




**EMPRESA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS  
METRO S.A.  
GERENCIA CORPORATIVA DE INGENIERIA**

**SERVICIO DE CONSULTORÍA  
VIBRACIONES Y RUIDO INDUCIDO LÍNEA 9  
TRAMO 3 PLAZA DE LA PINTANA - PLAZA DE PUENTE ALTO  
METRO DE SANTIAGO**

**TÉRMINOS DE REFERENCIA**

A	07-02-24	Licitación	E.G. / F.S.	L. Argomedo	H. González
REV N°	FECHA	EMITIDO PARA	ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR
		L9-C070013-NR-0-7CO-TDR-0001			Página 1 de 19
					Revisión A

Este Documento es propiedad de METRO S.A.

Código Template DPE XXXXXXXX

Se prohíbe su reproducción y exhibición, sin el consentimiento de METRO S.A.

El Documento, una vez impreso, se considera una copia NO CONTROLADA y puede estar obsoleta

Consulte la revisión actual en Departamento de Procesos y Calidad

## ÍNDICE

<b>1.</b>	<b>ANTECEDENTES DE LAS NUEVAS LÍNEAS Y DE LA CONSULTORÍA.....</b>	<b>4</b>
1.1.	Presentación del Proyecto Línea 9 .....	4
1.2.	Presentación de la Consultoría.....	4
1.3.	Objetivo de los Términos de Referencia.....	5
<b>2.</b>	<b>ALCANCES E HITOS DE LA CONSULTORÍA.....</b>	<b>5</b>
2.1.	Alcance General.....	5
2.2.	Alcances.....	5
2.3.	Plazos e Hitos .....	6
<b>3.</b>	<b>PERSONAL REQUERIDO PARA LA CONSULTORÍA .....</b>	<b>7</b>
3.1.	Definición de Personal Clave.....	7
<b>4.</b>	<b>ANTECEDENTES TÉCNICOS.....</b>	<b>8</b>
4.1.	Normas de Referencia.....	8
<b>5.</b>	<b>DETALLE ALCANCES DE LA CONSULTORÍA .....</b>	<b>9</b>
5.1.	Informe Definición Área de Influencia y Caracterización de Receptores.....	9
5.2.	Mediciones Vibraciones y Ruido en Receptores.....	9
5.3.	Mediciones GBV y GBN en Receptores por Operación de Línea 4.....	11
5.4.	Mediciones Material Rodante.....	11
5.5.	Mediciones Transferencia de Movilidad en Suelos.....	12
5.6.	Informe Determinación Densidad de Fuerza Material Rodante .....	13
5.7.	Informe Determinación Respuesta de las Edificaciones a las Vibraciones.....	13
5.8.	Informe Determinación Transferencias de Movilidad.....	13
5.9.	Informe Modelo Proyección de GBV y GBN en Receptores.....	13
5.10.	Informe Levantamiento Línea de Base de Vibraciones y Ruido.....	14
5.11.	Informe Evaluación de Vibraciones y Ruido Inducido .....	14
5.12.	Informe Plan de Monitoreo de Vibraciones y Ruido Inducido.....	15
<b>6.</b>	<b>INSTRUMENTAL Y EQUIPAMIENTO MÍNIMO REQUERIDO.....</b>	<b>16</b>
6.1.	Equipos de medición y adquisición de datos .....	16
6.2.	Software de modelación y representación gráfica de resultados .....	17

---

<b>7.</b>	<b>PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>17</b>
7.1.	Estructura de Informes.....	17
7.2.	Aspectos de Calidad .....	18

## **1. ANTECEDENTES DE LAS NUEVAS LÍNEAS Y DE LA CONSULTORÍA**

### **1.1. Presentación del Proyecto Línea 9**

Como parte del Plan de Inversiones en Transporte Urbano para la ciudad de Santiago, se ha definido la ejecución de la Línea 9, que con una longitud aproximada de 27 km, se unirá a la red de Metro en 2030 con la puesta en operación de su tramo central. Esta nueva línea conectará a las comunas de Recoleta y Puente Alto, pasando en su desarrollo por las comunas de Santiago, San Miguel, San Joaquín, San Ramón, La Granja y la Pintana.

