





## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>10. IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES</b>	<b>10-4</b>
<b>10.1. IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES FACTORES IMPACTADOS Y ACCIONES IMPACTANTES</b>	<b>10-4</b>
<b>10.2. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS</b>	<b>10-5</b>
10.2.1. Identificación	10-5
10.2.2. Matriz impactos preliminares – acciones	10-7
10.2.3. Matriz impactos preliminares– factores	10-7
10.2.4. Selección de impactos significativos	10-7
<b>10.3. DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS SIGNIFICATIVOS SELECCIONADOS</b>	<b>10-8</b>
10.3.1. Afectación al Clima y microclimas de la zona	10-8
10.3.2. Afectación al medio por emisión de material particulado	10-9
10.3.3. Afectación al medio por emisión de gases	10-11
10.3.4. Afectación al medio por emisiones acústicas	10-13
10.3.5. Afectación al medio por vibraciones	10-14
10.3.6. Afectación al suelo	10-17
10.3.7. Consumos de recursos geológicos	10-19
10.3.8. Modificaciones en la generación de escorrentía	10-19
10.3.9. Modificación de los flujos de la escorrentía	10-20
10.3.10. Contaminación del agua superficial	10-21
10.3.11. Efecto dren sobre las aguas subterráneas	10-22
10.3.12. Efecto pantalla sobre las aguas subterráneas	10-23
10.3.13. Contaminación del agua subterránea	10-24
10.3.14. Afectación a las comunidades biológicas	10-25
10.3.15. Afectación a la movilidad y accesibilidad urbana	10-27
10.3.16. Aumento del empleo y la actividad económica	10-28
10.3.17. Mejora de la calidad de vida de la población	10-29
10.3.18. Afectación al patrimonio cultural	10-30
10.3.19. Impactos paisajísticos	10-31
10.3.20. Afectación a la salud por generación de campos electromagnéticos	10-33
<b>10.4. METODOLOGÍA PARA LA VALORACIÓN DE IMPACTOS</b>	<b>10-35</b>
<b>10.5. VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES. RESULTADOS</b>	<b>10-37</b>
10.5.1. Valoración de la Afectación al Clima y microclimas de la zona	10-37
10.5.2. Valoración de la afectación al medio por emisión de material particulado	10-38
10.5.3. Valoración de la afectación al medio por emisión de gases	10-45
10.5.4. Valoración de la afectación al medio por emisiones acústicas	10-50
10.5.5. Valoración de la afectación al medio por vibraciones	10-59
10.5.6. Valoración de la afectación a suelos	10-65
10.5.7. Valoración del consumo de recursos geológicos	10-70

10.5.8. Valoración de las modificaciones en la generación de escorrentía superficial	10-70
10.5.9. Valoración de las modificaciones de los flujos de la escorrentía superficial	10-71
10.5.10. Contaminación del agua superficial	10-73
10.5.11. Valoración del efecto dren sobre las aguas subterráneas	10-74
10.5.12. Valoración del efecto pantalla sobre las aguas subterráneas	10-76
10.5.13. Contaminación del agua subterránea	10-77
10.5.14. Valoración de la afectación a las comunidades biológicas	10-78
10.5.15. Valoración de la afectación a la movilidad y accesibilidad urbana	10-80
10.5.16. Valoración del aumento del empleo y la actividad económica	10-85
10.5.17. Valoración de la mejora de la calidad de vida de la población de Quito	10-88
10.5.18. Valoración de la afectación al patrimonio cultural	10-89
10.5.19. Valoración de los impactos paisajísticos	10-91
<b>10.6. MATRIZ RESUMEN DE IMPACTOS</b>	<b>10-103</b>
<b>10.7. CONCLUSIONES</b>	<b>10-104</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 10.1: Valores pico vs frecuencia de vibraciones	10-15
Figura 10.2: grado de afectación a humanos a lo largo de la ruta	10-15
Figura 10.3. Tipos de suelo y suelo con cangahua	10-17
Figura 10.4: Cuenca hidrográfica del río Machángara, foto en las proximidades de Quito y túnel de encauzamiento	10-20
Figura 10.5: Efecto dren de un túnel sobre un acuífero libre	10-23
Figura 10.6: Ilustración del “efecto barrera”	10-24
Figura 10.7: Efecto sobre las líneas de flujo del agua subterránea de una pantalla parcial	10-24
Figura 10.8: Parque donde se ubicará la estación de El Ejido	10-26
Figura 10.9: Parque de La Carolina	10-26
Figura 10.10: Evolución del tiempo de viaje por método de transporte en el distrito metropolitano de Quito	10-28
Figura 10.11: Evolución del campo magnético generado por una línea eléctrica de alta tensión en función de la altura sobre la superficie	10-34
Figura 10.12: Localización de las estaciones de monitoreo de la REMMAQ	10-38
Figura 10.13: Concentraciones reales promedio anuales en distintas estaciones para MP2,5	10-39
Figura 10.14: Simulación del incremento de emisiones para MP2,5 en distintas estaciones en fase de construcción	10-41
Figura 10.15: Valores pico vs frecuencia de vibraciones	10-59
Figura 10.16: grado de afectación a humanos a lo largo de la ruta	10-59
Figura 10.17: Curva base para límite de transmisión de vibraciones	10-60
Figura 10.18: Límites asociados con el confort en función de la frecuencia del registro	10-62
Figura 10.19: Vista aérea de una cochera	10-71
Figura 10.20: Cauces en la zona de Quitumbe	10-72



Figura 10.21: Cuencas Hidrográficas y principales cauces en la zona de Quitumbe .....	10-72
Figura 10.22: Población total del DMQ por macrozonas.....	10-80
Figura 10.23: Macrozonas del ámbito de estudio.....	10-80
Figura 10.24: Estudio de movilidad y demanda de Quito.....	10-81
Figura 10.25: Ubicación de la estación Universidad Central.....	10-81
Figura 10.26: Sistema de transporte para Quito a mediano plazo.....	10-82
Figura 10.27: Esquema del sistema integral de transporte público del DMQ .....	10-85
Figura 10.28: Iglesia y Plaza de San Francisco .....	10-90
Figura 10.29: Planeamiento. Plan de Movilidad Sostenible en el centro de Quito .....	10-90
Figura 10.30: Importancia del impacto-integración paisajística .....	10-91
Figura 10.31: Conceptos en valoración de integración paisajística .....	10-93
Figura 10.32: Sensibilidad del paisaje .....	10-98
Figura 10.34: Importancia del impacto .....	10-99

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 10.1: Identificación de factores.....	10-4
Tabla 10.2: Actividades y acciones en la fase de construcción .....	10-5
Tabla 10.3: Actividades y acciones en la fase de operación y mantenimiento .....	10-5
Tabla 10.4: Actividades y acciones en la fase de cierre.....	10-5
Tabla 10.5: Identificación preliminar de impactos ambientales .....	10-6
Tabla 10.6: Selección de impactos ambientales significativos.....	10-8
Tabla 10.7: Ubicación de valores anómalos.....	10-15
Tabla 10.8: Resumen de los límites de exposición recomendados por la ICNIRP .....	10-34
Tabla 10.9: Exposición típica a campos electromagnéticos de la población .....	10-35
Tabla 10.10: Carácter del impacto.....	10-36
Tabla 10.11: Escala de valoración de la intensidad de los impactos .....	10-36
Tabla 10.12: Escala de valoración de la extensión de los impactos .....	10-36
Tabla 10.13: Escala de valoración de la duración de los impactos.....	10-36
Tabla 10.14: Escala de valoración de la reversibilidad de los impactos .....	10-36
Tabla 10.15: Escala de valoración de la probabilidad de ocurrencia de los impactos.....	10-37
Tabla 10.16: Escala de valoración del índice ambiental ponderado modificado .....	10-37
Tabla 10.17: Escala de valoración de la intensidad de la afectación al medio por emisión de gases invernadero .....	10-37
Tabla 10.18: Valoración global del impacto.....	10-38
Tabla 10.19: Parámetros estimados para la carga y descarga del material .....	10-40
Tabla 10.20: Parámetros estimados para el tránsito de maquinaria.....	10-41
Tabla 10.21: Escala de valoración de la intensidad de la afectación al medio por emisión de material particulado .....	10-42

Tabla 10.22: Valoración del impacto afectación al medio por emisión de material particulado (fase construcción) .....	10-43
Tabla 10.23: Valoración del impacto afectación al medio por emisión de material particulado (fase operación y mantenimiento).....	10-44
Tabla 10.24: Valoración del impacto afectación al medio por emisión de material particulado (fase cierre).....	10-44
Tabla 10.25: Límites establecidos a los contaminantes comunes del aire .....	10-45
Tabla 10.26: Concentraciones de contaminantes comunes que definen los niveles de alerta, de alarma y de emergencia en la calidad del aire. <sup>[1]</sup> .....	10-46
Tabla 10.27: Escala de valoración de la intensidad de la afectación al medio por emisión de gases .....	10-47
Tabla 10.28: Valoración del impacto afectación al medio por emisión de gases (fase construcción).....	10-48
Tabla 10.29: Valoración del impacto afectación al medio por emisión de gases (fase operación y mantenimiento).....	10-49
Tabla 10.30: Valoración del impacto afectación al medio por emisión de gases (fase cierre).....	10-49
Tabla 10.31: Registros con valores altos de ruido años 2005 y 2006, en Quito .....	10-50
Tabla 10.32: Registros de ruido por administración zonal entre 2003 y 2006.....	10-50
Tabla 10.33: Niveles máximos de ruido permisibles según uso del suelo .....	10-51
Tabla 10.34: Niveles de presión sonora máxima para vehículos automotores .....	10-51
Tabla 10.35: Valores límite recomendados por la OMS para ruido .....	10-54
Tabla 10.36: Escala de valoración de la intensidad de la afectación al medio por emisiones acústicas .....	10-55
Tabla 10.37: Valoración del impacto afectación al medio por emisiones acústicas (fase construcción) .....	10-56
Tabla 10.38: Valoración del impacto afectación al medio por emisiones acústicas (fase operación y mantenimiento).....	10-57
Tabla 10.39: Valoración del impacto afectación al medio por emisiones acústicas (fase cierre).....	10-58
Tabla 10.40: Ubicación de valores anómalos .....	10-59
Tabla 10.41: Límite de transmisión de vibraciones.....	10-60
Tabla 10.42: Valores límite de velocidad de partícula (mm/s) para evitar daños (Norma DIN 4150) .....	10-61
Tabla 10.43: Valores de velocidad de partícula establecidos en la referencia (ITME, 1985).....	10-61
Tabla 10.44: Escala de valoración de la intensidad de la afectación al medio por vibraciones .....	10-62
Tabla 10.45: Valoración del impacto afectación al medio por vibraciones (fase construcción) .....	10-63
Tabla 10.46: Valoración del impacto afectación al medio por vibraciones (fase operación y mantenimiento) ....	10-64
Tabla 10.47: Valoración del impacto afectación al medio por vibraciones (fase cierre).....	10-64
Tabla 10.48: Límites establecidos a los contaminantes del suelo .....	10-66
Tabla 10.49: Escala de valoración de la intensidad de la afectación al suelo por contaminación .....	10-67
Tabla 10.50: Valoración del impacto afectación al suelo por contaminación (fase construcción).....	10-68
Tabla 10.51: Valoración del impacto afectación al suelo por contaminación (fase operación y mantenimiento) .....	10-69
Tabla 10.52: Valoración del impacto afectación al suelo por contaminación (fase cierre).....	10-69
Tabla 10.53: Escala de valoración de las modificaciones en la generación de escorrentía superficial .....	10-71
Tabla 10.54: Valoración del impacto modificación de la generación de la escorrentía superficial (fase construcción) .....	10-71
Tabla 10.55: Valoración del impacto modificación de la generación de la escorrentía superficial (fase cierre) ..	10-71



