



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
SECRETARÍA DE MOVILIDAD

**DISEÑO CONCEPTUAL DE LA RED DE TRANSPORTE MASIVO
METRO Y DISEÑO OPERACIONAL, DIMENSIONAMIENTO
LEGAL Y FINANCIERO DE LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO EN
EL MARCO DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE
PUBLICO-SITP- PARA LA CIUDAD DE BOGOTÁ**

PRODUCTO N° 17

PRIORIZACIÓN DE LAS LÍNEAS DE LA RED METRO DEL SITP

**MB-GC-ME-0017
Rev. 0.**



TITULO DEL DOCUMENTO: *PRIORIZACIÓN DE LAS LÍNEAS DE RED METRO DEL SITP*

DOCUMENTO N°: MB-GC-ME-0017

Referencia:

Fichero: MB-P17 rev0.doc

Revisión número: 0 Fecha revisión: 07/09/2009

	Nombre	Firma	Fecha
Realizado por	Susana Domingo		Sept. 2009
Verificado por	Diego Duque Guillermo Dierssen		Sept. 2009
Aprobado por	Luis M. San Martín Esteban Rodríguez		Sept. 2009

REGISTRO DE CAMBIOS

REV.	FECHA	SECCIÓN / PÁRRAFO AFECTADO	INICIO DEL DOCUMENTO/ RAZONES DEL CAMBIO
0	07/09/2009	TODOS	DOCUMENTO INICIAL

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	5
2	MEMORIA DESCRIPTIVA	6
2.1	Red seleccionada.....	6
2.2	Descripción detallada y caracterización de las diferentes alternativas de línea para constituirse en la Primera Línea del Metro de Bogotá.	7
2.2.1	Tipologías aplicadas.....	9
3	EVALUACIÓN DE LAS LÍNEAS	19
3.1	Análisis multicriterio para definir la priorización de las líneas.....	19
3.1.1	Metodología de selección de la PLM	20
3.1.2	Cálculo de indicadores (Tomo III)	22
3.2	Jerarquización de líneas.....	22
3.2.1	Asignación de la priorización de acuerdo con la metodología.....	22
3.2.2	Resultados del cálculo de indicadores y selección de la PLM (Tomo IV).....	22
3.2.3	Homogenización y continuidad de la jerarquización propuesta.....	25
3.2.4	Cronograma de construcción de las líneas.	25
3.3	Primera línea de Metro	27

1 INTRODUCCIÓN

El objeto del presente documento es describir el proceso de priorización de la Primera Línea de Metro de la ciudad de Bogotá dentro del marco del SITP.

Los Términos de Referencia establecen que la metodología a seguir para la selección de la Red y la PLM debe ser una metodología de evaluación multicriterio y debe basarse en los parámetros establecidos para la evaluación de las mismas.

Así como en la selección de la red al elegir una quedan automáticamente descartadas las restantes en el caso de la línea no se elimina ninguna. Evidentemente, no se puede ejecutar toda la red al mismo tiempo, por ello es necesario establece el orden de ejecución más idóneo, determinando cual debe ser la primera y en consecuencia las sucesivas, hasta completar la red seleccionada.

El documento del Producto 17 se estructura de la siguiente manera:

Tomo I: Memoria descriptiva de la Red, las Líneas y su Jerarquización.

Tipologías aplicadas en las propuestas de línea

- De vía y trazado
- De estaciones

Tomo II: ANEXO A. Metodología para el análisis multicriterio de selección de la PLM.

Tomo III: ANEXO B. Resultados del cálculo de indicadores.

Tomo IV: ANEXO C. Resultados de la aplicación de la Metodología

2 MEMORIA DESCRIPTIVA

2.1 Red seleccionada

La red que fue seleccionada es la que se presenta a continuación y cuya elección queda detallada en el Producto 15 y 16.

La red se compone de cuatro (4) líneas:

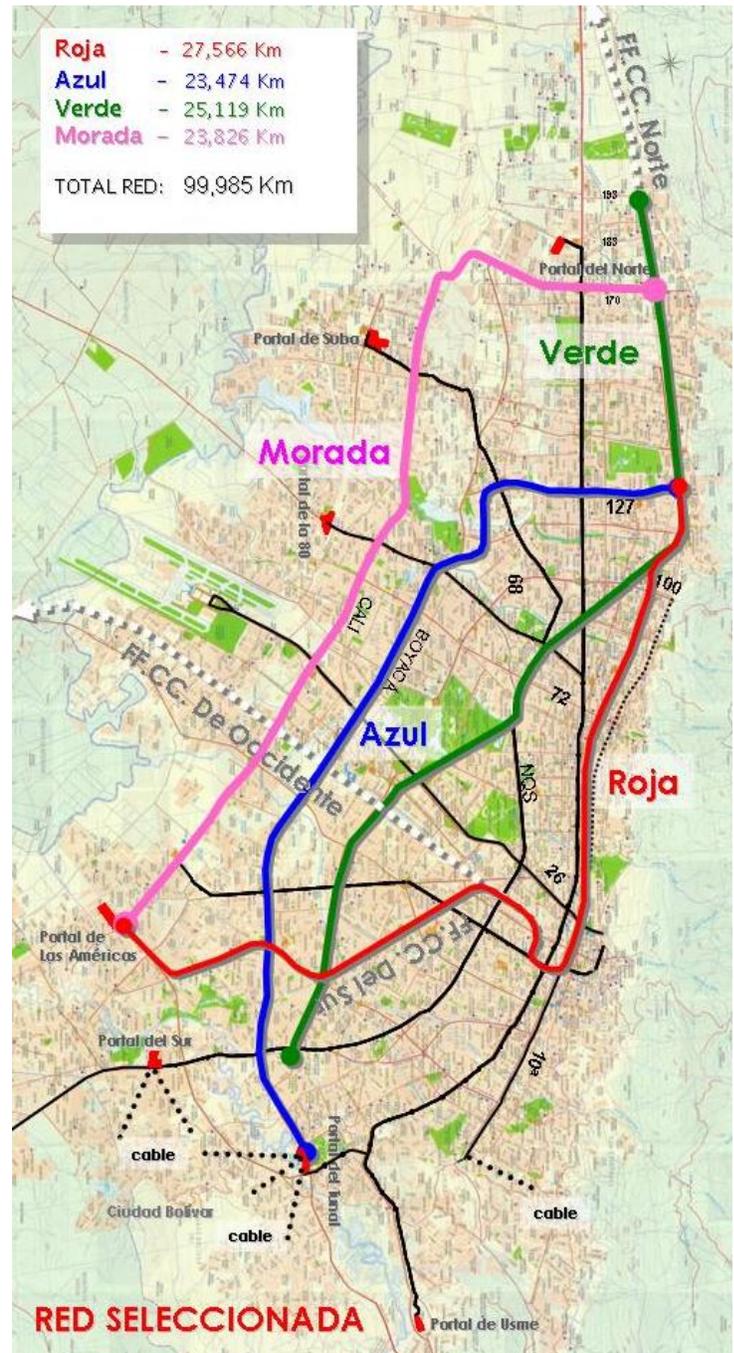
Roja: esta línea va desde la calle 127 con la Ak9 hasta el portal de las Américas, pasado por la carrera 11, 13 y 10ª hasta la estación de La Sabana, por la localidades de Puente Aranda y Kennedy.

Verde: esta línea va desde la calle 183 con la Ak9, al Norte de la ciudad, hasta la intersección de la Avenida Congreso Eucarístico Ak68 con la Avenida Ciudad de Quito N.Q.S Ak30.

Azul: esta línea parte de la calle 127 con la Ak9 y recorre toda la Avenida Boyacá hasta el Portal del Tunal.

Morada: esta línea, que es la más alejada del centro parte de la intersección entre la calle 170 con la Ak9, pasando por la localidad e Suba retoma la Avenida Ciudad de Cali llegando hasta el Portal de las Américas.

