipo: MC3	68
Figura #29. Sección transversal del túnel Cambalache que muestra la superposición de un contenedor convencional sobre la plataforma ferroviaria definida	69
Figura #30. Sección transversal del túnel Cambalache	70
Figura #31. Inspección del túnel Cambalache por el postulante (años 2020 y 2002 respectivamente)	70
Figura #32. Imágenes de uno de los denominados <i>Reachstacker</i> y de uno de los cargadores frontales existentes en el muelle de Caldera	71

Figura #33. Imagen aérea del muelle de Caldera y el detalle de los movimientos propuestos para los contenedores llenos de importación	72
Figura #34. Especificaciones técnicas manipulador de contenedores modelo RS46-41L de la marca Hyster	74
Figura #35. Imagen comercial de la locomotora STADLER EURODUAL Beacon Rail Leasing	82
Figura #36. Captura de pantalla Modelo RED (Modelo de Evaluación Económica de Caminos) Hoja “VOC y Velocidades Unitarios”	86
Figura #37. Nomograma para el diseño de un pavimento flexible por el Método AASHTO	97

RESUMEN

El presente estudio evalúa la prefactibilidad económica de un sistema intermodal ferrocarril/carretera, para el transporte de la totalidad de los contenedores llenos de importación que son desembarcados en Puerto Caldera y cuyo destino final es el Gran Área Metropolitana. Actualmente la totalidad de la carga de importación y de exportación que arriba y sale de Puerto Caldera, cuyo destino y origen es el Gran Área Metropolitana, es transportada vía terrestre por carretera en camiones, en virtud de que la vía férrea sector Pacífico no se encuentra operativa en varios tramos, de manera más crítica entre Atenas y Orotina, así como de la obsolescencia de los equipos tractivos, rodantes y de patio del sistema ferroviario nacional, que lo condiciona como poco o nada competitivo para optar por el transporte de carga desde y hacia la vertiente pacífica. La viabilidad técnica de transportar contenedores en plataformas ferroviarias existe, por lo que una prefactibilidad económica positiva hace viable pensar en la siguiente etapa del proyecto: un estudio de factibilidad económica y financiera, eventualmente a contratar por parte del Estado como una herramienta para los tomadores de decisiones de las instituciones públicas competentes.

La evaluación de la prefactibilidad económica se dio por medio de la metodología Beneficio/Costo, cuyos insumos fueron los datos obtenidos como costos (inversión inicial para la puesta a punto del sistema, costos anuales de operación y de mantenimiento del sistema), como ingresos (mediante el cobro de una tarifa \$/ton) y como ahorros a nivel país (por concepto de reducción en los costos de operación de los vehículos usuarios de las rutas nacionales afectadas, reducción en los costos de conservación vial, y de externalidades al ferrocarril como lo son la accidentabilidad, la polución atmosférica, la contaminación sónica, el cambio climático y el consumo energético), los cuales conformaron un flujo de caja para un período de análisis de 10 años.

Palabras clave: transporte terrestre de carga; sistema intermodal ferrocarril/carretera; Puerto Caldera; sistema ferroviario nacional – sector Pacífico

ABSTRACT

This study assesses the economic pre-feasibility of a rail/road intermodal system for the transport of all full import containers that are unloaded in Puerto Caldera and whose final destination is the “Gran Área Metropolitana”.

Currently all the import and export cargo that arrives and leaves from Puerto Caldera, whose destination and origin is the “Gran Área Metropolitana”, is transported by road in trucks, due to the fact that the Pacific sector railroad is not found operational in several sections, more critically between Atenas and Orotina, as well as the obsolescence of the tractive, rolling and yard equipment of the national railway system, which conditions it as little or not at all competitive to choose freight transport from and to towards the Pacific slope.

The technical feasibility of transporting containers on railway platforms exists, so a positive economic pre-feasibility makes it feasible to think about the next stage of the project: an economic and financial feasibility study, eventually to be contracted by the government as a tool for policyholders. decisions of the competent public institutions.

The evaluation of the economic pre-feasibility was given through the Benefit / Cost methodology, whose inputs were the data obtained as costs (initial investment for the set-up of the system, annual operating and maintenance costs of the system), as income (by charging a \$ / ton rate) and as savings at the country level (due to the reduction in operating costs of the vehicles that use the studied national routes, reduction in road maintenance costs, and externalities to the railroad such as they are accident rate, atmospheric pollution, noise pollution, climate change and energy consumption), which made up a cash flow for an analysis period of 10 years.

Keywords: land transportation of cargo; rail / road intermodal system; Puerto Caldera; national railway system - Pacific sector

INTRODUCCIÓN

Actualmente la totalidad de la carga de importación y de exportación que arriba y sale de Puerto Caldera, cuyo destino y origen es el Gran Área Metropolitana, es transportada vía terrestre por carretera.

Una importante porción de la carga que arriba a este muelle vía marítima corresponde a contenedores en sus diferentes configuraciones, los cuales son descargados en los puestos de atraque 1 y 2 del muelle, dispuestos temporalmente en los bloques para contenedores denominados “W” (por “*water*” o cerca del agua) y “L” (por “*land*” tierra), posteriormente cargados en cureñas o plataformas carreteras portacontenedores, y finalmente son transportados al GAM por las rutas nacionales 23 y 1 (carretera interamericana norte) o 27 (corredor San José – Caldera).

Múltiples discontinuidades físicas en la vía férrea – sector Pacífico, principalmente en el tramo Atenas – Orotina, aunado a la inexistencia de un estudio técnico sobre la posibilidad material del transporte de contenedores de Puerto Caldera al GAM y viceversa por medio de plataformas ferroviarias, han hecho que esta propuesta alternativa de transporte no sea considerada tanto por el Estado como por los importadores de mercancías en contenedor.

Al encontrarse el transporte de contenedores en su totalidad monopolizado por el modo carretero, tiene múltiples implicaciones negativas a nivel país, como lo son los altos costos de operación de los usuarios de los corredores viales precitados, elevados costos en conservación vial de sus superficies de ruedo, e importantes costos por concepto de externalidades como lo son la accidentabilidad, la polución atmosférica, el ruido (contaminación sónica), el cambio climático, el consumo energético, entre otros.

El dotar al Estado costarricense, específicamente a la Gerencia de Operaciones y a la Presidencia Ejecutiva del INCOFER, de un estudio a nivel de prefactibilidad técnica y económica del transporte de contenedores llenos de importación, desembarcados en Puerto Caldera y cuyo destino es el GAM, por medio de un sistema intermodal ferrocarril/carretera, estimando una inversión inicial para su puesta a punto, los costos anuales de operación y mantenimiento de este sistema, así como los ingresos para el Estado por medio del cobro de una tarifa y los ahorros a nivel país en virtud de la eliminación de la totalidad de estos contenedores de los corredores viales entre Puerto Caldera y el GAM, se considera un aporte importante para los tomadores de decisiones, ya que puede tomarse como punto de partida para una eventual etapa de factibilidad, tanto económica como financiera, en caso que a nivel de prefactibilidad se obtengan resultados positivos.

El hecho de que hoy en día instituciones estatales con competencia en el comercio y transporte de mercancías internacionales, no cuenten con un estudio técnico que compile el registro de datos históricos del transporte de carga en contenedor desembarcada en Puerto Caldera y cuyo destino sea el GAM, con un análisis de viabilidad técnica del transporte de contenedores vía ferrocarril en el sector Pacífico, una cuantificación del costo de la reconstrucción de la infraestructura ferroviaria existente así como de la construcción de obra nueva para implementar el transporte de contenedores por ferrocarril tramo Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela, una cuantificación del costo de la adquisición de equipo nuevo (tractivo, rodante y de maniobras en patio) para implementar un sistema intermodal ferrocarril/carretera, una estimación actualizada de la demanda del transporte de contenedores por ferrocarril de Puerto Caldera al GAM, la posibilidad material de transportar este tipo de carga en plataformas ferroviarias, entre otros vacíos de información, hacen que la totalidad de estos contenedores llenos de importación sean transportados vía carretera.

Del mismo modo a nivel comercial, los importadores de mercancías en contenedor no cuentan con una alternativa para el transporte de su carga desembarcada en Puerto Caldera y cuyo destino es el GAM, de modo que el gremio de transporte carretero no tiene una competencia real que permita regular el costo de cada flete.

Los empresarios dedicados al transporte de contenedores vía carretera, tampoco cuentan con una propuesta técnica y económica que les permita considerar ser parte de un sistema intermodal ferrocarril/carretera, abandonando la actividad del transporte de contenedores llenos de importación desde Puerto Caldera hasta el GAM y dedicándose al flete de este tipo de carga desde una terminal intermodal propuesta para Ciruelas Alajuela hasta el GAM.

El presente estudio pretende llenar parte de estos vacíos de información y la falta de unificación de esfuerzos que se han realizado hasta la fecha de manera individual, de modo que los tomadores de decisiones cuenten con un primer documento formal que muestre o descarte una viabilidad económica y técnica a nivel de prefactibilidad para el transporte de contenedores llenos de importación, desembarcados en Puerto Caldera y cuyo destino es el GAM, por medio de un sistema intermodal ferrocarril/carretera.

Este estudio cuenta con cinco capítulos debidamente definidos y delimitados:

Se presenta un primer capítulo donde se exponen generalidades de la investigación realizada, como lo es el planteamiento del problema, la justificación y objetivos del estudio, así como su delimitación por medio de la definición de alcance y exposición de limitaciones propias de este tipo de investigación.

Un segundo capítulo expone definiciones importantes para un mejor entender de conceptos atinentes a la investigación desarrollada, así como un marco referencial que presenta el entorno en que se desarrolla el estudio, como lo es la normativa vigente a nivel nacional, extractos de documentos e informes generados por entidades públicas, entre otros.

El tercer capítulo expone el tipo de investigación desarrollada, las fuentes y sujetos de información, la técnica de investigación utilizada, un concepto gráfico del diseño del estudio y principalmente la exposición de datos recopilados para su posterior análisis.

En un cuarto capítulo se procesan y analizan los datos compilados, partiendo de estos se obtienen resultados y se interpretan.

Finalmente, en el quinto y último capítulo se exponen las conclusiones del estudio realizado, tanto a nivel país como a nivel empresarial – comercial, y se emiten recomendaciones para sendos intereses.

Se considera que el presente estudio será un aporte importante y defendible incluso ante la Junta Directiva del INCOFER, con el fin de que su existencia no se limite a fines académicos, sino que contribuya a generar beneficios económicos a nivel país y a nivel particular, para el caso de empresarios y clientes finales.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN

El Instituto Costarricense de Ferrocarriles, cuenta con potencial basto para implementar nuevamente un sistema competitivo de transporte de carga desde y hacia la vertiente Pacífica, tal como lo mantuvo con éxito por más de siete décadas en el siglo anterior.

Su principal activo: el derecho de vía, le permite al Sistema Ferroviario Nacional, mantener intacta la esperanza de una reactivación de operaciones de carga en el sector Pacífico, así como una basta legislación y planes integrales a nivel nacional y regional, dirigidos a brindarle a este medio de transporte terrestre el protagonismo que años atrás lo caracterizó.

Toda propuesta técnica que busque integrar los esfuerzos positivos en materia de la reactivación del Sistema Ferroviario Nacional, que se han venido gestando en las últimas Administraciones, se debe considerar como un aporte importante, pues los beneficios país asociados a esta puesta en marcha, han sido valorados positivamente en otros países.

1.1. Antecedentes

Posterior al cierre técnico del Instituto Costarricense de Ferrocarriles INCOFER en el año 1995, el sistema ferroviario nacional – sector Pacífico, estuvo brindando transporte de carga (bobinas de acero laminado, alambrón de hierro y cobre y lingotes de zinc) de Puerto Caldera al Gran Área Metropolitana, esto desde 1999 hasta el período en que se ejecutaron los trabajos del corredor San José – Caldera, específicamente en la denominada Sección 2: Ciudad Colón – Orotina, cerca del año 2008. La construcción de este tramo de la ruta nacional 27, provocó el colapso y la pérdida de estabilidad global de la plataforma de algunos tramos de vía férrea, particularmente donde la carretera coincide espacialmente con el derecho de vía del ferrocarril, en zonas de taludes de gran altura y con pendientes muy pronunciadas. A partir de ese momento, la totalidad de la carga desembarcada en Puerto Caldera y cuyo destino era el GAM, pasó a ser transportada exclusivamente por carretera con camiones articulados (*trailer* con carreta, equipo especial y vehículo de 6 o más ejes).

La administración actual del Instituto Costarricense de Puertos del Pacífico INCOP, señala que para el año 2021 se estimaba que en Caldera se iban a movilizar unos 45.000 TEUs (contenedores de 20 pies), pero para el año 2018 el movimiento de contenedores llegó a 300.000 TEUs, lo que hace notar que existe una importante demanda de transporte de contenedores desde Puerto Caldera hasta el GAM por ferrocarril, aprovechando la infraestructura ferroviaria existente en dicha terminal portuaria y el derecho de vía entre el puerto de Caldera y Ciruelas Alajuela, donde se visualiza la implementación de una terminal intermodal ferrocarril – carretera.

Existe una pretensión del INCOP para la firma de un “Convenio de cooperación interinstitucional entre el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), el Instituto Costarricense de Ferrocarriles (INCOFER) y el Instituto Costarricense de Puertos del Pacífico ((INCOP) para el uso en precario del terreno para el desarrollo de un parque logístico que permita el transporte intermodal de carga en Puerto Caldera”. Lo anterior, en el marco del Plan Maestro Portuario del Litoral Pacífico, que señala la necesidad de ubicar un espacio de parqueadero para camiones, cuya ubicación preliminar se ha definido en una amplia sección del predio ferroviario en cuestión. Dicho convenio se encuentra en análisis entre las partes para determinar el debido resguardo del patrimonio ferroviario y asegurar las condiciones óptimas que permitan el transporte ferroviario de carga desde Puerto Caldera en el escenario que resulte factible la rehabilitación de la vía al Pacífico.

Para febrero de 2019, el análisis se ha concentrado en el potencial de transporte de carga entre Puerto Caldera y Ciruelas, bajo la visión moderna de transporte ferroviario según la cual no es conveniente movilizar carga dentro de zonas de alta densidad urbana. Al respecto, de un análisis realizado por INCOP denominado “Informe de Concesiones” de diciembre de 2018, se concluye lo siguiente:

- La movilización de carga en Puerto Caldera ha aumentado a tasa creciente, alcanzando para 2017 alrededor de 5 millones de toneladas.
- Con el mismo comportamiento, la movilización de contenedores alcanza casi 300,000 TEUs.
- Con el modelo de proyección que maneja actualmente INCOP, para 2025, en el escenario base la movilización de contenedores podría duplicarse, alcanzando los 563.817 TEUs, cifra que se sitúa entre los escenarios pesimista y optimista de 442.144 TEUs y 773.709 TEUs (se duplica el mercado).

En 2016, se aprobó en la Asamblea Legislativa la Ley 9366, “*FORTALECIMIENTO DEL INSTITUTO COSTARRICENSE DE FERROCARRILES (INCOFER) Y PROMOCIÓN DEL TREN ELÉCTRICO INTERURBANO DE LA GRAN ÁREA METROPOLITANA.*” Con la cual, se fortalece la estructura y organización del INCOFER, dotándolo de las herramientas necesarias para atender sus obligaciones, a fin de llevar a la institución a la modernidad en sus servicios, en pro de mejorarlos para los usuarios.

1.2. Planteamiento del problema

La necesidad de dotar al Instituto Costarricense de Ferrocarriles INCOFER de un estudio de prefactibilidad económico del transporte de contenedores por ferrocarril, desde Puerto Caldera hasta una terminal intermodal en Ciruelas Alajuela, mediante la implementación de un nuevo sistema ferroviario nacional sector Pacífico, que se traducirá en una herramienta para los tomadores de decisiones de esta institución.

Se considera que dicho estudio de prefactibilidad económica no se ha generado a la fecha por la carencia de:

- un registro de datos históricos del transporte de carga de Puerto Caldera al GAM (toneladas métricas),
- un análisis técnico del transporte de contenedores por ferrocarril en el sector Pacífico (de la infraestructura ferroviaria existente),
- una cuantificación del costo de la reconstrucción de la infraestructura ferroviaria del tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela,
- una cuantificación del costo de la construcción de obra de infraestructura ferroviaria nueva para implementar el transporte de contenedores por ferrocarril de Puerto Caldera al GAM,
- una cuantificación del costo de la adquisición de equipo nuevo (tractivo, rodante y de maniobras en patio) para implementar el transporte de contenedores por ferrocarril de Puerto Caldera al GAM,
- una estimación actualizada de la demanda del transporte de contenedores por ferrocarril de Puerto Caldera al GAM,
- un modelo tarifario del transporte de contenedores por ferrocarril de Puerto Caldera al GAM

1.3. Justificación del Estudio

Al darse en la actualidad un trasiego de carga desde Puerto Caldera hasta el Gran Área Metropolitana y viceversa, exclusivamente por carretera, se generan situaciones adversas en las principales rutas nacionales que comunican este puerto del Pacífico con el Valle Central, entendiéndose ruta interamericana norte RN1 y RN23, y corredor San José – Caldera RN27, a saber:

- mayor inversión por parte del Estado (CONAVI) en conservación y mantenimiento vial,
- altos niveles de contaminación del aire por emisiones de CO₂ y sónica,
- altos índices de accidentabilidad vehicular,
- altos costos de operación de los vehículos que transitan por estas rutas producto de las bajas velocidades de circulación de los vehículos articulados cargados,

- aumento en los tiempos de viaje de los usuarios de estas vías y por ende una mayor inversión de horas hábiles en el traslado de un sitio a otro,
- altos costos para el importador de mercancías (tarifa tonelada métrica / km) en virtud de la ausencia de competencia con otro medio de transporte de carga terrestre, como una alternativa para el traslado de mercadería por carretera.

Ahora, la realidad actual del sistema ferroviario nacional – sector Pacífico evidencia al transporte de carga por ferrocarril desde Puerto Caldera hasta el GAM como una propuesta inviable para generar una competencia real al transporte de carga por carretera. No obstante, si un estudio de prefactibilidad económica logra establecer que, mediante una importante inversión en infraestructura ferroviaria (rehabilitación, reconstrucción o construcción de obra nueva según aplique), en adquisición de equipo tractivo, rodante y de maniobras en patio, en logística, entre otros, sí resulta competitivo económicamente (a nivel país) el ferrocarril como medio de transporte de carga, desde Puerto Caldera hasta una terminal intermodal en Ciruelas Alajuela, el INCOFER y su Junta Directiva contarían con una investigación tal que permita una toma de decisiones respaldada, y que permita seguir con las siguientes etapas de la propuesta, a saber: estudios de factibilidad técnica, económica y financiera, y posteriormente en caso de generarse resultados positivos, gestionar los recursos para la ejecución de las obras civiles y la adquisición de los equipos y logística necesarios para la puesta en marcha.

El transporte de carga por ferrocarril, aun tratándose de un ferrocarril que opere con hidrocarburos pero con la última tecnología para motores de combustión interna a nivel mundial, genera una importante cantidad de beneficios a nivel país en reducción de contaminación ambiental, reducción en costos de operación y mantenimiento del servicio, reducción en costos por servicio trasladados finalmente al consumidor, reducción de accidentes de tránsito, reducción en costos de operación de los vehículos usuarios de las rutas precitadas, entre otras bondades producto de la eliminación de una importante cantidad de vehículos articulados que operan desde Puerto Caldera hasta el GAM.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Analizar la prefactibilidad económica del transporte de contenedores en ferrocarril desde Puerto Caldera hasta una terminal intermodal en Ciruelas Alajuela, valorando la implementación de un nuevo sistema ferroviario – sector Pacífico, para definir si es viable continuar con las etapas de análisis posteriores.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar la demanda anual esperada para el transporte de contenedores llenos de importación de Puerto Caldera a la Gran Área Metropolitana
- Estimar la inversión inicial (puesta a punto) para la implementación del sistema intermodal ferrocarril/carretera para el servicio de transporte de contenedores llenos de importación de Puerto Caldera a una terminal intermodal en Ciruelas Alajuela
- Estimar costos de operación anuales del sistema intermodal ferrocarril/carretera propuesto para el servicio de transporte de contenedores llenos de importación de Puerto Caldera a una terminal intermodal en Ciruelas Alajuela
- Estimar costos de mantenimiento anuales del sistema intermodal ferrocarril/carretera propuesto para el servicio de transporte de contenedores llenos de importación de Puerto Caldera a una terminal intermodal en Ciruelas Alajuela
- Estimar los ahorros económicos a nivel país como resultado de la implementación del sistema intermodal ferrocarril/carretera para el servicio de transporte de contenedores llenos de importación de Puerto Caldera a una terminal intermodal en Ciruelas Alajuela

- Estimar los ingresos para el INCOFER por concepto del servicio de transporte de contenedores llenos de importación de Puerto Caldera a una terminal intermodal en Ciruelas Alajuela
- Aplicar la metodología Beneficio/Costo a la propuesta técnica
- Calcular la tarifa (\$/Ton) para el servicio de transporte de contenedores llenos de importación de Puerto Caldera a la Gran Área Metropolitana por medio del sistema intermodal ferrocarril/carretera
- Calcular la tarifa (\$/ton) para el servicio de transporte de contenedores llenos de importación de Puerto Caldera a la Gran Área Metropolitana por medio del sistema tradicional por carretera

1.5. Alcance y limitaciones

1.5.1. Alcance:

- Según el Informe de resultados de la gestión de supervisión y control de los contratos de concesión II semestre 2018, elaborado por el INCOP, el 78% del total de carga movilizada (toneladas métricas) corresponde a contenedores, por lo que el presente estudio se concentró en el transporte de este tipo de carga.
- Este informe de igual manera establece que el 49,4% del total de TEUs manipulados en el Puerto de Caldera corresponden a contenedores llenos para importación (prácticamente la mitad de la carga en contenedor atendida en este puerto), por lo que en la propuesta de transporte de contenedores en ferrocarril se analizó únicamente en el sentido Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela, es decir, únicamente se consideraron los TEUs de importación.
- Se tomaron estudios ya realizados que incluyen presupuestos preliminares para estimar las inversiones correspondientes a obra totalmente nueva (no reconstrucción). Del mismo modo, se desarrolló un presupuesto general preliminar para estimar el costo de la terminal intermodal ferrocarril – camión, a implementar en el sector de Ciruelas Alajuela.
- Se estimaron los costos de adquisición de equipo nuevo (material tractivo, rodante y de maniobras en muelle y terminal intermodal) para el sistema ferroviario – sector Pacífico – propuesto, por medio de consultas a proveedores internacionales.
- Se estimaron los costos de reconstrucción de la infraestructura ferroviaria existente necesaria para desarrollar el sistema ferroviario propuesto – sector Pacífico, por medio de datos históricos actualizados que ha registrado la Gerencia de Operaciones del INCOFER.
- Se estimaron los costos de operación y mantenimiento de la infraestructura ferroviaria y de los equipos a adquirir, necesarios para desarrollar el sistema ferroviario – sector Pacífico – propuesto, por medio de datos históricos actualizados que ha registrado la Gerencia de Operaciones del INCOFER.
- Se estimó la demanda potencial de transporte de contenedores por ferrocarril, desde Puerto Caldera hasta Ciruelas Alajuela, por medio de datos históricos con que cuenta la Secretaría de Fiscalización de Concesiones del INCOP, y una proyección esperada de TEUs para el período que contempla el análisis.
- Se estimaron los datos de ingresos por concepto de transporte de contenedores por ferrocarril desde Puerto Caldera hasta Ciruelas Alajuela, por medio de una tarifa referencial \$/ton establecida en la Resolución RRG-2676-200, La Gaceta N°155 14 de agosto del 2002, ARESEP.
- Se estimó el valor de los ahorros a nivel país, traducido en términos económicos por medio de datos históricos actualizados que hayan registrado las entidades correspondientes.

- No se tomaron en cuenta otras cargas movilizadas en la Terminal Multipropósito – Contrato de Gestión de Servicios Públicos de Puerto Caldera (frutas, atún, vehículos, mercadería general, hierro, entre otros), pues en su conjunto escasamente alcanzan el 22% del total de TM movilizadas en este puesto del muelle de Caldera.
- Pese a representar la mayor cantidad de toneladas métricas movilizadas en el Puerto de Caldera para el año 2018, se descarta el transporte de graneles desde la terminal portuaria hasta una eventual terminal intermodal ubicada en Ciruelas Alajuela por medio de ferrocarril, en virtud de que el transporte de graneles requiere el servicio “puerta a puerta” y carecería de funcionalidad un intercambio de este tipo de carga del ferrocarril a furgones graneleros de carretera.
- No se tomó en cuenta la cantidad de TEUs vacíos que registraron movimientos dentro de la terminal portuaria (ingreso o salida), en virtud de que no aportan información valiosa al estudio por no lograr caracterizar su carga (tipo, cantidad, origen y destino).

1.5.2.Limitaciones:

- El Sistema Ferroviario Nacional sector Pacífico no cuenta con carros cajón adaptados como plataformas portacontenedores como las implementadas en el sector atlántico, por lo que no fue posible hacer una prueba física del paso de un contenedor convencional sobre una plataforma de ferrocarril a través del túnel Cambalache, sector Jesús María, Esparza, únicamente se realizó el ejercicio de manera teórica con las dimensiones reales de los elementos, con el cálculo del gálibo estático del conjunto.
- Los esfuerzos de investigación de diferentes instituciones han sido en líneas independientes y no han sido integradas (INCOP, INCOFER, Municipalidad de Puntarenas, Municipalidad de Esparza, Municipalidad de Orotina, Municipalidad de Atenas, Municipalidad de Alajuela, CONAVI, entre otras).
- Hermetismo por parte de los transportistas (empresarios y operadores) para brindar información sobre tarifas, costos, logística, etc.
- No se contó con diseños definitivos de las obras requeridas para la puesta a punto de la infraestructura ferroviaria en el tramo Caldera – Ciruelas Alajuela, y por ende no se cuenta con los costos definitivos asociados a estas obras.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Es importante exponer la definición de algunos términos clave utilizados en el presente estudio, con el fin de que el lector conceptualice cada uno de ellos en función del análisis ejecutado y de su aplicación según corresponde.

2.1. Definiciones y categorización

2.1.1. Estudio de prefactibilidad

Es un documento completo, con niveles aceptables de incertidumbre, que facilita a la gerencia de una institución o empresa la toma de decisiones sobre un proyecto. Contempla un análisis de los diferentes escenarios en que podría actuar el proyecto, un análisis de sensibilidad sobre las variables más críticas o incertidumbres para visualizar su comportamiento y posible viabilidad. Es la apreciación del diagnóstico del problema que puede incluir aspectos técnicos, ambientales, sociales, legales, económicos, financieros y opciones de solución, que permite a las entidades participantes tomar una mejor decisión.

Consiste en una breve investigación sobre el marco de factores que afectan a un proyecto. Se examinan con mayor detalle las alternativas consideradas económicamente viables en un estudio de perfil. El énfasis está en estimar las inversiones, los costos de operación y mantenimiento, los ingresos del proyecto, etc. Se basa en información de fuentes secundarias. Se debe incluir en el estudio, entre otros, los aspectos generales del entorno socio económico, análisis de mercado identificando las principales variables que afectan su comportamiento (producto, demanda, oferta, procesos de comercialización, precios, entre otros). Se debe presentar el flujo de caja esperado, justificar el plazo del proyecto, detalle de inversiones, ingresos, gastos, entre otros. Debe analizarse diferentes escenarios que pudieran afectar la rentabilidad o evaluación financiera de acuerdo con variables de mayor riesgo.

Es posible evaluar el proyecto por medio de:

- **Tasa Interna de Retorno:** Es la media geométrica de los rendimientos esperados de la inversión.
- **Valor Actual Neto:** Es también una medida de la rentabilidad del proyecto, es actualizar cobros y pagos de un proyecto.
- **Beneficio/Costo:** Se utiliza con el propósito de determinar si los beneficios esperados constituyen un retorno aceptable sobre la inversión y los costos estimados, mediante la determinación del rendimiento que genera cada unidad monetaria invertida en el proyecto

Dado que los estudios de prefactibilidad se utilizan como instrumento de negociación con instituciones financieras o con inversionistas potenciales, a este nivel no se pueden incluir precisiones con respecto a las fuentes de financiación.

Al terminar el estudio de prefactibilidad se pueden tomar los siguientes caminos:

- ✓ Reformular el proyecto.
- ✓ Postergar el citado proyecto.
- ✓ Abandonar la idea de manera clara y firme.
- ✓ Seguir adelante con el proyecto, pasando a la siguiente fase, el estudio de factibilidad.

2.1.2. Análisis Beneficio/Costo

Cuando se analiza la naturaleza económica de proyectos de inversión de obra pública, los ciudadanos de la unidad poblacional en estudio, el país en el caso que nos ocupa, se toman como los propietarios/usuarios/beneficiarios.

La razón beneficio/costo (B/C) permite exponer de manera objetiva a los tomadores de decisiones correspondientes, el análisis económico de la evaluación de proyectos de inversión de obra pública, reduciendo el efecto de los intereses políticos, gremiales, privados y

particulares. La clave para la efectividad de este tipo de análisis está en la evaluación y definición de los beneficios de una alternativa X.

La técnica de Análisis de Beneficio/Costo, genera una medida de la rentabilidad de un proyecto, en este particular un proyecto de inversión en infraestructura pública, mediante la comparación de los beneficios esperados en la ejecución del mismo con los costos previstos.

La utilidad de este tipo de análisis es la siguiente:

- valorar la necesidad y oportunidad de la realización de un proyecto;
- seleccionar la alternativa más beneficiosa de un proyecto;
- estimar adecuadamente los recursos económicos necesarios, en un plazo definido para un proyecto determinado.

Para el caso de las inversiones del sector público, la Razón Beneficio/Costo compara el valor actual de las entradas de efectivo futuras (ingresos por concepto de tarifas + ahorros a nivel país) con el valor actual, tanto de la inversión inicial como de los gastos periódicos en que se incurrirán durante la operación, o sea de los beneficios y costos llevados a valor presente, dividiendo los primeros por los segundos de manera que:

Razón Beneficio/Costo =

$$\frac{[\text{Valor actual (entradas de efectivo + ahorros a nivel país)}]}{[\text{Valor actual salidas de efectivo}]}$$

Los proyectos de inversión de obra pública son propiedad, los utilizan y los financian los ciudadanos a nivel nacional, mientras que los proyectos en el sector privado son propiedad de empresas, asociaciones e individuos particulares. Los productos y servicios generados a partir de proyectos del sector privado son adquiridos o utilizados por consumidores y clientes de manera individual.

Los proyectos de inversión de obra pública tienen como objetivo dotar a la ciudadanía de servicios en pro del bienestar público y no en pro de generar ganancias/utilidades. La ingeniería económica estudia las alternativas para inversión en obra pública en áreas como infraestructura vial, educativa, salud, seguridad, bienestar económico y servicios públicos.

Los proyectos de obra pública con servicio público requieren grandes inversiones iniciales, destacándose los proyectos destinados a infraestructura vial, inversiones que se distribuyen a lo largo de los primeros años del proyecto.

Los proyectos de inversión pública no generan ganancias como los proyectos privados, y las inversiones iniciales y periódicas (costos) son pagados por los beneficiarios a través de los diferentes mecanismos de aportes, vía impuestos o vía tarifa, para el caso específico de carreteras o sistema ferroviario. Para realizar un análisis económico de alternativas públicas, si se consideran los costos (inicial y periódico) los beneficios y eventuales ingresos deben estimarse con la mayor precisión posible (en unidades monetarias).

El capital utilizado para financiar proyectos de obra pública, y específicamente para el caso de infraestructura vial (carreteras y ferrocarriles), se obtiene principalmente de impuestos, bonos o vía tarifa (pago de peajes, pago por servicio de transporte ton*km, entre otros).

Según los métodos de financiamiento para proyectos de inversión pública, la tasa de interés normalmente resulta menor que para el caso de las alternativas del sector privado. El gobierno central y las diferentes instituciones estatales están exentas de los impuestos que imponen los organismos de más alto nivel, por ejemplo, los proyectos municipales no tienen que pagar impuestos estatales. Es frecuente que un organismo gubernamental (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica MIDEPLAN para el caso Costa Rica) establezca una tasa de descuento específica para aplicarla a todos los proyectos de inversión pública que se evalúen. Estas tasas tienden a estandarizar las decisiones económicas y a evitar la subjetividad de estas. La determinación de la tasa de interés para una evaluación de inversión pública es tan importante como la determinación de la Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento en el análisis de inversión privada.

La definición de la tasa de interés para proyectos de inversión pública debe darse antes de que se efectúen los cálculos de costos y beneficios, y antes de que se plantee y se lleve a cabo la evaluación.

La razón beneficio/costo se considera el método de análisis fundamental para proyectos de inversión pública. Los cálculos de costos y beneficios (ingresos y ahorros) deberán convertirse en una unidad monetaria de equivalencia común (Valor Presente, Valor Anual o Valor Futuro) a la tasa de descuento (tasa de interés). La razón convencional B/C se calcula de la siguiente manera:

$$B/C = \frac{VPdebeneficios}{VPdecostos} = \frac{VAdebeneficios}{VAdecostos} = \frac{VFdebeneficios}{VFdecostos}$$

La convención para la toma de decisiones es simple:

- Si $B/C = 1.0$, se determina que el proyecto es económicamente aceptable (a nivel de prefactibilidad en el presente caso) para los estimados y la tasa de descuento aplicada;
- Si $B/C < 1.0$, el proyecto no es económicamente aceptable (a nivel de prefactibilidad en el presente caso).

Si el valor B/C es igual o está muy cerca de 1.0, los factores no económicos ayudarán a tomar la decisión de la mejor alternativa (a nivel de prefactibilidad en el presente caso);

Una vez ejecutado este análisis B/C, es posible que una alternativa con mayores costos genere menores beneficios que otras alternativas, lo cual hace innecesario seguir considerando la alternativa más costosa.

2.1.3. Viabilidad o rentabilidad económica

La rentabilidad económica mide la capacidad que tienen los activos de una institución o empresa para generar beneficios, sin tomar en cuenta como han sido financiados (esto compete a un análisis financiero).

Los beneficios que se tienen en cuenta para conocer la rentabilidad económica de una empresa, si se tratase de una de servicios públicos, son antes de haber descontado los intereses e impuestos correspondientes que la empresa tiene que pagar.

La rentabilidad económica se calcula para juzgar la eficiencia en la gestión empresarial, pues es precisamente el comportamiento de los activos, con independencia de su financiación, el que determina con carácter general que una empresa (o un servicio específico que presta una institución pública), sea o no rentable en términos económicos.

2.1.4. Estudio de mercado

El propósito de analizar el contexto del mercado donde actuará este proyecto, es dar una idea al dueño del proyecto o la institución que realiza la inversión, sobre el posible comportamiento de las variables y su grado de incertidumbre o riesgo que correrá al ser puesto en el mercado. Esto requiere comprobar la existencia de una necesidad insatisfecha, establecer la cantidad de bienes o servicios provenientes del posible proyecto y que los importadores de mercancías transportada en contenedores estarían dispuestos a contratar a determinados precios o tarifas, e identificar los medios por los cuales la oferta (productos) y la demanda (usuarios) logran conectarse.

Según el libro *Gestión de Proyectos Identificación, Formulación, Evaluación, Financiera, Económica, Social, Ambiental*, del escritor colombiano Juan José Miranda Miranda (año): "Cuando se trata de proyectos privados (generadores de ingresos), el objetivo del estudio de mercado es determinar la cantidad de bienes y/o servicios provenientes de la nueva unidad productora, que bajo determinadas condiciones de precio y cantidad, la comunidad estaría dispuesta a adquirir para satisfacer sus necesidades. Pero si se trata de proyectos sociales, su estudio se orienta hacia la estimación de necesidades colectivas, tengan o no capacidad de

pago”. (Miranda Juan, 2008, p. 83). Siendo lo segundo el caso que nos ocupa para este proyecto en postulación, pues es imperioso y determinante cuantificar el beneficio a nivel país (externalidades positivas), dado que la población en general no aportaría un pago directo al Sistema Ferroviario Nacional por concepto de transporte de contenedores desde Puerto Caldera hasta una terminal intermodal en Ciruelas Alajuela.

Dependiendo de la naturaleza y magnitud del proyecto, el análisis de las variables del mercado debe contener como mínimo:

- Identificación del bien o servicio.
- Objetivos del estudio de mercado.
- Análisis de la oferta.
- Análisis de la demanda.
- Determinación de la demanda potencial o insatisfecha.
- Los precios, tarifas o costos de los bienes o servicios.
- La comercialización de los bienes y servicios.

2.1.5. Diseño estructural de pavimentos flexibles – Método AASHTO (Asociación Americana de Oficiales de Transportes y Carreteras Estatales)

La metodología consiste en diseñar espesores de sobrecapa asfáltica que se debería colocar para que la carretera sea capaz de resistir el paso de un determinado número de ejes equivalentes, en el caso del presente estudio proyectados a 20 años plazo, dato tomado para carreteras rurales de alto tránsito:

Tabla #1. Período de análisis según condiciones de carretera

Highway Conditions	Analysis Period (years)
High-volume urban	30–50
High-volume rural	20–50
Low-volume paved	15–25
Low-volume aggregate surface	10–20

Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimento AASHTO 1993

Un eje equivalente EEq es una carga por eje de un vehículo que se usa para efectos de diseño, al convertir todas las posibles aplicaciones de carga del proyecto a una única carga por eje (se usan ejes simples de 8.200 kg como base de cálculo).

Se obtendrá un espesor “diferencial” de sobrecapa, que es la diferencia entre un espesor correspondiente al escenario actual, es decir, para la condición “todos los contenedores llenos de importación continúan viajando por carretera de Puerto Caldera al GAM”, y un espesor correspondiente a la condición “todos los contenedores llenos de importación viajan por ferrocarril de Puerto Caldera al GAM”, que es la propuesta alternativa que se expone en este proyecto.

Con la diferencia (reducción) en el número total de ejes equivalentes que resulta de transportar esa carga por ferrocarril, se obtiene una diferencia en los espesores requeridos para brindar un

adecuado nivel de servicio durante 20 años, para cada tramo de carretera comprendido entre el puerto de Caldera y el área metropolitana.

El costo de la diferencia entre ambos espesores de sobrecapa, corresponde al ahorro anual en mantenimiento de carreteras producto del retiro de una importante cantidad de furgones que salen de Puerto Caldera, y se incorporan a las rutas nacionales N°23 (Puerto Caldera – Ent.N.1) y N°1 (Interamericana Norte), para el caso de la ruta nacional N°27 (corredor San José – Caldera) se tienen consideraciones especiales que se exponen más adelante.

La diferencia de espesores entre ambas situaciones se debe analizar por cada tramo del cual se tenga información en cuanto a tránsito vehicular y tipo de estructura.

2.1.6. Función de costos

Para obtener el costo global que debe cubrir el usuario del transporte de carga exclusivamente por concepto de flete o de servicio recibido, se utiliza una función de costos, aplicable tanto al medio ferrocarril como al medio carretera. El procedimiento para obtener esta función de costos para el transporte de carga se extrae del documento “*Modelo de Transporte de la Carga entre Ferrocarril y Carretera*”, Medina (1987).

Los factores de la función de costos son los siguientes:

- *Tarifa por transporte*: Depende del tamaño del envío (tonelaje transportado), de la longitud del trayecto (kilómetros totales recorridos) y de la clase de producto.
- *Costos del tiempo*: Se considera la pérdida potencial del valor verdadero del producto (ej: productos perecederos) y el costo del capital invertido, que es el monto que se deja de percibir por tener capital invertido en un producto que está siendo transportado, y que corresponde al monto obtenido para el valor futuro a interés compuesto.
- *Costos de inventario*: Considera el costo por almacenamiento, en caso de que sea necesario, de una cierta cantidad de mercadería y el costo del capital invertido para el tiempo que permanezca almacenado.
- *Costos de transferencia*: se aplica en caso de que se utilicen dos o más medios para el transporte de un mismo producto en un mismo envío, es decir, los costos de llevar una mercadería utilizando un medio de transporte hasta otro medio para que continúe con el flete, considerando las maniobras y el equipo para realizar la transferencia de la carga.

La función de costos es la siguiente:

$$C_j = C_{oj} + C_{tj} + C_{ij} + C_{aj}$$

en donde

C_j es el costo total correspondiente al servicio de transporte de carga prestado por el medio j , que debe costear la empresa cliente.

C_{oj} es la tarifa del transporte del medio j

C_{tj} es el costo del tiempo, que a su vez se expresa así:

$$C_{ij} = B * (TROD - TMT) + P(1 + i)^n$$

con

$$B = \frac{P - P_o}{t_{\text{máx}}}$$

B = pérdida del valor por día
P = Precio unitario nominal del producto
Po = Precio unitario mínimo del producto
t máx = tiempo de vida útil del producto

TROD = Tiempo real origen – destino: incluye el tiempo efectivo de viaje, tiempo de espera para ser cargado y tiempo de carga y descarga

TMT = Tiempo máximo que puede transcurrir sin que se dé pérdida del valor del producto

i = Tasa de interés para obtener el valor futuro a interés compuesto

Para este estudio se aplicará una tasa de interés básica pasiva del 3,60%,

n = período acorde a la tasa de interés: TROD / 720 (en meses)

Cij es el costo del inventario, en donde

$$C_{ij} = \frac{W_i * S}{2} + P * (1 + i)^m$$

con

Wi = costo por almacenamiento (por tonelada)

S = tamaño del envío (tonelaje)

m = período que permanece almacenada o en el muelle la carga, acorde a la tasa de interés (frecuencia de envíos)

Caj es el costo por transferencia al medio, en donde

$$C_{aj} = C_{sj} + C_c$$

donde

C_{sj} = costo en función de la distancia entre el sitio donde se realiza la transferencia de un medio a otro y la empresa destino de la carga

C_c = costo por carga y descarga al realizar la transferencia de un modo a otro

De este modo, la función de costos resultante es la siguiente:

$$C_j = C_{oj} + \left(\frac{P - P_o}{t_{\text{máx}}} \right) * (TROD - TMT) + P * (1 + i)^{n+m} + \frac{W_i * S}{2} + C_{sj} + C_c$$

Al no contemplar este estudio ningún tipo de producto perecedero o que tenga su valor influenciado por el tiempo total del servicio de transporte, el segundo término en la sumatoria se anula, por lo que la función base para la obtención de costos del transporte de carga se reduce a:

$$C_j = C_{oj} + P * (1+i)^{n+m} + \frac{Wi * S}{2} + C_{sj} + C_c$$

2.1.7. Transporte de carga por ferrocarril (caso Costa Rica)

En Costa Rica existe el *Reglamento para el Servicio de Transporte de Carga por Ferrocarril*, cuyo ente emisor es el Instituto Costarricense de Ferrocarriles INCOFER. En dicho reglamento se señala que el transporte de carga por tren, es considerado una necesidad para el país, dado el gran interés, que muestra parte importante del Sector Industrial Nacional, para utilizar el ferrocarril como una manera de ofrecer una alternativa de transporte más segura y económica para el país, y que el INCOFER debe establecer los procedimientos y controles internos pertinentes, para ofrecer el servicio de transporte de carga por tren de manera eficiente y transparente, de tal forma que coadyuve a lograr los objetivos institucionales. Por tanto, Se establece el Reglamento para la Prestación del Servicio de Transporte de Carga por Tren, que tiene la finalidad de regular y controlar dicho servicio. Dicho reglamento establece:

- podrán ser contratantes del servicio de transporte de carga por tren, todas aquellas personas físicas y jurídicas legalmente facultadas, que les surja la necesidad de transportar su materia prima, productos semiterminados o terminados utilizando el tren de carga como medio de transporte, en aquellos lugares donde exista vía férrea habilitada, y que quieran contratar este servicio,
- los lineamientos para contratar los servicios de transporte de mercancías por tren de carga,
- los términos que en que se le prestará al contratante el servicio de transporte por tren,
- los mecanismos para controlar la prestación del servicio de transporte de carga por tren.

2.1.8. Transporte de carga por ferrocarril (casos internacionales)

- En términos generales, el uso de transporte ferroviario de carga es favorable para grandes embarques, a los que permite obtener bajos costos de transporte, baja accidentabilidad y una reducida huella de carbono. En la medida que estas dos últimas ventajas aumenten su valoración social y de mercado, más relevante debería volverse el ferrocarril en la cadena logística.
- A pesar de muchas propuestas de tecnologías alternativas, el transporte ferroviario de carga se efectúa mediante trenes, donde la carga se lleva sobre vagones que van remolcados por una o más locomotoras. Con esta configuración, a más largo el tren, menor es el costo unitario, ya que se aprovecha mejor la infraestructura, el personal del tren, y la resistencia al viento.
- En Estados Unidos, donde los volúmenes a transportar son elevados y el foco de las empresas de transporte ferroviario está en la carga por sobre los pasajeros, el ferrocarril mueve más toneladas-kilómetro en recorridos interurbanos que los camiones (alrededor de un 40% en los trenes y de 30% en los camiones). En Japón y la Unión Europea, el transporte ferroviario de carga tiene una importancia marginal (en promedio no superior a un 10% del total de las toneladas-kilómetro), ya que gran parte de la infraestructura

existente está utilizada por transporte ferroviario de pasajeros. En todo caso, en Europa no existe uniformidad de criterios para el ferrocarril, y se observan diferencias sustanciales según el país. Así por ejemplo, Alemania favorece mucho más el ferrocarril de carga que Francia, nación que otorga prioridad al transporte de pasajeros de alta velocidad. A pesar de lo anterior, es actualmente prioridad de la Unión Europea el potenciamiento del transporte ferroviario de carga.

2.1.9. Tipos de trenes de carga

Para mover carga por ferrocarril se utiliza en términos generales tres tipos de tren: el unitario, el carguero mixto y el intermodal.

