

**informes especiales**

# Estimativos de costos para cinco alternativas de Metro para Bogotá

Miguel Urrutia  
Jorge Acevedo  
Juan Buitrago

## Introducción

En el mes de septiembre de 1981 debían hacerse públicos los resultados y recomendaciones del estudio sobre el metro bogotano, adelantados por un consorcio franco-hispano-colombiano. *Coyuntura Económica* ha seguido de cerca y con mucho interés este proceso<sup>1</sup>; más recientemente, un grupo de trabajo conjunto de FEDESARROLLO y el Instituto SER de Investigación ha venido adelantando una serie de labores conducentes a analizar en forma independiente, los costos, las rutas y la factibilidad técnica y económica de un metro para Bogotá, con el objeto de allegar criterios y elementos de juicio que permitan efectuar un debate serio previo a la decisión del gobierno.

El artículo que aquí se presenta constituye un breve resumen de algunos de los resultados obtenidos en el mencionado trabajo. *Coyuntura Económica* considera de gran interés su publicación, para así contribuir a ilustrar a la opinión pública en estas materias de gran actualidad en la vida nacional.

## Rutas de Metro Preseleccionadas

Para este proceso el grupo de trabajo se basó en los datos existentes sobre orígenes y destinos de viajes en Bogotá, y buscó el apoyo de un amplio grupo de expertos conocedores de la ciudad y de su crecimiento. Dicho equipo incluía entre otros dos ingenieros de transporte, dos urbanistas, dos sociólogos urbanos y tres economistas; tres de los integrantes fueron subdirectores de Planeación Distrital de Bogotá; uno de ellos participó en el estudio de Fase II (aunque el modelo de transporte era ampliamente conocido por tres de ellos); dos participaron en el estudio de Fase IIB; dos han pertenecido al estudio sobre la ciudad adelantado por el Banco Mundial y la CCRP; y uno de ellos fue director del Departamento Nacional de Planeación. El grupo así conformado definió las alternativas de ruta que fueron estudiadas, y que se detallarán más adelante. Sin embargo, se consideró de tanta importancia la utilización preferencial de parte de

<sup>1</sup> *Coyuntura Económica* Vol. IX No. 3; Vol. IX No. 4; Vol. X No. 3; Vol. X No. 4; Vol. XI No. 1.

las zonas del ferrocarril, que vale la pena transcribir aquí apartes de tal recomendación: "Es criterio unánime y enfático del grupo de estudio que cualquiera que sea el sistema que se escoja para Bogotá, *debe hacer uso preferencial y sustancial de (parte o la totalidad de) las zonas del ferrocarril*. Y que para prevenir la ocurrencia de invasiones, *es urgente concretar un convenio entre el Distrito y la Empresa por el cual se establezcan mecanismos de vigilancia permanente*, que garanticen que dichas zonas estarán libres y disponibles en el momento en que deba emprenderse la construcción" (memorando de trabajo, aún sin publicar).

Así, como se muestra más adelante, se escogieron como posibles rutas alternativas:

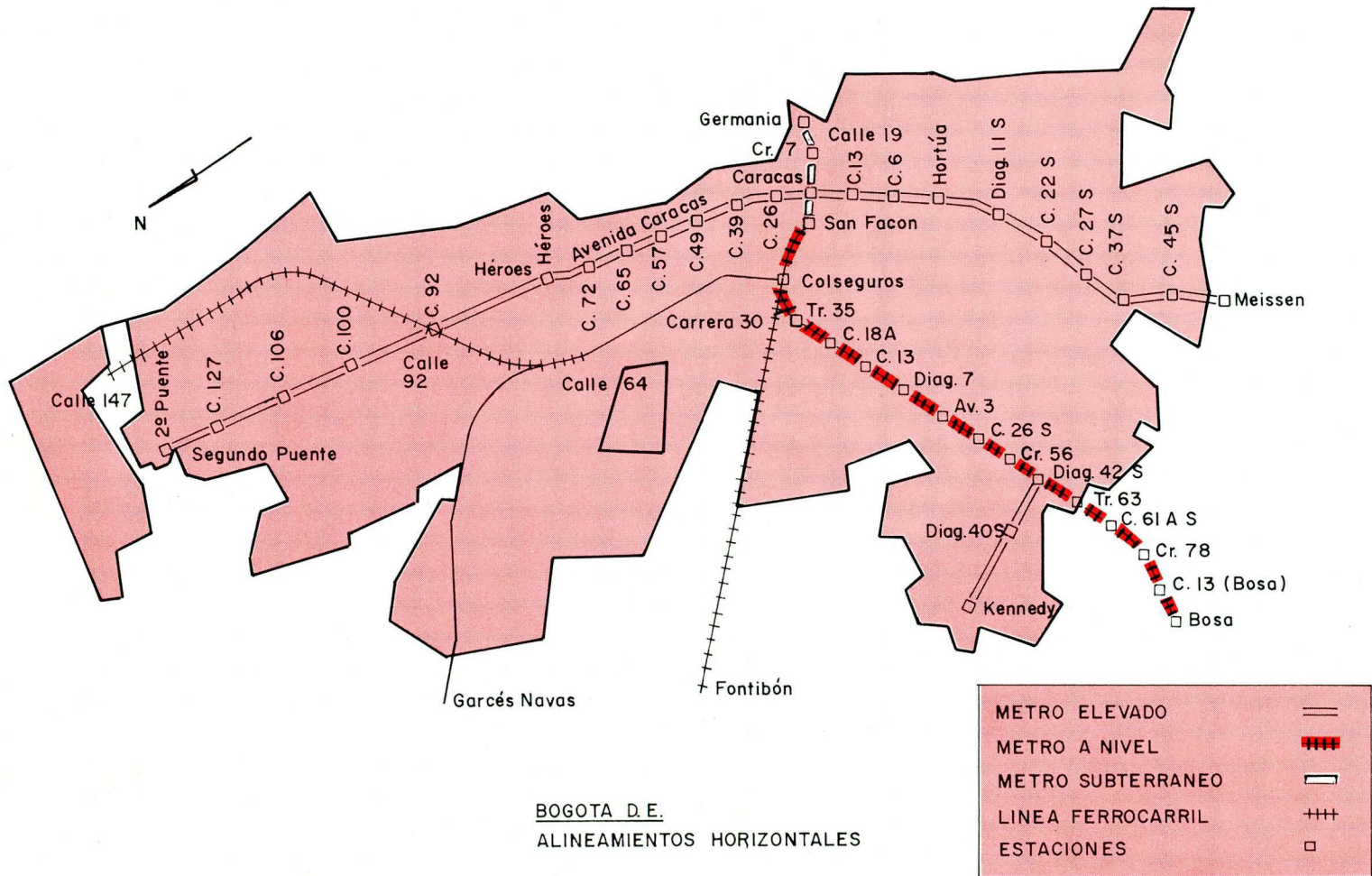
- Las zonas del ferrocarril (norte, occidente y sur).
- La Avenida Caracas (entre la calle 147 y el barrio Meissen).
- La Autopista a Medellín (entre los barrios Garcés Navas y Entre Ríos).
- La Autopista Ciudad de Quito (entre la calle 64 y el ferrocarril de Occidente).
- La Calle 19 (entre carreras 19 y 3a.).
- La Diagonal 42A Sur (entre el ferrocarril del sur y Ciudad Kennedy).

### **Alineamientos Verticales**

El metro, en los casos aquí analizados, puede construirse con los siguientes alineamientos:

- A nivel, corriendo sobre la superficie, y cortando en dos las zonas que recorre, por lo que se necesita construir pasos elevados para vehículos y para peatones. Su costo es relativamente bajo.
- Elevado, corriendo sobre una estructura de viaducto. Sus costos son más elevados que el anterior.
- Semielevado, en casos en que pueda correr sobre un canal abierto, a superficie. Se obtienen costos intermedios entre los dos anteriores.
- A trinchera cubierta, o subterráneo superficial (en inglés: *cut and cover*). Es considerablemente más costoso que los anteriores.
- El túnel profundo: es el más costoso de todos, y el que presenta imprevistos más elevados.