La red actual de BRT es una red fundamentalmente radial desde el centro hacia la periferia. Esta propuesta de red, principalmente de Norte a Sur, permite obtener una malla entre los diferentes modos de transporte masivo que mejoren los desplazamientos en cualquier dirección.



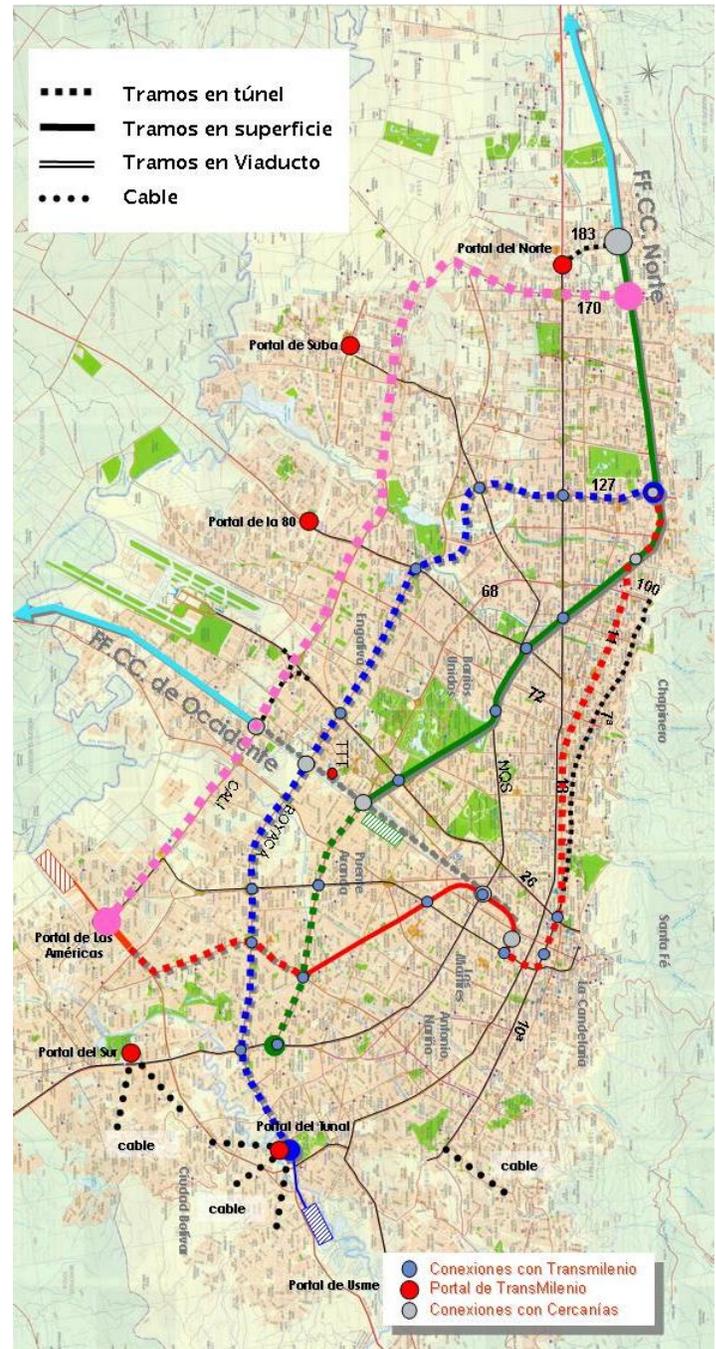
2.2 Descripción detallada y caracterización de las diferentes alternativas de línea para constituirse en la Primera Línea del Metro de Bogotá.

Para el análisis de las líneas de la Red metro seleccionada, en el proyecto conceptual, se determinaron los sistemas constructivos más adecuados definiendo las siguientes tipologías:

- Superficie.
- Semienterradas o trinchera.
- Túnel.
- Viaducto.

En el plano adjunto se observa como:

- **La línea Roja** tiene la mayor parte del trazado en túnel y solo la zona que va desde la estación de La Sabana al cruce con la Ak68, y desde el portal de las Américas hasta el predio destinado a patios y talleres es en superficie.
- **La línea Verde** al contrario que la roja tiene la mayor parte del trazado en superficie coincidiendo con el corredor ferroviario actual y la parte que se sale del corredor sería en túnel.
- **La línea Azul** es toda en túnel debido a las características del terreno y la existencia de gran cantidad de redes de servicios que se verían afectadas en caso de ir en superficie.
- **La línea Morada** también se plantea toda ella en túnel por lo mismo que la azul y para minimizar el impacto visual y ambiental.



En la tabla adjunta se enumeran las tipologías analizadas (en superficie, en túnel o en viaducto) del trazado, en kilómetros y número de estaciones para cada tipología constructiva.

Longitud y tipo de vía

VÍA	LONGITUD (km)			
	ROJA	VERDE	AZUL	MORADA
Superficie	5,346	17,000	-	-
Viaducto	-	-	-	-
Túnel	19,620	7,420	23,474	23,826
Trinchera o semienterrada	2,600	0,700	-	-
Total	27,566	25,120	23,474	23,826

TOTAL KM DE LA RED 99,985Km

TIPO DE VÍA (Km)	RED A*
Superficie	24,446
Viaducto	-
Túnel	75,539
Total	99,985

Numero de corredores	4,00
-----------------------------	-------------

Número de estaciones

ESTACIÓN TIPO	Red A*		
	P	T	E
Superficie	20	8	2
Viaducto	-	-	-
Túnel	58	20	5
Total	78	28	7

TOTAL ESTACIONES: 113

Siendo: P: estación de paso; T: estación de intercambio; E: estaciones especiales (intercambio entre varios modos de transporte y edificios de equipamientos).

De estas cuatro líneas se han seleccionado tres (3) por ser las que mejor respondían a las necesidades de la ciudad en un futuro inmediato y que podían convertirse en la Primera línea por sus características. Se describen a continuación una a una.

2.2.1 Tipologías aplicadas

2.2.1.1 Línea roja

2.2.1.1.1 Descripción general. Localización urbana.

La línea roja tiene un trazado total, incluido el recorrido hasta patios y talleres, de casi 28,0Km y va desde el Portal de las Américas hasta la calle 127.

Con esta línea quedan unidos el Sur y el Norte de la ciudad pasando por el centro económico y financiero de Bogotá.

