

# Evaluación del Ruido Generado en la Red del Sistema de Transporte Colectivo Metro



Julio 2009



**Procuradora Ambiental y del Ordenamiento Territorial**

Diana Ponce Nava

**Subprocuradora de Protección Ambiental**

Mónica Alegre González

**Subprocurador de Ordenamiento Territorial**

Francisco Javier Cantón del Moral

**Participantes para las mediciones de ruido:**

- Rafael Contreras Lee, Dirección de Estudios Dictámenes y Peritajes de Protección Ambiental
- Zenia Saavedra Díaz, Subdirectora de Estudios Informes y Reportes
- Jaime Hurtado Gómez, Subdirector de Dictámenes y Peritajes Ambientales
- Érika Patricia Larios Muñoz, Subdirectora de Difusión y Comunicación
- Oliva Pineda Pastrana, Líder Coordinador de Proyectos
- Luis Antonio Morales Jacobo, Prestador de Servicios Profesionales
- Elías Guardado López, Prestador de Servicios Profesionales
- Félix Jacob Santiago Sánchez, Prestador de Servicios Profesionales
- Jorge Rivero Martínez, Prestador de Servicios Profesionales
- Nancy González Castellanos, Dictaminador
- Ana Laura Pérez Alzaga, Técnico Especializado
- Juan Carlos Fernández Ortiz, Asistente Operativo

### Índice de Contenido

I. INTRODUCCIÓN .....	- 5 -
II. ANTECEDENTES .....	- 8 -
III. OBJETIVOS.....	- 8 -
General.....	- 8 -
Particulares.....	- 8 -
IV. METODOLOGÍA.....	- 9 -
V. RESULTADOS.....	- 13 -
Mediciones realizadas en el andén.....	- 13 -
Mediciones realizadas en el vagón.....	- 15 -
VI. Conclusiones .....	- 25 -
VII. BIBLIOGRAFÍA .....	- 27 -
Anexo 1. Resultados obtenidos de las mediciones .....	- 28 -
Anexo 2. Estadísticas de los datos.....	- 30 -
Anexo 3. Formato de campo para el llenado de la información de las mediciones en <i>hora pico</i> .....	- 33 -
Anexo 4. Distribución de las brigadas en la Red del STC Metro.....	- 35 -

### Índice de Cuadros, Imágenes, Gráficos, Fotografías y Mapas

Cuadro 1. Valores recomendados por la OMS.....	- 5 -
Cuadro 2. Distribución de las brigadas por estación .....	- 11 -
Cuadro 3. Estadística general de las mediciones.....	- 30 -
Cuadro 4. Estadística por brigada en hora pico .....	- 30 -
Cuadro 5. Estadística por brigada en hora no pico .....	- 30 -
Cuadro 6. Diferencia de brigadas entre hora pico y hora no pico.....	- 30 -
Cuadro 7. Estadística por línea en hora pico .....	- 31 -
Cuadro 8. Estadística por línea en hora no pico.....	- 31 -
Cuadro 9. Diferencia de líneas entre hora pico y hora no pico.....	- 31 -
Cuadro 10. Mediciones dentro del vagón en hora pico .....	- 31 -
Cuadro 11. Medición dentro del vagón en hora no pico .....	- 32 -
Cuadro 12. Variación dentro del vagón hora no pico vs hora pico .....	- 32 -
Imagen 1. Consecuencias del ruido .....	- 6 -
Gráfica 1. Mediciones realizadas en el andén en hora pico y hora no pico.....	- 15 -
Fotografía 1. Medición en andén.....	- 12 -
Fotografía 2. Medición en Línea 7.....	- 12 -
Fotografía 3. Medición en Línea A .....	- 12 -



Mapa 1. Ubicación de los puntos de muestreo por brigada .....	- 10 -
Mapa 2. Variación en dB, hora no pico vs hora pico .....	- 16 -
Mapa 3. Condiciones en hora pico .....	- 17 -
Mapa 4. Condiciones en hora no pico .....	- 18 -
Mapa 5. Mediciones de la Brigada 1 en hora pico.....	- 18 -
Mapa 6. Mediciones de la Brigada 1 en hora no pico.....	- 19 -
Mapa 7. Mediciones de la Brigada 2 en hora pico.....	- 19 -
Mapa 8. Mediciones de la Brigada 2 en hora no pico.....	- 20 -
Mapa 9. Mediciones de la Brigada 3 en hora pico.....	- 20 -
Mapa 10. Mediciones de la brigada 3 en hora no pico .....	- 21 -
Mapa 11. Mediciones de la Brigada 4 en hora pico.....	- 21 -
Mapa 12. Mediciones de la Brigada 4 en hora no pico.....	- 22 -
Mapa 13. Mediciones de la Brigada 5 en hora pico.....	- 22 -
Mapa 14. Mediciones de la Brigada 5 en hora no pico.....	- 23 -
Mapa 15. Mediciones de la Brigada 6 en hora pico.....	- 23 -
Mapa 16. Mediciones de la Brigada 6 en hora no pico.....	- 24 -

## RESUMEN EJECUTIVO

### I. INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental urbana o ruido ambiental es una consecuencia directa no deseada de las propias actividades que se desarrollan en las grandes metrópolis. Las principales causas de este tipo de contaminación son aquellas relacionadas con las actividades humanas como el transporte, la construcción de edificios y obras públicas, las industrias, entre otras.

El cuadro que se muestra a continuación contiene algunos ejemplos de exposición por actividad o sitios indicados por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

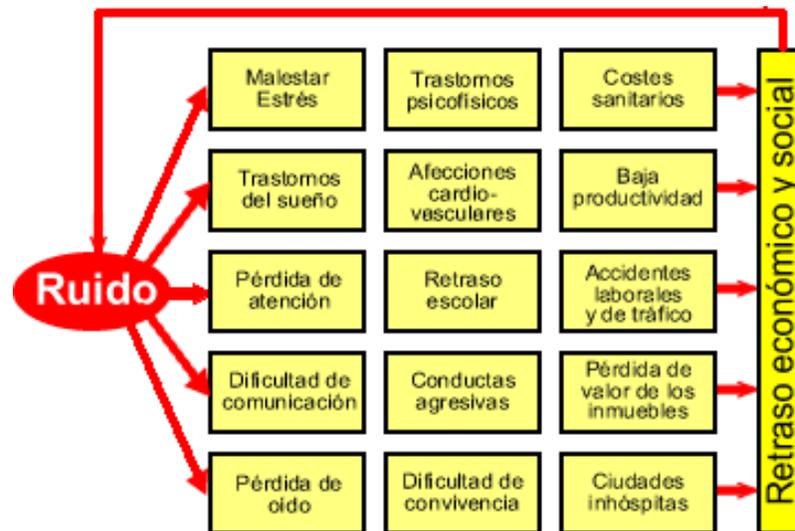
**Cuadro 1. Valores recomendados por la OMS**

Recinto	Efectos en la salud	(dB)	Tiempo (horas)
Exterior habitable	Malestar fuerte, día y anochecer	55	16
	Malestar moderado, día y anochecer	50	16
Interior de viviendas Dormitorios	Interferencia en la comunicación verbal, día y anochecer	35	16
	Perturbación del sueño, noche	30	8
Zonas industriales, comerciales y de tráfico, interior y exterior	Daños al oído	70	24
Ceremonias, festivales y actividades recreativas	Daños al oído (asistentes habituales: < 5 veces/año)	100	4
Altavoces, interior y exterior	Daños al oído	85	5
Música a través de cascos y auriculares	Daños al oído (valores en campo libre)	85	5

**Fuente:** *Guías para el ruido urbano*, Organización Mundial de la Salud (OMS), 1999.

La exposición a niveles de ruido elevados en el transporte público puede tener consecuencias no sólo en la salud, sino también de tipo social y laboral, ya que genera estrés. En la imagen 1 se muestran algunas de las consecuencias ligadas al ruido.

**Imagen 1. Consecuencias del ruido**



Fuente: [http://www.ruidos.org/Referencias/Ruido\\_efectos.html](http://www.ruidos.org/Referencias/Ruido_efectos.html)

Con base en lo que indican las *Guías para el ruido urbano*, editadas por la Organización Mundial de la Salud, un efecto auditivo directo es la interferencia en la comunicación, debido al “efecto enmascarante” del ruido de fondo; pero la afectación primaria del ruido sobre la audición viene dado por la capacidad que éste tiene para originar sordera. Esta peculiaridad es conocida desde hace muchos años, así ya habían sido descritas sorderas en caldereros, en trabajadores de la industria textil, etc. Actualmente el problema se ha magnificado porque la industrialización ha traído consigo maquinaria mucho más ruidosa, adicionalmente el número de trabajadores expuestos es mayor que hace 100 ó 200 años. (*Guías para el ruido urbano*, 1999, OMS).