Tabla 10.56: Escala de valoración de la intensidad de la modificación de los flujos de la escorrentía superficial.....	10-73
Tabla 10.57: Valoración del impacto modificación de los flujos de la escorrentía superficial (fase construcción) .....	10-73
Tabla 10.58: Valoración del impacto modificación de los flujos de la escorrentía superficial (fase funcionamiento) .....	10-73
Tabla 10.59: Escala de valoración de la intensidad de la contaminación del agua superficial.....	10-74
Tabla 10.60: Valoración del impacto contaminación del agua superficial (fase construcción).....	10-74
Tabla 10.61: Valoración del impacto contaminación del agua superficial (fase funcionamiento).....	10-74
Tabla 10.62: Valoración del impacto contaminación del agua superficial (fase cierre) .....	10-74
Tabla 10.63: Recursos, drenaje y porcentaje de recursos respecto a drenaje.....	10-75
Tabla 10.64: Escala de valoración de la intensidad de efecto dren .....	10-75
Tabla 10.65: Valoración del impacto efecto dren (fase construcción).....	10-76
Tabla 10.66: Valoración del impacto efecto dren (fase funcionamiento) .....	10-76
Tabla 10.67: Valoración del impacto efecto pantalla (fase construcción).....	10-76
Tabla 10.68: Valoración del impacto efecto pantalla (fase funcionamiento).....	10-76
Tabla 10.69: Valoración del impacto efecto pantalla (fase cierre) .....	10-76
Tabla 10.70: Escala de valoración de la intensidad de la contaminación del agua subterránea.....	10-77
Tabla 10.71: Valoración del impacto contaminación del agua subterránea (fase construcción) .....	10-77
Tabla 10.72: Valoración del impacto contaminación del agua subterránea (fase funcionamiento).....	10-77
Tabla 10.73: Valoración del impacto contaminación del agua subterránea (fase cierre) .....	10-77
Tabla 10.74: Escala de valoración de la intensidad de la afectación a la vegetación .....	10-78
Tabla 10.75: Valoración del impacto afectación a la vegetación (fase construcción).....	10-79
Tabla 10.76: Escala de la variable intensidad para la mejora de la movilidad y accesibilidad urbana.....	10-83
Tabla 10.77: Valoración del impacto Mejora de la Movilidad y Accesibilidad Urbanas (fase operación y mantenimiento).....	10-83
Tabla 10.78: Escala de la variable Intensidad (fase operación y mantenimiento).....	10-84
Tabla 10.79: Valoración del impacto Mejora de la Movilidad y Accesibilidad Urbanas (fase construcción).....	10-84
Tabla 10.80: Valoración del impacto Afectación a la Movilidad y Accesibilidad Urbanas (fase cierre) .....	10-84
Tabla 10.81: Evolución de los ingresos medios en el DMQ.....	10-86
Tabla 10.82: Escala de Intensidad del impacto del aumento del Empleo y la Actividad Económica .....	10-86
Tabla 10.83: Valoración del impacto Aumento del empleo y de la actividad económica (fase construcción).....	10-86
Tabla 10.84: Valoración del impacto Aumento del empleo y de la actividad económica (fase operación y mantenimiento).....	10-87
Tabla 10.85: Escala de la variable Intensidad de la mejora de la calidad de vida de la población .....	10-88
Tabla 10.86: Valoración del impacto Mejora de la Calidad de Vida de la Población (fase de construcción) .....	10-88
Tabla 10.87: Valoración del impacto Mejora de la Calidad de vida de la población (fase operación y mantenimiento).....	10-88
Tabla 10.88: Valoración del impacto Mejora de la Calidad de Vida de la Población Urbanas (fase cierre).....	10-89
Tabla 10.89: Fase de construcción: SIN / CON medidas correctoras.....	10-94

Tabla 10.90: Fase de funcionamiento: SIN / CON medidas correctoras.....	10-94
Tabla 10.91: Fase de Abandono: SIN / CON medidas correctoras .....	10-94
Tabla 10.92: Rango de valoración de la singularidad o escasez de los elementos del paisaje a nivel local y regional .....	10-94
Tabla 10.93: Rango de valoración de la singularidad o escasez de los elementos del paisaje en el ámbito de actuación .....	10-95
Tabla 10.94: Unidad 1 Quitumbe .....	10-95
Tabla 10.95: Unidad 2 urbana de Quito .....	10-95
Tabla 10.96: Unidad 3 Playa Alta-Gualupo.....	10-96
Tabla 10.97: Valoración asignada a cada tipo de componente .....	10-96
Tabla 10.98: Escala de puntuación.....	10-97
Tabla 10.99: Valoración de los elementos que condicionan la vulnerabilidad frente a cambios del paisaje .....	10-97
Tabla 10.100: Criterios de valoración numérica de la vulnerabilidad del paisaje .....	10-97
Tabla 10.101: Asignación de valores .....	10-97
Tabla 10.102: Objetivos de calidad.....	10-97
Tabla 10.103: Escala de valoración de los objetivos de calidad.....	10-98
Tabla 10.104: Valores asignadas a los objetivos de calidad .....	10-98
Tabla 10.105: Valores asignados a las unidades del paisaje .....	10-98
Tabla 10.106: Rango de valoración de la magnitud del impacto .....	10-99
Tabla 10.107: Fase de construcción: SIN / CON medidas correctoras .....	10-99
Tabla 10.108: Fase de funcionamiento: SIN / CON medidas correctoras .....	10-99
Tabla 10.109: Fase de abandono: SIN / CON medidas correctoras .....	10-100
Tabla 10.110: Fase de construcción: SIN / CON medidas correctoras .....	10-100
Tabla 10.111: Fase de funcionamiento: SIN / CON medidas correctoras.....	10-100
Tabla 10.112: Fase de abandono: SIN / CON medidas correctoras .....	10-100
Tabla 10.113: Fase de construcción: SIN / CON medidas correctoras .....	10-101
Tabla 10.114: Fase de funcionamiento: SIN / CON medidas correctoras.....	10-101
Tabla 10.115: Fase de abandono: SIN / CON medidas correctoras .....	10-101
Tabla 10.116: Fase de construcción: SIN / CON medidas correctoras .....	10-101
Tabla 10.117: Fase de funcionamiento: SIN / CON medidas correctoras.....	10-102
Tabla 10.118: Fase de abandono: SIN / CON medidas correctoras .....	10-102
Tabla 10.119: Fase de construcción: SIN / CON medidas correctoras .....	10-102
Tabla 10.120: Fase de funcionamiento: SIN / CON medidas correctoras.....	10-102
Tabla 10.121: Fase de Abandono: SIN / CON medidas correctoras .....	10-103
Tabla 10.122: Sensibilidad de las unidades del paisaje .....	10-103
Tabla 10.123: Matriz resumen de impactos .....	10-104



## 10. IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

### 10.1. IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES FACTORES IMPACTADOS Y ACCIONES IMPACTANTES

Conocida la caracterización ambiental de la zona de actuación del proyecto en la situación preoperacional, es preciso predecir los efectos que las actuaciones del proyecto a desarrollar generarán sobre las distintas componentes del entorno.

Para cada uno de los factores ambientales, se estudiarán las acciones del proyecto que son susceptibles de generar efectos sobre los mismos, ya sean positivos o negativos. A partir dicho análisis cruzado se procederá a identificar los impactos, describiéndolos, caracterizándolos y justificando cada uno de ellos.

La identificación de impactos dependerá de las actividades y del estado de los componentes ambientales a ser afectados. Los distintos Factores Ambientales considerados en el presente Estudio son los reflejados en la siguiente tabla:

Tabla 10.1: Identificación de factores

COMPONENTES	FACTORES	INDICADOR DE ALTERACIÓN
FÍSICO	AIRE	Emisión de material particulado
		Emisión de Gases (CO, SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> y O <sub>3</sub> )
		Niveles de ruido
		Nivel de vibraciones
		Generación de campos electromagnéticos
		Variación de la temperatura
	AGUA	Calidad de agua superficial
		Calidad de agua subterránea
		Caudal - recarga
		Escorrentía superficial
		Flujo subterráneo
		Contaminación
	SUELO	Capa de suelo húmico (espesor, retirada...)
Calidad de suelo horizontes Inf. (contaminación)		
Factores físicos singulares (apertura, compactación...)		
Temperatura		
GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICO	Geomorfología	
	Recursos minerales	
	Geología	
BIÓTICO	FLORA	Diversidad y abundancia
		Especies endémicas y amenazadas
		Barreras
	FAUNA	Diversidad y abundancia
		Especies endémicas y amenazadas
		Barreras
	ECOSISTEMAS	Hábitats
		Corredores biológicos
		Bienestar
SOCIAL	MEDIO SOCIAL	Poblaciones y densidad de población
		Salud y seguridad
		Educación
		Empleo
		Capacidad adquisitiva
		Vivienda
		Urbanismo arquitectónico
		Transporte y movilidad
		Zonas recreativas
		Turismo
	MEDIO CULTURAL	Uso actual del suelo
		Patrimonio cultural (etnológico, arquitectónico, arqueológico, bienes inmateriales...)
		Paisaje

Fuente: Elaboración propia

Las fases consideradas en el presente Estudio de Impacto Ambiental son tres:

- Construcción
- Operación y mantenimiento
- Cierre

Las actividades y acciones en cada una de las fases son las reflejadas en las siguientes tablas.