Los criterios utilizados para definir las alternativas presentadas fueron los de mínimo costo de construcción. De tal manera, que en lo posible se definieron



GRAFICA N° 1

ALTERNATIVA 1 DE METRO

alineamientos a nivel, y sólo cuando esto era imposible o francamente indeseable, se recurría, en su orden, a alineamientos semielevados, elevados y de trinchera cubierta. No se recurrió al túnel profundo.

Con estos criterios, y otros que aquí no se transcriben sobre localización de estaciones, pasos peatonales, pasos vehiculares, talleres, patios y subestaciones eléctricas, se definieron las alternativas de metro que finalmente se analizaron. Ellas se describen a continuación.

### Alternativas de Metro Analizadas

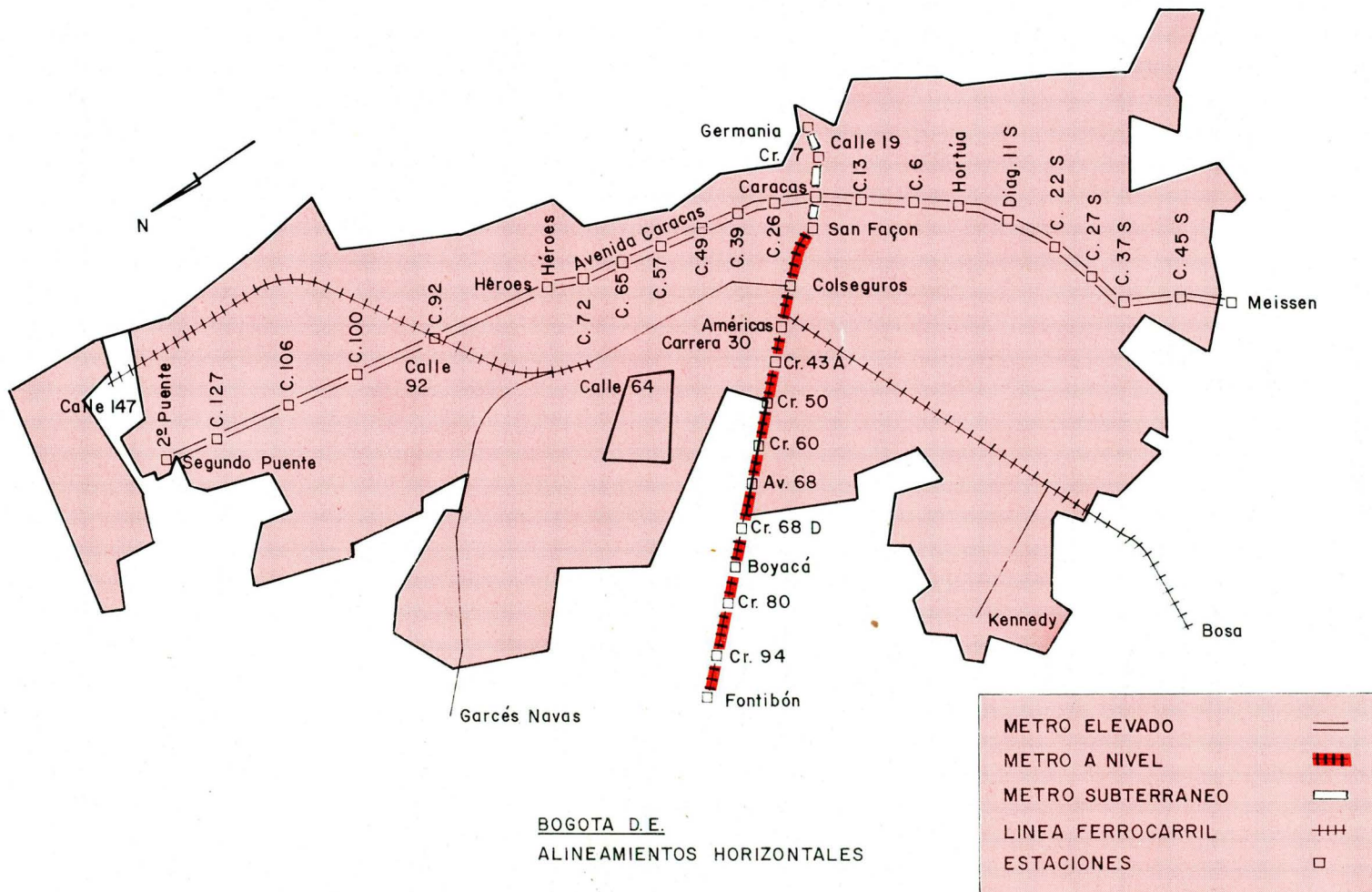
Las características generales de las cinco alternativas de metro seleccionadas se presentan en el Cuadro 1, y se ilustran en las gráficas 1 a 5.

### Costos de Construcción del Metro

Estos costos se estimaron con base en datos históricos de construcción de varios sistemas norteamericanos y europeos. Se hicieron todos los esfuerzos

**Cuadro 1**  
**CARACTERISTICAS DE LAS ALTERNATIVAS DE METRO ESTUDIADAS**

|                           | Alternativa Número                                   |   |                                |                                      |  |
|---------------------------|--|---|--------------------------------|--------------------------------------|--|
|                           | 1  | 2   | 3                              | 4                                    | 5  |
|                           | Avenida<br>Caracas<br>con ramal<br>Bosa a<br>Kennedy | Avenida<br>Caracas y<br>Fontibón -<br>Las Aguas | Bosa<br>Calle 147<br>Las Aguas | Garcés<br>Navas<br>Las Aguas<br>Bosa | Garcés<br>Navas<br>Bosa<br>Fontibón -<br>Las Aguas |
| <b>Longitud (KM)</b>      |  |   |                                |                                      |  |
| — a nivel                 | 13.7   | 10.3  | 25.8                           | 16.6                                 | 25.7   |
| — semielevado             | —  | —   | 2.2                            | 4.2                                  | 4.2  |
| — elevado                 | 24.2   | 22.0  | 2.2                            | 10.0                                 | 10.0   |
| — subt. superf.           | 2.1  | 2.1   | 2.1                            | 2.1                                  | 2.1  |
| — <b>Total</b>            | <b>40.0</b>  | <b>34.4</b>                                     | <b>32.3</b>                    | <b>32.9</b>                          | <b>2.0</b>   |
| No. Estaciones            | 41   | 36  | 33                             | 33                                   | 43   |
| Pasos vehiculares mayores | 9  | 20  | 24                             | 11                                   | 31   |
| Pasos vehiculares menores | 27   | 17  | 46                             | 30                                   | 51   |
| Pasos peatonales          | 42   | 23  | 73                             | 50                                   | 79   |
| Subestaciones eléctricas  | 15   | 13  | 12                             | 12                                   | 16   |
| Patios                    | 2  | 2   | 2                              | 2                                    | 3  |
| Talleres                  | 2  | 2   | 2                              | 2                                    | 2  |
| No. de vagones            | 319  | 274   | 257                            | 262                                  | 335  |



GRAFICA Nº 2

ALTERNATIVA 2 DE METRO

posibles para ajustarlos a las condiciones locales, y para deflactarlos a costos en dólares y en pesos de abril de 1981.

Los costos aquí reportados incluyen: construcción de la ruta; construcción de carrilera; provisión de señales y sistemas de comunicación; electrificación; construcción de estaciones; construcción de patios de estacionamiento y patios de maniobra; construcción de talleres; construcción del edificio central de administración; y construcción de pasos vehiculares y peatonales elevados. Igualmente, se incluyen estimativos de los costos de diseños, de los costos de interventoría, y se deja una provisión para imprevistos, en adición a los gastos generales y utilidades del contratista. No se incluyen los costos de adquisición de zonas, ni los costos debidos a la interrupción del tráfico, que aunque sí han sido analizados y estimados, no se reportan en este artículo.

