

# ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA DEL TRAMO 1 DE LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO DE BOGOTÁ



CONSORCIO METRO BOG

**SYSTRA**



**INGETEC**  
INGENIEROS CONSULTORES

# VIBRACIONES LÍNEA BASE AMBIENTAL

1. Umbrales de comportamiento
2. Procedimiento de medición
3. Procedimiento de análisis
4. Selección de puntos de medición
3. Resultados campaña de mediciones de vibración ambiental
4. Condición durante construcción
5. Condición durante operación
6. Efectos de vibraciones a las estructuras adyacentes

Tabla 1. Valores Máximos de Velocidad de partícula (mm/s) para evitar daños (Norma DIN 4150)

Table 1. Particle peak velocity values (mm/s) to avoid damages (DIN 4150 Regulation)

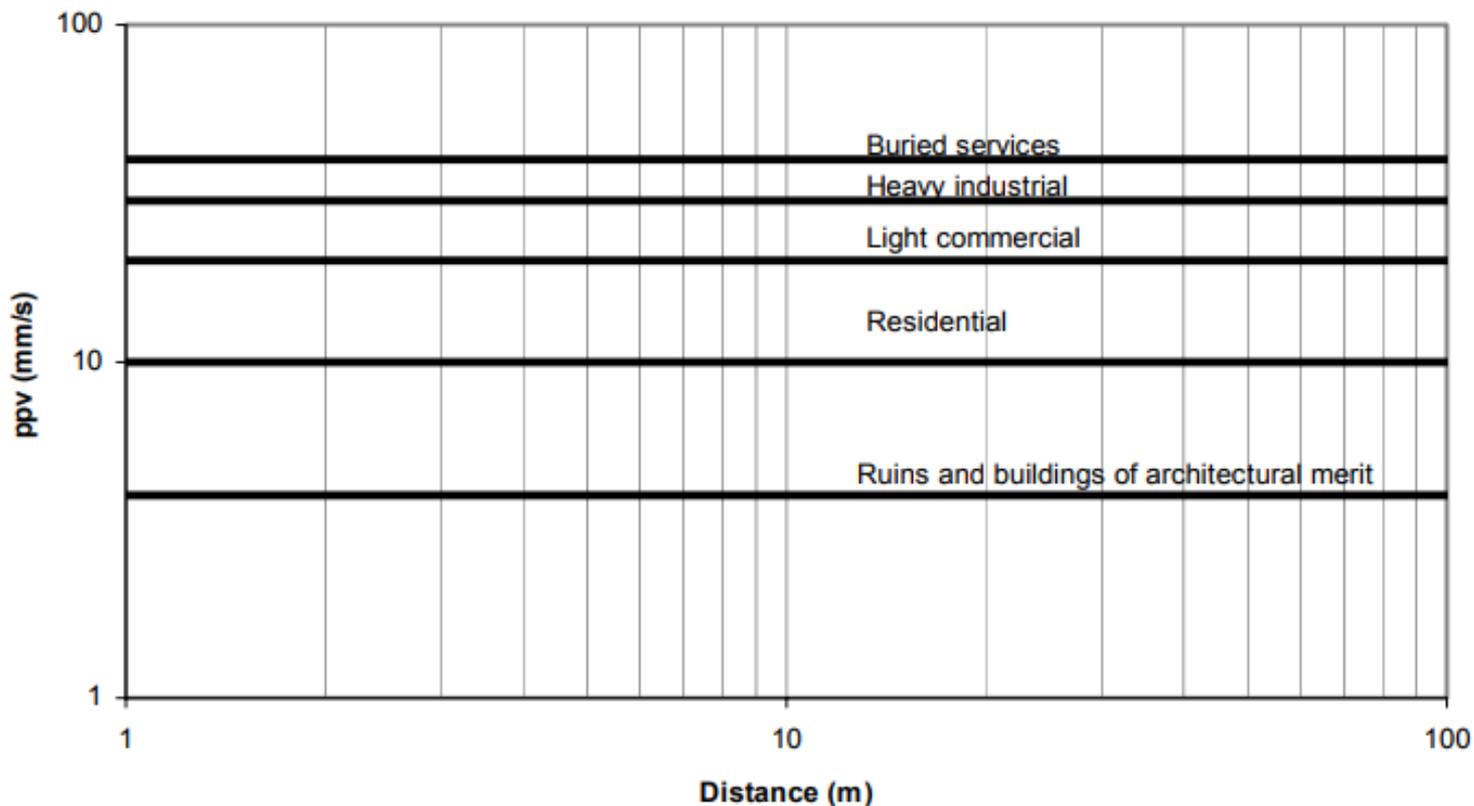
Tipo de Edificación / Type of Building	Frecuencia / Frequency		
	< 10 Hz	10-50Hz	50-100 Hz
Estructuras delicadas, muy sensibles a la vibración / Weak buildings, highly sensitive to vibrations	3	3-8	8-10
Viviendas y Edificios / Housing and buildings	5	5-15	15-20
Comercial e Industrial / Commercial and Industrial	20	20-40	40-50

Tabla 2. Valores Máximos de Velocidad de partícula establecidos en la referencia (ITME, 1985)

Table 2. Particle peak velocity established by regulation (ITME, 1985)

Tipo de Edificación Type of Building	Velocidad máxima de partícula Particle peak velocity
Para edificaciones en muy mal estado de construcción o edificios en madera o mampostería For buildings under poor construction conditions, wooden or masonry buildings	12 mm/s
Edificios muy sensibles a las vibraciones Building highly sensitive to vibrations	0 a 10 Hz → 3 mm/s 10 a 50 Hz → 3 a 8 mm/s 50 a 100 Hz → 8 a 10 mm/s

Vacca, Rodriguez y Ruiz (2011)

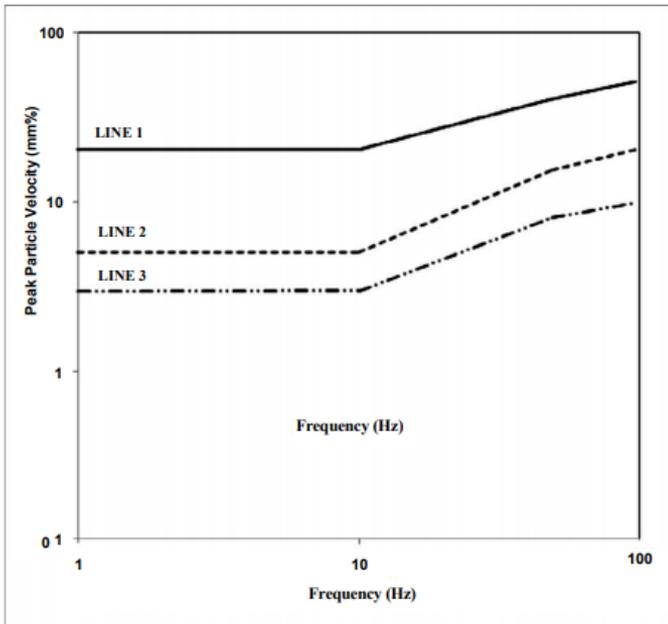


Límites de vibración para impedir daño en las estructuras (Eurocode 3)

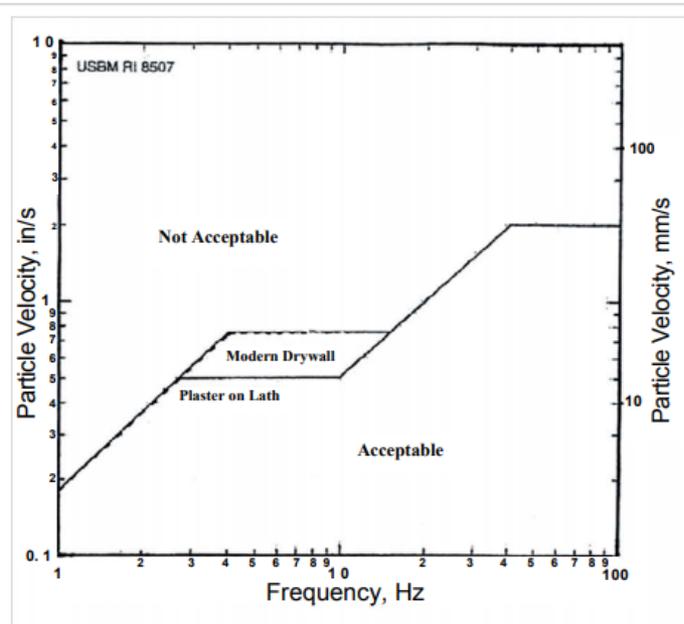
# UMBRALES DE VIBRACIÓN

US Bureau of Mines RI 8507			DIN 4150-3			
Structure	PPV (mm/s)		Structure	PPV (mm/s)		
	<40 Hz	≥40 Hz		10 Hz	10-50 Hz	50-100 Hz
Modern homes dry-wall interiors	18,75	50	Industrial buildings	20	20-40	40-50
Older homes	12,50	50	Residential buildings	5	5-15	15-20
			More sensitive buildings than above	3	3-8	8-10

**Table 1:** Safe level blasting criteria: thresholds of PPV values at different frequencies (USBM and DIN 4150) [18,22,25].