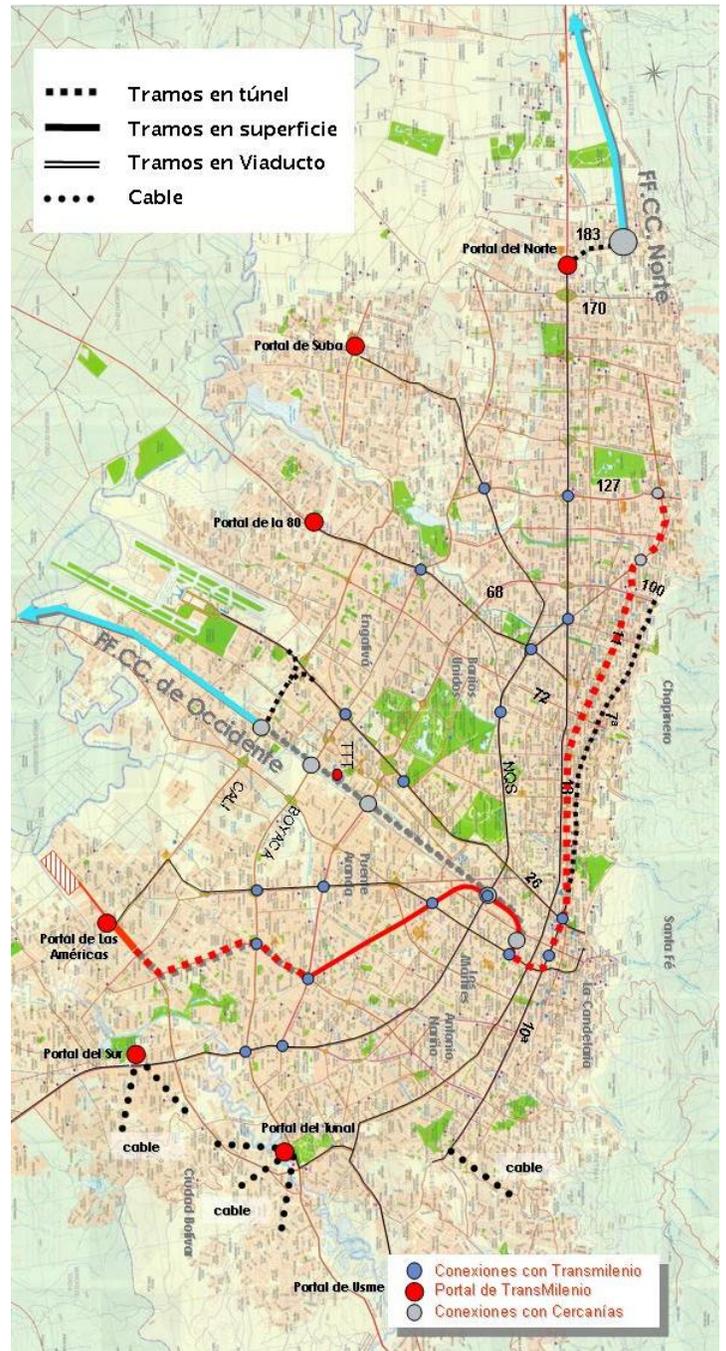
2.2.1.1.2 Trazado.

El trazado de esta línea discurre por las siguientes calles:

El origen de la línea se localiza en las proximidades del Portal de las Américas en unos terrenos próximos al río Bogotá en el barrio conocido como del Tintal. En esto s terrenos el Grupo Consultor propone localizar los patios y talleres de la línea. Se trata de unos terrenos de gran dimensión, perfectos para la actividad de talleres y que se encuentran en una zona libre de edificación.

Saliendo de estos terrenos es posible localizar una primera estación en las proximidades junto a la urbanización el Tintal, en pleno desarrollo. Siguiendo el trazado paralelo al canal existente se llega al Portal de Las Américas donde se localiza la primera estación de intercambio con el sistema TransMilenio. En esta zona se concentra una gran demanda de usuarios de transporte público de las localidades de Bosa y Kennedy por lo que ambos modos no se hacen la competencia. El trazado discurre en superficie hasta llegar a esta estación de intercambio donde éste empieza a bajar de cota y queda semienterrado en el paso de la avenida de Cali.

En el plano adjunto se han marcado los puntos de conexión con otros modos del SITP (Cercanías y TransMilenio).



El trazado sigue cruzando la Avenida de Cali, a cota inferior para permitir el paso vehicular por encima, por la Avenida Ciudad de Villavicencio donde se propone seguir en túnel. En este tramo se localizan dos estaciones más antes de girar por la Avenida 1º de Mayo.



Una vez el trazado toma la Av. 1º de Mayo prosigue en túnel hasta llegar al cruce con la AK68 donde se localiza la glorieta a nivel y el viaducto de la 1º de Mayo. A partir de este punto el trazado abandona la Av. 1º de Mayo girando hacia la Avenida del Ferrocarril, antiguo corredor del Cercanías del Sur actualmente en desuso. Una vez sobrepasada la glorieta el túnel va subiendo localizando una estación semienterrada en las proximidades de la AK68, hasta que sale definitivamente al exterior y sigue en superficie para pasar sobre el canal del río Fucha donde se encuentra otra estación.

Desde el canal del río Fucha hasta la Calle 6 el trazado discurre en superficie y en trinchera (semienterrado) a partir de la Calle 6 hasta la estación de La Sabana. Al final de la Av. Del Ferrocarril el metro se incorpora al corredor de Cercanías de Occidente donde se prevé que ambos sistemas compartan corredor y estaciones aunque cada sistema tenga sus propias vías.

En la estación de la Sabana se localiza el final del trazado ferroviario de cercanías mientras que el trazado del metro se encuentra en el punto medio de la línea. A partir de la estación La Sabana el trazado de metro sigue de nuevo en túnel hasta el final.

Saliendo de la estación el trazado gira por la Calle 13 hasta la Carrera 10ª girando de nuevo y siguiendo por ella hasta la calle 26 donde cambia de dirección y prosigue por la carrera 13. En la intersección de la calle 26 con la carrera 10ª el proyecto del metro propone una estación de intercambio con la futura Estación Central de TransMilenio donde también está prevista una importante actuación urbana de renovación del sector con un proyecto de viviendas, comercio y oficinas. A la altura de la calle 63 donde se localiza la plaza de la Iglesia de la virgen de Lourdes el túnel sigue por la carrera 11 continuando hasta la Calle 100. En este punto el trazado pasa bajo los terrenos de de la escuela de infantería girando para retomar la dirección de la Avenida Laureano Gómez AK 9 llegando en túnel hasta la calle 127 como final de línea. En este punto final de la línea se prevé una estación de intercambio con la estación de la línea azul. El Grupo Consultor tomó la decisión de realizar este tramo de la línea en túnel bajo el actual corredor de cercanías del Norte permitiendo que este sistema pudiera seguir operando hasta la estación de La Sabana a la espera de que se construya la estación de intercambio del tren de cercanías en la calle 183 tal y como está previsto en el proyecto correspondiente. En una primera fase la conexión con el tren de cercanías se realizará en la estación de Usaquén puesto que ambos sistemas coinciden con una estación en este punto del trazado.



A lo largo de la Carrera 13 las estaciones del metro se localizan próximas a las estaciones del Sistema TransMilenio de la Caracas por ello se prevé la intermodalidad entre ambos sistemas a nivel superficial. En el futuro esta intermodalidad puede llevarse a cabo mediante el sistema de billete integrado y único facilitando la transferencia entre ambos sistemas sin penalización hacia el usuario del transporte público.

2.2.1.1.3 Estaciones: tipologías.

Las estaciones de la línea se localizan, contando desde el eje de la estación, entre 500 y 800m de distancia dependiendo del a demanda y del tejido urbano en el que se localizan.

Las estaciones propuestas son según las siguientes tipologías:

ESTACIÓN TIPO	ROJA		
	Paso	Transferencia	Especial
Superficie	5	3	1
Viaducto	-	-	-
Túnel	18	4	2
Total	23	7	3

En el caso de ser la línea seleccionada para ser la Primera el I emplazamiento definitivo de las estaciones será detallado en el Producto 20 Trazado e implantación de estaciones. Las estaciones serán definidas en el Producto 28.

Tal y como se observa en la figura 1 el trazado en superficie va desde la calle 183 hasta el corredor de Occidente. A lo largo de este tramo se localizan varias estaciones de intercambio con el sistema TransMilenio en la Autopista Norte, en el nudo de la escuela militar con las rutas de Suba y el Portal de la 80, en la NQS y con la calle 26 con la nueva ruta hacia el aeropuerto. También se propone tener estaciones de intercambio con otras líneas de metro en la calle 127 y en la estación de Usaquén-Santa Ana.

