



# COLOMBIA

I N T E R O C E Á N I C A

# 08.

**UNA RUTA: DOS MARES**  
Octubre 19 de 2008

**DE-Consult**  
Sucursal de Colombia



[www.colombiainteroceanica.com](http://www.colombiainteroceanica.com)

# UNA RUTA : DOS MARES

Estudio preliminar

## 1 Introducción

Hemos leído con mucho detenimiento e interés la propuesta formulada por el señor Hugo Henao Cuartas en abril de 1994 y distribuida en julio de 1994, bajo el título ANTIOQUIA - VIABILIDAD, PUERTOS Y GEOPOLITICA, que nos fue entregada por el autor en persona a comienzos de marzo de 1996. Asimismo, la interesante información contenida en su trabajo de Abril del presente año.

Como especialistas en el campo del transporte ferroviario hemos dedicado especial atención a la posibilidad de construir una línea ferroviaria que conecte la ciudad de Medellín con el Océano Pacífico, pasando por el sur del Departamento de Córdoba, entrando luego al Chocó, cruzando el Río Atrato para llegar finalmente a Curiche en la bahía de Humboldt. Al cruzar esta línea el río Atrato, la ciudad de Medellín queda conectada también con el Atlántico. Para información sobre las actividades de nuestra Empresa nos permitimos incluir como Anexo E un folleto informativo.

La historia del transporte ferroviario en todo el mundo está llena de ejemplos que demuestran que no siempre son las zonas en desarrollo las que dan lugar a la construcción de los ferrocarriles, sino que aquellas se desarrollan precisamente a lo largo de las vías que, construidas con otro propósito, van contribuyendo a su progreso a medida que van entrando en operación. Desde este punto de vista, consideramos que la construcción de un ferrocarril para conectar a Medellín con un puerto en el Pacífico y otro en el Atlántico, ha de significar para las poblaciones a lo largo de su área de influencia un estímulo para desarrollar e incrementar su actividad económica.

Por otra parte, en el caso de la República de Colombia, la apertura económica en el país tiene como consecuencia mejoras en la red de transporte, las mismas que deben permitir a los productores colombianos hacer llegar ventajosamente sus productos a los mercados nacionales e internacionales, lo mismo que facilitar a los importadores el transporte de mercancías a los centros de consumo.

Con el fin de contar con una base de trabajo hemos seguido el desarrollo de la vía como está ilustrada en el trabajo del señor Henao y, a pesar de no contar con información mas detallada, hemos elaborado lo que podría ser el trazado del ferrocarril propuesto, el mismo que se muestra en el Anexo A.

Esta línea ferroviaria de aproximadamente 620 km de longitud no sólo vincularía una extensa región del país, sino que abriría la posibilidad de una ruta interoceánica muy prometedora ante la creciente incapacidad del Canal de Panamá de atender la demanda, con el tramo Sautatá - Curiche, de sólo 128 km de longitud.

En lo que respeta a la vía permanente, el trazado antes mencionado ha sido el punto de partida para el trabajo que se presenta a continuación. En lo referente a los volúmenes de tráfico a moverse, sólo contamos con información relativa al tráfico de contenedores, de manera que para el tráfico restante hemos tenido que partir de suposiciones. Esperamos que a pesar de estas dificultades pueda resultar de utilidad para un análisis más detallado y profundo.

A partir de los datos básicos, el presente trabajo busca, a través de una estructuración sencilla, llegar hasta un cronograma de actividades que conduzcan, paso a paso, a la materialización y puesta en operación del Ferrocarril. Estas actividades comprenden, entre otras, la realización de estudios que permitan cálculos exactos que sustituyan a las suposiciones que necesariamente hemos tenido que hacer para elaborar los ejemplos incluidos en los siguientes capítulos.

Aunque por razones de costos la posibilidad de usar locomotoras diesel-eléctricas siempre está dada, para evitar el impacto ambiental y sus efectos en el ecosistema, hemos considerado para el tráfico en la línea locomotoras eléctricas. Además, con las plantas hidroeléctricas Porce, Murri y Cauca relativamente cerca a la línea, el suministro de energía eléctrica está asegurado. Por último, aunque no por eso menos importante, hemos tomado en cuenta que los equipos eléctricos requieren menos mantenimiento y, por lo tanto, su disponibilidad es más alta.

En la parte final del presente Estudio Preliminar se dan, hasta donde ha sido posible por ahora, los costos de algunos elementos que forman la infraestructura del sistema.

