

Indicadores clave de desempeño para el sistema ferroviario: El caso colombiano

Key performance indicators for the railway system: The colombian case

Martín Darío Arango Serna¹, Carlos Eduardo Díaz Bohórquez², Javier Eduardo Arias Osorio³,
Henry Lamos Díaz⁴

¹ Ph.D. en Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín,
Escuela de Ingeniería de la Organización, mdarango@unalmed.edu.co

² M.Sc. en Ingeniería Industrial, Universidad Industrial de Santander, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, cediazbo@uis.edu.co

³ Ma, Universidad Industrial de Santander, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, jearias@uis.edu.co

⁴ Ph.D. en Matemáticas, Universidad Industrial de Santander, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, blamos@uis.edu.co

Fecha de recepción: 12/08/2014 Fecha de aceptación del artículo: 10/02/2015

Resumen

Este documento describe una metodología para la construcción de Indicadores Clave de Desempeño (KPI) en el sistema Ferroviario de Colombia, con base en una revisión de KPI en el sistema de corredores logísticos. La metodología utilizada para la construcción de los KPI para el modo férreo consta de tres etapas. En la primera etapa, se desarrolla una revisión de la literatura de KPI para los distintos modos de transporte. En la segunda etapa se caracteriza el sistema Férreo de Colombia con el fin de describir la situación actual en este modo de transporte. Por último, en la tercera etapa, se construyen los KPI, producto del proceso de cruce de información de las etapas 1 y 2.

Palabras clave

Corredores logísticos, Indicadores Clave de Desempeño, Sistema Ferroviario.

Abstract

The purpose of this presentation is to describe the methodology carried out for the construction of Key Performance Indicators (KPI) for the Colombian Railway System, based on a thorough review

of KPI logistics corridors. The methodology used for the construction of the KPI to the railway mode comprises three stages. In the first stage, a literature review for the KPI in different transportation modes is developed. The second stage consists in characterize the Colombian Railway System in order to describe the current situation in this freight transportation mode. Finally, in the third stage, the KPI's are constructed, product of information crossing process of the first and second stage.

Keywords

Logistics corridors, Key Performance Indicators, Railway System.

1. Introducción

El transporte es un factor decisivo para el desarrollo económico, social, cultural y político en una nación. Es por ello que todos los modos de transporte representa una oportunidad para superar los cuellos de botella en beneficio de la competitividad. Se hace necesario buscar la eficiencia de los modos de transporte actuales y concentrar la atención a modos diferentes al carretero que ofrecen otras oportunidades, como lo es el modo Férreo.

Durante las últimas décadas el modo férreo ha encontrado, a nivel mundial, nichos de mercado en el transporte de carga. Este es el caso de América Latina, cuya red movilizó 672 millones de toneladas para el año 2008 de los cuales alrededor de 390 millones de toneladas eran productos de la minería (Kohon, 2011). Colombia no ha sido ajena a esta tendencia; actualmente en el país, el transporte férreo se utiliza principalmente para la movilización de carga en grandes volúmenes de mercancías, y carga contenerizada para grandes trayectos y a grandes distancias de desplazamiento (Ministerio de Transporte de Colombia, 2011).

Los ferrocarriles son el segundo medio más utilizado de transporte de carga en Colombia, siendo el carbón el producto de mayor movilización por ese modo (EPYPSA, Ministerio de Transporte de Colombia, 2013), en el 2012 se transportaron en tren 76.800 miles de toneladas representadas en 76.780 miles de toneladas de carbón y 20.000 de otros productos. Por otra parte, la utilización del modo Férreo para el transporte de pasajeros, es mínima, en 2012 el total de pasajeros transportados fue de 208.083 mientras que por el modo terrestre movilizó cerca de 171 millones (Ministerio de Transporte de Colombia, 2012). El modo férreo puede ser de gran utilidad para un sistema de transporte multimodal en el país, sus ahorros económicos en cuestiones de transporte, la facilidad de manejo de la mercancía y transporte de insumos permite al país tener la capacidad de competir y de facilitar la red logística actual, sin embargo existen factores que afectan el desempeño del sistema férreo y generan poca confiabilidad por parte de las compañías debido a pérdidas de producto, rompimientos de las bancadas entre otros. Por lo tanto resulta útil la medición de desempeño del sistema Férreo nacional permitiendo tomar decisiones de mejora.