Limit of the potential damage for: **DIN 4150**  
 LINE 1: Industrial Building  
 LINE 2: Residential Building  
 LINE 3: Sensitive Building

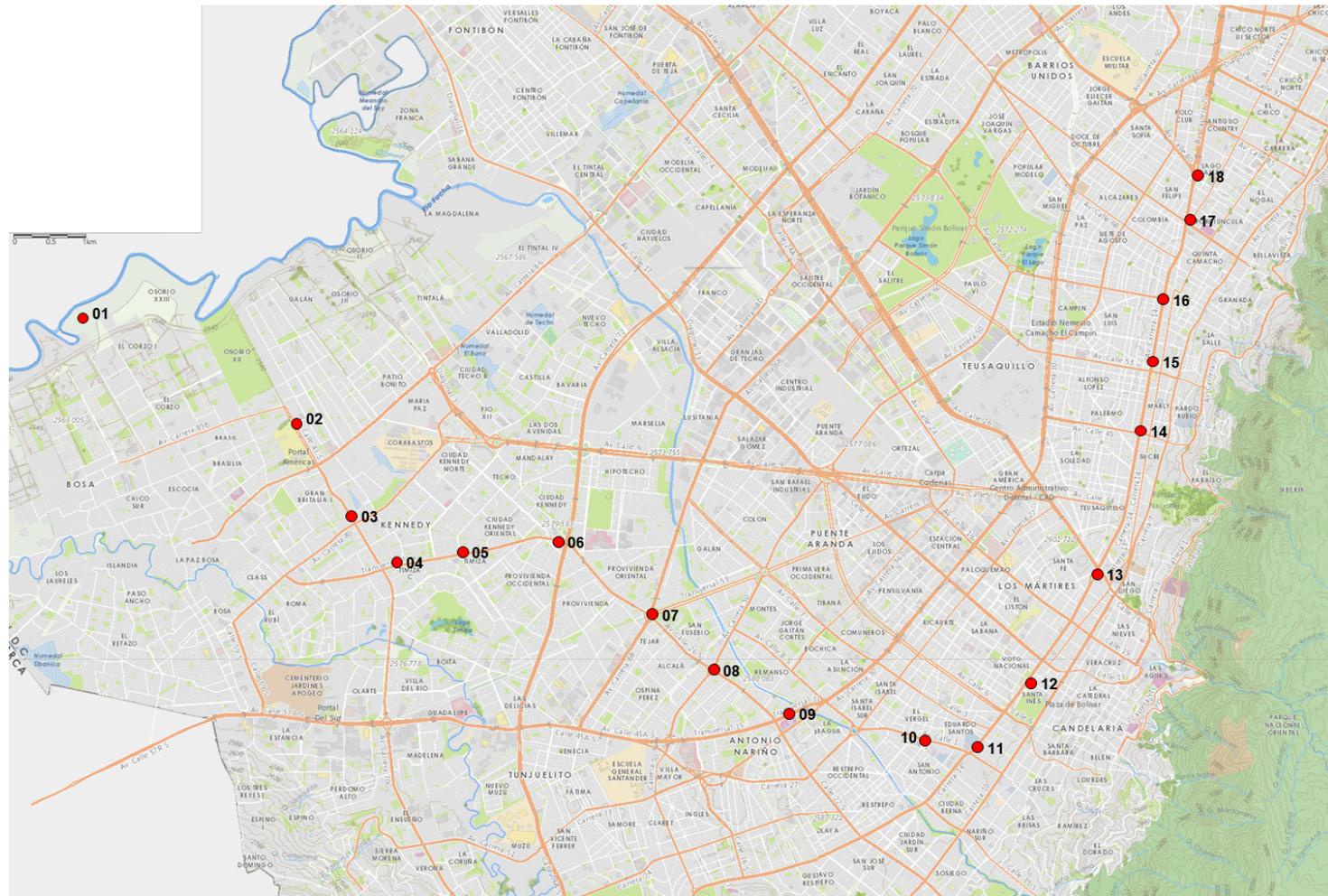


The safe limit for **USBM**  
 - - - Modern Homes  
 — Older Homes

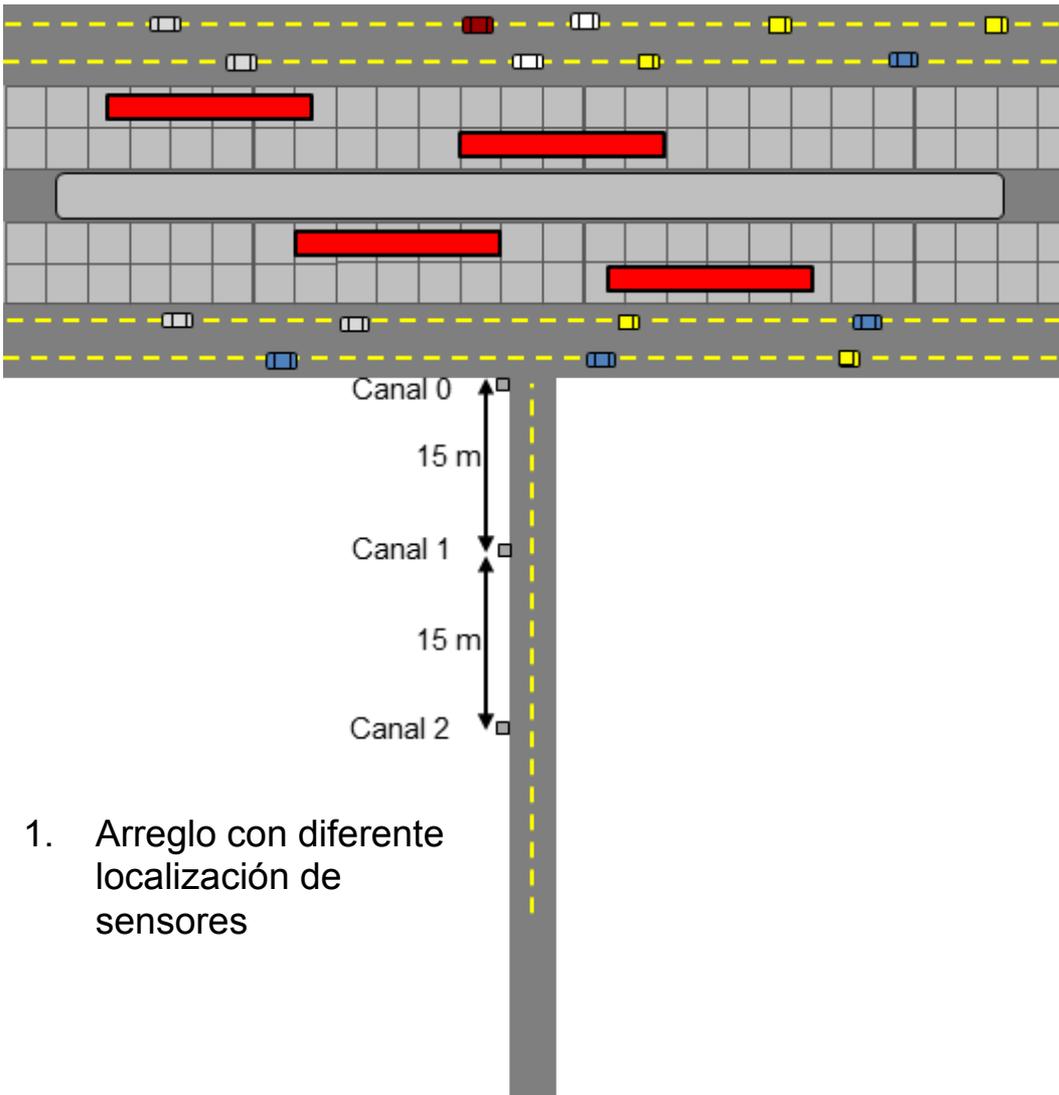
Con base en las recomendaciones de la DIN 4150 (2016), AS2187.2 (1993) y CALTRANS (2013) se limitan la velocidad de partícula para afectación estructuras antiguas construidas en mampostería a 12.7 mm/s (0.5 in/s) en el caso de fuentes de vibraciones transientes (poco frecuentes) y de 7.6 mm/s para el caso de fuentes de vibración continuas.