## **2 Datos básicos**

### **2.1 Vía**

Tipo	sencilla
Ancho	1 435 mm
Longitud	620 km aprox.
Perfil	no se cuenta con información confiable que permita trazar un perfil por lo menos aproximado. Se ha hecho un ensayo con el tramo Sautatá - Curiche que se muestra en el Anexo B.

## 2.2 Carga a transportar

### 2.2.1 Medellín - Curiche - Medellín

Tipo	no se dispone de información
Volumen	no se dispone de información

### 2.2.2 Sautatá - Curiche - Sautatá (\*)

Tipo	mixto, en contenedores
Volumen	375 contenedores/día/dirección

(\*)En la medida en que han ido evolucionando las técnicas del transporte ferroviario se han ido tipificando los tipos de carga a ser transportada y creando nuevos tipos de vagones especializados, como, por ejemplo, vagones tolvas para cereales y otros materiales a granel, vagones tanques para combustibles líquidos (petróleo, gasolina, etc.), vagones plataformas para maderas y vagones cubiertos para el transporte de otros productos tanto de exportación como de importación.

En el caso del transporte de mercadería en vagones cerrados, se optó por la modalidad de carro entero y menos de carro entero según la cual el carro entero es cargado por un sólo cliente, casi siempre por él mismo, y menos de carro entero para pequeños lotes de varios clientes, recibidos primero en bodegas o almacenes y cargados invariablemente en vagones ferroviarios cerrados por las empresas ferroviarias.

La intensificación del transporte internacional y especialmente el transporte a y de ultramar llevó a la utilización de containers (contenedores) cuyo uso se ha generalizado en alto grado.

Es muy importante considerar las ventajas que ofrece el transporte por contenedores, tanto en el ámbito nacional como en el de la importación y exportación. Algunas de las más importantes figuran a continuación:

- La carga contenerizada queda completamente protegida contra elementos naturales como lluvia y polvo, lo que implica que para su almacenamiento no se requieren galpones, bodegas o depósitos especiales.
- Los contenedores pueden asegurarse con facilidad mediante candados o seguros especiales como los que se usan en los vagones ferroviarios cubiertos.

- El contenedor puede ser transportado hasta la misma fuente de producción de la carga a ser transportada eliminándose la necesidad de transbordarla (sólo se transborda el contenedor que la contiene).
- Al ser transportada en contenedores cerrados (o sellados) desde su origen hasta su destino, la carga no necesita ser controlada en los puntos de transbordo eliminándose así la necesidad de realizar los recuentos que implican una enorme pérdida de tiempo y acrecientan la posibilidad de pérdidas o sustracciones.
- El uso de contenedores implica una mejor rotación del material rodante, es decir, una utilización mejor y más rentable.

Debido a la enorme difusión alcanzada por el transporte en contenedores y al aumento de los volúmenes que deben ser transportados del Océano Atlántico al Pacífico y viceversa, a un grado tal que implica exceder eventualmente la capacidad del Canal de Panamá, hace unos tres años, DE-Consult fue requerida para la elaboración de un estudio relacionado con la construcción de un “canal seco” que uniera el océano Atlántico con el Pacífico mediante una línea ferroviaria en Costa Rica. Puesto que este tráfico es muy interesante para la línea que estamos considerando, de dicho estudio se han derivado los valores para el tramo Sautatá - Curiche que emplearemos en el cálculo, asumiendo que el tráfico interoceánico potencial podría ser captado si se construyen las instalaciones para el manipuleo de contenedores en Sautatá y en Curiche y asumiendo también que sea efectivamente Sautatá el lugar elegido para la construcción del puerto fluvial.

## **2.3 Datos de tráfico**

### **2.3.1 Medellín - Curiche - Medellín**

Promedio de aprovechamiento de la capacidad de vagones (tráfico mixto en diferentes tipos de vagón) = 80% (valor obtenido en la práctica en varios ferrocarriles)

### **2.3.2 Sautatá - Curiche - Sautatá**

Promedio de aprovechamiento de la capacidad de contenedores = 88% (valor tomado en cuenta en el estudio de DE-Consult para Costa Rica)

Peso neto promedio por contenedor ISO 40                      17,6 t

Tara por contenedor ISO 40    4,0 t

2 contenedores por cada vagón plataforma

### 3 Características del material rodante

#### 3.1 Medellín - Curiche - Medellín

##### 3.1.1 Material remolcado

Tipo	según la clase de carga
Capacidad	40 t
Tara	25 t (promedio de varios tipos de vagones)

##### 3.1.2 Material tractivo

**3.1.2.1 Locomotoras de línea** Eléctrica Bo-Bo de 4 400 kW  
Peso en servicio 84,0t

Una locomotora de 4 400 kW puede desarrollar las siguientes velocidades en función de las diferentes gradientes expresadas en ‰ y tonelajes remolcados (tonelaje bruto), considerando una velocidad máxima de 112 km/h.