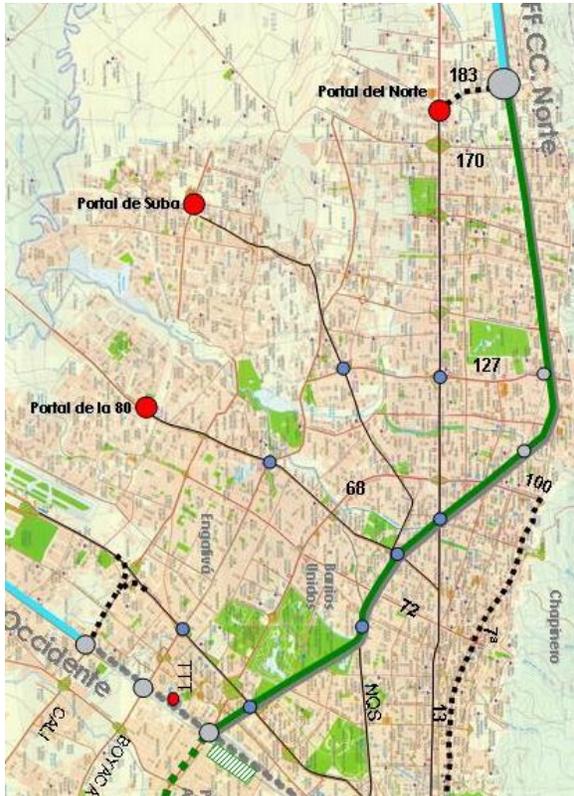


Figura 1

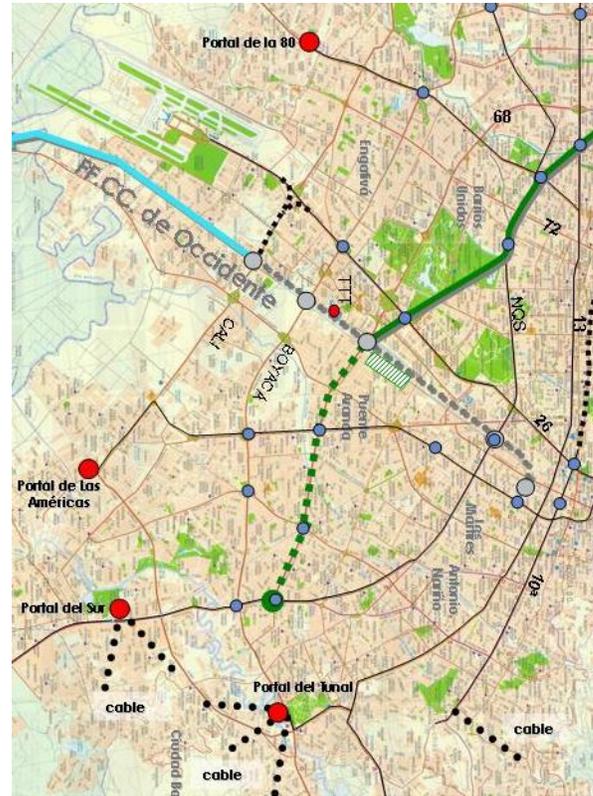


Figura 2

En esta línea se propone localizar los patios y talleres en los terrenos ferroviarios existentes junto a la línea de Occidente.

En la figura 2 se observa como a partir de este punto el trazado prosigue en túnel hasta llegar a la última estación situada en la intersección con la ruta del sistema TransMilenio que va hacia el Portal del Sur.

Además de esta estación de intercambio se propone una estación de transferencia en la Avenida de las Américas con la ruta que va al Portal del mismo nombre en el límite de las localidades de Bosa y Kennedy. También se propone una estación de transferencia en la Avenida 1º de Mayo.

En el futuro y así lo requiere la demanda esta línea puede prolongarse hacia el Sur, después de la última estación se prevé la construcción de 300m de túnel para facilitar la operación del sistema.

2.2.1.2.3 Estaciones: tipologías.

Las estaciones de la línea se localizan, contando desde el eje de la estación, entre 500 y 800m de distancia dependiendo de la demanda y del tejido urbano en el que se localizan.

Las estaciones propuestas son según las siguientes tipologías:

ESTACIÓN TIPO	VERDE		
	P	T	E
Superficie	15	5	1
Viaducto	-	-	-
Túnel	6	3	-
Total	21	8	1

En el caso de ser la línea seleccionada para ser la Primera el emplazamiento definitivo de las estaciones será detallado en el Producto 20 Trazado e implantación de estaciones. Las estaciones serán definidas en el Producto 28.

2.2.1.3 Línea Azul

2.2.1.3.1 Descripción general. Localización urbana.

Esta línea recorre toda la Avenida Boyacá desde la Calle 127 hasta el Portal del Tunal.

2.2.1.3.2 Trazado

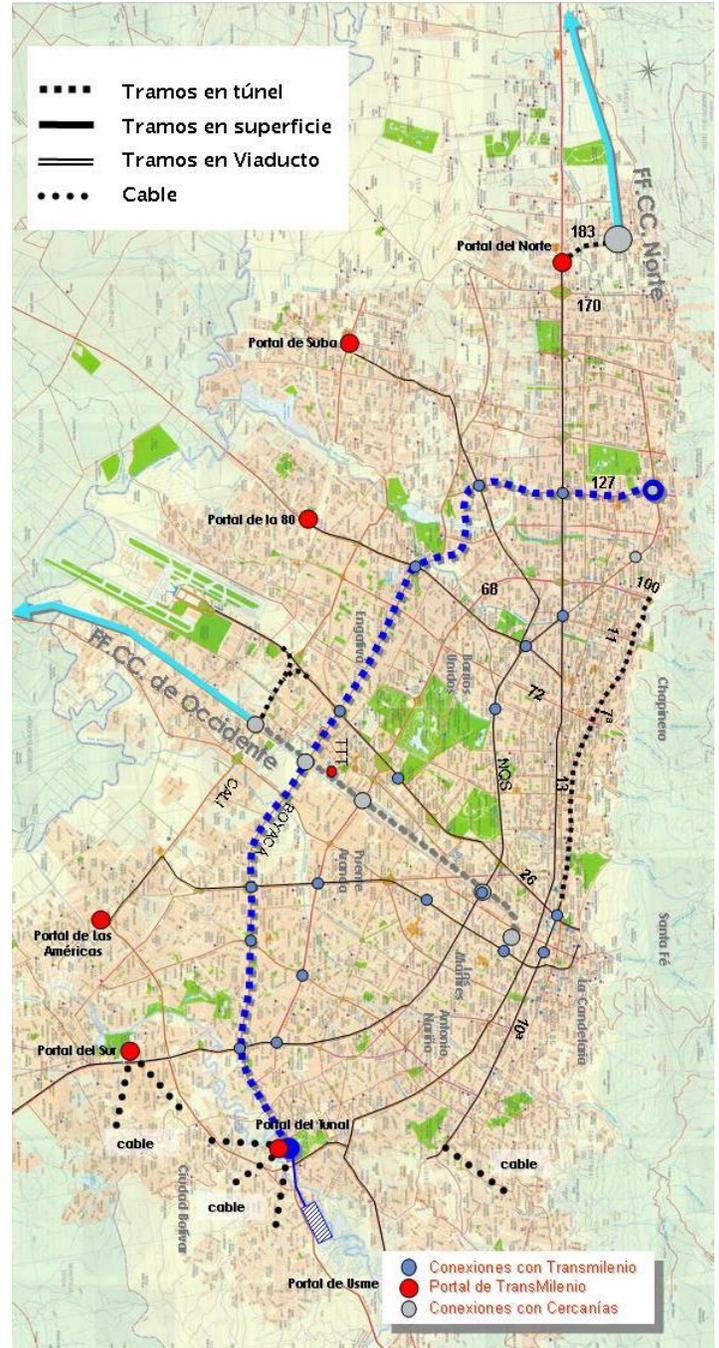
La Avenida Boyacá es una de las troncales del sistema viario de Bogotá que mejor acepta la incorporación de un sistema de metro. Por el contrario es una vía con gran cantidad de servicios que dificultan la ejecución de las obras en superficie.

Al igual que las líneas precedentes esta línea también ayuda a comunicar el Norte con el Sur pero en este caso la conexión se hace por la periferia del centro de negocios.