- El **tren unitario** es aquel en que todos los vagones están dedicados a un solo embarque, y su diseño es específico según el tipo de carga de que se trate. Estos trenes viajan continuamente entre el origen y el destino de la carga, lleno de ida y vacío al regreso. Para un tren, existe un solo cliente, un solo origen y un solo destino, e incluso puede haber más de un tren dedicado a un solo servicio. Por lo general se utiliza para el traslado de minerales, carbón y otras materias primas, aunque también es posible destinarlos al transporte de productos de bajo valor, especialmente en trenes más cortos. Por su simplicidad operacional, es el que presenta las mayores ventajas comparativas frente al camión, aunque para ciertos trazados puede rivalizar incluso con los ductos u otros sistemas mecanizados de transporte. Una restricción importante para este tipo de tren es que se debe tener acceso ferroviario e instalaciones adecuadas tanto en el lugar de origen como el de destino. Además, estos accesos requieren un tamaño suficiente como para poder maniobrar todo el tren al interior de ellos. En países como Chile es posible encontrar este tipo de convoyes, con los cuales se da el transporte de hierro y de ácido sulfúrico desde el punto de embarque hasta el terminal del puerto, y luego vuelven descargados.
- El **carguero mixto** es un tren que está formado por vagones que mueven varios embarques. Para ello, cada embarque (que puede ser uno o más vagones) es tomado en el origen y llevado a un patio donde se lo junta con otros embarques hasta formar un tren. En caso de ser necesario, los vagones pueden formar parte de varios trenes antes de alcanzar el lugar de destino. Por ello, un mismo convoy puede tener varios orígenes, varios destinos, y varios clientes. Este tipo de transporte compite de forma más directa con el camión, ya que se trata de embarques de menor tamaño que son movidos con mayores costos, que el tren unitario. Por sus características, es frecuente que estos trenes se utilicen para el transporte de productos industriales intermedios, como metales refinados, productos químicos, fertilizantes, cereales, todos los cuales requieren vagones de diseño especializado. Estos trenes también requieren de instalaciones en los puntos de origen y destino. Sin embargo, debido al menor tamaño de los embarques, estas instalaciones pueden tener un tamaño más reducido.
- Finalmente, existe el **tren intermodal**. Aquí, las cargas son traídas en camiones desde sus lugares de origen hasta una estación de transferencia, donde son puestas sobre un tren. El ferrocarril transporta las cargas hasta otra estación, cercana al lugar de destino, donde las cargas son puestas nuevamente sobre un camión para finalizar su viaje. En este caso, el tren suele tener un solo origen y un solo destino, pero varios clientes. En el tren intermodal, se utilizan unidades como contenedores o semirremolques que se llevan sobre carros especiales para transporte intermodal. A diferencia de los casos anteriores, los carros tienen una menor especialización, ya que deben estar preparados para llevar contenedores o semirremolques, pero no hace diferencia si estos últimos van cargados en su interior con juguetes, repuestos de maquinaria o ropa de temporada. Además, los lugares de origen y destino no requieren de acceso ferroviario, ya que las cargas llegan y salen en camiones. Este tipo de transporte se adapta mejor a cargas paletizadas (en

tarimas) de mayor valor, ya que los contenedores sobre camiones pueden operar directamente en los andenes de carga de fábricas, tiendas, bodegas y centros de distribución. También se utiliza como conexión entre puertos y localidades interiores, ya que permite transportar los contenedores marítimos desde el terminal marítimo con un menor costo unitario. Nuevamente en el caso de Chile, este tipo de transporte se utiliza de momento para la conexión de puertos con localidades interiores, aunque existen proyectos para impulsar su utilización en embarques que solo viajen por tierra.

Para el proyecto que se postula en esta ocasión, se apuesta precisamente a un tren intermodal entre el puerto de Caldera y una terminal intermodal de carga y descarga de contenedores a ubicarse en Ciruelas Alajuela, denominada “muelle seco”, donde se daría el retiro de contenedores llenos por parte de los camiones con plataformas portacontenedores y la entrega de contenedores vacíos por parte de estos.

2.1.10. Tipos de contenedor para transportar mercancía

Los contenedores son recipientes de carga para el transporte ya sea marítimo, terrestre, aéreo o multimodal. Se tratan de unidades inmóviles que protegen la mercancía ante factores externos. Estos tienen una dimensión estándar para su correcta manipulación. Además, pueden ser fabricados por distintos materiales, pero siempre cumpliendo la normativa ISO.

- *DRYVAN*, llamados también contenedores comunes. Son los contenedores disponibles para cualquier carga normal. Tienen una construcción básica de acero, cerrado herméticamente y sin refrigeración o ventilación. Son los más utilizados del mercado, habitualmente para carga seca: bolsas, *pallets*, cajas, tambores, etc.
- *REEFER*, llamado también contenedor refrigerado. Se caracteriza por mantener una temperatura bajo 0. Cuenta con un equipo propio de generación de frío. Están diseñados para el transporte refrigerado, transporte de carga que requiere una temperatura específica.
- *CONAIR*, llamado también contenedor *insulado phortole*. Se utiliza en transporte de mercancía que requiere una temperatura constante, pero a diferencia del contenedor *reefer*, este no tiene cámara de frío y no puede regular la temperatura, solo la mantiene. Se utiliza habitualmente en el transporte de *OPEN TOP*, como el nombre indica son contenedores sin parte de arriba. Normalmente es de lona y removible para que pueda sobresalir el exceso de carga. Facilitan la carga y descarga en la zona superior. Se pagan suplementos en este tipo de transporte en función del exceso de carga de la parte superior. Está diseñado para cargas pesadas o con dimensiones voluminosas. Habitualmente se utiliza en maquinaria pesada, planchas de mármol, etc.
- *FLAT RACK*, es una variación del *OPEN TOP*, los contenedores carecen de alguna de sus paredes. Se emplean normalmente en cargas atípicas y grandes dimensiones, al igual en open top se pagan suplementos por el exceso de carga.
- *TANK*, este tipo de contenedor se utiliza para transportar mercancía líquida a granel. Son contenedores muy definidos que mantienen la colocación específica de la mercancía para que no haya pérdidas.

Para el caso que nos ocupa actualmente, van a privar las dimensiones de ancho y alto de los contenedores en conjunto éste con la plataforma plana portacontenedor (el largo de este conjunto no superará en ningún caso los 40 pies – 12 metros del contenedor estándar desembarcado en el puerto de Caldera), no el tipo de “*box*” descrito en este apartado.

2.1.11. Transporte intermodal terrestre

Modalidad de transporte de mercancías que emplea más de un modo mediante un solo contrato. En el ámbito del transporte de mercancías, se denomina transporte intermodal a la articulación entre diferentes modos de transporte utilizando una única «unidad de carga» (generalmente

contenedores), a fin de realizar más rápida y eficazmente las operaciones de trasbordo de materiales y mercancías, durante el traslado de la carga desde un punto de origen hasta un punto de destino. Se consideran como modos de transporte diferentes, dentro del transporte terrestre, el camión y el ferrocarril.

El factor significativo del transporte intermodal es la interacción que se produce entre distintos medios de la cadena de transporte. La intermodalidad permite el transporte de mercancías utilizando varios modos de transporte, bajo documentos de transporte combinado origen – destino, con un régimen fraccionado de responsabilidad, ya que a cada modo de transporte se le aplican las normas que lo regulan.

El transporte por carretera es cada vez menos sostenible debido a: la congestión viaria, la emisión de CO₂, la seguridad vial, el riesgo del transporte de mercancías peligrosas. Sin embargo, el ferrocarril es más eficiente desde el punto de vista ambiental y energético. Por eso, se busca la intermodalidad entre la carretera, que proporciona un servicio puerta a puerta, y el tren, que proporcionan eficiencia y sostenibilidad. En el transporte intermodal cada modo opera en el área en que es más eficiente.

Dado que el transporte multimodal consiste en la superposición o combinación de los distintos modos de transporte (carretera, ferrocarril, marítimo, fluvial, lacustre y aéreo) se pueden considerar varias formas de intermodalidad. Cada una tiene características y limitaciones propias, debidas a las *unidades de transporte intermodal* (UTI), a las infraestructuras intermodales, a las limitaciones en los países por los que discurre la intermodalidad y a los elementos y vehículos de transporte propios de cada modalidad.

Entre los tipos de intermodalidad por modo de transporte se tiene **carretera con ferrocarril**. Esta intermodalidad puede ser de varios tipos:

- La UTI (contenedor o caja móvil) se transportan sobre vagones plataforma. Este tipo de intermodalidad es conocido como *transporte combinado* o *ferroustage* (vocablo en francés).
- El semirremolque va dispuesto sobre vagones plataforma; se denomina *piggyback* (vocablo en inglés). Para no exceder los gálibos, los semirremolques deben tener una altura menor de la habitual.
- El camión completo, de forma autónoma, se sube en vagones de plataforma muy rebajada; esta técnica de trasbordo se denomina *roll-on roll-off* (en inglés). Un tren compuesto de plataformas con vehículos completos se conoce como *autopista ferroviaria*, cuando circula por una ruta fija entre dos estaciones preparadas especialmente para este servicio.

2.1.12. Terminal intermodal terrestre

Es una estación de transferencia de carga de una modalidad a otra (ferrocarril – carretera y viceversa), debiendo entonces, proceder a las operaciones esenciales para que esa transferencia sea hecha de forma rápida, segura y a bajo costo. Por lo tanto, la terminal no es un local para almacenamientos duraderos, ni para servir de regulador de flujos. Es un local de tránsito rápido, en que las operaciones deben exigir el mismo tiempo y manipuleo.

Es importante estimular la creación de un consorcio o *pool* de pequeños exportadores/importadores, para ejecutar fuera de las instalaciones de la terminal intermodal, las operaciones de consolidación/desconsolidación de cargas, pues lo grandes exportadores/importadores tienen la opción de realizarlas en sus propias instalaciones, adjuntas o no a la terminal, generando un mejor desempeño operacional de los servicios.

Condiciones del transporte multimodal:

- Realizados por dos o más modos de transportes.
- Existir un solo responsable, ante el dueño de la carga.

- Existir un solo contrato de transporte multimodal, entre el operador del transporte multimodal y el dueño de la carga.
- Existir el conocimiento único, válido para proyecto puerta a puerta. Unitización de las cargas en unidades - *pallets, containers, lash* carrocerías (Ro- Ro).
- Indivisibilidad de la unidad de carga.
- Inviolabilidad de la unidad de carga.
- Mayor seguridad de la carga, rapidez operacional, productividad.
- Menores costos globales. Inspecciones físicas, de preferencia sola en el origen y/o destino.
- Institucionalización del transporte multimodal, a través de legislaciones especiales nacionales.
- Carácter sistemático, a través de la padronización y homogenización de las unidades de carga de los medios y equipos para su manejo, con miras a facilitar la integración de los sistemas de transporte.

Sistemas internos de actuación de las terminales intermodales:

- *Less than Container Load (LCL)*: Consolidación de más de un tipo de mercancías o contenedor cargado por más de un consignatario.
- *Full Container Load (FCL)*: Consolidación de mercancías en el contenedor cargado por un mismo consignatario.
- *Depósito Aduanalizado Público (DAP)*: Permite analizar mercancías importadas o para exportar bajo cualquier régimen aduanal con protección cambiaria.
- *Depósito Aduanalizado Certificado (DAC)*: Permite al usuario implementar la exportación de mercancías, inclusive con la cancelación de cambio, antes del embarque de las mercancías.

Caso latinoamericano – México:

El comercio internacional, gracias a la evolución del contenedor y al desarrollo del transporte multimodal, ha obligado a este país a prestar la atención que se requiere para cumplir con los diversos acuerdos que se han ido firmando con los diversos organismos y autoridades que tiene que ver con el tráfico internacional de las cargas del comercio mexicano. El crecimiento explosivo del tamaño de los buques porta contenedores (13,500 TEU - 2007), obliga a revisar las proyecciones de las instalaciones portuarias, y puertos secos involucrados en el tráfico de contenedores; otros factores que requieren una gran atención son la obligatoriedad de inspeccionar las cargas y los medios de transporte (terrestre, aéreo, marítimo), y personas por la implantación entre otros, de Códigos de Seguridad en Puertos e Instalaciones Marítimas (ISPS). El comercio internacional es un factor, determinante en la economía, y por esta razón ningún país puede permanecer ajeno a las nuevas tecnologías asociadas al transporte multimodal.

Como ejemplo, la empresa mexicana Intermodal México (IMEX), empresa del Grupo México, fue fundada en julio de 2001, y se encuentra constituida de acuerdo a las leyes de los Estados Unidos Mexicanos. Su objetivo es promover el uso del ferrocarril, proporcionando a sus clientes la infraestructura necesaria para llevar sus productos hasta su puerta, a través de la operación de terminales Intermodales, de Trasvase y de Transferencia de mercancías. Actualmente IMEX presta sus servicios en más de 20 ciudades alrededor de la República Mexicana con más de 40 operaciones. Su cobertura se extiende a lo largo de la infraestructura de Ferromex y Ferrosur, así como también cuenta con presencia en los principales centros de producción, consumo y distribución del país.

Algunos datos sobre sus terminales intermodales:

- Puebla → Capacidad de vía: Vía con longitud de 400 metros con capacidad para colocar 6 plataformas de 5 módulos; Vía con longitud de 200 metros con capacidad

para colocar 6 plataformas de 5 módulos; Capacidad de almacenaje: 600 TEUs en doble estiba.

- Monterrey → Capacidad de vía: Dos vías con longitud de 1.100 metros con capacidad para 55 fosas de 53 pies cada una; Vía de soporte de 1.100 metros; Capacidad de almacenaje: 1900 TEUs en triple estiba, 400 chasis en patio doméstico y 200 chasis en recinto fiscalizado.
- Guadalajara → Capacidad de vía: Vía con longitud de 900 metros con capacidad para colocar 18 plataformas de 5 módulos; Vía de 855 metros con capacidad para colocar 18 plataformas de 5 módulos; Capacidad de almacenaje: 1.554 TEUs en doble estiba.
- Chihuahua → Capacidad de vía: Vía de 385 metros operables; Vía de 500 metros de almacén; Capacidad de almacenaje: 112 TEUs a cuatro estibas y 85 contenedores de 53 pies sobre chasis.
- Ciudad Obregón, Sonora → Capacidad de vía: Vía de 467 metros con capacidad para colocar 3 plataformas articuladas de 5 módulos; Capacidad de almacenaje: 240 TEUs y 47 contenedores de 53 pies sobre chasis.

Estos ejemplos de capacidad de las vías dentro de cada terminal intermodal, así como la capacidad de almacenaje (TEUs) dentro de las mismas, brinda una guía para los alcances físicos de un eventual “muelle seco” en Ciruelas Alajuela.

2.2. Marco normativo y referencial

Es importante conocer las políticas públicas que rigen en la actualidad al Sistema Ferroviario Nacional y a la actividad del transporte terrestre en Costa Rica. Del mismo modo, es básico conceptualizar la realidad del tráfico de mercadería en el puerto de Caldera en los últimos años, con el fin de definir una realidad vigente para ambos sectores.

2.2.1. Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT)

Ley 3155 (extractos): Ley Orgánica del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT)

Artículo 2°. El Ministerio de Obras Públicas y Transportes tiene por objeto:

- d) Regular, controlar y vigilar los transportes por ferrocarriles y tranvías
- e) Regular y controlar el transporte continuo de mercaderías a granel

2.2.2. Instituto Costarricense de Ferrocarriles (INCOFER)

Ley 9366 (extractos): Fortalecimiento del Instituto Costarricense de Ferrocarriles (INCOFER) y Promoción del Tren Eléctrico Interurbano de la Gran Área Metropolitana

Artículo 3°. Los objetivos principales del Instituto son:

- a) Fortalecer la economía del país mediante la administración de un moderno sistema de transporte ferroviario para el servicio de pasajeros y de carga en todo el territorio nacional. Además, podrá prestar servicios conexos con el citado sistema y desarrollar otras inversiones y obras de infraestructura en inmuebles de su propiedad, o bien, previo convenio entre las partes, de otras instituciones públicas, las empresas de servicios municipales, las cooperativas de electrificación rural y sus consorcios, reguladas en la Ley N° 8345, participación de las Cooperativas de Electrificación Rural y de las Empresas de Servicios Públicos Municipales en el Desarrollo Nacional, de 26 de febrero de 2003, y sus reformas, necesarias para la construcción, la operación y el mantenimiento del sistema ferroviario. De igual forma, podrá desarrollar en inmuebles de su propiedad

otras inversiones u obras que le generen recursos para financiar sus proyectos de transporte ferroviario, siempre y cuando dichas actividades no afecten la prestación de los servicios de transporte a su cargo.

ch) Electrificar, reconstruir, rectificar y extender toda su red ferroviaria existente.

Para estos fines, el Instituto queda autorizado para negociar, contratar y ejecutar, de manera autónoma, endeudamientos internos y externos de mediano y largo plazos hasta un nivel de endeudamiento máximo del cuarenta por ciento (40%) en relación con sus activos totales, así como para constituir gravámenes y, en cualquier forma legal, obtener recursos nacionales o extranjeros.

Artículo 4°. Para el cumplimiento de sus objetivos el Instituto tendrá los siguientes deberes y atribuciones:

f) Realizar las expropiaciones que estime convenientes para el desarrollo de sus actividades, de conformidad con las leyes pertinentes. Para estos efectos, se declaran de utilidad pública los bienes inmuebles, sean fincas completas, porciones, derechos o intereses patrimoniales legítimos, que por su ubicación sean necesarios, a juicio del Instituto, para el cumplimiento de sus fines, así como las obras por ejecutar por el Instituto, en el cumplimiento de las atribuciones legales que el ordenamiento jurídico le ha encomendado.

Artículo 16. Son deberes y atribuciones del Consejo Directivo:

o) Aprobar la constitución de fideicomisos, así como la celebración de contrataciones, acuerdos, convenios de cooperación, alianzas estratégicas o cualquier otra forma de asociación con otros entes nacionales o extranjeros, públicos o privados, para el cumplimiento de los objetivos del Instituto, siempre y cuando estas contrataciones se hagan de conformidad con la legislación vigente en materia de contratación administrativa.

Artículo 31. Todos los servicios que presta el Instituto, aun cuando sean a favor de la Administración Pública, las municipalidades, las instituciones autónomas u otros organismos del Estado deberán ser remunerados o retribuidos de acuerdo con las tarifas vigentes para el público. No obstante, el Instituto queda facultado para negociar, directamente con otras instituciones y empresas públicas, esquemas de compensación y pago en especie de inversiones, obras y servicios recibidos, mediante la prestación de sus servicios.

Para ello, se deberán tomar en cuenta las competencias de cada entidad, así como los límites de equilibrio y la razonabilidad entre las prestaciones, que se han dispuesto en el ordenamiento de contratación administrativa.

Ley 7001 (extractos): Ley Orgánica Instituto Costarricense Ferrocarriles INCOFER

Artículo 3°. Los objetivos principales del Instituto son (adicionales a los destacados en la Ley 9366 previamente expuesta):

b) Rehabilitar, estructurar y modernizar, tanto en lo que se refiere a vías, instalaciones y equipo rodante, como a su administración y prestación de servicios en general, los actuales ferrocarriles nacionales del Atlántico y Eléctrico al Pacífico, a fin de integrarlos en un ferrocarril interoceánico nacional para la prestación del servicio.

c) Estudiar, ejecutar y administrar toda nueva red ferroviaria que pueda integrarse a las actuales, a fin de habilitar zonas de producción del país. Los estudios comprenderán, además, la posibilidad de llevar a cabo una interconexión ferroviaria centroamericana.

Ley 5066 (extractos): Ley General de Ferrocarriles

Artículo 1°. El transporte por ferrocarriles es un servicio público cuya prestación es facultad exclusiva del Estado, el cual podrá suministrarlo a través de concesionarios particulares.

Artículo 5°. La concesión que se otorgue a un particular para la construcción y explotación de un ferrocarril será temporal y sólo dará derecho a una propiedad limitada sobre el mismo, restringida a la prestación del servicio y sujeta a la autoridad y control de Estado.

Artículo 7°. Para los efectos de la presente ley se entiende por ferrocarril la vía, el material fijo y rodante, los ramales o extensiones, los apartaderos, las terminales, las estaciones intermedias y todas aquellas edificaciones, instalaciones, muelles y otras anexidades que de manera directa o indirecta formen parte de una misma explotación.

Artículo 8°. Corresponde al Ministerio de Obras Públicas y Transportes el control y vigilancia del transporte ferroviario, así como velar por el cumplimiento de las disposiciones de la presente ley y sus reglamentos.

Artículo 9°. El Ministerio de Obras Públicas y Transportes deberá:

- a) Dictar los reglamentos que juzgue necesarios para la construcción y seguridad de los ferrocarriles y aprobar los demás reglamentos sobre prestación del servicio que emiten las empresas ferrocarrileras;
- b) Aprobar o improbar las tarifas, los itinerarios y los horarios de todos los trenes para pasajeros y carga, los cuales entrarán en vigencia ocho días después de su publicación en el Diario Oficial;
- c) Aprobar las normas sobre prioridad en el transporte ferroviario;
- d) Autorizar la construcción y supresión de ramales, siempre que su longitud no exceda de diez kilómetros a partir de la línea principal;
- e) Mantener un inventario completo de todos los ferrocarriles del país, de conformidad con lo que señala el artículo 7° de la presente ley. Para este propósito todas las empresas ferrocarrileras suministrarán anualmente al Ministerio la información necesaria; pudiendo éste verificar y completarla en la forma que juzgue conveniente;
- f) Supervisar, autorizar las tarifas y establecer las condiciones bajo las cuales deben prestarse cualesquiera otros servicios públicos que directa o indirectamente formen parte de una empresa de ferrocarril;

Artículo 41. El Ministerio de Obras Públicas y Transportes tendrá la atribución de vigilar la explotación correcta, eficiente y segura de los servicios de las empresas ferroviarias.

Artículo 42. En consecuencia, corresponde a dicho Ministerio:

- a) Exigir a las empresas que cumplan con las leyes y los reglamentos sobre ferrocarriles y con el contrato de concesión en su caso;
- b) Prevenir las para que hagan en la vía, en las construcciones, en las instalaciones y en el equipo, las reparaciones y renovaciones necesarias para atender adecuadamente las necesidades del servicio;
- c) Suspender el servicio del ferrocarril en todos los casos que no ofrezcan las debidas condiciones de seguridad;
- d) Impedir el uso del material rodante que no ofrezca la seguridad necesaria;
- e) Autorizar la continuación del servicio suspendido conforme al inciso c);
- f) Autorizar la habilitación de tramos de vía provisionales;
- g) Aprobar el material fijo y rodante como condición previa a su uso; y

Artículo 44. Para efecto de la correcta vigilancia de los ferrocarriles por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes, las empresas deberán:

- a) Transportar gratuitamente a los funcionarios e inspectores cuando viajen en el desempeño de sus cargos;
- b) Darle al Ministerio de Obras Públicas y Transportes todos los informes que solicite concernientes a la vía, su construcción, su mantenimiento, su seguridad, el material fijo y rodante y en general, todo lo referente a las condiciones técnicas del ferrocarril y sus anexidades; y
- c) Proporcionar al Ministerio de Obras Públicas y Transportes los informes, datos y documentos concernientes a la dirección, administración, contratos y negocios que hiciere la empresa, franqueándole al efecto su contabilidad y archivos.

Las obligaciones a que se refiere este artículo se incluirán en el texto de las concesiones que se otorguen a empresas privadas.

Artículo 45. Las empresas de ferrocarril están obligadas a tomar las medidas de seguridad que el Ministerio de Obras Públicas y Transportes determine, en el término que al efecto les señale.

Transitorio III. Para todos los ferrocarriles existentes en el país y sujetos a concesión, el Ministerio de Obras Públicas y Transportes, dentro de un plazo máximo de un año a partir de la promulgación de esta ley, procederá a:

- a) Realizar una investigación sobre la construcción, levantamiento y operación de ramales y levantar un inventario completo del equipo fijo y rodante de ellos;
- b) Revisar, en forma exhaustiva, tarifas y servicios anexos, así como todos los reglamentos vigentes y anular las tarifas, servicios o reglamentos que se opongan a las disposiciones de esta ley.

2.2.3. Instituto Costarricense de Puertos del Pacífico (INCOP)

Ley 8461 (extractos): Ley Reguladora de la Actividad Portuaria de la Costa del Pacífico

Artículo 1°. Créase el Instituto Costarricense de Puertos del Pacífico (Incop), en adelante denominado el Instituto, como una entidad pública, dotada de personalidad jurídica, autonomía administrativa, patrimonio propio, y capacidad de derecho público y privado; su objetivo principal será asumir las prerrogativas y funciones de autoridad portuaria, con el propósito de explotar, directa o indirectamente, de acuerdo con la ley, los puertos del Estado en el litoral Pacífico del país, sus servicios portuarios, así como las actividades y facilidades conexas, con el fin de brindarlos de forma eficiente y eficaz para fortalecer la economía nacional.

Artículo 15. Son deberes y atribuciones de la Junta Directiva:

Dictar, reformar y derogar los reglamentos necesarios para el mejor desarrollo de todos los fines que persigue la Institución, relativos al trabajo, la administración de sus diversas actividades y las tarifas, en general, sobre todos los servicios que el Instituto preste.

2.2.4. Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica MIDEPLAN

Plan Nacional de Desarrollo y de Inversión Pública 2019-2022 (extracto)

Infraestructura y transportes – Retos y resumen de políticas y acciones estratégicas
Ferrocarriles

Desafío: Desarrollar el sistema de transporte ferroviario público mediante el mecanismo de concesión de obra pública y el restablecimiento del servicio de pasajeros.

Durante la pasada administración se reactivó parcialmente el sistema de transporte ferroviario, pero en la actualidad se moviliza únicamente un 27% de la carga que se transportaba en 1990 y no existe transporte de pasajeros. Las posibilidades que brinda este servicio, como una alternativa tanto al transporte de carga como de pasajeros, son muy valiosas ya que aminoran el deterioro de la red vial y constituye un medio de transporte más amigable con el medio ambiente. Por esto, es necesario evaluar la factibilidad de concesionar nuevamente dicho servicio 10/. Dentro de los planes de la presente Administración se encuentra la evaluación de la factibilidad de concesionar este servicio, así como el de reactivar el transporte de pasajeros para el tramo Alajuela-Cartago.

Guía Metodológica para la Identificación, Formulación y Evaluación de Proyectos de Infraestructura Vial en Costa Rica

Con el apoyo de esta guía, elaborada por la Unidad de Inversiones Públicas del Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN) y la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT, se planteará formalmente la presente propuesta técnica al público, de modo que se logre contar con los elementos clave de los denominados “perfiles”, en este caso con un alcance de prefactibilidad, de modo que cuente en adelante con una propuesta de

inversión para la mejora de la logística en transporte de carga a nivel nacional desde la costa pacífica.

Pese a que esta guía está dirigida a las diferentes instituciones estatales, se toma como válida dada la intención explícita el proponente de aportar al INCOFER un estudio formal para la toma de decisiones de esta entidad pública.

De manera no literal, la presente propuesta contempla las tres etapas definidas en esta guía, a saber: identificación, formulación y evaluación del proyecto, con el fin de determinar la viabilidad económica y técnica del servicio de transporte de carga que se propone alcanzar con la ejecución del proyecto, y que esta viabilidad sea sostenible en el tiempo.

2.2.5. Plan Nacional de Transportes de Costa Rica 2011-2035 (extractos):

Caracterización del Transporte Terrestre Internacional de Mercancías:

Previsión de Tráficos e Intensidades

En el transporte terrestre de mercancías se puede diferenciar entre el tráfico en vehículos pesados (tres o más ejes) y en vehículos ligeros. En general el tráfico en vehículo pesado se destina al transporte interprovincial e internacional. En el caso concreto de Costa Rica se aprecia un elevado tráfico de vehículos pesados en los centros urbanos, especialmente en las poblaciones de la GAM. Corregir esta anomalía es una de las tareas del PNT.

Para cuantificar el tráfico de mercancías se han realizado las siguientes hipótesis:

- El 45% del comercio internacional del país son exportaciones y el 55% importaciones según el informe “Caracterización del volumen de comercio exterior de Costa Rica por la vía marítima 2000-2007” de PROCOMER.
- Se estima que el tráfico de mercancías que entran y salen de los puertos en camión se corresponde con el volumen de tráfico de los puertos, excepto el petróleo y sus derivados (se estima que se transportan por tubería).
- El 35% del tráfico marítimo de mercancías se corresponde con petróleos y sus derivados y el 73% de las exportaciones con fruta fresca, tal y como señalan los datos incluidos en el informe de PROCOMER citado.
- La totalidad de las mercancías que entran y salen por Puerto Caldera provienen y se dirigen a San José.
- El número de camiones se estima que se corresponde con el volumen de mercancías en toneladas, dividido entre una carga media de 20 toneladas por camión, incluido las mercancías que se transportan en contenedor. Se estima que a este dato hay que sumarle el transporte de los contenedores vacíos para su llenado y vaciado para determinar el total de camiones.

Formulación de Alternativas de Desarrollo Ferroviario

Las evaluaciones del papel del ferrocarril en el desarrollo del Sistema de Transportes de Costa Rica en el horizonte de programación del PNT, han señalado la necesidad de enmarcar los análisis desde la perspectiva multimodal, en virtud de las especiales condiciones que concurren en el caso de Costa Rica en la distribución de funciones entre los modos terrestres. Estas especiales condiciones se derivan del hecho de que el ferrocarril se encuentra en un estado absolutamente precario, con algunos tramos de línea destruidos, ya sea por causa de fenómenos naturales extremos o por deterioro progresivo debido a la desatención sistemática, pero en cualquier caso fuera de operación, desde hace tiempo.

La pérdida de capacidad operacional y criterios macroeconómicos de carácter general condujeron al cierre técnico del ferrocarril. A pesar de que tres años se reiniciaron las operaciones en algunos tramos, no hay que perder de vista que el ferrocarril estuvo cerrado y el mercado propio, que ya era reducido, se acomodó sin él, tanto en cargas como en pasajeros. Así pues, en términos comerciales, no cabe hablar de recuperación de clientes, sino más bien de la creación de un nuevo mercado.

Carretera y ferrocarril son modos alternativos y complementarios, que pueden competir, pero que también se deben coordinar. Cada uno tiene un territorio de actividad, tanto física como funcional, en el que desarrolla mejor sus capacidades. El territorio funcional donde el ferrocarril desarrolla mejor sus capacidades en el transporte de carga, es en las grandes distancias y los grandes volúmenes de transporte. Esta referencia a la distancia y al volumen de transporte tiene en todo caso distintas percepciones, según el ámbito territorial del que se trate: lo que en algunos países se consideraría como corta distancia, en otros como Costa Rica superarían el segmento de viaje interior máximo. En el caso de Costa Rica, se puede afirmar que, en el ámbito de las grandes distancias y los grandes volúmenes, el ferrocarril puede competir con ventaja con la carretera, tanto en términos técnicos como económicos.

En el marco de un plan de carácter estratégico como es el PNT no cabe pensar en planteamientos de futuro apoyados en visiones circunstanciales, es decir, como la construcción y mantenimiento de una red de carreteras eficiente es un elemento fijo de cualquier estrategia de desarrollo del sistema de transportes del país, las opciones ferroviarias para el transporte de carga deben apoyarse sobre las capacidades propias y no sobre las debilidades actuales del sistema vial.

Las prestaciones funcionales exigidas al modo ferroviario para el transporte de mercancías serán mayores y deberán analizarse en el contexto del mediano y largo plazo, es decir, en un escenario donde la oferta vial tendrá los niveles de servicio adecuados a las necesidades del país.

En Costa Rica las condiciones que configuran posibles nichos de mercado para el transporte ferroviario de mercancías en distancias medias existen y se pueden dar en la vertiente atlántica, en la comunicación de puerto Caldera con el Valle Central, y en algunas zonas de desarrollo en el norte del país.

Tomando las propuestas presentadas en un contexto temporal reciente, el escenario final generado por estos proyectos de desarrollo del sistema ferroviario estaría dibujando una red con prestaciones muy limitadas, que sería únicamente una reconstrucción de un pasado distante, incapaz de complementar la oferta de la carretera y mucho menos de competir con ella.

2.2.6. Plan Nacional en Logística de Cargas – PNLog Costa Rica 2014 – 2024 (extractos)

Infraestructura Ferroviaria

- **Características Generales.** La red ferroviaria actualmente en servicio sólo opera en la costa Caribe del país, atendiendo exclusivamente a los movimientos de importación y que se realizan a través del Complejo Portuario Limón-Moín y ofreciendo recorridos cortos hacia el interior del país (Valle la Estrella y Guápiles). La red ferroviaria se limita a aproximadamente 160 km en condiciones de operación en vía única y en vías sin electrificación.

Figura #1. Características principales de la infraestructura ferroviaria de Costa Rica

	Red Ferroviaria
Longitud de la red (km)	160*
Longitud de red con doble vía (km)	0
Gestión de la red	Administrada gobierno**
Longitud de Red concesionada (km)	140
Gestor de la Red /Concesionario	INCOFER

Fuente: Estudio Mesoamericano de Logística de Cargas. Op. Citado a partir de INCOFER.

* Se refiere a infraestructura con vocación de carga.

** La operación de carga está cedida a empresas privadas exportadoras.

Figura #2. Red ferroviaria de carga en operación en Costa Rica



Fuente: Elaboración Estudio Mesoamericano de Logística de Cargas. Op. Citado a partir de INCOFER.

- Tipo y Volumen de Carga Movilizada. Esta red es empleada para movilizar carga de importación de acero (palanquilla), y de exportación de bananos de la zona del Valle de la Estrella y Siquirres. Adicionalmente, el volumen transportado por el modo ferroviario en el 2011 disminuyó respecto a los años previos¹⁸. Mientras en 2011 se transportaron 4,99 millones de cajas de banano, para el año 2008 la cifra total fue de 5,35 millones de cajas, lo cual representa un descenso de 7,21% en el período, vinculado aparentemente a la baja calidad del servicio, y en particular, al mal estado de la infraestructura y los equipos rodantes, los cuales no ofrecen confiabilidad en la operación, y en ocasiones generan contratiempos y sobrecostos. Esta situación obliga a los usuarios de este servicio a buscar modos alternativos de transporte.
- Modelo de Gestión. El Instituto Costarricense de Ferrocarril (INCOFER) es la entidad pública a cargo de la gestión y mantenimiento de la infraestructura en la vertiente atlántica del país.
- Condiciones de la Infraestructura Ferroviaria. La red ferroviaria se encuentra en deficientes condiciones, presentándose interrupciones constantes en los tramos del Caribe costarricense en donde se lleva a cabo la operación de movimiento de carga.

Transporte Ferroviario

El transporte ferroviario sólo opera en la costa Caribe del país, sirviendo exclusivamente a la carga movilizada a través del Complejo Portuario Limón-Moín y ofreciendo recorridos cortos hacia el interior del país (Valle la Estrella y Guápiles). Según información estadística del MOPT, el volumen transportado por el modo ferroviario en el 2011 disminuyó respecto a los años previos, que como se señaló previamente, parece ser en parte resultado de la baja calidad del servicio prestado, en particular, al mal estado de la infraestructura y los equipos rodantes. El INCOFER es la entidad pública a cargo de la gestión y mantenimiento de la infraestructura en la vertiente atlántica del país. La operación del tren se realiza a través de contratos a empresas privadas exportadoras, principales usuarias de este modo de transporte. Estas empresas se encargan de la operación diaria hacia dos destinos: Valle de la Estrella, al sur de Limón, y Guápiles en sentido noroeste de Limón.

Figura #3. Síntesis de principales fortalezas y debilidades del sistema de logística de cargas de Costa Rica

Debilidades	
Infraestructura	<ul style="list-style-type: none">• La infraestructura portuaria tiene limitada capacidad para la atención de la demanda actual, situación que debería mejorar con la puesta en marcha del terminal de contenedores de Moín. Sin embargo, es necesario profundizar en la planificación del sistema logístico-portuario en su totalidad para prever el espacio logístico adecuado en cantidad y calidad a los estándares del nuevo terminal, de la creciente especialización de la demanda, que establezca las bases para una renovación del sistema-ciudad puerto, y en particular lo relativo a accesos portuarios y cambio de uso de las áreas que alojan actualmente la oferta logística extraportuaria.• La ubicación del aeropuerto Juan Santamaría, principal elemento de la infraestructura aeroportuaria de Costa Rica, impone restricciones a la expansión de las capacidades operativas actuales. Ello pone en riesgo el potencial crecimiento de la oferta de servicios y de la carga aérea en el mediano y largo plazo.• La red vial que sirve a los intercambios terrestres entre los distintos nodos de comercio tiene limitada capacidad para acoger los volúmenes de tránsito de carga (actuales y futuros), ocasionando problemas de congestión en el acceso a dichos nodos. Estas limitaciones son estructurales y se deben en gran medida a la topografía del país, lo cual determina la necesidad de generar un sistema muy bien jerarquizado y promover un uso eficiente de dicha infraestructura a través de sistemas modernos de gestión de la infraestructura.• La red ferroviaria de carga en operación ofrece limitada cobertura y se encuentra en deficientes condiciones, lo cual afecta negativamente las operaciones del servicio y limita su potencial para el uso por parte de cadenas logísticas potencialmente usuarias de este modo.• La infraestructura fronteriza es deficitaria, restringiendo la fluida movilización de la carga y generando con ello demoras y sobrecostos a los usuarios. El programa de modernización en curso sigue el modelo de pasos nacionales con la perspectiva de integrarse a los otros países en modelos yuxtapuestos, pero hasta tanto los otros países no adopten decisiones firmes respecto a esta modalidad operativa, la infraestructura generará un beneficio limitado.• El país no cuenta con un sistema articulado de infraestructura logística que promueva la segregación de los flujos de corta y larga distancia, promueva la triangulación de la carga y haga uso eficiente de la infraestructura existente. La logística urbana de la GAM está desarticulada y se mezcla con la logística de larga distancia, generando impacto en las zonas urbanas.

Fuente: Estudio Mesoamericano de Logística de Cargas para el INCOFER

2.2.7. Plan Estratégico Sectorial 2019-2024 (extractos)

Infraestructura y Transporte

f) Logística de Carga

Este eje busca mejorar el desempeño logístico de los principales corredores de comercio; así como, su madurez y la eficiencia de los principales nodos logísticos. En esta temática es importante destacar que el país cuenta con el “Plan Nacional en Logística de Cargas – PNLog Costa Rica, 2014 – 2024”, el cuál plantea un detalle de acciones que deberán adoptarse en esta área para mejorar el desempeño logístico y por ende la competitividad del país. Este plan fue oficializado vía decreto ejecutivo N°41112-MOPT, para que las instituciones involucradas avancen en las acciones de su competencia.

A partir de la definición de los 3 pilares de acción estratégicos y los 6 ejes transversales contenidos en el Marco Estratégico del Sector Transportes e Infraestructura y como parte del proceso de formulación del Plan Estratégico Sectorial, fueron priorizados cinco temas cuyo abordaje decantó en cinco resultados esperados como se muestra en el siguiente cuadro:

Figura #4. Resultados esperados en la formulación del Plan Estratégico Sectorial

PLAN ESTRATÉGICO DEL SECTOR INFRAESTRUCTURA Y TRANSPORTE				
Resultado 1	Resultado 2	Resultado 3	Resultado 4	Resultado 5
Sistema de transporte público intermodal eficiente, que garantiza tiempos mínimos de traslado, seguridad, confort y menor costo e impacto ambiental. (incluye movilidad urbana y transporte masivo de pasajeros)	Sistema de transporte por carretera costo-eficiente, que opera en forma integrada con otros modos de transporte, acorde con la demanda para personas y mercancías, que propicie el transporte intermodal y un uso más eficiente de los derechos de vía para otros servicios.	Bajo el liderazgo del Ministro Rector, el Sector desarrolla estrategias y proyectos para la gestión de demanda y oferta de servicios de transporte intermodal e infraestructura que permita contribuir con el desarrollo social y económico del país.	Los puertos, aeropuertos y las vías terrestres (carreteras y ferrovías) del país satisfacen la demanda de servicios de transporte de carga y pasajeros.	El país dispone de un Sector de Infraestructura y Transporte organizado de manera óptima para responder a los retos y necesidades de servicios de transporte y movilidad de los usuarios.

Fuente: Plan Estratégico Sectorial 2019-2024 / Infraestructura y Transporte

Figura #5. Resultados esperados, plazos y actividades para alcanzarlos

4. Planes Maestros		
Resultados	Plazos	Líneas de acción
Los puertos, aeropuertos, ferrocarril y la vialidad del país satisfacen la demanda de servicios de transporte de carga y pasajeros.	Al año 2024	<ol style="list-style-type: none"> 1. Construcción, operación y mantenimiento de una Terminal de Contenedores en Puerto Moín (TCM) que consiste en la Fase 2B de 20 Ha y Fase 3 con 20 Ha 2. Construcción, operación y mantenimiento de una Megaterminal de Traslado de Contenedores. 3. Nueva terminal de contenedores de Caldera 4. Rehabilitación y Reforzamiento del rompeolas de Puerto Caldera (BPIP: 001339). 5. Mejoramiento de las Terminales de Transbordadores del Golfo de Nicoya: Barrio El Carmen de Puntarenas, Paquera y Playa Naranjo (BPIP: 001692) 6. Elaboración de Plan Maestro del Litoral Pacífico, con énfasis en Puerto Caldera (BPIP: 002199), incluyendo las plataformas logísticas, estaciones intermodales, así como su vinculación con el sistema ferroviario al Plan Maestro del Puerto de Caldera 7. Desarrollo de sistemas de tráfico marítimo en Moín. 8. Desarrollo de servicios graneleros en Moín.

Fuente: Plan Estratégico Sectorial 2019-2024 / Infraestructura y Transporte

Figura #6. Matriz de Indicadores de Impacto del Plan Estratégico Sectorial

RESULTADO 4: Los puertos, aeropuertos y la vialidad del país satisfacen la demanda de servicios de transporte de carga y pasajeros												
MATRIZ DE INDICADORES DE IMPACTO												
Indicadores	Unidad de Medida	Línea de Base	Año Línea de Base	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Fuente de Verificación	Supuestos	Comentarios
Ranking del Índice de Competitividad Global (ICP) del Foro Económico Mundial para la calidad de infraestructura ferroviaria, a partir de la vigencia del PES	Posición	95/140	Informe 2015/2016						90	Informe Anual del Foro Económico Mundial	Habilitados y en operación los proyectos de aeropuertos, puertos y vialidad previstos en el PES.	El ranking refiere a la posición de Costa Rica respecto a la totalidad de países evaluados

Fuente: Plan Estratégico Sectorial 2019-2024 / Infraestructura y Transporte

2.2.8. Plan Maestro Portuario del Litoral Pacífico INCOP – MOPT (extractos)

Plan Maestro de Caldera 2020-2042

Interior / Área de influencia (hinterland):

Sistemas de transporte para el puerto. El Plan Maestro debe mostrar los sistemas de transporte que alimentarán al puerto. En el caso de Caldera, las posibilidades por estudiar están circunscritas al transporte vial y al de ferrocarril. Este último no tiene una actividad que cubra los requerimientos para uso del puerto, pero debe considerarse en el plan pensando que ya hay la infraestructura y podría ofrecer una opción competitiva. El transporte vial existe, pero su capacidad está muy limitada para el desarrollo futuro, a menos que se la amplíe en varios sectores donde el número de carriles deberá incrementarse. El volumen del sistema vial debe permitir un acceso directo al puerto sin interrupciones por falta de capacidad o de puentes de intercambio adecuados. El número de carriles, la calidad de pavimento, la seguridad vial, la facilidad de acceso, entre otras, deben ser condiciones adecuadas al tráfico generado en el puerto.

2.2.9. Identificación del Proyecto: Reconstrucción de la vía y restablecimiento del servicio ferroviario entre Puntarenas y Alajuela (INCOFER) – extractos

En la sesión 018-2019 del 20 de mayo de 2019, el Consejo Directivo de INCOFER tomó el acuerdo N°080-2019 que establece “Aprobar la Visión de Reconstrucción de la Vía Férrea del Pacífico, presentada por la Presidencia Ejecutiva de INCOFER. Asimismo, se autoriza a realizar las gestiones que sean necesarias con el fin de realizar los estudios necesarios y poder contar con el financiamiento respectivo para este proyecto”.

La visión del proyecto contempla dos etapas:

- Restablecimiento de los servicios ferroviarios de carga desde Puerto Caldera hasta la Región Central del País.
- Restablecimiento del servicio ferroviario de pasajeros desde Caldera (o Barranca) hasta Puntarenas.

Según la variable tipo descrita en el anexo de las Normas Técnicas, Lineamientos y Procedimientos de Inversión Pública, el proyecto corresponde a la clasificación de preinversión y pretende abordar, a la mayor brevedad posible, su factibilidad con base en los siguientes estudios:

1. Estudio Técnico
2. Estudio Económico – financiero
3. Estudio Social y Ambiental
4. Estudio de riesgos por amenazas naturales

Por tanto, esta Identificación de Proyecto, pretende atender lo indicado por el MIDEPLAN con el objeto de inscribir el proyecto en el BPIP en la categoría de preinversión.

Visión del Proyecto:

Con la aprobación del Plan Estratégico Institucional 2019-2023, INCOFER contempla dentro de su cartera de proyectos la “Reactivación del Ferrocarril al Pacífico” (Plan Estratégico Institucional 2019-2023, pg. 38), en consideración de un conjunto de antecedentes que favorecen el restablecimiento del servicio:

- La preocupación creciente por la aglomeración de camiones en ciertos puntos de la Ruta 27 que provocan presas y malestar entre los ciudadanos, lo cual podría favorecer el transporte ferroviario de carga desde Puerto Caldera hasta las afueras del Gran Área Metropolitana. Un ejemplo de lo anterior, es la aglomeración de camiones a la entrada de Caldera.
- La pretensión del Instituto Costarricense de Puerto del Pacífico (INCOP) para la firma de un convenio de cooperación interinstitucional entre el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), el Instituto Costarricense de Ferrocarriles (INCOFER) y el Instituto Costarricense de Puertos del Pacífico (INCOP) para el otorgamiento por parte del INCOFER y del MOPT de permisos de uso en precario de terreno, para la “construcción de un área de entornamiento y transporte intermodal de carga en Puerto Caldera”, proyecto que se encuentra incorporado dentro del Plan Nacional de Desarrollo (Plan Nacional de Desarrollo y de Inversión Pública del Bicentenario, 2019-2022, pg. 175). Lo anterior, en el marco del Plan Maestro Portuario del Litoral Pacífico que señala la necesidad de ubicar un espacio de parqueadero para camiones, cuya ubicación preliminar se ha definido en una amplia sección del predio ferroviario que posee el INCOFER. Dicho convenio se encuentra en análisis entre las partes para determinar el debido resguardo del patrimonio ferroviario; pero, además, para procurar las condiciones óptimas para la rehabilitación del transporte ferroviario de carga desde Puerto Caldera hasta Ciruelas Alajuela.
- Firma del “Pacto por el desarrollo productivo y competitivo de la Región Pacífico Central” el 8 de marzo de 2019 tendente al fortalecimiento e impulso de las capacidades competitivas y productivas de la Región. Entre otros objetivos, se busca mejorar la competitividad en materia logística, lo cual pasa por la conceptualización de una cadena logística soportada en la intermodalidad de diferentes medios de transporte, entre los cuales se encuentra el ferrocarril, con miras a favorecer la competitividad de la Región Pacífico Central.
- El crecimiento sostenido de la actividad portuaria en el Puerto de Caldera. Como se indicó, en la actualidad se discute el Plan Maestro Portuario del Litoral Pacífico que pondrá en perspectiva el crecimiento proyectado de la carga que ya alcanza, entre otros ítems, los 320000 TEUs. Dicho aspecto es esencial porque debe definirse:
 - Los requerimientos de transporte para hacer frente al incremento de la carga que se despacha por ese puerto, aspecto que ya viene presentando problemas (véase, lo ya indicado sobre la fuerte aglomeración de camiones sobre la Ruta Nacional N°27 que plantea retos logísticos).
 - La urgencia de establecer una cadena logística que, como ya se indicó, aproveche los diferentes medios de transporte, bajo un concepto de intermodalidad que incluya el tren, para alcanzar altos índices de eficiencia y competitividad.