Grad. ‰	Tonelajes										
	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
	Velocidades, km/h										
13	112	112	112	112	112	112	109	106	104	102	100
12							111	110	108	107	106
10							112	112	111	110	109
9									112	112	111
8											112

**3.1.2.2 Locomotoras de maniobras** Diesel-eléctrica Bo-Bo de 750 kW  
Peso en servicio 50 t

## **3.2 Sautatá - Curiche - Sautatá**

### **3.2.1 Material remolcado**

Tipo	Vagón plataforma
Capacidad	50 t
Tara	18 t

### **3.2.2 Material tractivo**

#### **3.2.2.1 Locomotoras de línea**

Para el tramo Sautatá - Curiche - Sautatá se considera el mismo tipo de locomotora que para Medellín - Curiche - Medellín, es decir, una eléctrica Bo-Bo de 4400 kW. Ver el numeral 3.1.2.1. Esto, además de facilitar el mantenimiento, permite, en caso necesario, sincronizar dos o más locomotoras para que funcionen acopladas.

#### **3.2.2.2 Locomotoras de maniobras**

Igualmente se considera para maniobras el mismo tipo de locomotora que para el caso de Curiche y Medellín. Ver el numeral 3.1.2.2. Por lo demás, valen los mismos argumentos que para las locomotoras de línea en cuanto al mantenimiento y sincronización.

## **4 Cálculo de las necesidades de material rodante**

### **4.1 Medellín - Curiche - Medellín**

#### **4.1.1 Material remolcado**

Para equiparar la capacidad del material remolcado con la de las locomotoras de línea (ver numeral 4.1.2.1) consideramos un tonelaje neto diario total de 5 050 t (2 525 t en cada dirección) y un aprovechamiento promedio de la capacidad del vagón del 80%, es decir, para un vagón de 40 t de capacidad = 32 t, se requerirían:

$$5\ 050/32 = 158 \text{ vagones/día}$$

Es muy difícil, por no decir aventurado, determinar a priori la rotación que tendrán los vagones, dado que no se cuenta con toda la información necesaria. Por esta razón, los datos que se dan a continuación son sólo ejemplos en los que se asume también que los vagones marchan cargados en ambas direcciones:

Cargando en Medellín	1 día
En marcha a Curiche	1 día
Descargando en Curiche	1 día
Cargando en Curiche	1 día
En marcha a Medellín	1 día
Descargando en Medellín	<u>1 día</u>
Rotación	6 días

Por lo tanto, se necesitan

$$158 * 6 = 948 \text{ vagones}$$

sin contar reserva operacional ni mantenimiento que, por lo general, se calculan en un 10%.

Estos valores tienen que ser reajustados cuando se conozca el tipo de la carga, tonelaje por tipo, facilidades para la carga y descarga y otros datos operacionales. En este caso también se han dado como ejemplos.

Para una capacidad total de 10 100 t netas por día (posibilidad que también se considera para las locomotoras de línea) la cantidad necesaria se duplica, es decir, que se requerirán 1 896 vagones a los que hay que agregar la reserva.

Con referencia al material remolcado para el uso Medellín - Curiche - Medellín, es aconsejable estudiar la aplicación del transporte en contenedores lo cual permitiría usar el mismo tipo de vehículo que para Curiche - Sautatá - Curiche y emplearlo indistintamente en todo el sistema, reduciendo el parque necesario.



#### 4.1.2 Material tractivo

##### 4.1.2.1 Locomotoras de línea

Primeramente consideramos el caso de una locomotora

Rotación de la locomotora

Distancia Medellín - Curiche - Medellín = 1 240 km

Velocidad constante = 90 km/h

Tiempo de recorrido Medellín - Curiche - Medellín = 840 min

Maniobras en Medellín y Curiche = 120 min

o un total de 960 min

Viajes completos (ida y vuelta) por locomotora/día

$$1\ 440/960 = 1,5$$

o sea 2 viajes en una dirección y 1 en la opuesta.

En un viaje, cualquiera sea la dirección, considerando un aprovechamiento del 80% de la capacidad del vagón y una tara de 25 t una locomotora podrá transportar:

$$1\ 500/(40 * 0,8 + 25) = 26,3 \text{ vagones}$$

o sea un tonelaje neto igual a  $26,3 * 32 = 841,6 \text{ t}$

Si consideramos ahora dos locomotoras, marchando en sentidos opuestos, vemos que se realizan 3 viajes por día en cada dirección. Es decir, que entre las dos movilizarán el siguiente tonelaje total (en ambas direcciones) diariamente:

$$3 * 841,6 * 2 = 5\ 050 \text{ t}$$

o sea 2 525 t en cada dirección.