# SELECCIÓN PUNTOS DE MONITOREO



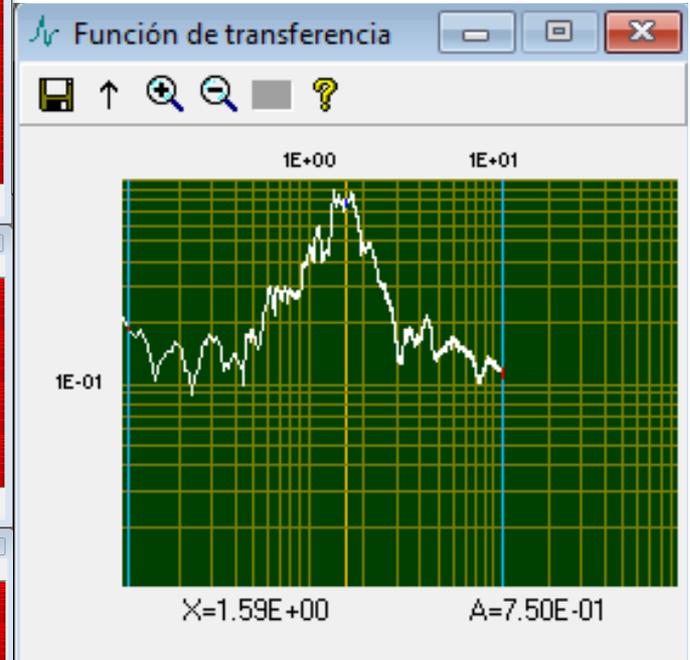
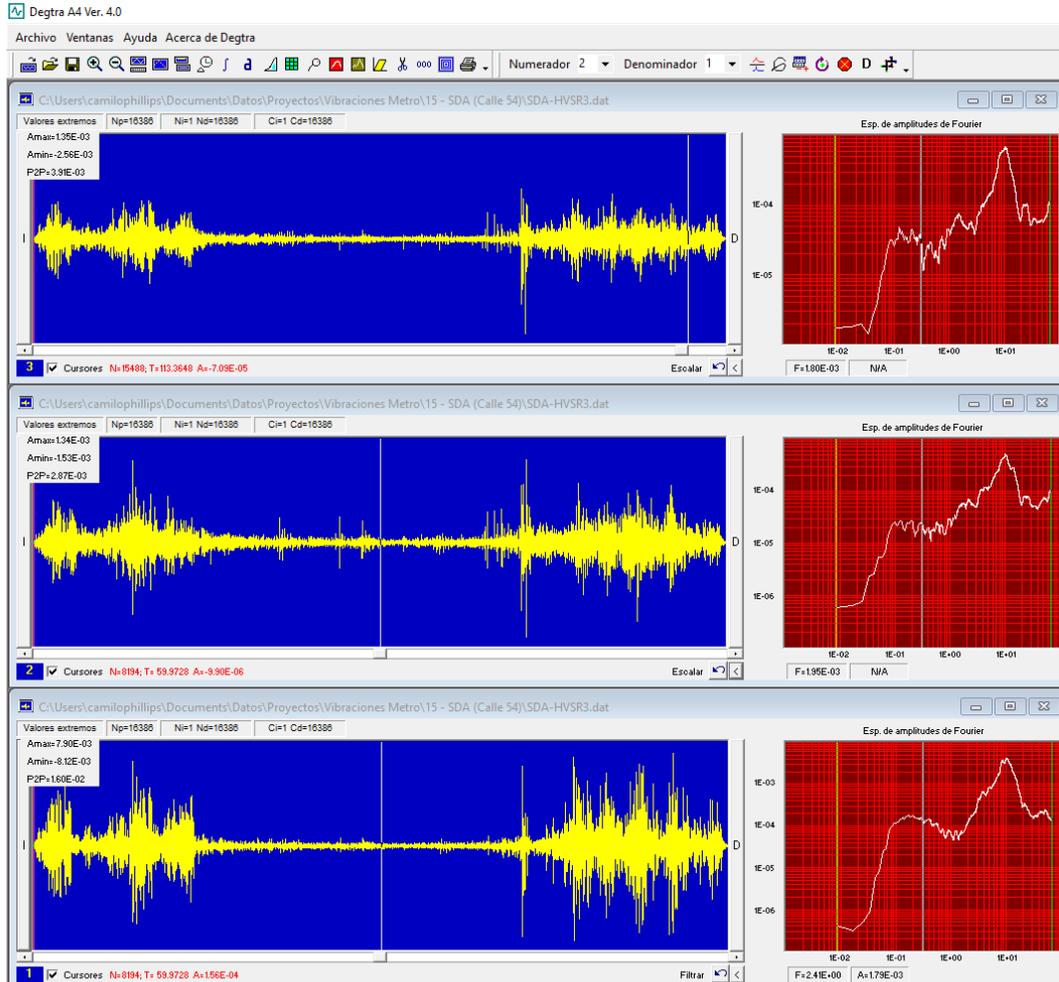
- Puntos de Medición
- |                 |                    |                                     |
|-----------------|--------------------|-------------------------------------|
| 01 Patio Taller | 02 Portal Américas | 03 Villa Blanca                     |
| 04 Palenque     | 05 Kennedy         | 06 Avenida Boyacá                   |
| 07 Avenida 68   | 08 Avenida Rosario | 09 NQS                              |
| 10 Santander    | 11 Hospitales      | 12 Centro Histórico                 |
| 13 Calle 26     | 14 Calle 45        | 15 Secretaría Distrital de Ambiente |
| 16 Calle 63     | 17 Calle 72        | 18 Calle 76                         |