Este documento describe la metodología llevada a cabo para la construcción de los Indicadores Claves de Desempeño (KPI por sus siglas en inglés) para el Sistema Férreo Nacional, con base a una revisión sobre KPI de corredores logísticos. La metodología utilizada para la construcción de los KPI para el modo férreo comprende tres etapas. En la etapa

1 se realiza una revisión en la literatura de trabajos en donde se identifiquen KPI para distintos modos de transporte. La etapa 2 consiste caracterizar el Sistema Férreo Nacional con el objetivo de describir la situación actual de este modo de transporte de carga Finalmente, en la etapa 3 se construyen los KPI del Sistema Férreo Nacional, producto del cruce de información de las etapas 1 y 2.

2. Metodología

2.1 Revisión de literatura

Con el propósito de identificar los trabajos relevantes en la determinación de KPI para el sistema logístico, se presenta una revisión de la literatura sobre indicadores de gestión de transporte que se toma como base para la construcción de los KPI del sistema férreo nacional.

European Community (2004) define una estructura metodológica para comparar y evaluar los impactos futuros esperados de un conjunto de indicadores, con el propósito de analizar el tráfico, cuellos de botella y aspectos ambientales sobre 25 corredores logísticos en Europa. Los indicadores elaborados fueron:

- Impacto económico en el sector transporte
- Sostenibilidad ambiental
- Costo de la inversión
- Importancia del transporte en general
- Mejoramiento de la accesibilidad
- Madurez y coherencia del proyecto

Por su parte, Li & Cao (2005) presentan un análisis de la importancia del corredor Guangzhou-Hong Kong en China en cuanto a la infraestructura, población, uso del suelo y el desarrollo económico. Adicionalmente, se presentan las características básicas de los corredores:

- Densidad de población
- Ciudades grandes o clústeres de ciudades y uso del suelo
- Infraestructura del transporte bien desarrollada

En un estudio realizado por NATHAN Associates Inc (2007), se analiza la eficiencia del transporte/logística del corredor Dhaka-Chittagong en Bangladesh. Para ello, analiza las condiciones de transporte en ambos lados con la logística del repartidor y analiza los aspectos legales, institucionales y regulatorios que afectan cada aspecto de la cadena logística del corredor. Adicionalmente, propone una serie de acciones para ser tomadas por las partes interesadas para crear un corredor de transporte/logístico eficiente y equilibrada. Los indicadores de desempeño identificados en este trabajo corresponden a los siguientes:

- Demanda de transporte de carga
- Demanda del transporte del contenedor
- Modos compartidos

Bustamante, Saavedra-Gallo, & Bailon (2009), analizan la factibilidad económica competitiva del corredor Manta-Manaos en Ecuador; y sus objetivos específicos se centran en determinar los costos de transportes en las rutas propuestas y alternas actuales; así mismo los costos en la ruta planteada. Para ello, definen un modelo de costos basado en los siguientes elementos: Costo total de transporte (CTT), Costo de transporte ferroviario (CTRO), Costo de transporte fluvial (CTFL), Costo de transporte marítimo (CTMA), Costo de operaciones de trasbordo en puertos y terminales (COT).

Garaviz Noriega E. (2009) realiza un propuesta para el desarrollo de un clúster logístico para un Corredor Logístico Nacional e Internacional competitivo en Colombia; en donde se efectúa un recuento de información, cifras y datos, diagnosticando la situación de Colombia para 2009 en materia logística nacional frente al mundo. Para ello, se definieron los elementos que integran un corredor logístico competitivo, los cuales se dividen en las siguientes tres áreas:

- Condiciones de la infraestructura: esta área comprende Aspectos locacionales, Red de Infraestructura, Sistema de Transporte, y Organización de la cadena de transporte.
- TIC: los elementos asociados a esta área son: Infraestructura de redes, Terminales, Informá-

tica, Sistemas Integrados y Software especializado.

- Normas y Prácticas comerciales: se refiere a las normas y prácticas aduaneras, comerciales fitosanitarias y de seguridad.