Para el costo de adquisición del material rodante, se estimó un precio CIF Bogotá, por vagón, de US\$850.000. El número de vagones necesarios se calculó suponiendo, en la hora pico, un tren de 6 vagones cada 2.5 minutos, con una velocidad media (incluyendo las paradas en estación) de 38 kph, resultando las cifras ya expresadas en el Cuadro 1.

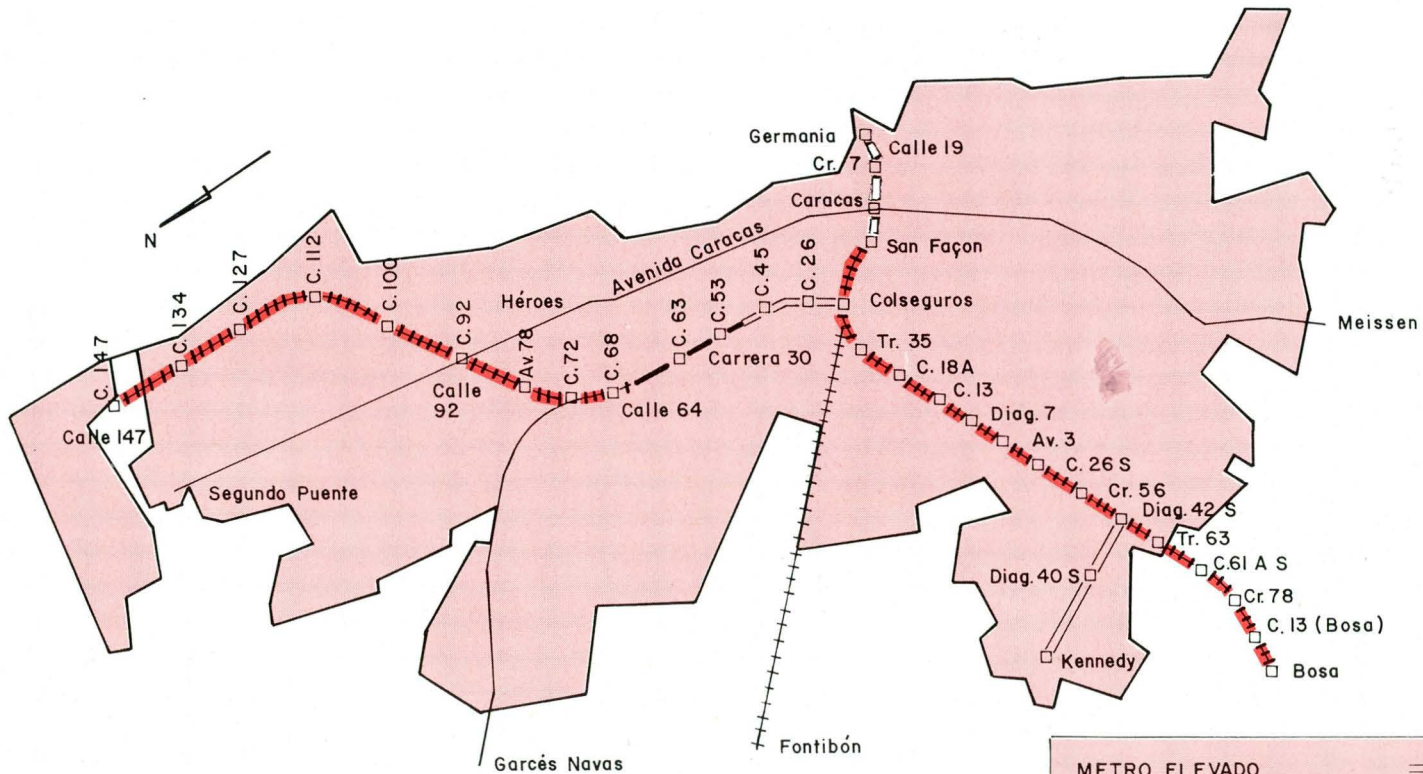
Los costos así estimados, para cada alternativa, se presentan en el Cuadro 2.

**Cuadro 2**

**COSTOS DE CONSTRUCCION DE LAS DIVERSAS ALTERNATIVAS DE METRO. CIFRAS EN US\$ MILLONES**

|                                 | Alternativa No. |         |       |         |         |
|---------------------------------|-----------------|---------|-------|---------|---------|
|                                 | 1               | 2       | 3     | 4       | 5       |
| Construcción de infraestructura | 1.227.5         | 1.120.1 | 750.8 | 892.2   | 1.080.6 |
| Material Rodante                | 269.9           | 213.8   | 217.4 | 221.7   | 283.4   |
| Costo Total                     | 1.497.4         | 1.351.9 | 968.2 | 1.113.9 | 1.364.0 |
| Total Kms.                      | 40.0            | 34.4    | 32.3  | 32.9    | 42.0    |
| Costo/Km.                       | 37.44           | 39.30   | 29.98 | 33.86   | 32.48   |

Un producto importante de este estudio es la deducción, con base en estas cifras, de los costos de construcción de infraestructura de acuerdo con los diversos alineamientos verticales. En términos *promedio*, para una ruta de 40 kilómetros, se pueden estimar los siguientes costos (Cuadro 3):



BOGOTÁ D.E.

ALINEAMIENTOS HORIZONTALES

GRAFICA Nº 3

ALTERNATIVA 3 DE METRO

|                   |     |
|-------------------|-----|
| METRO ELEVADO     | --- |
| METRO SEMIELEVADO | —   |
| METRO A NIVEL     | ⋯⋯⋯ |
| METRO SUBTERRANEO | —   |
| LÍNEA FERROCARRIL | +++ |
| ESTACIONES        | □   |



Cuadro 3

**COSTOS DE CONSTRUCCION SEGUN SECCION TRANSVERSAL**  
Cifras en US\$ millones

|                                      | A nivel        | Elevado        | Semielevado    | Trinchera<br>cubierta |
|--------------------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------|
| Vía                                  | 317.6          | 1.060.7        | 768.6          | 1.958.2               |
| Pasos vehiculares y<br>peatonales    | 185.3          | —              | 185.3          | —                     |
| Estaciones                           | 127.5          | 186.5          | 127.5          | 705.2                 |
| Patios, talleres y<br>administración | 122.2          | 122.2          | 122.2          | 122.2                 |
| Subtotal                             | 752.6          | 1.369.4        | 1.203.6        | 2.785.6               |
| Subtotal/Km.                         | 18.8           | 34.2           | 30.1           | 69.6                  |
| Material Rodante                     | 269.9          | 269.9          | 269.9          | 269.9                 |
| <b>Total</b>                         | <b>1.022.5</b> | <b>1.639.3</b> | <b>1.473.5</b> | <b>3.055.5</b>        |
| <b>Total /Km.</b>                    | <b>25.6</b>    | <b>41.0</b>    | <b>36.8</b>    | <b>76.4</b>           |