1. Arreglo con diferente localización de sensores



2. Arreglo Triaxial



## 01 – Patio Taller



## 02 – Portal Américas



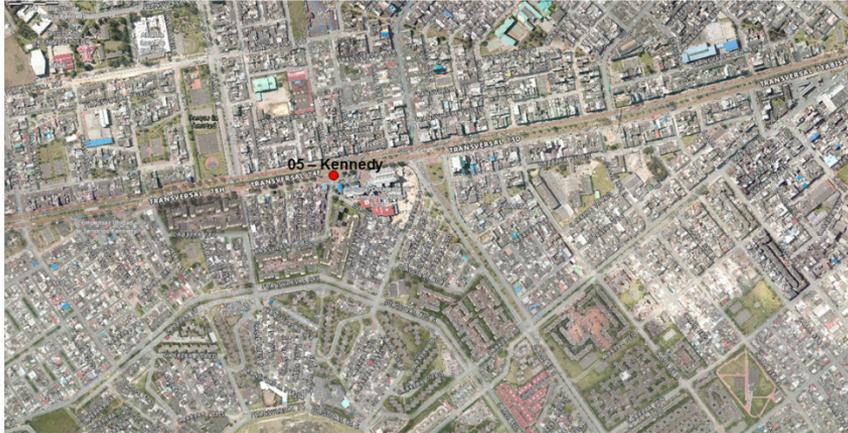
## 03 – Villa Blanca



## 04 – Palenque



## 05 – Kennedy



## 06 – Avenida Boyacá



## 07 – Avenida 68



## 08 – Avenida Rosario



## 09 – NQS



## 10 – Santander



## 11 – Hospitales



## 12 – Centro Histórico



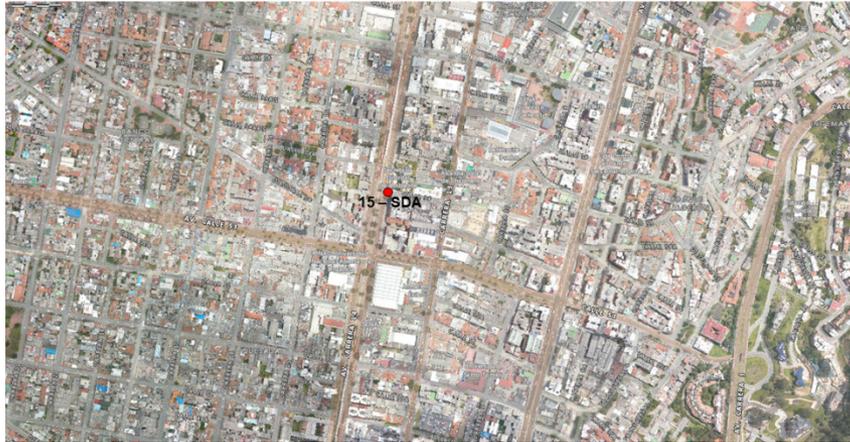
13 – Calle 26



14 – Calle 45



## 15 – Secretaria Distrital de Ambiente (SDA)



## 16 – Calle 63



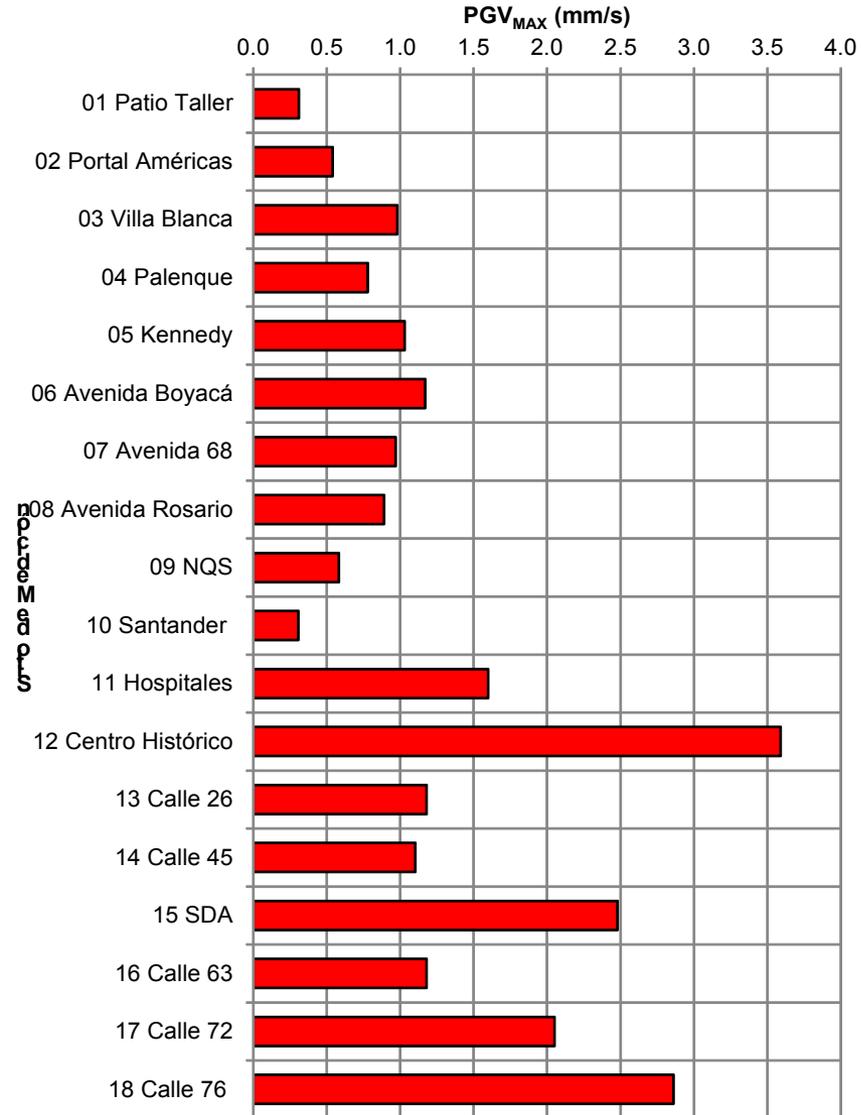
17 – Calle 72



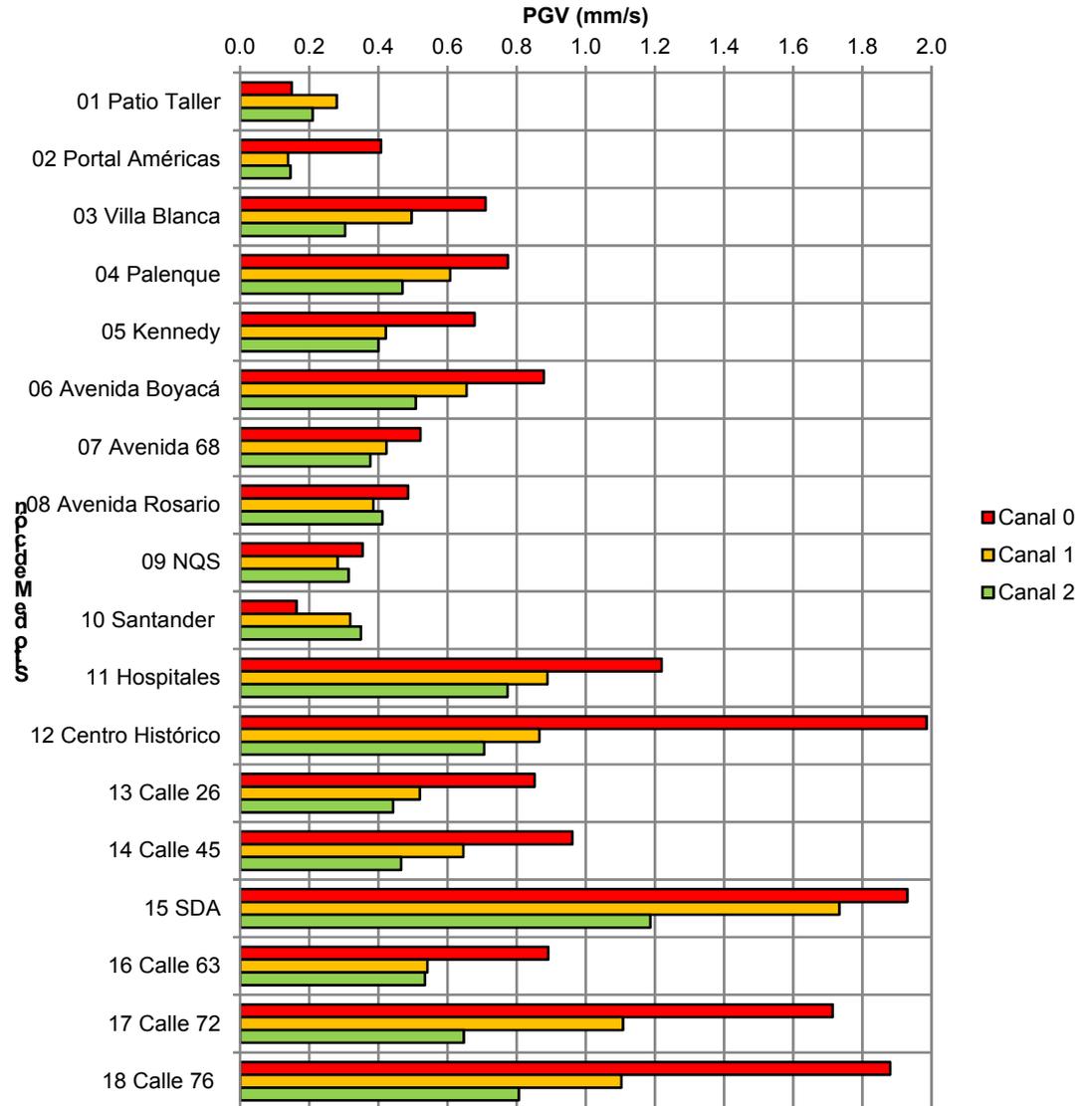
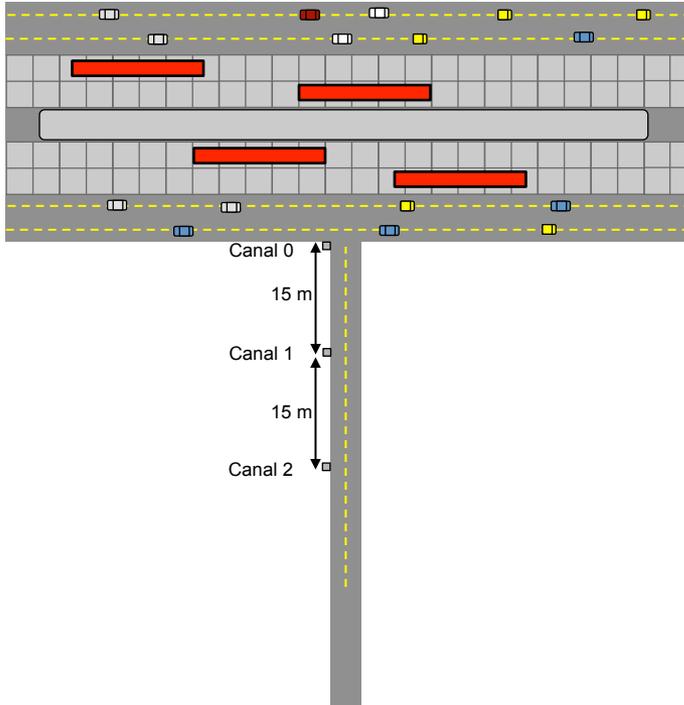
18 – Calle 76