El trazado de Línea 9, que en sus 3 tramos se proyecta de modo subterráneo en toda su longitud, considera 19 estaciones, 6 de ellas de combinación, en particular, con Líneas 2, 3 y 7 en Estación Puente Cal y Canto con Línea 1 en Estación Santa Lucía, con Línea 3 en Estación Matta, con Línea 6 en Estación Bío Bío, con Línea 4A en Estación Santa Rosa y con Línea 4 en Estación Plaza de Puente Alto.

El Tramo 3 de la Línea 9 tiene una longitud aproximada de 9,25 km. Comienza luego de la Estación 14, situada en torno a la Plaza de La Pintana. En la Tabla 1 se indican las ubicaciones de las estaciones del Tramo 3.

**Tabla 1: Ubicación de Estaciones Línea 9 Tramo 3**

<b>Estación</b>	<b>Comuna</b>	<b>Ubicación</b>
<b>Estación 15</b>	La Pintana	Av. Santa Rosa con Av. La Primavera
<b>Estación 16</b>	Puente Alto	Av. Santa Rosa con Av. Eyzaguirre
<b>Estación 17</b>	Puente Alto	Av. Sargento Menadier con Av. Juanita (Bajos de Mena)
<b>Estación 18</b>	Puente Alto	Av. Sargento Menadier con Av. Ejército Libertador
<b>Plaza de Puente Alto</b>	Puente Alto	José Manuel Balmaceda con José Luis Coo

### **1.2. Presentación de la Consultoría**

El servicio en licitación, Consultoría Vibraciones y Ruido Inducido Línea 9 Tramo 3 Plaza de La Pintana - Plaza de Puente Alto se requiere para cubrir todos los aspectos relativos a vibraciones (GBV) y ruido inducido (GBN) producto de la futura operación del tramo indicado, de rodado de acero, que son necesarios para el Estudio de Impacto Ambiental (EIA), incluyendo el seguimiento y las respuestas que se requieran en el Informe Consolidado de Solicitud de Aclaraciones, Rectificaciones y/o Ampliaciones (ICSARA). La presente consultoría no considera aspectos relativos a vibraciones y ruidos producidos durante la construcción.

### **1.3. Objetivo de los Términos de Referencia**

El objetivo de los presentes Términos de Referencia (TDR) es establecer las obligaciones técnicas que se deben considerar tanto para la elaboración de la oferta de la consultoría como para el desarrollo de la misma.

## **2. ALCANCES E HITOS DE LA CONSULTORÍA**

### **2.1. Alcance General**

El Consultor debe considerar todos los aspectos técnicos y administrativos para la calidad de sus servicios, lo mismo que aquellos relacionados con el cumplimiento de la normativa laboral y de seguridad vigentes. En consecuencia, debe contemplar todos los recursos necesarios para la ejecución conforme de la consultoría, incluyendo el tiempo para reuniones periódicas con el Metro de Santiago, no pudiendo en ningún caso, condicionar su trabajo a aspectos que a su juicio no están contemplados en los presentes Términos de Referencia, merezcan interpretación, u otras causas de orden similar.

### **2.2. Alcances**

A continuación se listan los alcances de la consultoría. En el Capítulo 5 se desarrolla un detalle para cada uno de éstos.

1. Informe Definición Área de Influencia y Caracterización de Receptores
2. Mediciones Vibraciones y Ruido en Receptores
3. Mediciones GBV y GBN en Receptores por Operación de Línea 4
4. Mediciones Material Rodante
5. Mediciones Transferencia de Movilidad en Suelos
6. Informe Determinación Densidad de Fuerza Material Rodante
7. Informe Determinación Respuesta de las Edificaciones a las Vibraciones
8. Informe Determinación Transferencias de Movilidad
9. Informe Modelo Proyección de GBV y GBN en Receptores
10. Informe Levantamiento Línea de Base de Vibraciones y Ruido
11. Informe Evaluación de Vibraciones y Ruido Inducido
12. Informe Plan de Monitoreo de Vibraciones y Ruido Inducido

Cabe destacar que los informes de los alcances 10, 11 y 12 serán parte del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Línea 9 Tramo 3.

### 2.3. Plazos e Hitos

La consultoría tiene un plazo de 850 días corridos. Los hitos de la consultoría se enmarcan en los primeros 287 días, los que se presentan en la Tabla 2. Durante los 563 días restantes, el Consultor debe quedar disponible para el seguimiento de los ICSARA.