Wilmsmeier, Monios, & Lambert (2011) examinan el desarrollo espacial de la infraestructura de carga, desarrollando un modelo conceptual que hace énfasis en el desarrollo direccional de los corredores intermodales en relación con las terminales terrestres. Psaraftis & Panagakos (2012) proponen un conjunto de indicadores de desempeño clave (KPI) para medir el desempeño de una serie de corredores previamente seleccionados en (Salanne, Rönkkö, & Byring, 2010). Los KIP diseñados fueron:

- Costo relativo
- Tiempo de transporte
- Confiabilidad (precisión en el tiempo)
- Frecuencia del servicio
- Emisiones de CO₂

Asimismo, Regmi & Hanaoka (2012) evalúan la infraestructura y el estado de funcionamiento de dos corredores de transporte en el norte de Asia y Asia central, utilizando un enfoque tiempo-costo-distancia para evaluar y comparar el desempeño de los corredores de transporte intermodal. Por su parte, Li, Lam, Wong, & Sumalee (2012) abordan el problema de diseño de una línea de transporte ferroviario situado en un corredor de transporte urbano lineal. Las variables de servicios diseñados son una combinación de la longitud del carril de la línea, el número y ubicación de las estaciones, avances y comida. Se proponen dos modelos de maximización de los beneficios, que representan los efectos de las diferentes estructuras de precios de tránsito (regímenes de tarifas planas y basada en la distancia). Angulo, Castillo, García, & Sánchez (2014) proponen un modelo de localización continuo bi-nivel para la expansión de una red de carreteras mediante la adición de varios corredores viales en una región geográfica. El problema de nivel superior determina la ubicación de los corredores viales, teniendo en cuenta las restricciones presupuestarias y tecnológicas, mientras que el problema del nivel inferior

modela el comportamiento de los usuarios en la red de transporte ubicada (opciones de ruta y el sistema de transporte)

2.2 Caracterización del Sistema Férreo

Esta sección presenta la caracterización del sistema férreo nacional de forma breve, comprende un corto recuento histórico del modo de transporte, descripción de las redes férreas, el comportamiento de la demanda en la movilización de carga y pasajeros y un componente normativo.

2.2.1 Antecedentes

El desarrollo en Colombia del transporte ferroviario tuvo su origen en la necesidad de complementar el transporte fluvial a mediados del siglo XIX. Con base en esa necesidad y con los recursos obtenidos por la separación de Panamá, que se focalizaron en la construcción de infraestructura, se logró consolidar un sistema férreo nacional que alcanzó grandes niveles de uso a mediados de los años 70. No obstante, los problemas financieros de Ferrocarriles de Colombia afectaron su sostenibilidad y, por consiguiente, su uso, que fue obstaculizado por falta de mantenimiento en la infraestructura y en el material rodante. Posteriormente, el desarrollo acelerado del transporte por carretera desplazó al ferrocarril, llevándolo hasta un estado de abandono.

Con el fin de promover el resurgimiento del sistema ferroviario, en 1989 se inició un proceso de reforma en su organización, operación y administración. Como parte de la estrategia, se creó la Empresa Colombiana de Vías Férreas (Ferrovías) y se ejecutó un plan de inversiones para garantizar la operatividad de la red. La reforma no dio los resultados esperados, motivo por el cual comenzó en 1998 un proceso de concesión para la rehabilitación, mantenimiento, operación y administración de la red. De esta iniciativa, surgieron las concesiones del Atlántico y del Pacífico (Ministerio de Transporte de Colombia, 2006)

2.2.2 Red férrea nacional

La red férrea nacional está compuesta de 3304 km de trocha yárdica (914 mm), en donde el 45,73%

(1510,8 km) corresponde a la red inactiva y el 54,27% restante (1793,2 km) pertenecen a corredores concesionados o que están en vía de concesión. Por otra parte, existen 150 km de trocha estándar (1435mm) asociados a la línea privada del Cerrejón (Camara Colombiana de la Infraestructura, 2012).

Actualmente la red férrea inactiva está en responsabilidad de INVIAS y la situación geográfica, o el paso por vías carreteras no permite el uso de la misma, zonas montañosas y los años han hecho desaparecer gran parte de esta red, actualmente el instituto nacional de vías ha hecho inversiones de mantenimiento en la red vía Zipaquirá- Nemocón, Tobia- Villeta y Bogotá en el recorrido sur. Por otra parte, la red férrea nacional activa (1793,2 kilómetros), está dividida en dos corredores concesionados y cinco corredores en vía de concesión:

- Concesión de la Red Férrea del Atlántico.
- Concesión de la Red Férrea del Pacífico.
- Sistema Ferroviario Central.
- Ferrocarril del Carare.
- Sistema Férreo Multipropósito.
- Tren de Cercanías Bogotá.
- Ferrocarril del Altiplano.