**Tabla 10.2: Actividades y acciones en la fase de construcción**

ACTIVIDADES	ACCIONES
<b>Preparación</b>	Expropiación de los terrenos
	Reubicación de infraestructura y propiedades
	Desvío de servicios. Retiro y reubicación de infraestructuras de servicios públicos
	Abastecimiento de agua, energía y servicios
	Adecuación y uso de patios de maquinarias
	Adecuación y uso de instalaciones auxiliares
	Preparación y uso de escombreras
	Adecuación y uso de campamentos
	Remoción de la vegetación
	Excavación y relleno
	Transporte, carga y descarga de materiales y su almacenaje
<b>Construcción de túneles</b>	Excavación y movimiento de tierras
	Sostenimiento y revestimiento
	Drenaje
	Retiro de escombros
	Colocación del sistema ferroviario e instalaciones
<b>Construcción de estaciones</b>	Excavación y movimiento de tierras
	Obras civiles
	Instalaciones y servicios
	Drenaje
	Movilización de material pesado
	Obras de arte
	Retiro de escombros
	Relleno
Reposición e integración urbana	
<b>Construcción de cocheras</b>	Excavación y movimiento de tierras
	Obras civiles
	Instalaciones y servicios
	Retiro de escombros
<b>Actividades auxiliares</b>	Contratación de personal
	Abastecimiento
	Desechos
	Cortes de tráfico y desvíos provisionales
	Ejecución de vallados temporales y señalización
	Tránsito de maquinaria pesada y vehículos zona obra
	Producción de residuos y aguas residuales
	Reposiciones e integración urbana
	Operaciones de pavimentación
	Ejecución de estructuras, muros de fábrica
	Ubicación de instalaciones auxiliares
	Utilización de accesos a obra
	Acopio temporal de materiales utilizados en obra

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.3: Actividades y acciones en la fase de operación y mantenimiento**

ACTIVIDADES	ACCIONES
<b>Operación</b>	Funcionamiento de la línea
	Operación de estaciones
	Operación de cocheras
	Contratación de personal
	Procesos requeridos para brindar el servicio diario
<b>Mantenimiento</b>	Contratación de personal
	Demanda de materiales y servicios
	Procesos de prueba e inspección de los equipos e instalaciones
	Procesos relacionados con el mantenimiento de la obra
	Trabajos de conservación
	Abastecimiento de materiales y servicios
<b>Actividades auxiliares</b>	Movilización y generación de desechos
	Contratación de personal
	Desechos

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.4: Actividades y acciones en la fase de cierre**

ACTIVIDADES	ACCIONES
<b>Rehabilitación</b>	Desmantelamiento de las estructuras auxiliares y transporte de las mismas
	Reacondicionamiento de las áreas de depósito de material
	Reposiciones e integración urbana
	Contratación de personal
	Manejo de desechos
	Retiro de equipos, maquinaria, campamentos e instalaciones provisionales
Abandono – integración de túneles y estaciones	

Fuente: Elaboración propia

## 10.2. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

### 10.2.1. Identificación

En el presente punto se identifican las relaciones causa-efecto que ligan las acciones y elementos de la actuación con los factores del medio que podrían ser impactados en el ámbito de la misma. Estas relaciones causa-efecto son los impactos ambientales que quedan recogidos en la siguiente tabla.



Algunos de los impactos que se presentan a continuación, podrán ser reagrupados por la similitud de sus efectos. Dicho agrupamiento se realizará una vez seleccionados los impactos preliminares tras su cruce con los factores y acciones del proyecto en forma de matriz.

**Tabla 10.5: Identificación preliminar de impactos ambientales**

IMPACTOS AMBIENTALES
Modificaciones climáticas-Cambio climático
Cambio microclimático
Contaminación atmosférica por emisión de material particulado
Afectación a la atmósfera por emisión de gases
Afectación a la atmósfera a nivel global como consecuencia del aumento del consumo de energía eléctrica producida en centrales térmicas
Contaminación acústica por funcionamiento de maquinaria de construcción
Contaminación acústica por la circulación del metro
Contaminación acústica por megafonía en estaciones
Contaminación acústica por sistemas de ventilación y actividad en cocheras
Contaminación acústica procedente del tráfico rodado
Afectación a elementos geológicos-geomorfológicos singulares
Consumo de recursos geológicos
Incremento de la escorrentía por impermeabilización del suelo
Modificación del flujo de la escorrentía superficial
Contaminación del agua superficial
Efecto dren sobre el acuífero
Efecto barrera sobre los acuíferos
Contaminación del agua subterránea
Incremento en la erosión de los suelos
Pérdida de capacidad de retención hídrica

IMPACTOS AMBIENTALES
Aumento de probabilidad de inundaciones por impermeabilización del terreno
Contaminación de suelos
Compactación de suelos
Modificaciones edáficas
Afectación a puntos de interés geológico
Afectación a los puntos de interés geomorfológico
Afectación a los recursos minerales de interés económico
Incremento de la erosión
Subsistencia del terreno diferida en el espacio y en el tiempo
Afectación a la flora como consecuencia de las deposiciones de polvo
Afectación a la flora como consecuencia de la contaminación atmosférica por emisión de gases
Afectación a la flora por la modificación del calentamiento urbano
Afectación a especies endémicas y amenazadas
Afectación a la cobertura, diversidad y abundancia de la vegetación
Afectación a zonas verdes urbanas
Afectación a suelos forestales
Afectación a la vegetación por pérdida de suelo
Modificaciones fitosociológicas
Afectación a la fauna como consecuencia de la contaminación atmosférica por emisión de gases
Afectación a la fauna por contaminación acústica
Afectación a la fauna por vertidos incontrolados
Alteraciones en el periodo de apareamiento por ruidos
Abandono de los nidos por parte de los progenitores en época de cría
Afectación a la fauna por la incidencia en el calentamiento urbano
Afectación a la fauna por pérdida de suelo
Afectación a la fauna por creación de barreras



IMPACTOS AMBIENTALES
Afectación a especies endémicas y amenazadas
Afectación a la diversidad y abundancia de la fauna
Modificaciones zoosociológicas
Afectación a la riqueza del ecosistema
Afectación a los servicios naturales
Ruidos. Molestias a la población
Emisión de polvo y partículas. Molestias a la población
Efecto barrera para los viandantes
Afectación a la edificación residencial por vibraciones
Afectación a la salud por generación de campos electromagnéticos
Afectación a la estabilidad estructural de la edificación por alteraciones de la presión hidrostática y variaciones geoquímicas en la composición del suelo (en sentido geotécnico)
Afectación a la estabilidad estructural de la edificación por el efecto barrera ocasionado al situarse el túnel de forma perpendicular a la dirección del flujo subterráneo
Afectación a la población por pérdida de zonas verdes
Afectación a la población por ocupación de espacios públicos
Aumento de la comodidad, fiabilidad y ahorro de tiempo
Afectación a la calidad de vida
Afectación a la salud por gases contaminantes
Afectación a la accesibilidad y movilidad (centros educativos, sociales...)
Afectación al empleo
Afectación a la actividad comercial
Afectación al tráfico rodado
Afectación a la estética urbana
Generación de riesgos ambientales y sobre las personas
Aumento de la población en el área de influencia directa
Generación de actividad económica y desarrollo

IMPACTOS AMBIENTALES
Afectación al patrimonio cultural como consecuencia de la contaminación atmosférica por emisión de gases
Afectación al patrimonio cultural por vibraciones
Aumento de creación de espacios públicos
Impacto visual
Modificaciones fisiográficas
Eliminación de formas
Introducción de nuevas formas
Modificación-alteración del paisaje por afectación a cauces
Modificaciones paisajísticas por eliminación de la vegetación existente
Modificaciones paisajísticas por reintroducción de vegetación
Afectación a la actividad cultural (creación de nuevos espacios socioculturales)

Fuente: Elaboración propia

### 10.2.2. Matriz impactos preliminares – acciones

En el documento Planos, se muestra, mediante una matriz, la relación considerada entre impactos preliminares y acciones.

### 10.2.3. Matriz impactos preliminares– factores

En el documento Planos, se muestra, mediante una matriz, la relación considerada entre impactos y factores.

### 10.2.4. Selección de impactos significativos

En base al conjunto de impactos detectados, a los resultados obtenidos en las matrices de impactos–acciones e impactos–factores desarrolladas en apartados anteriores, y teniendo en cuenta que como norma general un impacto puede afectar de forma indirecta a varios factores, se ha seleccionado el conjunto de impactos que se consideran más significativos. Dichos impactos se han renombrado pudiendo aglutinar cada uno de ellos a varios de los seleccionados preliminarmente.

Los impactos más significativos que serán descritos y evaluados con posterioridad, son los indicados en la tabla siguiente:



**Tabla 10.6: Selección de impactos ambientales significativos**

IMPACTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS
Afecciones al clima y microclimas de la zona
Afectación al medio por emisión de material particulado
Afectación al medio por emisión de gases
Afectación al medio por emisiones acústicas
Afectación al medio por vibraciones
Afectación al suelo
Consumo de recursos geológicos
Modificación en la generación de escorrentía
Modificación del flujo de la escorrentía superficial
Contaminación del agua superficial
Efecto dren sobre las aguas subterráneas
Efecto pantalla sobre las aguas subterráneas
Contaminación del agua subterránea
Afectación a las comunidades biológicas
Afectación a la movilidad y accesibilidad urbana
Aumento del empleo y la actividad económica
Mejora de la calidad de vida de la población
Afectación al patrimonio cultural
Impactos paisajísticos

Fuente: Elaboración propia

## 10.3. DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS SIGNIFICATIVOS SELECCIONADOS

### 10.3.1. Afectación al Clima y microclimas de la zona.

Los efectos a nivel mundial que tiene el cambio climático ocasionado por la emisión a la atmósfera de gases de efecto invernadero aconsejan realizar una reflexión sobre los efectos que el proyecto evaluado en el presente estudio de impacto ambiental puede ocasionar sobre el mismo.

Las obras humanas también pueden afectar a los microclimas de las zonas afectadas, estos posibles cambios tienen efectos indirectos sobre la vegetación, la fauna y el bienestar de la población en general por lo que merecen ser estudiados con detenimiento.

#### Fase de construcción

Las variables climáticas generales de la zona de obra no van a ser modificadas por el proyecto evaluado. Las acciones previstas no tienen efectos sobre la circulación general de la atmósfera, la insolación, el albedo terrestre, latitud, etc. que inciden en el clima por lo que no es previsible que se genere ningún impacto significativo sobre el clima.

Parte de la energía que se requerirá para las obras procederá de combustibles fósiles, cuya combustión sí que emite a la atmósfera gases de efecto invernadero que pueden afectar al cambio climático mundial.

Fundamentalmente estos combustibles fósiles se consumirán como fuente primaria de energía para la generación de energía eléctrica y en los motores de combustión interna de la maquinaria de obra.

Así pues durante esta fase se producirá un aumento de las emisiones de gases invernadero del municipio y del país si bien la cantidad de estos gases que se emitirá es insignificante respecto al volumen total mundial de emisión de estos gases por lo que no cabe atribuir a esta emisión mayor importancia. La solución al problema del cambio climático por emisión de gases de efecto invernadero no depende de que se realice o no la obra del metro sino de que exista un cambio de modelo energético a nivel mundial que reduzca la dependencia de los combustibles fósiles como fuente primaria de energía.

La mayor parte de las obras previstas son subterráneas y se desarrollan en suelo urbano por lo que no es previsible que se produzcan modificaciones microclimáticas dignas de mención durante la fase de obras. La construcción de cocheras y la escombrera de residuos prevista tampoco es previsible que introduzcan modificaciones significativas ya que no afectan sustancialmente a las variables del microclima, (no se modifica la exposición a la insolación y vientos, las emisiones de calor son mínimas, etc.).