El sistema auditivo se resiente ante una exposición prolongada a la fuente de ruido, aunque ésta sea de bajo nivel. Cuando una persona se expone prolongadamente a ruido excesivo, percibe un silbido en el oído; siendo ésta una señal de alarma. Inicialmente los daños producidos por una larga exposición no son permanentes, ya que a los 10 días desaparecen. Sin embargo, si la exposición a la fuente de ruido no cesa, las lesiones serán definitivas. La sordera irá creciendo hasta que se pierda totalmente la audición. No sólo el ruido prolongado es perjudicial, un sonido repentino de 160 dB(A), como el de una explosión o un disparo, pueden llegar a perforar el

tímpano o causar otras lesiones irreversibles. (*Guías para el ruido urbano, 1999, OMS*).

Algunas de las consecuencias por la exposición al ruido son:

- *Efectos físicos.* Dolor de cabeza, hipertensión, problemas digestivos, cansancio entre otros. Se ha comprobado que los niños sometidos a ruidos constantes y fuertes, poseen unos niveles más elevados de tensión arterial que aquellos que no lo están; y que este estado suele continuar con la madurez, posibilitando un mayor número de enfermedades cardiovasculares.
- *Efectos psicológicos.* Estrés, insomnio, irritabilidad y síntomas depresivos, falta de concentración y menor rendimiento en las actividades cotidianas (trabajo).
- *Efectos sociales.* Problemas en la comunicación, aislamiento ante la incapacidad de comunicarse adecuadamente.
- *Pérdida de la audición.* Es el resultado más generalizado respecto a una contaminación sonora excesiva; una exposición larga a sonidos con una intensidad mayor a 90 dB puede producir pérdida de audición permanente.
- *Impactos al ambiente.* Los impactos que el *ruido* provoca sobre los animales varía según el medio, la fuente y la genética que cada especie posea. Estos van desde trastornos simples hasta modificaciones en los ciclos naturales de vida, incluyendo muchas veces la muerte.

Quienes habitualmente emplean el Sistema de Transporte Colectivo-Metro (STC-Metro) se enfrentan a una serie de sonidos que además de volver poco placentero su viaje, a la larga podrían provocarles serias afectaciones en su salud.

En este sentido, el 10 de junio del 2009, la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal (PAOT) evaluó el ruido que se genera en 49 de las 175 estaciones que comprende la red del STC-Metro, realizándose un total de 122 mediciones durante la jornada.

Los resultados obtenidos indicaron que se sobrepasan los límites que establece la NADF-005-AMBT-2006, misma que se toma “sólo como referencia” para poder tener un marco comparativo, ya que dicha norma *no* aplica si las fuentes emisoras no son fijas. Asimismo, existen agentes externos que influyen en la medición del ruido, como es el caso del tránsito vehicular, que provocan que dichos límites sean sobrepasados.



## II. ANTECEDENTES

El Sistema de Transporte Colectivo Metro de la Ciudad de México cuenta con 11 líneas distribuidas sobre los cuatro puntos cardinales de la ciudad, con una extensión de 176.77 km de red en servicio. Debido a la importancia del Metro como el principal medio de transporte para los habitantes de la capital del país y a que un gran porcentaje de la población pasa parte de su día abordo, es relevante revisar las posibles afectaciones a las que se ven continuamente expuestos los usuarios (<http://www.metro.df.gob.mx>).

Este medio de transporte es capaz de trasladar alrededor de 1,352,608,424 de pasajeros al año, lo que equivale a transportar a cerca de 1/6 de la población mundial o poco más de 12 veces a la población existente en el país.

Sin embargo, pese a que podría considerarse como el medio de transportación más importante de la ciudad, no sólo por el número de pasajeros que lo emplean diariamente, sino también por ser uno de los más eficientes, baratos y menos contaminantes, en su historia nunca se había practicado un ejercicio como el que en esta ocasión llevó a cabo la PAOT, para medir los niveles de ruido con los que tienen que convivir los usuarios al interior de sus instalaciones.

## III. OBJETIVOS

### General

Medir y conocer las emisiones de ruido a la que los usuarios del Sistema de Transporte Colectivo Metro están expuestos durante su traslado.

### Particulares

1. Comparar los niveles sonoros registrados en 49 estaciones del STC-Metro con respecto a los niveles especificados en la Norma Ambiental del Distrito Federal NADF-005-AMBT-2006.
2. Comparar los niveles de ruido registrados entre las 49 estaciones seleccionadas.
3. Generar mapas que reflejen los datos de las emisiones sonoras obtenidas durante las mediciones.

## IV. METODOLOGÍA

Para la realización del presente trabajo se utilizaron seis analizadores de frecuencias Clase I, en modo sonómetro, de forma puntual y en periodos de cinco minutos; obteniendo valores de nivel de presión sonora constante equivalente en decibeles en ponderación A (dB(A)).

Las mediciones se llevaron a cabo en 49 estaciones de 175 que conforman la red del STC-Metro. La selección de los sitios de muestreo se realizó de la siguiente manera:

1. A partir de la información reportada en la página web del STC-Metro, se copiaron los datos de afluencia<sup>1</sup> de las estaciones en una hoja de cálculo y se clasificaron por línea. Dicha información se complementó con los tipos de estación que les correspondía: superficial, subterránea y elevada.
2. Por cada línea del STC-Metro, se ordenaron los datos de mayor a menor con lo cual se determinó que las líneas de mayor afluencia son la 1, 2, 3, 9, A y B.
3. Con base en lo anterior, se procedió a seleccionar los sitios de muestreo considerando los siguientes criterios:
  - Las cinco estaciones más concurridas de las líneas 1, 2, 3, 9, A y B.
  - Las tres más concurridas del resto de las líneas de la Red.
  - Las tres estaciones menos abordadas.
4. Estos sitios se localizaron y digitalizaron en el Sistema de Información Geográfica de la PAOT, cuidando que se cubrieran todos los extremos de la ciudad y verificando que estuvieran representados los tres tipos de infraestructura (superficial, elevada y subterránea) entre los sitios propuestos.
5. Las estaciones seleccionadas se distribuyeron en seis zonas y cada zona fue asignada a una brigada. Las zonas se formaron de acuerdo a la cercanía entre estaciones, tratando de hacer el menor número de transbordos.
6. Debido al interés por conocer los niveles de ruido que se registran al interior de los vagones, especialmente con presencia de vendedores ambulantes, cada brigada

---

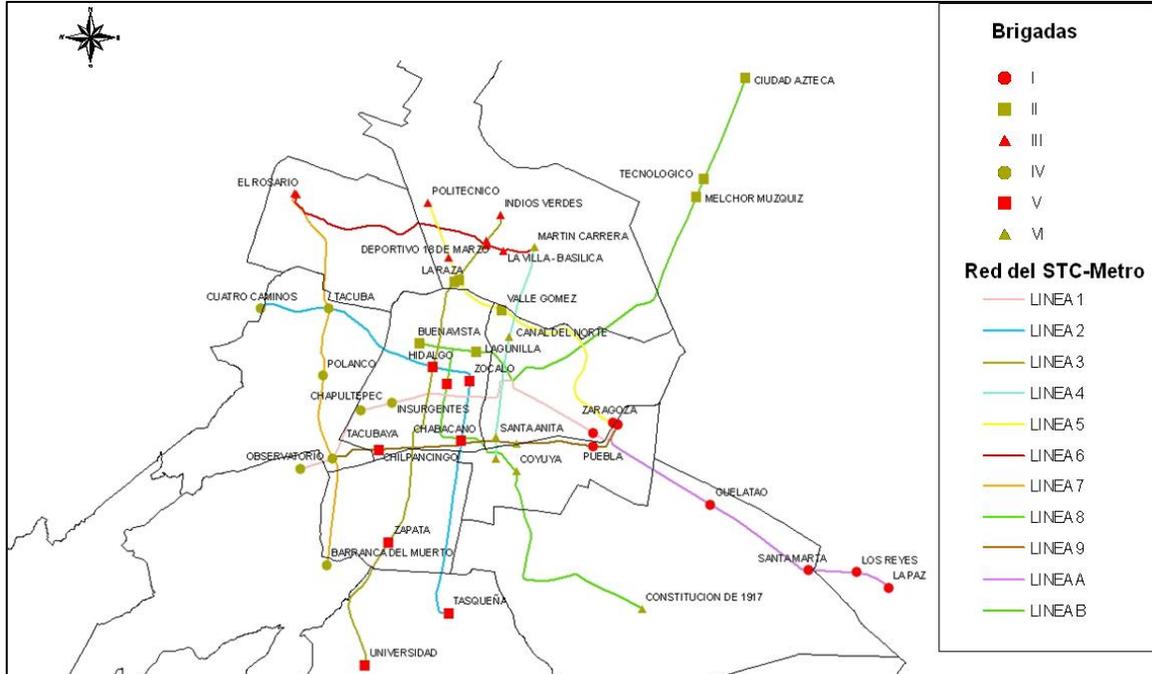
<sup>1</sup> <http://www.metro.df.gob.mx/operacion/afluencia07.html> Los datos se reportan como cantidad de usuarios que pasan por los torniquetes de entrada (*afluencia anual por estación*).

aprovechó los trayectos de traslado de un punto a otro, para realizar las mediciones, las cuales tuvieron una duración de cinco minutos. El personal de la PAOT llevó a cabo la medición el 10 de junio de 2009, en dos momentos del día. La primera medición fue en “hora pico” (de 7:00 a 9:00 horas) y la segunda en horario “no pico” (de 10:30 a 12:00 horas).