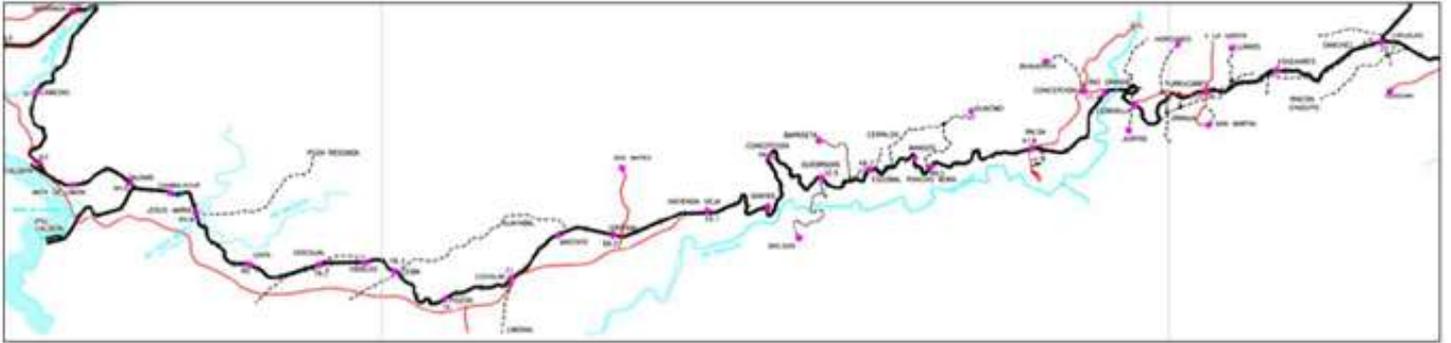
Resultados esperados

Reconstruir la red ferroviaria del Sector Pacífico con el propósito de restablecer los servicios de carga y pasajeros, en condiciones competitivas y sostenibles:

Resultado esperado: Se reconstruiría toda la Red Ferroviaria del Sector Pacífico para el año 2023 la siguiente infraestructura:

Tramo Puerto Caldera - Ciruelas (70 kilómetros). Meta: 2022.

Figura #7. Sistema ferroviario nacional sector Pacífico (tramo Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela)



Fuente: Instituto Costarricense de Ferrocarriles INCOFER

La nueva infraestructura deberá asegurar que sea posible circular a velocidades comerciales de 60 kilómetros / hora o más; y utilizar formaciones de trenes con mayor capacidad de carga (1.000 toneladas o más), de manera que el servicio sea competitivo y sostenible.

2. Restablecer el servicio ferroviario de carga entre Puntarenas y Alajuela para atender el crecimiento sostenido de las operaciones en el Puerto de Caldera:

Resultado esperado: Operación de un tren de carga entre Puerto Caldera y un Patio Logístico intermodal que se situará en Ciruelas Alajuela, orientado al transporte de contenedores, a partir del año 2022.

2.2.10. Movilización actual de contenedores en Puerto Caldera (Informe de resultados de la gestión de supervisión y control de los contratos de concesión, año 2018, Instituto Costarricense de Puertos del Pacífico INCOP) – extractos

Contrato de Gestión de Servicios Públicos de Puerto Caldera (Terminal Multipropósito)

Carga contenedorizada: La carga contenedorizada (en unidades – boxes de 20” o 40”) muestra un crecimiento en ese semestre, con respecto al semestre inmediato anterior de alrededor del 5,46%, estando entre los más altos de los últimos doce meses, según los registros estadísticos mostrados.

Tabla #2. Carga en contenedor en TEUs (período enero – diciembre 2018)

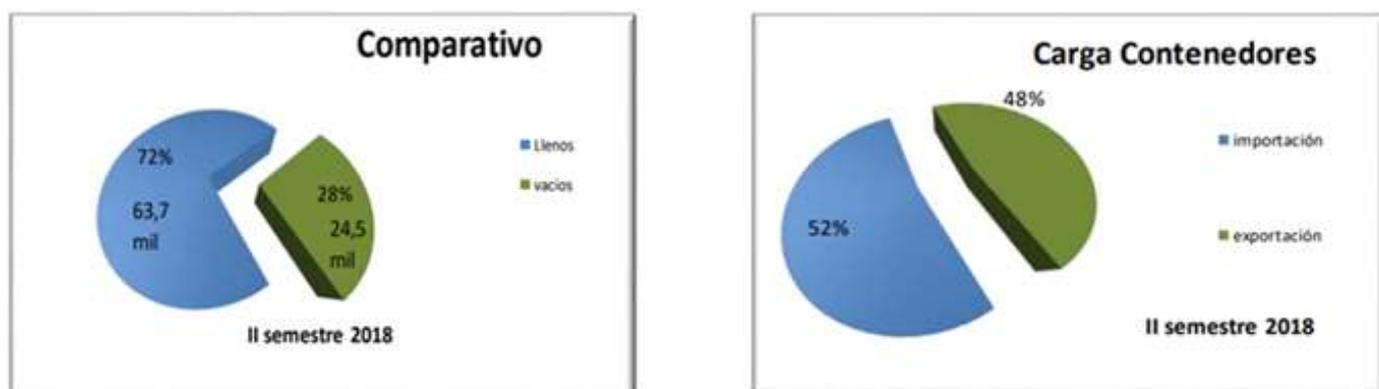
PERIODO	IMPORTACION				EXPORTACION				Total Importado Contenedores/mes	Total Exportado Contenedores/mes	Total Últimos 12 meses	Total Penúltimos 12 meses	Variación (%)	Total Semestre	Variación (%)
	LLENOS		VACÍOS		LLENOS		VACÍOS								
	20 PIES	40 PIES	20 PIES	40 PIES	20 Pies	40 Pies	20 Pies	40 Pies							
ene-18	1,515	3,914	0	602	280	2,822	1,364	1,921	6,031	6,387	12,418	13,607	-9%		
feb-18	1,784	4,056	2	724	273	3,425	1,269	1,366	6,566	6,333	12,899	11,529	12%		
mar-18	1,742	4,053	0	1,374	395	3,960	894	757	7,169	6,006	13,175	11,950	10%		
abr-18	2,104	4,379	0	1,561	378	4,427	1,319	1,132	8,044	7,256	15,300	13,541	13%		
may-18	2,396	4,490	0	978	390	4,173	1,572	1,351	7,864	7,486	15,350	15,505	-1%		
jun-18	2,626	5,191	0	1,258	435	3,935	1,432	1,371	9,075	7,173	16,248	14,902	9%	85,390.00	-0.08%
jul-18	2,063	6,367	0	783	445	3,461	886	2,036	9,213	6,828	16,041	12,076	33%		
ago-18	1,727	5,036	0	181	325	2,500	1,336	3,241	6,944	7,402	14,346	13,007	10%		
sep-18	1,240	3,668	0	243	303	2,725	718	1,249	5,151	4,995	10,146	17,330	-41%		
oct-18	2,118	6,424	0	521	250	2,891	980	2,701	9,063	6,822	15,885	14,742	8%		
nov-18	2,155	5,434	0	15	379	2,912	1,785	3,497	7,604	8,573	16,177	13,855	17%		
dic-18	2,231	5,838	2	134	387	2,869	1,391	2,849	8,205	7,496	15,701	14,447	9%	88,296.00	3.40%
Sub-II Sem Total 18	11,534	32,767	2	1,877	2,089	17,358	7,096	15,573	46,180	42,116	88,296	85,457	3.32%		
Unidad llenos/vacios	44,301		1,879		19,447		22,669								
Representación Llenos (%)	96%				46%										
Media tipo contenedor (%)	13%	37%	0%	2%	2%	20%	8%	18%							
Total General											173,686.00	166,491.00	4.32%		

Fuente: Informe de Estadísticas SPC S.A. y UTSC-INCOP

Se puede apreciar la comparación mes a mes de la carga en contenedor enero a diciembre de 2017, en contraste con el mismo periodo de enero a diciembre de 2018, se registra una variación positiva del 4,32% en las unidades movilizadas por esta Terminal.

Para el segundo semestre 2018, en el caso de la importación, la movilización de llenos representa el 96%, por otro lado, para la exportación, los contenedores llenos representan aproximadamente el 46% del total exportado.

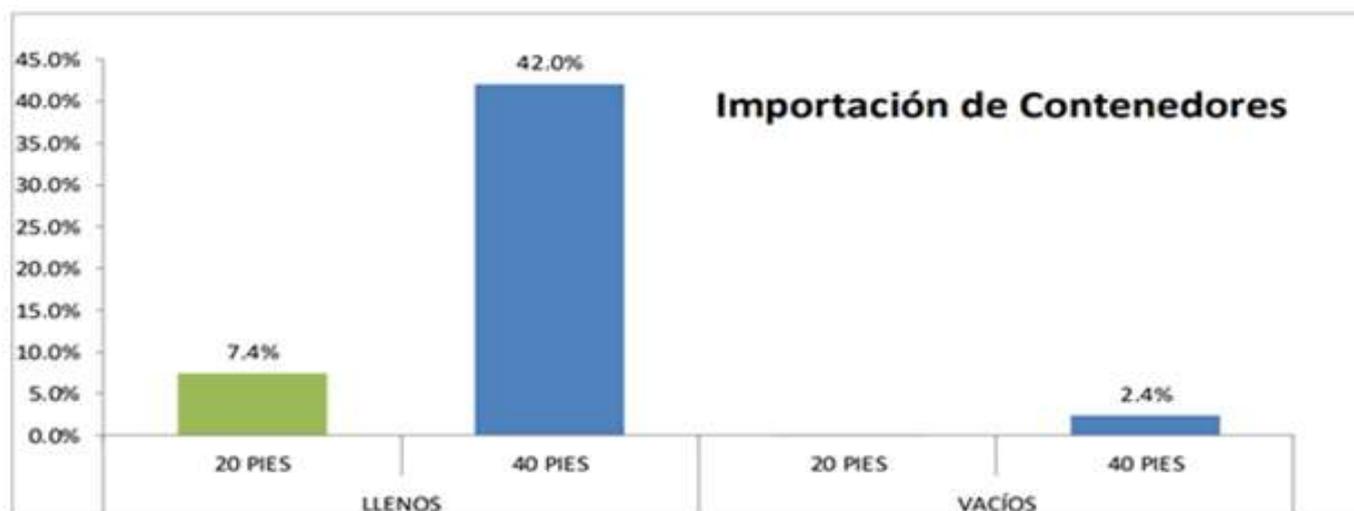
Figura #8. Comparación del movimiento de unidades de carga en contenedor (II semestre 2018)



Fuente: Unidad Técnica de Supervisión y Control INCOP

La importación lo que más se moviliza son los contenedores de 40 pies llenos igual en la exportación, en los siguientes gráficos se puede apreciar el comportamiento en valores relativos (%) de la carga en contenedor tanto en la importación como en la exportación:

Figura #9. Distribución de contenedores en TEUs (año 2018)

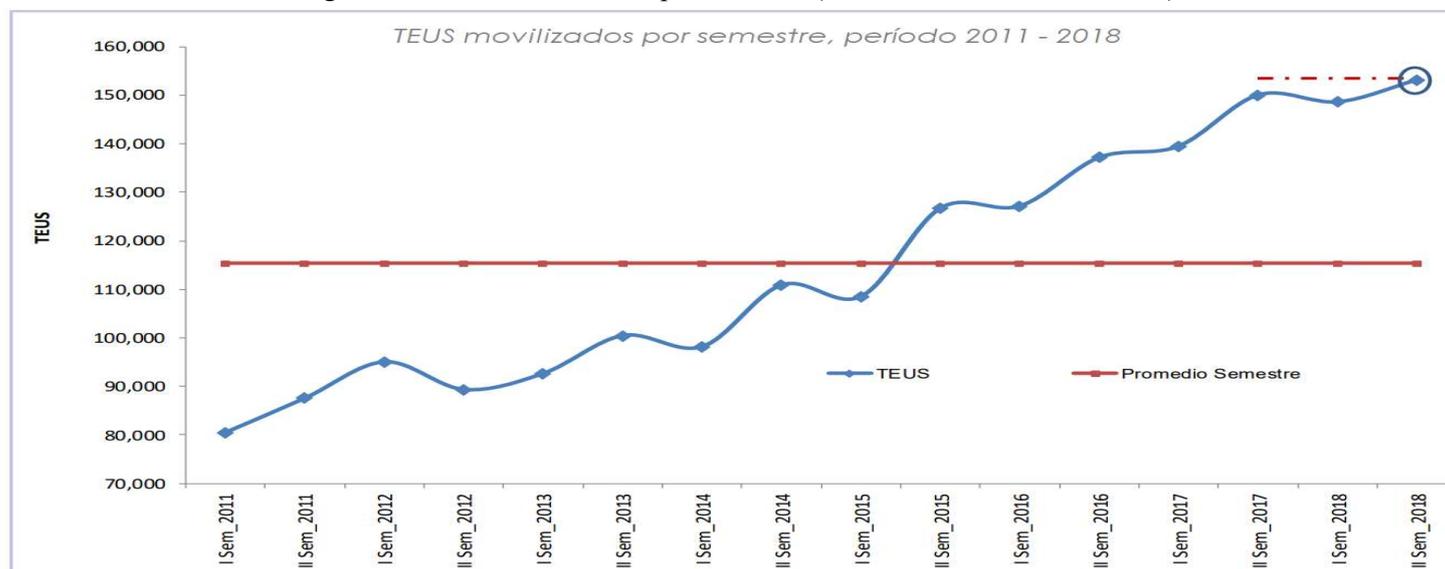


Fuente: Unidad Técnica de Supervisión y Control INCOP

De acuerdo con la información de la Tabla #2. Carga en contenedor en TEUs, se evidencia que en el periodo de enero a diciembre de 2018 se movilizaron 304.481 mil TEUs, lográndose una movilización promedio semestral superior a 152.241 mil TEUs, representando un crecimiento superior al 5,15% con respecto al periodo de enero a diciembre 2017.

En el segundo semestre 2018 se movilizaron alrededor de 155,87 mil TEUs en Puerto Caldera.

Figura #10. TEUs movilizados por semestre (datos históricos desde el 2011)



Fuente: Unidad Técnica de Supervisión y Control INCOP

En relación con lo anterior, en la siguiente tabla se puede ver la movilización en TEUs/año del Puerto Caldera:

Tabla #3. Movilización en TEUs/año Puerto Caldera

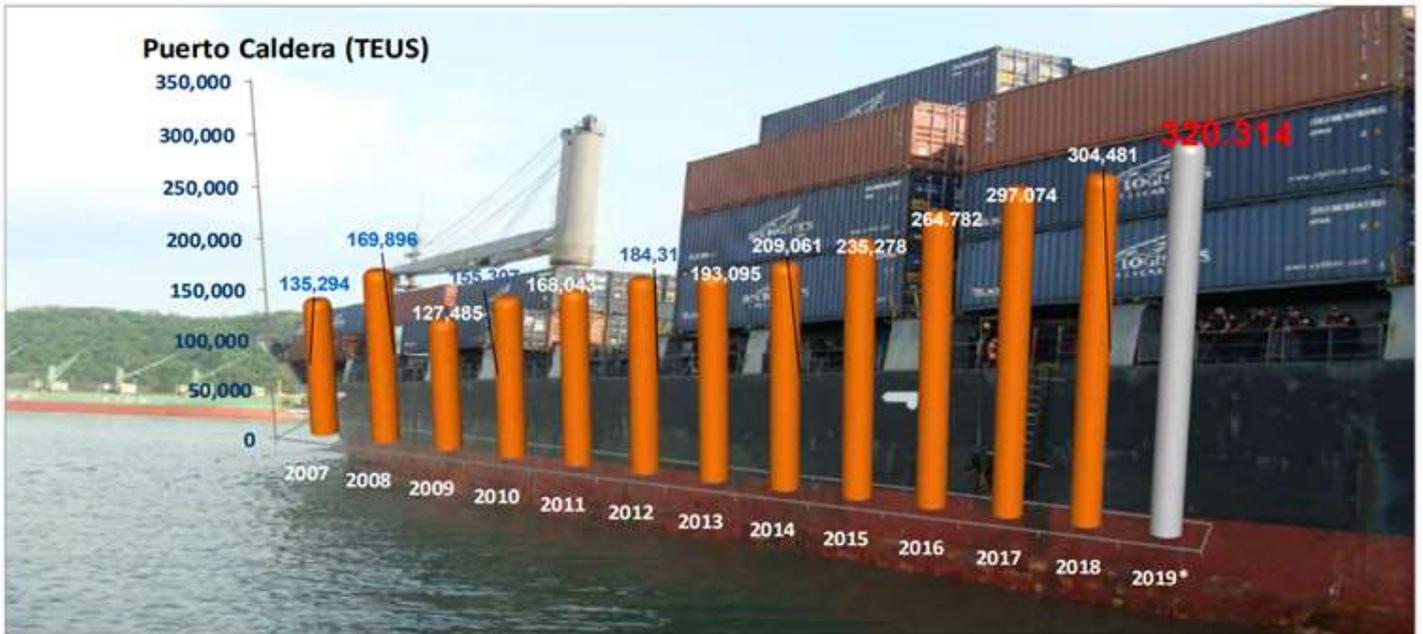
Periodo	TEUS			Crecimiento (%) TEUS/año
	Importación	Exportación	Total	
2006	25,895	25,069	50,964	
2007	70,632	64,662	135,294	
2008	86,855	83,041	169,896	
2009	66,214	61,271	127,485	
2010	82,636	72,671	155,307	
2011	88,588	79,455	168,043	8.20%
2012	97,210	87,105	184,315	9.68%
2013	100,020	93,075	193,095	4.76%
2014	107,626	101,435	209,061	8.27%
2015	124,484	110,794	235,278	12.54%
2016	133,145	131,226	264,371	12.37%
2017	147,717	141,865	289,582	9.54%
2018	158,153	146,328	304,481	5.15%
2019*			320,147	
Media Anual	203,017			

Fuente: Informes estadísticos de la UTSC y de SPC S.A.

De acuerdo con los datos en la tabla anterior, si se analizan los periodos del 2007 al 2017, se obtiene un promedio de 203.017 en la movilización TEUs anual en Puerto Caldera.

Tomando como base el año 2018, en el cual se cerró en 304.481 TEUs, y aplicando una tasa de crecimiento del 5,2% (dato del modelo financiero) daría como resultado una movilización de 320.314 TEUs para el periodo 2019, lo cual es una estimación conservadora.

Figura #11. TEUs movilizados desde el 2007 y proyección para el 2019



Fuente: Unidad Técnica de Supervisión y Control INCOP

En relación con el comportamiento operacional de las motonaves portacontenedores, atendidas durante este segundo semestre de 2018, es necesario indicar los siguientes aspectos:

- El tiempo promedio de espera en bahía es de 17,81 horas.
- La productividad promedio entre los buques tasados es de cincuenta movimientos por hora efectiva (50 Mov/h).
- Se movilizaron durante el periodo en estudio 88.296 contenedores, entre contenedores exportados e importados.
- Se atendieron un total de 156 barcos portacontenedores, estos incluyen las motonaves fruteras.
- En el segundo semestre 2018 se movilizaron por la terminal de Puerto Caldera 155.871 mil TEUs, distribuidas entre las 156 motonaves, lo que implicaría 999 TEUs por arribo (aproximadamente).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLOGICO

En este capítulo se exponen los procedimientos utilizados para obtener resultados a partir de los datos recopilados, el tipo de Investigación que se ejecutó, las fuentes y los sujetos de donde se obtuvo información, así como la técnica de investigación utilizada.

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación se considera del tipo “Exploratoria”: Un sistema intermodal terrestre se considera como un fenómeno desconocido en Costa Rica, pese a que por décadas se ha implementado el sistema intermodal marítimo – terrestre en los principales puertos nacionales, no se ha practicado formalmente el trasbordo ferrocarril – carretera y viceversa. Del mismo modo, el presente Proyecto Final de Graduación permitirá obtener y exponer información para llevar a cabo una investigación más completa sobre un contexto particular de la vida real, es decir, promover a corto plazo la etapa de factibilidad económica del proyecto, con lo que se aportaría una herramienta para la toma de decisiones.

La presente investigación tuvo un enfoque cualitativo, dadas las siguientes características del estudio realizado:

- Planteamientos más abiertos que van enfocándose: tal como se definió en la sección de alcances y limitaciones, se fueron definiendo las siguientes acotaciones:
 - El Sistema Ferroviario Nacional posee acceso directo a muelles de carga tanto en el sector Pacífico como en el Atlántico, se definió trabajar con cargas en el sector Pacífico;
 - En el sector Pacífico existen dos puertos que cuentan con acceso directo del ferrocarril, el muelle de Puntarenas y Puerto Caldera, se definió trabajar con el puerto de Caldera;
 - El tipo de cargas movilizadas en el puerto de Caldera, según orden por cantidad de toneladas métricas por tipo, se tiene: graneles, contenedores, hierro, frutas y vehículos (principales productos), no obstante, se definió trabajar con contenedores en virtud de que la transferencia de este tipo de carga del modo ferroviario al transporte por carretera se puede realizar con equipo e infraestructura básicos, no así para el caso de los graneles;
 - Los movimientos de unidades de carga en contenedor que se registran diariamente en el puerto de Caldera, corresponden a “llenos de importación”, “llenos de exportación”, “vacíos de importación”, “vacíos de exportación”, se definió trabajar con cargas en contenedor únicamente “llenos de importación”, pues corresponde a la mayoría de los movimientos de “*boxes*”.
- Se conduce básicamente en ambientes naturales: el sistema ferroviario nacional – sector Pacífico por más de 80 años se dedicó al transporte de carga y pasajeros desde los puertos de Puntarenas hasta el Gran Área Metropolitana, manteniendo actualmente el trazado (derecho de vía), estructuras mayores y menores, elementos de vía, equipos (pocos en regular y buen estado), recurso humano, entre otros, por lo que se parte de un sistema existente. Del mismo modo, es una realidad la existencia de la Ley 9366: Fortalecimiento del Instituto Costarricense de Ferrocarriles (INCOFER), cuyo objetivo principal es fortalecer la economía del país mediante la administración de un moderno sistema de transporte ferroviario para el servicio de pasajeros y de carga en todo el territorio nacional.
- Los significados se extraen de los datos: se contó con el apoyo de la Unidad Técnica de Supervisión y Control, INCOP, de donde se extrajo efectivamente la eventual demanda que puede existir para el transporte de contenedores llenos de importación desembarcados en Puerto Caldera.
- No se fundamenta en la estadística: Gracias al apoyo de la Unidad Técnica de Supervisión y Control, INCOP, se contó con los datos completos del año 2019, correspondientes al total de la carga considerada como contenedores llenos de importación, por lo tanto, la investigación se fundamentó en los parámetros de la población total, es decir en valores reales, y no en estimaciones estadísticas (al no elaborar la propuesta basado en datos de una muestra, no se requiere la aplicación de inferencia estadística).

3.2. Fuentes y sujetos de información

3.2.1. Fuentes primarias y sujetos de información

- Máster Randall Retana Moreno, Presidencia Ejecutiva INCOFER (tutor original del presente Proyecto Final de Graduación).
- Máster Marco Coto Segura, Gerente, Gerencia de Operaciones INCOFER (actual tutor del presente Proyecto Final de Graduación).
- Ing. Pablo Mora Zahner, Jefe de Vías y Estructuras, Gerencia de Operaciones INCOFER.
- Ing. Marvin Sibaja Vanderlucht, Jefe Unidad Técnica de Supervisión y Control, INCOP – Caldera.
- Ing. Carlos Rueda Segura, Gerente Proyecto Corredor San José – Caldera, Consejo Nacional de Concesiones CNC.
- Ing. Parmenio Rojas Rojas, ex Gerente, Gerencia de Operaciones INCOFER.

3.2.2. Fuentes secundarias (caso Costa Rica)

- Sistema de Bibliotecas Documentación e Información SIBDI, biblioteca Luis Demetrio Tinoco, Universidad de Costa Rica.
- Repositorio TEC: Objetos de aprendizaje, informes finales de graduación, informes de investigación, material didáctico, ponencias y publicaciones académicas de las diferentes Escuelas del TEC.
- Sitio web: <http://www.incofer.go.cr>
- Sitio web: <http://www.incop.go.cr>
- Sitio web: <https://www.mopt.go.cr>
- Sitio web: <https://www.hacienda.go.cr>
- Sitio web: <https://www.cnc.go.cr>
- Sitio web: <https://www.conavi.go.cr>
- Sitio web: <https://www.mideplan.go.cr>
- Sitio web: <https://www.puntarenas.go.cr>
- Sitio web: <https://www.canatrac.co.cr>
- Sitio web: <http://www.pgrweb.go.cr/scij>
- Sitio web: <https://revistas.ucr.ac.cr>

3.2.3. Fuentes secundarias (casos internacionales)

- CHILE = Sitio web: <http://www.institutoferroviario.cl/el-transporte-ferroviario-de-carga-en-chile-y-su-logistica/>
- MÉXICO = Sitio web: <https://www.gob.mx/artf/documentos/tarifas-ferroviarias-carga>
- COLOMBIA = Sitio web: <http://www.mintransporte.gov.co/publicaciones.php?id=359>
- PANAMÁ = Sitio web: <https://logistics.gatech.pa/es/assets/railroad>
- BRASIL = Sitio web:
<http://www.citamericas.org/arquivos/86a7bea5eaf8d212dc3b3e93d3524dd.pdf>
- ARGENTINA = Sitio web: <http://www.nuestromar.org/65806-01-2018/eval-llevar-contenedores-en-tren-puerto-buenos-aires-z-rate>
- CANADA = Sitio web: <https://www.cpr.ca/en/our-markets/intermodal-containers>
- ESTADOS UNIDOS (costa este) = Sitio web:
<https://www.searates.com/es/services/learn-more/>
- ESTADOS UNIDOS (costa oeste) = Sitio web: <https://www.hsr.ca.gov/>

3.3. Técnicas de investigación

3.3.1. Documental: Se encontró y analizó información existente en documentos oficiales aportados por funcionarios de las siguientes instituciones:

- Instituto Costarricense de Ferrocarriles
- Instituto Costarricense de Puertos del Pacífico
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes
- Ministerio de Planificación y Política Económica
- Consejo Nacional de Vialidad
- Promotora del Comercio Exterior
- Consejo Nacional de Concesiones

Del mismo modo se encontró y analizó información existente en documentos de investigaciones ajenas como:

- Borge, P.; Vargas, M. (2009). Análisis de la concesión en el Puerto de Caldera (1999-2007). Proyecto final de graduación Licenciatura en Ciencias Políticas, Universidad de Costa Rica
- Medina, F. (1987). Modelo de transporte de la carga entre ferrocarril y carretera. Proyecto final de graduación Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica
- Zúñiga, L. (1981). Transporte de contenedores en ferrocarril. Proyecto final de graduación Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica

3.3.2. De campo: Se dio la observación directa con el fin de extraer la mayor cantidad de información in situ, específicamente:

- Complejo Puerto Caldera: Se recorrieron e inspeccionaron los Puestos de Atraque 1, 2, 3 y 4 (siendo el Puesto 4 poco relevante para el estudio pues se trata de la terminal granelera, es decir, no se registra el movimiento de carga en contenedor), los Patios 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7, las Bodegas 1 y 2, los Talleres y la oficina de la Unidad Técnica de Supervisión y Control, INCOP. Se analizó la distribución de espacios en el complejo existente para implementar el eventual patio para el trasbordo de contenedores hacia y desde plataformas ferroviarias;
- Patio denominado Purruja, propiedad del INCOFER: Se ubica al costado este del complejo de Puerto Caldera. Se recorrió e inspeccionó la totalidad de las líneas existentes en el patio, así como los talleres y oficinas administrativas;
- Terreno en verde propuesto para la implementación de la terminal intermodal en Ciruelas, Alajuela: Se recorrió e inspeccionó externamente el eventual predio que tiene su acceso sobre calle pública a escasos 200 metros norte de la antigua Estación Ciruelas del F.E.P., sobre ruta nacional 124. Se valoraron servicios públicos existentes, topografía, desnivel del terreno respecto a la línea férrea y a la calle pública, vulnerabilidad del terreno a sufrir inundaciones o deslizamientos, uso de suelo de las propiedades inmediatas y cercanas, entre otros aspectos técnicos a considerar;
- Estación del Ferrocarril al Pacífico – instalaciones INCOFER: Se recorrieron e inspeccionaron patios, talleres, edificio de Presidencia Ejecutiva (antigua estación de Ferrocarril Eléctrico al Pacífico, edificio de Operaciones y Administrativo.
- Vía férrea sistema ferroviario nacional – sector Pacífico: Se recorrió e inspeccionó el sector de la línea férrea que más daños sufrió a causa de la construcción del Corredor San José – Caldera, específicamente en el denominado Tramo 2 Ciudad Colón – Orotina, entre los KM 50 al 60 del F.E.P., sectores Quebradas, Concepción, Dantas y Hacienda Vieja;
- Túnel Cambalache (Jesús María, Esparza): Se recorrió e inspeccionó el túnel de 280 metros de longitud, se tomaron dimensiones de su altura y ancho máximos, gálibos

horizontal y vertical, y se valoraron las condiciones generales de la estructura de paso, como desfogue de aguas pluviales, estado de los elementos, filtraciones, entre otros;

- Ruta nacional 124 que comunicaría la terminal intermodal propuesta en Ciruelas Alajuela a una de las principales arterias viales hacia San José ruta nacional 1 (Interamericana Norte);
- Ruta nacional 721 que comunicaría la terminal intermodal propuesta en Ciruelas Alajuela a otra de las principales arterias viales hacia San José ruta nacional 27 (Corredor San José – Caldera).

3.4. Procesamiento y análisis de datos

El análisis de datos del presente Proyecto Final de Graduación, pretende identificar y ordenar valores reales obtenidos de la práctica, de modo que estos sean considerados integralmente en el análisis Beneficio/Costo, con el fin de abarcar la mayor cantidad posible de variables que puedan incidir directamente en el resultado y por ende en la toma de decisiones a nivel gubernamental.

Con la obtención de los costos atinentes a la implementación de la propuesta técnica de un sistema intermodal ferrocarril/carretera para el transporte de contenedores llenos de importación (Puerto Caldera – Gran Área Metropolitana), así como los ingresos que eventualmente recibiría el INCOFER en conjunto con los beneficios económicos a nivel país, se categorizarán como puntuales en espacio temporal único o como distribuidos a lo largo del período de análisis.

Los datos obtenidos como BENEFICIOS son los definidos como ingresos por parte del sistema ferroviario nacional, por medio del cobro de tarifa por transporte de carga (ton*km) a los importadores de contenedores llenos (clientes meta), aunado a los ahorros a nivel país que se obtendrían por la eliminación de una cantidad definida de camiones que actualmente transportan los contenedores llenos de importación desde Puerto Caldera hasta el GAM, utilizando las dos carreteras estatales que comunican el origen con el destino, a saber: rutas nacionales N°23 + N°1 y N°27.

Los datos obtenidos como COSTOS son los definidos como las inversiones que se deben aplicar tanto en el año cero (inversión inicial para la puesta a punto del sistema ferroviario nacional – sector Pacífico – propuesto), como anualmente durante el período de análisis (10 años para el caso del presente proyecto), como lo son los costos de operación y mantenimiento de esta nueva propuesta técnica.

Particularmente importante es la definición del dato de la demanda diaria máxima esperada de transporte de contenedores llenos de importación, desde Puerto Caldera hasta el GAM, en lo cual radica el éxito de esta propuesta técnica, en virtud de que una caída en la cantidad de este tipo de carga desembarcada en esta terminal, haría insostenible para el Estado honrar los compromisos económicos adquiridos, principalmente para el caso de la inversión inicial.

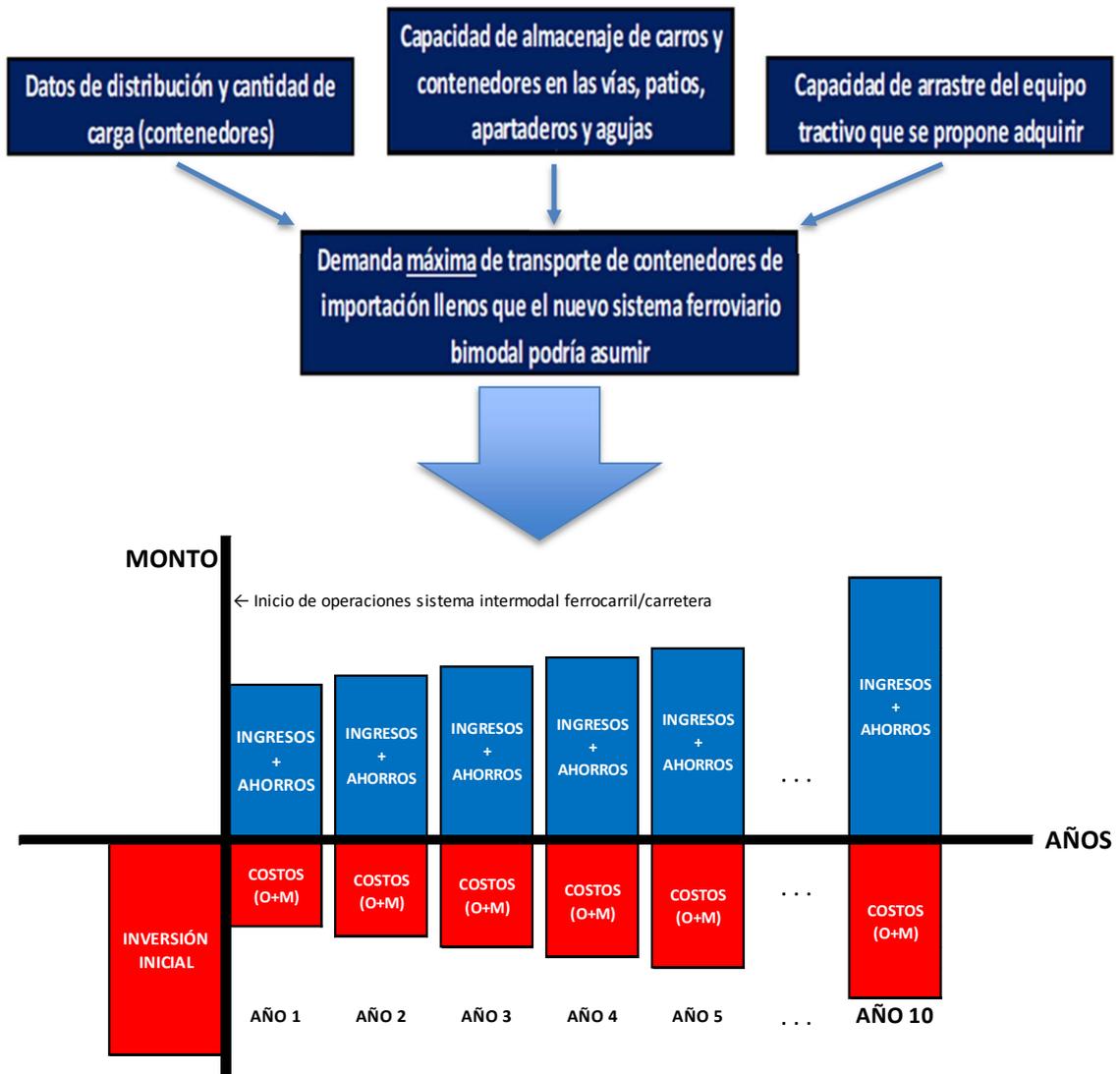
Con la obtención de los datos precitados, es posible ya ejecutar el análisis Beneficio/Costo descrito en el apartado 2.1.2. del Capítulo II.

Adicionalmente, la definición de las tarifas de transporte de contenedores llenos de importación (\$/ton), desde Puerto Caldera hasta el GAM, tanto vía carretera (caso actual) como vía sistema intermodal ferrocarril/carretera (propuesta técnica como PFG), serán datos que permitirán al público meta (clientes) tomar decisiones sobre cuál medio de transporte reduciría sus costos operativos y por ende, aumentaría sus utilidades.

3.5. Concepción del diseño del estudio

Diseño de investigación – acción: Se basó en fases cíclicas con un enfoque práctico:

Figura #12. Conceptualización del estudio



ANÁLISIS BENEFICIO/COSTO

Fuente: Elaboración por el postulante

Adicionalmente el estudio aporta:

Figura #13. Comparativo de tarifas (\$/Ton) para toma de decisiones del cliente final del transporte de contenedores de Puerto Caldera al GAM



Fuente: Elaboración por el postulante

3.6. Procedimiento para estimar la reducción de vehículos pesados tipo T3S2/T3S3 producto de la implementación del transporte por ferrocarril de la carga analizada

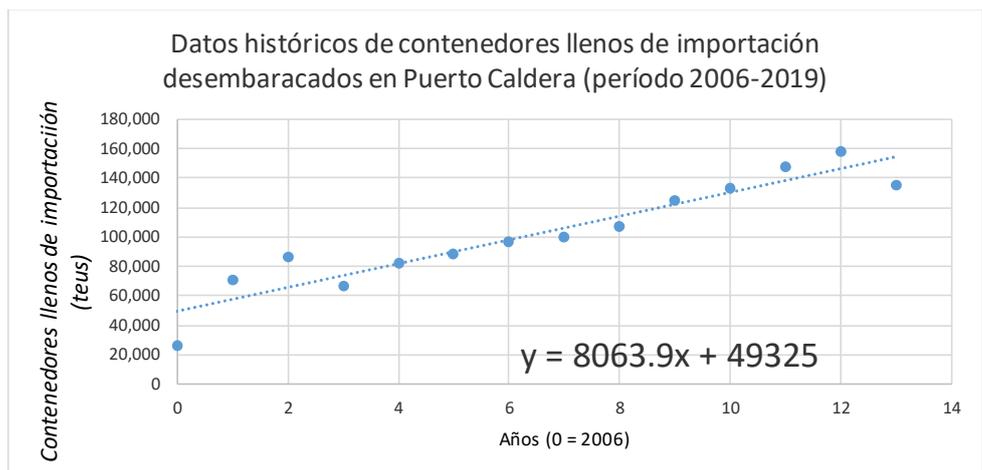
Se debe calcular el número de ejes equivalentes por vehículo pesado T3S2 saliente de Puerto Caldera, entendiéndose como vehículo cabezal + cureña (20 o 40 pies) + contenedor lleno de importación (20 o 40 pies),

Con el número de ejes equivalentes por vehículo saliente de Puerto Caldera, se obtiene un total de ejes equivalentes para 20 años plazo, proyectando la cantidad de furgones en función de la proyección de la carga desembarcada anualmente en este muelle.

Se utilizará el registro histórico de carga desembarcada en el puerto de Caldera, suministrado por la Unidad Técnica de Supervisión y Control INCOP, entre 2006 y el 2019, para proyectar un crecimiento anual en el número de contenedores llenos de importación que salen del muelle hacia el GAM, según la ecuación lineal (recta de mejor ajuste) que se obtiene de graficar los datos reales anuales, de esta manera:

Figura #14. Gráfico de datos históricos contenedores llenos de importación desembarcados en Puerto Caldera (período 2006-2019)

# Año	Año	Contenedores llenos importación (teus)
0	2006	25,895
1	2007	70,632
2	2008	86,855
3	2009	66,214
4	2010	82,636
5	2011	88,588
6	2012	97,210
7	2013	100,020
8	2014	107,626
9	2015	124,484
10	2016	133,145
11	2017	147,717
12	2018	158,153
13	2019	135,195



Fuente: Unidad Técnica de Supervisión y Control INCOP, elaboración por el postulante

Con la ecuación lineal obtenida se estiman los datos de contenedores llenos importación por año en unidad TEUs, correspondientes al período de análisis de 20 años (2019-2039) propuesto, se hace una separación proporcional entre cantidad de vehículos tipo T3S2/T3S3 que saldrían de la terminal cargando contenedores llenos importación de 20 y 40 pies, y con esta cantidad de vehículos se obtiene el número de ejes equivalentes por año que corresponden a la reducción efectiva de carga sobre la carretera por disponer ahora estos contenedores en plataformas ferroviarias formales (el origen del dato Factor camión = 2,18 para un vehículo tipo T3S2/T3S3 se expone en el punto B. siguiente:

Tabla #4. Proyección de contenedores llenos de importación desembarcados en Puerto Caldera (período 2019-2039)

# Año	Año	Contenedores llenos importación por año (teus)	Boxes llenos importación por año (20 pies)	Boxes llenos importación por año (40 pies)	Total T3S2/T3S3 [cabezal + cureña + contenedor] por año	EEq / año T3S2/T3S3 (FC = 2.18)
0	2019	135,195	19,903	57,646	77,549	169,057
1	2020	162,220	23,881	69,169	93,051	202,850
2	2021	170,284	25,069	72,607	97,676	212,934
3	2022	178,347	26,256	76,046	102,302	223,017
4	2023	186,411	27,443	79,484	106,927	233,101
5	2024	194,475	28,630	82,923	111,553	243,185
6	2025	202,539	29,817	86,361	116,178	253,268
7	2026	210,603	31,004	89,799	120,804	263,352
8	2027	218,667	32,191	93,238	125,429	273,436
9	2028	226,731	33,379	96,676	130,055	283,519
10	2029	234,795	34,566	100,114	134,680	293,603
11	2030	242,859	35,753	103,553	139,306	303,687
12	2031	250,923	36,940	106,991	143,931	313,770
13	2032	258,986	38,127	110,430	148,557	323,854
14	2033	267,050	39,314	113,868	153,182	333,937
15	2034	275,114	40,501	117,306	157,808	344,021
16	2035	283,178	41,689	120,745	162,433	354,105
17	2036	291,242	42,876	124,183	167,059	364,188
18	2037	299,306	44,063	127,621	171,684	374,272
19	2038	307,370	45,250	131,060	176,310	384,356
20	2039	315,434	46,437	134,498	180,935	394,439
						6,141,951

Fuente: Elaboración por el postulante

La cantidad de ejes equivalentes que se lograrían eliminar de las carreteras entre Puerto Caldera y el GAM por la utilización del ferrocarril para el transporte de la totalidad de los contenedores llenos de importación, corresponde a 6.141.951 EEq en 20 años, que implica una carga importante menos que debe soportar la estructura de las carreteras.

3.6.1. Estimación de la totalidad de la carga analizada – contenedores llenos de importación – de Puerto Caldera al GAM (situación actual)

Similar al procedimiento anterior, se debe calcular un número total de ejes equivalentes para un plazo de 20 años, por cada tramo de carretera, correspondiente a la totalidad de los vehículos que transitan por los tramos en cuestión.

Se estima un crecimiento en la flota vehicular de un 4%, dato utilizado recientemente en proyectos de infraestructura vial por ejemplo en el segundo programa Red Vial Cantonal PRVC-II MOPT/BID.

Se utiliza la cantidad y distribución de vehículos que transitan anualmente por los tramos analizados, recordando que sólo se analiza el sentido Puerto Caldera – GAM.

Como se analiza la totalidad de los vehículos, para el cálculo de los ejes equivalentes totales, se deben aplicar diferentes factores a vehículos livianos y pesados, conocidos como “Factor Camión”. Se utiliza como referencia el estudio desarrollado por el LANAMME expuesto en el informe LM-PI-GM-INF-22-14 denominado “Recomendaciones técnicas para el diseño estructural de pavimentos flexibles con la incorporación de criterios mecánico-empíricos” de octubre 2014, tabla denominada “Factor camión promedio para diferentes rutas del país”

A cada tipo de vehículo del cual se tienen conteos por parte de la Unidad de Planificación Estratégica Multimodal de Infraestructura y Servicios de Transporte, Secretaría de Planificación Sectorial MOPT, se le asigna un valor promedio al factor camión correspondiente a su categoría, a saber:

Figura #15. Factor camión promedio para diferentes rutas del país

Fuente	Tipo de vehículo Ruta	Factor Camion								
		Pick Up	C2+	C2	Bus C2	C3	C4	T2-S1	T3-S1	T3-S2
Determinación de los factores camión promedio en las estaciones de pesaje en Costa Rica 2008-2011	Ruta 32 San José-Limón	-	-	0.242	-	0.82	1.375	0.961	1.565	1.685
	Ruta 32 Limón-San José	-	-	0.21	-	0.599	0.573	0.675	0.745	0.813
	Ruta 1 Cañas-San José	-	-	0.34	-	0.846	0.792	0.749	1.167	1.603
	Ruta 2 San José-Cartago	-	-	0.214	-	0.689	1.102	0.438	1.068	1.016
	Ruta 2 Cartago-San José	-	-	0.205	-	0.880	1.199	1.874	1.273	1.394
	Ruta 2 Paso Canoas-San José	-	-	0.268	-	0.604	0.956	0.668	0.936	1.072
Encuesta de Carga 2007	Ruta 1: General Cañas (Peaje)	0.011	0.019	0.734	2.022	2.721	-	-	-	2.102
	Ruta 1: Bernardo Soto Naranjo (Peaje)	0.011	0.016	0.902	3.68	1.971	-	-	-	3.701
	Ruta 1: Bernardo Soto Esparza (Peaje)	0.011	0.233	0.723	2.911	2.834	-	-	-	4.153
	Ruta 2 Florencio del Castillo (Peaje)	0.015	0.031	-	1.473	-	-	-	-	-
	Ruta 2 Perez Zeledón (Tránsito)	0.012	0.014	0.446	1.858	3.33	-	-	-	2.08
	Ruta 27 Prospero Fernandez (Peaje)	0.011	0.016	1.163	1.957	3.155	-	-	-	2.695
	Ruta 32 Braulio Carrillo (Peaje)	0.011	0.022	-	3.692	-	-	-	-	-
	Ruta 140 San Carlos (Ciudad Quesada)	0.012	0.014	0.521	2.107	3.773	-	-	-	3.861
Factores Camión TFG Juan Carlos Espinoza 2013	Bus Urbano	-	-	-	1.02	-	-	-	-	-
	Bus Interurbano	-	-	-	2.88	-	-	-	-	-
	Promedio	0.01	0.05	0.50	2.36	1.85	1.00	0.89	1.13	2.18
	Desviacion estandar	0.00	0.08	0.32	0.90	1.24	0.29	0.51	0.28	1.17

Liviano

C2

Bus

C3

C4

C5+

Fuente: Informe LM-PI-GM-INF-22-14, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LANAMME UCR

Con estas consideraciones, se puede obtener el número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo, por cada tramo, correspondientes a la totalidad de los vehículos que circulan entre Puerto Caldera y el área metropolitana, incluyendo los camiones (cabezal + cureña + contenedor) que serían eliminados de la carretera por la utilización del ferrocarril.