Tabla 1. Redes Férreas concesionadas
(Camara Colombiana de la Infraestructura, 2012).

Red férrea concesionada			
Red férrea del pacífico. Concesionario Ferrocarril del oeste			
Tramos	Km	Total	Observación
Buenaventura - Cali	174	498	113 Km en rehabilitación
Cali - Cartago	173		
Cartago - La Felisa	111		
Zarzal - Tebaida	40		
Red férrea del atlántico. Concesionario FENOCO			
Tramos	Km	Total	Observación
Chiriguana - La Loma - Ciénaga	210	245	192 Km en doble línea
Ciénaga - Santa Marta	35		

2.2.3 Comportamiento de la demanda

El ferrocarril es un modo de transporte eficiente moviendo volúmenes significativos de mercancía y materia primas entre grandes centros de producción y consumo. Dentro del transporte de carga nacional, el transporte férreo ocupa el segundo lugar en toneladas movilizadas después del modo terrestre. En 2012 se movilizaron 76.800 miles de toneladas por las vías férreas del país, de las cuales 76.780 miles de toneladas eran de Carbón y solo 20.000 de otros productos, representando una disminución en las toneladas transportadas de productos diferentes al carbón, ya que en el 2011 de las 74.554 miles de toneladas movilizadas por el modo Férreo, 204.000 pertenecían a otros productos; mientras que la movilización de carbón por este medio de transporte ha crecido de manera constante desde 1994, el transporte de otras mercancías ha caído en el tiempo (Figura 1).

En la concesión del Atlántico, las cargas mineras de carbón del Cesar y de la Guajira son los que

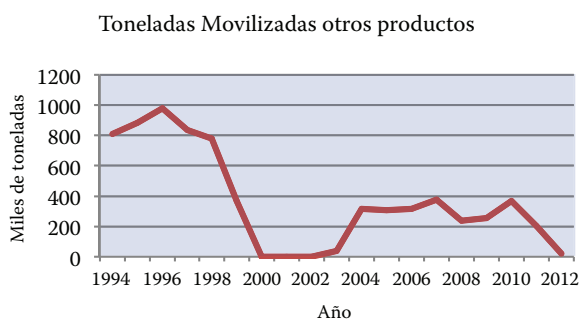
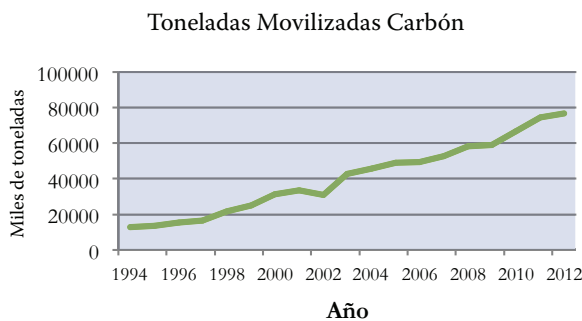


Figura 1. Toneladas movilizadas de Carbón y otros productos por vías férreas (Ministerio de Transporte de Colombia, 2012).

más volumen de carga movilizan, la concesión de la línea férrea del Pacífico para el 2010 movilizó 259.321 toneladas. Por su parte la concesión del Ferrocarril del Oeste, actualmente moviliza productos como azúcar, concentrados, maíz, cemento y lamina (EPYSA, 2013).

Por otra parte, la movilización de pasajeros para el sistema férreo en el 2012 fue de 208.083, representado una disminución de aproximadamente 9.12% en relación al año anterior donde se transportaron 227.075 personas

Tabla 2. Movilización total de pasajeros y de Carga nacional en el sistema férreo Colombiano (Ministerio de Transporte de Colombia, 2012)

Año	Número de pasajeros	Año	Miles de toneladas
2004	49.400	2004	46.182
2005	126.219	2005	49.227
2006	153.470	2006	49.708
2007	181.390	2007	53.204
2008	250.798	2008	58.472
2009	165.709	2009	59.398
2010	183.942	2010	67.025
2011	227.075	2011	74.554
2012	208.083	2012	76.800

2.2.4 Regulación

De acuerdo al Informe Ejecutivo del Ministerio de Transporte correspondiente al estudio para la elaboración del marco normativo férreo colombiano (EPYSA, Ministerio de Transporte de Colombia, 2013) o “no existe una Ley General que regule el sector ferroviario en Colombia como ocurre en el resto de países con un cierto nivel de desarrollo de este medio de transporte, sin embargo sí se encuentra regulado someramente el sistema de concesiones de las líneas ferroviarias así como el conjunto de requisitos a cumplir por los concesionarios.”