**Tabla 2: Hitos Consultoría**

Hito	Descripción	Día										
		28	56	98	119	147	168	196	217	238	266	287
1	Rev. B Informe Alcance 1	X										
2	Rev. 0 Informe Alcance 1		X									
3	Término Alcance 2 Término Alcance 3 Término Alcance 4 Término Alcance 5			X								
4	Rev. B Informe Alcance 6 Rev. B Informe Alcance 7 Rev. B Informe Alcance 8				X							
5	Rev. 0 Informe Alcance 6 Rev. 0 Informe Alcance 7 Rev. 0 Informe Alcance 8					X						
6	Rev. B Informe Alcance 9 Rev. B Informe Alcance 10						X					
7	Rev. C Informe Alcance 9 Rev. C Informe Alcance 10							X				
8	Rev. 0 Informe Alcance 9 Rev. 0 Informe Alcance 10								X			
9	Rev. B Informe Alcance 11									X		
10	Rev. C Informe Alcance 11 Rev. B Informe Alcance 12										X	
11	Rev. 0 Informe Alcance 11 Rev. 0 Informe Alcance 12											X

### **3. PERSONAL REQUERIDO PARA LA CONSULTORÍA**

#### **3.1. Definición de Personal Clave**

A continuación, se define el personal clave para el desarrollo de la consultoría. Este personal debe ser debidamente nominado en la oferta. El Consultor, sin embargo, debe considerar a todo el personal necesario para cumplir con los alcances de la consultoría.

- **Jefe de Proyecto**

Ingeniero Civil, Ingeniero Civil Mecánico o profesional equivalente con al menos 15 años de experiencia profesional, con al menos 5 años de experiencia específica en proyectos de control de vibraciones ferroviarias y/o control de vibraciones en general.

- **Jefe de Mediciones**

Ingeniero Civil, Ingeniero Civil Mecánico o profesional equivalente con al menos 7 años de experiencia profesional, con al menos 3 años de experiencia específica en mediciones de vibraciones y/o en mediciones acústicas en general.

- **Ingeniero de Proyecto**

Ingeniero Civil, Ingeniero Civil Mecánico o profesional equivalente con al menos 5 años de experiencia profesional, con al menos 3 años de experiencia específica en estudios de vibraciones ferroviarias y/o de vibraciones en general.

- **Consultor Sénior en Control de Vibraciones Ferroviarias**

Ingeniero Civil, Ingeniero Civil Mecánico o profesional equivalente con al menos 20 años de experiencia profesional, con al menos 5 años de experiencia específica en proyectos de control de vibraciones ferroviarias.

- **Experto en Prevención de Riesgos**

Experto Profesional en Prevención de Riesgos, según clasificación en la categoría de Profesionales del DS N°40 (1969) o el que esté vigente al momento de la ejecución del Contrato, con una experiencia comprobada en trabajos de similares características de a lo menos tres (3) años, categoría B, quien deberá tener Contrato de trabajo con la respectiva empresa.

El Jefe de Mediciones o bien, el Consultor Sénior en Control de Vibraciones Ferroviarias, pueden ser profesionales de una empresa subcontratada (sólo uno de ellos).

Durante las labores de levantamiento en terreno, siempre debe estar presente el Ingeniero de Proyecto, o en su defecto, otro profesional equivalente del equipo de la consultoría.

Durante las mediciones de terreno, siempre debe estar presente el Jefe de Mediciones, o en su defecto, el Ingeniero de Proyecto.

El Consultor debe considerar en su oferta la presencia de un experto en prevención de riesgos para apoyar en las labores de levantamiento y mediciones en terreno. El experto debe desarrollar todas las inducciones asociadas y visitar los trabajos al menos 3 veces por semana.

#### **4. ANTECEDENTES TÉCNICOS**

##### **4.1. Normas de Referencia**

Conforme al trabajo desarrollado por el Metro de Santiago para el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Línea 7, Metro considera para el Proyecto de Línea 9, las mismas normativas consideradas para Proyecto Línea 7, las que se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3: Normativas a considerar para el Proyecto Línea 9**

	<b>Metodología</b>	<b>Modelación y Proyección</b>	<b>Límites</b>
<b>GBV</b>	Transit Noise and Vibration Impact Assessment Manual FTA Report No.0123 (2018) Federal Transit Administration	ISO 14837-1:2005 Mechanical vibration - Ground-borne noise and vibration arising from rail systems - Part 1: General guidance International Organization for Standardization	Transit Noise and Vibration Impact Assessment Manual FTA Report No.0123 (2018) Federal Transit Administration
<b>GBN</b>		& Transit Noise and Vibration Impact Assessment Manual FTA Report No.0123 (2018) Federal Transit Administration	EPA Guidelines for the assessment of noise from rail infrastructure (2013) Environment Protection Authority