3.6.2. Diseño estructural de la sobrecapa

Como se mencionó anteriormente, el espesor de las sobrecapas se calculará utilizando la Metodología de Diseño establecida en la Guía AASHTO 93.

Este método se basa en la utilización del nomograma que aparece en la Figura #3.

Para ingresar a este nomograma, se requieren los siguientes parámetros de diseño:

- Nivel de confianza: $R\% = 95\%$, estimado por el postulante según:

Tabla #5. Nivel de confianza para diseño de pavimentos flexibles según clasificación funcional de la carretera

Functional Classification	Recommended Level of Reliability	
	Urban	Rural
Interstate and Other Freeways	85-99	90-99
Principal Arterials	80-99	75-95
Collectors	80-95	75-95
Local	50-80	50-80

Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimento AASHTO 1993

- Desviación estándar en estimación de PSI terminal (índice de servicio terminal) para pavimento flexible (sobrecapa) de $S_o = 0,49$ estimada por el postulante según:

Tabla #6. Valores propuestos de desviación estándar según tipo de intervención

TABLA NO. 13, VALORES S_o

Pavimentos flexibles	0.40 – 0.45
Construcción nueva	0.45
Sobrecapa	0.49

Fuente: Guía para Diseño de Estructuras de Pavimento, AASHTO 1993.

- Ejes equivalentes totales EEq (en millones): Se muestran para cada tramo en estudio;
- Factor de carril: 1.0 (1 ó 2 carriles en la totalidad del recorrido);
- Módulo resiliente de la base en condición drenada: El informe técnico denominado “Implementación del ensayo de módulo resiliente en bases granulares para pavimentos”, elaborado por el Laboratorio de Ensayos Dinámicos (LED) del LANAMME, expone un material denominado como M4 el cual fue obtenido en el tajo de la empresa MECO en Barranca en marzo de 2006, destinado en ese momento para el proyecto Interamericana – Caldera, el cual es extraído del río. Se toma el valor de $M_R = 89,1$ MPa expuesto en el folio 52 de dicho documento, lo que corresponde a $12,9$ ksi ~ 13 ksi;
- Índice de servicio terminal: $PSI_t = 2,5$
- Índice de servicio inicial: $PSI_o = 4,2$
- $\Delta PSI = PSI_o - PSI_t = 1,7$

De este nomograma se obtiene el denominado Número Estructural SN, requerido para la sobrecapa.

El aporte estructural de esta carpeta se define como:

$$SN = a_1 * D_1$$

siendo precisamente D_1 el espesor de la sobrecapa, en este caso diferencial, que se busca obtener, y a_1 un coeficiente estructural de la carpeta asfáltica, con un valor de 0,44 según el documento “*Diseño de pavimento del tramo principal, para la ampliación y rehabilitación de la ruta nacional N°1, carretera Interamericana Norte, sección Barranca – Limonal*”, Licitación PIT-115-LPI-O-2019, elaborado por la Unidad Asesora CAS-PIT, Despacho del Ministro, MOPT, octubre 2020.

$$D_1 = \frac{SN}{a_1}$$

Con la obtención de los espesores correspondientes a cada tramo de carretera, considerando ambas situaciones para cada tramo: utilización o no utilización del ferrocarril, se obtiene una diferencia en costos proporcional a la diferencia de espesores de las sobrecapas.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Estimación de la cantidad máxima de contenedores que la propuesta asumiría

4.1.1. Datos de distribución y cantidad de carga (contenedores)

En seguimiento a lo indicado en la sección 2.2.10 “*Movilización actual de contenedores en Puerto Caldera (Informe de resultados de la gestión de supervisión y control de los contratos de concesión, año 2018, Instituto Costarricense de Puertos del Pacífico INCOP) – extractos*”, y como una actualización de datos aportada por la Unidad Técnica de Supervisión y Control del INCOP a inicios del presente año, en el 2019 se registró un total de 298.175 TEUs como movilización de carga en contenedor anual en Puerto Caldera, de los cuales 135.195 corresponden a “llenos de importación”, tal cual se muestra en la imagen siguiente aportada por dicha Unidad:

Tabla #7. Movilización en TEUs año 2019 Puerto Caldera

ANO	TIPO_MERCADERIA_N_1	ORIGEN_CARGA		TIPO_MERCADERIA_N_2	EXPORTACION		IMPORTACION		IMPORTACION Total	Grand Total
TEUS										
MUELLE	MES_AÑO	CNT LLENO	CNT VACIO				CNT LLENO	CNT VACIO		
CALDERA - SPC	01-January-2019	4.743,00	6.578,00		11.321,00		10.178,00	1.808,00	11.986,00	23.307,00
	02-February-2019	6.128,00	6.760,00		12.888,00		10.236,00	198,00	10.434,00	23.322,00
	03-March-2019	7.587,00	3.963,00		11.550,00		10.777,00	998,00	11.775,00	23.325,00
	04-April-2019	7.222,00	4.103,00		11.325,00		9.010,00	1.940,00	10.950,00	22.275,00
	05-May-2019	7.519,00	4.520,00		12.039,00		11.079,00	2.004,00	13.083,00	25.122,00
	06-June-2019	7.024,00	5.018,00		12.042,00		12.608,00	1.570,00	14.178,00	26.220,00
	07-July-2019	5.492,00	5.901,00		11.393,00		12.306,00	846,00	13.152,00	24.545,00
	08-August-2019	6.362,00	6.908,00		13.270,00		12.849,00	1.078,00	13.927,00	27.197,00
	09-September-2019	6.366,00	5.653,00		12.019,00		10.766,00	1.520,00	12.286,00	24.305,00
	10-October-2019	5.348,00	8.286,00		13.634,00		11.635,00	956,00	12.591,00	26.225,00
	11-November-2019	5.512,00	8.622,00		14.134,00		12.083,00	1.136,00	13.219,00	27.353,00
	12-December-2019	6.264,00	5.615,00		11.879,00		11.668,00	1.432,00	13.100,00	24.979,00
CALDERA - SPC Total		75.567,00	71.927,00		147.494,00		135.195,00	15.486,00	150.681,00	298.175,00

Fuente: Unidad Técnica de Supervisión y Control INCOP

Del mismo modo, con la siguiente tabla aportada por la UTSC INCOP, se puede clasificar la cantidad total de “boxes” en contenedores de 20 pies y de 40 pies por año, lo que a su vez permite calcular la demanda anual máxima de transporte de contenedores desde este muelle hasta el Gran Área Metropolitana, tanto por ferrocarril como por carretera.

Se debe recordar en este punto que las plataformas ferroviarias portacontenedores pueden cargar ya sea un “box” de 40 pies o dos “boxes” de 20 pies, no así las cureñas o portacontenedores de carretera, dado que los cabezales o tractocamiones únicamente movilizan una carreta sea esta de 20 o de 40 pies, pues no existen cureñas para carretera que puedan cargar dos “boxes” de 20 pies a la vez. Esta es una importante ventaja para el transporte de contenedores por ferrocarril, siendo que dos “boxes” de 20 pies para ser trasladados por carretera requieren dos cureñas con sendos cabezales, mientras que los mismos dos “boxes” de 20 pies pueden ser dispuestos en una única plataforma ferroviaria de 40 pies.

Tabla #8. Clasificación de “boxes” en contenedores de 20 pies y de 40 pies año 2019

INSTITUTO COSTARRICENSE DE PUERTOS DEL PACIFICO

TIPO_MERCADERIA_N	(Todas)		
ANO	2019		
MUELLE	(Todas)		
MES_ANO	(Todas)		
BUQUE	(Todas)		
ARRIBO	(Todas)		
DE ENERO A DICIEMBRE 2019			
Suma de CANTIDAD		ORIGEN_CARG	TIPO_MERCADERIA
		IMPORTACION	Total general
TIPO_MERCADERIA	AGENCIA	CNT LLENO	
20 PIES		2.514,00	2.514,00
	AGENCIA MARITIMA TRANSMARES COSTA RICA, S.A.	182,00	182,00
	CENTRO DE CHEQUEO MARÍTIMO E.I.R.L.	2.199,00	2.199,00
	MAERSK COSTA RICA S.A.	6.658,00	6.658,00
	MARINA INTERCONTINENTAL S.A.	3.204,00	3.204,00
	MEDITERRANEA INTERMODAL MEDINTER S.A.	3.915,00	3.915,00
	S M C A SERVICIOS MARITIMOS DE CENTRO AMERICA S	1.231,00	1.231,00
40 PIES		7.719,00	7.719,00
	AGENCIA MARITIMA TRANSMARES COSTA RICA, S.A.	379,00	379,00
	CENTRO DE CHEQUEO MARÍTIMO E.I.R.L.	7.099,00	7.099,00
	CORPORACION DE DESARROLLO AGRICOLA DEL MONTE S.	3.391,00	3.391,00
	MAERSK COSTA RICA S.A.	16.437,00	16.437,00
	MARINA INTERCONTINENTAL S.A.	9.310,00	9.310,00
	MEDITERRANEA INTERMODAL MEDINTER S.A.	8.702,00	8.702,00
	S M C A SERVICIOS MARITIMOS DE CENTRO AMERICA S	4.609,00	4.609,00
Total general		77.549,00	77.549,00

Fuente: Unidad Técnica de Supervisión y Control INCOP

De este modo, la demanda anual de transporte de contenedores llenos de importación por ferrocarril se establece en 67.598 plataformas ferroviarias portacontenedores de 40 pies, distribuidas de la siguiente manera:

- ✓ 9.952 carros planos de ferrocarril cargan los 19.903 “boxes” de 20 pies (2 “boxes” por plataforma ferroviaria de 40 pies) y
- ✓ 57.646 carros planos de ferrocarril cargan los 57.646 “boxes” de 40 pies

Ahora, esta cifra anual de 67.598 unidades corresponde a 185 plataformas ferroviarias portacontenedores de 40 pies por día, mas no es equivalente a requerir 185 camiones (cabezal + remolque) para cumplir con este traslado por carretera, dado que no existen en el país plataformas portacontenedores o cureñas carreteras para disponer dos “boxes” de 20 pies al mismo tiempo, es decir, cada “box” de 20 pies requiere de un tractocamión para ser transportado por carretera.

Del cuadro anterior también se desprende el dato que del total de “boxes” movilizadas en un año (77.549), 57.646 corresponden a “boxes” de 40 pies, es decir, por día 158 traslados de contenedores de 40 pies de Puerto Caldera al GAM. Consecuentemente, 19.903 corresponden a “boxes” de 20 pies, es decir, por día 54 traslados de contenedores de 20 pies de Puerto Caldera al GAM. De realizarse estos traslados por carretera se requerirían 212 camiones para movilizar 158 “boxes” en cureñas de 40 pies y 54 “boxes” en cureñas de 20 pies, mientras que como se mencionó anteriormente, se requieren 185 plataformas ferroviarias portacontenedores para movilizar ese total diario de “boxes”.

4.1.2. Estimación de la capacidad de las vías, patios, apartaderos, espuelas y terminales de contenedores, para disponer los carros portacontenedores y los contenedores

▪ Estimación de la capacidad de almacenaje de carros y contenedores en Puerto Caldera (Patio “La Purruja”)

La Gerencia de Operaciones del INCOFER, por medio del informe “*Proyecto de consultoría sobre Concesión de la red de ferrocarriles del INCOFER – Inversión en infraestructura; Inversiones en material y talleres*”, elaborado por la empresa consultora española INECO en el año 2001, definió para el patio “La Purruja”, ubicado en las afueras del puerto de Caldera, una capacidad de 115 carros planos (futuras plataformas portacontenedores de 40 pies). Para este total de 115 carros, tomando que cada uno carga dos TEUs (contenedores de 20 pies), se estima un almacenaje de 230 TEUs.

Figura #16. Imagen panorámica del patio “La Purruja”, afueras del puerto de Caldera



Fuente: Elaboración por el postulante

▪ Estimación de la capacidad de almacenaje de carros y contenedores en patios entre Puerto Caldera y Ciruelas Alajuela

Se toman los siguientes patios existentes en el tramo Puerto Caldera y Ciruelas Alajuela (PK = Punto Kilométrico o estacionamiento desde la estación del ferrocarril al Pacífico San José):

- Ciruelas (PK 22+700): Longitud efectiva = 408 metros, correspondiente a 34 carros planos.
- Atenas (PK 37+300): Longitud efectiva = 228 metros, correspondiente a 19 carros planos.
- Dantas (PK 59+000): Desaparece con la implementación del túnel Dantas – Concepción, por lo que no será tomado en cuenta en el estudio de prefactibilidad.
- Orotina (PK 66+200): Longitud efectiva = 480 metros, correspondiente a 40 carros planos.
- Salinas (PK 89+200): Longitud efectiva = 120 metros, correspondiente a 10 carros planos.

La suma de la capacidad de almacenaje de carros en patios es de 103 para el tramo en estudio. Para este total, tomando que cada uno carga dos TEUs (contenedores de 20 pies), se estima un almacenaje de 206 TEUs.

▪ **Estimación de la capacidad de almacenaje de carros y contenedores en apartaderos y espuelas entre Puerto Caldera y Ciruelas Alajuela**

Se toman los siguientes apartaderos y espuelas existentes en el tramo Puerto Caldera y Ciruelas Alajuela:

- Fournier (PK 26+700): Longitud efectiva = 156 metros, correspondiente a 13 carros planos.
- Turrúcares (PK 30+300): Longitud efectiva = 144 metros, correspondiente a 12 carros planos.
- Cebadilla (PK 34+600): Longitud efectiva = 120 metros, correspondiente a 10 carros planos.
- ICE (PK 32+800): Longitud efectiva = 96 metros, correspondiente a 8 carros planos.
- Balsa (PK 41+800): Longitud efectiva = 336 metros, correspondiente a 28 carros planos.
- Poncho Mora (PK 46+500): Longitud efectiva = 204 metros, correspondiente a 17 carros planos.
- Escobal (PK 49+700): Longitud efectiva = 240 metros, correspondiente a 20 carros planos.
- Quebradas (PK 52+500): Longitud efectiva = 216 metros, correspondiente a 18 carros planos.
- Concepción (PK 56+000): Longitud efectiva = 432 metros, correspondiente a 36 carros planos.
- Hacienda Vieja (PK 62+100): Longitud efectiva = 240 metros, correspondiente a 20 carros planos.
- Coyolar (PK 71+000): Longitud efectiva = 108 metros, correspondiente a 9 carros planos.
- Pozón (PK 73+900): Longitud efectiva = 204 metros, correspondiente a 17 carros planos.
- Ceiba (PK 76+300): Longitud efectiva = 144 metros, correspondiente a 12 carros planos.
- Cascajal (PK 79+500): Longitud efectiva = 96 metros, correspondiente a 8 carros planos.
- Kilómetro 81 (PK 81+000): Longitud efectiva = 24 metros, correspondiente a 2 carros planos.
- Uvita (PK 82+000): Longitud efectiva = 192 metros, correspondiente a 16 carros planos.
- Jesús María (PK 85+800): Longitud efectiva = 264 metros, correspondiente a 22 carros planos.

La suma de la capacidad de almacenaje de carros en apartaderos y espuelas es de 268 para el tramo en estudio. Para este total, tomando que cada uno carga dos TEUs (contenedores de 20 pies), se estima un almacenaje de 536 TEUs.

- **Estimación de la capacidad de almacenaje de carros y contenedores en tramos de la vía en desuso tramo Ciruelas Alajuela – GAM (tramo fuera del proyecto para el transporte de contenedores)**

Encontrándose la estación Ciruelas en el PK 22+700 y previendo una futura rehabilitación de todo el sistema ferroviario nacional – sector Pacífico desde la estación FEP San José, resultan aprovechables para los intereses de la presente propuesta la espuela denominada COBESA (PK 16+400) y el apartadero denominado Ojo de Agua (PK 18+700), con longitudes de 36 y 240 metros respectivamente, lo que corresponde a una capacidad de almacenaje de carros de 3 y 20 unidades respectivamente. Para este total de 23 plataformas portacontenedor, tomando que cada carro plano carga dos TEUs (contenedores de 20 pies), se estima un almacenaje de 46.

- **Estimación de la capacidad de almacenaje de carros y contenedores en tramos de la vía en desuso tramo Ciruelas – Alajuela conocido como ramal Montecillos (tramo fuera del proyecto para el transporte de contenedores)**

El ramal existente entre la intersección a nivel sector Ciruelas y la antigua espuela de la industria Molinos de Costa Rica consta de 8,00 km, de los cuales resultan aprovechables 600 metros (De: terminal intermodal Ciruelas Alajuela – A: Ent.N.124) y 900 metros (De: final urbanización Santa Fe – A: Ent.N.1 Coyol), para el almacenaje de carros sin causar inconveniente alguno a los residentes y usuarios de las vías inmediatas a la línea férrea. Esta longitud corresponde a una capacidad de almacenaje de carros de 125 unidades. Para este total de 125 plataformas portacontenedor, tomando que cada carro plano carga dos TEUs (contenedores de 20 pies), se estima un almacenaje de 250 TEUs.

- **Estimación de la capacidad de almacenaje de carros y contenedores en la futura terminal intermodal en Ciruelas Alajuela**

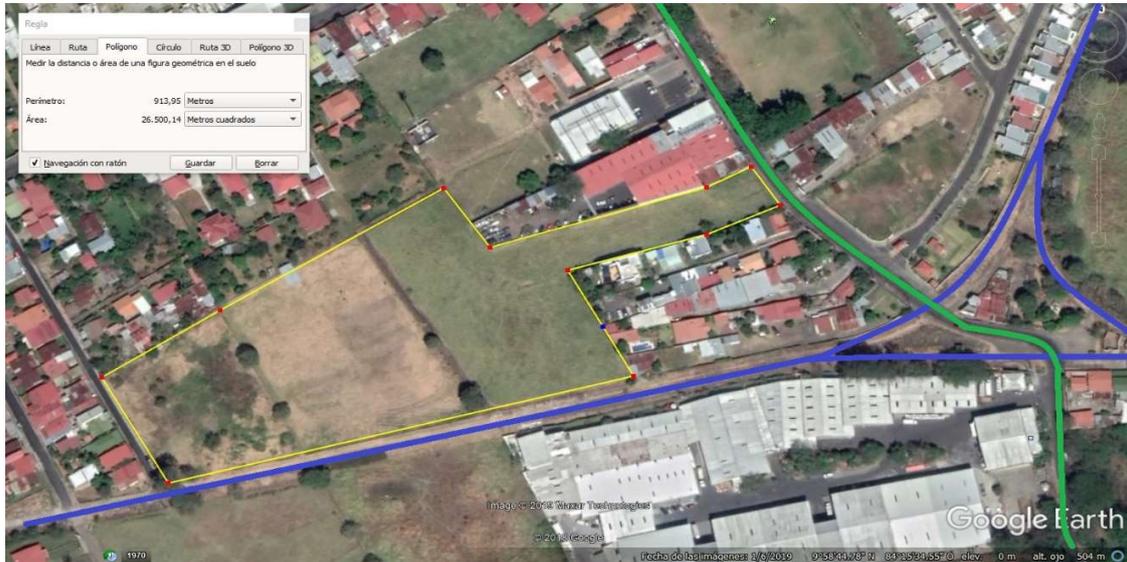
→ Vía férrea y patio Ciruelas Alajuela

Como propuesta técnica consensuada entre la Gerencia de Operaciones del INCOFER y el investigador, es viable espacialmente reproducir el patio “La Purruja” dentro de la terminal intermodal a implementar en Ciruelas Alajuela, el cual cuenta con una longitud efectiva de 1403 metros, con seis vías adicionales a la línea principal, lo que corresponde a una capacidad de almacenaje de carros de 115 unidades.

→ Propuesta de terreno a expropiar (área) para la implementación de la terminal intermodal Ciruelas Alajuela

Como propuesta técnica, se estima que la terminal intermodal se puede construir en un área total de 26.500 m² aproximadamente, en el terreno que muestra la Figura #17 dentro del perímetro destacado en amarillo. Nótese destacado en azul el trazado de la línea férrea, y destacado en verde la ruta nacional 124.

Figura #17. Imagen satelital – propuesta de terreno completo para terminal intermodal



Fuente: *Google Earth* y edición por el postulante

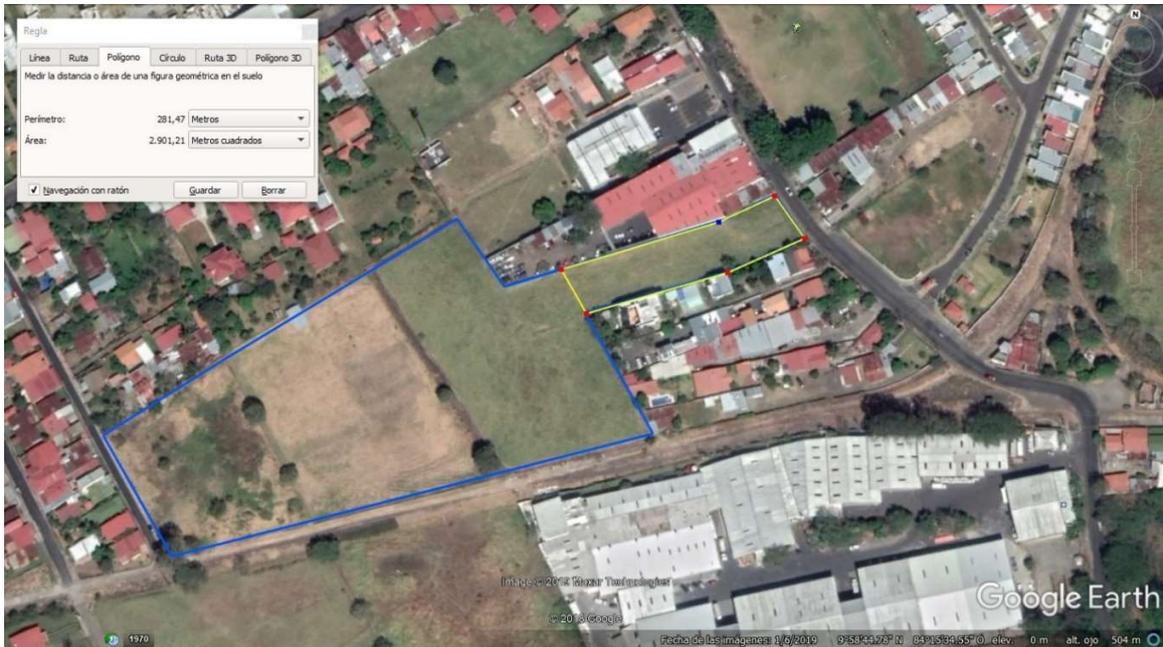
El terreno propuesto corresponde a un área actualmente en verde, que puede dividirse en dos polígonos definidos por el estudiante como “patio” (con un área estimada de 23.600 m²) y como “acceso” (con un área estimada de 2.900 m²):

Figura #18. Imagen satelital – propuesta de porción de terreno para patio en terminal intermodal



Fuente: *Google Earth* y edición por el postulante

Figura #19. Imagen satelital – propuesta de porción de terreno para acceso de camiones a la terminal intermodal

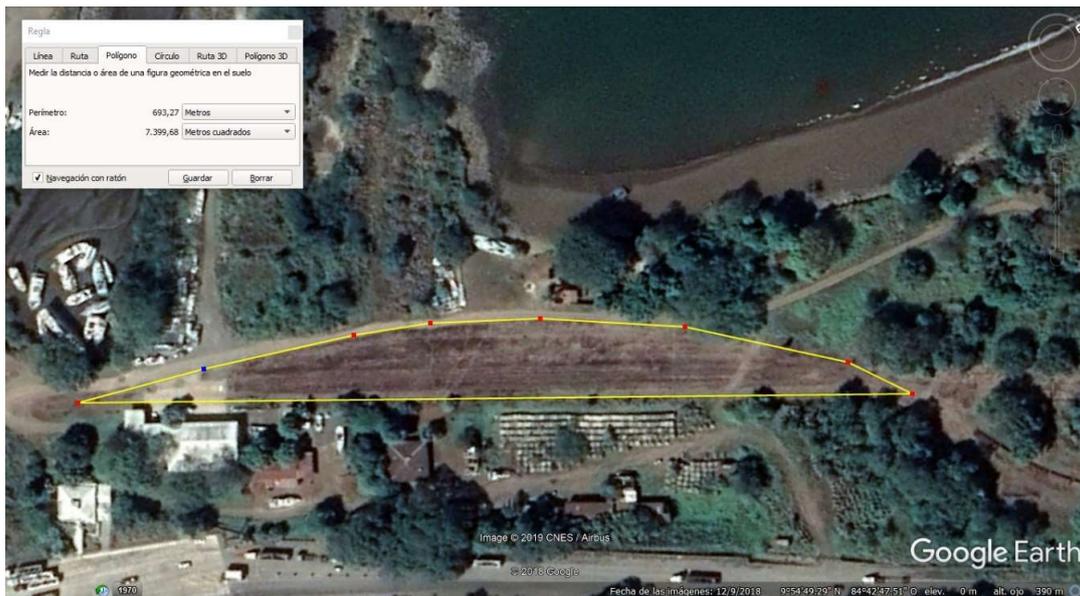


Fuente: *Google Earth* y edición por el postulante

El polígono definido como “patio” albergaría:

- un área correspondiente a la reproducción del patio “La Purruja”, que contempla las seis líneas adicionales a la línea férrea principal y que se estima en de 7.400 m², según se aprecia en la Figura #20;

Figura #20. Imagen satelital – patio “La Purruja” a reproducir en la terminal intermodal



Fuente: *Google Earth* y edición por el postulante

→ un área de almacenaje de contenedores: estimada tomando los ejemplos de algunas terminales intermodales de este tipo existentes en México, a saber: Puebla, Monterrey, Guadalajara, Chihuahua y Sonora, pertenecientes a la empresa mexicana Intermodal México (IMEX), perteneciente al Grupo México (ver Tabla #9), de donde se dedujo mediante prorrateo una relación Área almacenaje / Longitud vía de 5,22. Para los 1.403 metros lineales de vía definidos para el patio “La Purruja”, se estima un área de almacenaje de 7.324 m².

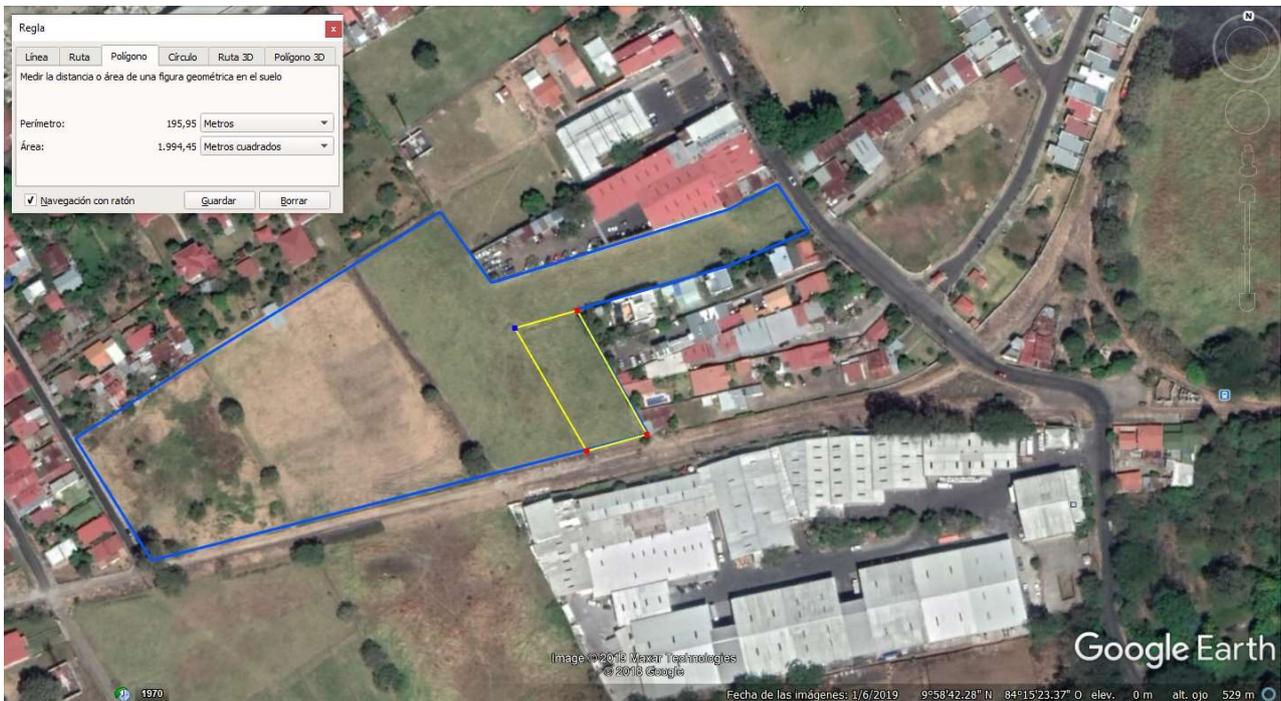
Tabla #9. Prorrateo de relación Área almacenaje / Longitud de vía (caso terminales intermodales México)

Terminal	Longitud de la vía (m)	Capacidad de almacenaje (TEUS)	Capacidad de almacenaje (TEUS) en 1 estiba	Relación Capacidad almacenaje / Longitud vía	Área de almacenaje (m ²)	Relación Área almacenaje / Longitud vía
Puebla	600,00	600	300	1,00	4465,20	7,44
Monterrey	3100,00	1900	633	0,61	9426,53	3,04
Guadalajara	1755,00	1554	777	0,89	11564,87	6,59
Chihuahua	385,00	112	28	0,29	416,75	1,08
Sonora	467,00	250	250	0,54	3721,00	7,97
Promedio	1261,40	883	398	0,66	5918,87	5,22

Fuente: Empresa Intermodal México (IMEX) y elaboración por el postulante

→ un área de oficinas administrativas de la terminal estimada en 2.000 m²;

Figura #21. Imagen satelital – propuesta de porción de terreno para oficinas administrativas de la terminal intermodal



Fuente: Google Earth y edición por el postulante

- un área de maniobras (manipulación de contenedores e intercambio de medio ferrocarril – carretera), área remanente resultante correspondiente a 6.876 m² aproximadamente.

El polígono definido como “acceso” sería destinado para el ingreso y la salida de los camiones (cabezal + plataforma portacontenedor). Con un ancho transversal promedio de 24,00 metros, esta área contemplaría una carretera principal de 14,00 metros de ancho en dos carriles por sentido (3,50 metros por carril) y una longitud aproximada de 110 metros, con una sección adicional de 10,00 metros de ancho para la implementación de toda obra de infraestructura adicional destinada a la logística de ingreso y salida de los camiones hacia y desde la terminal intermodal, entiéndase casetas de control, estacionamiento, batería de servicios sanitarios, etc.

→ Capacidad total de almacenaje de carros y contenedores en la futura terminal intermodal Ciruelas Alajuela

Tomando en cuenta los dos apartados precedentes, se tiene:

- Para el caso de la vía férrea y patio Ciruelas Alajuela, se estableció un total de 115 plataformas portacontenedor, tomando que cada carro plano carga dos TEUs (contenedores de 20 pies), se estima un almacenaje de 230 TEUs;
- Para el caso del área de almacenaje de contenedores, resultante en 7.324 m², y tomando que 1 TEUs (contenedor de 20 pies) abarca un área de 14,88 m² (ancho 2.44 m y largo 6.1 m), se tiene un área efectiva de almacenaje de 492 TEUs. Es propuesta del estudiante que los contenedores se pueden almacenar en doble estiba, según las condiciones del terreno donde se implementaría la nueva terminal intermodal, lo que arrojaría un almacenaje de 984 TEUs.
- Capacidad total de almacenaje de carros en la futura terminal intermodal Ciruelas Alajuela resultante: 1.214 TEUs.

▪ **Estimación de la capacidad de almacenaje de carros y contenedores total para la propuesta**

Según el análisis anterior se tiene la siguiente capacidad de almacenaje:

- En Puerto Caldera (patio “La Purruja”): 230 TEUs;
- En patios entre Puerto Caldera y Ciruelas Alajuela: 206 TEUs;
- En apartaderos y espuelas entre Puerto Caldera y Ciruelas Alajuela: 536 TEUs;
- En tramos de la vía en desuso tramo Ciruelas Alajuela – GAM: 46 TEUs;
- En tramos de la vía en desuso tramo Ciruelas – Alajuela conocido como ramal Montecillos: 250 TEUs;
- En la futura terminal intermodal Ciruelas Alajuela: 1.214 TEUs;
- **Capacidad de almacenaje total para el sistema ferroviario nacional – sector Pacífico: 2.384 TEUs.**

4.1.3. Estimación de la capacidad de arrastre del equipo tractivo que se propone adquirir.

Las locomotoras existentes en Costa Rica marca General Electric, serie U-11B, año de fabricación 1979, que aún se mantienen en operación tanto en el sector Pacífico como en el Atlántico, tienen una capacidad de arrastre máxima de 260 toneladas métricas.

En el apartado 4.1.1 se estimó una demanda diaria de 185 carros portacontenedores cargados cada uno con dos contenedores de 20 pies o con un contenedor de 40 pies. La solicitud de total carga (arrastre) correspondiente a estos 185 carros con sus respectivos contenedores cargados y considerando el peso de las plataformas ferroviarias portacontenedores, se estima en 8.140 toneladas métricas por día, por lo que se requerirían cerca de 31 locomotoras de este tipo para hacerle frente a la demanda diaria de transporte de contenedores de importación que arriban a la terminal de Caldera, con las que de hecho no cuenta el sistema ferroviario nacional.

No obstante, lo innovador de la presente propuesta técnica es una modernización del sistema ferroviario nacional – sector Pacífico, que implica la sustitución de equipo obsoleto por activos nuevos, tanto en equipo tractivo, como rodante y de maniobras. Según parte de las investigaciones realizadas, se tiene que la locomotora marca Stadler, modelo Eurodual, de fabricación alemana, cuenta con una potencia de 2,8 MW en modo diésel, una capacidad de arrastre de hasta 2.000 toneladas métricas (parámetro que dependerá de las características topográficas del trazado de la vía férrea – ver cálculo de capacidad de arrastre efectiva), así como con un esfuerzo tractor de hasta 500 kN, uno de los de mayor capacidad de arrastre del mercado europeo y que le permiten transportar trenes más largos y pesados con una sola máquina, lo que redundará en la mejora de la rentabilidad de estos servicios de transporte. Con base en estas especificaciones técnicas, conservadoramente se requerirían cuatro locomotoras de este tipo para hacerle frente a la demanda diaria de transporte de contenedores de importación que arriban a la terminal de Caldera, esto si se define que cada locomotora puede ejecutar un único viaje ida y vuelta por día.

4.1.4. Definición de la demanda máxima de contenedores llenos de importación que el nuevo sistema ferroviario intermodal propuesto podría asumir

Dada la capacidad de almacenaje total del sistema ferroviario nacional – sector Pacífico de 2.482 TEUs, de los cuales 230 TEUs corresponden al patio “La Purruja” en Puerto Caldera y 1.214 TEUs a la futura terminal intermodal en Ciruelas Alajuela, es decir en los sitios de origen y destino, en contraposición con la demanda promedio diaria estimada de 370 TEUs (185 plataformas ferroviarias portacontenedores de 40 pies por día), tomando la población completa correspondiente al 2019 según datos aportados por el INCOP, se establece que sí es factible técnicamente la movilización por ferrocarril de la totalidad de los contenedores llenos de importación que arriban a Puerto Caldera, contando con la cantidad y especificaciones técnicas de equipos nuevos (tractivo, rodante y de maniobras) mínimas requeridas para hacerle frente a este servicio de logística de transporte terrestre de mercancías.

El escenario logístico ideal es en el cual no se utilizan patios, apartaderos o espuelas ubicados entre los sitios de origen y destino de la carga, es decir, donde la capacidad de almacenaje máxima de los patios de “La Purruja” en Puerto Caldera (origen) y de la nueva terminal intermodal en Ciruelas Alajuela (destino) es suficiente, a saber: 230 y 1.214 TEUs respectivamente, para un total de 1.444 TEUs.

Resumen: la demanda promedio diaria de transporte de contenedores llenos de importación recorrido Puerto Caldera – GAM, se estimó de 370 TEUs (185 plataformas ferroviarias portacontenedores de 40 pies por día), lo que implicaría un total de 5.550 toneladas por día (asumiendo una capacidad máxima de carga de 15 toneladas por cada unidad de TEUs), equivalentes a **2.025.750 toneladas por año**. El tramo de vía férrea entre el puerto de Caldera y la terminal intermodal propuesta para Ciruelas Alajuela abarca un recorrido de 61,2 km (ver origen del dato en el apartado siguiente 4.2.1.1., por lo que la demanda anual de transporte de contenedores llenos de importación recorrido Puerto Caldera – GAM se traduce en **123.975.900 ton*km**.

4.2. Inversión inicial en el nuevo sistema ferroviario nacional – sector Pacífico para el sistema intermodal propuesto

4.2.1. Infraestructura vial:

4.2.1.1. Vía férrea

→ Línea principal

La denominada “vía real” o línea principal del ferrocarril al Pacífico, abarca un total de 116 km entre San José y Puntarenas, de los cuales 65,7 km corresponden al tramo Ciruelas (Alajuela)– Empalme Purruja (Salinas Esparza), entre PK 22,7 y PK 88,4 respectivamente.

Ahora, en caso de que se concrete la implementación del túnel ferroviario entre los sectores de Concepción y Dantas, cuyo inicio y final se proponen en los PK 56,2 y 60,7 respectivamente, esto implicaría que 4,5 km de la “vía real” existente desde los primeros años del siglo anterior quedaría en desuso, lo que implica que como distancia total de línea principal efectiva resultante que se deberá rehabilitar se tendrán 61,2 km.

Con el aporte de un compilado de datos reales, correspondientes a rehabilitaciones ejecutadas recientemente, información brindada por el Ing. Pablo Mora, asistente de Vías y Estructuras de la Gerencia de Operaciones, INCOFER, se llegó a un dato práctico, extraído de las actividades periódicas de rehabilitación mayor de la vía férrea, correspondiente a 250 millones de colones por kilómetro, que incluye como rubros típicos:

- Traviesas de concreto con su fijación tipo e-clip
- Rieles de 85 lb/yd (11,9 m largo c/u)
- Balasto y sub-balasto
- Soldadura aluminotérmica (set completo/pega)
- Cambiavías y/o “Switch”
- Juegos de traviesas para cambiavías
- Traviesas de madera para puentes (donde aplique)
- Mano de obra
- Maquinaria (back hoe, tractor, vagoneta, compactadora)

De los datos anteriores se estima una inversión inicial en el nuevo sistema ferroviario nacional correspondiente a la línea principal Ciruelas – Empalme La Purruja de 15.300 millones de colones.

→ Apartaderos y espuelas

Según los datos existentes en el informe “*Proyecto de consultoría sobre Concesión de la red de ferrocarriles del INCOFER – Inversión en infraestructura; Inversiones en material y talleres*”, se tiene un total de 2.684

km entre apartaderos y espuelas existentes entre Ciruelas y el Empalme La Purruja, divididos de la siguiente manera:

Tabla #10. Datos de apartaderos y espuelas existentes entre Ciruelas y el Empalme La Purruja

Apartadero o espuela	PK	Longitud (metros)
Fournier	26+700	156
Turrúcares	30+300	144
Cebadilla	34+600	120
ICE	32+800	96
Balsa	41+800	336
Poncho Mora	46+500	204
Escobal	49+700	240
Quebradas	52+500	216
Concepción	56+000	Parte del tramo a eliminar
Hacienda Vieja	62+100	240
Coyolar	71+000	108
Pozón	73+900	204
Ceiba	76+300	144
Cascajal	79+500	96
Kilómetro 81	81+000	24
Uvita	82+000	92
Jesús María	85+800	264
Total		2.684

Fuente: Informe “*Proyecto de consultoría sobre Concesión de la red de ferrocarriles del INCOFER – Inversión en infraestructura; Inversiones en material y talleres*” y elaboración por el postulante

Del dato indicado anteriormente para una rehabilitación mayor de la vía férrea, correspondiente a 250 millones de colones por kilómetro, se estima una inversión inicial en el nuevo sistema ferroviario nacional correspondiente a apartaderos y espuelas existentes entre Ciruelas y el Empalme La Purruja de 780 millones de colones.

→ **Ramales**

Como único ramal existente incluido en la presente propuesta técnica para el nuevo sistema ferroviario nacional (tramo Ciruelas Alajuela – Puerto Caldera), se tiene el ramal denominado ramal Purruja (también conocido como ramal Caldera), que abarca desde el empalme La Purruja sector Salinas (PK 88.4) hasta el complejo del puerto de Caldera, específicamente hasta el patio “La Purruja”, ubicado al costado este de la terminal portuaria, para una longitud efectiva de 4.6 km. Del dato indicado anteriormente para una rehabilitación mayor de la vía férrea, correspondiente a 250 millones de colones por kilómetro, se estima una inversión inicial en el nuevo sistema ferroviario nacional correspondiente a ramales existentes entre Ciruelas y Puerto Caldera de 1.150 millones de colones.

→ **Patios**

Según los datos existentes en el informe “*Proyecto de consultoría sobre Concesión de la red de ferrocarriles del INCOFER – Inversión en infraestructura; Inversiones en material y talleres*”, se tiene un total de 2.684 km en patios existentes entre Ciruelas y Puerto Caldera, divididos de la siguiente manera:

Tabla #11. Datos de patios existentes entre Ciruelas y el Empalme La Purruja

Patio	PK	Longitud (metros)
Ciruelas	22+700	408
Atenas	37+300	228
Dantas	59+000	Parte del tramo a eliminar
Orotina	66+200	480
Salinas	89+200	120
La Purruja	93+000	1.236
Total		2.472

Fuente: Informe “*Proyecto de consultoría sobre Concesión de la red de ferrocarriles del INCOFER – Inversión en infraestructura; Inversiones en material y talleres*” y elaboración por el postulante

Del dato indicado anteriormente para una rehabilitación mayor de la vía férrea, correspondiente a 250 millones de colones por kilómetro, se estima una inversión inicial en el nuevo sistema ferroviario nacional correspondiente a apartaderos y espuelas existentes entre Ciruelas y el Empalme La Purruja de 618 millones de colones.

4.2.1.2. Estructuras mayores

→ Puente sobre río Grande

Se proponen las siguientes actividades como mínimas para cumplir con una rehabilitación mayor: Limpieza general, *sandblasting*, pintura, sustitución de traviesas dañadas, sustitución de juntas expansión dañadas, sustitución de almohadillas de neopreno degradadas, sustitución de pernos dañados, sustitución de elementos estructurales dañados, sustitución de rieles y elementos de sujeción dañados, reconstrucción de obras de drenaje en aproximaciones, soldadura, reconstrucción de losas para tránsito peatonal, entre otros. Para una eventual contratación por suma alzada para esta rehabilitación mayor se estima conservadoramente un monto global de 500 millones de colones, como parte de la puesta a punto de esta estructura de paso mayor.

→ Puente sobre río Jesús María

Se proponen las siguientes actividades como mínimas para cumplir con una rehabilitación mayor: Obras de protección contra socavación en bastiones y pilas intermedias, limpieza general, *sandblasting*, pintura, sustitución de traviesas dañadas, sustitución de juntas expansión dañadas, sustitución de almohadillas de neopreno degradadas, sustitución de pernos dañados, sustitución de elementos estructurales dañados, sustitución de rieles y elementos de sujeción dañados, sustitución de luminarias inservibles, reconstrucción de instalación eléctrica, entre otros. Para una eventual contratación por suma alzada para esta rehabilitación mayor se estima conservadoramente un monto global de 200 millones de colones, como parte de la puesta a punto de esta estructura de paso mayor.

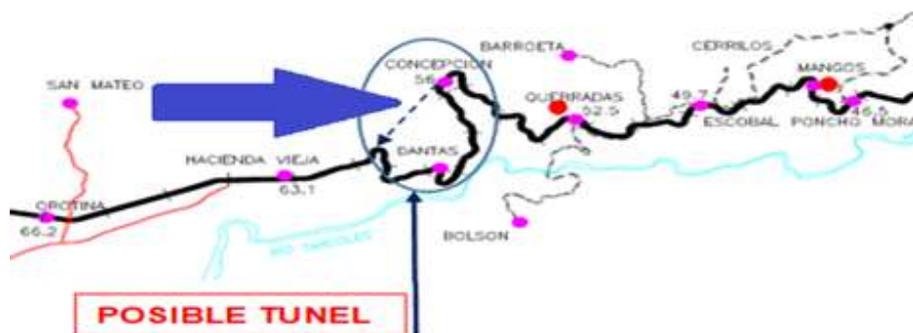
→ Túnel Cambalache

Se proponen las siguientes actividades como mínimas para cumplir con una rehabilitación mayor: implementación de obras de drenaje contra inundaciones, limpieza general, sustitución de traviesas dañadas, sustitución de rieles y elementos de sujeción dañados sustitución de luminarias inservibles, reconstrucción de instalación eléctrica, sustitución de balasto y subbalasto, sello de grietas, entre otros. Para una eventual contratación por suma alzada para esta rehabilitación mayor se estima conservadoramente un monto global de 150 millones de colones, como parte de la puesta a punto de esta estructura de paso mayor

→ Túnel a construir sector Dantas – Concepción

Un tema de confidencialidad entre el Instituto Costarricense de Electricidad ICE y el Instituto Costarricense de Ferrocarriles INCOFER, aunado a la salida de la institución por parte del máster Randall Retana Moreno, citado anteriormente, impide el aporte de algún documento borrador que preparó años atrás un grupo de profesionales expertos en construcción de túneles. No obstante, fue posible rescatar el dato del monto estimado de \$29 millones para los estudios, diseño y construcción de un túnel ferroviario en el sector de Dantas, con una longitud aproximada de 1,60 km, tal cual se muestra:

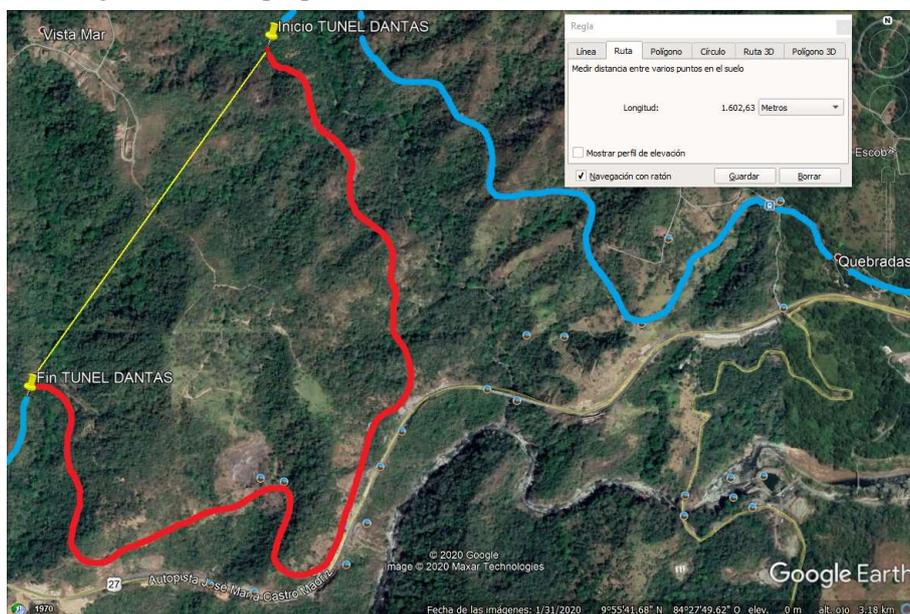
Figura #22. Plano sistema ferroviario nacional – sector Pacífico tramo Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela y alineamiento propuesto para construcción de túnel sector Dantas



Fuente: Gerencia de Operaciones INCOFER y edición por el postulante

Se tomará este dato como válido (17.774,25 millones de colones aproximadamente) por tratarse de un estudio de prefactibilidad, el cual se basa en información secundaria y que en una etapa posterior (estudio de factibilidad), deberá ser ajustado a un monto más preciso.