La medición del ruido se tomó en la parte central del andén, en la dirección en la que se concentraba la mayor cantidad de usuarios. Cada brigada llevó consigo una cámara fotográfica, un sonómetro y los formatos de registro los cuales se muestran en el Anexo 1.

La distribución de las estaciones por brigada quedó de la siguiente manera: cinco brigadas que abarcaron ocho estaciones y una que cubrió nueve estaciones. El Cuadro 2 y el Mapa 1 muestran la distribución de las brigadas por línea y estación, así como el tipo de estación y ubicación en la que se llevó a cabo la medición.

**Mapa 1. Ubicación de los puntos de muestreo por brigada**



**Cuadro 2. Distribución de las brigadas por estación**

ID	Brigada	Estación	Tipo	Ubicación	Línea
1	I	Pantitlán	Terminal	Subterránea	1
2	I	Zaragoza	Paso	Subterránea	1
3	I	Pantitlán	Terminal	Elevada	9
4	I	Puebla	Paso	Elevada	9
5	I	Guelatao	Paso	Superficial	A
6	I	Santa Marta	Paso	Superficial	A
7	I	Los Reyes	Paso	Superficial	A
8	I	La Paz	Terminal	Superficial	A
9	I	Pantitlán	Terminal	Subterránea	A
10	II	La Raza	Correspondencia	Subterránea	3
11	II	*Valle Gómez	Paso	Subterránea	5
12	II	La Raza	Correspondencia	Superficial	5
13	II	Lagunilla	Paso	Subterránea	B
14	II	Buenavista	Terminal	Subterránea	B
15	II	Melchor Múzquiz	Paso	Superficial	B
16	II	Tecnológico	Paso	Superficial	B
17	II	Ciudad Azteca	Terminal	Superficial	B
18	III	Indios Verdes	Terminal	Superficial	3
19	III	Deportivo 18 de Marzo	Correspondencia	Superficial	3
20	III	Terminal Autobuses del Norte	Paso	Superficial	5
21	III	Politécnico	Terminal	Superficial	5
22	III	La Villa - Basílica	Paso	Subterránea	6
23	III	*Deportivo 18 de Marzo	Correspondencia	Subterránea	6
24	III	El Rosario	Terminal	Superficial	6
25	III	El Rosario	Terminal	Superficial	7
26	IV	Insurgentes	Paso	Subterránea	1
27	IV	Chapultepec	Paso	Subterránea	1
28	IV	Observatorio	Terminal	Superficial	1
29	IV	Cuatro Caminos	Terminal	Subterránea	2
30	IV	Tacuba	Correspondencia	Subterránea	2
31	IV	Polanco	Paso	Subterránea	7
32	IV	Barranca del Muerto	Terminal	Subterránea	7
33	IV	Tacubaya	Terminal	Subterránea	9
34	V	Hidalgo	Correspondencia	Subterránea	2
35	V	Zócalo	Paso	Subterránea	2
36	V	Taxqueña	Terminal	Superficial	2
37	V	Chabacano	Correspondencia	Superficial	2
38	V	Chilpancingo	Paso	Subterránea	9
39	V	San Juan de Letrán	Paso	Subterránea	8
40	V	Zapata	Paso	Subterránea	3
41	V	Universidad	Terminal	Superficial	3

ID	Brigada	Estación	Tipo	Ubicación	Línea
42	VI	Martín Carrera	Terminal	Superficial	4
43	VI	Canal del Norte	Paso	Elevada	4
44	VI	Jamaica	Correspondencia	Elevada	4
45	VI	*Santa Anita	Terminal	Elevada	4
46	VI	Mixhuca	Paso	Subterránea	9
47	VI	Coyuya	Paso	Superficial	8
48	VI	Constitución de 1917	Terminal	Superficial	8
49	VI	Martín Carrera	Terminal	Subterránea	6

\* Estaciones seleccionadas por presentar una menor afluencia de pasajeros.



**Fotografía 1. Medición en andén**



**Fotografía 2. Medición en Línea 7**



**Fotografía 3. Medición en Línea A**

## V. RESULTADOS

Se tienen resultados de un total de 110 mediciones, de las cuales 98 corresponden a las realizadas en los andenes y doce registros más se generaron dentro de los vagones en *horas pico* y *no pico*. Dichos datos se presentan en el Anexo 1.

A continuación se muestra los resultados obtenidos en las estaciones, así como en los tramos recorridos dentro de los vagones.

### Mediciones realizadas en el andén

Se tuvieron un total de 98 mediciones en el andén de las cuales 49 correspondieron a la *hora pico* y 49 a la *hora no pico*. La estadística general de las mediciones realizadas se presenta en el Anexo 1.

- Durante la hora pico, el valor máximo registrado fue de 85.8 dB(A), que correspondió a la estación Tacuba de la Línea 2; mientras que el menor nivel de ruido se presentó en la estación Jamaica de la Línea 4, con 62.3 dB(A).

Para el caso de la *hora no pico*, el valor máximo registrado fue de 84 dB(A) en la estación Coyuya de la Línea 8; mientras que el valor menor fue de 67.7 dB(A) en la estación Martín Carrera de la Línea 6.

- Del análisis por brigada a la *hora pico*, se obtiene que la Brigada 4 presentó el registro más elevado de 85.8 dB(A) en la estación Tacuba de la Línea 2; mientras que la Brigada 6 presentó el valor mínimo en la estación Jamaica, de la Línea 4, con 62.3 dB (A).

En la *hora no pico*, la Brigada 6 registró los niveles más elevados al presentarse 84.0 dB(A) en la estación Coyuya. De igual manera, esta brigada registró niveles menores de 67.7 dB(A) en la estación Martín Carrera de la Línea 6.

- Con base en el análisis obtenido a partir de restar a los valores registrados por brigada durante la *hora no pico*, los valores de *hora pico*, se encontró que los datos que aparecen en negativo en el promedio, indican que las mediciones llevadas a cabo en la *hora no pico* son mayores que las registradas en la *hora pico*. Lo anterior puede deberse a que al existir más gente en las estaciones, ésta sirve como cuerpo de absorción y atenúa el ruido.

- En cuanto a los resultados obtenidos por línea durante la *hora pico*, en términos generales, todas las líneas sobrepasan los límites que establece la Norma NADF-005-AMBT-2006, pues se registraron mediciones promedio que van desde 68.20 dB(A) hasta 79.53 dB(A) en la Línea 8, considerada en este ejercicio como una de las más ruidosas. Los límites de ruido sobrepasan los 3.2 dB(A) en la Línea 4, hasta los 14.53 dB(A) en la Línea 8.

Para la *hora pico*, la medición más elevada fue de 85.8 dB(A) en la estación Tacuba de la Línea 2, y la medición mínima se registró en la estación Jamaica de la Línea 4 con 62.3 dB(A).

Algunas de las razones por las cuales se presentan estas variaciones son:

- a) La Línea 4 es una línea que no es muy concurrida. De acuerdo a los datos de afluencia de 2007, esta línea transporta menos pasajeros con un total de 19,423,114 al año. Su trayecto es elevado por lo que no se encuentra tan expuesta a las alteraciones provocadas por el tránsito de las vialidades aledañas.
  - b) La Línea 7 se posiciona en el cuarto lugar de mayor afluencia de pasajeros, transportando al año un total de 112,993,643 personas. Tiene un recorrido subterráneo en la mayoría de las estaciones y es la que se encuentra a mayor profundidad. Esto último la hace muy ruidosa debido al efecto de amplificación de las ondas provocadas por las características de su infraestructura y a la dificultad con que se enfrentan estas ondas para salir por las lumbreras.
- Durante la *hora no pico*, al igual que en la *hora pico*, las mediciones registradas se encuentran por arriba de la Norma NADF-005-AMBT-2006, encontrando que en la Línea 4 se rebasan los niveles permitidos para el horario de 6:00 a 20:00 horas en 4.85 dB(A), mientras que en la Línea 8 se registraron niveles por arriba de los 15.57 dB(A).

El valor promedio extremo se ubicó en la Línea 8 con 80.57 dB(A). Esta misma línea presentó el valor máximo de medición en la estación Coyuya al registrar 84 dB(A); mientras que el valor mínimo se presentó en Martín Carrera de la Línea 6.