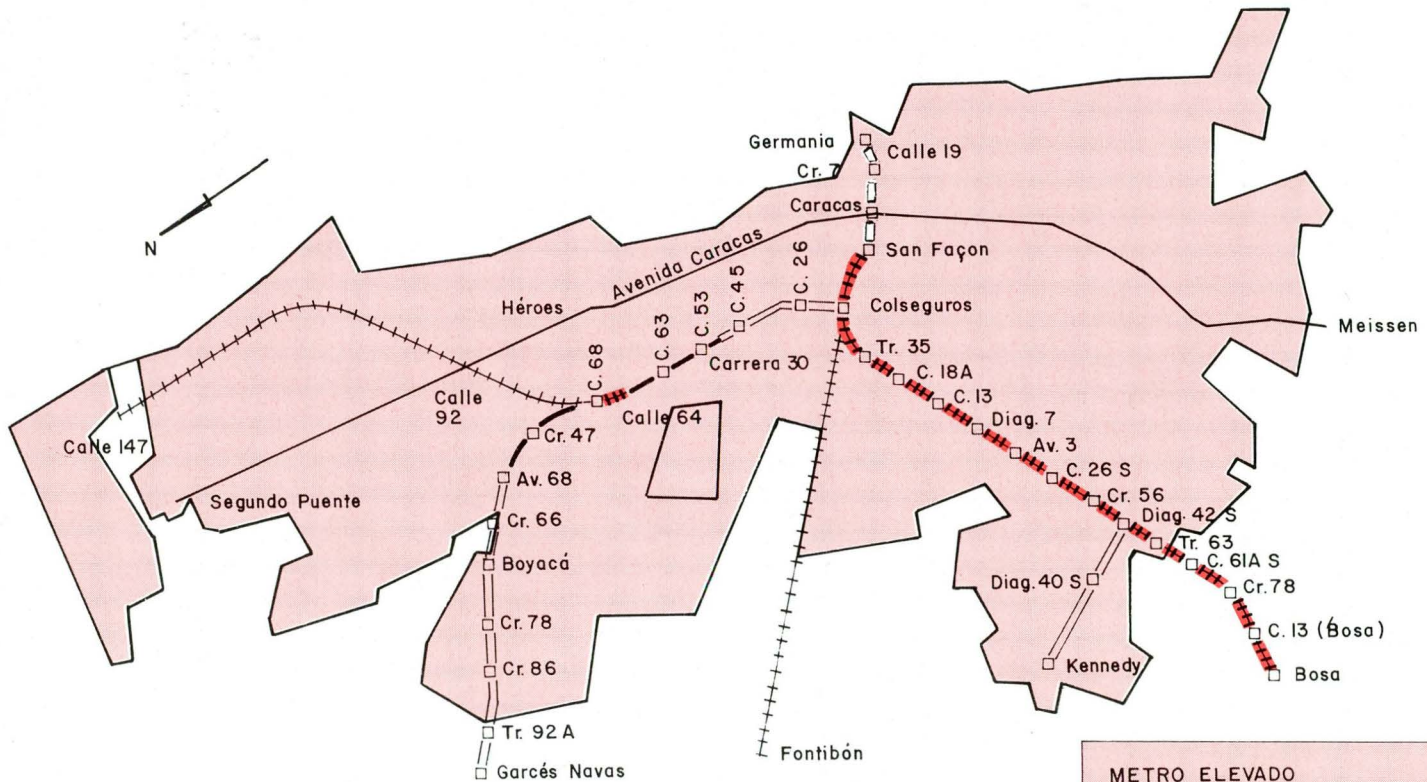
Por no haberse incluido en las alternativas aquí estudiadas, no aparece en el cuadro anterior la sección subterránea profunda (túnel). Es éste un costo de difícil cálculo, ya que depende de las condiciones geológicas, de la posición del nivel freático, de la longitud del túnel, etc. Obviamente, los costos de construcción de estaciones también aumenta. Estimando en unos US\$60 millones el costo de construcción de un kilómetro de túnel (vía doble), y en unos US\$23 millones el costo medio de una estación subterránea, se podrían calcular los siguientes costos para una alternativa de 40 kms. en túnel profundo.

(cifras en US\$ millones):

|                                   |         |
|-----------------------------------|---------|
| Vía:                              | 2.659.7 |
| Estaciones:                       | 943.0   |
| Patios, talleres y administración | 122.2   |
| Subtotal                          | 3.724.9 |
| Subtotal/Km.                      | 93.1    |
| Material rodante                  | 269.9   |
| Total                             | 3.994.8 |
| Total/Km.                         | 99.9    |

### Costos de Operación del Metro

La estimación de costos de operación es difícil dado que surgen muchos interrogantes y la posibilidad de error es considerable. No es fácil obtener estadís-



BOGOTÁ D.E.  
 ALINEAMIENTOS HORIZONTALES

|                   |           |
|-------------------|-----------|
| METRO ELEVADO     | — — —     |
| METRO SEMIELEVADO | —         |
| METRO A NIVEL     | — + + + — |
| METRO SUBTERRANEO | □         |
| LINEA FERROCARRIL | + + + +   |
| ESTACIONES        | □         |

GRAFICA Nº 4 ALTERNATIVA 4 DE METRO

VIAJEROS - 0770221538

ticas de otras partes del mundo, y las existentes no son del todo adecuadas para estimar los posibles costos de un sistema bogotano.

El proceso que se siguió en este capítulo buscó realizar los siguientes pasos:

- i. Obtener costos confiables y actualizados de sistemas relativamente modernos en Norteamérica.
- ii. Separar esos costos según los siguientes rubros: materiales, repuestos, mano de obra y energía, y relacionarlos con la oferta de servicio en cada caso (Vehículos-Km.).
- iii. Estimar la oferta de servicio del metro bogotano, para efectuar ajustes en los casos pertinentes (en general, la oferta norteamericana resulta inferior a la posible oferta colombiana, lo que a su vez resulta en costos más elevados en Norteamérica. Eso se debe a que en las horas no pico, en los sistemas de países desarrollados, disminuyen las frecuencias significativamente.
- iv. Efectuar ajustes a los costos de materiales y repuestos para tener en cuenta los costos de importación.
- v. Efectuar ajustes a los costos de mano de obra, para tener en cuenta los niveles salariales vigentes en Colombia.
- vi. Efectuar ajustes a los costos de energía, para basarlos en estimativos de costos marginales de generación de energía eléctrica en Colombia.

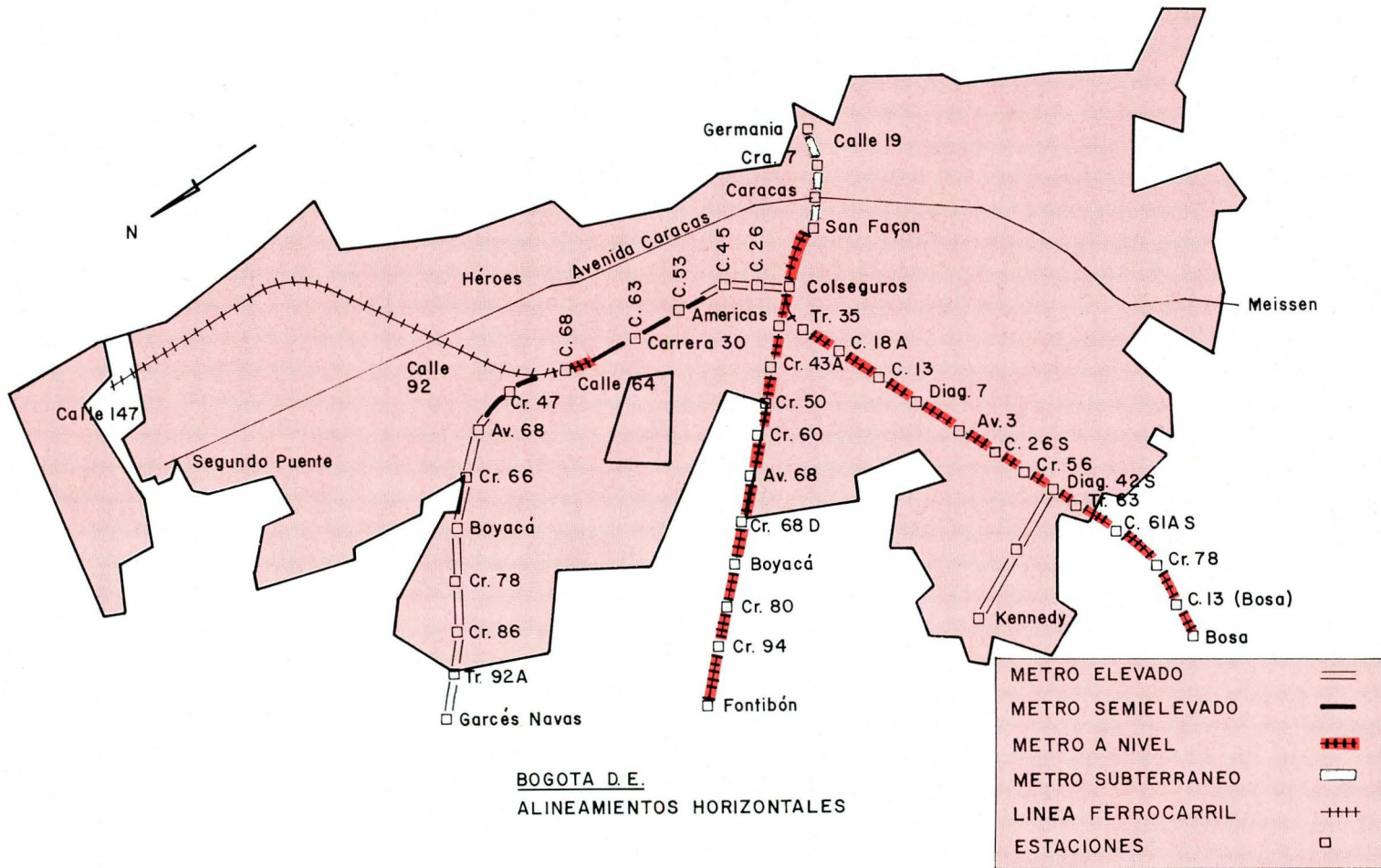
A continuación se describen rápidamente algunos de los supuestos utilizados y los resultados obtenidos. La oferta de servicio se definió como trenes de longitud variable, con frecuencia de 2.5 minutos, desde las 6 a.m. hasta las 12 p.m. La longitud de los trenes se supuso así:

- de 6 vagones: de 6 a 9 a.m., de 11 a.m. a 1 p.m., de 5 p.m. a 8 p.m.
- de 4 vagones: de 9 a 11 a.m., de 1 p.m. a 3 p.m., de 8 p.m. a 10 p.m.
- de 2 vagones: de 3 p.m. a 5 p.m., de 10 p.m. a 12 p.m.

En días feriados se utilizó una frecuencia de 5 minutos, y trenes de 4 vagones durante todo el día. Así, para un sistema de L kilómetros se obtuvo una oferta mensual de 95.504 L vehículos-kilómetro. Los estimativos de costos de operación mensuales, para un sistema de 40 kilómetros, y los costos resultantes por veh-km., se presentan en el Cuadro 4.

### **Estimación de la Demanda**

En todos los estudios sobre transporte masivo el aspecto más delicado es la estimación de la demanda, no sólo porque en ella se encuentra el mayor grado



GRAFICA Nº 5

ALTERNATIVA 5 DE METRO

Cuadro 4

## ESTIMATIVOS DE LOS COSTOS DE OPERACION DEL METRO EN BOGOTA

|                                       | Costo Mensual<br>(US\$ miles) | Costo Unitario<br>(US\$/veh-km) |
|---------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Gastos generales y administración     | 229.2                         | 0.060                           |
| Personal de operación y mantenimiento | 920.7                         | 0.241                           |
| Partes y materiales                   | 6.639.4                       | 1.738                           |
| Energía                               | 1.428.7                       | 0.374                           |
| Total costos de operación             | 9.218.0                       | 2.413                           |

de incertidumbre de cualquier proyecto, sino porque su pronóstico puede arrojar resultados que van desde hacer económicamente factibles algunos planes hasta mostrarlos como abiertamente indeseables. De allí la necesidad, por una parte, de analizar cuidadosamente los diversos elementos que determinan la demanda, y por otro, de mirar con sentido muy crítico todos los supuestos en que se fundamentan las diversas estimaciones.

El punto de partida de cualquier proyección es la determinación de la cantidad de viajes por persona que, en promedio, se realizan en una ciudad. Ha sido usual establecer dicho parámetro básico por medio de encuestas a hogares, o por similitud con otras ciudades cuando el presupuesto del estudio no permite lo primero.

En el caso de Bogotá, se realizó una de tales encuestas en 1972 dentro del estudio de FASE II. Sin embargo, el número de viajes por persona resultante de dicha recolección de información ha sido sometido a dos interpretaciones, con resultados sorprendentemente diferentes.

En el año del estudio se estimaba un total de 2.34 viajes diarios por persona (v/p) para 1972 y de 2.69 v/p para 1990. Sin embargo, en 1979 el señor Richard Westin del Banco Mundial, dentro del estudio realizado por dicha institución para Bogotá y Cali, analizó la misma información de FASE II (las mismas cintas de computador que dieron origen a las cifras anteriores) y con ella llegó a 1.19 viajes por persona reinterpreta los mismos datos. Sin duda, muchos proyectos que hubieran resultado atractivos con las cifras de FASE II habrían dejado de serlo con esta reinterpretación de la misma información.

El estudio realizado por FEDESARROLLO-SER utilizó los datos de viajes por persona de la información de FASE II, según la revisión realizada por el

Banco Mundial. Se cree que ésta es una información razonable si se compara con datos de otros países. Para las ciudades norteamericanas, el Departamento de Transporte<sup>2</sup> estima que para hogares de tamaño comparable al colombiano se dan 0.9 v/p para hogares sin carro y 2.1 v/p para hogares con un carro, lo cual daría un promedio ponderado de 1.07 v/p si se usa la relación de hogares con carro y sin carro para Bogotá. En otras ciudades del mundo se encuentran cifras comparables a las utilizadas<sup>3</sup>: en San José, Costa Rica, hay 1.18 v/p, en Hong Kong 0.9 v/p y en Kingston 1.21 v/p. Por otro lado, la información recogida en 1978 por el DANE en la Encuesta de Hogares EH21 es un nuevo indicio de la sobreestimación implícita en las cifras de FASE II. En efecto, aunque dicha encuesta recogió información solamente sobre los viajes al trabajo, se encontraron 0.59 viajes al trabajo partiendo del hogar, mientras que para FASE II se estimaba 0.83, o sea un 40% por encima.

Las cifras mencionadas arriba corresponden al total de viajes y por lo tanto incluyen los viajes a pie. Estos últimos representan una proporción variable de acuerdo con las condiciones de la estructura urbana, y podrían llegar a ser considerables de tener éxito políticas como la de ciudades dentro de la ciudad. En el caso de Bogotá, según FASE II, en promedio se realizaban el 19% de los viajes a pie. El estudio de FEDESARROLLO-SER adoptó esta cifra, considerando obviamente que la probabilidad de que el viaje se realice a pie depende de la distancia por recorrer, de tal manera que para cortas distancias la mayoría de los viajes se realizan a pie mientras que para largos trayectos ningún viaje se hace de esta forma.

La distribución de ingreso, con la cual se preparan las proyecciones de demanda, juega un papel fundamental en la determinación de volúmenes de pasajeros. Tomando las categorías de ingreso y la información de FASE II se observa en el Cuadro 5 cómo el número de viajes por persona varía de 3.14 para ingresos altos a 1.92 para ingresos bajos, ó de 1.53 para ingresos altos a 1.0 para ingresos bajos, según las dos interpretaciones enunciadas anteriormente para la información recogida en 1972. De igual manera, como se observa en el Cuadro 6, la cantidad de viajes realizados a pie varía de 9.5% del total de viajes para grupos de altos ingresos a 23.7% del total de viajes para bajos ingresos. Por otro lado, la distribución de ingreso tiene importancia fundamental en la determinación de la cantidad de automóviles por familia incluida en las proyecciones, pues de esto depende la cantidad de los viajes motorizados que puede captar el transporte público. El Cuadro 7 ilustra este punto.

El Cuadro 8 muestra la cantidad de viajes por persona realizados en transporte público adoptados en el estudio de FEDESARROLLO-SER. Como puede observarse, las diferencias de ingreso tienen un menor efecto si los ingresos altos y medios tienden a disponer de automóvil.