Figura #23. Imagen satelital – propuesta de alineamiento tramo cubierto de 1.60 km de longitud



Fuente: Google Earth y edición por el postulante

Nótese destacado en color rojo el tramo de la vía, con una longitud estimada en 4,5 km, que quedaría en desuso si se llegara a implementar este túnel ferroviario.

4.2.1.3. Estructuras menores

→ Alcantarillas de cuadro

Se proponen las siguientes actividades como mínimas para cumplir con una rehabilitación mayor: Limpieza general, sello de grietas, construcción de delantales de entrada y salida para evitar socavación, canalización del canal de entrada (aguas arriba y aguas abajo del paso), escolleras de protección laterales (aguas arriba), entre otros. Para una eventual contratación por suma alzada para esta rehabilitación mayor se estima conservadoramente un monto de 60 millones de colones, como parte de la puesta a punto de estas estructuras de paso menor.

→ Alcantarillas de tuberías

Se proponen las siguientes actividades como mínimas para cumplir con una rehabilitación mayor: Limpieza general, sello de grietas, construcción de delantales de entrada y salida para evitar socavación, canalización del canal de entrada (aguas arriba y aguas abajo del paso), escolleras de protección laterales (aguas arriba), entre otros. Del mismo modo, para una eventual contratación por suma alzada para esta rehabilitación mayor se estima conservadoramente un monto de 60 millones de colones, como parte de la puesta a punto de estas estructuras de paso menor.

→ Puentes menores

Se proponen las siguientes actividades como mínimas para cumplir con una rehabilitación mayor: Obras de protección contra socavación en bastiones, limpieza general, *sandblasting* para elementos metálicos, pintura, sustitución

de traviesas dañadas, sustitución de juntas expansión dañadas, sustitución de almohadillas de neopreno degradadas, sustitución de pernos y elementos estructurales dañados (en caso de que aplique), sustitución de rieles y elementos de sujeción dañados, entre otros. Para una eventual contratación por suma alzada para esta rehabilitación mayor se estima conservadoramente un monto de 110 millones de colones, como parte de la puesta a punto de estas estructuras de paso menor.

4.2.1.4. Predios (terminales de contenedores)

→ terminal de contenedores de Puerto Caldera

Tal cual se estableció por el Ing. Sibaja, Subgerente – Director de la Unidad Técnica de Supervisión y Control de los contratos de concesiones portuarias en Puerto Caldera del INCOP, la mejor propuesta técnica para la transferencia de los contenedores del piso (en este caso del bloque de contenedores “L” por el término *LAND* o “del lado de la tierra”) a los carros planos de ferrocarril o plataformas ferroviarias portacontenedores, debe ejecutarse fuera de los puestos de atraque 1, 2 y 3, idealmente al costado sur del Patio 2, donde actualmente se encuentran los Patios 5 y 6, implementando una salida directa hacia la vía real directo a Alajuela, que implica la salida del *convoy* de plataformas ferroviarias portacontenedores hacia el GAM por medio de locomotoras de vía.

Todo movimiento del equipo ferroviario rodante dentro de la terminal portuaria sería ejecutado por una única máquina de patio, para lo cual se propone uno de los equipos tractivos existentes actualmente, sea este una unidad de la serie 80s o la máquina N°39, destacada desde hace décadas en el plantel “La Purruja”, en las afueras del puerto de Caldera.

Según propuesta técnica por parte del Ing. Coto del INCOFER, se deben implementar al menos cuatro líneas ferroviarias dentro de la terminal portuaria, con el fin de ejecutar las maniobras de patio correspondientes a carga (contenedores llenos de importación) y descarga (retorno de contenedores vacíos) de las plataformas ferroviarias.

Dado que todo el terreno del complejo de Puerto Caldera ha sido intervenido y se han construido obras de infraestructura, es decir, no se trata de un terreno en verde que requiera desmonte, remoción de capa vegetal, corte y bote, corte y relleno, conformación y/o nivelación, se parte del hecho que la porción de este muelle que se destinará al uso exclusivo por parte del sistema ferroviario nacional únicamente requiere la implementación de la vía férrea correspondiente, definida como una extensión de la vía real con tres líneas férreas adicionales, con todos los elementos que esta infraestructura implica.

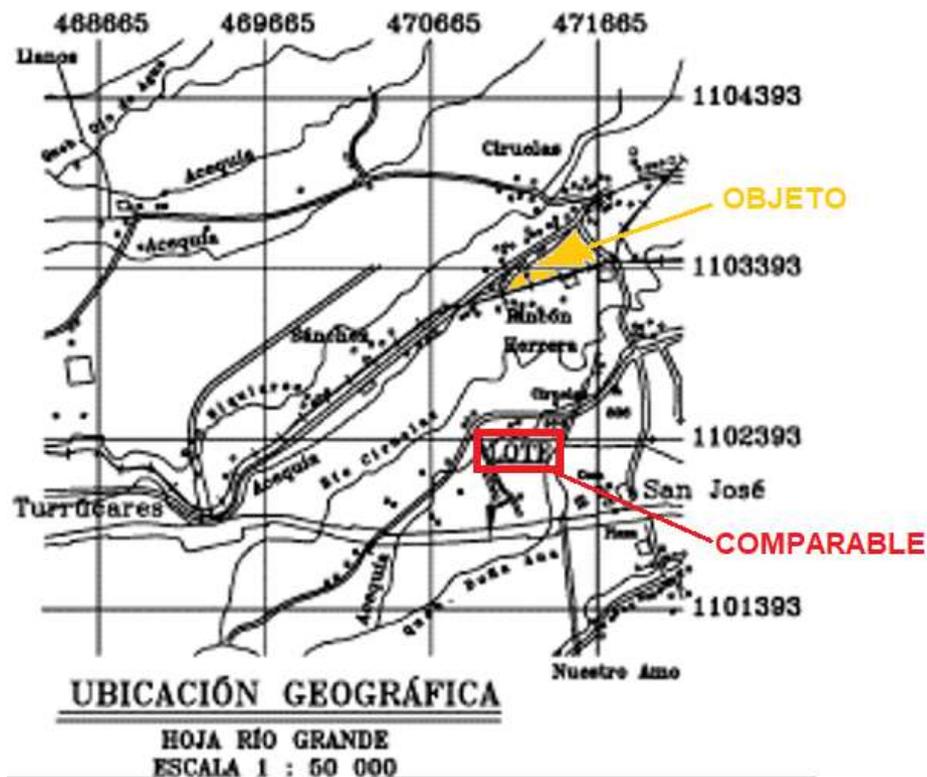
De este modo, se estima una longitud total de línea férrea dentro de la terminal portuaria de 1.538 metros lineales, tomando 698 metros de **vía real**, 254 metros para la **línea #2**, 275 metros para la **línea #3** y 311 metros para la **línea #4**. Del dato indicado anteriormente para una reconstrucción de la vía férrea, correspondiente a 250 millones de colones por kilómetro, se estima una inversión inicial en el nuevo sistema ferroviario nacional correspondiente a la terminal ferroviaria dentro de Puerto Caldera de 384,5 millones de colones.

Dado que las maniobras de carga y descarga de contenedores se ejecutaría con cargadores frontales o *Reach Stacker* (RS), no se requieren obras de infraestructura en piso adicionales para los equipos que manipularán los *boxes*.

→ adquisición de terreno (expropiación) para la construcción de la terminal intermodal ferrocarril – carretera en Ciruelas Alajuela “muelle seco”

Según **Avalúo N°029-2019**, Expediente N°2019-024, proyecto Corredor San José – Caldera, elaborado por la Supervisora Consorcio GETINSA – GABINETE S.A. para el Área de Proyectos en Desarrollo, Consejo Nacional de Concesiones MOPT, se tiene un monto estimado de $\phi 23.772/m^2$ de terreno en verde, esto para la propiedad comparable indicada en la imagen (notar en amarillo la propiedad propuesta para desarrollar la terminal intermodal):

Figura #24. Mapa terreno objeto (propuesto para terminal intermodal) y terreno comparable



Fuente: Avalúo N°029-2019, Expediente N°2019-024, proyecto Corredor San José – Caldera, elaborado por la Supervisora Consorcio GETINSA – GABINETE S.A.

Tomando este dato como referencial (debe ajustarse el avalúo del bien inmueble a la propiedad objeto), se tiene para un terreno de 26.500 m² aproximadamente (tal cual se estimó en la sección 4.1.2.), un monto total de $\phi 629.958.000$ aproximadamente.

→ terminal intermodal ferrocarril – carretera en Ciruelas Alajuela “muelle seco”

Se ha definido como inversión inicial para la implementación de la terminal intermodal propuesta en Ciruelas Alajuela el siguiente sumario de cantidades:

Tabla #12. Sumario de cantidades para la implementación de la terminal intermodal propuesta en Ciruelas Alajuela

ÁREA DENOMINADA:	DESCRIPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Patio ferroviario	Reproducción del patio ferroviario a construir dentro de la terminal portuaria en Caldera (3 vías adicionales a la principal)	1.538,00	mL	¢250.000,00	¢384.500.000,00
	Infraestructura previa a la instalación de vías férreas (desmonte + corte y bote + sustirución de 1.00 m con lastre)	7.400,00	m2	¢23.250,00	¢172.050.000,00
Almacenaje contenedores	Infraestructura completa hasta N.P.T. (desmonte + corte y bote + sustitución de 1.00 m con lastre + estructura de pavimento rígido)	7.324,00	m2	¢30.300,00	¢221.917.200,00
Oficinas administrativas / operativas	Edificio para oficinas en un nivel	2.000,00	m2	¢350.000,00	¢700.000.000,00
Acceso	Infraestructura completa hasta N.P.T. (desmonte + corte y bote + sustitución de 1.00 m con lastre + estructura de pavimento rígido)	2.900,00	m2	¢30.300,00	¢87.870.000,00
Área de maniobras	Infraestructura completa hasta N.P.T. (desmonte + corte y bote + sustitución de 1.00 m con lastre + estructura de pavimento rígido)	6.876,00	m2	¢30.300,00	¢208.342.800,00
INVERSIÓN TERMINAL INTERMODAL FERROCARRIL/CARRETERA CIRUELAS ALAJUELA					¢1.774.680.000,00

Fuente: Elaboración por el postulante

Los espacios físicos identificados como “Patio ferroviario”, “Almacenaje contenedores”, “Oficinas administrativas / operativas”, “Acceso” y “Área de maniobras”, fueron definidos en el apartado 4.1.2.

Los precios unitarios expuestos fueron obtenidos vía Gerencia de Operaciones INCOFER, así como datos históricos obtenidos por el postulante durante su ejercicio profesional, dedicado a los movimientos de tierra y obras de infraestructura, en proyectos de obra tanto pública como privada.

4.2.1.5. Soluciones geotécnicas para recuperación de terraplenes y estabilización de taludes

El Instituto Costarricense de Ferrocarriles, por medio de su Gerencia de Operaciones, identificó siete tramos de la vía férrea entre los sectores de Quebradas y Dantas (estacionamientos 52+500 y 59+000, respectivamente) donde se dio el colapso de la plataforma de la vía férrea, haciéndose imposible de restituir sin la contratación de los diseños y la construcción de soluciones geotécnicas formales, de modo que se logre recuperar el terraplén del trazado y brindar una estabilidad global al mismo, tanto en el talud superior como inferior respecto al nivel de la vía férrea.

Se exponen los casos identificados por la Gerencia de Operaciones:

Tabla #13. Sumario de cantidades estimado para diseños y construcción de soluciones geotécnicas tramos de la vía férrea colapsados o con inestabilidad global (Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela)

PK	SOLUCIÓN GEOTÉCNICA	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
45	Muro tipo <i>terramesh</i> o tierra armada + recuperación de terraplén de la vía férrea	20,00	mL	¢4.666.666,67	¢93.333.333,33
46	Muro tipo <i>terramesh</i> o tierra armada + recuperación de terraplén de la vía férrea	50,00	mL	¢4.666.666,67	¢233.333.333,33
52	Muro tipo <i>terramesh</i> o tierra armada + recuperación de terraplén de la vía férrea	50,00	mL	¢4.666.666,67	¢233.333.333,33
53	Muro tipo <i>terramesh</i> o tierra armada + recuperación de terraplén de la vía férrea	10,00	mL	¢4.666.666,67	¢46.666.666,67
54	Muro tipo <i>terramesh</i> o tierra armada + recuperación de terraplén de la vía férrea	15,00	mL	¢4.666.666,67	¢70.000.000,00
57	Parte del tramo eliminado por la construcción del puente Dantas - Concepción	25,00	mL	¢0,00	¢0,00
58	Parte del tramo eliminado por la construcción del puente Dantas - Concepción	15,00	mL	¢0,00	¢0,00
INVERSIÓN SOLUCIONES GEOTÉCNICAS TRAMO CIRUELAS - OROTINA					¢676.666.666,67

Fuente: Elaboración por el postulante

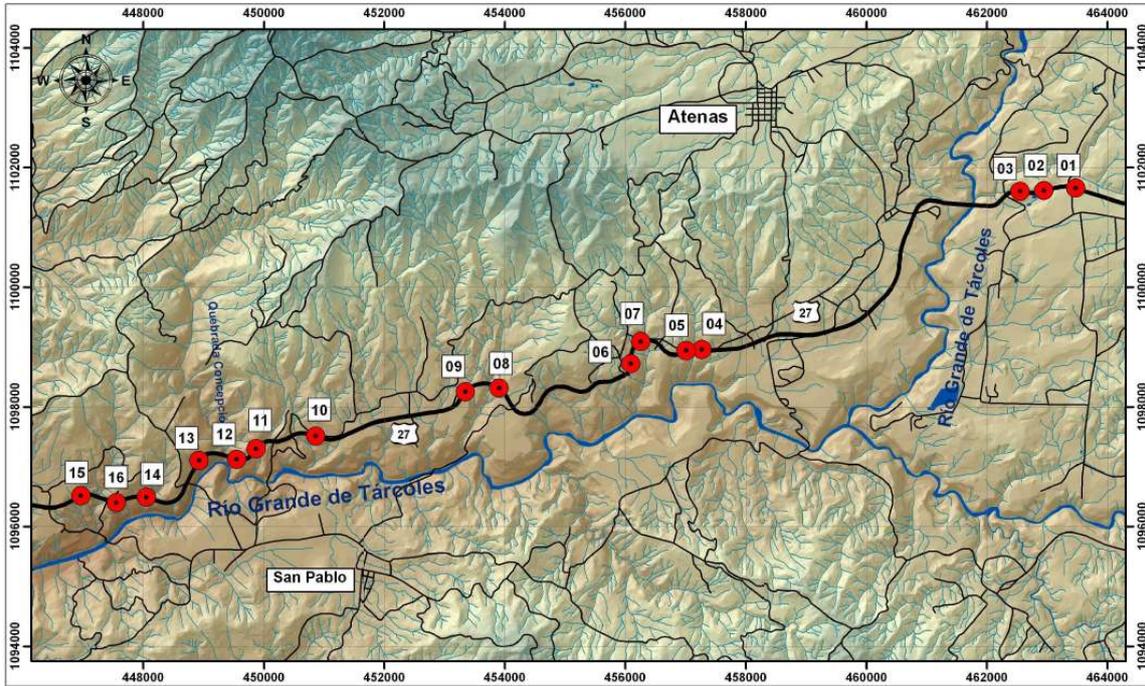
El costo unitario de solución geotécnica por metro lineal de vía férrea a recuperar fue estimado por el postulante basado en datos históricos promedio extraídos de obras similares ejecutadas por la Unidad de Gestión de Procesos de Reconstrucción, Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias CNE. Al ser un costo unitario por metro lineal, se estimó una altura promedio de 12 metros hasta la corona del terraplén recuperado, que corresponde al nivel de rasante de la vía férrea existente previo al colapso de cada tramo.

Nótese que para el caso de los daños ocurridos en la vía férrea en los estacionamientos 57+000 y 58+000 y su posible reconstrucción, serán excluidos del presente estudio en virtud de que se encuentran dentro del tramo a abandonar una vez que se ejecute la construcción del túnel “Dantas – Concepción”, con inicio y final en los PK 56+200 y 60+700, respectivamente.

Estos tramos analizados de la vía férrea son coincidentes con lo expuesto en el Informe **LM-PI-UE-008-2011** denominado “*Ubicación y evaluación de sitios susceptibles a deslizamientos de la Ruta Nacional 27 San José – Caldera, Tramo II*”, elaborado por la Unidad de Evaluación de la Red Vial Nacional, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LANAMME, donde se presentan los puntos vulnerables descritos en la Figura #25.

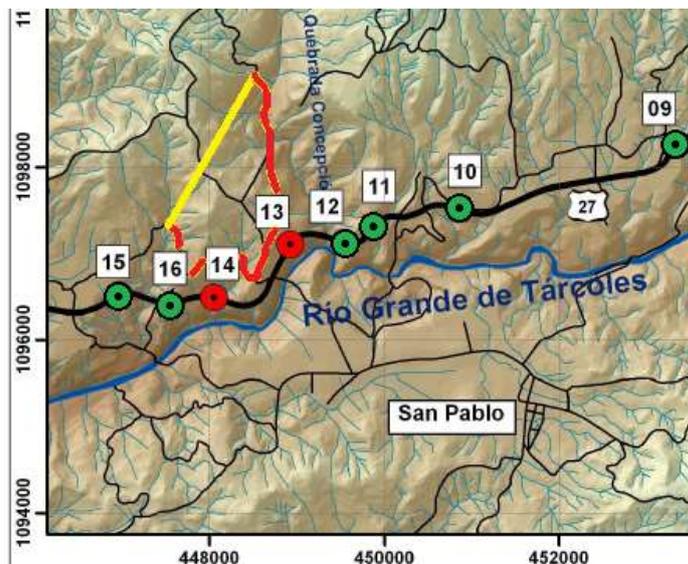
De igual manera, se tienen como puntos coincidentes que presentan vulnerabilidad de colapso por deslizamiento de la ruta nacional 27 con el tramo de la vía férrea a abandonar, por la pérdida de estabilidad global o por colapso de la plataforma de la misma, los puntos 13 y 14 de la Figura #26, estacionamientos 46+050 y 47+200 respectivamente (nótese coincidente con la Figura #24 la línea amarilla que representa el eventual trazado del túnel a construir en el sector de Dantas, y en rojo el trazado de la línea férrea a abandonar en el caso que se concrete la construcción de dicha estructura mayor).

Figura #25. Ubicación geográfica de los sitios vulnerables a deslizamientos, identificados por la Unidad de Evaluación de la Red Vial Nacional LANAMME, año 2011



Fuente: Informe LM-PI-UE-008-2011 “Ubicación y evaluación de sitios susceptibles a deslizamientos de la Ruta Nacional 27 San José – Caldera, Tramo II”, Unidad de Evaluación de la Red Vial Nacional LANAMME

Figura #26. Puntos coincidentes vulnerables por deslizamiento entre la ruta nacional 27 y la vía férrea destacados en rojo (13 y 14)



Fuente: Informe LM-PI-UE-008-2011 “Ubicación y evaluación de sitios susceptibles a deslizamientos de la Ruta Nacional 27 San José – Caldera, Tramo II”, Unidad de Evaluación de la Red Vial Nacional LANAMME. Adaptación por el postulante

Figura #27. Imágenes del deslizamiento ocurrido en el PK 46+250 (1 de setiembre 2011 – tomada de la página web www.nacion.com) y del talud superior PK 47+200, respectivamente (puntos #13 y #14 Figura 26)



Fuente: Informe LM-PI-UE-008-2011 “Ubicación y evaluación de sitios susceptibles a deslizamientos de la Ruta Nacional 27 San José – Caldera, Tramo II”, Unidad de Evaluación de la Red Vial Nacional LANAMME

4.2.2. Equipo:

4.2.2.1. Tractivo

Retomando la propuesta técnica de la locomotora marca Stadler, modelo Eurodual, con una capacidad de arrastre estimada en 2.000 toneladas métricas (parámetro que dependerá de las características topográficas del trazado de la vía férrea, y considerando una demanda de transporte de carga de 8.140 toneladas métricas por día, se requerirían cuatro locomotoras de este tipo para hacerle frente a esta demanda diaria de transporte de contenedores de importación que arriban a la terminal de Caldera, esto si se define que cada locomotora puede completar un único ciclo Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela – Puerto Caldera por día.

No obstante, tomando los 212 *boxes* que se espera arriben a la terminal en promedio por día, se considera viable que con la adquisición de únicamente dos locomotoras de vía nuevas, cada una logre completar dos ciclos diarios Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela – Puerto Caldera, tal como lo muestra el siguiente itinerario:

Tabla #14. Itinerario propuesto para ciclos diarios Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela – Puerto Caldera transporte de contenedores llenos de importación **LOCOMOTORA 1**

HORA		LOCOMOTORA #1		
		Duración (horas)	Actividad	Ubicación
De	A			
0:00	0:30	1,5	Carga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera
0:30	1:00			
1:00	1:30			
1:30	2:00	2,0	Recorrido Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela
2:00	2:30			
2:30	3:00			
3:00	3:30	1,5	Descarga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela
3:30	4:00			
4:00	4:30			
4:30	5:00	1,5	Carga de los contenedores vacíos (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela
5:00	5:30			
5:30	6:00			
6:00	6:30	2,0	Recorrido Ciruelas Alajuela – Puerto Caldera (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela
6:30	7:00			
7:00	7:30			
7:30	8:00	1,5	Descarga de contenedores vacíos (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera
8:00	8:30			
8:30	9:00			
9:00	9:30	1,5	Carga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera
9:30	10:00			
10:00	10:30			
10:30	11:00	2,0	Recorrido Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela
11:00	11:30			
11:30	12:00			
12:00	12:30	1,5	Descarga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela
12:30	13:00			
13:00	13:30			
13:30	14:00	1,5	Carga de los contenedores vacíos (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela
14:00	14:30			
14:30	15:00			
15:00	15:30	2,0	Recorrido Ciruelas Alajuela – Puerto Caldera (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela
15:30	16:00			
16:00	16:30			
16:30	17:00	1,5	Descarga de contenedores vacíos (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera
17:00	17:30			
17:30	18:00			
18:00	18:30			
18:30	19:00			
19:00	19:30			
19:30	20:00			
20:00	20:30			
20:30	21:00			
21:00	21:30			
21:30	22:00			
22:00	22:30			
22:30	23:00			
23:00	23:30			
23:30	0:00			

Fuente: Elaboración por el postulante

Tabla #15. Itinerario propuesto para ciclos diarios Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela – Puerto Caldera transporte de contenedores llenos de importación **LOCOMOTORA 2**

HORA		LOCOMOTORA #2		
De	A	Duración (horas)	Actividad	Ubicación
0:00	0:30			
0:30	1:00			
1:00	1:30			
1:30	2:00			
2:00	2:30			
2:30	3:00			
3:00	3:30			
3:30	4:00	1,5	Carga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera
4:00	4:30			
4:30	5:00			
5:00	5:30	2,0	Recorrido Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela
5:30	6:00			
6:00	6:30			
6:30	7:00			
7:00	7:30	1,5	Descarga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela
7:30	8:00			
8:00	8:30			
8:30	9:00	1,5	Carga de los contenedores vacíos (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela
9:00	9:30			
9:30	10:00			
10:00	10:30			
10:30	11:00	2,0	Recorrido Ciruelas Alajuela – Puerto Caldera (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela
11:00	11:30			
11:30	12:00			
12:00	12:30	1,5	Descarga de contenedores vacíos (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera
12:30	13:00			
13:00	13:30			
13:30	14:00	1,5	Carga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera
14:00	14:30			
14:30	15:00			
15:00	15:30			
15:30	16:00	2,0	Recorrido Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela
16:00	16:30			
16:30	17:00			
17:00	17:30	1,5	Descarga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela
17:30	18:00			
18:00	18:30			
18:30	19:00	1,5	Carga de los contenedores vacíos (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela
19:00	19:30			
19:30	20:00			
20:00	20:30			
20:30	21:00	2,0	Recorrido Ciruelas Alajuela – Puerto Caldera (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela
21:00	21:30			
21:30	22:00			
22:00	22:30	1,5	Descarga de contenedores vacíos (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera
22:30	23:00			
23:00	23:30			
23:30	0:00			

Fuente: Elaboración por el postulante

Es importante destacar en este punto que, según la presente propuesta técnica, sendas locomotoras y por ende sendos *convoyes* no coincidirían temporalmente en la vía real tramo Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela, tal cual se muestra en la siguiente comparativa:

Tabla #16. Comparativa temporal de ciclos diarios Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela – Puerto Caldera entre locomotoras 1 y 2, transporte de contenedores llenos de importación

HORA		LOCOMOTORA #1			LOCOMOTORA #2		
De	A	Duración (horas)	Actividad	Ubicación	Duración (horas)	Actividad	Ubicación
0:00	0:30	1,5	Carga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera			
0:30	1:00						
1:00	1:30						
1:30	2:00	2,0	Recorrido Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela			
2:00	2:30						
2:30	3:00						
3:00	3:30						
3:30	4:00	1,5	Descarga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela	1,5	Carga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera
4:00	4:30						
4:30	5:00	1,5	Carga de los contenedores vacíos (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela	2,0	Recorrido Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela
5:00	5:30						
5:30	6:00						
6:00	6:30	2,0	Recorrido Ciruelas Alajuela – Puerto Caldera (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela	1,5	Descarga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela
6:30	7:00						
7:00	7:30						
7:30	8:00						
8:00	8:30	1,5	Descarga de contenedores vacíos (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera	1,5	Carga de los contenedores vacíos (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela
8:30	9:00						
9:00	9:30	1,5	Carga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera	2,0	Recorrido Ciruelas Alajuela – Puerto Caldera (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela
9:30	10:00						
10:00	10:30						
10:30	11:00	2,0	Recorrido Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela	1,5	Descarga de contenedores vacíos (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera
11:00	11:30						
11:30	12:00						
12:00	12:30						
12:30	13:00	1,5	Carga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela	1,5	Carga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera
13:00	13:30						
13:30	14:00	1,5	Carga de los contenedores vacíos (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela	2,0	Recorrido Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela
14:00	14:30						
14:30	15:00						
15:00	15:30	2,0	Recorrido Ciruelas Alajuela – Puerto Caldera (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela	1,5	Descarga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela
15:30	16:00						
16:00	16:30						
16:30	17:00						
17:00	17:30	1,5	Descarga de contenedores vacíos (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera	1,5	Carga de los contenedores vacíos (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela
17:30	18:00						
18:00	18:30						
18:30	19:00	2,0	Recorrido Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela	1,5	Descarga de contenedores vacíos (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera
19:00	19:30						
19:30	20:00						
20:00	20:30						
20:30	21:00	1,5	Carga de contenedores vacíos (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera	2,0	Recorrido Ciruelas Alajuela – Puerto Caldera (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela
21:00	21:30						
21:30	22:00						
22:00	22:30	1,5	Descarga de contenedores vacíos (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera	1,5	Descarga de contenedores vacíos (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera
22:30	23:00						
23:00	23:30						
23:30	0:00						

 Locomotora #1 en la vía real tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela
 Locomotora #2 en la vía real tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela

Fuente: Elaboración por el postulante

El precio de cada una de estas locomotoras ronda los 6 millones de euros, el equivalente a ¢4.480.980.000,00 por unidad, según el tipo de cambio (02 de mayo 2021 ¢746,83/euro). Se debe adicionar el transporte vía marítima de cada equipo desde Alemania hasta Costa Rica, ambos estimados en ¢150.000.000,00 (no se obtuvo el dato por parte de la Gerencia de Operaciones INCOFER del costo real del transporte de los nuevos trenes recientemente de China para hacer una estimación más precisa con una correlación \$/ton*km de transporte en navío). En virtud de ambas inversiones adicionales, se obtiene un total de ¢9.111.960.000,00 por concepto de adquisición de equipo rodante nuevo para la propuesta.

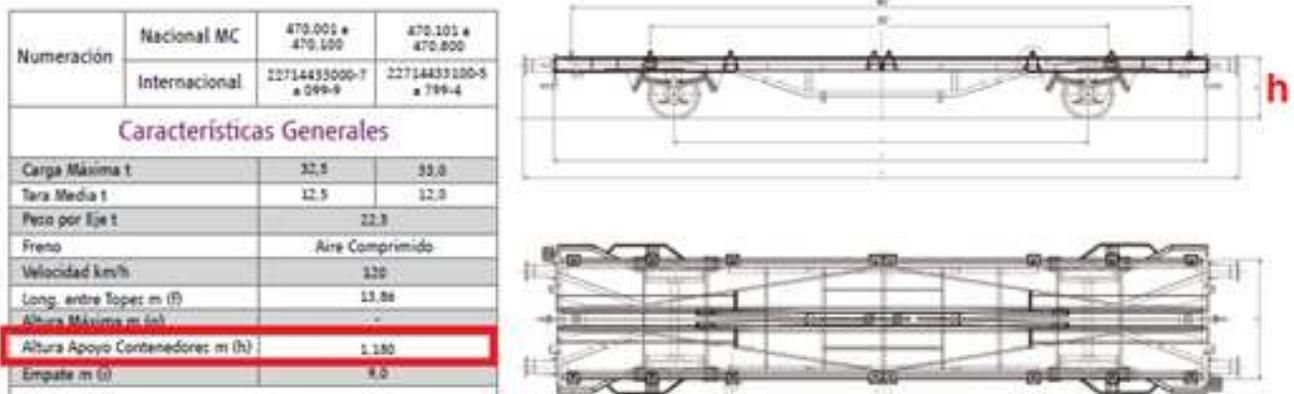
4.2.2.2. Rodante (carros planos – plataformas ferroviarias portacontenedores)

Tal como se estableció, la cifra anual de 67.598 unidades de contenedores llenos de importación corresponde a 185 plataformas ferroviarias portacontenedores de 40 pies por día, por lo que no es viable técnicamente adquirir menos de esa cantidad de unidades para asumir el transporte de estas cargas desembarcadas en el puerto de Caldera.

En la siguiente página se define el gálibo estático para el transporte de contenedores convencionales a través del túnel Cambalache, proponiéndose una plataforma ferroviaria portacontenedores Serie Internacional: LGNSS, Tipo: MC3, Numeración internacional: 22714433000-7 a 099-9.

Como extracto de dicho catálogo, se tienen las siguientes especificaciones técnicas correspondientes a las dimensiones:

Figura #28. Especificaciones técnicas de plataforma ferroviaria portacontenedores Serie Internacional: LGNSS, Tipo: MC3



Fuente: Catálogo Ficha06MC-MCE-2_12clavijas.pdf y edición por el postulante

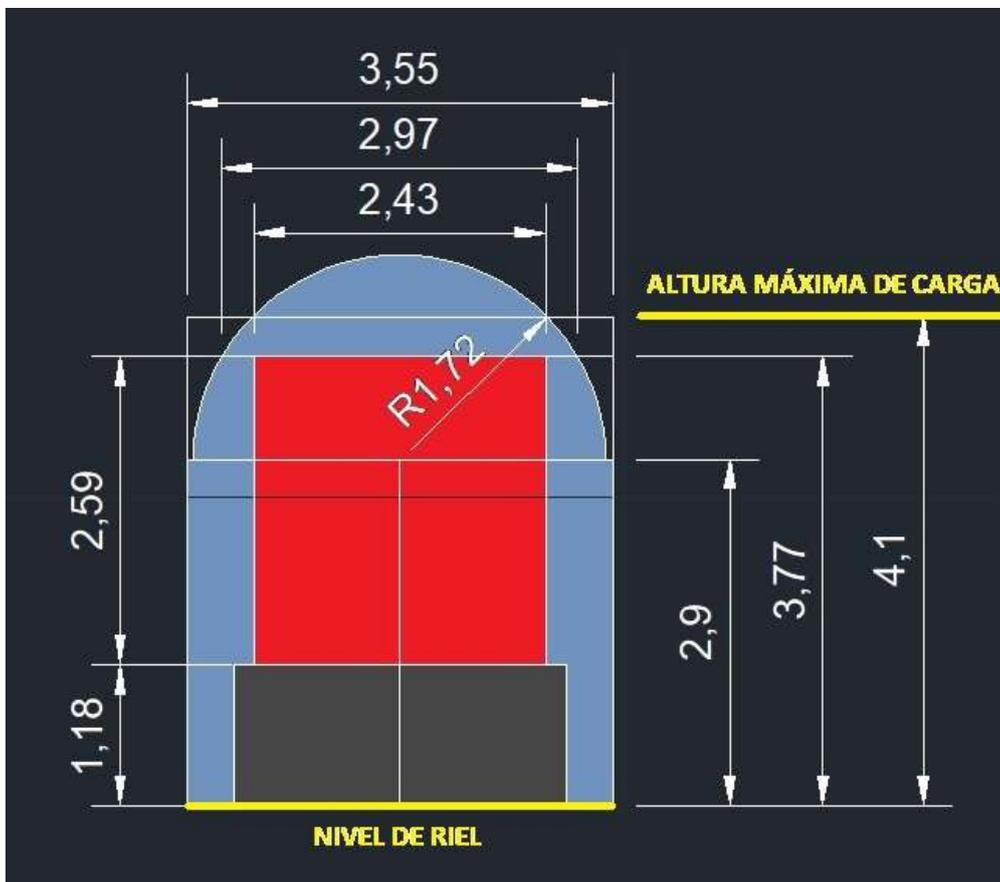
donde se destaca la cota “h” que indica la altura libre entre el riel y el apoyo del contenedor (1.18 metros), valor que se utilizó en el cálculo del gálibo precitado. Nótese también la dimensión máxima para la disposición de los contenedores, sea un “box” de 40 pies o dos de 20 pies.

Según el Proyecto de Final de Carrera, 2012, Licenciatura en Náutica y Transporte Marítimo, Facultad de Náutica y Transporte Marítimo, elaborado por Borja Álvarez Vivas, denominado “Estudio del transporte marítimo, por carretera y ferroviario en España mediante modelos numéricos para el análisis de costes”, en el folio 60 apartado 6. Costes de amortización de los vagones, se estima un monto

correspondiente a 60.000 euros para la adquisición de un vagón plataforma portacontenedores del tipo MC/MCE (objeto de esta propuesta), esto para el año 2012 y para España. Para el presente estudio se estima un valor de 85.000 euros o ₡63.480.550,00 para cada carro y considerando el costo del transporte desde Europa a Costa Rica en valor presente, lo que corresponde a una inversión total para la adquisición de las 185 plataformas ferroviarias portacontenedores de ₡11.743.901.750,00.

Se analizó geoméricamente la viabilidad física del paso de contenedores convencionales sobre estas plataformas ferroviarias propuestas a través del túnel Cambalache (gálibo estático), único obstáculo físico existente actualmente en la vía férrea entre Puerto Caldera y Ciruelas Alajuela, encontrándose que sí es factible técnicamente, como se muestra:

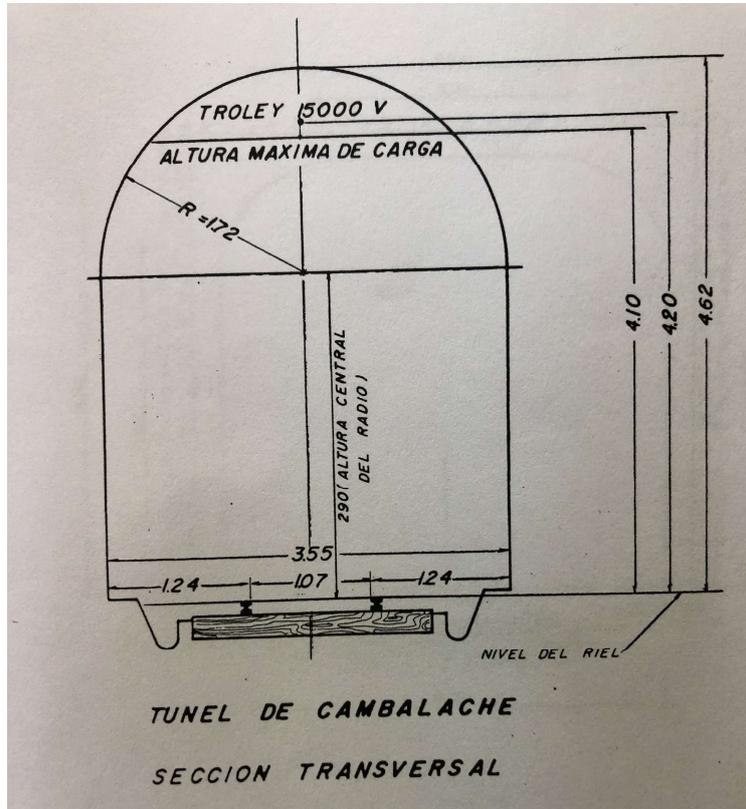
Figura #29. Sección transversal del túnel Cambalache que muestra la superposición de un contenedor convencional sobre la plataforma ferroviaria definida



Fuente: El postulante

Lo anterior generado a partir del siguiente diagrama:

Figura #30. Sección transversal del túnel Cambalache



Fuente: Documento "Horario N°1" Instituto Costarricense de Ferrocarriles

Figura #31. Inspección del túnel Cambalache por el postulante



Fuente: El postulante

4.2.2.3. De maniobras en patios

Para el caso del equipo para la manipulación de contenedores en Puerto Caldera, en setiembre 2018 el Estado adquirió para la terminal de contenedores:

- una grúa de tierra, que se destina a cubrir un mayor porcentaje de los contenedores transferidos, agilizar la operación de descarga en los buques de carga general;
- dos vehículos de carga de contenedores estilo *Reachstacker*, que apoyan las operaciones generales de la Terminal, y permiten un aumento en la productividad de transferencia de carga general.

Figura #32. Imágenes de uno de los denominados *Reachstacker* y de uno de los cargadores frontales existentes en el muelle de Caldera

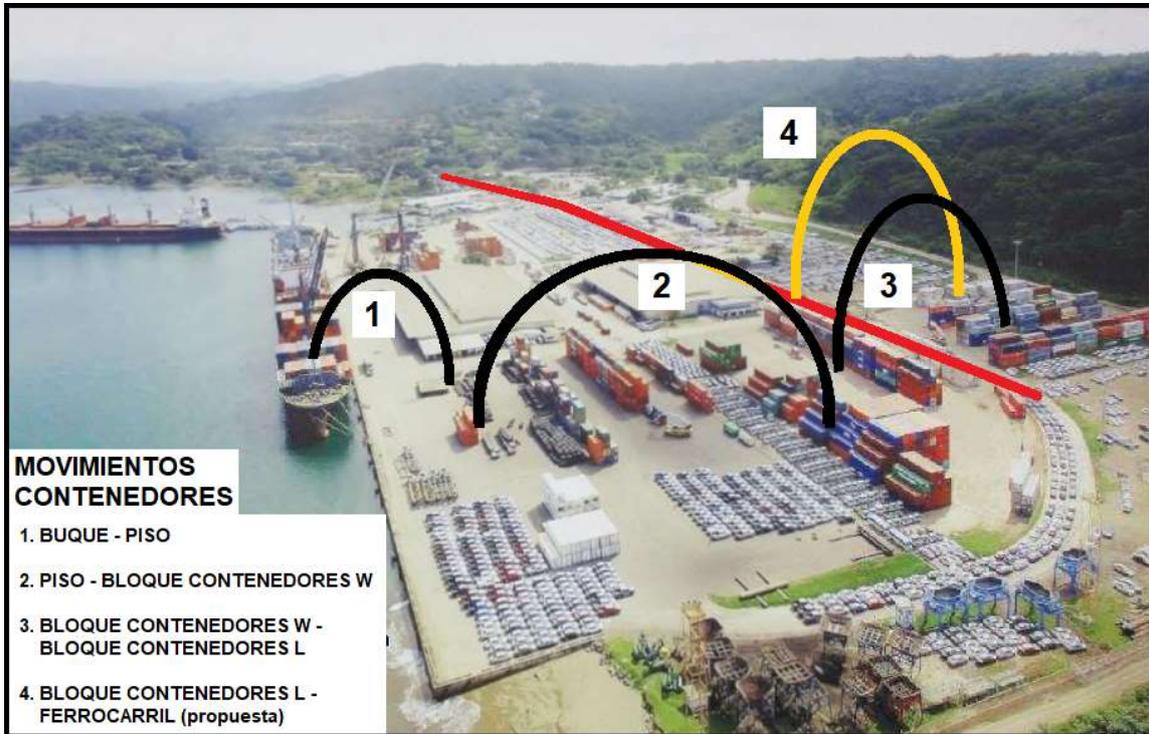


Fuente: El postulante

Esta adquisición de cargadores frontales para esta terminal se considera técnicamente suficiente para la manipulación de la cantidad de contenedores llenos de importación que arriban al muelle actualmente, y dado que su uso es exclusivamente para el movimiento de *boxes*, no se considera necesaria la incorporación de equipos adicionales para implementar la presente propuesta técnica.

Tanto el transporte del patio al sistema de ferrocarril (y viceversa) como la carga/descarga del ferrocarril se realizaría de forma manual con estos equipos *Reach Stacker* (RS), el cual es un apilador de alcance utilizado para manejar contenedores de carga intermodales en terminales pequeñas o puertos medianos. Los apiladores de alcance pueden transportar un contenedor a distancias cortas muy rápidamente y apilarlos en varias filas dependiendo de su acceso. Es guiado manualmente, permite cargar y descargar desde la primera y segunda línea de tren, lo cual es congruente con la propuesta técnica del Ing. Coto de la Gerencia de Operaciones INCOFER, la cual es implementar al menos cuatro líneas ferroviarias dentro de la terminal portuaria, con el fin de ejecutar las maniobras de patio correspondientes a carga (contenedores llenos de importación) y descarga (retorno de contenedores vacíos) de las plataformas ferroviarias. Los RS pueden tener un rendimiento superior a los 20 movimientos por hora en operaciones de ferrocarril si se carga o descarga directamente a suelo, según la UTSC – INCOP, en este caso el movimiento 4 de la imagen siguiente:

Figura #33. Imagen aérea del muelle de Caldera y el detalle de los movimientos propuestos para los contenedores llenos de importación



Fuente: Unidad Técnica de Supervisión y Control INCOP y edición por el postulante

Para los 212 *boxes* que se espera arriben a la terminal en promedio por día, y dado que se cuenta con dos cargadores frontales ya en el muelle, con un rendimiento esperado de 20 movimientos por hora en operaciones de ferrocarril, se requeriría un total conservador de seis horas de operación de dichos equipos para colocar en plataformas ferroviarias portacontenedores la totalidad de los contenedores llenos de importación que recibe Puerto Caldera en promedio por día, requiriéndose otras seis horas de operación de dichos equipos para la manipulación de los contenedores vacíos, es decir, descarga desde las plataformas ferroviarias. Esta cantidad de 12 horas de operación de dichos equipos es el total requerido, y se distribuirán según la cantidad de *convoyes* o de trenes que salgan de la terminal portuaria con destino a Ciruelas Alajuela. Este total de horas requerido corresponde únicamente al movimiento 4 de la imagen anterior, las maniobras descritas como 2 y 3 en la imagen deben realizarse en el momento que no se encuentre un tren en la terminal, sea mientras se esté ejecutando el transporte de contenedores llenos hacia Ciruelas, la descarga y carga dentro de esta terminal intermodal propuesta, o el transporte de contenedores vacíos hacia Puerto Caldera. No se generaría un conflicto de recursos (de los dos cargadores frontales existentes en Puerto Caldera) pues según la presente propuesta técnica, ambos *convoyes* no coincidirían temporalmente en el patio ferroviario de Puerto Caldera, salvo las primeras horas de la madrugada de cada día donde ambos trenes esperan la carga de los contenedores llenos de importación, pero cuya ejecución se realizan a diferentes horas.