Sobre esta base se hizo la diagramación de trenes que se muestra en el Anexo C. Puede observarse que para los trenes Medellín - Curiche - Medellín se requiere un desvío de cruce que estaría ubicado entre El Jardín y Gallo.

Como puede verse en el Anexo C, se requieren diariamente 2 locomotoras, sin contar reserva operacional ni mantenimiento.

**(NOTA:** En el Anexo C también están graficados los trenes entre Sautatá - Curiche - Sautatá acerca de los cuales se ofrece un comentario en el numeral 4.2.2.1)

La capacidad indicada puede duplicarse, sin modificar el diagrama del Anexo C, es decir, sin necesidad de aumentar desvíos de cruce, corriendo trenes de doble tracción, o sea, con dos locomotoras sincronizadas a la cabeza de cada tren, o un total de 4 locomotoras sin contar reserva. Con ello se llegaría a 5 050 t en cada dirección o un total diario para todo el sistema de 10 100 t netas.

El uso de dos o más locomotoras en un tren (tracción múltiple) es una práctica común en aquellos ferrocarriles que transportan grandes tonelajes pues ofrece la gran ventaja de reducir la utilización de la línea, razón por la cual también se usa cuando el volumen de tráfico es muy alto.

#### **4.1.2.2 Locomotoras de maniobras**

Se requiere una en cada terminal, es decir, un total de dos, sin contar reserva operacional ni mantenimiento.

### **4.2 Sautatá - Curiche - Sautatá**

Para el cálculo de las necesidades estamos asumiendo que tanto el puerto de Sautatá, como el de Curiche, dispondrán de equipos y demás facilidades para el manipuleo de contenedores. Asimismo, hemos asumido que se trabajará 24 horas al día y 7 días a la semana.

#### **4.2.1 Material remolcado**

En este caso se cuenta con los siguientes datos de DE-Consult

Volumen	375 contenedores equivalentes a ISO 40/día/dirección
Peso neto/contenedor	17,6 t (promedio)
Tara/contenedor	4,0 t

Peso bruto/contenedor	21,6 t (promedio)
Tipo de vagón	Plataforma
Tara del vagón	18,0 t
Peso bruto del vagón	61,2 t (cargado con 2 contenedores. Ver numeral 2.3.2)

Determinamos primeramente la cantidad de vagones necesarios que es igual a

$$375/2 = 187,5 \text{ vagones plataforma}$$

Consideramos la siguiente rotación aproximada de los vagones tomando en cuenta que corren cargados con contenedores en ambos sentidos:

Cargando en Sautatá	0,5 día
En marcha a Curiche	0,5 día
Descargando en Curiche	0,5 día
Cargando en Curiche	0,5 día
En marcha a Sautatá	0,5 día
Descargando en Sautatá	<u>0,5 día</u>
Rotación	3,0 días

Por lo tanto se necesitan

$$187,5 * 3 = 562,5 \text{ o } 563 \text{ vagones}$$

sin contar reserva operacional ni mantenimiento, que se calcula en 10%.

## 4.2.2 Material tractivo

### 4.2.2.1 Locomotoras de línea

Cantidad de vagones por tren

$$1500/61,2 = 24,5 \text{ o } 25 \text{ vagones, o sea } 50 \text{ contenedores/tren}$$

Rotación de las locomotoras

Distancia Sautatá - Curiche - Sautatá = 256 km

Velocidad constante = 112 k/h

Tiempo de recorrido Sautatá - Curiche - Sautatá 142 min

Maniobras en Curiche y Sautatá 218 min

o un total de 360 min

Viajes completos (ida y vuelta) por locomotora/día

$$1440/360 = 4$$

o sea 4 trenes en cada dirección.

Total de contenedores transportados por una locomotora/día

$$50 * 4 * 2 = 400$$

Total de contenedores a ser transportados por día (ambas direcciones):

$$750 \text{ ISO } 40$$

Locomotoras requeridas

$$750/400 = 1,875 \text{ o sea } 2 \text{ locomotoras}$$

sin contar reserva operacional ni mantenimiento.

La diagramación de estos trenes también está mostrada en el Anexo C. Este diagrama puede optimizarse mediante la flexibilización de los tiempos de maniobras en las terminales (Curiche y Sautatá) y corriendo trenes con doble tracción (2 locomotoras sincronizadas) lo que para un mismo tonelaje movilizado reduce la cantidad de trenes a la mitad y, consiguientemente, también los posibles cruzamientos. Esto sólo se podrá analizar una vez que se cuente con información exacta y detallada.