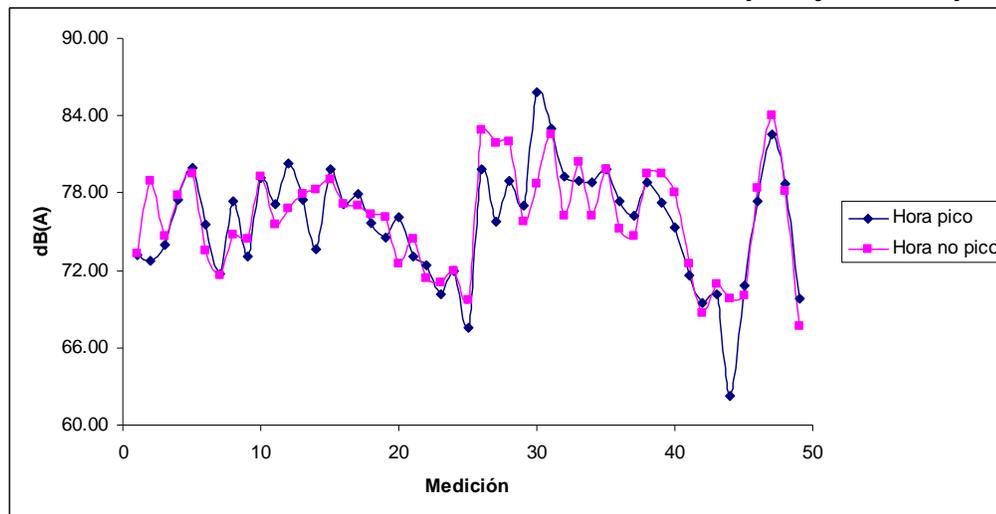
- Al ver la diferencia aritmética que existe por línea -en donde se restó a la *hora no pico*, la *hora pico*-, se observa que en el promedio, la medición llevada a cabo en hora *no pico* es mayor que la registrada en *hora pico*, lo cual coincide con lo observado por brigada.

La diferencia entre los valores obtenidos en *hora pico* y *hora no pico* es poco significativa. Por ejemplo, en la Línea 1 la diferencia es de 3.7 dB en promedio, y en la Línea 8 de 1.03 dB(A). Esto indica que la cantidad de usuarios que se encuentran presentes en la estación al momento de llevar a cabo la medición, es importante; ya que a menor número de pasajeros, las ondas se disipan con mayor facilidad. En tanto, cuando hay mayor presencia de pasajeros, estos sirven como cuerpos de atenuación del ruido y absorben las ondas sin permitir su dispersión y magnificación en toda la estructura. Pero este efecto sólo se da en las estaciones subterráneas debido a que se presenta un fenómeno de rebote de ondas.

En cuanto a los comerciantes ambulantes que deambulan por la Red del STC-Metro se demostró que estos no produjeron una afectación directa en las mediciones llevadas a cabo en el andén, debido a que no hacen promoción de sus productos fuera de los vagones. Cabe destacar que en el desarrollo del presente ejercicio se observó poca actividad de los vendedores tanto en *hora pico* como en *hora no pico*.

La Gráfica 1 muestra que las mediciones que se realizaron en *hora pico* y *hora no pico* siguen una tendencia similar con valores que oscilan entre los 62.3 y los 85.8 dB(A).

**Gráfica 1. Mediciones realizadas en el andén en hora pico y hora no pico**



### Mediciones realizadas en el vagón

A la *hora pico*, la medición más alta obtenida dentro de los vagones se presentó en el recorrido de la estación Tacubaya a la estación Polanco (Línea 7), donde se registraron 86.4 dB(A). Las mediciones realizadas por las cinco brigadas restantes se mantuvieron entre los 74.5 y 79.1 dB(A), pero también sobrepasando lo establecido por la NADF-005-AMBT-2006 en 9.5 dB (ver cuadro 10 del anexo 2).

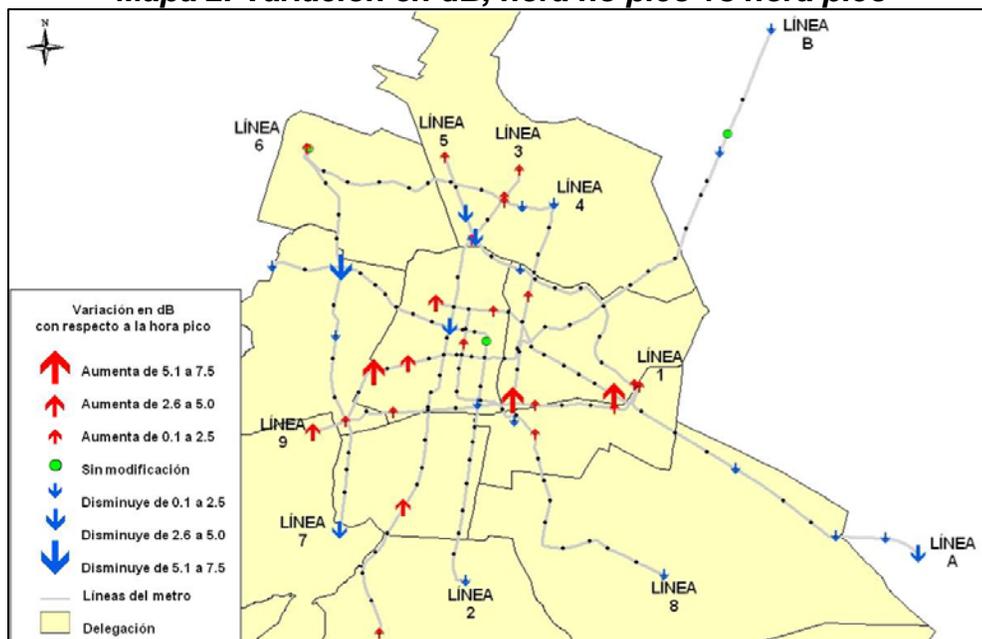
Parte de la explicación del registro de niveles sonoros tan altos en el trayecto de la Línea 7 tiene que ver con el diseño de su túnel y la profundidad de su trayecto, ya que estas características propician que se presente un fenómeno de *resonancia*; que es el reforzamiento de ciertas frecuencias sonoras como resultado de la coincidencia de ondas similares. En términos más coloquiales, la resonancia es la amplificación del ruido debido al rebote de las ondas en las paredes del túnel.

La variación en decibeles que registra la hora de mayor afluencia de usuarios del STC-Metro, en comparación con la de menor demanda, va del 0.1 a los 7.5 dB por estación medida.

De acuerdo con los resultados obtenidos, sólo en tres puntos no existió modificación de las mediciones puntuales entre cada momento de medida. En tanto, 18 puntos mostraron un aumento de 0.1 a 2.5 decibeles; cuatro entre 2.6 y 5.0 decibeles y tres entre 5.1 a 7.5 decibeles (ver flechas rojas del Mapa 2).

Los puntos que disminuyeron sus niveles sonoros se destacan en el siguiente mapa con flechas de color azul. Para este caso, 15 puntos bajaron entre 0.1 y 2.5 decibeles; cinco estuvieron en el rango de 2.5 a 5.1 decibeles y sólo un punto presentó una disminución significativa de 7.1 decibeles.

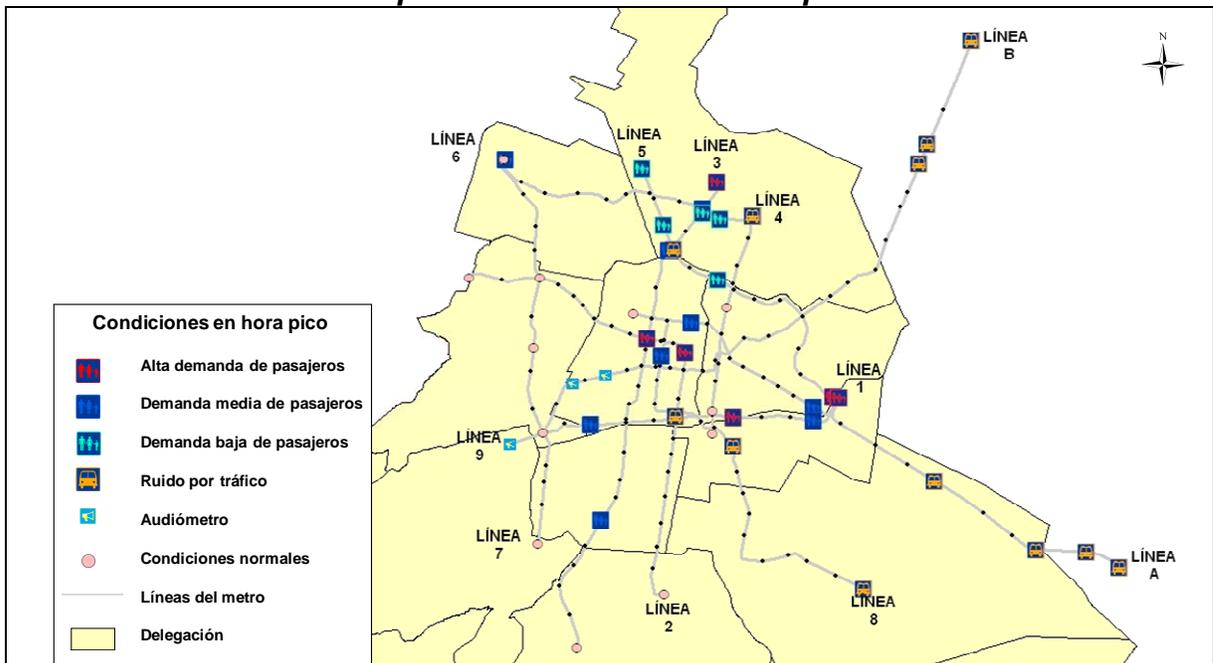
**Mapa 2. Variación en dB, hora no pico vs hora pico**