La línea parte de la intersección de la calle 127 con el corredor de cercanías del Norte donde se prevé localizar una estación de intercambio entre las dos futuras líneas de metro (Verde y Azul).

Al ser una línea perimetral se producen varias intersecciones con las líneas de tRansMilenio existentes. En estas intersecciones el Grupo Consultor propone la construcción de estaciones de intercambio.

- Ruta de Suba
- Ruta de la 80
- Calle 26 – Aeropuerto
- Avenida Américas
- Ruta de Soacha
- Portal del Tunal



2.2.1.3.3 Estaciones: tipologías.

Las estaciones de la línea se localizan, contando desde el eje de la estación, entre 500 y 800m de distancia dependiendo de la demanda y del tejido urbano en el que se localizan.

Las estaciones propuestas son según las siguientes tipologías:

ESTACIÓN TIPO	AZUL		
	P	T	E
Superficie	-	-	-
Viaducto	-	-	-
Túnel	17	6	2
Total	17	6	2

En el caso de ser la línea seleccionada para ser la Primera el emplazamiento definitivo de las estaciones será detallado en el Producto 20 Trazado e implantación de estaciones. Las estaciones serán definidas en el Producto 28.

2.2.1.4 Línea Morada

2.2.1.4.1 Descripción general. Localización urbana.

La línea morada es la línea más alejada del centro.

2.2.1.4.2 Trazado.

El trazado de esta línea parte de la calle 170 hasta encontrarse con la Avenida de Cali. Desde este punto de conexión, próximo al cerro de la Conejera, el trazado sigue toda la avenida Cali hasta llegar al Portal de las Américas donde se localiza el final de línea.

Para esta línea se han localizado unos predios libres de edificación cerca del cerro de la Conejera para patios y talleres. Ver figura 3

Esta línea se cruza con las siguientes rutas de TransMilenio:

- Portal de Suba
- Portal de la 80
- Calle 26 – Aeropuerto
- Portal de las Américas

También existe la intersección con el corredor de cercanías de Occidente por lo que el proyecto conceptual propone una estación de intercambio con el sistema ferroviario.

Así mismo el proyecto propone incorporar una ruta de TransMilenio desde esta estación que conecte con la ruta en construcción de la calle 26 hacia el aeropuerto y el centro de la ciudad que finaliza en la Estación Central.

Ver figura 4.

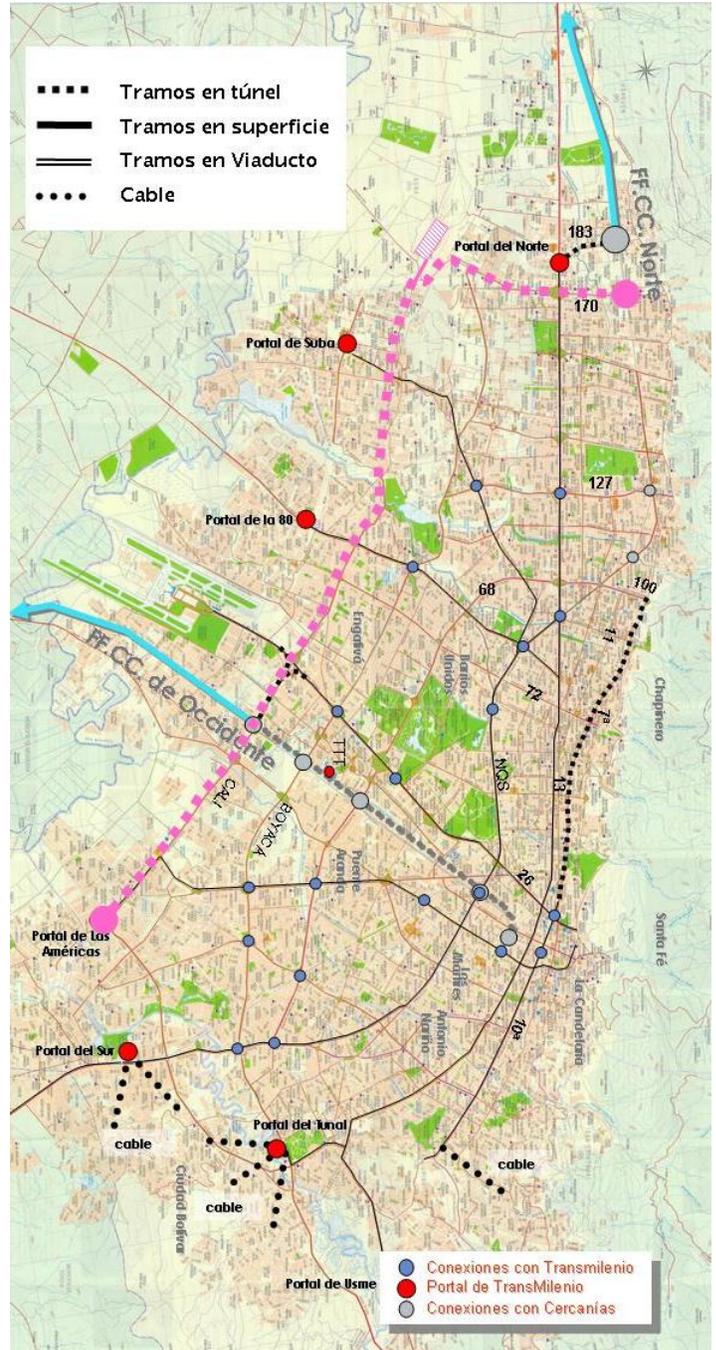




Figura 3



Figura 4

2.2.1.4.3 Estaciones: tipologías.

Las estaciones de la línea se localizan, contando desde el eje de la estación, entre 500 y 800m de distancia dependiendo de la demanda y del tejido urbano en el que se localizan.

Las estaciones propuestas son según las siguientes tipologías:

ESTACIÓN TIPO	MORADA		
	P	T	E
Superficie			
Viaducto			
Túnel	17	7	1
Total	17	7	1

En el caso de ser la línea seleccionada para ser la Primera el emplazamiento definitivo de las estaciones será detallado en el Producto 20 Trazado e implantación de estaciones. Las estaciones serán definidas en el Producto 28.

3 EVALUACIÓN DE LAS LÍNEAS

En el Anexo A (Tomo II) del presente documento se adjunta el documento de definición de la Metodología de selección de la PLM que de acuerdo con los Términos de Referencia el consultor debía presentar para su aprobación, a la Interventoría y al Distrito, la metodología, los criterios, variables y ponderaciones, así como el modelo a utilizar para la realización de un análisis multicriterio, de acuerdo con indicadores cuantificables.

Los indicadores de la selección multicriterio se ajustan a los siguientes objetivos:

- Socioeconómicos
- Tarifarios
- Urbanísticos
- Integración con el PMM
- Accesibilidad
- Redes de servicios públicos
- Ambientales
- Adquisición, expropiación y/o relocalización
- Suministro de energía
- Captación de usuarios al SITP
- Riesgos naturales

3.1 Análisis multicriterio para definir la priorización de las líneas.

- Metodología que se aplica para la selección de la PLM (Anexo A-Tomo II).
- Cálculo y valoración de los indicadores planteados en la metodología para la selección de la PLM (Tomo III)
 - Análisis multicriterio considerando un escenario lineal de ponderación de indicadores
 - Análisis de sensibilidad
 - Análisis de robustez
- Resultados del cálculo de indicadores y selección de la PLM (Tomo IV)

3.1.1 Metodología de selección de la PLM

3.1.1.1 Ejes, Objetivos e Indicadores

Para el análisis de las líneas de metro propuestas para la priorización de la PLM se revisaron los puntos del Memorando de entendimiento del 5 de Mayo de 2009 y se propusieron objetivos e indicadores que valoraran los puntos del acuerdo (texto en rojo).