La legislación existente se encuentra considerablemente desactualizada por lo que no se dispone de mecanismos que posibiliten la ágil actuación de la Administración dentro del modelo actual de operadores ferroviarios privados de Colombia. Como

consecuencia directa de lo anterior, se denota excesiva autonomía para los operadores ferroviarios, ya que, en muchos casos, la Administración Pública no tiene mecanismos legales suficientes para actuar dentro del sistema (EPYSA, Ministerio de Transporte de Colombia, 2013)

3. Resultados

Producto de la revisión en la literatura y la caracterización del Sistema Férreo Nacional, se identificaron las siguientes áreas en las cuales van a estar agrupados los KPI propuestos para el sistema férreo en Colombia (Figura 2). Dentro de cada grupo, cada KPI cuenta con una ficha técnica, que presenta la siguiente información

- Nombre del KPI.
- Área de KPI.
- Descripción del KPI.
- Fórmula de cálculo.
- Variables que inciden en el KPI.

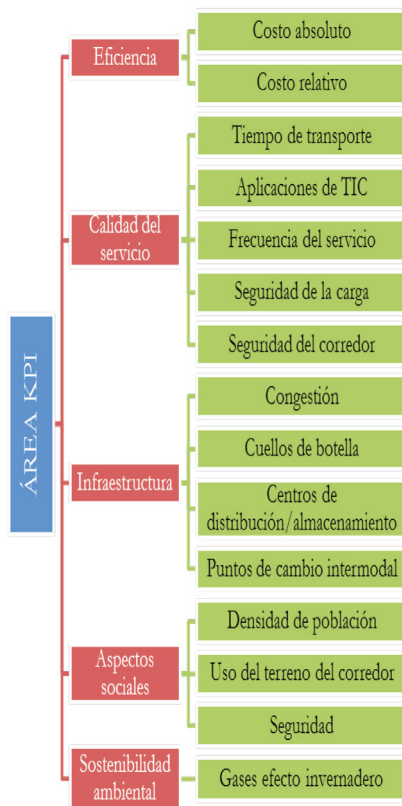


Figura 2. Estructura general de las áreas de los KPI (Elaboración propia).

3.1 Eficiencia

Mide la productividad del Sistema Férreo Nacional en términos de los costos de transporte de la carga movilizada. Dentro de esta área se destacan los siguientes KPI:

- Costo unitario absoluto
- Costo unitario relativo

Tabla 3. Ficha técnica de los indicadores del Área de Eficiencia: Costo unitario absoluto y Costo unitario relativo.

Área KPI:EFICIENCIA	
KPI: COSTO ABSOLUTO	
Descripción: Costo unitario de transporte para el tramo desde el origen (nodo de carga) hasta el destino (nodo de descargue)	
Fórmula: Costos directos totales / Cantidad de mercancía	
Variables de entrada	Unidad
Cantidad de mercancía	Toneladas
Costos directos totales de transporte:	
Costo de carga en el nodo.	\$
Costo de transbordo en el nodo.	
Costo de descargue en el nodo.	

Área KPI:EFICIENCIA	
KPI: COSTO RELATIVO	
Descripción: Costo unitario de transporte para el tramo desde el origen (nodo de carga) hasta el destino (nodo de descargue) por kilómetro	
Fórmula: Costo absoluto/ Distancia	
Variables de entrada	Unidad
Costo unitario absoluto	\$/ton
Distancia del tramo	Kilómetros

3.2 Calidad del servicio

Esta área mide los atributos, capacidades o características enmarcadas en la operación logística que debe tener el Sistema Férreo Nacional para satisfacer los requerimientos de los clientes.

En el presente trabajo, la calidad del servicio es analizada desde cuatro KPI.

- Seguridad del carga
- Aplicaciones de TIC
- Seguridad de la corredor
- Frecuencia del servicio
- Tiempo de transporte

Tabla 4. Fichas técnicas de los indicadores del Área de Calidad del servicio: Tiempo de transporte, Seguridad de la carga, Frecuencia de servicio y Aplicación de TIC.