<sup>2</sup> *Characteristics of Urban Transport Demand*, 1978.

<sup>3</sup> Fuente: Banco Mundial.

**Cuadro 5**  
**VIAJES POR PERSONA EN BOGOTA**  
**1972**

| Nivel de ingreso | FASE II <sup>1</sup> | Banco Mundial <sup>2</sup> |
|------------------|----------------------|----------------------------|
| Bajo             | 1.92                 | 1.00                       |
| Medio            | 2.78                 | 1.36                       |
| Alto             | 3.14                 | 1.53                       |

<sup>1</sup> Desarrollo del Plan de Transporte FASE II, 1973

<sup>2</sup> R. Westin. *Travel Patterns in Bogotá*, 1980.

**Cuadro 6**  
**PORCENTAJE DE VIAJES A PIE**

| Nivel de ingreso | Porcentaje |
|------------------|------------|
| Bajo             | 23.7       |
| Medio            | 19.5       |
| Alto             | 9.5        |

Fuente: FASE II.

**Cuadro 7**  
**PORCENTAJE DE VIAJES MOTORIZADOS POR TIPO DE TRANSPORTE**

| Nivel de ingreso | Carro | Transporte público <sup>1</sup> |
|------------------|-------|---------------------------------|
| Bajo, sin carro  | 0.98  | 99.02                           |
| Bajo, con carro  | 15.19 | 84.81                           |
| Medio, sin carro | 1.84  | 98.16                           |
| Medio, con carro | 27.09 | 72.91                           |
| Alto, sin carro  | 5.35  | 94.65                           |
| Alto, con carro  | 45.10 | 54.90                           |

Fuente: FASE II

<sup>1</sup> Incluye bus escolar.

**Cuadro 8****VIAJES POR PERSONA  
EN TRANSPORTE PUBLICO**

| Nivel de ingreso | Viajes por persona |
|------------------|--------------------|
| Bajo, sin carro  | 0.75               |
| Bajo, con carro  | 0.67               |
| Medio, sin carro | 1.07               |
| Medio, con carro | 0.79               |
| Alto, sin carro  | 1.31               |
| Alto, con carro  | 0.76               |

Fuente: FASE II.

La magnitud de la población y el empleo, y sobre todo su localización espacial, determinan el número total de viajes y su distribución en el área. Por esta razón se estima útil presentar aquí las cifras utilizadas en el estudio de FEDESARROLLO, las cuales aparecen en los Cuadros 9 y 10. Como puede notarse, la población de Bogotá correspondiente a los más recientes estimativos es muy inferior a la que con frecuencia se menciona. La distribución espacial de la población y el empleo se estableció mediante un cuidadoso seguimiento de la dinámica de la ciudad, en el cual se identificaron las áreas disponibles y las tendencias de las distintas zonas de la capital. Los anillos a que se hace mención en los Cuadros 9 y 10 corresponden al estudio del Banco Mundial y se ilustran en la Gráfica 6.

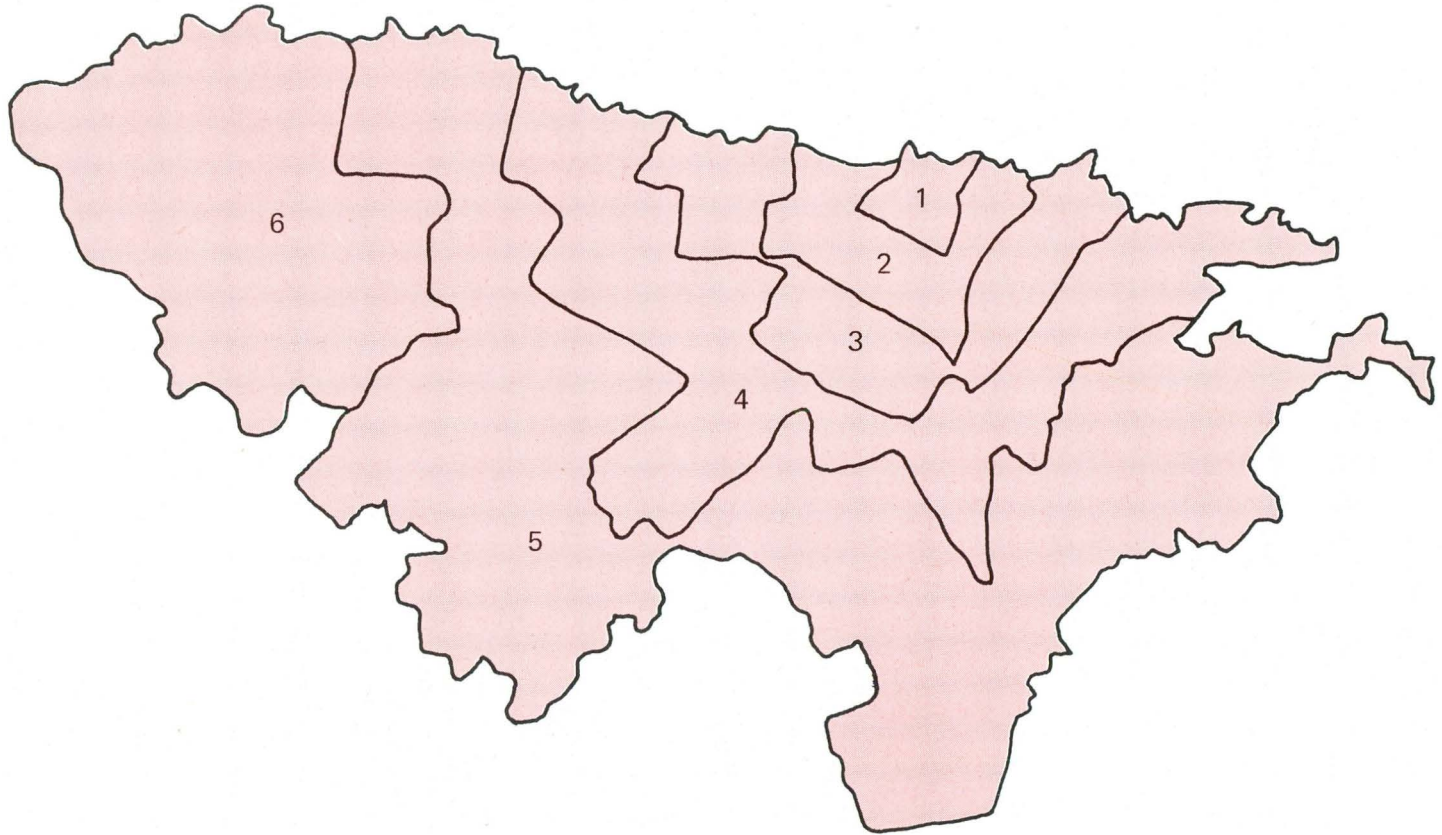
En los Cuadros 9 y 10 se observa un crecimiento muy acelerado tanto de la población como del empleo en la actual periferia de la ciudad. Es notorio que el 52% del empleo en el año 2000, se localizará en los anillos 5 y 6. El sistema de transporte del futuro deberá por lo tanto solucionar la demanda de viajes norte-sur en el occidente de la ciudad.

La asignación de los viajes a las alternativas de metro consideradas fue realizada mediante el modelo de transporte de FASE II, en el cual se utiliza un modelo de gravedad y un algoritmo de búsqueda de las rutas más cortas entre dos puntos de la ciudad.

A continuación se presentan los estimativos de demanda preliminares para las dos alternativas que inicialmente parecen más atractivas desde el punto de vista económico. Dichas alternativas son las numeradas en el texto como 1 y 4 y que respectivamente corresponden a una línea por la Caracas con extensión por el Ferrocarril del sur a Bosa y Kennedy, y una línea de Garcés-Navas-Quirigua-Ciudad Bachué al centro y de Bosa-Kennedy al centro.