#### **4.2.2.2 Locomotoras de maniobras**

Según el numeral 4.1.2.2, Curiche, como estación terminal, contaría con una locomotora de maniobras para atender las necesidades que emergen del tráfico desde Medellín. Sin embargo, se considera que para el tráfico de contenedores deberá contar con una locomotora de maniobras adicional que, con la que se requiere para Sautatá, hace un total de dos unidades para atender el tráfico de contenedores.

### 4.3 Resumen de las necesidades de material rodante

En la siguiente tabla se da un resumen de las necesidades de material rodante, incluyendo reserva operacional y de mantenimiento. Las dos alternativas para Medellín - Curiche - Medellín (5 050 t ó 10 100 t netas por día en total) se han separado oscureciendo lo correspondiente a 5 050 t. Las locomotoras de maniobras y los vagones plataforma para contenedores quedan igual en ambas alternativas:

Tipo	Medellín-Curiche-Medellín	Sautatá-Curiche-Sautatá	Total parcial	Reserva Operacional y Mantenimiento	Total
<b>Locomotoras de línea-Eléctricas Bo-Bo de 4 400kW</b>					
- Para capacidad total de 5 050 t netas por día	2				
- Para capacidad total de 750 contenedores por día		2	4	1	5
- Para capacidad total de 10 100 t netas por día	4				
- Para capacidad total de 750 contenedores por día		2	6	1	7
<b>Locomotoras de maniobras - Diesel-eléctricas de 750 kW</b>	2	2	4	1	5
<b>Vagones (tipos a ser clasificados según la carga) capacidad 40 t</b>					
- Para capacidad total de 5 050 t netas por día	948		948	95	1 043
- Para capacidad total de 10 100 t netas por día	1 896		1 896	190	2 086
<b>Vagones plataforma capacidad 50 t</b>					
- Para capacidad total de 750 contenedores por día		563	563	56	619

## **5 Facilidades para el mantenimiento**

Para que un sistema de transporte ferroviario funcione adecuadamente, es decir, para que preste un servicio seguro y eficiente, es imperativo que todo su equipo, o sea el material rodante, la vía permanente, la señalización, las comunicaciones y otras instalaciones fijas o móviles, se encuentren en buenas condiciones y funcionen perfectamente. Esto sólo se consigue a través de un mantenimiento bien planificado y eficientemente ejecutado, para lo cual se requieren ciertas facilidades en forma de talleres que cuenten con las herramientas y equipos necesarios para desarrollar un trabajo libre de entorpecimientos.

En vista de que la industrialización ha alcanzado en la ciudad de Medellín un nivel muy alto, se piensa que Sautatá sería una excelente ubicación para los talleres de mantenimiento del material rodante y elementos transportables de los equipos, lo que además contribuye en alguna medida a una descentralización.

En las estaciones terminales, Medellín y Curiche, se necesitaría un depósito con un pequeño taller y almacén con lo esencial para hacer reparaciones rutinarias a las locomotoras y material rodante.

En cuanto al mantenimiento de la vía permanente e instalaciones fijas a lo largo de la línea, es conveniente tener un centro de apoyo estratégicamente ubicado. Una buena ubicación sería mas o menos a mitad de camino entre Medellín y Sautatá, es decir, que podría ser ubicado en El Jardín, distante unos 213 kms de Medellín, aproximadamente. Además de las herramientas y elementos necesarios para realizar su trabajo, este centro de apoyo deberá contar con los medios de transporte que permitan la movilización del personal a los diferentes puntos de la línea donde haya trabajos de mantenimiento o reparación.

## **6 Cronología de las actividades**

El Anexo D es un cronograma detallado de todas las actividades que comprenderá el desarrollo del proyecto. Como puede verse, en cada caso se desglosa el contenido de cada una de las actividades principales y se lo ubica en la escala del tiempo. Podrá observarse que la puesta en operación del tramo Sautatá - Medellín, que marcará al mismo tiempo la culminación del proyecto, está tentativamente prevista para el segundo trimestre del año 2002. A propósito, resulta interesante destacar que la construcción del NAFA (Nuevo Acceso Ferroviario a Andalucía) en España, con una longitud de 460 km, duró 4,5 años.