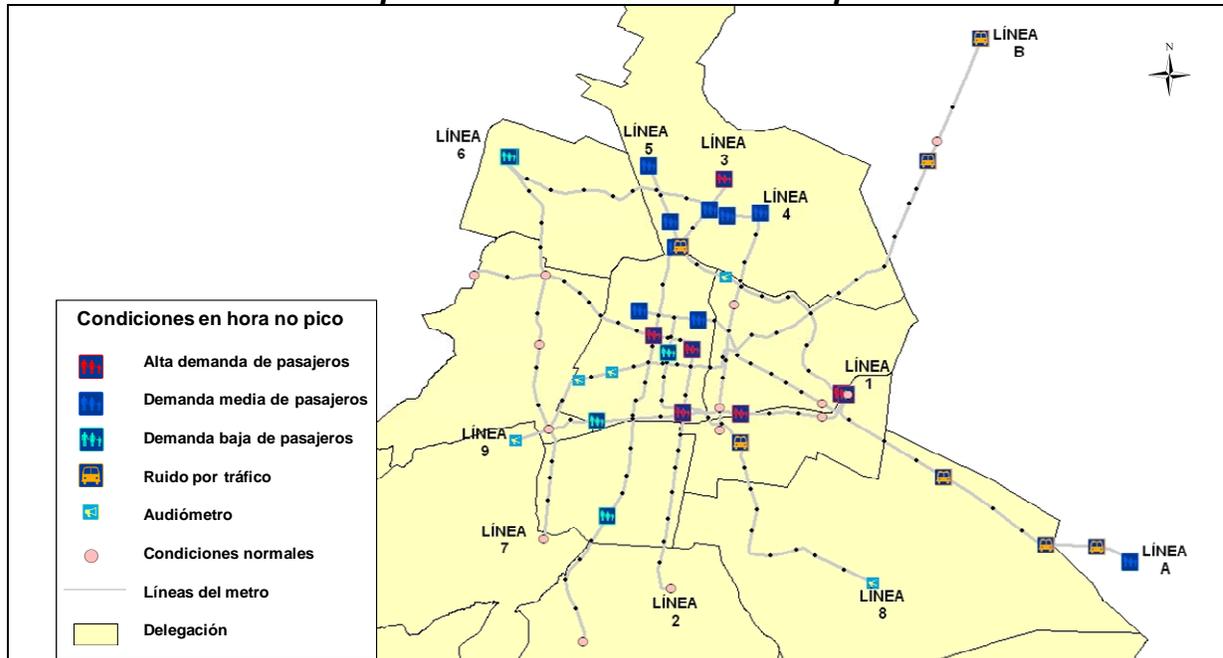
Durante la medición realizada en *hora pico*, siete puntos registraron alta demanda de pasajeros; 10 demanda media y cinco baja afluencia. Asimismo, en tres puntos, la medición fue interferida por el sonido local llamado *Audiómetro* (aunque todas las estaciones de la Red cuentan con bocinas, no siempre están funcionando); 12 puntos presentaron condiciones normales y en otros 12 puntos, ubicados en estaciones superficiales, se alcanzaba a percibir el ruido generado por el tránsito vehicular debido al uso excesivo del claxon o bien por la presencia de paraderos.

Los mapas 3 y 4 muestran gráficamente las condiciones que prevalecieron en las *horas pico* y *no pico*.

**Mapa 3. Condiciones en hora pico**

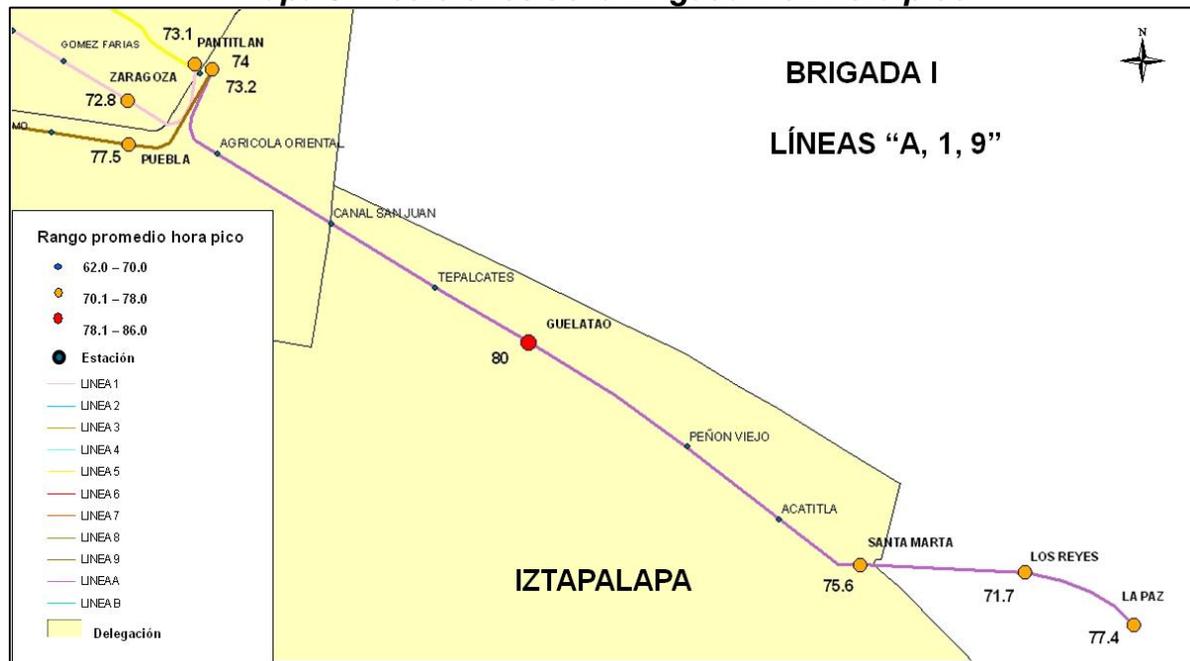


**Mapa 4. Condiciones en hora no pico**

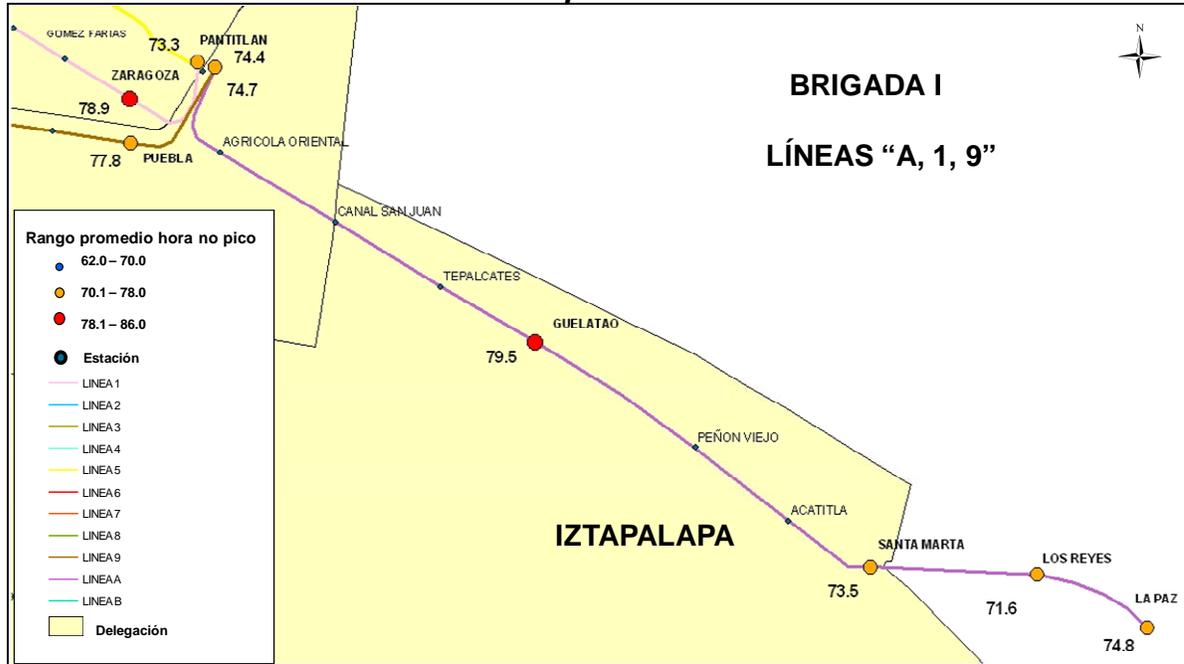


A continuación se muestran de manera gráfica los resultados por brigada de las mediciones realizadas el miércoles 10 de junio de 2009.