Cabe pues concluir que en la fase de construcción de la obra los efectos sobre el clima y los microclimas de la zona serán de muy reducidos y por lo tanto sin significación.



### Fase de operación y mantenimiento

El funcionamiento de la primera línea del Metro de Quito ocasionará una disminución significativa del tráfico rodado en superficie. Este tráfico se propulsa mediante motores de combustión interna que emiten gases de efecto invernadero a la atmósfera. Es verdad que la propulsión y funcionamiento del metro requiere de energía eléctrica y que por lo tanto su funcionamiento también ocasionará emisiones de gases de efecto invernadero en tanto en cuanto se utilice como energía primaria para la producción eléctrica combustibles fósiles.

Los estudios realizados a nivel mundial indican que las emisiones de gases de efecto invernadero por persona transportada relacionadas con los transportes colectivos propulsados por energía eléctrica son más bajas que los producidos por el transporte colectivo propulsado directamente por combustibles fósiles y mucho menores que las producidas por el transporte privado propulsado por este tipo de motores. Ello es debido a la baja eficiencia energética de los motores de combustión interna (solo entre un 20 y 30% de la energía producida es útil para el transporte) y a la alta eficiencia de las modernas centrales eléctricas y sistemas de transporte eléctrico.

Cabe pues concluir que el funcionamiento del metro, durante su vida útil que se estima en unos 150 años en el proyecto, ocasionará una reducción de las emisiones de gases invernadero del municipio de Quito y de Ecuador relacionadas con el sector del transporte. Esta reducción aunque pequeña si se compara con el monto global de emisiones de gases invernadero a nivel mundial es de suma importancia a nivel nacional ya que Quito es la principal ciudad del país y una de las que más contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel nacional.

Se trata pues de un impacto positivo con efectos a nivel nacional e internacional, de larga duración y acumulativo si el resto de países del mundo cumplen con sus obligaciones de reducción de emisión de gases de efecto invernadero.

En esta fase tampoco son significativos los efectos sobre el microclima ya que no se modifican significativamente las variables que influyen en el mismo y los posibles efectos se centrarán en un medio urbano cuyo microclima depende fundamentalmente del denominado efecto isla térmica relacionado con la presencia de emisiones caloríficas procedentes de las actividades que se desarrollan en la ciudad y la reemisión de calor absorbido por el día por edificios, pavimentos, etc. durante la noche.

### Fase de cierre

Esta fase se producirá en un futuro muy lejano (las obras están previstas para 150 años, si bien algunos tramos de líneas de metro actuales superan ya dicha edad).

Si se mantienen las condiciones tecnológicas actuales (lo cual se considera poco probable) el cierre del metro ocasionará que vuelva a utilizarse el transporte privado de superficie por lo que las reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero desaparecerán y se volverá a los niveles de emisión actuales. Aplicando

estrictamente la definición de impacto ambiental como la diferencia entre el estado final y el estado inicial se deduce que el impacto será nulo ya que se volverá al estado inicial.

Lo más probable es que la tecnología avance en cuyo caso los escenarios serán los siguientes:

- a) Se mantenga el metro al permitir la tecnología mantener el metro en funcionamiento más tiempo que el previsto hoy en día.
- b) Que se sustituya el metro por un medio de transporte más respetuoso con el medio ambiente.

En cualquier caso el cierre ocasionará aun impacto nulo sobre el clima y microclima ya que en el peor de los casos se volvería al estado inicial (o sea al estado actual), si bien cabe recordar que durante los 150 años de vida habrá tenido unos impactos positivos significativos.

### **10.3.2. Afectación al medio por emisión de material particulado**

Por las características y dimensiones del proyecto analizado, la contaminación atmosférica por emisión de material particulado es uno de los impactos de más relevancia a evaluar, produciéndose su mayor afectación, como se indicará a continuación, en las fases de construcción y cierre. Este impacto se prevé poco significativo en la fase de operación y mantenimiento.

La influencia que podrá tener este impacto será analizada a continuación para cada una de las fases consideradas.

### Fase de construcción

La elección adecuada de los métodos constructivos en obras de la envergadura como la que se analiza en el presente Estudio de Impacto Ambiental, es sustancial no sólo para el cumplimiento de objetivos económicos y de plazo, sino también para conseguir minimizar los impactos ambientales.

Los métodos constructivos a emplear en este tipo de obras pueden ser muy variados. Los que pretenden utilizarse en las obras del metro de Quito son tres:

- Cut and Cover
- Tuneladora
- Método Tradicional Madrileño

Las estaciones y tramos más superficiales de los túneles serán construidos mediante el método Cut and Cover. En el resto de tramos de túneles, en función de la longitud y condiciones geológicas y geotécnicas se emplearán los otros dos métodos.



Con independencia del método utilizado en la ejecución de los túneles y estaciones, el impacto por emisión de material particulado podrá ser significativo, y se generará principalmente por la posible emisión de polvo a la atmósfera que será ocasionada fundamentalmente por la ejecución de movimiento de tierras, el transporte de tierras y escombros y el acopio de materiales pulverulentos que se producirá en la realización de las diversas acciones del proyecto. Además, la mala combustión de los motores de combustión interna de los vehículos puede generar también la emisión de partículas a la atmósfera.

Se trata en general de un impacto negativo, que en esta fase de construcción tendrá carácter reversible a corto-medio plazo (mientras duren las obras), de extensión puntual o zonal e influencia directa sobre la atmósfera y el bienestar de la población e indirecta sobre otros factores del medio, y que admite medidas preventivas y medidas correctoras para su minimización.

Según las acciones previstas en el proyecto, la ejecución del movimiento de tierras en el caso de los túneles y estaciones, en su mayor parte es subterránea, por lo que la emisión de partículas quedará minimizada en cierto modo, aunque el transporte de las tierras excavadas hasta las escombreras o lugares de uso mediante medios mecánicos podrá provocar un impacto que habrá que minimizar mediante las pertinentes medidas preventivas y correctoras.

Este polvo y partículas afectarán a la población, pudiendo ser potencialmente dañinos para la salud. Por otro lado producirá una suciedad extra tanto en las vías públicas como en las viviendas privadas, lo que provoca otra molestia para la población. Teniendo en cuenta lo que se ha dicho anteriormente, ya que supone un **efecto temporal**, desaparecerá cuando termine la fase de construcción, no obstante durante la misma, se deberán tomar las medidas preventivas y correctoras convenientes.

En los lugares en los que se realice movimiento de tierras a cielo abierto el impacto puede ser mayor, como puede ser el caso de las zonas destinadas a la construcción de las cocheras, estaciones o ciertos tramos de túneles.

En las zonas de descarga de las ventilaciones de los túneles en construcción será uno de los puntos de descarga a la atmósfera de partículas de polvo en el caso de que dentro de los túneles los niveles de este sean elevados.

Mención especial requiere las emisiones de polvo en la zona de la escombrera. Hay que tener en cuenta que en la escombrera fundamentalmente se manejan productos pulverulentos procedentes de la excavación. El tránsito de camiones de transporte por encima de los escombros, la descarga de los camiones, el extendido de los residuos producirá emisiones de polvo a la atmósfera que pueden afectar a la vegetación próxima y a la salud y bienestar de los habitantes próximos a la misma.

En la totalidad de los casos, al tratarse de la fase de ejecución de obra, será un impacto temporal de duración igual a la de la obra, y que podrá verse reducido considerablemente mediante la toma de medidas de mitigación oportunas a describir en el correspondiente Plan de Prevención y Mitigación de Impactos.

Evidentemente, como consecuencia de las obras, se producirá un aumento de la concentración de polvo en la atmósfera. Éste será muy variable dependiendo de las operaciones concretas que se realicen en la zona de actuación, del lugar y de las condiciones atmosféricas. Es de destacar, que por la climatología observada en el Distrito Metropolitano de Quito, en el que periodo húmedo se produce fundamentalmente entre diciembre y mayo, con precipitaciones elevadas y gran humedad ambiente en la mayor parte del año, los niveles atmosféricos de partículas se verán reducidos por el arrastre del agua de las precipitaciones del material pulverulento existente en el aire.

Además, la morfología de la zona de actuación, un valle rodeado de montañas de elevada altitud, así como la frecuencia observada para la dirección de los vientos, favorecerá la deposición de polvo en el interior del área, por lo que no será evacuado a grandes distancias. Así pues, en el entorno de la obra se considera que las concentraciones de polvo serán más elevadas que las habituales en el Área de Influencia Directa, mientras que disminuirán considerablemente hasta hacerse similares a las habituales conforme nos alejamos del área de actuación (a unos 300 m).

Mención aparte merecen los caminos por donde transita la maquinaria de transporte; éste tránsito puede generar deposiciones de polvo en el entorno y sobre la vegetación circundante por varios motivos, bien por la caída de material directamente de los vehículos que transportan el material, o por el desprendimiento del material pulverulento adherido a las ruedas, las cuales pueden contener barro pegado, que con el secado del mismo y el roce con el pavimento puede desprenderse siendo evacuado al medio ambiente. En principio, al tratarse de una zona con clima lluvioso, las precipitaciones deberían contribuir a la limpieza del material depositado sobre la vegetación, por lo que la afectación a la misma debe ser poco significativa. Independientemente de esto, se deberán tomar las medidas pertinentes para mitigar dicho impacto.

Indirectamente puede producirse contaminación de las aguas superficiales como consecuencia del arrastre de materiales sueltos o polvo, aumentando los sólidos en suspensión de la escorrentía superficial. Las precipitaciones pueden arrastrar el material pulverulento depositado en distintas ubicaciones arrastrándola y generando contaminación de las corrientes de agua superficial.

En el caso de que existan caminos sin asfaltar de acceso a las canteras, escombreras, zonas de acopio de material o demás instalaciones auxiliares, el tránsito de maquinaria por los mismos puede igualmente generar el levantamiento de material de polvo, por lo que habrá que tomar las correspondientes medidas de mitigación en esos casos.

En lo que se refiere a la reposición de servicios, este impacto puede ser también significativo, ya que al realizar la demolición de pavimentos, y la ejecución de zanjas, podrá generarse la emisión de polvo.

Del mismo modo, el acopio de materiales procedentes del movimiento de tierras puede provocar, por efecto del viento la evacuación de polvo al medio.



Como conclusión se indica que en la fase de construcción, la contaminación atmosférica y las correspondientes molestias a la población por emisión de material pulverulento aumentará con respecto a la situación actual, siendo, como se ha comentado con anterioridad, un impacto temporal de duración igual a la de la fase de construcción. En otros apartados del presente documento se evaluará cuantitativamente este impacto.

### Fase de operación y mantenimiento

En la fase de operación y mantenimiento, la contaminación atmosférica por emisión de material particulado se prevé escasa o casi nula.

Es cierto que la fricción producida entre las ruedas de los trenes y los carriles metálicos puede provocar el desprendimiento de partículas, pero este hecho puede considerarse poco significativo, ya que al tratarse de circulación subterránea de trenes, la probabilidad de que las partículas lleguen al exterior es muy pequeña. Además, la generación de partículas por fricción será poco significativa.