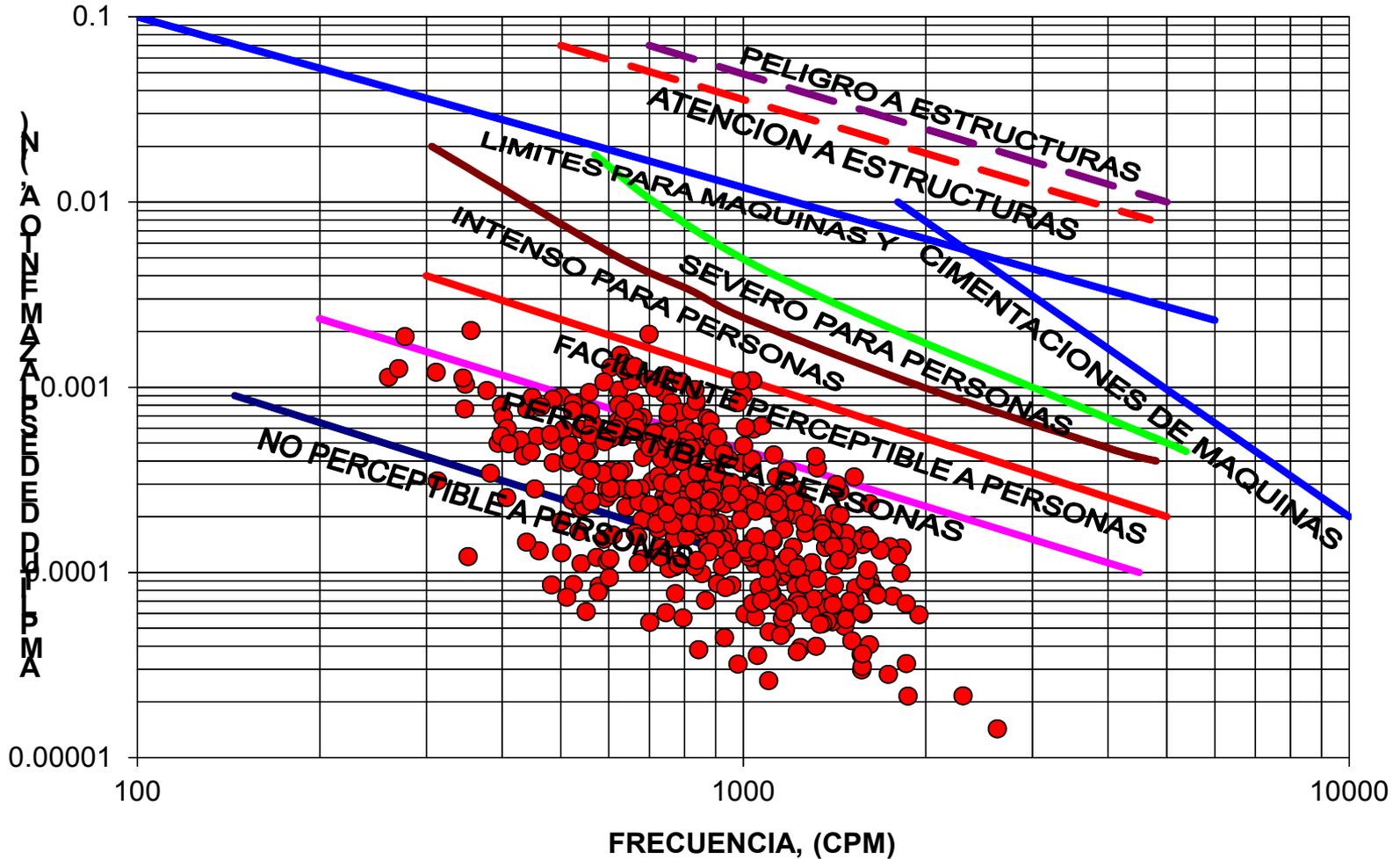
La velocidad de partícula máxima estimada en las mediciones realizadas es de 3.59 mm/s (Centro Histórico) que es 47% del valor limite para vibraciones continuas (7.6 mm/s). El valor reportado corresponde al máximo de todos los valores medidos a lo largo del corredor para periodos clasificados como hora pico, hora valle y las mediciones HVSR