## **5. DETALLE ALCANCES DE LA CONSULTORÍA**

### **5.1. Informe Definición Área de Influencia y Caracterización de Receptores**

El objetivo de este alcance, sumado a las mediciones indicadas en los alcances descritos en las secciones 5.2. y 5.3., es la elaboración del siguiente informe:

- Informe Levantamiento Línea de Base de Vibraciones y Ruido

Este alcance tiene como primera tarea la definición del Área de Influencia (AI) del Tramo 3 de Línea 9 conforme a las normativas definidas por Metro de Santiago y a los criterios establecidos en la Guía sobre el Área de Influencia en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (2017).

Una vez definida el AI se deben caracterizar los receptores (edificaciones) situados dentro del AI conforme a los siguientes aspectos:

- Identificación del tipo de receptor de cada edificación (residencial, comercial, educacional, hospitalario, industrial) y uso efectivo de la edificación. Se debe tener especial consideración con la identificación de edificaciones de carácter patrimonial, es decir, las que se encuentran protegidas y definidas como Monumento Histórico, Edificio de Conservación Histórica y Edificio ubicado al interior de Zona Típica.
- Identificación de la morfología estructural de cada edificación (forma, cantidad de pisos y de niveles subterráneos, tipo de fundación, materialidad, estado de conservación general)

Cuando sea posible, el Consultor podrá proponer el desarrollo de su trabajo agrupando a receptores de características similares, lo que debe ser aprobado previamente por el Metro de Santiago.

### **5.2. Mediciones Vibraciones y Ruido en Receptores**

El objetivo de este alcance es determinar el nivel actual de vibraciones y ruido en receptores representativos situados sobre el AI del Tramo 3 de Línea 9, considerando los siguientes aspectos:

- Realización de mediciones exteriores e interiores en receptores representativos dentro del AI de cada línea (Estas mediciones de vibraciones y ruido ambientales deben realizarse al interior y exterior de las edificaciones de forma paralela, por un periodo de tiempo que permita una estabilización de los niveles sonoros principalmente)

- Cuantificar los niveles de vibración en términos de aceleración (dBa) y de velocidad vibratoria (dBv) de acuerdo a normativa de referencia, mediante mediciones triaxiales y los descriptores asociados que se relacionen con la normativa de referencia
- Cuantificar los niveles de ruido ambiente considerando el monitoreo continuo cada 1 segundo en forma global, considerando los descriptores Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación "A" (LAeq), Nivel de Presión Sonora Máximo con ponderación "A" (LAmax), Nivel de Presión Sonora Máximo con ponderación "C" (LCmax), Nivel de Presión Sonora Mínimo con ponderación "A" (LAmin) y Nivel de Presión Sonora Mínimo con ponderación "C" (LCmin), todos con respuesta lenta y rápida. Asimismo, considerar el monitoreo continuo cada 1 segundo en bandas de frecuencia de tercio de octava en un rango de al menos 16 a 500 Hz
- Las mediciones se deben realizar mediante sonómetro Clase 1. Se debe considerar la grabación de audio durante todo el periodo de medición, como información para un análisis comparativo posterior por parte del Metro de Santiago.

Se deben considerar mediciones en al menos 18 receptores. Las mediciones podrán ser subcontratadas, sin que esto libere de responsabilidad alguna al Consultor.

Personal del Metro de Santiago será el responsable de la gestión de permisos para el ingreso del Consultor al interior de los receptores, gestiones que sin embargo, deben contar con la asistencia logística del Consultor.

Las mediciones descritas deben contribuir de modo complementario a la estimación de los factores de respuesta a las vibraciones (BVR) a utilizar en el Modelo de Proyección de GBV y GBN.

Los resultados de las mediciones deben quedar contenidos en los siguientes informes:

- Informe Determinación Respuesta Edificaciones a las Vibraciones
- Informe Levantamiento Línea de Base de Vibraciones y Ruido

De modo previo al desarrollo de este alcance, el Consultor debe elaborar un procedimiento de trabajo.