EJES		OBJETIVOS		Memorando de Entendimiento 05-05-09
1	Impacto territorial y urbano	1.1	Garantizar la coherencia con los instrumentos de planificación urbana	Fortalecer la integración Sostenible de la Región Capital Bogotá - Cundinamarca
		1.2	Impactar positivamente sobre la funcionalidad y dinámica urbana	
		1.3	Aprovechar las oportunidades de nuevos desarrollos	
2	Impacto sobre la demanda	2.1	Mejorar las condiciones de accesibilidad y movilidad de la demanda	
3	Impacto sobre la oferta	3.1	Diseñar una línea de metro de amplia cobertura y operacionalmente productiva	
		3.2	Compatibilizar la línea metro con el sistema de transporte masivo	
		3.3	Análisis del tiempo de construcción de la línea metro	
4	Impacto ambiental	4.1	Minimizar los impactos ambientales derivados de la construcción y operación del sistema	Minimizar los impactos ambientales
5	Impacto socio-económico	5.1	Acceso a la población de menores recursos y reasentamientos	Beneficiar de manera prioritaria a la población más vulnerable
6	Impacto financiero	6.1	Optimizar el uso de los recursos del Distrito y la Nación	Propender por la sostenibilidad fiscal de los proyectos, garantizando los aportes de cada una de las partes firmantes
		6.2	Mitigar los riesgos	
		6.3	Maximizar el beneficio generado por el mayor valor del suelo	Realizar una operación autosostenible, lo cual implica abstenerse de conceder subsidios a la operación

EJES		OBJETIVOS		INDICADORES	
1	Impacto territorial y urbano	1.1	Garantizar la coherencia con los instrumentos de planificación urbana	1.1.1.	Potenciación de las centralidades (2018)
				1.1.2.	Potenciación de la integración regional
				1.1.3.	Población dentro del área de influencia de la PLM en el 2018
		1.2	Impactar positivamente sobre la funcionalidad y dinámica urbana	1.2.1.	Accesibilidad a los principales equipamientos de la ciudad
				1.3.1.	Renovación del tejido urbano
					1.3.2.
1.3	Aprovechar las oportunidades de nuevos desarrollos	1.3.1.	Renovación del tejido urbano		
		1.3.2.	Potencial de construcción		
2	Impacto sobre la demanda	2.1	Mejorar las condiciones de accesibilidad y movilidad de la demanda	2.1.1.	Reducción del tiempo de viaje en la red de transporte público
				2.1.2.	Demanda del sistema Metro 2018
3	Impacto sobre la oferta	3.1	Diseñar una línea de metro de amplia cobertura y operacionalmente productiva	3.1.1.	IPK de línea de metro
				3.1.2.	Número medio de transbordos
		3.2	Compatibilizar la línea metro con el sistema de transporte masivo	3.2.1.	Estaciones de intercambio de pasajeros en transporte masivo
				3.2.2.	Conectividad con el sistema de tren cercanías
		3.3	Análisis del tiempo de construcción de la línea metro	3.3.1.	Tiempo de construcción
4	Impacto ambiental	4.1	Minimizar los impactos ambientales derivados de la construcción y operación del sistema	4.1.1.	Potencial magnitud de impactos derivados de implantación
5	Impacto socio-económico	5.1	Acceso a la población de menores recursos y reasentamientos	5.1.1.	Accesibilidad a los estratos de menores recursos
				5.1.2.	Reasentamientos derivados de la implantación del Metro Hogares
				5.1.3.	Reasentamientos derivados de la implementación del Metro Unidades Económicas
6	Impacto financiero	6.1	Optimizar el uso de los recursos del Distrito y la Nación	6.1.1.	VPN de la inversión por Km
				6.1.2.	Capacidad de Financiación de la Inversión
				6.1.3.	Sostenibilidad de la Inversión
				6.1.4.	Eficiencia de la inversión
		6.2	Mitigar los riesgos	6.2.1.	Proporción de redes de servicios afectadas respecto la longitud total de la línea
				6.2.2.	Proporción de túnel respecto la longitud total de la PLM
		6.3	Maximizar el beneficio generado por el mayor valor del suelo	6.3.1.	Venta de edificabilidad y plusvalía generada por cambio de norma
				6.3.2.	Valorización generada por la PLM y sus estaciones

Al igual que en el caso de las redes se aplicaron los indicadores propuestos sobre cada una de las líneas, pero en este caso **no** se descartó ninguna sino que se hizo una jerarquización para determinar cual debería ser la primera y cual la segunda y tercera.

3.1.2 Cálculo de indicadores (Tomo III)

En este tomo se adjuntan todos los cálculos utilizados para la valoración de indicadores definidos en la metodología de selección de la PLM.

3.2 Jerarquización de líneas.

Como es bien sabido la red no puede ejecutar en una fase por ello es importante determinar las fases por líneas, llegando incluso a determinar las fases de ejecución de cada línea.

3.2.1 Asignación de la priorización de acuerdo con la metodología.

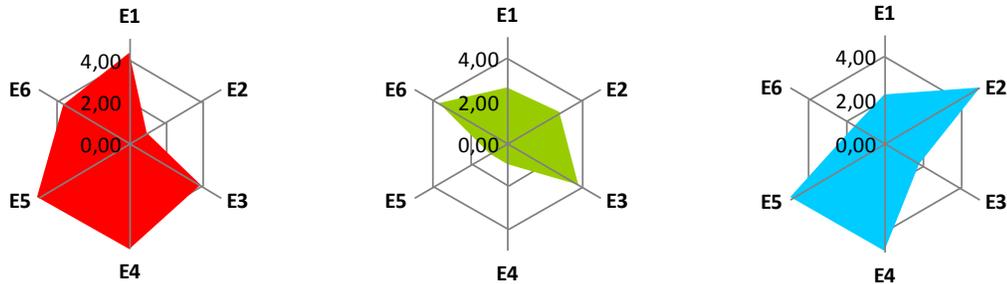
A la vista de los resultados obtenidos del cálculo de indicadores y aplicación de la metodología de selección de la PLM, para la priorización de las líneas se han determinado las siguientes premisas:

1. la primera línea debe servir a las zonas más congestionadas por el tránsito vehicular, actualmente
2. la PLM debe ser una línea con conexiones, en el futuro, con la segunda línea, por lo tanto la segunda línea no puede ser cualquiera de las restantes.
3. La PLM tiene que poder ejecutarse en distintas fases y estas deben ser compatibles unas con otras. Pudiendo incluso ejecutar una de las fases de la segunda línea sin haber terminado todas las fases de la PLM por necesidades de demanda.

3.2.2 Resultados del cálculo de indicadores y selección de la PLM (Tomo IV)

3.2.2.1 Evaluación lineal

	Roja	Verde	Azul
+	22,08	15,68	19,17
X	1,29E+03	1,85E+02	5,60E+02

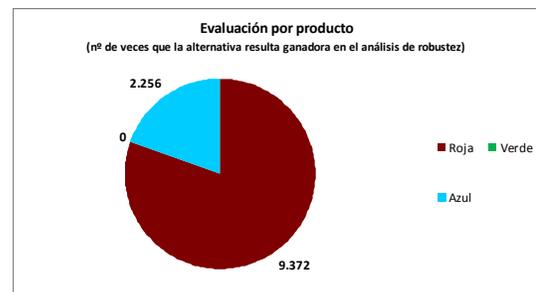


Según los gráficos anteriores se observa que la línea que responde mejor, en la mayoría de indicadores, es la roja, seguida de la línea azul y la verde. En cuanto a la demanda obtuvo mejor puntuación la azul y en lo referente al eje financiero fue la verde la mejor fundamentalmente ya que esta tiene un porcentaje de kilómetros en superficie mayor y la azul se proponía toda ella en túnel.