Área KPI: CALIDAD DEL SERVICIO	
KPI: SEGURIDAD DE LA CARGA	
Descripción: Hace referencia a los daños de la mercancía transportada a causa de los siguientes factores: incendios y explosiones, fallas en los equipos, e incidentes de carga, lesiones, días de trabajo y las deficiencias de seguridad registrados durante las inspecciones externas de la locomotora.	
Fórmula: Número de incidentes relacionados a la seguridad de la carga/ Número total de envíos	
Variables de entrada	Unidad
Número total de envíos	Número
Incidentes:	
- Serios	Número/ %
- No serios	

Área KPI: CALIDAD DEL SERVICIO	
KPI: APLICACIÓN DE TIC	
Descripción: Refleja el grado de presencia y sofisticación de la disponibilidad de TIC	
Fórmula: promedio de evaluación de la disponibilidad	
Variables de entrada	Unidad
Disponibilidad de servicios de rastreo en los nodos y enlaces, Integración y funcionalidad	Escala graduada
Disponibilidad de otros servicios de TIC en los nodos y enlaces, Integración y funcionalidad	Escala graduada

Área KPI: CALIDAD DEL SERVICIO	
KPI: SEGURIDAD DEL CORREDOR	
Descripción: Hace referencia a los daños debido a actos ilícitos, como robos de la mercancía o de la infraestructura del ferrocarril.	
Fórmula: Número de incidentes/ Número total de envíos	
Variables de entrada	Unidad
Número total de envíos	Número
Incidentes:	
- Serios	Número/ %
- No serios	

Área KPI: CALIDAD DEL SERVICIO	
KPI: FRECUENCIA DE SERVICIO	
Descripción: Número de envíos por semana. Los elementos involucrados para este indicador y los criterios de evaluación son los siguientes:	
<ul style="list-style-type: none"> - Capacidad de adaptación a los cambios en la demanda / volumen (escala 1-5) - Capacidad de adaptación a cambios en el tamaño / carga especial (escala 1-5) - Capacidad de adaptación a los cambios en la tabla de tiempo (tiempo necesario para volver a las condiciones normales / tiempo de respuesta) - Capacidad para hacer frente a perturbaciones graves como cancelaciones, huelgas, etc. (escala 1-5) - Disponibilidad, posibilidad de tener horarios de salida por encargo (sí / no) - Disponibilidad de horarios fijos (número de salidas a la semana) 	
Fórmula: Número de servicios por semana.	
Variables de entrada	Unidad
Número total de envíos	Número
Entregas a tiempo	Número/ %

Área KPI: CALIDAD DEL SERVICIO	
KPI: TIEMPO DE TRANSPORTE	
Descripción: El tiempo de transporte involucra los siguientes elementos:	
<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de carga de la mercancía. - Tiempo de desplazamiento de la locomotora desde el nodo origen al nodo destino. - Tiempo de descarga de la mercancía. - Tiempo de esperas en las estaciones del ferrocarril. 	
Fórmula: Horas desde el momento en que inicia el proceso de carga de mercancía en el nodo origen hasta el momento en que finaliza el descargue de la mercancía en el nodo destino.	
Variables de entrada	Unidad
Tiempo total	Horas

3.3 Infraestructura

Esta área corresponde al conjunto de instalaciones y obras civiles que permiten el desarrollo adecuado de las operaciones del transporte férreo.

Los elementos involucrados en esta área son los siguientes:

- Congestión
- Cuellos de botella
- Centros de distribución/almacenamiento
- Puntos de cambio intermodal

En lo posible, las figuras y tablas deben ser ajustadas al ancho de la columna. Se recomienda evitar el sobre y sub-dimensionamiento ya que podría distorsionar la calidad de las mismas.

Tabla 5. Ficha técnica de los indicadores del Área de Infraestructura: Congestión, Cambio modal, Centros de distribución/almacenamiento, Seguridad de la carga y Cuellos de botella.