### **5.3. Mediciones GBV y GBN en Receptores por Operación de Línea 4**

El objetivo de este alcance es determinar el nivel actual de GBV y GBN en receptores situados sobre la intersección entre el AI del Tramo 3 de Línea 9 y el AI de la actual Línea 4, producto de la operación actual de Línea 4, tanto para evaluar la Línea de Base del Tramo 3 de Línea 9 como para evaluar el efecto sinérgico cuando ambas líneas estén en operación.

Se deben considerar mediciones en al menos 3 receptores. Las mediciones podrán ser subcontratadas, sin que esto libere de responsabilidad alguna al Consultor.

Lo mismo que lo indicado en la sección anterior, personal del Metro de Santiago será el responsable de la gestión de permisos para el ingreso del Consultor al interior de los receptores, gestiones que sin embargo, deben contar con la asistencia logística del Consultor.

Estas mediciones también deben contribuir de modo complementario a la estimación de los factores de respuesta a las vibraciones (BVR) a utilizar en el Modelo de Proyección de GBV y GBN.

Los resultados de las mediciones deben quedar contenidos en los siguientes informes:

- Informe Determinación Respuesta Edificaciones a las Vibraciones
- Informe Levantamiento Línea de Base de Vibraciones y Ruido
- Informe Evaluación de Vibraciones y Ruido Inducido

De modo previo al desarrollo de este alcance, el Consultor debe elaborar un procedimiento de trabajo.

### **5.4. Mediciones Material Rodante**

El objetivo de este alcance es determinar la influencia del desgaste ondulatorio en la densidad de fuerza del material rodante de Líneas 3 y 4.

El desgaste ondulatorio debe medirse según la norma *EN 15610:2019 Railway applications - Acoustics - Rail and wheel roughness measurement related to noise generation*.

Se deben considerar mediciones en al menos 6 sectores, todos en recta. En cada sector, además del ensayo estándar para la obtención de la densidad de fuerza del material rodante, se debe considerar también la medición del desgaste ondulatorio. Las mediciones podrán ser subcontratadas, sin pérdida de responsabilidad del Consultor.

En el caso de que las mediciones sean subcontratadas, el subcontrato debe entregar como resultado de su trabajo la data registrada en bruto, siendo responsabilidad del Consultor su procesamiento.

Los resultados de estas mediciones deben quedar contenidos en el siguiente informe:

- Informe Determinación Densidad de Fuerza Material Rodante

De modo previo al desarrollo de este alcance, el Consultor debe elaborar un procedimiento de trabajo.

### **5.5. Mediciones Transferencia de Movilidad en Suelos**

Este alcance consiste en la ejecución de mediciones de transferencia de movilidad en calicatas cuyo fondo se encuentra a una profundidad cercana a la cota de riel del futuro trazado de cada línea.

Las calicatas serán realizadas por el Metro de Santiago mediante un contrato de exploraciones geotécnicas. Es responsabilidad del Consultor determinar las calicatas sobre las cuales se deben ejecutar las mediciones. Es también su responsabilidad devolver las calicatas tal y cual le fueron entregadas una vez concluidas las mediciones.

Se deben considerar mediciones en al menos 6 calicatas. Las mediciones podrán ser subcontratadas, sin pérdida de responsabilidad del Consultor.

El Jefe de Mediciones debe estar presente en todas las mediciones de transferencia de movilidad. Si el Jefe de Mediciones fuera de una empresa subcontratada, el Ingeniero de Proyecto también debe estar presente en todas las mediciones.

En el caso de que las mediciones sean subcontratadas, el subcontrato debe entregar como resultado de su trabajo la data registrada en bruto, siendo responsabilidad del Consultor su procesamiento.

Este alcance debe considerar también la ejecución de 4 ensayos MASW, de tal modo que permitan obtener la misma información que un ensayo de transferencia de movilidad.

Los resultados de las mediciones deben quedar contenidos en los siguientes informes:

- Informe Determinación Transferencias de Movilidad

De modo previo al desarrollo de este alcance, el Consultor debe elaborar un procedimiento de trabajo.

## **5.6. Informe Determinación Densidad de Fuerza Material Rodante**

El primer objetivo de este alcance es la elaboración de un informe donde se presenten los resultados y análisis de las mediciones de material rodante indicadas en la sección 5.4. de este mismo documento.