En la fase de mantenimiento de la escombrera no son previsible emisiones significativas de partículas ya que se trata de labores de mantenimiento de la revegetación-restauración del área que se realice o mantenimientos de zonas dotaciones cuyas emisiones son poco significativas.

Las operaciones y mantenimiento de los trenes y de las cocheras tampoco es previsible que se realicen emisiones significativas de polvo ya que se trata de reparación mantenimiento de maquinaria, pequeñas obras en edificios, etc.

Es de prever que las emisiones de partículas relacionadas con el tráfico rodado de superficie disminuyan durante la operación de la línea de metro ya que es previsible una disminución del tráfico rodado de superficie ya que los ciudadanos utilizarán el transporte público en vez del privado.

Como conclusión se indica que en la fase de operación y mantenimiento, la contaminación atmosférica y las molestias a la población por emisión de material pulverulento será similar a la que se registra en la actualidad, o inferior al reducirse el tráfico rodado, lo que supone una reducción en la emisión de partículas que pueden generarse por la mala combustión de los vehículos, por lo que este impacto, en esta fase, puede considerarse como positivo aunque de pequeña magnitud.

### Fase de cierre

En la fase de cierre, todo el proceso de desmantelamiento y rehabilitación de los espacios ocupados por las instalaciones auxiliares, campamentos, y el reacondicionamiento de las áreas de acopio de material y demás zonas que conlleve la ejecución de un movimiento de tierras y transporte de desechos, puede provocar contaminación atmosférica y molestias a la población por emisión de material particulado durante la ejecución de las obras.

En los casos en los que las infraestructuras que se rehabiliten estén a cielo abierto, el movimiento de tierras, transporte de escombros procedentes de las demoliciones, el transporte de tierras procedentes de la excavación así como las acciones que puedan generar mayor emisión de material pulverulento puede ser, al igual que en la fase de construcción, de mayor importancia.

La obra que se proyecta se considera prioritaria para el país, de especial importancia y primer nivel. Si bien dicha obra está dimensionada en principio para 150 años, y a pesar de que su duración puede ser mayor si se realizan intervenciones de ampliación, mantenimiento y rehabilitación, en el caso de que los túneles y estaciones dejen de estar en servicio, la emisión de material pulverulento a la atmósfera en este aspecto no será significativa en la fase de cierre, debido a que lo más razonable sería proceder al abandono de los túneles y estaciones en su parte subterránea. En el caso de la parte superficial de las estaciones sería necesario proceder a la integración y reposición de los espacios públicos ocupados por las mismas, lo que podría generar, al tratarse de obras de integración superficial, mayor emisión de partículas de polvo. Pero si será de importancia el aumento de material particulado de mayor tamaño procedente de la mala combustión de los vehículos, ya que al dejar de estar en funcionamiento el metro, el tráfico rodado aumentará considerablemente, y por consiguiente también lo hará la emisión de estas partículas procedentes de los vehículos.

Como conclusión se indica que en la fase de cierre, la contaminación atmosférica y molestias a los ciudadanos, tanto las posibles afecciones a la salud como las molestias por suciedad, debido a emisión de polvo puede aumentar con respecto a la situación actual. En el caso de que sólo se trate de desmantelar instalaciones auxiliares ejecutadas para la realización de la obra (zonas de acopios, campamentos...), el impacto será negativo pero temporal de duración similar a la de las obras. En el caso de que se deje fuera de uso la línea de metro se volvería a una situación similar a la actual respecto a las emisiones de particular producidas por los vehículos de transporte rodado en superficie

### **10.3.3. Afectación al medio por emisión de gases**

Por las características y dimensiones del proyecto analizado, la contaminación atmosférica por emisión de gases es uno de los impactos de más relevancia a evaluar, produciéndose su mayor afectación en la fase de operación del metro

La influencia que podrá tener este impacto será analizada a continuación para cada una de las fases consideradas.

### Fase de construcción

Las características del Proyecto que se analiza hacen pensar que en esta fase se producirá una afectación al medio ambiente como consecuencia del aumento de las emisiones gaseosas a la atmósfera, las cuales



procederán principalmente de los motores de combustión interna de la maquinaria que se utilice en la zona de construcción.

La experiencia en otros proyectos similares permite prever que la concentración de estos contaminantes, tanto en la zona de construcción, como fuera de ella, será algo mayor que la actual, principalmente por la utilización de maquinaria de obra como hormigoneras, excavadoras y retroexcavadoras, compactadoras, asfaltadoras, palas cargadoras, camiones para transporte tanto de residuos y escombros como para suministro de materiales, entre otras, si bien no debe ser relevante, pues el número de vehículos y motores de combustión interna en la obra en relación al que circulan en estos momentos en la zona de actuación es muy pequeña.

La realización de determinadas obras requerirá del desvío de tráfico lo cual podrá ocasionar incluso que en la zona de obra mejore la calidad del aire por la exclusiva presencia de maquinaria de obra, cuyas emisiones son de poca significación respecto a las emisiones actuales del tráfico rodado. No obstante, esta mejora puntual irá acompañada de un empeoramiento puntual en las zonas en las que se concentre el tráfico desviado.

Por otra parte, los desvíos de tráfico como consecuencia de las obras, pueden provocar que en ciertos momentos puntuales se produzca la congestión de algunas vías de comunicación, lo que puede contribuir a un aumento en la emisión de los gases procedentes de los vehículos.

Estas emisiones de gases y partículas afectan directamente a la calidad química y física del aire pero también afectan de forma directa a otros factores del medio social, como la población de estos gases tóxicos, principalmente CO<sub>2</sub>, CO y NO<sub>x</sub>.

La contaminación de la atmósfera por gases afecta a la salud de las personas y a la fauna, de forma directa al respirar el aire contaminado. Del mismo modo puede afectar a la vegetación, pues una concentración excesiva de contaminantes en la atmósfera puede provocar lluvia ácida. Además, puede provocarse afectación al patrimonio cultural, pues los contaminantes atmosféricos pueden afectar a los monumentos, ensuciándolos y deteriorando la capa superficial de los paramentos debido a la lluvia ácida y otras reacciones químicas entre los componentes atmosféricos y los materiales que forman los monumentos.

Se prevé que el aumento de gases producidos como consecuencia de la presencia de maquinaria de obra no sea significativo en este aspecto.

Se trata en general de un impacto negativo, que en esta fase de construcción tendrá carácter reversible a corto-medio plazo (mientras duren las obras), de extensión puntual o zonal e influencia directa sobre la atmósfera e indirecta sobre otros factores del medio, y que admite medidas preventivas y medidas correctoras para su minimización. En otros apartados del presente documento se evaluará cuantitativamente este impacto.

### Fase de operación y mantenimiento

En la fase de operación y mantenimiento, este impacto se prevé positivo y de gran magnitud. Esto es así pues se prevé que el nuevo proyecto del metro de Quito supondrá una modificación sustancial de la oferta de transporte colectivo de magnitud tal que, es posible que actuales usuarios del vehículo privado, que no ven en la actual red de corredores y autobuses atractivo suficiente, encuentren en el Metro elementos de mejora (velocidad, regularidad, confort, modernidad, no contaminación, etc.) suficientes como para hacerles cambiar su elección y optar por el nuevo modo para resolver parte de su movilidad mecanizada.

En experiencias similares, se observa una reducción en el número de vehículos que tienen origen o destino el área de influencia del metro, por lo que se prevé que la emisión de gases sea menor que en el momento preoperacional. Esto se ve apoyado por lo indicado en el Estudio de Prefactibilidad elaborado por la Unidad de Negocios Metro de Quito en octubre de 2010, en los cuales se indica que entre el 15 y 20% de pasajeros abandonarán su vehículo privado para transportarse en Metro y entre el 55 y 65% de pasajeros el transporte público convencional.

El funcionamiento del metro ocasionará un aumento en la demanda de energía eléctrica, que en el caso de Ecuador procede fundamentalmente de centrales térmicas que emiten gases de efectos invernadero y en algunos casos otros contaminantes atmosféricos.

El ahorro en emisiones de gases de efecto invernadero producido por la reducción del tráfico de superficie que representará la entrada en funcionamiento del metro se verá en parte compensado por las mayores emisiones de gases de efecto invernaderos provenientes del sector eléctrico.

La disminución del tráfico rodado de superficie que utiliza motores de combustión interna como consecuencia del funcionamiento del metro mejorará la calidad del aire de Quito. No obstante habrá un empeoramiento de la calidad del aire en aquellas zonas donde se produzca la energía eléctrica necesaria para la propulsión del metro.

### Fase de cierre

En este aspecto la fase de cierre supondría en primer lugar el desmantelamiento y rehabilitación de campamentos, instalaciones de apoyo y zonas de acopio tras las obras. Este hecho, al igual que en la fase de construcción conllevaría la utilización de maquinaria de obra y transporte que elevaría el nivel de gases contaminantes en la atmósfera, pero al igual que se comentaba con anterioridad se prevé que el aumento de gases producidos como consecuencia de la presencia de maquinaria de obra no sea significativo en este aspecto, ya que el número de vehículos adicionales en relación al que circulan en estos momentos en la zona de actuación, es poco significativo.



En el caso poco probable de que tras el periodo de vida útil de la obra, ésta decidiera dejarse fuera de uso, el desmantelamiento de instalaciones como las cocheras conllevaría de nuevo un aumento de gases como consecuencia del uso de maquinaria de obra.

Por otra parte, el abandono del metro como sistema de transporte, generaría un aumento del tráfico rodado, ya que la población necesitaría un medio de transporte mecanizado alternativo, lo que generaría una mayor emisión de gases contaminantes a la atmósfera, siendo pues un impacto negativo, pero con poca probabilidad de aparición.

Se trata de un impacto negativo, que en el caso del desmantelamiento de infraestructura auxiliar (acopios, campamentos...) tendrá carácter reversible a corto-medio plazo (mientras duren las obras), y de extensión puntual o zonal e influencia directa sobre la atmósfera e indirecta sobre otros factores del medio, y que admite medidas preventivas y medidas correctoras para su minimización.

En el caso poco probable de que se decidiera poner en un futuro fuera de servicio la línea de metro, se volvería a una situación respecto a las emisiones y niveles de contaminantes en el aire de Quito relacionado con el transporte en superficie mediante vehículos propulsados por motores de combustión interna.

En otros apartados del presente documento se evaluará cuantitativamente este impacto.

#### 10.3.4. Afectación al medio por emisiones acústicas

Por las características y dimensiones del proyecto analizado, la contaminación atmosférica por emisiones acústicas es uno de los impactos de más relevancia a evaluar, produciéndose su mayor afectación en la fase de construcción, aunque también puede aparecer en las otras dos.

La influencia que podrá tener este impacto será analizada a continuación para cada una de las fases consideradas.