Área KPI:INFRAESTRUCTURA	
KPI: CONGESTIÓN	
Descripción: Hace referencia a la demora absoluta de la locomotora por kilómetro recorrido.	
Fórmula: Tiempo perdido/Cantidad de mercancía* Distancia	
Variables de entrada	Unidad
Demora promedio	Demora promedio
Cantidad de mercancía	Cantidad de mercancía

Área KPI:INFRAESTRUCTURA	
KPI: CAMBIO MODAL	
Descripción: Identifica los puntos en los cuales hay una ruptura en modo en que se transporta la mercancía proveniente del modo férreo.	
Fórmula: Número de puntos de cambio modal	
Variables de entrada	Unidad
Zonas de cambio modal	Número

Área KPI:INFRAESTRUCTURA	
KPI: CENTROS DE DISTRIBUCIÓN/ALMACENAMIENTO	
Descripción: Identifica la cantidad promedio de bodegas existentes en los nodos origen y destino que facilitan la distribución y el almacenamiento de mercancía que se va a transportar por el ferrocarril	
Fórmula: Número total de bodegas/ Número de tramos	
Variables de entrada	Unidad
Bodegas	Número
Entregas a tiempo	Número/ %

Área KPI:INFRAESTRUCTURA	
KPI: CUELLOS DE BOTELLA	
Descripción: Este indicador está dividido en tres categorías:	
- Infraestructura: Describe el número de tramos en malas condiciones a lo largo del corredor.	
- Capacidad: Describe cuántos tramos presentan problemas de capacidad asociados a aduanas, insuficiencia en la capacidad instalada para transportar mercancía adicional, entre otros.	
- Geografía: Describe cuántas barreras geográficas existen a lo largo del corredor (montañas, etc.).	
Fórmula: Valoración promedio de la escala	
Variables de entrada	Unidad
Tiempo total	Horas

3.4 Aspectos sociales

Involucra los asuntos concernientes al impacto que ejerce el corredor sobre la sociedad. Los indicadores que permiten medir el impacto son los siguientes:

- Uso del terreno del corredor
- Seguridad

Tabla 6. Ficha técnica de los indicadores del Área de Aspectos sociales: Uso del terreno del corredor y Seguridad

Área KPI: ASPECTOS SOCIALES	
KPI: USO DEL TERREO DEL CORREDOR	
Descripción: Proporción de las zonas rurales y urbanas por las cuales pasa el corredor.	
Fórmula: Proporción de la distancia total.	
Variables de entrada	Unidad
Zonas rurales	Porcentaje
Zonas urbanas	Porcentaje

Área KPI: ASPECTOS SOCIALES	
KPI: SEGURIDAD	
Descripción: Hace referencia a la tasa de accidentes/muertes.	
Fórmula: Número total de accidentes / Número total de envíos	
Variables de entrada	Unidad
Accidentes	Número
Envíos	Número

3.5 Sostenibilidad ambiental

Dentro de este grupo se encuentran los indicadores con atributos medioambientales.

- Gases efecto invernadero (huella de carbono)

Tabla 7. Ficha técnica del indicador del Área de Sostenibilidad ambiental: Gases efecto invernadero

Área KPI: SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL	
KPI: GASES EFECTO INVERNADERO	
Descripción: se refiere a las emisiones de CO ₂ equivalente, ya que tiene en cuenta las emisiones de otros GEI, su unidad es gramos de CO ₂ por tonelada-kilometro	
Fórmula: Emisiones totales de CO ₂ /cantidad de mercancía*distancia*1x	
Variables de entrada	Unidad
Cantidad de mercancía	Toneladas
Distancia	Kilómetros
Emisiones totales de CO ₂ (equivalente)	Toneladas

4. Conclusiones

Este documento constituye el primer trabajo en el país que propone un grupo de indicadores para medir el desempeño del sistema ferroviario nacional de forma integral, no solo desde el punto de vista operativo, como se destaca en otros documentos.

Se construyen una serie de Indicadores clave de desempeño a partir de una revisión de la literatura académica, que permiten monitorear el desempeño del modo férreo en el país. Los indicadores se clasifican de acuerdo a diferentes factores que inciden en el desempeño del modo férreo: Eficiencia, Calidad del servicio, Infraestructura, Aspectos sociales y Sostenibilidad ambiental. Los indicadores fueron diseñados de forma que pueden ser aplicados a otros sistemas de transporte, permitiendo comparar entre modos y corredores nacionales.

Se ha incluido un indicador que mide el impacto ambiental generado por el uso de este modo de transporte, lo que permitirá comparar el beneficio que se tiene con otros modos de transporte, esta área es medida en proyectos emprendidos en Europa destacando su importancia en los retos que

enfrentan los sistemas de transporte con miras a la sostenibilidad; estos proyectos resaltan la necesidad de estandarizar la medición y asignación de emisiones para el sistema, de forma que sea aplicable a las condiciones específicas del corredor a evaluar.