El segundo objetivo es utilizar la información indicada para complementar el Informe Determinación Densidad de Fuerza Material Rodante Metro de Santiago desarrollado para las Líneas 8 y 9.

El objetivo final es determinar la Densidad de Fuerza de Material Rodante a utilizar en el Tramo 3 de la Línea 9, la que debe incluir los efectos de las singularidades de las vías determinados en el informe indicado en el párrafo anterior.

## **5.7. Informe Determinación Respuesta de las Edificaciones a las Vibraciones**

El objetivo de este alcance, basado en las mediciones indicadas en las secciones 5.2. y 5.3. de este mismo documento, es elaborar un informe que determine los factores de respuesta a las vibraciones (BVR) de las edificaciones situadas en el AI del Tramo 3 de Línea 9.

En el caso de que las mediciones indicadas sean subcontratadas, el subcontrato debe entregar como resultado de su trabajo, para el efecto de los BVR, la data registrada en bruto, siendo responsabilidad del Consultor su procesamiento.

## **5.8. Informe Determinación Transferencias de Movilidad**

El objetivo de este alcance es la elaboración de un informe donde se presenten los resultados y análisis de las mediciones de transferencia de movilidad asociadas al Tramo 3 de Línea 9 indicadas en la sección 5.5. de este mismo documento.

## **5.9. Informe Modelo Proyección de GBV y GBN en Receptores**

El objetivo de este alcance es elaborar para la futura condición de operación, y respecto de la vía de referencia, es decir, antes de la consideración de medidas de control, un Modelo de Proyección de GBV y GBN en cada receptor situado dentro del AI definida para el Tramo 3 de Línea 9.

El informe del modelo debe explicar todas las consideraciones y cálculos realizados, entregando de modo desagregado cada uno de los términos que conforman el modelo

(transferencia de movilidad, densidad de carga del tren, singularidades de las vías, factores de respuesta de las edificaciones a las vibraciones y factores varios).

El informe además, debe considerar el efecto de un factor de seguridad cuyo valor debe ser debidamente justificado en base a todas las mediciones realizadas al igual que en base a la experiencia internacional.

El informe debe también identificar los límites normativos aplicables a cada receptor y junto a ello, las holguras/brechas entre las proyecciones y los límites de GBV y GBN.

El informe debe contar con un apéndice de la data en formato .mat, .xls u otro sometido a la aprobación del Metro de Santiago. En el mismo apéndice se debe explicar claramente cómo leer y entender los archivos con la data, puesto que este informe debe ser entregado a las partes que tienen la responsabilidad de diseñar a nivel básico y de detalle el sistema de control de vibraciones, quienes deben elaborar sus cálculos y/o verificaciones a partir del modelo.

#### **5.10. Informe Levantamiento Línea de Base de Vibraciones y Ruido**

El objetivo de este alcance es la elaboración de un informe donde se presenten los resultados y análisis del levantamiento y de las mediciones asociadas al Tramo 3 de Línea 9 indicadas en las secciones 5.1., 5.2. y 5.3. de este mismo documento.

#### **5.11. Informe Evaluación de Vibraciones y Ruido Inducido**

El objetivo de este alcance es presentar, para la futura condición de operación del Tramo 3 de Línea 9, un informe con los siguientes tópicos:

- La descripción del proyecto en relación a la proyección de GBV y GBN
- Las normativas y procedimientos utilizados para la determinación del AI
- La presentación de todos los receptores situados dentro del AI
- Un resumen estadístico de la clasificación y caracterización de los receptores según los criterios establecidos en los presentes términos de referencia
- Las normativas y procedimientos utilizados para la proyección de GBV y GBN
- Un resumen de los resultados de los ensayos de transferencia de movilidad, densidad de carga del tren, singularidades de las vías y factores de respuesta de las edificaciones a las vibraciones
- Explicación del Factor de Seguridad a utilizar para la proyección de GBV y GBN
- La proyección de GBV y GBN en cada receptor respecto de la vía de referencia, es decir, antes de la consideración de medidas de control (en tablas y en mapas)