Tabla #17. Comparativa que muestra que no existe un traslape de horarios entre las operaciones correspondientes al *convoy 1* y al *convoy 2* en el puerto de Caldera

HORA		LOCOMOTORA #1			LOCOMOTORA #2		
De	A	Duración (horas)	Actividad	Ubicación	Duración (horas)	Actividad	Ubicación
0:00	0:30	1,5	Carga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera			
0:30	1:00						
1:00	1:30						
1:30	2:00	2,0	Recorrido Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela			
2:00	2:30						
2:30	3:00						
3:00	3:30	1,5	Descarga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela	1,5	Carga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera
3:30	4:00						
4:00	4:30						
4:30	5:00	1,5	Carga de los contenedores vacíos (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela	2,0	Recorrido Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela
5:00	5:30						
5:30	6:00						
6:00	6:30	2,0	Recorrido Ciruelas Alajuela – Puerto Caldera (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela	1,5	Descarga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela
6:30	7:00						
7:00	7:30						
7:30	8:00	1,5	Descarga de contenedores vacíos (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera	1,5	Carga de los contenedores vacíos (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela
8:00	8:30						
8:30	9:00						
9:00	9:30	1,5	Carga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera	2,0	Recorrido Ciruelas Alajuela – Puerto Caldera (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela
9:30	10:00						
10:00	10:30						
10:30	11:00	2,0	Recorrido Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela	1,5	Descarga de contenedores vacíos (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera
11:00	11:30						
11:30	12:00						
12:00	12:30	1,5	Descarga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela	1,5	Carga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera
12:30	13:00						
13:00	13:30						
13:30	14:00	1,5	Carga de los contenedores vacíos (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela	2,0	Recorrido Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela
14:00	14:30						
14:30	15:00						
15:00	15:30	2,0	Recorrido Ciruelas Alajuela – Puerto Caldera (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela	1,5	Descarga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela
15:30	16:00						
16:00	16:30						
16:30	17:00	1,5	Descarga de contenedores vacíos (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera	1,5	Carga de los contenedores vacíos (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela
17:00	17:30						
17:30	18:00						
18:00	18:30	2,0	Recorrido Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela	1,5	Descarga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera
18:30	19:00						
19:00	19:30						
19:30	20:00	1,5	Carga de los contenedores vacíos (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela	2,0	Recorrido Ciruelas Alajuela – Puerto Caldera (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela
20:00	20:30						
20:30	21:00						
21:00	21:30	1,5	Descarga de contenedores vacíos (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera			
21:30	22:00						
22:00	22:30						
22:30	23:00	1,5	Carga de los contenedores vacíos (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela			
23:00	23:30						
23:30	0:00						

Locomotora #1 en el patio ferroviario Puerto Caldera
 Locomotora #2 en el patio ferroviario Puerto Caldera

Fuente: Elaboración por el postulante

Para el caso del equipo de maniobras (manipulación de contenedores) en la futura terminal intermodal de Ciruelas Alajuela, se requieren al menos dos cargadores frontal portacontenedores con una capacidad de carga en la segunda fila (doble estiba propuesta para este “muelle seco”) de al menos 35.000 kg, por lo que se presenta como propuesta comercial (a manera de ejemplo), un manipulador de contenedores modelo RS46-41L de la marca Hyster o similar, que aporta una capacidad de carga en la segunda fila de 41.000 kg.

Figura #34. Especificaciones técnicas manipulador de contenedores modelo RS46-41L de la marca Hyster

MODELO	RS46-29	RS46-33	RS46-36	RS46-41S	RS46-41L	RS46-41LS	RS46-41XLS
MAXIMA VELOCIDAD DE RECORRIDO (KM/H)	22	22	23	23	23	23	23
MAXIMA VELOCIDAD DE LEVANTE (M/S)	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
CAPACIDAD DE CARGA (KG) 1RA FILA	46,000	46,000	46,000	46,000	46,000	46,000	46,000
CAPACIDAD DE CARGA (KG) 2DA FILA	29,000	33,000	36,000	38,000	41,000	41,000	41,000
CAPACIDAD DE CARGA (KG) 3RA FILA	14,000	17,000	19,000	21,000	23,000	23,000	26,000

Fuente: Página web <https://www.hyster.com/es-es/europe/manipuladores-de-contenedores/rs46/> y edición por el postulante

Según estudio de mercado en páginas web, se determina un precio promedio de 85.000 USD con el traslado hasta Costa Rica, el equivalente a unos ₡52.096.925,00 para la adquisición de cada unidad, para un total de ₡104.193.850,00.

Al igual que en el caso del patio ferroviario de Puerto Caldera, no se generaría un conflicto de recursos (de los dos cargadores frontales a adquirir para la terminal intermodal en Ciruelas Alajuela) pues según la presente propuesta técnica, ambos *convoyes* no coincidirían temporalmente en estas instalaciones. En la siguiente imagen comparativa se muestra que no existe un traslape de horarios entre las operaciones correspondientes al *convoy* 1 y al *convoy* 2 en la terminal intermodal propuesta en Ciruelas Alajuela:

Tabla #18. Comparativa que muestra que no existe un traslape de horarios entre las operaciones correspondientes al *convoy 1* y al *convoy 2* en la terminal intermodal Ciruelas Alajuela

HORA		LOCOMOTORA #1			LOCOMOTORA #2		
De	A	Duración (horas)	Actividad	Ubicación	Duración (horas)	Actividad	Ubicación
0:00	0:30						
0:30	1:00	1,5	Carga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera			
1:00	1:30						
1:30	2:00						
2:00	2:30	2,0	Recorrido Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela			
2:30	3:00						
3:00	3:30						
3:30	4:00	1,5	Descarga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela	1,5	Carga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera
4:00	4:30						
4:30	5:00						
5:00	5:30	1,5	Carga de los contenedores vacíos (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela	2,0	Recorrido Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela
5:30	6:00						
6:00	6:30						
6:30	7:00	2,0	Recorrido Ciruelas Alajuela – Puerto Caldera (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela	1,5	Descarga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela
7:00	7:30						
7:30	8:00						
8:00	8:30						
8:30	9:00	1,5	Descarga de contenedores vacíos (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera	1,5	Carga de los contenedores vacíos (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela
9:00	9:30						
9:30	10:00						
10:00	10:30	1,5	Carga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera	2,0	Recorrido Ciruelas Alajuela – Puerto Caldera (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela
10:30	11:00						
11:00	11:30						
11:30	12:00	2,0	Recorrido Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela	1,5	Descarga de contenedores vacíos (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera
12:00	12:30						
12:30	13:00						
13:00	13:30	1,5	Descarga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela	1,5	Carga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera
13:30	14:00						
14:00	14:30						
14:30	15:00	1,5	Carga de los contenedores vacíos (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela	2,0	Recorrido Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela
15:00	15:30						
15:30	16:00						
16:00	16:30	2,0	Recorrido Ciruelas Alajuela – Puerto Caldera (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela	1,5	Descarga de contenedores llenos de importación (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela
16:30	17:00						
17:00	17:30						
17:30	18:00						
18:00	18:30	1,5	Descarga de contenedores vacíos (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera	1,5	Carga de los contenedores vacíos (53 movimientos)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela
18:30	19:00						
19:00	19:30						
19:30	20:00						
20:00	20:30				2,0	Recorrido Ciruelas Alajuela – Puerto Caldera (70 km)	Vía férrea tramo Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela
20:30	21:00						
21:00	21:30						
21:30	22:00						
22:00	22:30				1,5	Descarga de contenedores vacíos (53 movimientos)	Patio ferroviario Puerto Caldera
22:30	23:00						
23:00	23:30						
23:30	0:00						

Locomotora #1 en la Terminal intermodal Ciruelas Alajuela
 Locomotora #2 en la Terminal intermodal Ciruelas Alajuela

Fuente: Elaboración por el postulante

4.2.2.4. Herramientas computacionales (“software”) – digitalización de la operación:

Adquisición de paquetes de cómputo para llevar la operación, el control del mantenimiento de los equipos y de la infraestructura, etc.

Se considera la adquisición oficial de la licencia de uso, capacitaciones periódicas para el personal técnico, asesoría permanente del paquete de cómputo especializado en la logística del transporte ferroviario de carga por parte del proveedor. Para esta eventual adquisición por suma alzada se estima un monto global de 85 millones de colones

4.2.2.5. Equipo menor:

Se considera la adquisición de dispositivos de intercomunicación entre trenes y centro de control, “*motocar*” o vehículos para mantenimiento menor de vías, herramienta menor para mantenimiento de vías, entre otros. Para esta eventual adquisición por suma alzada se estima un monto global de 115 millones de colones

4.3. Costos anuales de operación del nuevo sistema ferroviario nacional – sector pacífico desde Puerto Caldera al GAM

4.3.1. Logística:

- Personal operativo, técnico y profesional

Se ha identificado el siguiente grupo de funcionarios requeridos para la operación de la propuesta técnica de transporte de contenedores por ferrocarril desde Puerto Caldera hasta una terminal intermodal prevista para Ciruelas Alajuela (salarios incluyen cargas sociales e impuesto sobre la renta):

Tabla #19. Listado de posibles funcionarios para la operación de la presente propuesta técnica

Descripción (puesto)	Cantidad	Salario mensual (por persona)	Acumulado anual
Profesional en ingeniería civil o ingeniería en construcción (título universitario Maestría en Ingeniería Ferroviaria o similar)	1	¢1.800.000,00	¢23.400.000,00
Profesional en ingeniería civil o ingeniería en construcción (título universitario Licenciatura)	1	¢1.300.000,00	¢16.900.000,00
Técnico en logística (en oficina)	3	¢700.000,00	¢27.300.000,00
Oficinista (en oficina)	3	¢500.000,00	¢19.500.000,00
Secretaria (en oficina)	3	¢400.000,00	¢15.600.000,00
Personal de apoyo logístico en trenes (no incluye maquinista)	12	¢400.000,00	¢62.400.000,00
Personal de apoyo logístico en vías	12	¢400.000,00	¢62.400.000,00
Técnico de apoyo logístico en terminales de contenedores (en Puerto Caldera y Estación Intermodal Ciruelas Alajuela)	12	¢800.000,00	¢124.800.000,00
Operador de cargador portacontenedores (<i>Puerto Caldera</i>)	6	¢1.200.000,00	¢93.600.000,00
Operador de cargador portacontenedores (<i>Terminal Intermodal Ciruelas Alajuela</i>)	6	¢1.200.000,00	¢93.600.000,00
Maquinista locomotora de patio terminal ferroviaria Puerto Caldera	3	¢800.000,00	¢31.200.000,00
TOTAL (personal operativo, técnico y profesional)			¢570.700.000,00

Fuente: Elaboración por el postulante

Se ha estimado un total de 570,7 millones de colones anuales por concepto de salarios para el personal operativo, técnico y profesional, dedicado únicamente a esta propuesta.

- Alquiler de local para la implementación de la oficina de control y logística

Se estima un monto conservador de 1.000.000 colones mensuales por concepto de alquiler de un inmueble destinado a ser oficina para el personal administrativo y técnico requerido para labores remotas, lo que corresponde a un monto anual de 12 millones de colones. Debe entenderse por labores remotas, como actividades a ejecutar a lo largo de la vía férrea en el tramo propuesto (Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela), por lo que estas instalaciones se proponen ubicar estratégicamente en el sector de Caldera cantón Esparza, dado que al otro extremo se ubica la terminal intermodal que por sí misma cuenta con oficinas administrativas y operativas.

- Costos administrativos generales

Se estima un monto conservador de 5 millones de colones mensuales por concepto de gastos administrativos como adquisición de materiales de oficina y de campo, pago de servicios públicos, entre otros varios, lo que corresponde a un monto anual de 60 millones de colones.

4.3.2. Infraestructura vial

El costo estimado para la operación de la infraestructura vial del nuevo sistema ferroviario nacional – sector Pacífico desde Puerto Caldera al GAM con transferencia intermodal a carretera en Ciruelas Alajuela tiene los componentes del recurso humano de campo ya definido, y de los gastos administrativos generales correspondientes a infraestructura ferroviaria, definido atrás.

4.3.3. Equipo:

Se ha estimado una tarifa colones por hora para los equipos requeridos para operar el sistema ferroviario nacional – sector Pacífico, en la actividad del transporte de contenedores llenos de importación desde Puerto Caldera al GAM con transferencia intermodal a carretera en Ciruelas Alajuela, y viceversa.

Tabla #20. Listado de equipos requeridos para la presente propuesta técnica y costos estimados de operación

Descripción equipo	Cantidad (unidades)	Cantidad (horas/día)	Monto horario	Monto por día	Monto anual
Locomotoras de vía	2	20	¢280.000,00	¢11.200.000,00	¢4.088.000.000,00
Locomotora de patio Puerto Caldera	1	10	¢60.000,00	¢600.000,00	¢219.000.000,00
Locomotora de patio Terminal Intermodal Ciruelas Alajuela	1	10	¢60.000,00	¢600.000,00	¢219.000.000,00
Material rodante	185	20	¢4.500,00	¢16.650.000,00	¢6.077.250.000,00
Cargador frontal portacontenedores (<i>Reach Stacker</i>) Puerto Caldera	2	24	¢70.000,00	¢3.360.000,00	¢1.226.400.000,00
Cargador frontal portacontenedores (<i>Reach Stacker</i>) Terminal Intermodal Ciruelas Alajuela	2	20	¢70.000,00	¢2.800.000,00	¢1.022.000.000,00
Vehículos institucionales INCOFER (ingeniería) tipo pick up	2	8	¢9.000,00	¢144.000,00	¢52.560.000,00
Vehículos institucionales INCOFER (supervisión y control) tipo pick up	2	10	¢9.000,00	¢180.000,00	¢65.700.000,00
Vehículos institucionales INCOFER (personal operativo) tipo pick up	2	24	¢9.000,00	¢432.000,00	¢157.680.000,00
Motocar para cuadrilla de supervisión y control (no mantenimiento)	2	10	¢9.000,00	¢180.000,00	¢65.700.000,00
TOTAL (equipo)					¢13.193.290.000,00

Fuente: Elaboración por el postulante

Se tiene un monto total estimado superior a los 13.193 millones de colones por año, correspondiente a la operación de los equipos.

4.4. Costos anuales de mantenimiento del nuevo sistema ferroviario nacional – sector pacífico desde Puerto Caldera al GAM.

4.4.1. Infraestructura vial:

4.4.1.1. Vía férrea

Se debe contemplar un mantenimiento preventivo y correctivo anual correspondiente a la vía férrea en todas sus configuraciones o ubicaciones, tanto la línea principal, como los apartaderos, espuelas, ramales, patios y predios:

Tabla #21. Descripción y costos estimados de actividades de mantenimiento preventivo y correctivo vía férrea

Descripción	Longitud total (km)	Costo mantenimiento (por kilómetro)	Costo mantenimiento (global por año)
Vía real	61,200	¢500.000,00	¢30.600.000,00
Ramales (La Purruja)	4,600	¢300.000,00	¢1.380.000,00
Patios	2,472	¢300.000,00	¢741.600,00
Apartaderos y espuelas	2,684	¢300.000,00	¢805.200,00
Predio Puerto Caldera	1,538	¢300.000,00	¢461.400,00
Predio Terminal Intermodal Ciruelas Alajuela	1,403	¢300.000,00	¢420.900,00
TOTAL (mantenimiento vía férrea)			¢34.409.100,00

Fuente: Elaboración por el postulante

Se obtuvo un dato promedio por concepto de mantenimiento preventivo y correctivo de la vía férrea de poco más de 34.409 millones de colones anuales. Dicho mantenimiento contemplaría las siguientes actividades proactivas y reactivas:

- alineación y nivelación de rieles,
- limpieza de estructura de drenajes,
- sustitución de traviesas dañadas,
- sustitución de elementos de sujeción dañados,
- sustitución de rieles y contrarieles dañados,
- sustitución de elementos de señalización vertical dañados,
- sustitución de elementos como cambiavías o “sapos” dañados,
- reposición de balastro,
- remoción de material de desecho,
- chapea del derecho de vía,
- descuaje,
- remoción de derrumbes

4.4.1.2. Estructuras mayores

→ Puentes metálicos

Para el caso de los dos puentes mayores existentes dentro del tramo en estudio (Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela), a saber: puente sobre río Grande y puente sobre río Jesús María, se estiman inversiones aproximadas de 40 y 35 millones de colones respectivamente, para mantenimiento preventivo y correctivo de los mismos, para un total anual de 75 millones de colones. Dicho mantenimiento contemplaría las siguientes actividades periódicas:

- alineación y nivelación de rieles,
- reposición de pernos faltantes,

- pintura anticorrosiva,
- limpieza de drenajes,
- sustitución de traviesas dañadas,
- sustitución de elementos de sujeción dañados,
- sustitución de rieles y contraríeles dañados,
- eliminación de vegetación presente en las estructuras

→ Túneles

El mantenimiento de túneles ferroviarios se puede dividir en la inversión de recursos en tres categorías: drenaje y filtraciones, plataforma de vía y sistemas ferroviarios, y seguridad.

Tanto para el túnel Cambalache (longitud: 288 metros) como para el túnel a construir sector Dantas – Concepción (longitud: 1.600 metros), el mantenimiento contemplaría las siguientes actividades periódicas:

- alineación y nivelación de rieles,
- limpieza de drenajes,
- sello de grietas,
- sustitución de traviesas dañadas,
- sustitución de elementos de sujeción dañados,
- sustitución de rieles y contraríeles dañados,
- reposición de balastro,
- remoción de material de desecho,
- sustitución de luminarias defectuosas o dañadas,
- eliminación de vegetación presente dentro de las estructuras,
- sustitución de elementos de señalización vertical dañados

Se estima un monto global de 45 y 105 millones de colones por concepto de intervenciones anuales, respectivamente para los túneles Cambalache y Dantas.

4.4.1.3. Estructuras menores

→ Alcantarillas de cuadro

Se estima un monto global de 30 millones de colones por concepto de intervenciones anuales, a saber: limpieza, sello de grietas, remoción de material de desecho, reparación de delantales de salida, entre otras actividades.

→ Alcantarillas de tuberías

Se estima un monto global de 30 millones de colones por concepto de intervenciones anuales, a saber: alineamiento, limpieza, sello de juntas, remoción de material de desecho, reparación de delantales de salida, entre otras actividades.

→ Puentes menores

Se estima un monto global de 90 millones de colones por concepto de intervenciones anuales, a saber: limpieza, sello de grietas, remoción de vegetación, reparación de juntas de expansión, entre otras actividades.

4.4.1.4. Patios

→ terminal de contenedores de Puerto Caldera

Este rubro corresponde íntegramente a área que contempla vías férreas dentro del predio, por lo que su costo de mantenimiento ya fue incluido previamente.

→ terminal intermodal ferrocarril – carretera en Ciruelas Alajuela “muelle seco”

Se excluye de este rubro el área correspondiente a las vías férreas dentro del predio, pues su costo de mantenimiento ya fue incluido previamente.

Las áreas remanentes del predio de la terminal intermodal se dividen de la siguiente manera:

Tabla #22. Descripción y costos estimados de actividades de mantenimiento preventivo y correctivo por áreas terminal intermodal Ciruelas Alajuela

ÁREA DENOMINADA:	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO MENSUAL	COSTO TOTAL ANUAL
Almacenaje contenedores	7,324.00	m2	¢415.00	¢36,473,520.00
Oficinas administrativas / operativas	1.00	gbl	¢750,000.00	¢9,000,000.00
Acceso	2,900.00	m2	¢415.00	¢14,442,000.00
Área de maniobras	6,876.00	m2	¢415.00	¢34,242,480.00
COSTOS MANTENIMIENTO TERMINAL INTERMODAL FERROCARRIL/CARRETERA CIRUELAS ALAJUELA				¢94,158,000.00

Fuente: Elaboración por el postulante

Se estima un monto de 94,16 millones colones por año, correspondiente al mantenimiento de las áreas construidas (según detalle) que componen la terminal intermodal en Ciruelas Alajuela.

4.4.2. **Equipo:**

4.4.2.1. Tractivo

Se estima un monto de 180 millones colones por año, correspondiente al mantenimiento preventivo y correctivo de las dos locomotoras marca Stadler, modelo Eurodual, propuestas a adquirir, como la que se muestra a continuación con fines ilustrativos.

Figura #35. Imagen comercial de la locomotora STADLER EURODUAL de Beacon Rail Leasing



Fuente: Página web <https://www.stadlerrail.com/es/productos/detail-all/eurodual/171/>

4.4.2.2. Rodante (carros planos – plataformas ferroviarias portacontenedores)

Se estima un monto de 75 millones colones por año, correspondiente al mantenimiento preventivo y correctivo de las 185 plataformas ferroviarias portacontenedores Serie Internacional LGNSS tipo: MC3, propuestas a adquirir.

4.4.2.3. De maniobras en patios

Se estima un monto de 60 millones colones por año, correspondiente al mantenimiento preventivo y correctivo de los dos cargadores frontales modelo RS46-41L de la marca Hyster o similar, propuestos a adquirir para la terminal intermodal en Ciruelas Alajuela.

4.4.2.4. Herramientas computacionales (“software”)

Se estima un monto de 6 millones colones por año, correspondiente al mantenimiento y seguimiento técnico del proveedor del programa computacional, propuesto a adquirir para la logística y control del transporte de los contenedores llenos de importación Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela y viceversa con el retorno de los “boxes” vacíos.

4.4.2.5. Equipo menor:

Se estima un monto de 30 millones colones por año, correspondiente al mantenimiento preventivo y correctivo de dispositivos de intercomunicación entre trenes y centro de control, “motocar” o vehículos para mantenimiento menor de vías, herramienta menor para mantenimiento de vías, entre otros.

4.5. Ahorros previstos con la implementación del nuevo sistema ferroviario nacional – sector Pacífico para el sistema intermodal propuesto.

La presente propuesta técnica se apoya en la Guía Metodológica para la Identificación, Formulación y Evaluación de Proyectos de Infraestructura Vial en Costa Rica, para la estimación de los beneficios.

Atinente a la baja precisión con que se pudiese estimar la proporción de vehículos pesados articulados (tipo T3S2 o T3S3 que transportan exclusivamente contenedores llenos de importación desde Puerto Caldera hacia el GAM) que utilizan la ruta nacional 23 Caldera – Barranca + ruta nacional 1 Interamericana Norte, o la ruta nacional 27 Corredor Caldera – San José, se toma la decisión de ejecutar el análisis de estos ahorros de una manera nominal, entendiéndose nominal como independiente del trazado que este grupo de vehículos escoge. Se toma esta decisión en virtud de:

- Para determinar esta distribución de viajes tomando las rutas N°23 + N°1 o ruta N°27, de una manera representativa respecto a la realidad, se requieren datos históricos de conteos de estos vehículos en específico (no los conteos existentes de vehículos articulados de 5 o 6 ejes que incluyen remolques graneleros, cisternas, trailetas, “arañas” portavehículos, plataformas planas, furgones, etc), con los cuales mediante inferencia estadística poder determinar una cantidad anual de este tipo de usuarios por cada uno de estos dos recorridos y con esto definir con más precisión los ahorros (a nivel individual y a nivel país) asociados a una reducción en la cantidad de vehículos pesados articulados tipo T3S2/T3S3 que transportan exclusivamente contenedores llenos de importación desde Puerto Caldera hacia el GAM, con la implementación del sistema intermodal ferrocarril – carretera propuesto.
- La ruta nacional 27 actualmente es administrada por una concesión de obra pública con servicio público, la cual se rige con un contrato concesionario (GLOBALVÍA) – concedente (Consejo Nacional de Concesiones MOPT) con cláusulas de cumplimiento y distribución de riesgos atinentes a la operación, conservación y mantenimiento de la vía, es decir, el concesionario recibe una remuneración económica a cambio de la prestación de un servicio con niveles de servicio definidos, como lo es mantener habilitados un número mínimo de carriles de circulación para todo tipo de vehículo, una estructura de pavimento que cumpla con una condición aceptable según indicadores de desempeño, entre otros muchos establecidos en el contrato de concesión por un plazo definido. En este sentido, la eliminación o reducción en la cantidad de vehículos pesados articulados tipo T3S2 o T3S3 que transportan exclusivamente contenedores llenos de importación desde Puerto Caldera hacia el GAM, no se traduciría directamente en un beneficio para la Administración. Esto en virtud de que las actividades de conservación y mantenimiento de la superficie de ruedo con que debe cumplir el concesionario, al ser por estándares, se verían afectadas únicamente si se da una sobredemanda de vehículos pesados articulados tipo T3S2 o T3S3, nuevamente. No es posible determinar la proporción de estos vehículos reportados mediante conteos para el cálculo de TPDA correspondientes a los que transportan exclusivamente contenedores llenos de importación desde Puerto Caldera hacia el GAM, por lo cual su eliminación o reducción no garantiza una estabilidad en la cantidad de este tipo de vehículos respecto a la calculada por el concesionario en su oferta original. Del mismo modo, un aumento en la demanda de tránsito de vehículos pesados articulados tipo T3S2 o T3S3 implica a su vez una mayor recaudación vía peajes para el concesionario, lo que garantiza un equilibrio en la ecuación financiera durante la etapa de operación de la concesión.

4.5.1. Ahorro en costos por concepto de operación por aumento en la velocidad de circulación de los vehículos usuarios de las rutas nacionales

Ruta nacional N°23 + Interamericana Norte

Para el caso de los vehículos pesados articulados tipo T3S2 o T3S3 que salen cargados de Puerto Caldera hacia el área metropolitana que optan por el recorrido a través de la carretera Interamericana Norte, el tramo de carretera Barranca – San Ramón, representa más de la tercera parte del recorrido total. Este tramo de 39 kilómetros, perteneciente a la ruta nacional 1, se considera para efectos de este estudio como la sección más crítica de todo el recorrido entre este puerto y el centro del país, dado que esta vía se caracteriza por atravesar zona montañosa, con pendientes importantes y una cantidad considerable de curvas horizontales y verticales, lo que provoca que los vehículos deban marchar usualmente en fila, sin poder sobrepasar unos a otros, con dos tramos excepcionales donde se facilita el adelantamiento. Realmente esta sección representa un “cuello de botella” para la movilización de personas y carga entre el centro del país y las regiones Pacífico Norte y Central por esta vía.

Además, respecto a los otros tramos considerados en este estudio:

- tramo Caldera – Barranca, perteneciente a la ruta nacional 23, solamente presenta una sección con pendiente de ascenso importante, a la altura de la Roca de Carballo, la cual sí cuenta con su respectivo carril de ascenso, lo que permite desprestigiar teóricamente el efecto de los vehículos pesados sobre las velocidades de operación de otros vehículos;
- situación similar presenta la Autopista Bernardo Soto (San Ramón - Aeropuerto Juan Santamaría), que cuenta con carriles de ascenso a lo largo de las secciones que presentan pendientes importantes, por lo que nuevamente la influencia de los vehículos pesados sobre el resto del tránsito no es significativa;
- Autopista General Cañas (Aeropuerto Juan Santamaría – Hospital México) cuenta con cuatro carriles, dos por sentido, por lo teóricamente la presencia de vehículos pesados no debería ser un factor determinante en las velocidades de operación de todos los vehículos que utilizan este tramo.

Corredor Caldera – San José

Dado el diseño geométrico implementado en la ruta nacional 27 con motivo de la concesión de obra pública con servicio público, con la existencia de carriles de ascenso en tramos de pendientes fuertes y en una longitud importante proporcional a la longitud total de este corredor, la eliminación o reducción en la cantidad de vehículos pesados articulados tipo T3S2 o T3S3 que transportan exclusivamente contenedores llenos de importación desde Puerto Caldera hacia el GAM que optan por este recorrido, se considera para efectos de este estudio como no crítica, dado que los beneficios económicos para los usuarios de esta vía (cuantificándolos a escala nacional), derivados de una separación en forma práctica del tránsito de vehículos livianos del tránsito lento, no serían tan significativos como sí lo serían para el caso de ruta nacional 1 con esta eliminación o reducción de estos vehículos.

En el apartado 4.1.1. anterior, se expone el dato que del total de “boxes” movilizadas en un año (77.549), 57.646 corresponden a “boxes” de 40 pies, es decir, por día 158 traslados de contenedores de 40 pies de Puerto Caldera al GAM. Consecuentemente, 19.903 corresponden a “boxes” de 20 pies, es decir, por día 54 traslados de contenedores de 20 pies de Puerto Caldera al GAM. De realizarse estos traslados por carretera se requerirían 212 camiones para movilizar 158 “boxes” en cureñas de 40 pies y 54 “boxes” en cureñas de 20 pies.

Tomando las estaciones de conteo existentes en este tramo, a saber: 20050 Radial San Ramón, 20060 Puente río Jesús María, 60200 Macacona y 60210 Puente río Barranca, con el registro de TPD para vehículos articulados 5+ ejes 323, 491, 559 y 554 respectivamente, para un promedio de 482. La presente propuesta técnica estima la eliminación de 212 de estos vehículos tipo T3S2/T3S3 por día como resultado de transportar la totalidad de los contenedores llenos de importación por ferrocarril, lo cual corresponde a eliminar un 44% de esta carga vehicular en específico.

Cabe destacar que la cantidad de vehículos beneficiados con el retiro de los 212 camiones estimados en el presente estudio, no puede ser la totalidad de estos (100% de los usuarios), como lo sería en el caso de la construcción de carriles de ascenso a lo largo de todo el tramo en cuestión, por lo que se estimará esta cifra proporcionalmente con la cantidad total de vehículos pesados de cinco ejes presentes en esta sección.

Si se utiliza el criterio de proporcionalidad entre el número de vehículos de cinco ejes eliminados y el número de vehículos usuarios de esta vía, se considerará que un 44% de todos los vehículos que transitan por este tramo se verían beneficiados por la exclusión de estos furgones, percibiendo ahorros en los costos de operación de los diferentes vehículos, producto de un aumento en sus velocidades promedio para cada tipo de vehículo.

Tabla #23. Estimación de velocidades promedio por tipo de vehículo, operando con y sin la presencia de vehículos pesados

Tipo de vehículo	Velocidad (km/hora)	
	SIN proyecto	CON proyecto
Livianos	40	55
Buses	40	55
Carga (2, 3, 4 ejes)	30	45
Carga 5+ ejes (articulados)	30	40

Fuente: Documento “Proyecto San Ramón – Barranca, evaluación económica de las inversiones propuestas” CONAVI

Respecto a los costos de operación correspondientes a cada velocidad y tipo de vehículo, se utiliza para la presente propuesta una relación de costos de operación por tipo de vehículo según la velocidad promedio de los mismos, tomado del archivo de cálculo denominado Modelo RED (Modelo de Evaluación Económica de Caminos), utilizado actualmente por el Segundo Programa Red Vial Cantonal PRVC-II MOPT/BID, y con el aval de la Unidad Ejecutora del Contrato UEC/MOPT. Si bien es cierto la correlación aplicada en dicho modelo es entre el valor de IRI (International Roughness Index), que mide la rugosidad o regularidad de una superficie de ruedo, y las velocidades de operación de los diferentes tipos de vehículo, esta hoja de cálculo aporta datos de costos de operación de los mismos según sus velocidades, por lo tanto se considera aprovechable esta relación de costos de operación según la velocidad de cada tipo de vehículo, para efectos del presente estudio: SIN y CON PROYECTO.

(*) Nota Figura #36: El Modelo RED no presenta datos para los vehículos pesados de 5+ ejes, por lo que se estima un costo de operación 15% superior respecto a los vehículos de 3 ejes. Del mismo modo, las velocidades de circulación para los vehículos pesados de 5+ ejes SIN y CON PROYECTO se estiman iguales a las de los vehículos de 3 ejes, para efectos prácticos del presente estudio.

Figura #36. Captura de pantalla Modelo RED (Modelo de Evaluación Económica de Caminos)
Hoja “VOC y Velocidades Unitarios”

Economic Vehicle Operating Costs Function of Roughness Coefficients

		Columnas para Chequear Relaciones		
		VOC para IRI = 2,0 (\$/km)	VOC para IRI = 10,0 (\$/km)	VOC para IRI = 20,0 (\$/km)
Terreno: C Montañoso Camino: Pavimento	Automóvil	0,178	0,212	0,290
	Pick Up	0,225	0,295	0,418
	Autobús	0,303	0,423	0,595
	Camión 2 Ejes	0,490	0,656	0,887
	Camión 3 Ejes	0,697	0,928	1,259
	Camión 5 Ejes *	0,801	1,067	1,448

Coeficientes de Velocidades de Vehículo en Función de la Rugosidad

		Columnas para Chequear Relaciones		
		Vel. para IRI = 2,0 (km/hora)	Vel. para IRI = 10,0 (km/hora)	Vel. para IRI = 20,0 (km/hora)
Terreno: C Montañoso Camino: Pavimento	Automóvil	66,97	57,24	30,05
	Pick Up	60,40	53,92	30,52
	Autobús	53,46	48,20	30,00
	Camión 2 Ejes	44,71	41,53	29,19
	Camión 3 Ejes	52,83	48,27	27,18
	Camión 5 Ejes *	52,83	48,27	27,18

Fuente: Segundo Programa Red Vial Cantonal PRVC-II MOPT/BID y adaptación por el postulante

Con base en los datos de la figura anterior, se genera la siguiente tabla con los costos en colones por km, según el tipo de vehículo y relacionados con sus velocidades de operación (tipo de cambio tomado \$1 = ¢612,905).

Tablas #24 y #25. Relación costos de operación – velocidades de operación por tipo de vehículo

Tipo vehículo	Costo de operación		
	¢/km	¢/km	¢/km
Automóvil	109,27	130,07	177,88
Pick Up	137,98	180,78	256,04
Autobús	185,80	259,15	364,87
Camión 2 Ejes	300,37	401,96	543,47
Camión 3 Ejes	426,97	568,69	771,71
Camión 5+ Ejes	491,02	654,00	887,46

Tipo vehículo	Velocidad de operación		
	km/hr	km/hr	km/hr
Automóvil	66,97	57,24	30,05
Pick Up	60,40	53,92	30,52
Autobús	53,46	48,20	30,00
Camión 2 Ejes	44,71	41,53	29,19
Camión 3 Ejes	52,83	48,27	27,18
Camión 5+ Ejes	52,83	48,27	27,18

Fuente: Modelo RED y elaboración por el postulante

Con base en los datos anteriores, se genera la siguiente tabla con los costos en colones por tipo de vehículo y según las velocidades de operación SIN y CON proyecto expuestas en la tabla 23. Se realizó un prorrateo utilizando los tres diferentes costos de operación por velocidad y por tipo de vehículo para obtener los costos ¢/km según las velocidades estimadas aplicando o no la propuesta técnica.

Tabla #26. Costos estimados de operación (en colones) según cambio de velocidades de operación por aplicación o no de la propuesta técnica

Tipo de vehículo	Costos de operación por km	
	SIN proyecto	CON proyecto
Automóvil	¢160,05	¢132,50
Pick Up	¢222,71	¢166,39
Autobús	¢297,74	¢190,33
Camión 2 Ejes	¢538,05	¢320,78
Camión 3 Ejes	¢745,52	¢561,68
Camión 5+ Ejes	¢857,28	¢716,34

Fuente: Elaboración por el postulante

Con estas consideraciones, se logra llegar a un ahorro ponderado global aplicable a todos los tipos de vehículo, como se muestra en la Tabla #26.

Tabla #27. Ahorro anual neto estimado según cambio de velocidades de operación con la aplicación de la propuesta técnica

TRAMO	ESTACIÓN DE CONTEO	TPD	LIVIANOS / día	CARGA LIVIANA / día	BUS / día	CARGA 2 EJES / día	CARGA 3 EJES / día	CARGA 4 EJES / día	CARGA 5+ EJES (T3S2/T3S3) / día
SAN RAMÓN - ESPARZA	20050 Radial San Ramón	11.067	6.793	2.571	289	907	177	8	323
	20060 Puente río Jesús María	3.103	1.317	606	281	290	94	25	491
	60200 Macacona	4.817	2.587	1.081	193	306	81	11	559
ESPARZA - BARRANCA	60210 Puente río Barranca	6.250	3.609	1.195	209	546	110	27	554
Promedio cantidad de vehículos tramo Barranca - San Ramón			3.576	1.363	243	512	116	18	482
Aplicando la proporción del 56% (100%-44%) a la cantidad de vehículos beneficiados tramo Barranca - San Ramón			2.003	763	136	287	65	10	270
Costos de operación SIN PROYECTO (¢/km)			160,05	222,71	297,74	538,05	745,52	745,52	857,28
Costos de operación CON PROYECTO (¢/km)			132,50	166,39	190,33	320,78	561,68	561,68	716,34
Costos de operación SIN PROYECTO (¢/km) por día por tipo de vehículo			320.539,41	170.011,87	40.478,41	154.304,90	48.253,72	7.310,58	231.356,82
Costos de operación CON PROYECTO (¢/km) por día por tipo de vehículo			265.363,77	127.018,43	25.875,78	91.995,03	36.354,69	5.507,84	193.320,91
Diferencial costos de operación SIN y CON PROYECTO (¢/km) por día por tipo de vehículo			55.175,64	42.993,44	14.602,63	62.309,87	11.899,03	1.802,74	38.035,92
Ahorro en costos de operación por la implementación del proyecto (¢/km) por año por tipo de vehículo			20.139.107,50	15.692.604,99	5.329.958,46	22.743.103,16	4.343.145,16	657.999,16	13.883.109,59
Ahorro total en costos de operación por la implementación del proyecto (¢/km) por año			82.789.028,01						
Ahorro total en costos de operación por la implementación del proyecto por año para los 39 km del tramo crítico			¢3.228.772.092,45						

Fuente: Elaboración por el postulante

Ahora, como se mencionó anteriormente, el beneficio que se obtiene de retirar de la vía 212 furgones diarios, se consideró aplicable solamente al 56% (100% - 44%) de todos los vehículos que por allí circulan en el sentido Barranca – San Ramón.

Como lo muestra este cuadro, se obtiene un ahorro anual correspondiente a una reducción en costos de operación de los vehículos de los usuarios del tramo Barranca – San Ramón de ¢3.228.772.092,45, producto de retirar los 77.380 vehículos pesados de cinco ejes por año que transportarían la totalidad de los contenedores llenos de importación desembarcados en Puerto Caldera, pues esta carga sería transportada por ferrocarril.

4.5.2. Ahorro en costos por concepto de conservación vial: mantenimiento y rehabilitación de la superficie de ruedo de las rutas nacionales

El ahorro a nivel país en los costos de mantenimiento y rehabilitación de las carreteras, producto de la disminución de la cantidad de vehículos pesados que por ellas transitan, específicamente **cabezal + cureña + contenedor lleno de importación Caldera – GAM** (para el caso del presente estudio), es la externalidad al ferrocarril más importante que se debe analizar en el ámbito nacional, por lo que se dedica en este estudio una sección exclusiva a exponer este ahorro.

Para el caso particular de la ruta nacional N°27, y atinente a la eventual eliminación de los vehículos **cabezal + cureña + contenedor lleno de importación Caldera – GAM**, según el exgerente de la Concesión Corredor San José – Caldera, Área de Proyectos en Marcha APM, Consejo Nacional de Concesiones CNC, Ing. Carlos Rueda Segura, se tiene:

- La Concesionaria estructura una demanda contando con los vehículos pesados de 2, 3 y 4 ejes, así como los pesados articulados de 5 y 6 ejes, y con sus cargas máximas permitidas se establece la programación de mantenimientos periódicos e inversiones mayores de rehabilitación (sobrecapas) durante el plazo de la concesión. Dichos vehículos pesados (articulados y no articulados) son los que afectan mayormente el comportamiento estructural de los pavimentos instalados;

- A la Administración bajo la figura del Área de Proyectos en Marcha APM del Consejo Nacional de Concesiones CNC MOPT, desde el inicio de la operación de la concesión de la carretera en el año 2009, se le ha imposibilitado regular la sobrecarga, permitiendo el deterioro de la estructura de pavimento diseñada originalmente para una solicitud de carga definida, esto lleva al deterioro superficial y a la fatiga antes de lo esperado, requiriéndose entonces inversiones mayores y en plazos más cortos de lo previsto en el contrato de concesión. No obstante, las sobrecargas en vehículos pesados, para las cuales no se diseñó la estructura de pavimento original, se considera que no aplica en el caso del presente estudio técnico pues las cargas en contenedor son reguladas desde su fuente, de igual manera a su ingreso a los navíos, por lo que se descarta un sobrepeso respecto a lo estipulado en el Reglamento de Circulación por Carretera con Base en el Peso y las Dimensiones de los Vehículos de Carga, Decreto Ejecutivo N° 31363-MOPT, y por ende, se descarta una alteración en los parámetros de diseño de las sobrecapas (rehabilitaciones menores o mayores a la estructura de pavimento) previstas por el concesionario en su oferta original. Por el contrario, la sobrecarga en la estructura de pavimento de esta ruta la aportan los gráneles, metales, agregados, etc.
- Sin embargo, en términos financieros y en el eventual caso que se implementara la presente propuesta técnica, el Concesionario debería demostrar un desequilibrio financiero por ingresos totales, es decir, por disminuir el flujo de pesados **cabezal + cureña + contenedor lleno de importación Caldera – GAM** en tres de sus estaciones de peaje, aunque no necesariamente afecte los límites de ingresos asumidos por la Sociedad Concesionaria;
- A la Administración se le dificulta defender la multa por deterioros anticipados al contemplar un factor no controlado por la propia autoridad, como lo es la sobrecarga en vehículos pesados.

A continuación se estimará este ahorro anual por medio del Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles - Método AASHTO (Asociación Americana de Oficiales de Transportes y Carreteras Estatales), descrito en la sección 2.1.5 del Capítulo II, y en virtud de lo expuesto atinente al corredor San José – Caldera, se aplicará únicamente a las rutas nacionales N°23 tramo Caldera – Barranca y N°1 tramos Barranca – Esparza, Esparza – San Ramón, San Ramón – Manolos y Manolos – Aeropuerto Juan Santamaría.