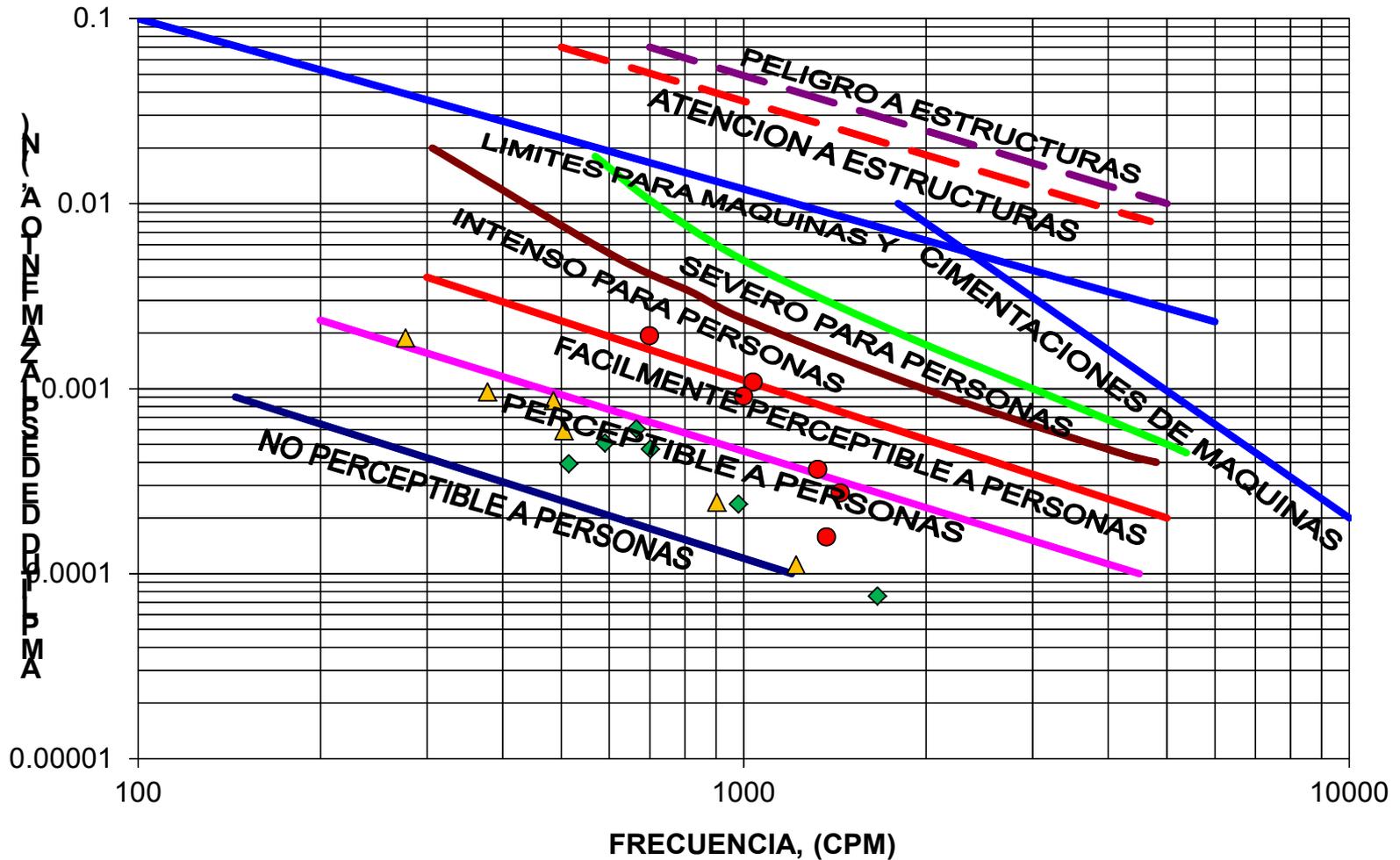
# RESULTADOS MONITOREO



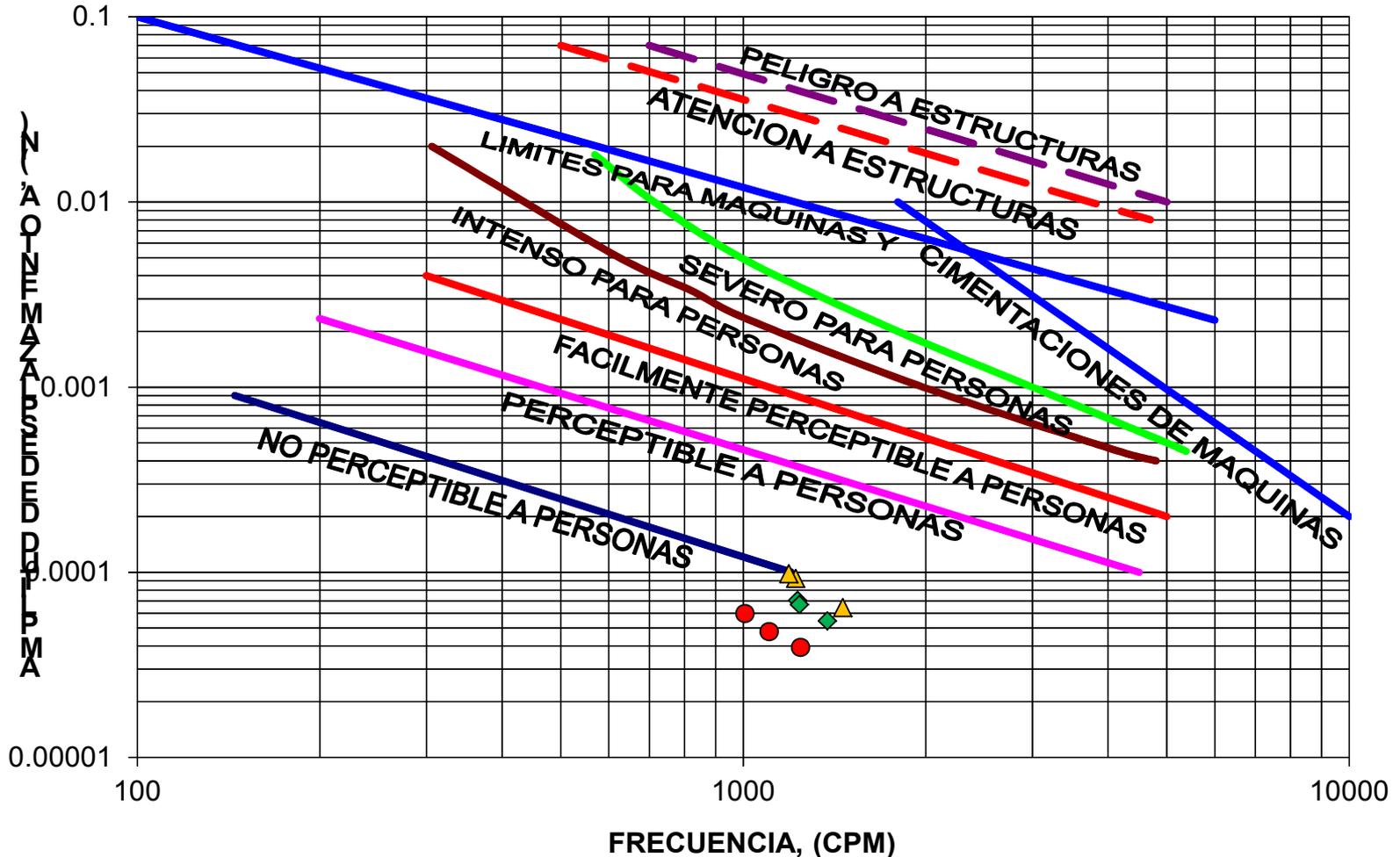
## Todas la mediciones



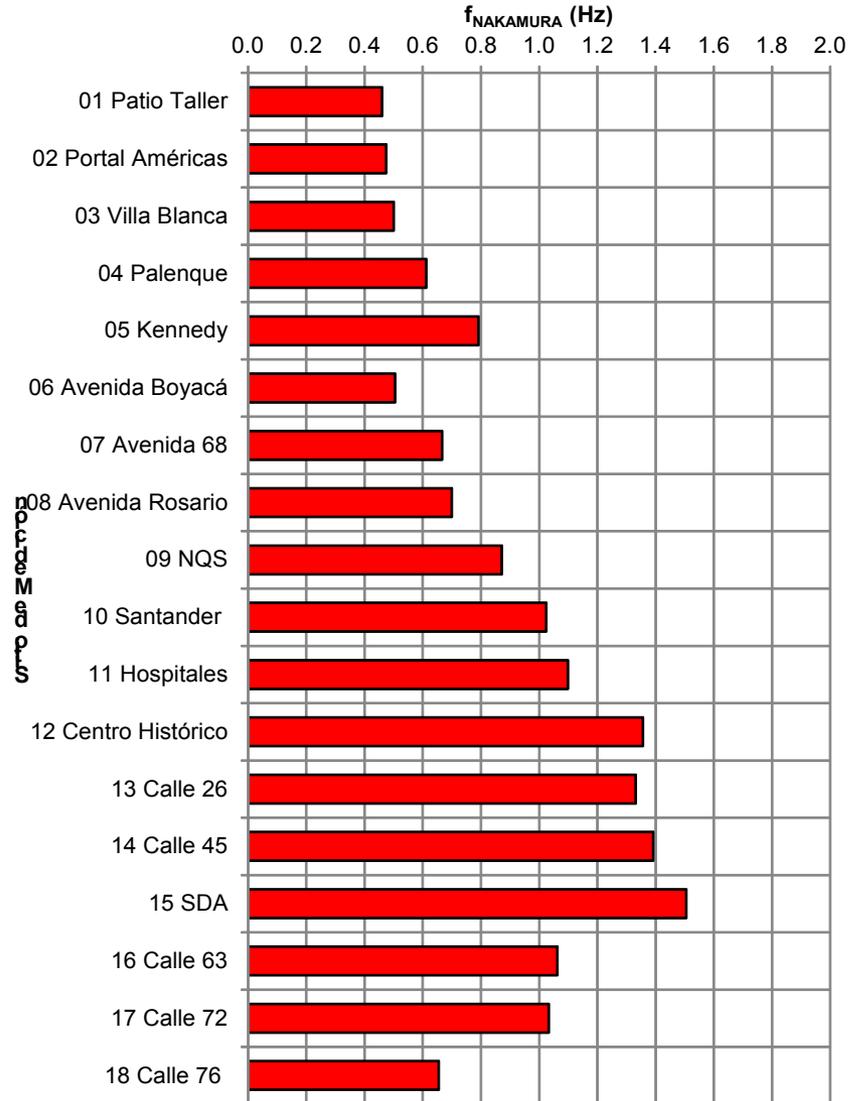
## Centro Histórico



## Patio Taller

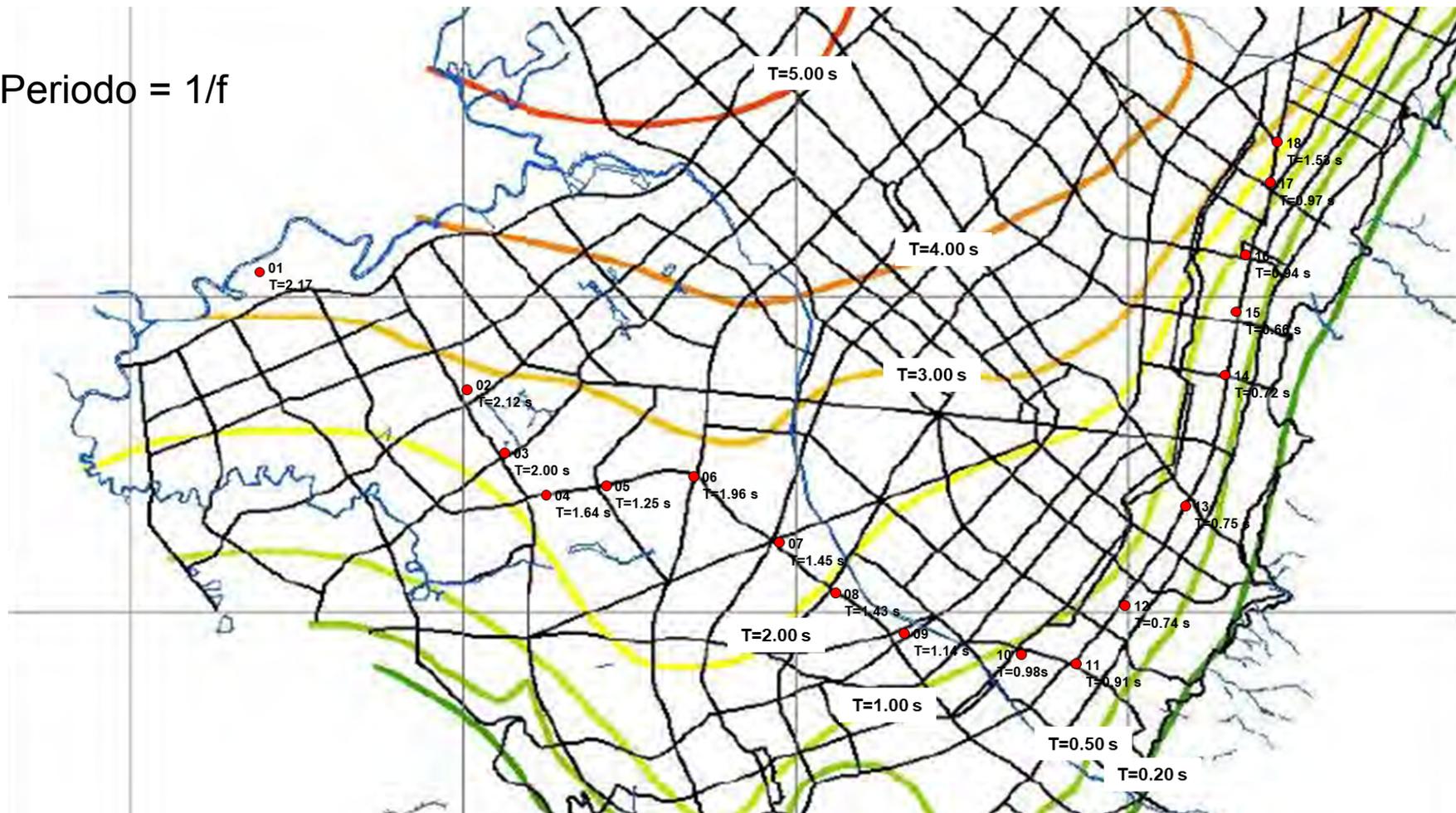


# RESULTADOS MONITOREO



# RESULTADOS MONITOREO

Periodo = 1/f



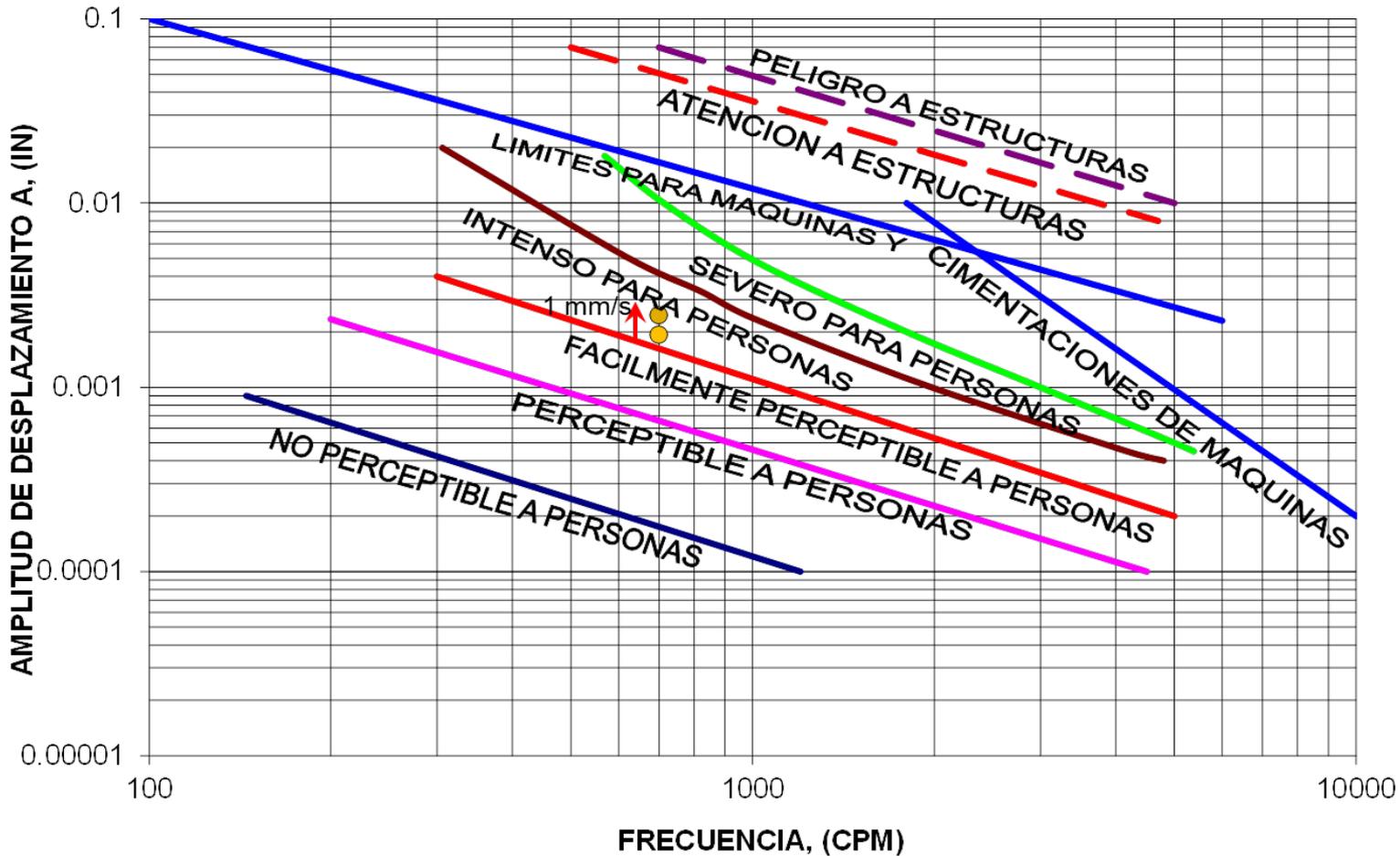
● Puntos de Medición	01 Patio Taller	02 Portal Américas	03 Villa Blanca
	04 Palenque	05 Kennedy	06 Avenida Boyacá
	07 Avenida Rosario	08 Avenida Rosario	09 NQS
	10 Santander	11 Hospitales	12 Centro Histórico
	13 Calle 26	14 Calle 45	15 Secretaria Distrital de Ambiente
	16 Calle 63	17 Calle 72	18 Calle 76

Las actividades de construcción que generan mayores niveles de vibración corresponden al uso de explosivos para excavaciones en roca o el hincado de elementos de fundación (pilotes) o contención (tablestacados).

En el desarrollo de la Primera Línea del Metro no se tiene previsto que se implementen actividades que involucren el uso de explosivos o el hincado de elementos de acero o concreto, con lo cual se minimizan cualquier tipo de afectación por vibraciones. Se tiene previsto que las cimentaciones profundas necesarias para la fundación del viaducto y las estaciones sean desarrollada con pilotes pre-excavados técnica que como lo define la norma inglesa BS7385-2 (1993) es una metodología de construcción de pilotes que genera bajos niveles de vibración y que solo en el caso de instalación de camisas de acero de gran longitud puede generar niveles de vibración que pudieran ser caracterizados como intensos para personas y que tengan capacidad de generar algún impacto en estructuras.

Aún en el caso que las vibraciones asociadas con los procesos constructivos pudiesen generar valores de 1 mm/s (valor muy superior a los niveles de vibración asociados con la construcción de pilotes pre-excavados) los niveles de vibración en la zona en el andén de los corredores viales serian inferiores al umbral de 7,6 mm/s, por otro lado y tal y como lo presenta la siguiente Figura aún para el punto con el mayor nivel de vibración (Centro Histórico) el efecto de una vibración adicional de 1 mm/s no cambiaría la clasificación de nivel de vibraciones. Se anota que el valor de 1 mm/s se considera un nivel de vibración superior al que se espera que se genere por las actividades de construcción del viaducto y estaciones que hacen parte de la Primera Línea del Metro correspondiendo a un análisis conservador.