- Las normativas utilizadas para establecer los límites de GBV y GBN
- Las holguras/brechas entre las proyecciones y los límites de GBV y GBN en cada receptor (en tablas y en mapas)
- El porcentaje de cumplimiento de los límites normativos de GBV y GBN antes de la aplicación de las medidas de control (en tablas y en mapas)
- Los procedimientos utilizados para determinar los niveles de control de GBV y GBN a fin de eliminar las brechas en cada receptor
- La determinación de funciones objetivo de pérdidas por inserción que sean capaces de satisfacer los objetivos de control del proyecto (en tablas y en gráficos)
- La determinación de funciones de frecuencias de desacoplamiento capaces de cubrir las funciones objetivo de pérdidas por inserción (en tablas y en gráficos)
- La determinación a lo largo del trazado, en ventanas de un metro, de las frecuencias de desacoplamiento máximas admisibles que se requieren para cubrir los objetivos de control del proyecto (en tablas y en mapas)
- La verificación de que las frecuencias de desacoplamiento descritas en el punto anterior satisfacen en un 100 % el cumplimiento de los límites normativos de GBV y GBN (en tablas y en mapas)

Durante el desarrollo de la Consultoría, el Metro de Santiago podría establecer que en vez de trabajar con funciones de frecuencias de desacoplamiento se continúe trabajando con las funciones objetivo de pérdidas por inserción, identificando distintos niveles para las funciones según sean sus grados de control.

### **5.12. Informe Plan de Monitoreo de Vibraciones y Ruido Inducido**

El objetivo de este alcance es establecer un plan para que durante la operación del Tramo 3 de Línea 9, se pueda demostrar el cumplimiento de los niveles de control de vibraciones comprometidos en la Tramitación Ambiental para limitar los niveles de GBV y GBN en los receptores.

El plan debe considerar los siguientes aspectos:

- Frecuencia de evaluación
- Puntos seleccionados para evaluación (con pk respectivo y justificación de selección)
- Procedimiento de medición
- Requerimientos mínimos para el desarrollo del monitoreo
- Formato de presentación de informe y anexos a la Autoridad Ambiental

Uno de los aspectos a considerar dentro del Plan de Monitoreo, corresponde a los recintos con carácter Patrimonial, es decir, los que se encuentran protegidos y definidos como Monumento Histórico, Edificio de Conservación Histórica y Edificio ubicado al interior de Zona Típica en caso de que corresponda, dada la sensibilidad y fragilidad que puedan tener de estos recintos.

## **6. INSTRUMENTAL Y EQUIPAMIENTO MÍNIMO REQUERIDO**

### **6.1. Equipos de medición y adquisición de datos**

El Consultor debe indicar en su propuesta que cuenta con el equipamiento suficiente y necesario para la realización de las mediciones requeridas, presentando un listado de los equipos y accesorios necesarios a utilizar, indicando marca, modelo, número de serie y clase.

Los equipos para realizar el levantamiento de los niveles de ruido deben ser Clase 1 y cumplir con normativa IEC 61672-1:2013 "*Electroacoustics - Sound level meters - Part 1: Specifications*", IEC 61672-2:2013 "*Electroacoustics - Sound level meters - Part 2: Pattern evaluation tests*", e IEC 60942:2017 "*Electroacoustics - Sound calibrators*".

Los equipos de medición de ruido deben estar debidamente calibrados, para lo cual se debe considerar dar cumplimiento a la guía técnica N° 165 del MINSAL "*Sobre el certificado de calibración periódica para sonómetros integradores-promediadores y calibradores acústicos*", verificación realizada por el Laboratorio de Calibración Acústica del ISP de Chile, debiendo contar con el certificado de calibración periódica vigente respectivo para estos efectos.

Del mismo modo, el Consultor debe presentar el registro con los respectivos certificados de calibración y/o verificación del instrumental asociado al levantamiento de vibraciones, ya sea mediante comparación de patrones o calibraciones en entidades nacionales o extranjeras, con vigencia inferior a 2 años. El Consultor debe suministrar todos los elementos de apoyo y transporte necesarios para el desarrollo de las mediciones en terreno, a su entero costo y responsabilidad.

Cabe destacar que el Consultor será el único responsable de cuidar y resguardar la seguridad del equipamiento, movilización y personal utilizado para sus labores. Asimismo debe reparar o reponer a su entero costo y responsabilidad el equipamiento afectado en caso de actos vandálicos, hurto o robo que sean necesarios para el desarrollo de la Consultoría.



## **6.2. Software de modelación y representación gráfica de resultados**

El Consultor debe indicar en su oferta el tipo de software que utilizará en las modelaciones de propagación de GBV y de GBN, así como para la adquisición de datos y postprocesamiento.