Tabla #28 Tránsito clasificado SIN PROYECTO. Datos de conteos ejecutados en 2019 (2015*) en los tramos incluidos en el recorrido Puerto Caldera – GAM (sentido Caldera - San José)

TRAMO	ESTACIÓN DE CONTEO	TPD	LIVIANOS / día	CARGA LIVIANA / día	BUS / día	CARGA 2 EJES / día	CARGA 3 EJES / día	CARGA 4 EJES / día	CARGA 5+ EJES (T3S2/T3S3) / día	EEq LIVIANOS / año	EEq CARGA LIVIANA / año	EEq BUS / año	EEq CARGA 2 EJES / año	EEq CARGA 3 EJES / año	EEq CARGA 4 EJES / año	EEq CARGA 5+ EJES / año	EEq TOTALES / año
AEROPUERTO JUAN SANTAMARÍA - MANOLOS	20010 Dos Pinos Coyol	22.715	13.797	4.218	541	2.103	493	36	1.526	50.359	15.396	465.687	383.872	332.841	13.266	1.214.595	2.476.017
	20010 Manolos	25.558	15.580	4.861	596	2.356	593	38	1.533	56.868	17.743	512.965	430.052	400.387	13.993	1.220.190	2.652.197
MANOLOS - SAN RAMÓN	20020 FANAL	12.859	7.805	2.578	336	1.151	334	33	621	28.489	9.410	289.092	210.028	225.750	12.203	494.182	1.269.153
	20031 Radial Naranja 1	12.169	7.095	2.541	346	1.146	268	28	745	25.898	9.274	297.687	209.195	180.769	10.215	592.567	1.325.606
	20032 Radial Naranja 2	10.131	6.189	2.108	285	791	159	10	590	22.590	7.695	245.224	144.400	107.403	3.698	469.164	1.000.174
SAN RAMÓN - ESPARZA	20050 Radial San Ramón	11.067	6.793	2.571	289	907	177	8	323	24.793	9.383	248.803	165.610	119.562	2.827	257.124	828.103
	20060 Puente río Jesús María (*)	3.103	1.317	606	281	290	94	25	491	4.806	2.212	241.900	52.836	63.697	9.061	390.605	765.115
	60200 Macacona (*)	4.817	2.587	1.081	193	306	81	11	559	9.442	3.945	165.975	55.823	54.645	3.868	444.998	738.696
ESPARZA - BARRANCA	60210 Puente río Barranca (*)	6.250	3.609	1.195	209	546	110	27	554	13.174	4.362	179.817	99.577	74.278	9.809	441.116	822.133
BARRANCA - CALDERA	60610 El Roble	7.387	4.867	1.388	118	479	168	18	348	17.763	5.066	101.811	87.493	113.229	6.741	276.846	608.949
	60840 Plaza Caldera (*)	5.354	2.870	1.200	217	347	84	11	625	10.477	4.379	186.783	63.316	56.760	3.908	497.589	823.213
FACTOR CAMIÓN										0,01	0,01	2,36	0,50	1,85	1,00	2,18	-
EEq TOTALES POR TIPO VEHICULO										264.658	88.867	2.935.744	1.902.201	1.729.322	89.589	6.298.976	
EEq TOTALES										13.309.356							

Fuente: Unidad de Planificación Estratégica Multimodal de Infraestructura y Servicios de Transporte, Secretaría de Planificación Sectorial MOPT y edición por el postulante

Con base en la Tabla #4 que muestra el detalle de los ejes equivalentes correspondientes a los vehículos tipo T3S2/T3S3 que se eliminarían de las carreteras en 20 años plazo, en virtud de la reasignación al sistema ferroviario nacional de la totalidad de los contenedores llenos de importación que salen de Puerto Caldera, se tiene para cada tramo de las rutas nacionales N°23 y N°1 propios de este estudio:

Tabla #29. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo SIN PROYECTO
Estación de conteo 20010 Dos Pinos Coyol

# AÑO	AÑO	EEq TOTALES / AÑO
0	2019	2.476.017
1	2020	2.575.057
2	2021	2.678.060
3	2022	2.785.182
4	2023	2.896.589
5	2024	3.012.453
6	2025	3.132.951
7	2026	3.258.269
8	2027	3.388.600
9	2028	3.524.144
10	2029	3.665.110
11	2030	3.811.714
12	2031	3.964.183
13	2032	4.122.750
14	2033	4.287.660
15	2034	4.459.166
16	2035	4.637.533
17	2036	4.823.034
18	2037	5.015.956
19	2038	5.216.594
20	2039	5.425.258
TOTAL		79.156.280

Tabla #30. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo CON PROYECTO
Estación de conteo 20010 Dos Pinos Coyol

# AÑO	AÑO	EEq TOTALES / AÑO
0	2019	2.306.960
1	2020	2.372.207
2	2021	2.465.126
3	2022	2.562.165
4	2023	2.663.488
5	2024	2.769.268
6	2025	2.879.683
7	2026	2.994.917
8	2027	3.115.164
9	2028	3.240.625
10	2029	3.371.507
11	2030	3.508.028
12	2031	3.650.412
13	2032	3.798.896
14	2033	3.953.722
15	2034	4.115.145
16	2035	4.283.428
17	2036	4.458.846
18	2037	4.641.684
19	2038	4.832.238
20	2039	5.030.818
TOTAL		73.014.328

Fuente: Unidad de Planificación Estratégica Multimodal de Infraestructura y Servicios de Transporte, Secretaría de Planificación Sectorial MOPT y elaboración por el postulante

Tabla #31. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo SIN PROYECTO
Estación de conteo 20010 Manolos

# AÑO	AÑO	EEq TOTALES / AÑO
0	2019	2.652.197
1	2020	2.758.285
2	2021	2.868.616
3	2022	2.983.361
4	2023	3.102.695
5	2024	3.226.803
6	2025	3.355.875
7	2026	3.490.110
8	2027	3.629.715
9	2028	3.774.903
10	2029	3.925.899
11	2030	4.082.935
12	2031	4.246.253
13	2032	4.416.103
14	2033	4.592.747
15	2034	4.776.457
16	2035	4.967.515
17	2036	5.166.216
18	2037	5.372.864
19	2038	5.587.779
20	2039	5.811.290
TOTAL		84.788.616

Tabla #32. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo CON PROYECTO
Estación de conteo 20010 Manolos

# AÑO	AÑO	EEq TOTALES / AÑO
0	2019	2.483.140
1	2020	2.555.435
2	2021	2.655.682
3	2022	2.760.343
4	2023	2.869.594
5	2024	2.983.618
6	2025	3.102.607
7	2026	3.226.758
8	2027	3.356.279
9	2028	3.491.384
10	2029	3.632.296
11	2030	3.779.249
12	2031	3.932.482
13	2032	4.092.249
14	2033	4.258.809
15	2034	4.432.436
16	2035	4.613.410
17	2036	4.802.027
18	2037	4.998.592
19	2038	5.203.423
20	2039	5.416.851
TOTAL		78.646.665

Fuente: Unidad de Planificación Estratégica Multimodal de Infraestructura y Servicios de Transporte, Secretaría de Planificación Sectorial, MOPT y el postulante

Tabla #33. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo SIN PROYECTO
Estación de conteo 20020 FANAL

# AÑO	AÑO	EEq TOTALES / AÑO
0	2019	1.269.153
1	2020	1.319.919
2	2021	1.372.716
3	2022	1.427.624
4	2023	1.484.729
5	2024	1.544.119
6	2025	1.605.883
7	2026	1.670.119
8	2027	1.736.923
9	2028	1.806.400
10	2029	1.878.656
11	2030	1.953.803
12	2031	2.031.955
13	2032	2.113.233
14	2033	2.197.762
15	2034	2.285.673
16	2035	2.377.100
17	2036	2.472.184
18	2037	2.571.071
19	2038	2.673.914
20	2039	2.780.870
TOTAL		40.573.806

Tabla #34. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo CON PROYECTO
Estación de conteo 20020 FANAL

# AÑO	AÑO	EEq TOTALES / AÑO
0	2019	1.100.096
1	2020	1.117.069
2	2021	1.159.782
3	2022	1.204.607
4	2023	1.251.628
5	2024	1.300.934
6	2025	1.352.615
7	2026	1.406.767
8	2027	1.463.488
9	2028	1.522.881
10	2029	1.585.053
11	2030	1.650.116
12	2031	1.718.185
13	2032	1.789.379
14	2033	1.863.825
15	2034	1.941.652
16	2035	2.022.995
17	2036	2.107.995
18	2037	2.196.799
19	2038	2.289.558
20	2039	2.386.431
TOTAL		34.431.854

Fuente: Unidad de Planificación Estratégica Multimodal de Infraestructura y Servicios de Transporte, Secretaría de Planificación Sectorial, MOPT y el postulante

Tabla #35. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo SIN PROYECTO
Estación de conteo 20031 Radial Naranjo 1

# AÑO	AÑO	EEq TOTALES / AÑO
0	2019	1.325.606
1	2020	1.378.631
2	2021	1.433.776
3	2022	1.491.127
4	2023	1.550.772
5	2024	1.612.803
6	2025	1.677.315
7	2026	1.744.408
8	2027	1.814.184
9	2028	1.886.751
10	2029	1.962.221
11	2030	2.040.710
12	2031	2.122.339
13	2032	2.207.232
14	2033	2.295.521
15	2034	2.387.342
16	2035	2.482.836
17	2036	2.582.149
18	2037	2.685.435
19	2038	2.792.853
20	2039	2.904.567
TOTAL		42.378.578

Tabla #36. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo CON PROYECTO
Estación de conteo 20031 Radial Naranjo 1

# AÑO	AÑO	EEq TOTALES / AÑO
0	2019	1.156.550
1	2020	1.175.780
2	2021	1.220.842
3	2022	1.268.109
4	2023	1.317.671
5	2024	1.369.618
6	2025	1.424.047
7	2026	1.481.056
8	2027	1.540.748
9	2028	1.603.232
10	2029	1.668.618
11	2030	1.737.024
12	2031	1.808.568
13	2032	1.883.378
14	2033	1.961.584
15	2034	2.043.321
16	2035	2.128.731
17	2036	2.217.961
18	2037	2.311.163
19	2038	2.408.497
20	2039	2.510.128
TOTAL		36.236.627

Fuente: Unidad de Planificación Estratégica Multimodal de Infraestructura y Servicios de Transporte, Secretaría de Planificación Sectorial, MOPT y el postulante

Tabla #37. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo SIN PROYECTO
Estación de conteo 20032 Radial Naranja 2

# AÑO	AÑO	EEq TOTALES / AÑO
0	2019	1.000.174
1	2020	1.040.181
2	2021	1.081.788
3	2022	1.125.060
4	2023	1.170.062
5	2024	1.216.864
6	2025	1.265.539
7	2026	1.316.161
8	2027	1.368.807
9	2028	1.423.559
10	2029	1.480.502
11	2030	1.539.722
12	2031	1.601.311
13	2032	1.665.363
14	2033	1.731.978
15	2034	1.801.257
16	2035	1.873.307
17	2036	1.948.239
18	2037	2.026.169
19	2038	2.107.216
20	2039	2.191.504
TOTAL		31.974.761

Tabla #38. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo CON PROYECTO
Estación de conteo 20032 Radial Naranja 2

# AÑO	AÑO	EEq TOTALES / AÑO
0	2019	831.117
1	2020	837.331
2	2021	868.854
3	2022	902.042
4	2023	936.961
5	2024	973.680
6	2025	1.012.271
7	2026	1.052.809
8	2027	1.095.371
9	2028	1.140.040
10	2029	1.186.899
11	2030	1.236.035
12	2031	1.287.540
13	2032	1.341.509
14	2033	1.398.040
15	2034	1.457.236
16	2035	1.519.202
17	2036	1.584.051
18	2037	1.651.897
19	2038	1.722.860
20	2039	1.797.065
TOTAL		25.832.810

Fuente: Unidad de Planificación Estratégica Multimodal de Infraestructura y Servicios de Transporte, Secretaría de Planificación Sectorial, MOPT y el postulante

Tabla #39. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo SIN PROYECTO
Estación de conteo 20050 Radial San Ramón

# AÑO	AÑO	EEq TOTALES / AÑO
0	2019	828.103
1	2020	861.228
2	2021	895.677
3	2022	931.504
4	2023	968.764
5	2024	1.007.514
6	2025	1.047.815
7	2026	1.089.728
8	2027	1.133.317
9	2028	1.178.649
10	2029	1.225.795
11	2030	1.274.827
12	2031	1.325.820
13	2032	1.378.853
14	2033	1.434.007
15	2034	1.491.367
16	2035	1.551.022
17	2036	1.613.063
18	2037	1.677.585
19	2038	1.744.689
20	2039	1.814.476
TOTAL		26.473.804

Tabla #40. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo CON PROYECTO
Estación de conteo 20050 Radial San Ramón

# AÑO	AÑO	EEq TOTALES / AÑO
0	2019	659.047
1	2020	658.377
2	2021	682.743
3	2022	708.486
4	2023	735.663
5	2024	764.330
6	2025	794.547
7	2026	826.376
8	2027	859.881
9	2028	895.130
10	2029	932.192
11	2030	971.141
12	2031	1.012.050
13	2032	1.054.999
14	2033	1.100.070
15	2034	1.147.346
16	2035	1.196.917
17	2036	1.248.875
18	2037	1.303.313
19	2038	1.360.333
20	2039	1.420.037
TOTAL		20.331.852

Fuente: Unidad de Planificación Estratégica Multimodal de Infraestructura y Servicios de Transporte, Secretaría de Planificación Sectorial, MOPT y el postulante

Tabla #41. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo SIN PROYECTO

Estación de conteo 20060 Puente río Jesús María

# AÑO	AÑO	EEq TOTALES / AÑO
0	2019	765.115
1	2020	795.720
2	2021	827.549
3	2022	860.651
4	2023	895.077
5	2024	930.880
6	2025	968.115
7	2026	1.006.840
8	2027	1.047.113
9	2028	1.088.998
10	2029	1.132.558
11	2030	1.177.860
12	2031	1.224.975
13	2032	1.273.974
14	2033	1.324.932
15	2034	1.377.930
16	2035	1.433.047
17	2036	1.490.369
18	2037	1.549.984
19	2038	1.611.983
20	2039	1.676.462
TOTAL		24.460.131

Tabla #42. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo CON PROYECTO

Estación de conteo 20060 Puente río Jesús María

# AÑO	AÑO	EEq TOTALES / AÑO
0	2019	596.059
1	2020	592.870
2	2021	614.615
3	2022	637.633
4	2023	661.976
5	2024	687.695
6	2025	714.847
7	2026	743.488
8	2027	773.678
9	2028	805.479
10	2029	838.955
11	2030	874.174
12	2031	911.204
13	2032	950.120
14	2033	990.995
15	2034	1.033.909
16	2035	1.078.942
17	2036	1.126.180
18	2037	1.175.712
19	2038	1.227.627
20	2039	1.282.023
TOTAL		18.318.180

Fuente: Unidad de Planificación Estratégica Multimodal de Infraestructura y Servicios de Transporte, Secretaría de Planificación Sectorial, MOPT y el postulante

Tabla #43. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo SIN PROYECTO

Estación de conteo 60200 Macacona

# AÑO	AÑO	EEq TOTALES / AÑO
0	2019	738.696
1	2020	768.244
2	2021	798.973
3	2022	830.932
4	2023	864.170
5	2024	898.736
6	2025	934.686
7	2026	972.073
8	2027	1.010.956
9	2028	1.051.394
10	2029	1.093.450
11	2030	1.137.188
12	2031	1.182.676
13	2032	1.229.983
14	2033	1.279.182
15	2034	1.330.349
16	2035	1.383.563
17	2036	1.438.906
18	2037	1.496.462
19	2038	1.556.321
20	2039	1.618.573
TOTAL		23.615.514

Tabla #44. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo CON PROYECTO

Estación de conteo 60200 Macacona

# AÑO	AÑO	EEq TOTALES / AÑO
0	2019	569.639
1	2020	565.393
2	2021	586.040
3	2022	607.915
4	2023	631.068
5	2024	655.552
6	2025	681.417
7	2026	708.721
8	2027	737.521
9	2028	767.875
10	2029	799.847
11	2030	833.502
12	2031	868.906
13	2032	906.129
14	2033	945.245
15	2034	986.328
16	2035	1.029.459
17	2036	1.074.717
18	2037	1.122.190
19	2038	1.171.965
20	2039	1.224.134
TOTAL		17.473.563

Fuente: Unidad de Planificación Estratégica Multimodal de Infraestructura y Servicios de Transporte, Secretaría de Planificación Sectorial, MOPT y el postulante

Tabla #45. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo SIN PROYECTO

Estación de conteo 60210 Puente río Barranca

# AÑO	AÑO	EEq TOTALES / AÑO
0	2019	822.133
1	2020	855.018
2	2021	889.219
3	2022	924.788
4	2023	961.779
5	2024	1.000.250
6	2025	1.040.260
7	2026	1.081.871
8	2027	1.125.146
9	2028	1.170.151
10	2029	1.216.957
11	2030	1.265.636
12	2031	1.316.261
13	2032	1.368.912
14	2033	1.423.668
15	2034	1.480.615
16	2035	1.539.839
17	2036	1.601.433
18	2037	1.665.490
19	2038	1.732.110
20	2039	1.801.394
TOTAL		26.282.931

Tabla #46. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo CON PROYECTO

Estación de conteo 60210 Puente río Barranca

# AÑO	AÑO	EEq TOTALES / AÑO
0	2019	653.076
1	2020	652.168
2	2021	676.285
3	2022	701.770
4	2023	728.678
5	2024	757.066
6	2025	786.992
7	2026	818.519
8	2027	851.710
9	2028	886.632
10	2029	923.355
11	2030	961.949
12	2031	1.002.491
13	2032	1.045.058
14	2033	1.089.731
15	2034	1.136.594
16	2035	1.185.735
17	2036	1.237.245
18	2037	1.291.218
19	2038	1.347.754
20	2039	1.406.955
TOTAL		20.140.979

Fuente: Unidad de Planificación Estratégica Multimodal de Infraestructura y Servicios de Transporte, Secretaría de Planificación Sectorial, MOPT y el postulante

Tabla #47. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo SIN PROYECTO

Estación de conteo 60610 El Roble

# AÑO	AÑO	EEq TOTALES / AÑO
0	2019	608.949
1	2020	633.307
2	2021	658.639
3	2022	684.985
4	2023	712.384
5	2024	740.880
6	2025	770.515
7	2026	801.336
8	2027	833.389
9	2028	866.725
10	2029	901.394
11	2030	937.449
12	2031	974.947
13	2032	1.013.945
14	2033	1.054.503
15	2034	1.096.683
16	2035	1.140.550
17	2036	1.186.172
18	2037	1.233.619
19	2038	1.282.964
20	2039	1.334.283
TOTAL		19.467.620

Tabla #48. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo CON PROYECTO

Estación de conteo 60610 El Roble

# AÑO	AÑO	EEq TOTALES / AÑO
0	2019	439.892
1	2020	430.457
2	2021	445.706
3	2022	461.968
4	2023	479.283
5	2024	497.695
6	2025	517.247
7	2026	537.984
8	2027	559.953
9	2028	583.205
10	2029	607.791
11	2030	633.763
12	2031	661.177
13	2032	690.091
14	2033	720.566
15	2034	752.662
16	2035	786.446
17	2036	821.984
18	2037	859.347
19	2038	898.608
20	2039	939.843
TOTAL		13.325.668

Fuente: Unidad de Planificación Estratégica Multimodal de Infraestructura y Servicios de Transporte, Secretaría de Planificación Sectorial, MOPT y el postulante

Tabla #49. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo SIN PROYECTO
Estación de conteo 60840 Plaza Caldera

# AÑO	AÑO	EEq TOTALES / AÑO
0	2019	823.213
1	2020	856.141
2	2021	890.387
3	2022	926.003
4	2023	963.043
5	2024	1.001.564
6	2025	1.041.627
7	2026	1.083.292
8	2027	1.126.624
9	2028	1.171.689
10	2029	1.218.556
11	2030	1.267.298
12	2031	1.317.990
13	2032	1.370.710
14	2033	1.425.538
15	2034	1.482.560
16	2035	1.541.862
17	2036	1.603.537
18	2037	1.667.678
19	2038	1.734.385
20	2039	1.803.761
TOTAL		26.317.460

Tabla #50. Número de ejes equivalentes totales a 20 años plazo CON PROYECTO
Estación de conteo 60840 Plaza Caldera

# AÑO	AÑO	EEq TOTALES / AÑO
0	2019	654.156
1	2020	653.291
2	2021	677.453
3	2022	702.985
4	2023	729.942
5	2024	758.380
6	2025	788.359
7	2026	819.940
8	2027	853.188
9	2028	888.169
10	2029	924.953
11	2030	963.612
12	2031	1.004.220
13	2032	1.046.856
14	2033	1.091.601
15	2034	1.138.539
16	2035	1.187.758
17	2036	1.239.348
18	2037	1.293.406
19	2038	1.350.030
20	2039	1.409.322
TOTAL		20.175.508

Fuente: Unidad de Planificación Estratégica Multimodal de Infraestructura y Servicios de Transporte, Secretaría de Planificación Sectorial, MOPT y el postulante

De igual manera, con base en los datos expuestos en el Capítulo II y en el nomograma de la figura N°37 (siguiente página), se obtienen los siguientes resultados tabulados para cada tramo en estudio:

Tabla #51. Determinación del espesor diferencial. Diseño estructural de pavimentos flexibles por Método de la AASHTO por tramo en estudio

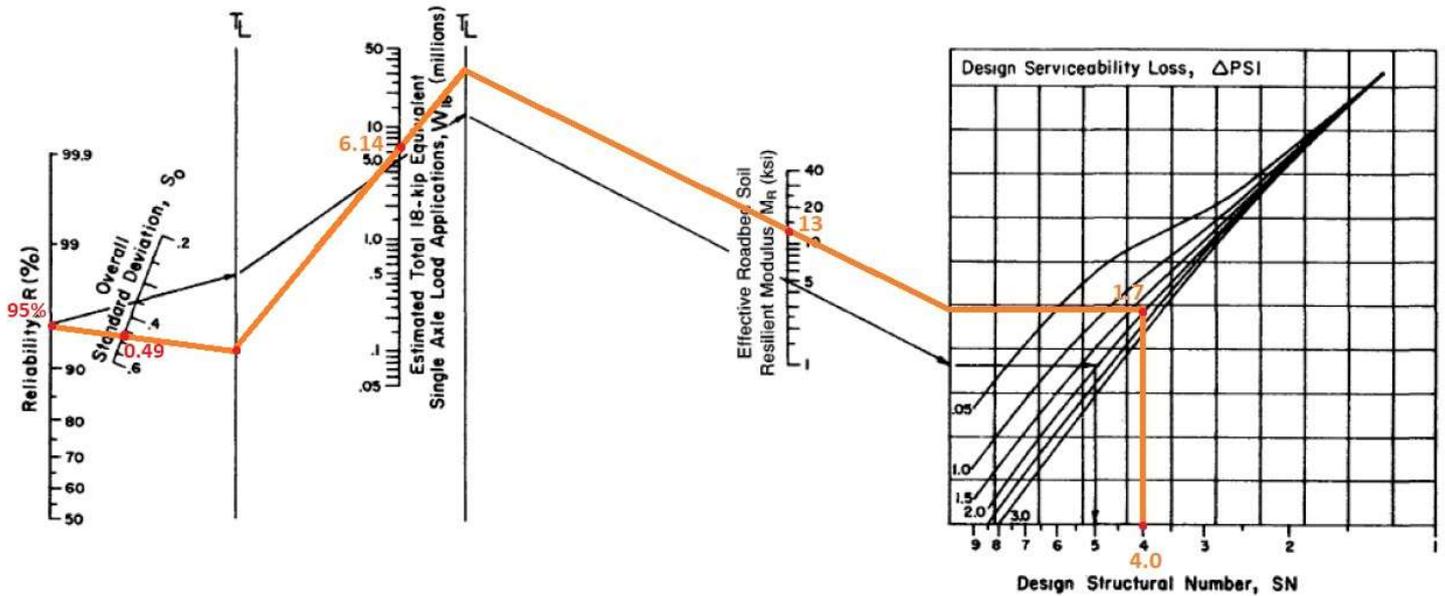
TRAMO	ESTACIÓN DE CONTEO	TOTAL EEq 20 años SIN PROYECTO	TOTAL EEq 20 años CON PROYECTO	DIFERENCIAL EEq 20 años SIN/CON PROYECTO	DIFERENCIAL EEq (millones) 20 años SIN/CON PROYECTO	MR Base (ksi)	R% (nivel de confianza)	So (desviación estándar PSI terminal)	A PSI	SN	a1 (coeficiente estructural de la carpeta asfáltica)	D (in)	D (cm)
AEROPUERTO JUAN SANTAMARÍA - MANOLOS	20010 Dos Pinos Coyol	79.156.280	73.014.328	6.141.951	6,14	13	95%	0,49	1,7	4,00	0,44	9	23
	20010 Manolos	84.788.616	78.646.665	6.141.951	6,14	13	95%	0,49	1,7	4,00	0,44	9	23
MANOLOS - SAN RAMÓN	20020 FANAL	40.573.806	34.431.854	6.141.951	6,14	13	95%	0,49	1,7	4,00	0,44	9	23
	20031 Radial Naranja 1	42.378.578	36.236.627	6.141.951	6,14	13	95%	0,49	1,7	4,00	0,44	9	23
	20032 Radial Naranja 2	31.974.761	25.832.810	6.141.951	6,14	13	95%	0,49	1,7	4,00	0,44	9	23
SAN RAMÓN - ESPARZA	20050 Radial San Ramón	26.473.804	20.331.852	6.141.951	6,14	13	95%	0,49	1,7	4,00	0,44	9	23
	20060 Puente río Jesús María	24.460.131	18.318.180	6.141.951	6,14	13	95%	0,49	1,7	4,00	0,44	9	23
	60200 Macacona	23.615.514	17.473.563	6.141.951	6,14	13	95%	0,49	1,7	4,00	0,44	9	23
ESPARZA - BARRANCA	60210 Puente río Barranca	26.282.931	20.140.979	6.141.951	6,14	13	95%	0,49	1,7	4,00	0,44	9	23
BARRANCA - CALDERA	60610 El Roble	19.467.620	13.325.668	6.141.951	6,14	13	95%	0,49	1,7	4,00	0,44	9	23
	60840 Plaza Caldera	26.317.460	20.175.508	6.141.951	6,14	13	95%	0,49	1,7	4,00	0,44	9	23

Fuente: Unidad de Planificación Estratégica Multimodal de Infraestructura y Servicios de Transporte, Secretaría de Planificación Sectorial MOPT y edición por el postulante

Se establece para el presente estudio un costo unitario de ¢149.513,53 por m³ para el renglón de pago “Capa de concreto asfáltico preparado en planta en caliente, diseñado por la metodología Marshall”, entendido como sobrecapa, tomado de la base de datos compilados de ofertas presentadas para los procesos licitatorios del Segundo Programa Red Vial Cantonal (PRVC-II MOPT-BID), específicamente para las rutas incorporadas en los denominados Paquete 1, 2, 3 y 4.

El área mínima se obtiene de multiplicar la longitud total de cada tramo por un ancho mínimo de carpeta (superficie de ruedo) de 7,30 metros, para la vía básica de un carril por sentido, adicionando a esto la multiplicación de la longitud correspondiente a los carriles de ascenso, medidos individualmente en cada sentido, con un ancho mínimo de 3,65 metros. Con esta área total multiplicada por el espesor (en metros) correspondiente a cada tramo, se obtienen los volúmenes requeridos según la sección.

Figura #37. Nomograma para el diseño de un pavimento flexible por el Método AASHTO



Fuente: Huang, Yang H. *Pavement Analysis and desings* y edición por el postulante

Este espesor de sobrecapa “diferencial” se obtuvo de la reducción del número de ejes equivalentes correspondiente a 20 años, producto de la exclusión de la red vial de una cantidad considerable de vehículos pesados (cabezal + cureña + contenedor lleno de importación) que salen cargados de Puerto Caldera, y cuya carga sería transportada por ferrocarril según la presente propuesta. Con esta información se tiene:

Tabla #52. Estimación del costo de la sobrecapa en función del espesor diferencial por cada tramo

RUTA	TRAMO	LONGITUD* (m)	ANCHO MÍNIMO (m)	LONGITUD CARRILES ASCENSO (m)	ANCHO MÍNIMO CARRILES ASCENSO (m)	ÁREA MÍNIMA (m2)	VOLUMEN SOBRECAPA (m3)	COSTO UNITARIO SOBRECAPA** (por m3)	COSTO SOBRECAPA (20 años)	COSTO SOBRECAPA (por año)
23	CALDERA - BARRANCA	13,950.00	7.30	2,000.00	3.65	109,135.00	25,101.05	¢149,513.53	¢3,752,946,609.13	¢187,647,330.46
1	BARRANCA - ESPARZA	7,000.00	7.30	0.00	3.65	51,100.00	11,753.00	¢149,513.53	¢1,757,232,526.01	¢87,861,626.30
	ESPARZA - SAN RAMÓN	32,000.00	7.30	1,000.00	3.65	237,250.00	54,567.50	¢149,513.53	¢8,158,579,585.06	¢407,928,979.25
	SAN RAMÓN - MANOLOS	32,000.00	7.30	27,000.00	3.65	332,150.00	76,394.50	¢149,513.53	¢11,422,011,419.09	¢571,100,570.95
	MANOLOS - AEROPUERTO JUAN SANTAMARÍA	9,500.00	7.30	1,500.00	3.65	74,825.00	17,209.75	¢149,513.53	¢2,573,090,484.52	¢128,654,524.23
TOTAL									¢27,663,860,623.81	¢1,383,193,031.19

Fuentes: (*) Archivo "INVENTARIO DE LA RED VIAL NACIONAL.xls" Gerencia de Conservación de Vías y Puentes CONAVI; (**) Base de datos PRVC-II MOPT-BID precios unitarios Paquetes 1, 2, 3 y 4 UEC-MOPT. Tabla elaborada por el postulante

Según la Tabla #52, el ahorro por concepto de mantenimiento de los tramos de carretera considerados en este estudio, por la sustitución de una cantidad importante de furgones por el transporte vía ferrocarril, se estima en ¢1.383.193.031,19 anuales, en total cerca de ¢27,7 mil millones para los 20 años establecidos para este cálculo.

4.5.3. Ahorro en costos por concepto de externalidades del sistema en las rutas nacionales:

Para efectos del presente informe, se consideraron aceptables los datos que presenta la Unión Europea, específicamente se tomó el documento denominado “*COSTES EXTERNOS DEL TRANSPORTE, ESTUDIO DE ACTUALIZACIÓN, Resumen, Zurich/Karlsruhe, Octubre 2004*”, de la Universidad de Karlsruhe, Alemania.

Se tomó el diferencial resultante entre los costos estimados para el transporte de carga según cada medio [camión pesado (carretera) y ferrocarril] y según cada una de las siguientes externalidades.

Importante:

Tabla #53. Estimación del dato **1.000 ton*km** (2019) contenedores llenos de importación Puerto Caldera

Descripción	Datos	
	"Boxes" 40 pies	"Boxes" 20 pies
Cantidad "boxes" 2019	57.647	19.902
Tonelaje por "box"	30	15
Tonelaje 2019	1.729.410	298.530
Tonelaje 2019	2.027.940	
Kilómetros	94,45	
t*km 2019	191.538.933,00	
1.000 t*km	191.538,93	

Fuente: Unidad Técnica de Supervisión y Control INCOP, elaboración por el postulante

4.5.3.1. Accidentalidad

La principal causa de muerte violenta en nuestro país son los accidentes en carretera. Si bien es cierto en la mayoría de los casos se producen por imprudencias, falta de pericia, desacato a las leyes de tránsito, etc, también es un hecho que nuestras carreteras cada vez dan menos abasto para satisfacer el creciente aumento en la flotilla vehicular que diariamente hace uso de esta infraestructura vial.

No se encontró un estudio del costo medio por accidentado de tránsito para Latinoamérica, por lo que se tomó el documento precitado validado por la Comunidad Económica Europea, de donde se extrae un diferencial de Costo de la Accidentabilidad entre carretera y ferrocarril $[Cc-Cfc] = \$5,75/1.000 \text{ ton*km}$, es decir, cada 1.000 toneladas*kilómetro transportadas por carretera implican un costo económico de \$5,75 para el país por concepto de accidentalidad.

Tomando el dato validado para el año 2019 de 77.549 TEUs desembarcados en Puerto Caldera con rumbo al GAM, de los cuales 57.646 corresponden a contenedores llenos de importación de 40 pies y 19.903 corresponden a contenedores llenos de importación “boxes” de 20 pies, se tiene un total de 191.538.933 ton*km correspondiente a carga contenedores llenos de importación por año.

De este modo, el valor de la externalidad correspondiente a accidentes de tránsito se obtiene:

$$\frac{(Cc - Cfc) * (Ton - km)}{1000} = AHORRO_ANUAL$$

$$\frac{\$5,75 * 191.538.933 \text{ t*km}}{1.000 \text{ t*km}} = \$1.101.348,87 = \text{C}675.022.225,95$$

El ahorro económico a nivel país que se estima con la operación del ferrocarril para el transporte de la totalidad de los contenedores llenos de importación por concepto de accidentabilidad es de poco más de C675 millones por año.

4.5.3.2. Contaminación ambiental o polución atmosférica

La contaminación ambiental o polución atmosférica es el resultado de la emisión de ciertos elementos o sustancias que permanecen en suspensión en el aire. Estas emisiones afectan a personas que tienen o no participación en el servicio de transporte, por ubicarse a los lados de las carreteras o vías férreas, lo que constituye un costo social importante.

Los daños producidos por la contaminación atmosférica se manifiestan en efectos sobre los individuos, sobre la vegetación, produce daños materiales (corrosión, etc) y sobre el valor de las propiedades.

Para el presente estudio se tomó el documento precitado validado por la Comunidad Económica Europea, de donde se extrae un diferencial de Costo de la Polución entre carretera y ferrocarril $[Cc-Cfc] = \$35,94/1.000 \text{ ton*km}$, es decir, cada 1.000 toneladas*kilómetro transportadas por carretera implican un costo económico de \$35,94 para el país por concepto de contaminación atmosférica.

Tomando el dato validado para el año 2019 de 77.549 TEUs, desembarcados en Puerto Caldera con rumbo al GAM, de los cuales 57.646 corresponden a contenedores llenos de importación de 40 pies y 19.903 corresponden a contenedores llenos de importación “boxes” de 20 pies, se tiene un total de 191.538.933 ton*km correspondiente a carga contenedores llenos de importación por año.

De este modo, el valor de la externalidad correspondiente a contaminación atmosférica o polución se obtiene:

$$\frac{(Cc - Cfc) * (Ton - km)}{1000} = AHORRO_ANUAL$$

$$\frac{\$35,94 * 191.538.933 \text{ t*km}}{1.000 \text{ t*km}} = \$6.883.909,25 = \text{C}\$4.219.182.400,11$$

El ahorro económico a nivel país que se estima con la operación del ferrocarril para el transporte de la totalidad de los contenedores llenos de importación por concepto de contaminación atmosférica o polución es de más C\$4.200 millones por año.

4.5.3.3. Ruido o contaminación sónica

El término contaminación acústica hace referencia al sonido excesivo y molesto, provocado por las actividades humanas que produce efectos negativos sobre la salud auditiva, física y mental de los seres vivos. Esta contaminación sónica afecta a personas que tienen o no participación en el servicio de transporte, por ubicarse a los lados de las carreteras o vías férreas, lo que también constituye un costo social importante.

La contaminación acústica deteriora la salud de las personas pues la exposición prolongada al ruido puede producir molestias, trastornos del sueño, efectos perjudiciales en los sistemas cardiovascular y metabólico, deficiencias cognitivas en los niños, entre otros.

Para el presente estudio se tomó el documento precitado validado por la Comunidad Económica Europea, de donde se extrae un diferencial de Costo de la Polución entre carretera y ferrocarril $[Cc - Cfc] = \$2,04/1.000 \text{ ton*km}$, es decir, cada 1.000 toneladas*kilómetro transportadas por carretera implican un costo económico de \$2,04 para el país por concepto de ruido, que a pesar de no ser un parámetro tan significativo si se compara con la contaminación atmosférica por ejemplo, sí representa un costo importante año con año a nivel país.

Tomando el dato validado para el año 2019 de 77.549 TEUs desembarcados en Puerto Caldera con rumbo al GAM, de los cuales 57.646 corresponden a contenedores llenos de importación de 40 pies y 19.903 corresponden a contenedores llenos de importación “boxes” de 20 pies, se tiene un total de 191.538.933 ton*km correspondiente a carga contenedores llenos de importación por año.

De este modo, el valor de la externalidad correspondiente a contaminación atmosférica o polución se obtiene:

$$\frac{(Cc - Cfc) * (Ton - km)}{1000} = AHORRO_ANUAL$$

$$\frac{\$2,04 * 191.538.933 \text{ t*km}}{1.000 \text{ t*km}} = \$390.739,42 = \text{C}\$239.486.146,25$$

El ahorro económico a nivel país que se estima con la operación del ferrocarril para el transporte de la totalidad de los contenedores llenos de importación por concepto de contaminación acústica o ruido es de más C\$240 millones por año.

4.5.3.4. Cambio climático

Junto con la contaminación sónica y la polución atmosférica, el efecto del cambio climático es el componente más importante para el sector ferroviario en el sector transporte. El crecimiento de los volúmenes de tráfico ha dado lugar a un mayor volumen de emisión de gases de efecto invernadero y con esto a un incremento de los efectos negativos del cambio climático.

Para el presente estudio se tomó el documento precitado validado por la Comunidad Económica Europea, de donde se extrae un diferencial de Costo del cambio climático entre carretera y ferrocarril $[C_c - C_{fc}] = \$11,50/1000 \text{ ton} \cdot \text{km}$, es decir, cada 1.000 toneladas*kilómetro transportadas por carretera implican un costo económico de \$11,50 para el país por concepto de “cambio climático”, que sí es un parámetro significativo y sí representa un costo importante año con año a nivel país.

Tomando el dato validado para el año 2019 de 77.549 TEUs desembarcados en Puerto Caldera con rumbo al GAM, de los cuales 57.646 corresponden a contenedores llenos de importación de 40 pies y 19.903 corresponden a contenedores llenos de importación “boxes” de 20 pies, se tiene un total de 191.538.933 ton*kilómetro correspondiente a carga contenedores llenos de importación por año.

De este modo, el valor de la externalidad correspondiente a contaminación atmosférica o polución se obtiene:

$$\frac{(C_c - C_{fc}) * (Ton - km)}{1000} = AHORRO_ANUAL$$

$$\frac{\$11,50 * 191.538.933 \text{ t} \cdot \text{km}}{1.000 \text{ t} \cdot \text{km}} = \$2.202.697,73 = \text{C}\$1.350.044.451,90$$

El ahorro económico a nivel país que se estima con la operación del ferrocarril para el transporte de la totalidad de los contenedores llenos de importación por concepto de “cambio climático” es de más C\$1.350 millones por año.

Hasta el momento se tiene:

Tabla #54. Estimación del costo unitario (€/1.000 t*km) de ahorros por concepto de externalidades en el transporte de contenedores llenos de importación salientes de Puerto Caldera

Item	Costo transporte de carga (Euros/1000km)			Costo transporte de carga (\$/1000 tkm)	Costo transporte de carga (€/1000 tkm)
	Camión pesado (carretera)	Ferrocarril	Diferencial (carretera/ferrocarril)	Diferencial (carretera/ferrocarril)	Diferencial (carretera/ferrocarril)
Accidentes de tránsito	4,80 €	0,00 €	4,80 €	\$5,75	C\$3.524,45
Polución atmosférica	38,30 €	8,30 €	30,00 €	\$35,94	C\$22.027,81
Ruido	4,90 €	3,20 €	1,70 €	\$2,04	C\$1.248,24
Cambio climático	12,80 €	3,20 €	9,60 €	\$11,50	C\$7.048,90

Fuente: Elaboración por el postulante

Tabla #55. Estimación del monto total de ahorros por concepto de externalidades en el transporte de contenedores llenos de importación salientes de Puerto Caldera año 2019

Item	Costo transporte de carga (¢/1000 tkm)	Total año 2019 (por 1000 ton*km)	Costo total diferencial carretera/ferrocarril año 2019
	Diferencial (carretera/ferrocarril)		
Accidentes de tránsito	¢3.524,45	191.538,93	¢675.069.184,02
Polución atmosférica	¢22.027,81	191.538,93	¢4.219.182.400,11
Ruido	¢1.248,24	191.538,93	¢239.087.002,67
Cambio climático	¢7.048,90	191.538,93	¢1.350.138.368,03

Fuente: Elaboración por el postulante

Adicionalmente, esta vez utilizando el documento “Manual de valorización de las externalidades en el transporte terrestre – Comparación de costos entre la carretera y el ferrocarril”, de la Asociación Latinoamericana de Ferrocarriles ALAF, se tiene:

4.5.3.5. Consumo energético a nivel país

Costa Rica, como tantos países que no disponen de reservas de petróleo, se ve en la necesidad de importarlo para mantener sus actividades, pagando precios que tienden a aumentar mundialmente. En estos casos se crea una fuerte dependencia con los países productores, que puede provocar serios problemas económicos durante eventuales crisis mundiales. El transporte es uno de los rubros en los que el consumo de combustibles líquidos tiene una gran relevancia.

Para calcular el consumo de energía para el modo ferrocarril y para el modo carretero, se toman valores de consumo real promedio del documento precitado, se toma:

- Carretera: 0,015012 litros diésel / Ton*km
- Ferrocarril: 0,041 litros diésel / Ton*km

De este modo, el valor de la externalidad correspondiente a consumo de combustibles carretera versus ferrocarril se obtiene:

$$(0,041-0,015012) * 191.538.933 \text{ t*km} * \text{¢}572/\text{litro diésel} = \text{¢}2.847.252.288,34$$

El ahorro económico a nivel país que se estima con la operación del ferrocarril para el transporte de la totalidad de los contenedores llenos de importación por concepto de consumo de combustible (consumo energético) es de más de ¢2,8 mil millones por año.

En resumen, si se totaliza lo indicado en la Tabla #55 y se le adiciona el monto inmediato anterior por concepto de consumo energético, se tiene un ahorro en costos económicos a nivel país de ¢9.330.729.243,18 por año.

4.6. Ingresos para el sistema ferroviario nacional – sector Pacífico por concepto del servicio de transporte intermodal ferrocarril – carretera de contenedores llenos de importación (recorrido Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela)

Para efectos del presente estudio, se utilizará la demanda máxima posible que eventualmente asumiría este sistema propuesto, es decir, la establecida en el apartado 4.1.4. del Capítulo IV, de 2.025.750 toneladas por año, correspondientes a contenedores llenos de importación salientes de Puerto Caldera.

La Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP), mediante Resolución RRG-2676-2002, publicada en La Gaceta N°155 el 14 de agosto del 2002, establece:

Tabla #56. Tarifas mínima y máxima de transporte de carga por ferrocarril (\$/ton)

ZONA DEL ATLANTICO		
Servicio	Tarifa mínima	Tarifa máxima
Transporte de banano	\$4,32 / ton	\$10,33 / ton
Transporte de pasajeros con objetivo turístico	\$182,00 / vagón	\$426,00 / vagón
ZONA DEL PACIFICO		
Servicio	Tarifa mínima	Tarifa máxima
Transporte de hierro	\$5,99 / ton	\$11,74 / ton
Transporte de agregados de piedra	\$4,38 / m3	\$9,16 / m3
Transporte de pasajeros con objetivo turístico	\$182,00 / vagón	\$426,00 / vagón

Fuente: Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP)
Resolución RRG-2676-2002, La Gaceta N°155 el 14 de agosto del 2002

Para efectos del presente estudio, se toma un promedio entre las tarifas mínima y máxima de transporte de carga **por tonelada** establecidas en la tabla anterior, que para el caso del sistema ferroviario nacional – sector Pacífico se trata del transporte de hierro. El promedio de las tarifas se establece en \$8,865/ton.

De este modo, el cálculo de ingresos para el sistema ferroviario nacional – sector Pacífico, por concepto del transporte de contenedores llenos de importación desde Puerto Caldera hasta la terminal intermodal propuesta en Ciruelas Alajuela, corresponde a:

$$2.025.750 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * \frac{8,865 \$}{\text{ton}} * \frac{612,905 \text{ colones}}{\$} = \frac{11.006.715.772,74 \text{ colones}}{\text{año}}$$

La presente propuesta técnica estima un ingreso anual de más de 11 mil millones de colones por concepto del transporte de la totalidad de los contenedores llenos de importación, que arriban vía marítima a Puerto Caldera y cuyo destino es el Gran Área Metropolitana.

4.7. Aplicación del análisis BENEFICIO/COSTO al transporte de contenedores desde Puerto Caldera a la GAM utilizando el sistema intermodal ferrocarril/carretera

4.7.1. Datos de ingresos y ahorros: BENEFICIOS

Tabla #57. Cuadro resumen ahorros **anuales** por concepto de externalidades al ferrocarril

Item	Costo transporte de carga (c/1000 tkm)	Total año 2019 (por 1000 ton*km)	Costo total diferencial carretera/ferrocarril año 2019
	Diferencial (carretera/ferrocarril)		
Accidentes de tránsito	¢3.524,45	191.538,93	¢675.069.184,02
Polución atmosférica	¢22.027,81	191.538,93	¢4.219.182.400,11
Ruido	¢1.248,24	191.538,93	¢239.087.002,67
Cambio climático	¢7.048,90	191.538,93	¢1.350.138.368,03
Consumo energético	¢14.865,14	191.538,93	¢2.847.252.288,34
TOTAL AHORRO POR EXTERNALIDADES AL FERROCARRIL			¢9.330.729.243,17

Fuente: Elaboración por el postulante

Tabla #58. Cuadro resumen ahorro **anual** en costos de operación por aumento en la velocidad de circulación de los vehículos usuarios (tomado de Tabla #28)

Item	Diferencial costos de operación SIN vs CON proyecto (por año por km)	Recorrido contemplado en el estudio (km)	Ahorro anual
Ahorro en costos de operación (SIN proyecto y CON proyecto)	¢82.789.028,01	39,00	¢3.228.772.092,45
TOTAL AHORRO EN COSTOS DE OPERACIÓN			¢3.228.772.092,45

Fuente: Elaboración por el postulante

Tabla #59. Cuadro resumen ahorro **anual** en conservación vial (por diferencial en la sobrecapa de mezcla asfáltica superficie de rueda tramo en estudio)

Item	Diferencial de volumen de sobrecapa asfáltica SIN vs CON proyecto (m3)	Costo unitario por volumen de mezcla asfáltica (¢/m3)	Ahorro en conservación vial (20 años)	Ahorro anual en conservación vial (sobrecapa)
Sumatoria volúmenes de sobrecapa asfáltica tramo completo Puerto Caldera - Aeropuerto Juan Santamaría	185.025,80	¢149.513,53	¢27.663.860.623,81	¢1.383.193.031,19
TOTAL AHORRO ANUAL EN CONSERVACIÓN VIAL (SOBRECAPA)				¢1.383.193.031,19

Fuente: Elaboración por el postulante

Tabla #60. Ingresos **anuales** por transporte de contenedores llenos de importación en ferrocarril Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela

Item	Tarifa transporte carga por ferrocarril (¢/ton)	Total contenedores llenos de importación por año (ton)	Ingreso anual
Transporte de contenedores llenos de importación en ferrocarril Puerto Caldera - Ciruelas Alajuela	¢5.433,40	2.025.750,00	¢11.006.715.772,74
TOTAL INGRESOS FERROCARRIL			¢11.006.715.772,74

Fuente: Elaboración por el postulante

4.7.2. Datos de inversión inicial y costos anuales: COSTOS

Tabla #61. Cuadro resumen inversión inicial para la puesta a punto del sistema intermodal ferrocarril/carretera Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela (transporte de contenedores llenos de importación)

CONCEPTO INVERSIÓN INICIAL			MONTO
CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	DETALLE	
INFRAESTRUCTURA	Vía Férrea	Línea principal	¢15.300.000.000,00
		Obras geotécnicas para estabilización de taludes colapsados	¢676.666.666,67
		Apartaderos y espuelas	¢780.000.000,00
		Ramales	¢1.150.000.000,00
		Patios	¢618.000.000,00
	Estructuras mayores	Puente sobre río Grande	¢500.000.000,00
		Puente sobre río Jesús María	¢200.000.000,00
		Túnel Cambalache	¢150.000.000,00
		Túnel a construir Dantas - Concepción	¢17.774.250.000,00
	Estructuras menores	Alcantarillas de cuadro	¢60.000.000,00
		Alcantarillas de tuberías	¢60.000.000,00
		Puentes menores	¢110.000.000,00
	Predios	Terminal de contenedores Puerto Caldera	¢384.500.000,00
		Terminal intermodal Ciruelas Alajuela	¢1.774.680.000,00
Adquisición terreno en Ciruelas Alajuela		¢629.958.000,00	
EQUIPO	Equipo	Tractivo	¢9.111.960.000,00
		Rodante	¢11.743.901.750,00
		Manipuladores de contenedores en patios	¢104.193.850,00
		Software - logística ferroviaria	¢85.000.000,00
		Equipo menor	¢115.000.000,00
TOTAL INVERSIÓN INICIAL			¢61.328.110.266,67

Fuente: Elaboración por el postulante

Tabla #62. Cuadro resumen costos **anuales** de mantenimiento terminal intermodal ferrocarril/carretera en Ciruelas Alajuela

ÁREA DENOMINADA:	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO MENSUAL	COSTO TOTAL ANUAL
Almacenaje contenedores	7.324,00	m2	¢415,00	¢36.473.520,00
Oficinas administrativas / operativas	1,00	gbl	¢750.000,00	¢9.000.000,00
Acceso	2.900,00	m2	¢415,00	¢14.442.000,00
Área de maniobras	6.876,00	m2	¢415,00	¢34.242.480,00
COSTOS MANTENIMIENTO TERMINAL INTERMODAL FERROCARRIL/CARRETERA CIRUELAS ALAJUELA				¢94.158.000,00

Fuente: Elaboración por el postulante

Tabla #63. Cuadro resumen de costos **anuales** de mantenimiento del sistema intermodal ferrocarril/carretera Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela

MANTENIMIENTO NUEVO SISTEMA INTERMODAL			MONTO
CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	DETALLE	
INFRAESTRUCTURA	Vía Férrea	Vía real	¢30.600.000,00
		Ramales (La Purruja)	¢1.380.000,00
		Patios	¢741.600,00
		Apartaderos y espuelas	¢805.200,00
		Predio Puerto Caldera	¢461.400,00
		Predio Terminal Intermodal Ciruelas Alajuela	¢420.900,00
	Estructuras mayores	Puente sobre río Grande	¢75.000.000,00
		Puente sobre río Jesús María	¢75.000.000,00
		Túnel Cambalache	¢45.000.000,00
		Túnel a construir Dantas - Concepción	¢105.000.000,00
	Estructuras menores	Alcantarillas de cuadro	¢30.000.000,00
		Alcantarillas de tuberías	¢30.000.000,00
		Puentes menores	¢90.000.000,00
	Predio	Terminal de contenedores Puerto Caldera	-
Terminal intermodal Ciruelas Alajuela		¢94.158.000,00	
EQUIPO	Equipo	Tractivo	¢180.000.000,00
		Rodante	¢75.000.000,00
		Maniobras en patios	¢60.000.000,00
		Software	¢6.000.000,00
		Equipo menor	¢30.000.000,00
MANTENIMIENTO NUEVO SISTEMA INTERMODAL			¢929.567.100,00

Fuente: Elaboración por el postulante

Tabla #64. Cuadro resumen de costos **anuales** de operación del sistema intermodal ferrocarril/carretera en Puerto Caldera – Ciruelas Alajuela

OPERACIÓN NUEVO SISTEMA INTERMODAL				
CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	DETALLE	MONTO	
OPERACIÓN	Logístico	Personal operativo	¢570.700.000,00	
		Alquiler local oficina	¢12.000.000,00	
		Costos administrativos	¢60.000.000,00	
	Infraestructura vial	Infraestructura vial	¢0,00	
	Equipo	Locomotoras de vía	¢2.920.000.000,00	
		Locomotora de patio Puerto Caldera	¢219.000.000,00	
		Locomotora de patio Terminal Intermodal Ciruelas Alajuela	¢219.000.000,00	
		Material rodante	¢2.701.000.000,00	
		Cargador frontal portacontenedores (Reach Stacker) Puerto Caldera	¢1.226.400.000,00	
		Cargador frontal portacontenedores (Reach Stacker) Terminal Intermodal Ciruelas Alajuela	¢1.022.000.000,00	
		Vehículos institucionales INCOFER (ingeniería) tipo pick up	¢52.560.000,00	
		Vehículos institucionales INCOFER (supervisión y control) tipo pick up	¢65.700.000,00	
		Vehículos institucionales INCOFER (personal operativo) tipo pick up	¢157.680.000,00	
		Motocar para cuadrilla de supervisión y control (no mantenimiento)	¢65.700.000,00	
		OPERACIÓN NUEVO SISTEMA INTERMODAL		

Fuente: Elaboración por el postulante

4.7.3. Aplicación de la función BENEFICIO/COSTO

Se tiene el siguiente flujo de recursos desde el Año 0 hasta el Año 10 (período del estudio), estimado para el transporte de contenedores llenos de importación, donde se incluye la carga de los “boxes” en las plataformas ferroviarias, el traslado de estos de Puerto Caldera a Ciruelas Alajuela y la transferencia de medio ferrocarril – Carretera en la terminal intermodal (se tomó un aumento anual por concepto de inflación proyectada por el Banco Central de Costa Rica 3%)

Tabla #65. Flujo de caja estimado para la presente propuesta técnica (**datos en millones**)

CONCEPTO	AÑO										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión inicial	¢61.328,11	¢0,00	¢0,00	¢0,00	¢0,00	¢0,00	¢0,00	¢0,00	¢0,00	¢0,00	¢0,00
Operación	¢0,00	¢10.642,24	¢10.961,51	¢11.290,35	¢11.629,06	¢11.977,93	¢12.337,27	¢12.707,39	¢13.088,61	¢13.481,27	¢13.885,71
Mantenimiento	¢0,00	¢929,57	¢957,45	¢986,18	¢1.015,76	¢1.046,24	¢1.077,62	¢1.109,95	¢1.143,25	¢1.177,55	¢1.212,87
Ahorros	¢0,00	¢13.250,81	¢13.648,34	¢14.057,79	¢14.479,52	¢14.913,91	¢15.361,33	¢15.822,17	¢16.296,83	¢16.785,74	¢17.289,31
Ingresos	¢0,00	¢11.006,72	¢11.336,92	¢11.677,02	¢12.027,34	¢12.388,16	¢12.759,80	¢13.142,59	¢13.536,87	¢13.942,98	¢14.361,27
Resultante	-¢61.328,11	¢12.685,72	¢13.066,30	¢13.458,28	¢13.862,03	¢14.277,89	¢14.706,23	¢15.147,42	¢15.601,84	¢16.069,89	¢16.551,99

Fuente: Elaboración por el postulante

Según la Ley del Fondo de Preinversión N°7376 y su Reglamento del Fondo de Preinversión (MIDEPLAN) Decreto Ejecutivo N° 24658-PLAN, suscrito con el Banco Interamericano de Desarrollo, establece las condiciones básicas de operación del Fondo de Preinversión. En la **Norma N°16 Términos de los Subpréstamos a Entidades del Sector Público**, inciso c. se establece: *Tasa de interés anual activa aplicable al beneficiario: el equivalente de la "Tasa Anual Básica Pasiva" establecida por el Banco Central de Costa Rica y vigente a la fecha de suscribirse el contrato de préstamo o subpréstamo.* Con base en lo anterior y en la página web oficial del Banco Central de Costa Rica, se toma el valor máximo registrado para el presente año 2021, a saber 3,60%, como tasa de descuento del proyecto propuesto. Del mismo modo, el período de análisis se definió en 10 años.