La ejecución cuidadosa de cada una de las actividades que figuran en el cronograma, es de la mayor importancia para el desarrollo del proyecto. Así, por ejemplo, el “Estudio de costos/beneficios” con sus actividades: “Exploración en el campo”, “Recolección de datos” y “Estudio” deberá determinar el potencial de tráfico en la zona de influencia de la línea, estableciendo si la demanda es satisfecha por otros sistemas de transporte que pudieran significar una competencia significativa para el ferrocarril. En esta etapa deberán realizarse estudios de macro-economía para determinar la tasa interna de retorno y hacer una estimación de los costos. Además, se deberá estudiar la posibilidad de ampliaciones y la necesi-

dad de construir ramales para incorporar a otras regiones a los beneficios de un sistema de transporte seguro, rápido y económico.

La información obtenida y los resultados del estudio se analizarán para tomar una decisión que llevaría a la etapa de “Anteproyecto” que abarca a todo el sistema. En esta etapa deberán considerarse todos los elementos que componen la infraestructura de una empresa de transporte ferroviario desde el material rodante hasta las telecomunicaciones, pasando por edificios, depósitos, talleres, estaciones, sistema de señalización, línea y control de trenes y otros equipos e instalaciones móviles y fijas. Se deberá realizar una investigación de las variantes y, en el caso de la línea, por ejemplo, las opciones ofrecidas en aquellos tramos que por su topografía ofrezcan dificultades. El sistema de señalización es otro ejemplo que ofrece variantes, especialmente si se considera que se trata de una vía sencilla. Los rubros Talleres y Estaciones de Maniobras (Curiche, Sautatá y Medellín) deberán analizarse a la luz de las posibilidades de futuro desarrollo de toda la zona de manera que se hagan las previsiones para futuras ampliaciones de la capacidad. No está demás mencionar que debe estudiarse también la necesidad o conveniencia de construir Estaciones de Pasajeros con todo lo que ello significa en materia de construcción y equipamiento (oficinas, boleterías, salas de espera, desvíos de cruce y comunicaciones), además del material rodante adecuado.

En la etapa del “Anteproyecto” se buscará la optimización de las posibles soluciones bajo consideración especial de los costos y el presupuesto que servirán de base para el análisis y la decisión de seguir a la etapa del “Diseño final”.

Luego de haber sido analizada la anterior información y tomada la decisión de proseguir con el trabajo se realizarán trabajos de aerofotogrametría cuyos resultados deberán ser entregados antes de concluir el “Diseño final”. Este, a su vez, incluirá todos los cambios y modificaciones que sean necesarias con objeto de alistar las especificaciones que se requieren para los “Pliegos de licitación”, con los cuales se procederá a la “Licitación de la obra”.

Se observará que la “Construcción de la vía” está dividida en los tramos:

Curiche - Sautatá

Sautatá - El Jardín

El Jardín - Medellín

subdivididos en 3, 9 y 7 lotes, respectivamente. Cada lote tendrá una longitud que variará entre 30 y 50 km según las dificultades que ofrezca la topografía del terreno. El trabajo podrá así ser atacado desde varios frentes.

También se observará que en el caso de la “Construcción: Depósitos/Talleres”, “Montaje de equipos de comunicación”, “Suministro material rodante” y “Operación en el tramo”, el tramo Curiche - Sautatá ocupa el primer lugar en la escala del tiempo. La razón es que todo el



material ferroviario importado de ultramar, como, por ejemplo, las locomotoras y vagones, tendría que llegar por el río Atrato hasta el puerto de Sautatá. Pero también hay otra razón muy contundente y es que la entrada en operación del “nuevo canal interoceánico” ofrece al ferrocarril, aun antes de concluidos los tramos de Sautatá a Medellín, la posibilidad de obtener interesantes ingresos.

## **7 Costos generales de los principales elementos que componen un sistema férreo.**

Existen varios aspectos que influyen directamente en el monto de los costos de inversión de un sistema férreo, entre ellos:

- Tipo de transporte (carga o pasajeros)
- Velocidad máxima deseada
- Distancias a recorrer
- Cantidades a transportar
- Medio ambiente
- Tipo de tracción a utilizar
- Clima
- Tiempo de construcción
- Tipo de trocha

Los costos de construcción nunca podrán ser definidos al detalle, pues así lo demuestra la práctica, un ejemplo de ello es lo difícil de definir para la construcción de túneles. Pues la planificación, por buena que sea, puede siempre no concordar con la realidad de los problemas a encontrarse en la realización de los trabajos de perforación y construcción propiamente dichos.