Para aplicar los indicadores propuestos en el sistema ferroviario nacional, se requiere de la gestión de las entidades públicas y privadas en la recolección de la información, el uso de TIC's capaces de proporcionar datos sin causar interrupciones en el sistema y la mejora en los procesos administrativos, que representan los principales obstáculos en la toma de información.

Referencias

1. Kohon, J. (Octubre de 2011). Más y mejores trenes. *Cambiando la matriz de transporte en América Latina y el Caribe*. Recuperado el 05 de 06 de 2014, de Banco Interamericano de Desarrollo: En: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=36470682>
2. Ministerio de Transporte de Colombia. (2011). *Diagnóstico del Transporte 2011*. Informe Anual, Ministerio de Transporte.
3. EPYPSA, Ministerio de Transporte de Colombia. (2013). *Estudio para la elaboración del Plan Estratégico Intermodal de Infraestructura de Transporte*.
4. Ministerio de Transporte de Colombia. (2012). *Transporte en cifra. Estadísticas 2012*. Bogotá: República de Colombia.
5. European Community. (2004). *Scenarios, Traffic Forecasts and Analysis of Corridors on the Trans-European network*. Consultado 12 agosto 2013, En: http://ec.europa.eu/ten/transport/documentation/doc/2004_09_ten_stac_part1.pdf
6. Li, P., & Cao, X. (2005). Evolution and development of Guangzhou-Hong Kong corridor. *Chinese Geographical Science*, 15(3), 206-211.
7. NATHAN Associates Inc. (2007). *Improving the Efficiency of Transport Logistics in the Dhaka-Chittagong Corridor*. Final Report.
8. Bustamante, J., Saavedra-Gallo, J., & Bailon, S. (2009). *Análisis del transporte del corredor logístico*

- Manta-Manaos*. Facultad de Economía y Negocios. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
9. Garaviz-Noriega, E. (2009). *Propuesta para el desarrollo de un clúster logístico para un corredor logístico nacional e internacional competitivo en Colombia*. Facultad de Administración de Empresas. Bogotá: Universidad Colegio Mayor Nuestra Señora del Rosario.
 10. Wilmsmeier, G., Monios, J., & Lambert, B. (2011). The directional development of intermodal freight corridors in relation to inland terminals. *Journal of Transport Geography*, 19(6), 1379-1386.
 11. Psaraftis, H. N., & Panagakos, G. (2012). Green corridors in European surface freight logistics and the SuperGreen project. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 48, 1723-1732.
 12. Salanne, I., Rönkkö, S., & Byring, B. (2010). *Supporting EU's freight transport logistics action plan on green corridor issues - Deliverable D2.1 Selection of Corridors*.
 13. Regmi, M., & Hanaoka, S. (Diciembre de 2012). Assessment of intermodal transport corridors : Cases from North-East and Central Asia. *Research in Transportation Business & Management*, 5, 27-37.
 14. Li, Z., Lam, W. H., Wong, S. C., & Sumalee, A. (Enero de 2012). Design of a rail transit line for profit maximization in a linear transportation corridor. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 48 (1), 50-70.
 15. Angulo, E., Castillo, E., García Rodenas, R., & Sánchez Vizcaíno, J. (Enero de 2014). A continuous bi-level model for the expansion of highway networks. *Computers & Operations Research*, 41, 262-276.
 16. Ministerio de Transporte, Ministerio de Minas, Ministerio de Comunicaciones, Departamento Nacional de Planeación. (2006). *Visión Colombia II Centenario. Generar una infraestructura adecuada para el desarrollo*. Bogotá: Republica de Colombia.
 17. Cámara Colombiana de la Infraestructura [CCI]. (2012). *Seguimiento a proyecto de infraestructura. Sistema férreo nacional*. Informe Dirección Técnica.
 18. EPYSA, M. d. (2013). *Plan Estratégico Intermodal de Infraestructura de Transporte*. Informe Final.
 19. EPYSA, Ministerio de Transporte de Colombia. (2013). *Estudio para la Elaboración del marco normativo férreo colombiano enfocado en factores técnicos de diseño, construcción, mantenimiento, operación y aspectos de seguridad*. Informe Ejecutivo.