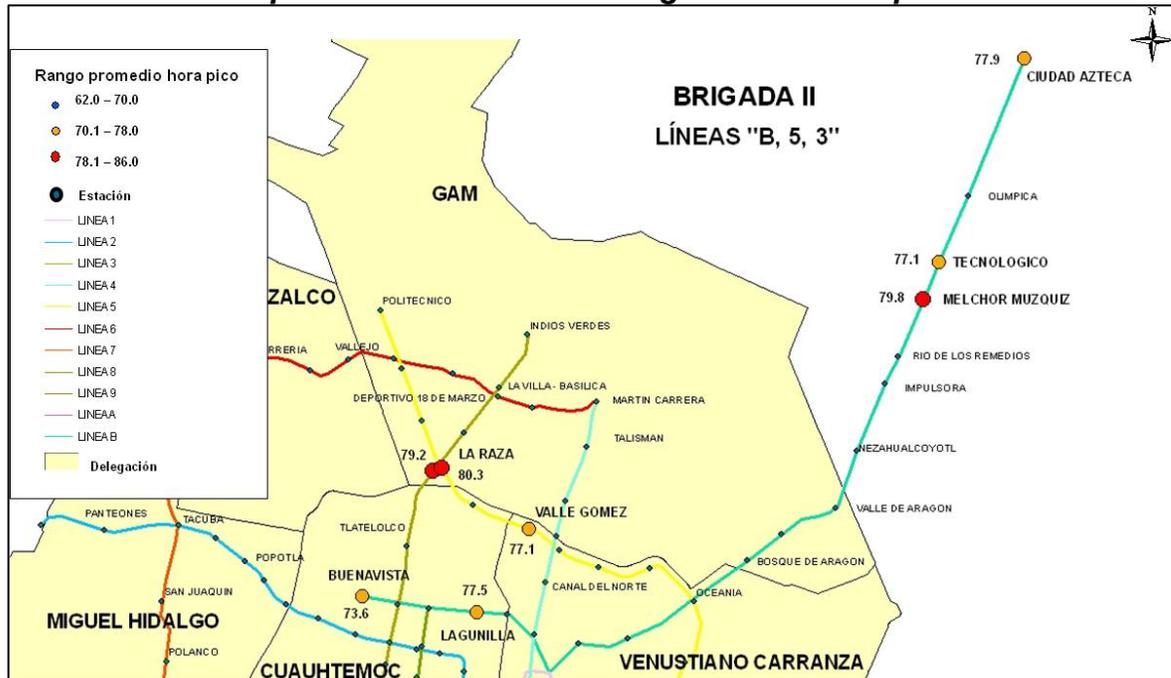
**Mapa 5. Mediciones de la Brigada 1 en hora pico**



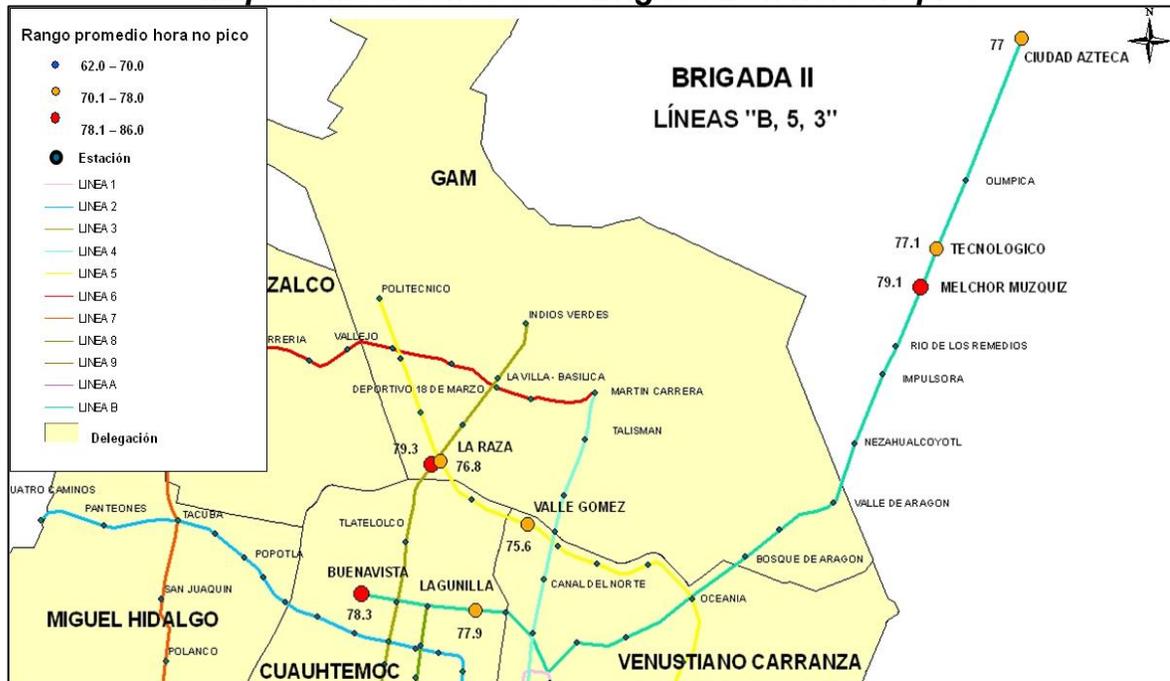
**Mapa 6. Mediciones de la Brigada 1 en hora no pico**



**Mapa 7. Mediciones de la Brigada 2 en hora pico**



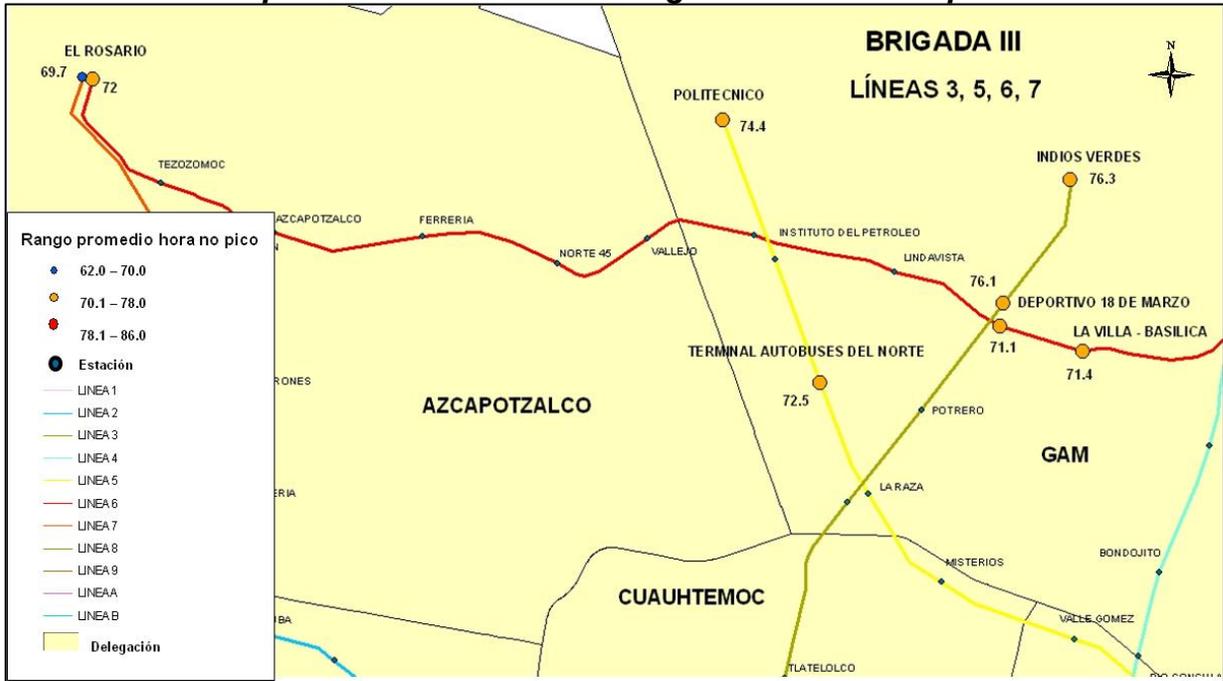
**Mapa 8. Mediciones de la Brigada 2 en hora no pico**