##### Fase de construcción

Durante la fase de construcción se prevé un incremento de los niveles sonoros en la zona de obras como consecuencia del funcionamiento de la maquinaria necesaria para su ejecución. Especialmente intenso será el ruido provocado en las zonas en las que sea preciso proceder a la demolición de firmes (con martillo rompedor o retroexcavadora) y a la ejecución de pantallas. Este impacto afectará de forma directa al bienestar de la población, causando un malestar principalmente en la fase de construcción y en la de cierre del proyecto. Los impactos que previsiblemente afectarán al bienestar de la población varían considerablemente de la fase de construcción a la fase de operación. En la fase de obra el ruido repercutirá negativamente en la calidad de vida, de trabajo, recreativa, e incluso puede deteriorar la salud de las personas.

En las zonas en las que el método empleado para la ejecución de las obras sea el cut and cover, el nivel sonoro será más intenso, como es el caso de la construcción de las estaciones y algunos tramos de túneles. En el caso de que la excavación para la realización de los túneles sea realizada con tuneladora o mediante el método tradicional madrileño, los niveles sonoros no se prevén significativos, ya que la excavación se realizará de forma subterránea, siendo pues el sonido amortiguado por el terreno.

En la construcción de cocheras, pozos de ataque y ventilación, salidas de emergencia y otras instalaciones auxiliares que se encuentran en superficie, el nivel de ruido puede ser mayor.

El transporte de los residuos y tierras sobrantes de la excavación, el transporte para suministro de materiales de obra, la reposición de pavimentos asfálticos y la ejecución de zanjas para reposición de servicios entre otras acciones necesarias para el desarrollo del proyecto, también provocarán un aumento en el nivel sonoro.

El funcionamiento de la escombrera también incrementará el nivel de ruido en los alrededores de la misma como consecuencia de la afluencia de camiones, maquinaria para el manejo de los residuos, descargas, etc.

Se trata de un impacto negativo, que en esta fase de construcción tendrá carácter reversible a corto-medio plazo (mientras duren las obras), de extensión puntual o zonal e influencia directa sobre la atmósfera y la población, por molestias, e indirecta sobre otros factores del medio, y que admite medidas preventivas y medidas correctoras para su minimización. En otros apartados del presente documento se evaluará cuantitativamente este impacto. Del mismo modo, las medidas de mitigación propuestas quedarán reflejadas en el correspondiente Plan de Prevención y Mitigación de Impactos.

##### Fase de operación y mantenimiento

En la fase de operación y mantenimiento, el nivel de ruido que se prevé será poco significativo. Principalmente porque el funcionamiento del metro será subterráneo, siendo absorbido el ruido por el suelo.

En la mayor parte de los estudios realizados sobre tranvías y metros, se ha demostrado que es un modo de transporte silencioso. Un metro o un tranvía que circule a una velocidad media de 40 Km/h producen menor ruido que tres coches circulando a la misma velocidad.

Principalmente las fuentes emisoras de ruido en un metro son tres:

- Fuentes unidas a la rodadura
- Fuentes de ruido mecánico
- Fuentes de ruido aerodinámico



Ejemplos claros son los ruidos generados en los frenados como consecuencia de la fricción entre rueda y carril, los ruidos provocados por el mismo efecto en la zona de curvas, los ruidos provocados como consecuencia del roce en la catenaria, ruidos mecánicos y aerodinámicos, entre otros.

En la fase de operación y mantenimiento habrá zonas en las que se produzcan mayores niveles sonoros, como es el caso de las zonas de cocheras. También puede elevarse el nivel sonoro como consecuencia de los sistemas de ventilación. En estos casos el aumento se prevé poco significativo, y a nivel muy local.

En todo caso, se prevé que el ruido de los convoyes sea absorbido por el terreno, por lo que la afectación será positiva, ya que no solo no se produce una contaminación acústica, sino que además, la puesta en marcha del metro conllevará una reducción del tráfico rodado, lo que supondrá verdaderamente una disminución considerable del ruido.

En apartados posteriores, para valorar el impacto en esta fase, se procederá a evaluar el ruido generado por un metro tipo.

El funcionamiento del metro, disminuirá el tráfico rodado de vehículos en superficie lo cual disminuirá notablemente el nivel de ruido en las calles de la ciudad, lo cual representa un impacto positivo, zonal y de efecto inmediato y que se notará durante toda la vida del metro.

Por lo tanto, como conclusión en esta fase de operación y mantenimiento, la contaminación acústica se puede considerar como un impacto positivo, ya que no sólo no se producirán aumentos en los niveles sonoros, si no que estos se verán reducidos al disminuir el tráfico rodado, por lo que las afecciones a la población se consideran positivas en cuanto a los niveles de ruido se refiere, es decir las molestias por ruido se verán reducidas.

#### Fase de cierre

En lo que se refiere a la fase de cierre, el desmantelamiento de las infraestructuras de apoyo (zonas de acopios, campamentos, instalaciones auxiliares), en las cuales se producirá un aumento del nivel sonoro como consecuencia de su rehabilitación y desmantelamiento. En este caso se tratará de un impacto negativo pero de duración temporal (sólo durante la ejecución de las obras).

En el caso poco probable de que se decidiera dejar sin uso a la línea de metro una vez finalizado su periodo de vida útil, los niveles de ruido en las calles volverían a ser similares a los actuales ya que se recuperaría la intensidad de tráfico actual (siempre que algún cambio tecnológico no permita la existencia de medios de transportes privados de superficie "silenciosos").

En todo caso el impacto en esta fase de cierre será negativo, temporal y de bajo calado en el primer de los casos, y de larga duración y mayor calado en el segundo de los casos.

#### **10.3.5. Afectación al medio por vibraciones**

Por las características y dimensiones del proyecto analizado, la afectación a la edificación como consecuencia de la generación de vibraciones puede ser importante por los efectos que pueden provocar. Se dará principalmente en las fases de construcción y en la de operación y mantenimiento.

Todo lo indicado en este impacto es de aplicación igualmente al caso de afectación al patrimonio cultural

La influencia que podrá tener este impacto será analizada a continuación para cada una de las fases consideradas.

#### Fase de construcción

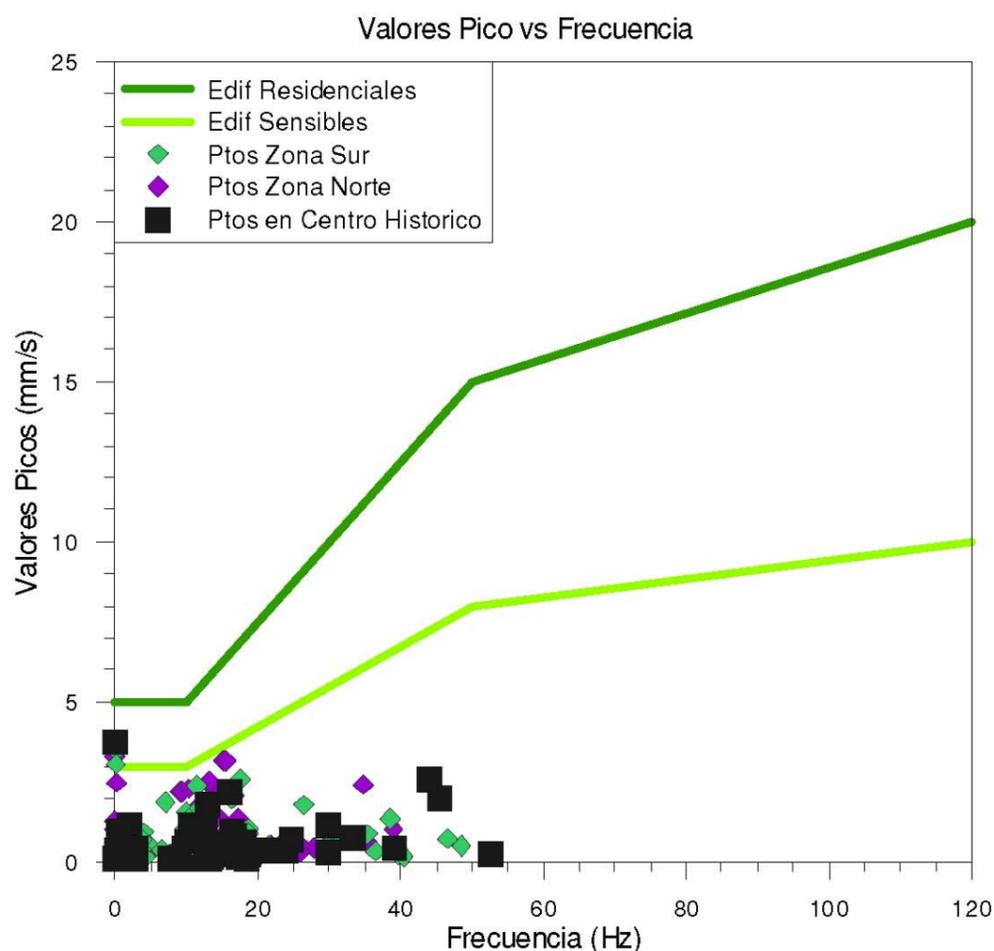
En la fase de construcción la propia maquinaria y operaciones a desarrollar para la ejecución de las obras, principalmente en la ejecución de pantallas y pilotes para la construcción de túneles y estaciones, así como con el uso de tuneladoras, puede provocar molestias a la población, y lo que es más importante, puede afectar a la estabilidad estructural de las edificaciones que se encuentran en el entorno de la traza, al poder verse dañado tanto las cimentaciones, estructuras o paramentos.

En las zonas en las que el túnel se realice por con tuneladora o con el método tradicional madrileño y que vayan a gran profundidad, la probabilidad de que las vibraciones provoquen efectos de importancia es algo menor.

Según diversos estudios, los principales efectos pueden darse sobre construcciones o estructuras pequeñas, edificios rígidos y de poca altura cimentados sobre suelos blandos y cercanos a las obras, aunque otra tipología de edificación cimentada sobre otros tipos de suelos también podría verse afectada.

Según el estudio realizado por la empresa TRX consulting, tras la toma de datos realizada a lo largo de la traza del metros, se detecta que hay una serie de zonas de edificación sensible a las vibraciones, tanto en la zona norte, como en la centro y en la sur. En la siguiente figura pueden apreciarse los resultados de dicho estudio.

Figura 10.1: Valores pico vs frecuencia de vibraciones



Fuente: TRX consulting. Análisis de vibraciones. Correlación valores pico medidos con la norma relativa a afectación de edificios

La anterior figura presenta los resultados principales según la norma DIN4150/3 para dos tipos de edificaciones (Clase2=edificios residenciales y Clase3=edificios sensibles y de interés histórico). La medición de los valores pico máximos de velocidad de partícula (suma vectorial de las tres componentes de vibración) y su frecuencia asociada se encuentran en su mayoría por debajo de los límites posibles de afectación a estructuras en ambiente urbano. Como excepción a esta observación se identifican cuatro puntos críticos debidamente identificados. El pico máximo registrado en el área tiene un valor de 3.74 mm/s; este pico se ubica en la progresiva 12+026 en el punto de medición 120 en los alrededores de la Plaza la Independencia ubicada en el centro histórico. Este pico excede el límite normativo para edificios históricos.