Las cifras que se mencionan posteriormente, se basan en cálculos realizados por la empresa **DE-Consult** para diferentes proyectos. Por lo que son costos promedios del mercado férreo mundial. Tomamos para el caso actual una velocidad de diseño de 160 km/h, en toda la red y para un corredor de una sola vía con trocha de 1435 mm; en condiciones de construcción, mantenimiento y futura explotación modernas:

- En Telecomunicación, partiendo del largo aproximado de la vía Medellín - Curiche, se calcula una inversión de USD 20 000 000.
- En lo referente a señalización se parte del supuesto que existirán tres cabinas de señalización (enclavamientos) una en Bello otra en Sautatá y la última en Curiche, con estas tres cabinas más los aditamentos necesarios en la vía se calcula una inversión de USD 30 000 000.
- Un cambiavías acorde con  $V < 160$  km/h cuesta USD 60 000
- Por la construcción de un metro de túnel para vía férrea en hormigón armado, compatible con  $V < 160$  km/h el costo es de USD 20 000, sin incluir la vía.
- Por la construcción de un metro de puente para vía férrea en hormigón armado, con un ancho de 7,0 m el costo oscila entre USD 16 000 y USD 25 000.
- Una Locomotora eléctrica de entre 4 000 y 5 000 kW cuesta USD 3 000 000.
- El precio de los vagones construidos especialmente para el transporte de contenedores es de USD 130 000 por unidad. Existen otros precios, en dependencia de las características de los vagones, por ejemplo de la cantidad de ejes, del tipo de sistema de frenado, etc.
- El costo promedio por la construcción de un kilómetro de catenaria, incluyendo las subestaciones necesarias es de USD 750 000.
- La construcción de un metro corriente de vía férrea está costando un promedio de USD 530,0.
- La construcción en túneles de un metro corriente de vía férrea sobre balasto cuesta USD 620,0.
- Se estima que el costo del Taller de Mantenimiento (edificio, instalaciones y equipos) para el sistema aquí propuesto alcanza los USD 15 000 000
- Para la compra de maquinaria y equipos en los ámbitos de mantenimiento, por ejemplo para los trabajos de vía permanente se necesitan grúas, bateadoras; para la catenaria vehículos auxiliares con plataforma de trabajo elevable, etc; se requiere de una inversión calculada en USD 15 000 000.
- Para la construcción de instalaciones fijas férreas, ya sea a lo largo de la línea o en los puntos de importancia operacional en Medellín, Sautatá, etc; se estima una inversión de USD 1 000 000.

**Obras Técnicas y de Infraestructura**

<b>Concepto</b>	<b>Uni- dad</b>	<b>Precio por unidad</b>	<b>Cantidad de unid.</b>	<b>Precio subtotal, USD</b>
1	2	3	4	5
Telecomunicaciones <sup>1</sup>	640 km	0	0	20,000,000
Señalización <sup>1</sup>	640 km	0	0	30,000,000
Cambivías	1 u	60,000	150	9,000,000
Construcción de túneles (12,0 km) <sup>2</sup>	1,0 m	20,000	12,000	240,000,000
Construcción de puentes (40,0 km) <sup>3</sup>	1,0 m	20,000	40,000	800,000,000
Catenaria (640,0 km) <sup>4</sup>	1,0 km	750,000	640	480,000,000
Vía en terraplén <sup>5</sup>	1,0 m	530	640,000	339,200,000
Vía en túneles (12,0 km) <sup>6</sup>	1,0 m	620	12,000	7,440,000
Maquinaria y equipos de mantenimiento	0	0	0	15,000,000
Edificaciones fijas	0	0	0	1,000,000
Taller de Mantenimiento	1 u	15,000,000	1	15,000,000

<b>1. Gran Total</b>	<b>1,956,640,000</b>
----------------------	----------------------

**Material Rodante, para transportar 5 050 toneladas diarias**

<b>Concepto</b>	<b>Uni- dad</b>	<b>Precio por unidad</b>	<b>Cantidad de unid.</b>	<b>Precio subtotal, USD</b>
1	2	3	4	5
Locomotoras de línea	1 u	3,000,000	5	15,000,000
Locomotoras de maniobras	1 u	1,000,000	5	5,000,000
Vagones	1 u	130,000	1,662	216,060,000

<b>2. Gran Total</b>	<b>236,060,000</b>
----------------------	--------------------

**Material Rodante, para transportar 10 100 toneladas diarias**

<b>Concepto</b>	<b>Uni- dad</b>	<b>Precio por unidad</b>	<b>Cantidad de unid.</b>	<b>Precio subtotal, USD</b>
1	2	3	4	5
Locomotoras de línea	1 u	3,000,000	7	21,000,000
Locomotoras de maniobras	1 u	1,000,000	5	5,000,000
Vagones	1 u	130,000	2,705	351,650,000

<b>3. Gran Total</b>	<b>377,650,000</b>
----------------------	--------------------

## **Comentarios necesarios a la tabla anterior Resumen de Costos**

De forma preliminar y global se hace referencia, en la tabla anterior, desde el punto de vista ferroviario, a los posibles gastos de inversión necesarios para poder llevar a cabo un proyecto de la envergadura del que nos ocupa. De la inversión a realizar en la construcción de puertos y sus sistemas de manipuleo, carga y descarga, almacenamientos, etc., no se tiene en cuenta a este nivel de nuestros primeros análisis férreos.