**Mapa 9. Mediciones de la Brigada 3 en hora pico**



**Mapa 10. Mediciones de la brigada 3 en hora no pico**



**Mapa 11. Mediciones de la Brigada 4 en hora pico**



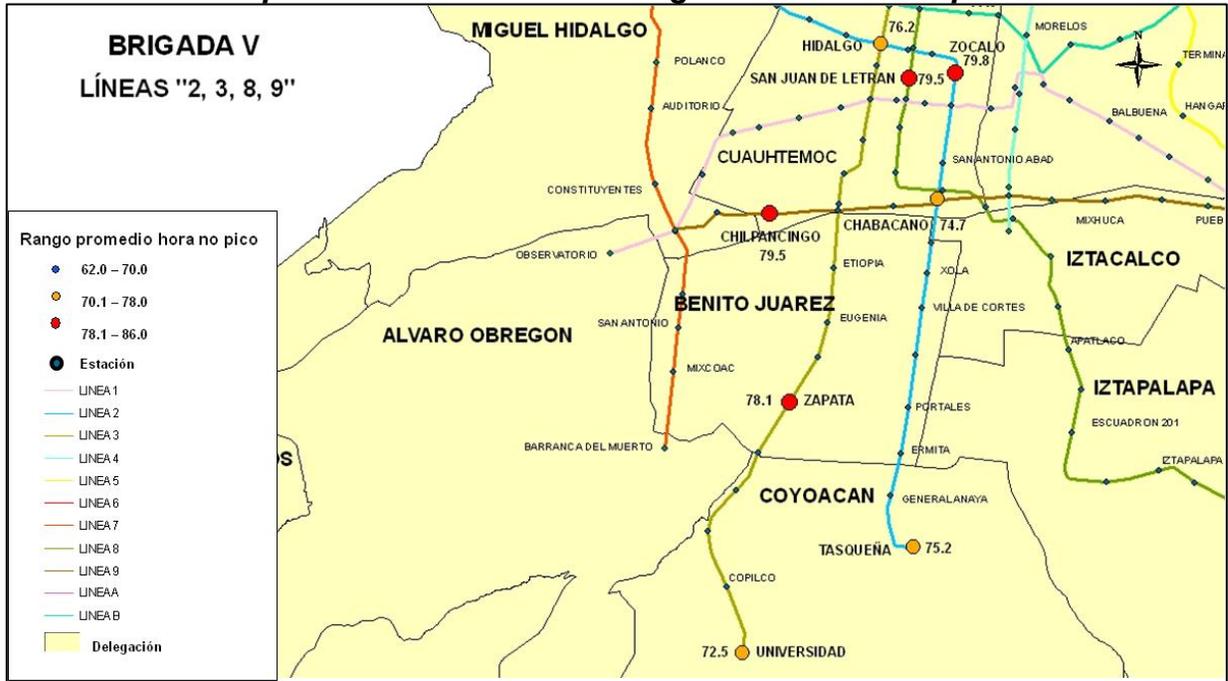
**Mapa 12. Mediciones de la Brigada 4 en hora no pico**



**Mapa 13. Mediciones de la Brigada 5 en hora pico**



**Mapa 14. Mediciones de la Brigada 5 en hora no pico**



**Mapa 15. Mediciones de la Brigada 6 en hora pico**



**Mapa 16. Mediciones de la Brigada 6 en hora no pico**



## VI. Conclusiones

1. Todas las mediciones obtenidas en el presente estudio se encuentran por encima de lo que establece la NADF-005-AMBT-2006; registrándose promedios de medición de 75.80 dB(A) *en hora pico* y de 76.05 dB(A) *hora no pico*. Por lo tanto, queda establecido que estos espacios presentan niveles sonoros considerablemente elevados.
2. Los niveles máximos registrados fueron de 85.40 dB en *hora pico* (estación Tacuba de la Línea 2) y 84.0 dB en *horario no pico* (estación Coyuya).
3. En términos generales, de las 49 estaciones consideradas en el presente trabajo, 25 tuvieron un aumento que va del 0.1 a los 7.5 decibeles; tres no sufrieron modificación y 21 variaron entre el 0.1 y los 7.1 decibeles.
4. No existe diferencia entre las horas pico y no pico.
5. La cantidad de usuarios que se encuentran presentes en los andenes y en los vagones es importante, ya que a mayor número de personas, los niveles sonoros disminuyen.
6. El ruido que se genera en las estaciones subterráneas es mayor entre 1 y 10 decibeles que las estaciones que se encuentran elevadas y superficiales.
7. Dentro de los vagones se obtuvo una medición de 92.3 dB(A) en *hora no pico*, debido a que la cantidad de pasajeros en el tren era menor que en la medición realizada en *hora pico*. Por ello, se tiene el supuesto que la medición es un poco mayor debido a la ausencia de pasajeros que sirven como cuerpos de atenuación del ruido.
8. La línea menos ruidosa es la 4 en *hora pico* y en *hora no pico*. En contraste, la línea que puede considerarse como una de las más ruidosas tanto en *hora pico* como en *hora no pico* es la 8, registrando promedios de medición de 79.53 y 80.57 dB(A), respectivamente.
9. En cuanto a la presencia de comercio ambulante dentro de las instalaciones del STC-Metro, se recomienda que se regularice la situación de dichos vendedores debido a que con el paso de tiempo, los niveles elevados de ruido se pueden convertir en un serio problema de salud pública, no sólo para las personas que están expuestas por poco tiempo, sino para los mismos ambulantes que al ser su fuente de empleo se encuentran expuestos por periodos más prolongados.



10. Otra de las situaciones que se observó con la presencia de los vagoneros que emplean bocinas para cantar o promocionar sus productos, es que generan mucha molestia entre los pasajeros, lo que puede traer como consecuencia serios problemas sociales al registrarse “trifulcas” derivadas del estrés que provocan los niveles elevados de ruido.
  
11. Considerando los valores de exposición recomendados por la OMS, los niveles de ruido que son generados en algunas estaciones y trayectos, producen daños al oído de forma gradual.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Bañuelos Irusta, García Pérez, Lagartos Calvo, Martínez de Contrasta, *Proyecto de revisión y actualización del mapa de ruido de Victoria-Gasteiz*, Centro de acústica aplicada. Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, España, 2002, 39 pp.
- Gobierno del Distrito Federal. *Sistema de Transporte Colectivo Metro de la Ciudad de México*. En línea: <http://www.metro.df.gob.mx>. [Consulta: agosto de 2009].
- *Instrucciones para la entrega de los datos asociados a los mapas estratégicos de ruido*. Madrid, España, Ministerio de Medio Ambiente, 2007, 85 pp.
- *Noticias sobre el ruido: la contaminación acústica en la prensa española*. En línea: [http://www.ruidos.org/Referencias/Ruido\\_efectos.html](http://www.ruidos.org/Referencias/Ruido_efectos.html). [Consulta: agosto de 2009].
- Organización Mundial de la Salud (OMS). *Guías para el ruido urbano*, Londres, Reino Unido, abril 1999, 159 pp.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2006). México *El impacto ambiental del ruido generado por el transporte carretero y su valoración hacia un transporte sustentable*, [http://publications.piarc.org/ressources/documents/actes-seminaires06/c2122-mexique06/3\\_Fernando\\_Mendoza.pdf](http://publications.piarc.org/ressources/documents/actes-seminaires06/c2122-mexique06/3_Fernando_Mendoza.pdf). [Consulta: agosto de 2009].
- Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. *NADF-005-AMBT-2006. Establece las condiciones de medición y los límites máximos permisibles de emisiones sonoras que deberán cumplir los responsables de fuentes emisoras ubicadas en el Distrito Federal*. Publicada en el Gaceta de Gobierno del Distrito Federal el 27 de septiembre de 2006.
- Gobierno del Distrito Federal. *Sistema de Transporte Colectivo Metro de la Ciudad de México. Afluencia de estación por línea en el 2007*. En línea: <http://www.metro.df.gob.mx>, Sección: datos de operación/afluencia. [Consulta: diciembre 2008].