La siguiente tabla presenta la ubicación de los valores anómalos:

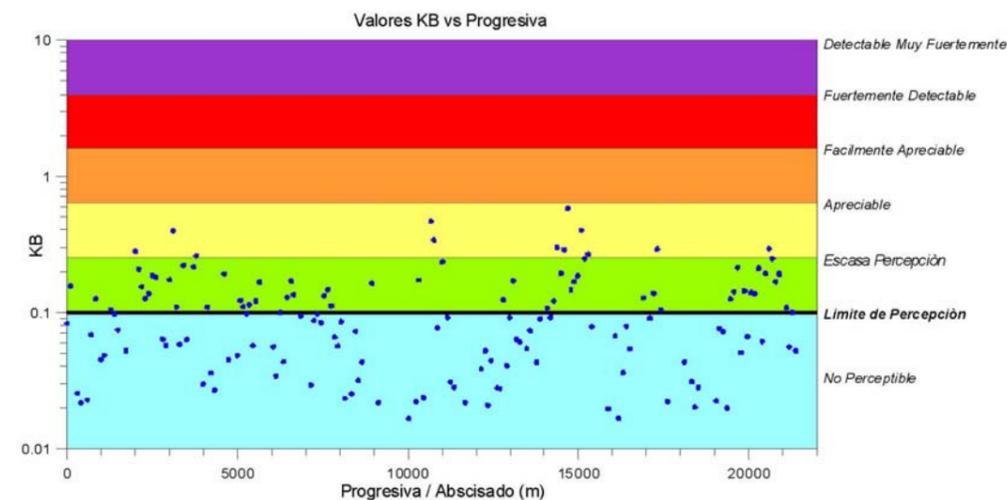
Tabla 10.7: Ubicación de valores anómalos

Zona	Pto	Vp (mm/s)	Progresiva (m)	Lugar de referencia
Zona Sur	P47	3.51	4609.9	Unidad Educativa del Sur
	P57	3.06	5645.1	Calle 6, El Calzado 200m al N de la Est. El Calzado
Centro Histórico	P120	3.74	12026.5	Calle Manabí, San Blas. 200m al N de Plaza la Independencia
Zona Norte	P155	3.30	15489.7	Estación Universidad Central
	P169	2.48	16908.9	Estación La Pradera 200m hacia el norte

Fuente: TRX consulting. Análisis de vibraciones

En la siguiente figura se muestra el grado de afectación a humanos previsto a lo largo de la ruta.

Figura 10.2: Grado de afectación a humanos a lo largo de la ruta



Fuente: TRX consulting. Análisis de vibraciones

La figura anterior presenta los resultados principales de esta evaluación en función del abscisado. Según la norma DIN4150/2 que evalúa el límite de percepción del ser humano, el 69.5% de los puntos medidos se localizan por debajo del "Límite de percepción"; mientras que el 30.5% de los puntos corresponden mediciones con "Escasa percepción", en donde se recomienda ser previsor ya que en esta zona la percepción al ser humano puede elevarse con la incorporación de la actividad de excavación y la operación de la infraestructura.

En estos momentos se hace muy difícil evaluar los posibles efectos que podrían generarse durante la ejecución de la obra como consecuencia de las vibraciones que podrían transmitir la maquinaria para la ejecución, por lo que deberán tomarse registros tanto en el momento previo a las obras como durante su ejecución, con la finalidad de evaluar los efectos que puedan producirse.



Según lo que indica la empresa TRX consulting en su estudio de vibraciones, se indican a continuación una serie de recomendaciones:

En relación al proyecto, se recomienda extender la evaluación determinística de la respuesta sísmica local a diferentes zonas representativas de la ruta, parte de intereses específicos del proyecto, en zonas de fuertes transiciones laterales y a puntos específicos donde se observan singularidades en la distribución de las velocidades de ondas de corte. En particular se sugiere ejecutar modelado dinámico en correspondencia de las estaciones, lugares con espesores mayores de suelos muy blandos (parte sur del área investigada), en las zonas donde se infieren elementos estructurales y transiciones geológicas (Machangara, transición sur al Panecillo, el Ejido...), y en singularidades encontradas a nivel rasante. Adicionalmente se recomienda su ejecución en el centro histórico, por la importancia de sus bienes culturales (debido a la sensibilidad de las construcciones relativamente más altas y de mampostería), en zonas de alta sensibilidad social y finalmente en zonas de emplazamiento de estructuras esenciales. Una lista de puntos críticos podría ser redactada en coordinación entre UNMQ, la alcaldía de Quito y las instituciones competentes a fin de crear un producto de interés general con criterios uniformes. Para la evaluación de las aceleraciones características para la estructura del túnel del metro se sugiere derivar espectros de respuesta a nivel de la rasante definitiva y evaluar este parámetro en las zonas donde se observan fuertes transiciones laterales en rigidez. Esto posiblemente con modelización dinámica 2D/3D. Al fin de optimizar y afinar estos estudios, adicionalmente se sugiere que las instituciones competentes se acuerden sobre escenarios de amenaza. Esto podría basarse en la integración de los estudios existentes con uno nuevo que incluya informaciones recientes de la nueva red acelerométrica. Para los diferentes escenarios se definan curvas de atenuación a usar o se creen nuevas integrando datos locales.

Por otra parte se recomienda que se ejecute un análisis detallado con selección de sismos de input reales desde el data base existente (nacional e internacional) o sintéticos derivados de los reales a través de "spectral matching" para el modelado dinámico y que se definan características detalladas, en lugares representativos, de las propiedades de los suelos en Quito al fin de usar datos específicos (y no bibliográficos) en el modelado dinámico (curvas de degradación).

Se recomienda igualmente evaluar la modelización determinista usando como profundidad del "half space", substrato sísmológico, también los datos de la investigación geofísica profunda comparando los presentes resultados (columna sísmo estratigráfica modelada hasta el substrato geotécnico) con los de una columna hasta la  $V_s=760-800$  m/s.

En relación a los estudios de vibraciones naturales, se recomienda la ejecución de estudios adicionales de afectación vibraciones a estructuras y personas en las singularidades mencionadas en el reporte de caracterización de ruta al fin de evaluar la posible interacción entre la componente geológica/geotécnica, las realidades sociales y urbanísticas (elemento que será más claro al terminar los estudios de afectación y ambiental) y los planos ingenieriles. La ejecución de estos estudios adicionales, a ejecutarse en una franja alrededor del eje de la ruta del metro, tendría que ser extendida a estructuras esenciales y a edificios de interés histórico. Es importante resaltar como singularidades de baja velocidades de ondas de corte asociada a sedimentos blandos

correspondan a zonas de interés social (Solanda – Calzado - Turubamba) donde ya se reportan afectaciones a estructuras debido a la componente geológica (asentamientos). Por otro lado en la zona norte, donde la ruta del metro es programada ser más superficial, condiciones observadas de alta rigidez podrían permitir una amplificación de un cierto tipo de frecuencia de vibraciones (como evidenciado en el modelado dinámico de Plaza de Toros). Esto dos aspectos de interacción suelo estructuras bajo inducción de vibraciones tendrían que ser evaluados y apropiadamente monitoreado.

Se trata de un impacto negativo, que en esta fase de construcción puede ser de calado, por lo que se recomienda la realización de un control exhaustivo durante todo el proceso constructivo para la minimización de riesgos.

#### Fase de operación y mantenimiento

En la fase de operación y mantenimiento existe la posibilidad de que las vibraciones causadas por el tráfico del metro puedan generar daños en las edificaciones cercanas y problemas o molestias a las personas.

El tráfico de los convoyes podrá generar ondas superficiales que pueden propagarse hasta distancias relativamente cortas y en ocasiones afectar a las construcciones aledañas a la zona. Este impacto dependerá del peso de los vehículos y de la velocidad con la que se desplazan. La carga de impacto genera ondas superficiales de diferente frecuencia, de forma que el suelo confiere particularidades al impacto.

Al igual que en la fase de construcción, a pesar de que se han realizado estudios, se ha realizado una campaña de campo con toma de registros, en estos momentos se es difícil predecir el efecto que puede generar las vibraciones en el entorno, por lo que se recomienda la realización de un control exhaustivo en el momento de la explotación de la línea.

Se trata de un impacto negativo, que en esta fase de construcción puede ser de calado, por lo que se recomienda la realización de un control exhaustivo durante todo el proceso constructivo para la minimización de riesgos.

#### Fase de cierre

En lo que se refiere a la fase de cierre, ni en el caso de la rehabilitación de las zonas de acopio o desmantelamiento de campamentos, ni en el caso de que la línea de metro decida dejarse fuera de uso. Por lo tanto este impacto no se prevé de importancia en esta fase ya que únicamente, en el caso de sea necesario realizar alguna demolición, podrían generarse algunas vibraciones que serían de escasa magnitud, temporales y puntuales.

### 10.3.6. Afectación al suelo

Cabe destacar que el proyecto se desarrolla en zonas urbanas y periurbanas cuyos suelos ya han sido modificados, y sus condiciones naturales previamente alteradas por el desarrollo urbanístico de la capital. El trazado del metro a construir discurre por suelos de tipo: equipamiento, residencial e industrial. Tampoco existen en la zona suelos de alta capacidad productiva, y la mayor parte es de tipo cangahua (capa dura de materiales volcánicos, depósitos de cenizas y tobas), no siendo adecuado para uso agrícola además de por su naturaleza por la presencia de zonas empinadas que han favorecido la erosión, especialmente en cuencas y quebradas. Por lo tanto, la afectación a los suelos en general es de carácter temporal y leve, produciéndose principalmente durante la fase de obras, perforaciones y extracciones, construcción de túneles, remoción de escombros y actividades similares. Sin embargo, una vez finalizadas las obras y durante la fase de operación y mantenimiento, se prevé que se vuelva a establecer un estado similar al existente previo a los trabajos mediante la aplicación de medidas adecuadas.

#### Figura 10.3. Tipos de suelo y suelo con cangahua



Fuente: FAO, 2010, Kalipedia 2012

El suelo, considerado desde un punto de vista edáfico solo se verá afectado en los tramos que se construyan utilizando la técnica del Cut and Cover, o sea en las estaciones y tramos de túnel más superficiales. Así mismo se verá afectado en la zona de cocheras, escombrera y zonas de instalaciones auxiliares que se realicen en superficie.

El suelo se considera un recurso no renovable debido a los largos periodos de tiempo necesarios para su formación. Salvo en la zona de la escombrera donde todavía se observa un suelo con su vegetación natural y en la zona de cocheras en la cual todavía se observa un suelo de uso agrícola, el resto de suelos que pueden verse afectados por las obras son suelos ya alterados por el hombre bien por su aterramiento, eliminación o se trata de suelos "artificiales" como en las zonas verdes urbanas.

Tal y como se indica en las matrices desarrolladas, los impactos identificados son los siguientes:

- Incremento en la erosión de los suelos
- Pérdida de capacidad de retención hídrica.
- Aumento de probabilidad de inundaciones por impermeabilización del terreno.
- Contaminación de suelos.
- Compactación de suelos
- Modificaciones edáficas

A continuación se describen los impactos identificados en cada una de las fases consideradas.