Los resultados deben ser representados de manera gráfica en un plano de planta, donde se aprecie el trazado y los valores de inmisión para GBV y GBN de cada receptor, además de las brechas y/o holguras para GBV y GBN en cada uno de ellos.

Se debe utilizar una escala de colores para la representación de resultados que permita diferenciar estos con una resolución de 2 dB o similar, ajustada de acuerdo a los valores alcanzados para una adecuada diferenciación e indicar esta viñeta de valores. Esta representación gráfica debe a su vez poder ser visualizada en software Google Earth para ambos descriptores (GBV y GBN).

## **7. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

### **7.1. Estructura de Informes**

Los informes requeridos deben contemplar al menos la siguiente estructura:

- Resumen ejecutivo
- Índice de contenido, figuras y tablas
- Objetivos generales y específicos
- Breve introducción explicando el contexto del documento
- Metodología de trabajo: Consistente en indicar de qué manera se abordó el trabajo y las consideraciones y limitantes que presentó. Asimismo, presentar los aspectos normativos a evaluar y lineamientos de estos. En este mismo sentido se debe considerar como parte de la metodología:
  - Normativa, consideraciones y justificación de adopción
  - Procedimiento para levantamiento en terreno, ya sea para la línea base como para los parámetros específicos que influyen en la propagación
- Mediciones realizadas: Se debe indicar los puntos de medición, las fuentes vibroacústicas y los resultados alcanzados de las mediciones realizadas, siendo presentados de manera clara y ordenada mediante tablas, gráficos, mapas u otra forma. En este mismo sentido se deben considerar como parte de esta sección:
  - Descripción de los puntos de medición considerando la ubicación con dirección y datos georeferenciados (coordenadas UTM), croquis y foto de los puntos

- monitoreados, fecha y hora de las mediciones, descripción del entorno con características principales del lugar
- Resultados alcanzados ya sea para línea base como parámetros influyentes en la propagación, utilizando los descriptores y escalas afines para una mejor descripción, y con entrega de resultados en bandas de frecuencia de tercio de octava y/o rangos de frecuencia respectivos de acuerdo al agente ambiental
  - Análisis y evaluación de los resultados: Deben quedar reflejados en el informe todos los análisis desarrollados a las mediciones obtenidas, pudiendo quedar el detalle de estos como anexos en caso de ser extensos. El análisis y su evaluación deben ser presentados de manera clara y ordenada mediante tablas, gráficos, mapas u otras formas. En este mismo sentido se deben considerar como parte del análisis:
    - Descripción de todas las fórmulas y correcciones consideradas
    - Descripción de los niveles proyectados hacia los receptores presentes en el AI
    - Mapas coloreados para representar los resultados alcanzados en planta
    - Tablas resumen y comparativas con resultados, utilizando los descriptores y escalas afines para una mejor descripción, y con entrega de resultados en bandas de frecuencia de tercio de octava y/o rangos de frecuencia respectivos de acuerdo al agente ambiental
  - Conclusiones: Indicando los aspectos más importantes y relevantes del estudio
  - Anexos: Que corresponden a todos los datos de respaldo, e información adicional relevante para el proyecto y entendimiento de éste, según corresponda. Dentro de este ítem se incluye la entrega de los archivos con modelos de simulación realizados en software especializado

Cada informe para el que aplique debe contar con la entrega de un archivo KMZ (Google Earth) con la identificación de los receptores, los principales resultados alcanzados y los puntos de monitoreo del plan de seguimiento.

Finalmente, cada informe debe contar con la entrega de un resumen en formato powerpoint (PPT).

## **7.2. Aspectos de Calidad**

Los informes deben ser elaborados conforme a las Políticas de Calidad del Metro de Santiago, las que se adjuntan a los presentes Términos de Referencia.

Los informes deben ser realizados primeramente en Revisión A para revisión interna del Consultor, luego en Revisión B para revisión del Metro de Santiago (y del Consultor a cargo de la Tramitación Ambiental) y finalmente, en Revisión 0, una vez subsanadas todas

observaciones efectuadas. Si la Revisión B tuviera demasiadas observaciones, el Consultor debe emitir a su cargo una Revisión C, y todas las que sean necesarias, previo a la emisión de la Revisión 0.

La plataforma para la recepción de los informes por parte del Metro de Santiago es ACONEX. El Consultor debe considerar dentro de su equipo un profesional a cargo de la interacción con la plataforma.