3.2.2.2 Análisis de Robustez

Análisis de Robustez Alternativas de Línea por Suma			
Roja	Verde	Azul	Total
39.982	251	12.897	53.130
75%	0%	24%	

Análisis de Robustez Alternativas de Línea por Producto			
Roja	Verde	Azul	Total
9.372	-	2.256	11.628
81%	0%	19%	0%



3.2.2.3 Análisis de Sensibilidad

Análisis de Sensibilidad Alternativas de Línea por Suma			
Roja	Verde	Azul	Total
88.913	0	0	88.913
100%	0%	0%	

Análisis de Sensibilidad Alternativas de Línea por Producto			
Roja	Verde	Azul	Total
88.913	0	0	88.913
100%	0%	0%	



3.2.2.4 Métodos de contraste

Método de contraste	Roja	Verde	Azul
Pluralidad	14	6	7
Borda	61	49	42
Copeland	20	-3	-17
Simpson	16	8	6

En los distintos métodos aplicados, para hacer el análisis de contraste, se observa que la línea que respondió mejor seguía siendo la roja. Sin embargo la diferencia está en cual debe ser la segunda ya que en los métodos de contraste parece que tiene mejor puntuación la verde frente a la azul mientras que en los métodos de robustez y sensibilidad es a la inversa.

3.2.3 Homogenización y continuidad de la jerarquización propuesta.

Según los resultados precedentes se deduce que el orden de ejecución idóneo de las líneas propuestas debería ser el siguiente:

- Línea Roja
- Línea Azul
- Línea Verde

Queda claro que la primera línea debe ser la roja, pero entre la verde y la azul no está tan claro puesto que en los métodos de contraste aplicados varía el orden.

Es importante y condición indispensable para la segunda línea que esta se conecte con la primera para poder ir armando la red deseada. No se recomienda que queden inconexas entre si ya que ello puede llevar al fracaso del sistema.

3.2.4 Cronograma de construcción de las líneas.

Para la determinación del tiempo de construcción se seleccionaron las actividades de construcción más representativas por su complejidad y duración, teniendo en cuenta el tipo de vía (túnel, en superficie y en viaducto). A cada una de estas actividades se le asignó un rendimiento de construcción promedio, basado en rendimientos obtenidos en este tipo de proyectos a nivel internacional.

Tipo de vía	Actividad	Unidad	Rendimiento	Cantidad ml	Equivalente ml
Túnel	Tuneladora	ml/día	12		
	Vía	ml/día	60		
	Catenaria	ml/día	50		
	Instalaciones	ml/día	50		
	Estaciones	meses/ud	20 a 24		
	Hormigón de base	ml/día	15		
Superficie	Estación	meses	8 a 12		
	Retirada balasto 1 vía	m3/día	250	2,478	101
	Retirada catenaria	ml/día	100		
	Retirada vía única	ml/día	126		
	Preparación superficie	ml/día	100		
	Extensión balasto 2 vías	m3/día	150	5,361	28
	Vía	ml/día	90		
	Catenaria	ml/día	100		
Viaducto	Instalaciones	ml/día	50		
	Estación	meses	12 a 14		
	Vía	ml/día	60		
	Catenaria	ml/día	100		
	Hormigón	m3/día	150	4	38

Tabla 1. Rendimientos de actividades de construcción

La duración definitiva de las actividades se obtuvo mediante la aplicación de los rendimientos de construcción a las cantidades de obra estimadas.

Una vez obtenidas las duraciones en años de las actividades más representativas, se obtuvo el tiempo de construcción de cada una de las líneas ordenando las actividades con criterios de precedencia y dependencia entre ellas.

CONCEPTO	LÍNEA ROJA	LÍNEA VERDE	LÍNEA AZUL
Tiempo de construcción (años)	7	6	8
Longitud total (Km)	27,56	25,12	23,47
Tiempo de construcción (mes/km)	3,5	2,74	4,34

Tabla 2. Tiempo de construcción

LÍNEA ROJA	CANTIDAD	NÚMERO	RENDIMIENTO	DÍAS/AÑO	EQUIPOS	AÑOS	2011	2012	2013	2014	2015	2016
							1	2	3	4	5	6
ESTUDIOS Y DISEÑOS							1					
MATERIAL MÓVIL											1	1
PASOS A DESNIVEL Y REP DE REDES								1	1	1		
TUNEL												
TUNELADORA	14.980	1	12	296	2	2,11		1	1	1		
VIA TUNEL	14.980	2	60	296	1	1,69					1	1
CATENARIA	14.980	1	50	296	1	1,01						1
INSTALACIONES	14.980	1	50	296	1	1,01						1
ESTACIONES	9	1	543	296	6	2,75	1	1	1			
HORMIGÓN	14.980	1	15	296	2	1,69				1	1	
SUPERFICIE												
ESTACION	9	1	271	296	4	2,06			1	1		
RETIRADA BALASTO 1 VIA	9.000	1	101	296	1	0,30		1				
RETIRADA VIA UNICA	9.000	1	126	296	1	0,24		1				
PREPARACION SUPERFICIE	9.000	1	100	296	1	0,30			1			
EXTENSION BALASTO 2 VIAS	9.000	1	28	296	1	1,09			1			
VIA SUPERFICIE	9.000	1	90	296	1	0,34				1		
CATENARIA	9.000	1	100	296	1	0,30				1		
INSTALACIONES	9.000	1	50	296	1	0,61				1		

Tabla 3. Programa de construcción simplificado línea Roja

LÍNEA VERDE	CANTIDAD	NÚMERO	RENDIMIENTO	DÍAS/AÑO	EQUIPOS	AÑOS	1	2	3	4	5	6
							1	2	3	4	5	6
ESTUDIOS Y DISEÑOS							1					
MATERIAL MÓVIL										1	1	1
PASOS A DESNIVEL Y REP DE REDES								1	1	1		
TUNEL												
TUNELADORA	7.706	1	12	296	1	2,17		1	1	1		
VIA	7.706	2	60	296	1	0,87					1	
CATENARIA	7.706	1	50	296	1	0,52						1
INSTALACIONES	7.706	1	50	296	1	0,52						1
ESTACIONES	10	1	458	296	5	3,10			1	1	1	
HORMIGÓN	7.706	1	15	296	1	1,74				1	1	
SUPERFICIE												
ESTACION	19	1	229	296	4	3,68		1	1			
RETIRADA BALASTO 1 VIA	16.886	1	101	296	1	0,57			1			
RETIRADA CATENARIA	16.886	1	100	296	1	0,57		1	1			
RETIRADA VIA UNICA	16.886	1	126	296	1	0,45		1				
PREPARACION SUPERFICIE	16.886	1	100	296	1	0,57				1		
EXTENSION BALASTO 2 VIAS	16.886	1	28	296	1	2,04					1	
VIA	16.886	1	90	296	1	0,63						1
CATENARIA	16.886	1	100	296	1	0,57						1
INSTALACIONES	16.886	1	50	296	1	1,14						1
VIADUCTO												
ESTACION	2	1	271	296	2	0,91		1	1			
VIA	1.669	1	60	296	1	0,09		1	1			
CATENARIA	1.669	1	100	296	1	0,06			1			
INSTALACIONES	1.669	1	50	296	1	0,11			1			
HORMIGÓN	1.669	1	38	296	1	0,15		1				

Tabla 4. Programa de construcción simplificado línea Verde

LÍNEA AZUL	CANTIDAD	NUMERO	RENDIMIENTO	DIAS/ANO	EQUIPOS	ANOS	1	2	3	4	5
ESTUDIOS Y DISEÑOS							1				
MATERIAL MÓVIL											
PASOS A DESNIVEL Y REP DE REDES							1	1	1	1	
TUNEL											
TUNELADORA	21.951,00	1	12	296	2	3,09	1	1	1	1	
VIA	21.951,00	2	60	296	1	2,47					1
CATENARIA	21.951,00	1	50	296	1	1,48					
INSTALACIONES	21.951,00	1	50	296	1	1,48					
ESTACIONES	24	1	458	296	7	5,31	1	1	1	1	1
HORMIGÓN	21.951,00	1	15	296	2	2,47				1	1

Tabla 4. Programa de construcción simplificado línea Azul

Según el programa de trabajos la línea que se ejecutaría en menor tiempo es la verde seguida de la roja y finalmente la azul. Teniendo en cuenta las diferentes valoraciones realizadas se llega a la conclusión que la PLM debe ser la que se describe en el siguiente apartado.