## Anexo 1. Resultados obtenidos de las mediciones

ID	Brigada	Estación	Línea	dB pico	dB no pico
1	1	Pantitlán	1	73.2	73.3
2	1	Zaragoza	1	72.8	78.9
3	1	Pantitlán	9	74	74.7
4	1	Puebla	9	77.5	77.8
5	1	Guelatao	A	80	79.5
6	1	Santa Marta	A	75.6	73.5
7	1	Los Reyes	A	71.7	71.6
8	1	La Paz	A	77.4	74.8
9	1	Pantitlán	A	73.1	74.4
10	2	La Raza	3	79.2	79.3
11	2	*Valle Gómez	5	77.1	75.6
12	2	La Raza	5	80.3	76.8
13	2	Lagunilla	B	77.5	77.9
14	2	Buenavista	B	73.6	78.3
15	2	Melchor Múzquiz	B	79.8	79.1
16	2	Tecnológico (Ecatepec)	B	77.1	77.1
17	2	Ciudad Azteca	B	77.9	77
18	3	Indios Verdes	3	75.7	76.3
19	3	Deportivo 18 de Marzo	3	74.5	76.1
20	3	Terminal Autobuses del Norte	5	76.1	72.5
21	3	Politécnico	5	73.1	74.4
22	3	La Villa - Basílica	6	72.4	71.4
23	3	*Deportivo 18 de Marzo	6	70.1	71.1
24	3	El Rosario	6	72	72
25	3	El Rosario	7	67.6	69.7
26	4	Insurgentes	1	79.8	82.9
27	4	Chapultepec	1	75.8	81.9
28	4	Observatorio	1	78.9	82
29	4	Cuatro Caminos	2	77	75.8
30	4	Tacuba	2	85.8	78.7
31	4	Polanco	7	83	82.6
32	4	Barranca del Muerto	7	79.3	76.2
33	4	Tacubaya	9	79	80.4
34	5	Hidalgo	2	78.8	76.2
35	5	Zócalo	2	79.8	79.8
36	5	Taxqueña	2	77.4	75.2
37	5	Chabacano	2	76.2	74.7
38	5	Chilpancingo	9	78.8	79.5
39	5	San Juan de Letrán	8	77.3	79.5
40	5	Zapata	3	75.3	78.1



ID	Brigada	Estación	Línea	dB pico	dB no pico
41	5	Universidad	3	71.6	72.5
42	6	Martín Carrera	4	69.5	68.7
43	6	Canal del Norte	4	70.2	70.9
44	6	Jamaica	4	62.3	69.8
45	6	*Santa Anita	4	70.8	70
46	6	Mixhuca	9	77.4	78.4
47	6	Coyuya	8	82.6	84
48	6	Constitución de 1917	8	78.7	78.2
49	6	Martín Carrera	6	69.8	67.7

## Anexo 2. Estadísticas de los datos

**Cuadro 3. Estadística general de las mediciones**

Fecha de medición	Promedio (dBA)	Desviación estándar	Máximo/Mínimo	Estación de localización
Miércoles 10 de junio Hora <i>pico</i> de 07:00 a 09:00 horas	75.8	4.31	85.8	Tacuba (Línea 2)
			62.3	Jamaica (Línea 4)
Miércoles 10 de junio Hora <i>no pico</i> de 10:30 a 12:00 horas	76.05	3.96	84	Coyuya (Línea 8)
			67.7	Martín Carrera (Línea 6)

**Cuadro 4. Estadística por brigada en hora pico**

	Brigada I	Brigada II	Brigada III	Brigada IV	Brigada V	Brigada VI
<b>Promedio</b>	75.03	77.81	72.69	<b>79.83</b>	76.90	72.66
<b>Desviación Estándar</b>	2.76	2.10	2.86	3.20	2.60	<b>6.47</b>
<b>Máximo</b>	80.00	80.30	76.10	<b>85.80</b>	79.80	82.60
<b>Mínimo</b>	71.70	73.60	67.60	75.80	71.60	<b>62.30</b>

**Cuadro 5. Estadística por brigada en hora no pico**

	Brigada I	Brigada II	Brigada III	Brigada IV	Brigada V	Brigada VI
<b>Promedio</b>	75.39	77.64	72.94	<b>80.06</b>	76.94	73.46
<b>Desviación Estándar</b>	2.72	1.25	2.41	2.85	2.70	<b>5.92</b>
<b>Máximo</b>	79.50	79.30	76.30	82.90	79.80	<b>84.00</b>
<b>Mínimo</b>	71.60	75.60	69.70	75.80	72.50	<b>67.70</b>

**Cuadro 6. Diferencia de brigadas entre hora pico y hora no pico**

	Brigada 1	Brigada 2	Brigada 3	Brigada 4	Brigada 5	Brigada 6
<b>Promedio</b>	<b>-0.36</b>	0.17	<b>-0.25</b>	<b>-0.24</b>	<b>-0.04</b>	<b>-0.80</b>
<b>Desviación Estándar.</b>	0.04	0.85	0.45	0.36	<b>-0.10</b>	0.54
<b>Máximo</b>	0.50	1.00	<b>-0.20</b>	2.90	0.00	<b>-1.40</b>
<b>Mínimo</b>	0.10	<b>-2.00</b>	<b>-2.10</b>	0.00	<b>-0.90</b>	<b>-5.40</b>

**Cuadro 7. Estadística por línea en hora pico**

Línea	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B
<b>Promedio</b>	76.10	79.17	75.26	68.20	76.65	71.08	76.63	<b>79.53</b>	76.93	75.56	77.18
<b>Desviación Estándar</b>	3.20	3.50	2.72	3.97	2.97	1.31	<b>8.04</b>	2.75	2.05	3.32	2.25
<b>Máximo</b>	79.80	<b>85.80</b>	79.20	70.80	80.30	72.40	83.00	82.60	78.80	80.00	79.80
<b>Mínimo</b>	72.80	76.20	71.60	<b>62.30</b>	73.10	69.80	67.60	77.30	74.00	71.70	73.60

**Cuadro 8. Estadística por línea en hora no pico**

Línea	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B
<b>Promedio</b>	79.80	76.92	76.46	69.85	74.83	70.55	76.17	<b>80.57</b>	77.60	74.76	77.88
<b>Desviación Estándar</b>	3.93	2.23	2.58	0.90	1.83	1.94	<b>6.45</b>	3.04	2.06	2.92	0.87
<b>Máximo</b>	82.90	79.80	79.30	70.90	76.80	72.00	82.60	<b>84.00</b>	79.50	79.50	79.10
<b>Mínimo</b>	73.30	74.70	72.50	68.70	72.50	<b>67.70</b>	69.70	78.20	74.70	71.60	77.00

**Cuadro 9. Diferencia de líneas entre hora pico y hora no pico**

Línea	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B
<b>Promedio</b>	<b>-3.70</b>	2.25	<b>-1.20</b>	<b>-1.65</b>	1.83	0.53	0.47	<b>-1.03</b>	<b>-0.67</b>	0.80	<b>-0.70</b>
<b>Desviación Estándar</b>	-0.74	1.27	0.15	3.07	1.13	-0.62	1.59	-0.30	-0.01	0.40	1.38
<b>Máximo</b>	<b>-3.10</b>	6.00	<b>-0.10</b>	<b>-0.10</b>	3.50	0.40	0.40	<b>-1.40</b>	<b>-0.70</b>	0.50	0.70
<b>Mínimo</b>	<b>-0.50</b>	1.50	<b>-0.90</b>	<b>-6.40</b>	0.60	2.10	<b>-2.10</b>	<b>-0.90</b>	<b>-0.70</b>	0.10	<b>-3.40</b>

**Cuadro 10. Mediciones dentro del vagón en hora pico**

Brigada	Línea	De estación	a estación	dB (A) Hora pico
<b>I</b>	A	Guelatao	Pantitlán	76.1
<b>II</b>	B	Múzquiz	Lagunilla	74.5
<b>III</b>	6	Instituto del Petróleo	El Rosario	77.3
<b>IV</b>	7	Tacubaya	Polanco	<b>86.4</b>
<b>V</b>	2	Chabacano	Taxqueña	76.9
<b>VI</b>	8	Constitución de 1917	Coyuya	79.1

**Cuadro 11. Medición dentro del vagón en hora no pico**

Brigada	Línea	De estación	a estación	dB (A) Hora no pico
I	A	Pantitlán	Guelatao	80.6
II	B	Lagunilla	Múzquiz	80
III	6	El Rosario	Instituto del Petróleo	82.5
IV	7	Polanco	Tacubaya	<b>92.3</b>
V	2	Taxqueña	Chabacano	78
VI	8	Coyuya	Constitución de 1917	83

**Cuadro 12. Variación dentro del vagón hora no pico vs hora pico**

Brigada	Línea	De estación	a estación	Variación
I	A	Pantitlán	Guelatao	4.5
II	B	Lagunilla	Múzquiz	5.5
III	6	El Rosario	Instituto del Petróleo	5.2
IV	7	Polanco	Tacubaya	5.9
V	2	Taxqueña	Chabacano	1.1
VI	8	Coyuya	Constitución de 1917	3.9



**Anexo 3. Formato de campo para el llenado de la información de las mediciones en *hora pico***

ID	Línea	Estación	Traslado		Hora de medición		dB (A)		Observaciones
			De estación	a estación	Hora pico	Tiempo real de medición	Andén	Vagón	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									



**Formato de campo para el llenado de la información de las mediciones en *hora no pico***

ID	Línea	Estación	Traslado		Hora de medición		dB (A)		Observaciones
			De estación	a estación	Hora no pico	Tiempo real de medición	Andén	Vagón	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									

### Anexo 4. Distribución de las brigadas en la Red del STC Metro