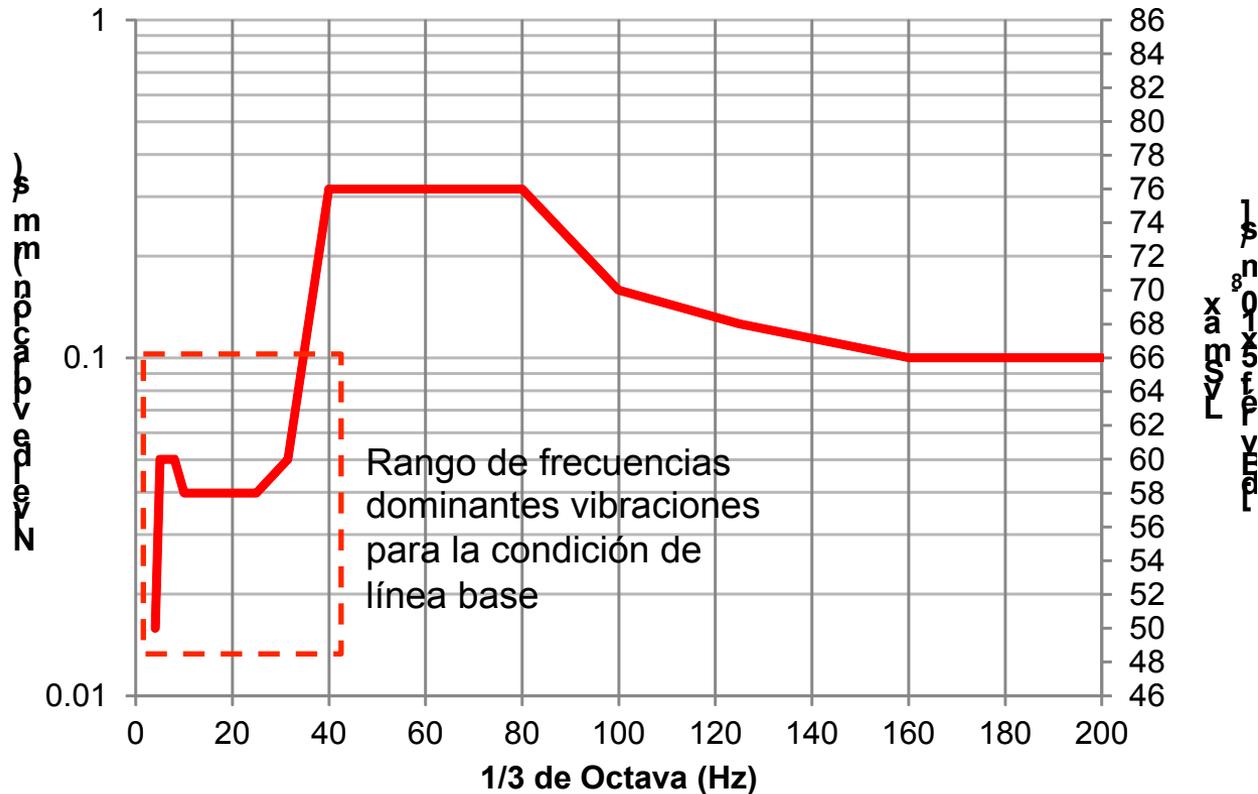
# DURANTE CONSTRUCCIÓN



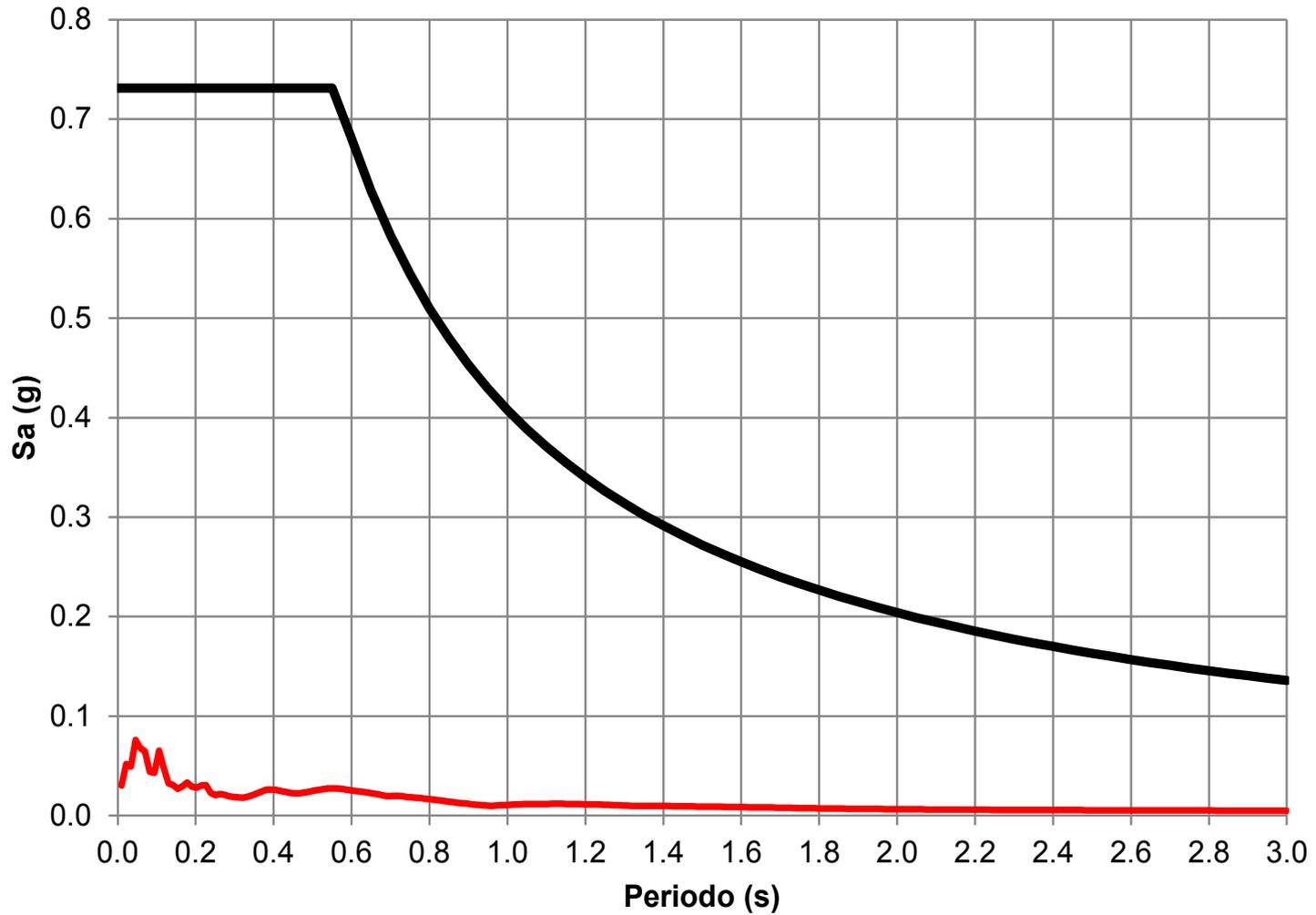
La definición de los apoyos y conectores del material rodante en la estructura del viaducto y las estaciones del Metro minimiza los efectos de vibración al tener elementos que disipan energía en la conexión de los rieles o vías del material rodante y las estructuras del Metro.

La Figura que se presenta a continuación muestra el estimativo de las vibraciones a pie de pila para una velocidad de 85 km/hr, se observa que los niveles de vibración previstos son muy inferiores a 1 mm/s y por tanto los efectos en términos de vibraciones del proyecto son inferiores a los estimados para la etapa de construcción, niveles que como se ha presentado anteriormente son clasificados como bajos, teniendo en cuenta los procesos constructivos previstos para el desarrollo de la Primera Línea del Metro. Con base en lo anterior no se identifican impactos por vibraciones durante la operación del proyecto.

Nivel de vibraciones medido a un metro del pie de pila del Metro para una velocidad de 85 km/h



# EFFECTOS DE VIBRACIONES A LAS ESTRUCTURAS



— Decreto 523 de 2010    — Registro de Vibración