3.3 Primera línea de Metro

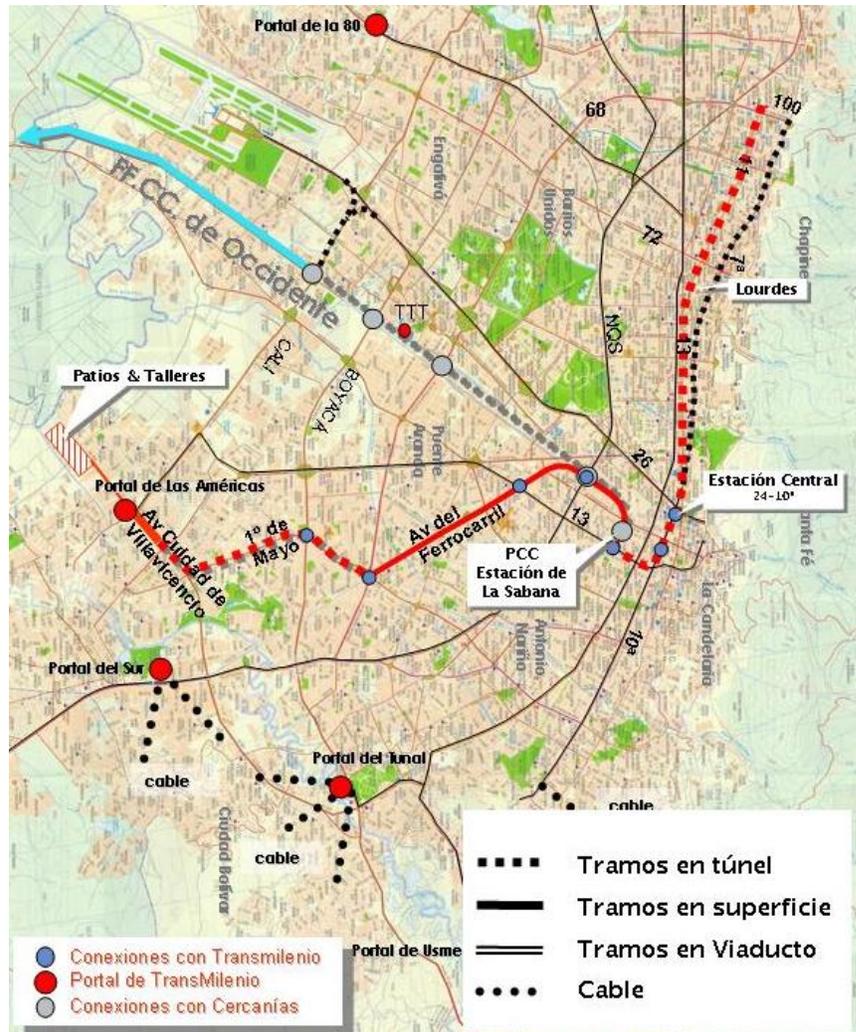
La metodología utilizada para la evaluación de las tres posibles primera línea de metro de Bogotá dio como resultado, claramente, la selección de la línea roja, debido a que era la que mejor desempeño tenía en los seis ejes de análisis evaluados. Por ello el Grupo Consultor determinó que esta debía ser la PLM.

En este apartado se hace una descripción del trazado clasificándolo según el sistema constructivo propuesto y la ubicación de las estaciones, separadas entre 500 y 800m en función de la ubicación más idónea y de la disponibilidad de predios para localizar los accesos y los vestíbulos.

Tal y como se observa en el plano siguiente la línea propuesta va desde la calle 100 con la carrera 11 hasta la plaza de la Iglesia de la Virgen de Lourdes donde el trazado toma la carrera 13 llegando a la intersección con la calle 26 donde se localizará la futura Estación de intercambio del sistema TransMilenio denominada Estación Central. En este punto se plantea una estación de metro donde deberá plantearse una conexión de transferencia entre ambos sistemas de transporte masivo.

Desde la Estación Central el trazado sigue por la carrera 10ª hasta la calle 13 donde gira para llegar a la Estación de La Sabana, estación que se encuentra en el punto medio de la línea, por ello el proyecto conceptual propone localizar en este punto el Puesto Central de Control (PCC).

Desde la calle 100 hasta la estación de La Sabana el trazado propuesto es subterráneo, en túnel, debido fundamentalmente a la trama urbana existente, a las características geológicas de la zona que así lo aconsejan, al gran número de redes enterradas y al alto grado de tránsito vehicular en la zona. Únicamente las estaciones deberán ejecutarse a cielo abierto ya que estas se aconseja deben ser lo más superficiales posibles para facilitar el acceso a los usuarios del sistema, profundidad máxima 20m.



La estación de La Sabana se plantea en “trinchera”, es decir en superficie pero a un nivel inferior al del ferrocarril ya que en este punto es donde el trazado sale del túnel para ir adquiriendo cota para quedar semienterrado. A partir de aquí el trazado sigue por el corredor del ferrocarril de Cercanías del Occidente. El proyecto conceptual propone un trazado en trinchera para permitir el paso de del tránsito vehicular a un nivel superior de modo que a futuro esta parte del trazado pueda ser cubierta y no interferir con la trama urbana existente y futura. Por lo tanto las estaciones se diseñarán de modo que permitan estas actuaciones futuras.

Una vez se sobrepasa la NQS se localiza una estación de intercambio con la ruta de Transmilenio existente y saliendo de esta estación el trazado gira para retomar el corredor ferroviario fuera de servicio denominado Avenida del Ferrocarril.

Hasta el cruce con la AK 68 el trazado discurre en superficie ya que se dispone de espacio suficiente. Únicamente en el cruce de la avenida del ferrocarril con la AK 46 el trazado deberá resolverse con un viaducto (800m) donde se propone una estación a cielo abierto en el centro para librar la glorieta a nivel

existente, se ha optado por esta solución ya que es menos complicada que resolver el cruce con una glorieta elevada por la cantidad de viales que confluyen en este punto.

Poco antes de la glorieta y el viaducto existente en el cruce de la Avenida 1° de Mayo con la AK 68 el trazado se deprime para seguir en túnel por la Av. 1° de Mayo dirección sur, saliendo a la superficie semienterrado (trinchera) poco antes de la Avenida Ciudad de Villavicencio cuyo paso se resolverá mediante un paso vehicular, llegando a la última estación, en superficie, en el Portal de las Américas de TransMilenio.

Desde esta última estación se accede a la zona propuesta para Patios y Talleres situados a 900m.

Las características generales de la línea son las que siguen:

VÍA	LONGITUD (km)
	ROJA
Superficie	5,000
Viaducto	0,800
Túnel	16,800
Trinchera	1,800
Total	24,400

Incluido el tramo de vía hasta patios y talleres la línea tiene una longitud total de 25,119 km

ESTACIÓN TIPO	ROJA		
	P	T	E
Superficie	4	3	1
Viaducto	1	-	-
Túnel	16	4	1
Total	21	7	2

En total la línea tiene 30 estaciones (24 de Paso, 4 de Intercambio y 2 denominadas Especiales debido a su complejidad).

Los Patios y Talleres deberán cumplir con lo establecido en la especificación correspondiente teniendo en cuenta el dimensionado de la flota prevista.