GRAFICA No. 6  
DIVISION DE BOGOTA POR ANILLOS



Cuadro 9

BOGOTA, D.E. POBLACION POR ANILLOS  
1972 - 2.000

|              | 1972 <sup>1</sup> | 1978 <sup>2</sup> | 1990 <sup>3</sup> | 2.000 <sup>3</sup> |
|--------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| Anillo 1     | 39.104*           | 81.884            | 82.015            | 69.007             |
| Anillo 2     | 270.188           | 296.739           | 355.261           | 412.754            |
| Anillo 3     | 344.260           | 356.384           | 406.678           | 453.970            |
| Anillo 4     | 989.452           | 923.047           | 1.161.722         | 1.404.812          |
| Anillo 5     | 1.142.060         | 1.592.429         | 2.854.192         | 3.800.092          |
| Anillo 6     | 64.950            | 188.504           | 487.563           | 760.019            |
| <b>Total</b> | <b>2.850.014</b>  | <b>3.438.987</b>  | <b>5.347.431</b>  | <b>6.900.654</b>   |

<sup>1</sup> Fase II. 1972.<sup>2</sup> EH 21 - Banco Mundial - DANE. CCRP (Expansión de la muestra)<sup>3</sup> Estimada.

\* Puede estar subestimada.

En la Gráfica 7 se muestran las cifras de demanda para la Alternativa 1. Allí se observa cómo las cargas mayores se dan en las vecindades del centro de la ciudad, donde se tienen 58.000 pasajeros en dos horas pico en una dirección. Nótese los bajos volúmenes en los finales de las líneas y el marcado desbalance de las cargas en las dos direcciones. Aspectos éstos que caracterizan en general a los sistemas de transporte masivo.

Cuadro 10

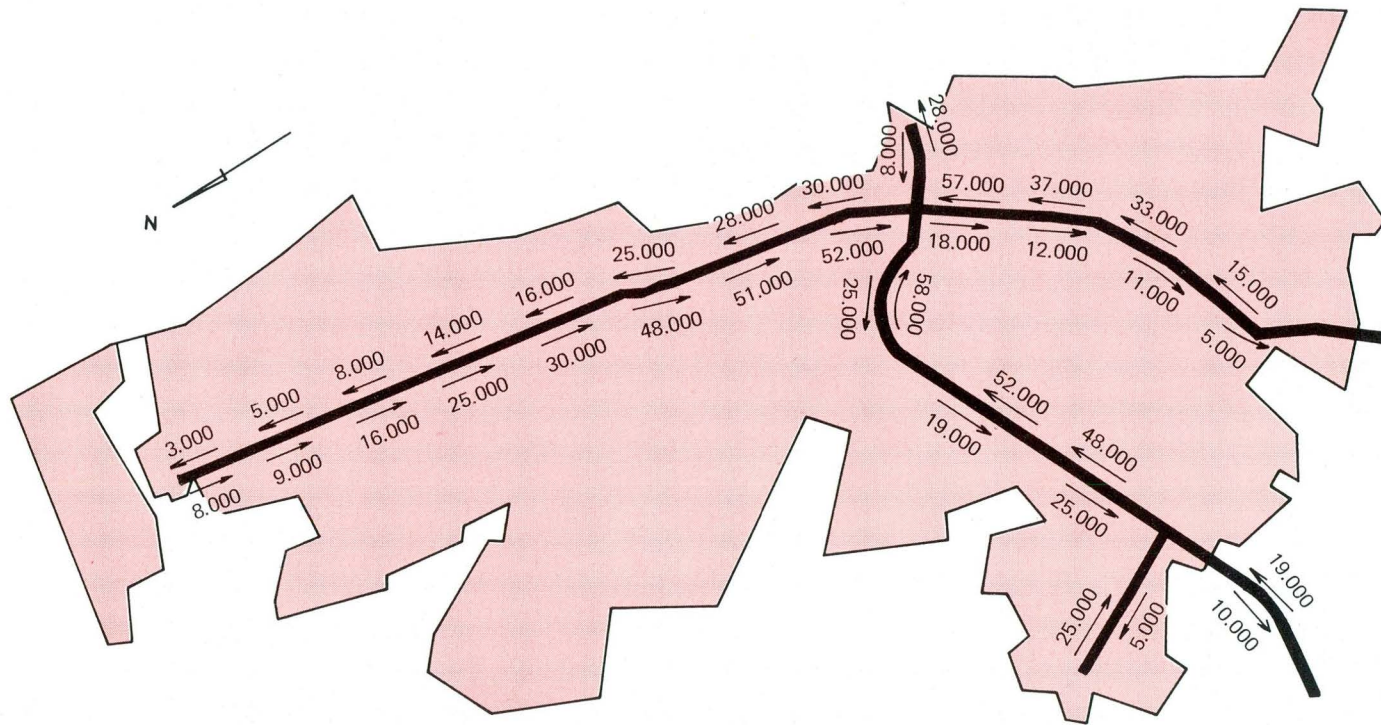
## DISTRIBUCION DEL EMPLEO POR ANILLOS BOGOTA D.E.

|              | 1972           | %            | 1978             | %            | 1990             | %            | 2.000            | %            |
|--------------|----------------|--------------|------------------|--------------|------------------|--------------|------------------|--------------|
| Anillo 1     | 201.975        | 25.7         | 166.878          | 14.6         | 139.434          | 7.4          | 120.011          | 4.9          |
| Anillo 2     | 117.907        | 15.0         | 214.525          | 18.7         | 417.327          | 22.3         | 541.156          | 22.4         |
| Anillo 3     | 128.328        | 16.3         | 180.105          | 15.7         | 207.864          | 11.1         | 175.339          | 7.3          |
| Anillo 4     | 163.068        | 20.7         | 245.417          | 21.4         | 325.188          | 17.4         | 306.201          | 12.7         |
| Anillo 5     | 160.661        | 20.4         | 299.087          | 26.1         | 603.158          | 32.2         | 805.945          | 33.3         |
| Anillo 6     | 14.278         | 1.8          | 39.652           | 3.5          | 178.678          | 9.5          | 466.577          | 19.3         |
| <b>Total</b> | <b>786.217</b> | <b>100.0</b> | <b>1.145.664</b> | <b>100.0</b> | <b>1.871.601</b> | <b>100.0</b> | <b>2.415.229</b> | <b>100.0</b> |

Fuente: 1972 Fase II

1978 Banco Mundial

1990 y 2000 Estimado



GRAFICA No. 7

Alternativa 1  
 Flujos de pasajeros en dos horas pico  
 año 2000

Total de pasajeros  
 transportados  
 en el año 2000  
 580 millones/año

En la Alternativa 1 se logra un total de 580 millones de pasajeros/año para el año 2000 o sea un 23.1% del total de viajes realizados en transporte público en dicho año.

En la Gráfica 8 se muestran las cifras de demanda para la Alternativa 4. En ésta, se llega a 366 millones de pasajeros/año para el año 2000 o sea un 14.9% del total de viajes. En esta alternativa se observa una gran concentración de viajes en el tramo a lo largo de la calle 19 donde se tienen hasta 49.000 pasajeros hora en una dirección. Igualmente se presenta un gran desbalance en las dos direcciones .