Con la aplicación de la función Beneficio/Costo a este flujo de recursos proyectados, se obtiene:

Tabla #66. Salida de hoja de cálculo (Costo/Beneficio)

PERIODO (AÑOS)	10
TASA DE DESCUENTO	3,6%
VPN Total ingresos + ahorros (anual)	¢220.209.536.120,15
VPN Total costos (anual)	¢105.048.709.863,28
Inversión Inicial	¢61.328.110.266,67
VPN Costos + Inversión Inicial	¢166.376.820.129,94
Relación Beneficio/Costo	1,324

Fuente: Elaboración por el postulante

El valor obtenido es superior a 1, lo que implica que el proyecto puede considerarse como viable económicamente a nivel de prefactibilidad, basado en las estimaciones de cantidades y precios unitarios consideradas.

Recordando lo indicado en el apartado 2.1.2 del Capítulo II, si el valor B/C es igual o está muy cerca de 1.0, los factores no económicos ayudarán a tomar la decisión de la mejor alternativa (a nivel de prefactibilidad en el presente caso).

Una vez ejecutado este análisis B/C, se hace notar que una alternativa con mayores costos genere menores beneficios que otras alternativas, lo cual hace innecesario seguir considerando la alternativa más costosa.

4.8. Estimación de costos para los usuarios del transporte de contenedores llenos de importación desde Puerto Caldera al GAM al utilizar el sistema intermodal ferrocarril/carretera.

Aplicación de la función de costos al transporte de contenedores puerta a puerta mediante el sistema intermodal ferrocarril – carretera (\$/ton):

El servicio de transporte puerta a puerta por cualquier medio, elimina el costo de la transferencia de la carga a un segundo medio, es decir, el usuario del servicio de transporte se ahorra un costo adicional por no tener que retirar su producto en una estación donde llegó su carga, sin ser el destino final de esta, más el costo por realizar el trasbordo de esta carga de un modo de transporte a otro.

No obstante, el transporte de contenedores llenos de importación de Puerto Caldera a la Gran Área Metropolitana no es posible implementarlo puerta a puerta por medio del ferrocarril individualmente, por la gran diversidad de clientes finales y por ende de destinos de la carga que estos “*boxes*” contienen, de igual manera por la gran cantidad de predios aduaneros y de logística de carga internacional donde son dispuestos los contenedores llenos de importación transportados por carretera actualmente.

La logística asignada en este estudio al transporte de los contenedores llenos de importación desembarcados en Puerto Caldera, lo constituye un solo servicio que se basa en un doble flete, que como se ha descrito a lo largo del informe, lo constituye un recorrido por ferrocarril desde este muelle hasta la estación intermodal en Ciruelas Alajuela, con una longitud de 61,2 kilómetros, siendo éste el servicio principal. Luego se da una transferencia de este medio a la carretera en esta terminal, que implica un costo adicional para el usuario. Finalmente se completa el servicio con el transporte del contenedor al sector donde inician tanto la ruta nacional 1 como la ruta nacional 27, a saber, Sabana Este a 25,5 kilómetros de Ciruelas Alajuela, que se considera para efectos de este estudio como el destino final teórico de la mercadería (dato mayor entre los traslados por carretera vía Autopista General Cañas 22,2 km o vía corredor San José – Caldera 25,5 km).

Precisamente en cuanto a esta mercadería en contenedor, resulta prácticamente imposible establecer un tipo de carga predominante o generalizar sobre ella, dada la falta de información por parte de los actuales transportistas, por lo que no se podría establecer tampoco un precio unitario del producto (costo del capital invertido) si se desconoce cuál es éste. Por esta razón, el término correspondiente al costo del tiempo se debe excluir para el caso del transporte de contenedores por ferrocarril y por carretera.

El término de la ecuación correspondiente al almacenamiento también se anula para el transporte de contenedores, ya que la salida de éstos del puerto de Caldera sería directamente al ferrocarril, y no se hace necesario pagar una tarifa adicional por almacenamiento previo a la etapa de acarreo.

Ahora, el último término de la ecuación C_c , correspondiente al costo por descargar el contenedor del tren y colocarlo sobre el camión, sí se debe incluir para este servicio intermodal, y se considera el término C_{sj} como la tarifa que corresponde al transporte del contenedor por 25,5 kilómetros de carretera, por medio de furgones, para finalizar el servicio intermodal.

De esta manera, la función de costos expuesta en el Capítulo II apartado 2.1.6 y correspondiente al transporte de contenedores llenos de importación de Puerto Caldera al GAM por el sistema intermodal ferrocarril/carretera, se reduce a la siguiente expresión:

$$C_j = C_{oj} + C_{sj} + C_c$$

Recordando:

C_j = costo total correspondiente al servicio de transporte de carga prestado por el medio j , que debe costear la empresa cliente.

Co_j = tarifa del transporte del medio j

C_{s_j} = costo en función de la distancia entre el sitio donde se realiza la transferencia de un medio a otro y el lugar destino de la carga

C_c = costo por carga y descarga al realizar la transferencia de un modo a otro

Se toman los siguientes parámetros:

- ✓ Según la Tabla #56, para la estimación de la tarifa del transporte del medio **ferrocarril** se toma un promedio entre las tarifas mínima y máxima de transporte de carga por tonelada establecidas en ese cuadro, para el caso del sistema ferroviario nacional – sector Pacífico, \$8,865/ton.
- ✓ Según el sitio web <https://www.spcaldera.com/tarifas/> se establece un monto de \$64,24 por movimiento de “Contenedores Llenos de Importación” con el cargador frontal, tarifa independiente del tipo de contenedor movilizado, el equivalente a \$4,28/ton y \$2,14/ton para “boxes” de 20 y 40 pies respectivamente.
- ✓ Para la estimación de la tarifa del transporte del medio **carretera**, se utilizará la relación entre la distancia recorrida por el camión (cabezal + cureña + contenedor) y el monto total cobrado por el flete. Según respuesta vía correo electrónico enviada por parte de la señora Nancy Mora Redondo, Asesora en Comercio Exterior, Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica (PROCOMER), el monto del flete de contenedores llenos de importación de 40 pies Caldera – GAM, se estima en \$500-\$600, es decir, un máximo de \$20 por tonelada para recorrer 93,5 km. Ahora, el postulante cuenta con contactos en el gremio de transporte de carga por carretera, quienes, de manera más próxima a la realidad actual de este servicio, aseguran que por el flete de un contenedor lleno de importación desde Puerto Caldera al GAM, se cobra el equivalente a \$400 por ciclo completo, independientemente si se trata de un “box” de 20 o 40 pies, e independientemente si se realiza por el corredor San José – Caldera o por la carretera Interamericana Norte, y con el costo de los peajes incluido. Este monto se considera más próximo a la realidad comercial actual, por ejemplo, respecto al consumo de combustible que implica este flete, unos 180 litros de diésel, al costo actual (¢553/litro¹), serían ¢99.540 únicamente por concepto de este rubro de costo, aproximadamente la mitad del precio total del flete, lo que en la práctica se acostumbra para estimar el precio total de un servicio (precio del flete = 2 * costo consumo de diésel). A manera de ejercicio académico, se tomará entonces un costo promedio de \$500 por flete de un contenedor lleno de importación, es decir, \$16,67/ton, como se estableció independientemente si se trata de un “box” de 20 o 40 pies, e independientemente si se realiza por el corredor San José – Caldera o por la carretera Interamericana Norte.
- ✓ El dato de 93,5 km se toma del promedio de la distancia total de Puerto Caldera al GAM, sea recorriendo las rutas nacionales 23 y 1 Interamericana Norte o por la ruta nacional 27 corredor San José – Caldera, 110 km y 77 km respectivamente. Se hace esta estimación promedio pues no es posible determinar con certeza la distribución de fletes por sendos corredores viales.

¹ Fuente: Página web: <https://www.recope.go.cr/productos/precios-nacionales/tabla-precios/>

- ✓ Como simplificación, si por 93,5 kilómetros se cobra en promedio \$16,67 por tonelada, para los 25,5 km que hay entre Ciruelas y el sector de Sabana Este, se toma un valor de \$4,55 por tonelada.

Con estos parámetros se obtiene para el transporte de contenedores llenos de importación Puerto Caldera – Gran Área Metropolitana por el sistema intermodal ferrocarril/carretera:

Contenedores de 40 pies:

$$\text{Tarifa}_{\text{sistema intermodal ferrocarril/carretera}} (C_j) = \$8,865/\text{ton} (C_{oj}) + \$4,55/\text{ton} (C_{sj}) + \$2,14/\text{ton} (C_c) = \$15,555/\text{ton}$$

Contenedores de 20 pies:

$$\text{Tarifa}_{\text{sistema intermodal ferrocarril/carretera}} (C_j) = \$8,865/\text{ton} (C_{oj}) + \$4,55/\text{ton} (C_{sj}) + \$4,28/\text{ton} (C_c) = \$17,695/\text{ton}$$

Tabla #67. Valor de cada término de la ecuación y costo total por tonelada transportada en contenedores por el sistema intermodal ferrocarril-carretera (Puerto Caldera – GAM)

PRODUCTO IMPORTADO	Coj (\$/Ton) Ferrocarril	Tarifa Cargador Frontal (\$/Mov)	Cc Cargador Frontal (\$/Ton)	Csj (\$/Ton) Carretera	Cj (\$/Ton)	Cj (\$/box)
Contenedor 20 pies	8,865	64,24	4,28	4,546	17,69	265,41
Contenedor 40 pies	8,865	64,24	2,14	4,546	15,55	466,58

Fuentes: Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP) Resolución RRG-2676-2002, La Gaceta N°155 el 14 de agosto del 2002; Nancy Mora Redondo, Asesora en Comercio Exterior, PROCOMER

La Tabla #67 muestra el valor de cada término de esta ecuación de costo, además presenta el resultado del costo total por tonelada transportada y por contenedor transportado.

La distribución porcentual según el monto correspondiente a cada etapa del sistema intermodal es la siguiente:

Contenedores de 20 pies:

- Transporte por ferrocarril 50%
- Transferencia de modo 24%
- Transporte por carretera 26%

Contenedores de 40 pies:

- Transporte por ferrocarril 57%
- Transferencia de modo 14%
- Transporte por carretera 29%

La razón por la cual las tarifas de transporte de carga por ferrocarril no incluyen la variable “recorrido” o “distancia” en kilómetros, se define en el CONSIDERANDO de la Resolución RRG-2676-2002, La Gaceta N°155 el 14 de agosto del 2002, Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP), que dicta textualmente:

“1. La propuesta de INCOFER de incluir la variable distancia a la fórmula tarifaria, carece del respaldo de un análisis de dependencia de su estructura de costos con respecto a las dos variables que determinan la tarifa – distancia y volumen transportado – que asegure que la fórmula refleja en forma correcta los costos de brindar el servicio.”

4.9. Estimación de costos para los usuarios del transporte de contenedores desde Puerto Caldera al GAM al utilizar el sistema tradicional por carretera:

Aplicación de la función de costos al transporte de contenedores puerta a puerta por medio de furgones (\$/ton).

Nuevamente, en cuanto a la gran variedad de mercadería que cada contenedor lleva, no es posible establecer un tipo de carga predominante o generalizar sobre ella, por lo que no es viable establecer tampoco un precio unitario del producto si se desconoce cuál es éste. En este caso, el término correspondiente al costo del capital se debe excluir también para el caso del transporte de contenedores por carretera.

El término de la ecuación correspondiente al almacenamiento también se anula para el transporte de contenedores por carretera, ya que el puerto de Caldera no dispone de un predio interno para mantener los contenedores hasta que puedan ser transportados fuera de él. El almacenaje de éstos se da pero en predios privados que son propios de cada empresa transportista, en las afueras del muelle, por lo que el costo de almacenaje ya se incluye en la tarifa cobrada por el flete.

De esta manera, la función de costos correspondiente al transporte de contenedores de Puerto Caldera a los predios destino ubicados en el GAM, se reduce a la siguiente expresión:

$$C_j = C_{oj}$$

Contenedores de 40 pies (monto unitario por tonelada):

$$\text{Tarifa}_{\text{sistema tradicional carretera}} (C_j) = \$16,67/\text{ton} (C_{sj})$$

Sin considerar en este caso un costo correspondiente a la pérdida del valor del producto con el tiempo, o un costo por almacenamiento en el muelle, o por acceso a un segundo medio con transferencia de un modo de transporte a otro, el costo de transportar un contenedor de 40 pies de longitud (12,2 metros), se reduce a la tarifa que el transportista cobra por este servicio, \$16,67 por tonelada, o \$500 por contenedor de 40 pies (por flete). Hay que recordar que el recorrido 100% por carretera de Puerto Caldera al GAM se estimó en 93,5 km en promedio, por lo que el costo unitario por tonelada se define en \$16,67.

Contenedores de 20 pies:

Pese a que el monto total prorrateado para el transporte de un “box” lleno de importación de 20 pies por carretera debería ser el 50% del monto total del flete de su equivalente de 40 pies, el decir \$250, según la Asesora en Comercio Exterior (PROCOMER) y según transportistas de carga vía terrestre, el monto del flete de contenedores llenos de importación de 20 pies Caldera – GAM, en la realidad comercial no será menor a los \$300.

CAPÍTULO V: ANALISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el presente estudio se analizaron desde dos enfoques diferentes: a nivel país considerado como un análisis económico dirigido a los tomadores de decisión de las instituciones públicas competentes, y a nivel comercial, dirigido al público meta (clientes importadores) del transporte de la carga en contenedores que arriba a Puerto Caldera.

5.1. Análisis de la viabilidad económica de la implementación de la propuesta de transporte de contenedores llenos de importación por ferrocarril de Puerto Caldera a Ciruelas:

Interpretación de dato resultante de la metodología Beneficio / Costo

Según el resultado obtenido en el apartado 4.7.3. anterior, por cada unidad monetaria invertida en el sistema intermodal ferrocarril/carretera para el transporte de contenedores llenos de importación desde Puerto Caldera hasta Ciruelas Alajuela, el Estado obtendría 0,324 unidades monetarias a su favor por encima de la unidad invertida, lo cual la convierte en una propuesta técnica viable económicamente a nivel de prefactibilidad.

Haciendo el ejercicio práctico de aumentar hasta en un 80% el monto correspondiente a la inversión inicial (puesta a punto) para implementar este sistema intermodal ferrocarril/carretera propuesto, manteniendo constantes los costos anuales de operación y mantenimiento, los ahorros y los ingresos, el análisis Beneficio/Costo arroja un valor superior a 1.

Del mismo modo, aumentando hasta en un 50% el monto correspondiente a los costos anuales de OPERACIÓN del sistema intermodal ferrocarril/carretera propuesto, manteniendo constantes la inversión inicial (puesta a punto), los costos anuales de mantenimiento, los ahorros y los ingresos, el análisis Beneficio/Costo arroja un valor superior a 1.

Análogamente, si se llega a triplicar el monto correspondiente a los costos anuales de MANTENIMIENTO del sistema intermodal ferrocarril/carretera propuesto, manteniendo constantes la inversión inicial (puesta a punto), los costos anuales de operación, los ahorros y los ingresos, el análisis Beneficio/Costo arroja un valor superior a 1.

Finalmente, manteniendo constantes la inversión inicial (puesta a punto), los costos anuales de operación y mantenimiento del sistema intermodal ferrocarril/carretera propuesto, los ahorros y los ingresos, se da una reducción de hasta un 50% en los ingresos anuales por concepto de tarifa correspondiente al transporte en ferrocarril de contenedores llenos de importación desde Puerto Caldera hasta la Gran Área Metropolitana, el análisis Beneficio/Costo arroja un valor superior a 1.

5.2. Comparación entre la tarifa \$/ton al utilizar el nuevo sistema intermodal ferrocarril/carretera y la tarifa \$/ton al utilizar el sistema tradicional por carretera (camiones articulados).

Se generaron los siguientes datos:

Tabla #68. Comparativo entre opciones de transporte de contenedores llenos de importación de Puerto Caldera al GAM (sistema intermodal ferrocarril/carretera y sistema tradicional carretera)

PRODUCTO IMPORTADO	Cj (\$/Ton) ferrocarril/carretera	Cj (\$/Ton) carretera	Cj (flete) ferrocarril/carretera	Cj (flete) carretera	Diferencia absoluta (\$/ton)	Diferencia porcentual (\$/ton)
Contenedor 20 pies	17,69	20,00	\$265,41	\$300,00	2,31	13%
Contenedor 40 pies	15,55	16,67	\$466,58	\$500,00	1,11	7%

Fuente: Elaboración por el postulante

Las diferencias porcentuales de 13% y 7% en el monto total de las tarifas de transporte de contenedores llenos de importación de Puerto Caldera a la Gran Área Metropolitana, podría no ser significativa tanto para el importador (cliente final) como para el empresario transportista, dado que el ejercicio académico parte de supuestos que en la práctica podrían reducir este margen hasta llegar a equiparar los precios cobrados por ambos sistemas de transporte.

Ahora, un empresario transportista de carga en contenedor que arriba a la terminal de Puerto Caldera con destino al GAM, tiene dos opciones por cada tractocamión:

- Ejecutar un máximo de dos ciclos completos GAM – Puerto Caldera – GAM, para un cobro total diario de \$1.000 (considerando el escenario más positivo para contenedores de 40 pies);
- Ejecutar un máximo de cuatro ciclos completos GAM – Terminal intermodal Ciruelas Alajuela – GAM, para un cobro total diario de \$546 (considerando el escenario más positivo para contenedores de 40 pies).

No obstante, este empresario transportista debe también considerar sus costos para sendos casos:

- Cada ciclo completo GAM – Puerto Caldera – GAM, implica un pago de ¢15.650 por concepto de peajes en un solo sentido, es decir ¢62.600 para dos ciclos completos, el equivalente a más de \$102 (caso más crítico por la ruta nacional 27). Aunado a este rubro, se tiene como aspecto diferencial entre ambos sistemas las fuertes pendientes de ascenso existentes entre muelle de Caldera y el GAM, sea por el corredor San José – Caldera o por la carretera Interamericana Norte.
- Cada ciclo completo GAM – Terminal intermodal Ciruelas Alajuela – GAM, implica un pago de ¢6.530 por concepto de peajes en un solo sentido, es decir ¢52.240 para cuatro ciclos completos, el equivalente a poco más de \$85 (caso más crítico por la ruta nacional 27), no obstante, este monto por concepto de peajes si se utiliza la autopista General Cañas (ruta nacional 1) se eliminaría. De igual manera aunado a este rubro, se tiene como aspecto diferencial entre ambos sistemas que no existen fuertes pendientes de ascenso existentes entre Ciruelas Alajuela y el GAM por la autopista General Cañas (ruta nacional 1), mientras que por el corredor San José – Caldera únicamente el tramo Forum – Alto de las Palomas (Santa Ana).

- Conservadoramente, obviando la existencia de las fuertes pendientes de ascenso existentes entre Puerto Caldera y el GAM mas no entre Ciruelas Alajuela y el GAM, si se realiza el comparativo simple de las distancias de acarreo de los contenedores llenos de importación aplicadas al costo de operación de un vehículo tipo T3S2/T3S3 por km recorrido, estimado en ¢491,02/km en la Tabla #24 para una velocidad promedio de 52,83 km/hr, para el ciclo de la terminal de contenedores de Puerto Caldera al GAM (simplificado a 93,5 km → ida y vuelta 187 km) se tiene un costo global de ¢91.820,74, para dos ciclos al día ¢183.641,48 por tractocamión. Para el ciclo de la terminal intermodal Ciruelas Alajuela al GAM (simplificado a 25,5 km → ida y vuelta 51 km) se tiene un costo global de ¢25.042,02, para cuatro ciclos al día ¢100.168,08 por tractocamión.

En resumen se tiene:

Tabla #69. Comparativo entre ingresos y costos para el empresario de transporte de contenedores llenos de importación de Puerto Caldera al GAM

Rubro (para 1 tractocamión)	Sistema intermodal ferrocarril/carretera	Sistema tradicional carretera
Ciclos por día	4	2
Recorrido en carretera (ida y vuelta)	Terminal intermodal Ciruelas Alajuela - San José	Puerto Caldera - San José
Recorrido en carretera por ciclo (km)	51	187
Monto cobrado por día (según fletes por día)	¢334.351,94	¢612.905,00
Monto peajes por día	-¢52.240,00	-¢62.600,00
Costos de operación por día	-¢100.168,08	-¢183.641,48
Costos operador del tractocamión por día	-¢9.375,00	-¢9.375,00
Diferencia	¢172.568,86	¢357.288,52

Fuente: Elaboración por el postulante

Se extrae del cuadro anterior que la ganancia diaria de un empresario dedicado al transporte de contenedores llenos de importación de Puerto Caldera al GAM, se reduce prácticamente a la mitad si opta por participar en el sistema intermodal ferrocarril/carretera.

Ahora, para el caso específico del cliente final (importador de la mercancía desembarcada en el puerto de Caldera), sí le resulta menos oneroso el precio unitario de la tonelada transportada por el sistema intermodal ferrocarril/carretera que el precio unitario de la tonelada transportada por el sistema tradicional carretera, con diferencias a favor del primero de \$2,31/ton y \$1,11/ton para “boxes” de 20 y 40 pies respectivamente.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

6.1.1.A nivel país (prefactibilidad económica)

Tal cual se analizó en el apartado 5.1 anterior, existe un amplio margen de variación de los montos correspondientes al sistema intermodal ferrocarril/carretera de transporte de contenedores llenos de importación que arriban al puerto de Caldera, tanto en inversión inicial para la puesta a punto, como en los costos anuales de operación y mantenimiento de este, de igual manera en cuanto a los ingresos anuales cobrados por la Administración vía tarifa.

Lo anterior permite concluir que a nivel de prefactibilidad económica la propuesta técnica es viable, y es susceptible a proseguir con la etapa de factibilidad económica, definiendo de una manera más precisa cada uno de los rubros considerados en el presente estudio.

A su vez, se hace notar que son los ahorros en costos a nivel país, tanto por concepto de externalidades como por costos de operación de los vehículos usuarios de las rutas nacionales analizadas, así como por conservación vial, los que hacen que sea viable económicamente esta propuesta técnica a nivel de prefactibilidad, ya que el dato crudo de ingresos versus costos (inversión inicial y gastos anuales) generarían un valor B/C de 0,601, lo que implica que por cada unidad monetaria invertida en el proyecto, el estado tendría una pérdida de 0,399 unidades monetarias, lo cual implica que la propuesta técnica no sería económicamente aceptable.

6.1.2.A nivel comercial

A nivel comercial hay que considerar dos tipos de negocio alrededor del transporte de contenedores llenos de importación que arriban al puerto de Caldera, que tienen distintos intereses: el negocio propiamente del servicio de transporte de carga vía terrestre por carretera y el negocio de la importación de carga en contenedor.

- ✓ **Empresario del servicio de transporte de carga vía terrestre por carretera:** Como se expuso en el apartado 5.2 anterior, la utilidad esperada para un transportista es prácticamente el doble si se mantiene participando del sistema tradicional de trasladar por carretera los contenedores desde Puerto Caldera hasta el GAM, claro está con los supuestos y simplificaciones que se tomaron para el presente estudio, es decir, esta importante diferencia entre ganancias percibidas por día por tractocamión se puede reducir si se aplican costos de operación más apegados a la realidad ejecutando un análisis más exhaustivo de las velocidades por tramos del recorrido, por ejemplo la circulación por el sector de Cambronero, entre Barranca y San Ramón, cuyas pendientes de ascenso y sinuosidad del trazado son considerables, e implican una importante reducción en la velocidad y por ende un aumento notorio en los costos de operación por kilómetro, mucho mayor al costo unitario ¢/km considerado para una velocidad promedio de 52.83 km/hr, como se tomó para el presente análisis.
- ✓ **Empresario que importa carga en contenedor:** De igual manera como se expuso en el apartado 5.2 anterior, para un importador de mercadería con sede en el GAM, cuya carga llega a la terminal del muelle de Caldera en contenedores de 20 y 40 pies, a razón de elegir entre las dos opciones posibles de transporte terrestre (sistema intermodal

ferrocarril/carretera y sistema tradicional por carretera), percibe un ahorro de \$34,59 en un flete de un contenedor de 20 pies, unos ¢21.200 al tipo de cambio actual, y \$33,42 en un flete de un contenedor de 40 pies, unos ¢20.483.

- Al ser una diferencia absoluta en monto relativamente baja, el transportista vía carretera podría ajustar su tarifa ¢/ton a un monto competitivo frente al servicio intermodal propuesto ferrocarril/carretera, reduciendo su ganancia en virtud del considerable margen que se expuso entre sus ingresos y gastos, manteniendo más clientes importadores en el sistema tradicional de transporte por carretera de contenedores llenos que arriban a Puerto Caldera.
- De igual manera, el Estado podría generar un aporte tipo subsidio económico a los importadores de carga en contenedor que arriba al muelle de Caldera, haciendo aún más competitivo el sistema intermodal ferrocarril/carretera, frente al sistema tradicional por carretera, con los correspondientes beneficios económicos que pese a que no se reflejan explícitamente en la tarifa propuesta, como se vio representan importantes ahorros a nivel país, con lo que el Estado se aseguraría un retorno de esa inversión en una “tarifa sombra” como lo sería una reducción en la tarifa del transporte ferroviario entre Puerto Caldera y Ciruelas Alajuela, reduciendo sus costos operativos y optimizando la inversión en mantenimientos periódicos y rutinarios.

6.2. Recomendaciones

6.2.1.A nivel país (prefactibilidad económica):

- ✓ En virtud de que la propuesta técnica se considera como viable económicamente a nivel de prefactibilidad, se recomienda evaluar la posibilidad de pasar a la siguiente etapa del proceso: estudio de factibilidad económica.
- ✓ Ejecutar el estudio de prefactibilidad económica de la propuesta de transporte de otros tipos de carga de importación de Puerto Caldera al GAM, por ejemplo “metales”, vehículos, entre otros, con el fin de que la propuesta sea viable ingresos versus costos, y no depender de los ahorros económicos a nivel país para que la propuesta sea viable económicamente.
- ✓ Ejecutar el estudio de prefactibilidad económica de la propuesta de transporte de contenedores llenos de EXPORTACIÓN, es decir, en el sentido GAM hacia Puerto Caldera.
- ✓ Ejecutar el estudio de prefactibilidad TÉCNICA de la propuesta de transporte de contenedores llenos de importación de Puerto Caldera a la GAM.
- ✓ Dado que se da una tolerancia importante respecto a los montos calculados para este sistema intermodal propuesto, que permite que aun haciendo variaciones en contra, tanto en costos como en ingresos, se genere una relación $B/C > 1$, se recomienda aumentar la precisión de los datos en la etapa de factibilidad, de modo que ese rango de valores se reduzca al mínimo y los resultados sean más próximos a la realidad.

- ✓ Que el Estado, por medio de la Gerencia de Operaciones del INCOFER, ejecute un estudio detallado del equipo tractivo que se requiere adquirir según las características físicas del trazado San José – Puerto Caldera, así como de la capacidad de arrastre mínima que debe cumplir dichas locomotoras de vía.
- ✓ Ejecutar el cálculo del gálibo dinámico para comprobar la viabilidad técnica del paso de contenedores sobre plataformas ferroviarias portacontenedores a través del túnel Cambalache, pues esta estimación requiere una experticia en el tema, en virtud de que se deben aplicar las condiciones de movimiento al vehículo, lo que implica considerar múltiples variables, principalmente mecánicas y geométricas.
- ✓ Se recomienda ejecutar un avalúo más detallado del terreno propuesto para la implementación de la terminal intermodal en Ciruelas Alajuela, de modo que el costo total para una eventual expropiación se ajuste lo más posible a la realidad comercial del sitio.
- ✓ Considerar la adquisición de una tercera locomotora STADLER Eurodual como un plan de contingencia por una eventual avería/accidente/mantenimiento de alguno de los dos equipos tractivos propuestos.

6.2.2.A nivel comercial:

Según las dos aristas que se precitaron a nivel comercial, se tienen las siguientes recomendaciones:

- ✓ **Respecto al empresario del servicio de transporte de carga vía terrestre por carretera:**
 - Dado que su margen de utilidad teórico estimado en el presente estudio es considerable, es recomendable que identifique sus costos reales respecto a sus ingresos, con el fin de optimizar su tarifa de transporte de contenedores \$/ton, logrando ser más competitivo frente al sistema intermodal ferrocarril/carretera propuesto, cuya tarifa calculada es inferior a la tradicional por carretera actualmente vigente.
 - Dado que la tarifa \$/ton estimada para el ciclo Terminal Intermodal – GAM y viceversa se estimó como una fracción de la tarifa del ciclo completo Puerto Caldera – GAM y viceversa, mediante una relación lineal, se recomienda un estudio de mercado que aproxime de una manera más precisa el precio real del flete correspondiente al traslado de un contenedor lleno de importación desde esta terminal propuesta en Ciruelas Alajuela hasta los diferentes predios ubicados dentro del GAM, de modo que para el empresario transportista carretero le sea más atractivo trabajar los fletes Terminal Intermodal – GAM que los fletes Puerto Caldera – GAM.

✓ **Respecto al empresario que importa carga en contenedor:**

- Se recomienda a la Gerencia de Operaciones del INCOFER, realizar dentro de un eventual estudio de factibilidad económica, este aporte tipo subsidio económico a los importadores de carga en contenedor que arriba al muelle de Caldera, por medio de una “tarifa sombra” que se traduciría en un monto \$/ton aún más competitivo para el sistema intermodal ferrocarril/carretera, frente al sistema tradicional por carretera, a sabiendas de los correspondientes beneficios económicos que representan importantes ahorros a nivel a nivel país;
- Se recomienda a la Gerencia de Operaciones del INCOFER que optimice sus costos operativos y de mantenimientos periódicos y rutinarios, con el fin de que el proyecto continúe siendo factible económicamente aun si se redujeran los ingresos anuales producto de una disminución en la tarifa \$/ton propuesta en el punto anterior, de modo que la relación B/C se mantenga por encima del valor de 1;
- Dado que el servicio final para la entrega de la carga en contenedor importada, que arriba a Puerto Caldera, sería puerta a puerta utilizando cualquiera de los dos sistemas de transporte, dado que el último eslabón de este flete sería el modo carretero, el empresario importador no debe hacer diferencia en este sentido pues no tendría que incurrir en un costo adicional correspondiente a un traslado adicional de su mercancía de un predio X hasta su destino originalmente solicitado;
- Se recomienda incorporar en un eventual estudio de factibilidad, los destinos reales de todos los contenedores llenos de importación que arriban a Puerto Caldera, con el fin de establecer las distancias reales de acarreo de estos y con esto una relación más precisa entre tarifa total y estos recorridos;
- Se recomienda incorporar en un eventual estudio de factibilidad, el monto unitario de la función de costos original correspondientes al Costo del tiempo, el cual se definió como la pérdida potencial del valor verdadero del producto (particularmente perecedero) y el costo del capital invertido, es decir, el monto que se deja de percibir por tener capital invertido en un producto que está siendo transportado, y que corresponde al monto obtenido para el valor futuro a interés compuesto;
- Se recomienda incorporar en un eventual estudio de factibilidad, el monto unitario de la función de costos original correspondientes al Costo de inventario, el cual como se dijo considera el costo por almacenamiento, en caso de que sea necesario, de una cierta cantidad de mercadería y el costo del capital invertido para el tiempo que permanezca almacenado, sea en la terminal de contenedores, patio “W” o patio “L” en el puerto de Caldera, o en la Terminal Intermodal Ciruelas Alajuela.

CAPÍTULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FUENTES DE INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA

- Borge y Vargas (2009). “Análisis de la concesión en el Puerto de Caldera (1999-2007)”. Proyecto final de graduación Licenciatura en Ciencias Políticas, Universidad de Costa Rica
- Miranda J. (2008) “Gestión de Proyectos Identificación, Formulación, Evaluación, Financiera, Económica, Social, Ambiental” Colombia
- Medina, F. (1987) “Modelo de transporte de la carga entre ferrocarril y carretera”. Proyecto final de graduación Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica
- Zúñiga, L. (1981) “Transporte de contenedores en ferrocarril”. Proyecto final de graduación Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica
- Instituto Costarricense de Ferrocarriles INCOFER (2002) “Cálculo del valor de las externalidades de la operación del Sistema Ferroviario Nacional”. San José, Costa Rica
- Instituto Costarricense de Puertos del Pacífico INCOP (2019) “Informe de resultados de la gestión de supervisión y control de los contratos de concesión II semestre 2018”. Puntarenas, Costa Rica
- Madrigal, J. (2011). “Análisis del modelo de fiscalización, aplicado por INCOP, a los contratos de concesión dados en Puerto Caldera”. Trabajo final de investigación aplicada Programa de estudios de posgrado en Administración y Dirección de Empresas, Universidad de Costa Rica
- Sánchez, A.; Zumbado, B. (2018). “Sistema integral de interconexión modal. Propuesta de diseño de una red de movilidad que integre una estación intermodal para el sector San Pedro - Curridabat y una red de cicloestaciones para el sector central de San José”. Proyecto final de graduación Licenciatura en Arquitectura, Universidad de Costa Rica
- Jiménez et al., (2007) “Ingeniería Económica” Primera Edición, Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Asociación Americana de Oficiales de Transportes y Carreteras Estatales AASHTO (1993) “Guía para diseño de estructuras de pavimento”
- Arias E. (2014) “Recomendaciones técnicas para el diseño estructural de pavimentos flexibles con la incorporación de criterios mecánico-empíricos” Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LANAMME Universidad de Costa Rica
- Jiménez M. (2009) “Implementación del ensayo de módulo resiliente en bases granulares para pavimentos” Laboratorio de Ensayos Dinámicos (LED), Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LANAMME Universidad de Costa Rica
- Unidad Asesora CAS-PIT (2019) “Diseño de pavimento del tramo principal, para la ampliación y rehabilitación de la ruta nacional N°1, carretera Interamericana Norte, sección Barranca – Limonal”, Licitación PIT-115-LPI-O-2019. Ministerio de Obras Públicas y Transportes MOPT, San José, Costa Rica
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes MOPT (2003) “Reglamento para el Servicio de Transporte de Carga por Ferrocarril” San José, Costa Rica
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica MIDEPLAN (2019) “Plan Nacional de Desarrollo y de Inversión Pública 2019-2022” San José, Costa Rica
- Unidad de Inversiones Públicas Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica MIDEPLAN (2012) “Guía Metodológica para la Identificación, Formulación y Evaluación de Proyectos de Infraestructura Vial en Costa Rica” San José, Costa Rica
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica MIDEPLAN (2011) “Plan Nacional de Transportes de Costa Rica 2011-2035” San José, Costa Rica
- Banco Interamericano de Desarrollo BID (2014) “Plan Nacional en Logística de Cargas – PNLog Costa Rica 2014 – 2024” San José, Costa Rica

- Ministerio de Obras Públicas y Transportes MOPT (2020) “*Plan Estratégico Sectorial 2019-2024*” San José, Costa Rica
- Instituto Costarricense de Puertos del Pacífico INCOP / Ministerio de Obras Públicas y Transportes MOPT (2003) “*Plan Maestro Portuario del Litoral Pacífico INCOP – MOPT*” San José, Costa Rica
- Instituto Costarricense de Ferrocarriles INCOFER (2019) “*Identificación del Proyecto: Reconstrucción de la vía y restablecimiento del servicio ferroviario entre Puntarenas y Alajuela*” San José, Costa Rica
- Consultora INECO (2001) “*Proyecto de consultoría sobre Concesión de la red de ferrocarriles del INCOFER – Inversión en infraestructura; Inversiones en material y talleres*” San José, Costa Rica
- Consorcio GETINSA – GABINETE S.A. (2019) “*Avalúo N°029-2019, Expediente N°2019-024, proyecto Corredor San José – Caldera*” San José, Costa Rica
- Garro et al., (2011) “*Ubicación y evaluación de sitios susceptibles a deslizamientos de la Ruta Nacional 27 San José – Caldera, Tramo IP*” Unidad de Evaluación de la Red Vial Nacional Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LANAMME Universidad de Costa Rica
- Borja V. (2012) “*Estudio del transporte marítimo, por carretera y ferroviario en España mediante modelos numéricos para el análisis de costes*” Proyecto de Final de Carrera, Licenciatura en Náutica y Transporte Marítimo, Facultad de Náutica de Barcelona
- Zurich y Karlsruhe (2004) “*Costes externos del transporte, estudio de actualización*” Universidad de Karlsruhe, Alemania
- Asociación Latinoamericana de Ferrocarriles ALAF (2003) “*Manual de valorización de las externalidades en el transporte terrestre – Comparación de costos entre la carretera y el ferrocarril*” Argentina
- Consejo Nacional de Vialidad CONAVI (2001) “*Proyecto San Ramón – Barranca, Evaluación Económica de las Inversiones Propuestas*” San José, Costa Rica
- Aponte J. (2000) “*El transporte de carga en Costa Rica. Su situación*” San José, Costa Rica
- Zamora y Pujol (2000) “*Estudio sobre Desarrollo Regional e Infraestructura de Transportes en el Corredor de la Carretera Ciudad Colón – Caldera*” Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (ProDUS), Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica
- Huang Y. (2004) “*Pavement Analisis and Design*” 2da Edición, Universidad de Kentucky

FUENTES DE INFORMACIÓN PÁGINAS WEB

Incofer | Instituto Costarricense de Ferrocarriles. (2019). Plan Operativo Institucional. Recuperado de http://www.incofer.go.cr/wp-content/uploads/2019/02/PLAN_OPERATIVO_INSTITUCIONAL_2019_VF.pdf?x28024

Incofer | Instituto Costarricense de Ferrocarriles. (2019). Plan Estratégico Institucional 2019-2023. Recuperado de <http://www.incofer.go.cr/plan-estrategico-institucional/>

Incofer | Instituto Costarricense de Ferrocarriles. (2020). Informes de Gestión. Recuperado de <http://www.incofer.go.cr/informes-finales-de-gestion/>

Incop | Instituto Costarricense de Puertos del Pacífico. (2007-2017). Reglamento General de Servicios Portuarios del INCOP. Recuperado de <http://incop.go.cr/wp-content/uploads/2016/12/Reglamento-General-de-Servicios-Portuarios-del-INCOP.pdf>

Ministerio de Hacienda - República de Costa Rica. (2019). Informe Presupuesto Ordinario. Recuperado de https://www.hacienda.go.cr/docs/5bf75123aa2e9_DE-477-18%20CONAVI%20Presupuesto%20Ordinario%202019.pdf

Semanario Universidad. (2001). Puerto Caldera. Recuperado de <https://semanariouniversidad.com/?s=puerto+caldera>

Sociedad Portuaria Puerto Caldera Costa Rica. (Sin fecha). TARIFAS SPC-SPGC. Recuperado de <https://www.spcaldera.com/tarifas/>

RECOPE Precios Vigentes. (2021). Recuperado de <https://www.recope.go.cr/productos/precios-nacionales/tabla-precios/>

Económica Web. (junio 2016). Ingeniería Económica, Costo Beneficio. Recuperado de <https://economicaweb.wordpress.com/2016/06/11/beneficio-costo/>

Turmero, I. (Sin fecha). Evaluación de proyectos a través de la relación beneficio/costo. Recuperado de <https://www.monografias.com/docs110/evaluacion-proyectos-traves-relacion-beneficio-costo/evaluacion-proyectos-traves-relacion-beneficio-costo.shtml>

García, E. (2011). Ingeniería Económica. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/93418342/Relacion-Beneficio-Costo-Ingenieria-Economica>

Wikipedia. (Sin fecha). Análisis de costo-beneficio. Recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis_de_costo-beneficio

Reyes, A. (2012). Evaluación por relación beneficio costo. Recuperado de <http://itvh-arz-ingenieria-economica-2012.blogspot.com/2012/02/unidad-4-evaluacion-por-relacion.html>

Ucañán, R. (Sin fecha). Relación Beneficio Costo (B/C): ejemplo en Excel. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/calculo-de-la-relacion-beneficio-coste/>

Thompson, J. (2009). Estudio de prefactibilidad. Recuperado de <http://todosobreproyectos.blogspot.com/2009/04/estudio-de-prefactibilidad.html>

Rodríguez, O. (2012). Prefactibilidad, factibilidad y viabilidad. Recuperado de <https://es.slideshare.net/cetnita/prefactibilidad-factibilidad-y-viabilidad-13941198>

Didier, J. (2010). La relación beneficio costo. Recuperado de <http://www.pymesfuturo.com/costobeneficio.html>

Mi triple A. (Sin fecha). Rentabilidad económica. Recuperado de <https://www.mytriplea.com/diccionario-financiero/rentabilidad-economica/>

Wikipedia. (Sin fecha). Rentabilidad económica. Recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Rentabilidad_econ%C3%B3mica

CEUPE Magazine. (Sin fecha). ¿Qué es la rentabilidad económica?. Recuperado de <https://www.ceupe.com/blog/que-es-la-rentabilidad-economica.html>

MOPT Ministerio de Obras Públicas y Transportes <https://www.mopt.go.cr/>

Consejo Nacional de Concesiones <https://www.cnc.go.cr/>

Consejo Nacional de Vialidad - CONAVI Oficial <https://www.conavi.go.cr/>

Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica <https://www.mideplan.go.cr/>

Canatrac | Cámara Nacional de Transportistas de Carga <https://www.canatrac.co.cr/>

Sistema Costarricense de Información Jurídica <http://www.pgrweb.go.cr/scij>

Portal de revistas académicas de la Universidad de Costa Rica <https://revistas.ucr.ac.cr/>

Repositorios TEC <https://repositoriotec.tec.ac.cr/>

RS46 Hyster.com <https://www.hyster.com/es-es/europe/manipuladores-de-contenedores/rs46/>

Produktdetail - Stadler Rail <https://www.stadlerrail.com/es/productos/detail-all/eurodual/171/>

Chile. <http://www.institutoferroviario.cl/el-transporte-ferroviario-de-carga-en-chile-y-su-logistica/>

México. <https://www.gob.mx/artf/documentos/tarifas-ferroviarias-carga>

Colombia. Ministerio de Transporte (2012). Sistema de Información de Costos Eficientes para el Transporte Automotor de Carga SICE-TAC;
<http://www.mintransporte.gov.co/publicaciones.php?id=359>
Panamá. <https://logistics.gatech.pa/es/assets/railroad>
Brasil. <http://www.citamericas.org/arquivos/86a7bea5eaf8d212dc3b3e93d3524dd.pdf>
Argentina. <http://www.nuestromar.org/65806-01-2018/eval-llevar-contenedores-en-tren-puerto-buenos-aires-z-rate>
Canada. <https://www.cpr.ca/en/our-markets/intermodal-containers>
Estados Unidos (costa este). <https://www.searates.com/es/services/learn-more/>
Estados Unidos (costa oeste). <https://www.hsr.ca.gov/>