Todo los precios relacionados están dados en dólares americanos (USD).

El posible corredor férreo de Medellín al Pacífico, entendiéndose hasta el pueblo de Curiche o algún sitio cercano a este, tiene una longitud de trazado aproximada de 620,0 km, siempre tratando de esquivar las gradientes que pudieran influir negativamente al trazado.

Nuestros costos de inversión tampoco tienen en cuenta gastos por motivo de movimientos de tierras necesarios a lo largo de todo el trazado, así como para el taller. Además tampoco hablamos de los costos de importación, para traer hasta Colombia todos los elementos férreos necesarios, eminentemente a comprar en el extranjero. Ni se habla tampoco de los costos de Nacionalización Colombiana a pagar por toda importación de técnica extranjera y que a propósito son bien altos.

## **Comentarios a los elementos enumerados en la columna Concepto de dicha tabla:**

- <sup>1</sup> Telecomunicación y Señalización. A los aproximadamente 620,0 km del corredor le añadimos 20,0 km más, por motivos de vías férreas necesarias en zonas del taller, cruzamientos, puertos, etc. Por lo que calculamos un costo global fijo para los 640,0 km, en los dos aspectos.
- <sup>2</sup> Para los túneles se parte de datos estadísticos que nos dicen que de una moderna vía férrea, aproximadamente el 2 % de la misma necesitará cruzar a través de apropiados túneles. Claro para el caso actual es muy difícil limitarse al 2 %, pues no conocemos físicamente toda la posible zona del corredor, por lo que este porcentaje puede variar y con ello los costos. Es así que calculamos aproximadamente 12,0 km a través de túneles.
- <sup>3</sup> Un razonamiento similar al anterior se hizo para la cantidad de puentes, pero con el 3 % de los 620,0 km, lo que nos da un promedio de 20,0 km de construcción de puentes de hormigón armado. Además sobre la ciénaga Tumarado, que se encuentra unos kilómetros antes del cruzamiento con el río Atrato, también hay que tender un puente de unos 20,0 km de largo aproximadamente, por lo que para el calculo tomamos 40 000 m de puente a construir.
- <sup>4</sup> Para la construcción y montaje de la catenaria, más sus elementos de suministro eléctrico necesarios, calculamos el valor para 640,0 km, teniendo en cuenta los mismos 20,0 km de vías férreas del punto 1.

<sup>5</sup> Para la vía en terraplén el razonamiento fue similar también al de los puntos 1. y 4.

<sup>6</sup> Para la vía en túneles y debido a las peculiaridades de construcción y montaje dentro de un túnel las tarifas son algo diferente, por tal motivo se calcula por separado para los 12,0 km de vía a través de estos.

Partiendo de dos posibles tonelajes a transportar diariamente a lo largo de toda la línea, se dan dos costos para los dos casos, partiendo de la necesidad requerida de material rodante.

De lo anterior obtenemos **dos** diferentes **Costos de Inversión Férrea Preliminares**, que se excluyen mutuamente, es decir:

El primer Gran Total por Obras Técnicas e Infraestructura USD 1 956 640 000 más el segundo Gran Total para transportar 5 050 toneladas diarias USD 236 060 000, para una suma de **USD 2 192 700 000 como Primer Costo de Inversión Férrea.**

Ese primer Gran Total por Obras Técnicas e Infraestructura USD 1 956 640 000 más el tercer Gran Total para transportar 10 100 toneladas USD 377 650 000, para una suma de **USD 2 334 290 000 como Segundo Costo de Inversión Férrea.**

Estos dos Costos de Inversión Férrea nos dan una visión clara del monto total férreo para un moderno sistema ferroviario de la envergadura del que nos ocupa, con una longitud de vías aproximada de 640,0 km desde Medellín hasta las costas del Pacífico.

Los costos representados aquí son de todas formas preliminares, pues es lo posible de calcular a estas alturas de un primer análisis, pero hemos tratado de forma global dar con ellos una primera visión del posible monto de la inversión en el campo férreo.