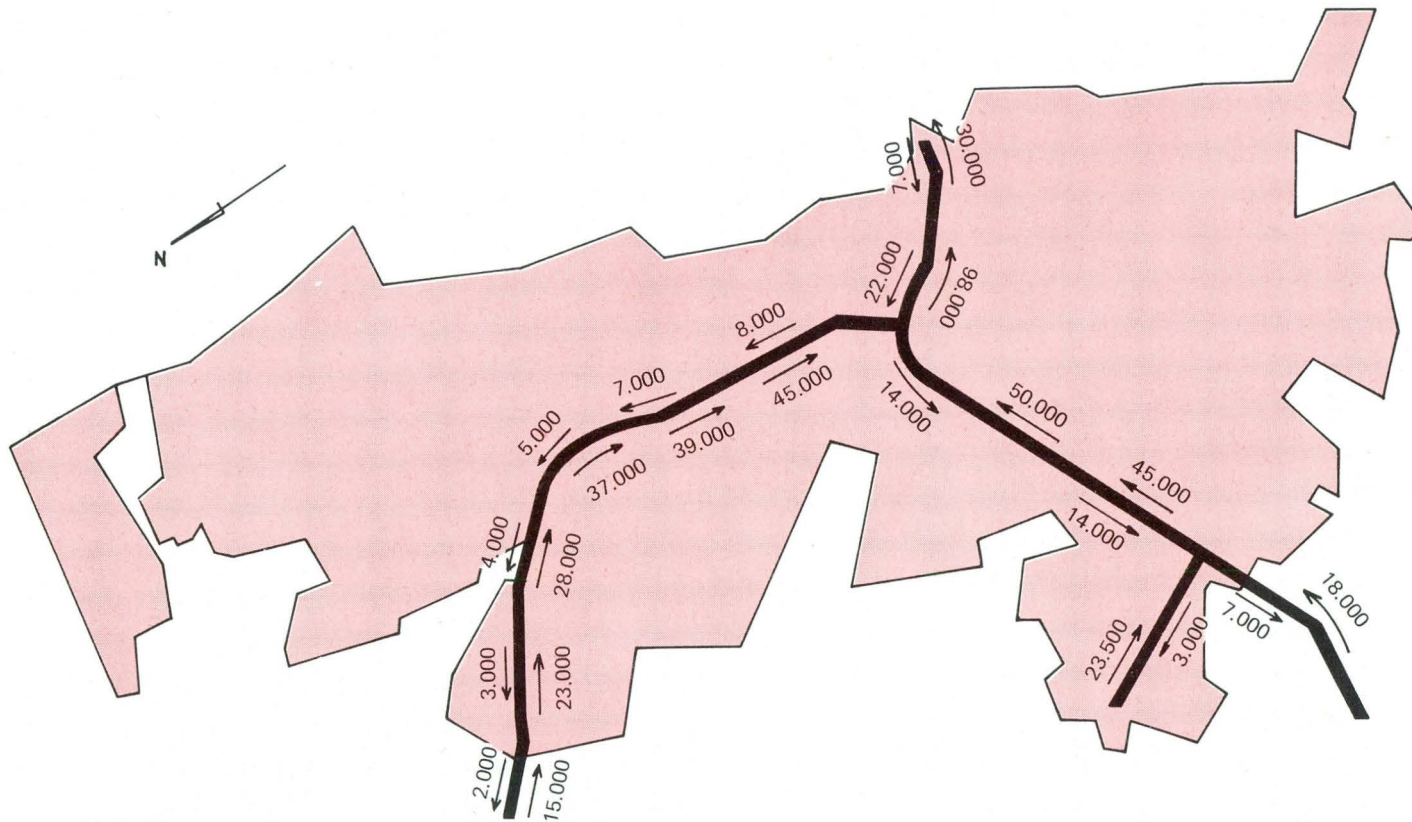
Dentro del estudio FEDESARROLLO-SER se pretende seguir trabajando en los estimativos de demanda para hacer análisis de sensibilidad a los resultados modificando algunos de los supuestos del análisis y estudiando en detalle posiblemente modificaciones a las alternativas propuestas.

### Costos por Pasajero

Las cifras presentadas hasta el momento permiten realizar un ejercicio preliminar para deducir los órdenes de magnitud de los costos por pasajero. Dichos órdenes se calculan en una serie de supuestos que los *subestiman*, y que deben recalarse aquí.

- Se supone que toda la inversión se realiza en un período muy corto (1 año), de manera que no se producen costos por lucro cesante de la inversión.
- Se supone que la cantidad de pasajeros anuales, desde el primer año, es la misma obtenida para el año 2000.
- Se utiliza una tasa de descuento social del 12% anual, que a todas luces debería ser superior para un proyecto de esta naturaleza.
- Los costos no incluyen la adquisición de terrenos, ni la interrupción de tráfico en la ciudad.

De los análisis preliminares, como ya se observó, se dedujo que las alternativas 1 y 4 eran las más atractivas en términos de demanda. Para ellas se realizaron los estimativos de costos por pasajero. El Cuadro 11 recoge esos cálculos. En primer lugar, se estimó la oferta mensual (vehículos-Km) de acuerdo con la expresión deducida anteriormente. Utilizando el costo de operación por vehículo-kilómetro se estiman los costos mensuales de operación. Igualmente, para la tasa del 12% anual, se obtiene un factor de anualidad, para una vida de 25 años, de 0.1275, o su equivalente de 0.010625 mensual; este factor, multiplicado por el costo de construcción, resulta en un estimativo de los costos mensuales de amortización de la inversión. Utilizando los pasajeros mensuales calculados con el modelo de demanda, se obtienen los costos promedio por pasajero, por concepto de inversión, operación y el costo total por pasajero. Este último resulta en \$27.41 para la Alternativa 1, y en \$33.52 para la Alternativa 4, en pesos de abril de 1981.



GRAFICA No. 8

Alternativa 4  
 Flujos de pasajeros en dos horas pico  
 año 2000

Total transportado en  
 año 2000  
 366 millones de pasajeros/año

Cuadro 11

**ESTIMATIVOS PRELIMINARES DE COSTO POR PASAJERO  
DE DOS ALTERNATIVAS DE METRO**

|   | <u>Alternativa 1</u><br>Línea Avenida Caracas<br>con ramal a Bosa y<br>Kennedy | <u>Alternativa 4</u><br>Línea Garcés Navas<br>Las Aguas - Bosa |
|---|--|--|
| 1. Costo Total (US Millones)                                      | 1.497.4  | 1.113.9  |
| 2. Extensión (Km.)  | 40   | 32.9   |
| 3. Costo Operación Mensual<br>(US Miles)                          | 9.218.0  | 7.581.8  |
| 4. Pasajeros mes (Millones)                                       | 48   | 30.5   |
| 5. Costo de Operación/Pasajero<br>(3/4) US\$                      | 0.19   | 0.248  |
| 6. Costo Mensual de Amortización<br>de Inversión* (Millones US\$) | 15.9   | 11.8   |
| 7. Costo de Inversión/Pasajero<br>(1/4) US\$                      | 0.33   | 0.388  |
| 8. Costo Total por Pasajero<br>(5 + 7) US\$                       | 0.52   | 0.636  |
| 9. Costo total por Pasajero<br>(Pesos abril 1981) \$              | 27.41  | 33.52  |

Fuente: Estimativos de FEDESARROLLO - SER.

\* Se utilizó una tasa de descuento real de 12% anual.

## Conclusión

Los estimativos preliminares sobre la construcción de una primera línea de metro en Bogotá sugieren que dicho proyecto tendría un costo entre US\$1.100 millones y US\$1.400, lo cual lo haría uno de los proyectos de inversión más ambiciosos jamás emprendidos en Colombia. Dado el tamaño y la importancia de este proyecto, es necesario analizar con sumo cuidado los costos y beneficios, análisis que no es fácil debido al impacto del Metro sobre el desarrollo urbano y regional del país. Por otra parte, el esquema de financiación de la obra también afecta el equilibrio regional, pues si el gobierno nacional la subsidia, este hecho bajará el costo de oportunidad de localizar industria en la capital.

En este ensayo sólo se calcularon los costos directos de la obra y de la operación posterior del sistema. Los estimativos sugieren que en pesos de 1981, el costo por pasajero sería de \$27 a \$34, suma unas cinco veces superior al costo por pasajero del actual sistema de buses.

También vale la pena destacar que en el mejor de los casos el Metro propuesto solucionaría el 23% del total de la demanda por transporte público.

En una próxima *Coyuntura*, FEDESARROLLO y SER presentarán los ahorros en tiempo de viaje que se lograrían con el Metro, los costos por lucro cesante durante la construcción, los costos por interrupción del tráfico y comparaciones de costos con sistemas reformados de transporte por autobús.