En la mayoría de estos casos, los impactos no se consideran significativos ya que apenas presentan relevancia, y son además muy puntuales en espacio y tiempo. Sin embargo, se describen a continuación las principales consideraciones recogidas, y se detalla en mayor medida algún impacto que podría ser moderado y pasará a evaluarse (principalmente ligado a la posible contaminación de suelos derivada de aceites y lubricantes provenientes de maquinaria), aunque éstos pueden ser paliados fácilmente aplicando medidas preventivas.

Es importante indicar que dada la relevancia de la calidad del suelo para albergar vegetación, y retener y filtrar agua que a su vez alimenta acuíferos, manantiales y ríos, se han estudiado los posibles impactos indirectos sobre otros factores (vegetación y masas de agua) siendo nuevamente los efectos esperados de carácter leve.

#### Fase de construcción

Durante la preparación del proyecto, la construcción de túneles, estaciones y cocheras, y el desarrollo de actividades auxiliares, se prevé que se produzca un importante movimiento de tierras (por ejemplo, durante la realización de perforaciones y en la aplicación del método Cut and Cover). También el transporte (circulación de maquinaria, accesos a la obra), carga y descarga de materiales y el establecimiento de instalaciones auxiliares pueden influir en la compactación del suelo debido tanto al peso de maquinaria y vehículos, como en la alteración de procesos de infiltración y aireación del suelo. Asimismo, el vertido de materiales sobrantes en las escombreras o en campamentos o instalaciones temporales de obra podría afectar a los suelos. Son impactos todos ellos leves, predecibles y fácilmente abordables.

- Respecto a los procesos erosivos que podrían producirse por la retirada de capa superficial y cobertura vegetal, se evitarán mediante adecuados sistemas de drenaje, especialmente si se prevén lluvias intensas, canalizando escorrentías adecuadamente. Está previsto además la construcción de muretes alrededor de las áreas de excavación y cárcamos de bombeo para sacar agua. También aquellas zonas que puedan considerarse más vulnerables habiendo quedado expuestas, tras la retirada por ejemplo de vegetación, podrán protegerse de agua y viento mediante lonas o superficies de protección.



- La pérdida de capacidad de retención hídrica no se prevé en tanto que la alteración de los suelos durante la fase de obras será mínima, y debido a la naturaleza de los materiales presentes en la zona a realizar el proyecto.
- La impermeabilización del terreno no variará de una manera considerable respecto al estado anterior, ya que, como se ha mencionado, la obra tiene lugar en zonas ya urbanizadas. Sólo en la zona de Quitumbe y en la zona Norte, donde está previsto que se construya el taller y las cocheras, aumentaría la superficie ocupada, pero los efectos en los procesos de escorrentía e infiltración serán mínimos debido al tamaño moderado del volumen ocupado. Además, la zona de Quitumbe y el extremo de la zona Norte no se han identificado como sectores cíclicamente inundados.
- La contaminación de suelos, el único impacto considerado significativo, podría producirse en la zona de maquinaria (tanto en zonas temporales de obra como en Quitumbe, en las cocheras de la zona Norte y otras posibles zonas superficiales de talleres). Para evitar esta afectación se ha previsto que se instalen las actividades auxiliares en zonas que no poseen un alto valor ambiental y los posibles vertidos accidentales serían fácilmente detectables. Se procederá a la impermeabilización de suelos en aquellas zonas donde se tenga previsto reparar maquinaria o limpiar motores. Se implantarán medidas de vigilancia para evitar vertidos incontrolados de aceites o sustancias contaminantes. En el caso de cambio de aceite de motores y maquinaria, se desecharán los residuos conforme a la legislación vigente y recabará información sobre las autorizaciones requeridas. Para estructuras permanentes como la de Quitumbe, ya se ha previsto una red para el transporte y vertido de aceites usados. Se preverán lugares específicos para el almacenamiento de combustibles, lubricantes, y productos tóxicos o peligrosos, donde se aplicarán medidas adecuadas para evitar fugas. También está previsto el uso de escombreras o vertederos, utilizando en la medida de lo posible áreas que ya han sido utilizadas y adecuadas para este fin (por ejemplo, se considera la del Colector Iñaquito). Además, una vez finalizadas las obras se dismantelarán las estructuras temporales y restaurarán las zonas puntualmente afectadas.
- Compactación: Para evitar la compactación de suelos por la maquinaria de la obra en zonas colindantes, se limitará la ocupación exclusivamente a los suelos asociados a la obra mediante vallado temporal de protección. Se aplicarán medidas similares en instalaciones temporales y se limitará la velocidad de los vehículos en la zona de obra reduciendo la compactación y erosión por arrastre de suelo.
- Las modificaciones edáficas no tendrán un carácter relevante, ya que la remoción de materiales será temporal y los cambios producidos no se darán en suelos de alto valor productivo ni con importantes capas de material vegetal.

En relación a los impactos indirectos producidos a la vegetación, en el apartado de afectación a comunidades biológicas se mencionan las estaciones que se construirán en parques y zonas verdes y por tanto en aquellas

donde habrá un mayor impacto en los suelos. Sin embargo, ya se considera el valor de estas zonas, y la importancia de volver a extender cualquier masa de suelo removida, así como de plantar y reforestar posibles zonas afectadas, y no se espera que el suelo se vea gravemente afectado, por lo que el número de medidas correctoras, estará asociado a las de las comunidades biológicas. En concreto, se acopiará tierra procedente de la capa superior de tierra vegetal (evitando su compactación) y se reutilizará posteriormente en las tareas de restauración.

Existe una pequeña parte de área de forestación entre las estaciones de La Magdalena y San Francisco, pero se encuentra principalmente en la zona de área de influencia indirecta. La afectación por tanto no se prevé, pero en caso de que hubiera algún impacto, debido por ejemplo al desvío de rutas para acceder a la zona de obra, será muy leve, pero en cualquier caso en este tramo se intensificarán las medidas preventivas: adecuada extensión de tierras, tras su retirada y especial cuidado en la replantación de especies.

En el apartado sobre afecciones al agua, se aborda en detalle cómo el proyecto puede impactar las masas de agua (acuíferos, manantiales y ríos). En relación al suelo, dada su conexión directa con estas masas, se ha considerado el efecto de subsistencia que sería mínima. La afectación a las masas de agua (por ejemplo, en las zonas cercanas al río Grande, entre las estaciones Solana y El Calzado, y al río Machángara entre El Calzado y El Recreo) es leve y no se realizarán grandes extracciones de volúmenes sobre éstas, por lo que el suelo afectado directamente ligado a masas de agua será pequeño. Además, los materiales de la zona presentan cierta permeabilidad (las lavas) pero alta dureza (cangahua), siendo poco compresibles, y por tanto los asientos diferenciales, en caso de producirse, serán menores.

#### Fase de operación y mantenimiento

Durante esta fase, que aborda aspectos de operación, mantenimiento y actividades auxiliares, las acciones causantes de afecciones habrán finalizado, y se recuperarán fácilmente las condiciones ambientales iniciales.

Los principales esfuerzos se centrará en el control y mantenimiento de las medidas previamente aplicadas en la fase de construcción: revisando por ejemplo el éxito de las tareas de revegetación de las zonas afectadas, la buena utilización de la tierra acopiada, especialmente en las zonas de parques. Se asegurará que se ha alcanzado la recuperación prevista del estado vegetal inicial y se continuará evitando la erosión manteniendo un adecuado sistema de drenaje.

Se procederá al acondicionamiento de vertederos o escombreras o a su clausura, mantenimiento de taludes, eliminación de huecos y vaciados (que puedan llenarse de agua), recubrimiento de tierra vegetal y planta de especies.



Las cocheras de Quitumbe, que representan el lugar para el estacionamiento, mantenimiento y reparación del material móvil del sistema, está previsto que incluyan entre diferentes zonas, la de mantenimiento, donde tendría lugar el cambio de fungibles (aceite) y la de lavado (lavado mecánico de trenes). Ya contempla, como se ha mencionado, una red de recogida de aceites usados. Su ubicación es en parcelas suficientemente grandes y de uso público, que no poseen alto valor ecológico o suelos productivos.

#### Fase de cierre

Durante la fase de cierre, es decir tras el posible desmantelamiento que tendría lugar finalizado el uso del sistema de metro, o el abandono de túneles por cambio de trazado la afectación a los suelos ya urbanizados, sería mínima. En caso de desmantelamiento de estructuras como estaciones o cocheras, la superficie del suelo quedaría en un estado similar al inicial. Las medidas preventivas de posibles daños a los suelos se centrarían en la rehabilitación de las zonas superficiales despejadas de infraestructuras.

#### **10.3.7. Consumos de recursos geológicos**

En la zona de afectación del proyecto no se han detectado singularidades geológicas o geomorfológicas que se puedan ver afectadas por la construcción, funcionamiento y abandono de la primera línea de metro de Quito. Así pues se considera que dicho impacto no es significativo.

La descripción posterior se centra en otro de los impactos que puede afectar a la geología y geomorfología como es el consumo de recursos geológicos procedentes de canteras y necesarios para las obras propuesta y el mantenimiento y conservación de las obras durante el funcionamiento.

Las obras ferroviarias en túnel requieren del aporte de áridos, hormigón y metales. Estos materiales de obra normalmente proceden de explotaciones mineras a cielo abierto y en el caso de metales pueden ser también subterráneas.

#### Fase de construcción

Es en esta fase cuando el consumo de recursos geológicos es mayor. Los materiales de obra procederán de explotaciones mineras que cumplen con la vigente legislación en la materia y que por lo tanto ya han sido evaluadas ambientalmente y son respetuosas con el medio ambiente.

Así pues, ya que no se tiene previsto la apertura de nuevas canteras se considera que los impactos ambientales de las mismas ya se han tenido en cuenta en la fase de autorización de las mismas y no cabe valorarlos de nuevo en este estudio ya que en caso contrario se duplicaría la valoración de los impactos.

#### Fase de operación y mantenimiento

En esta fase también se tendrán consumos de recursos geológicos en las operaciones de mantenimiento y conservación de la infraestructura, si bien las cantidades necesarias son mucho menores que en la fase de obra.

Los recursos geológicos procederán de explotaciones mineras ya en funcionamiento y autorizadas por lo que por las razones ya expuestas en anterioridad no se va a proceder a la valoración de los impactos que se generan.

#### Fase de cierre

En esta fase podrá haber pequeños consumos de recursos geológicos pero inferiores a los necesarios en las fases anteriores. Tampoco se tiene previsto la apertura de nuevas canteras en esta fase por lo que el material necesario procederá de explotaciones mineras en funcionamiento y autorizadas por lo que los impactos ambientales ya habrán sido evaluados.

#### **10.3.8. Modificaciones en la generación de escorrentía.**

Las obras humanas pueden modificar las condiciones naturales del territorio e incrementar o disminuir la generación de escorrentía superficial, bien sea por impermeabilización o por aumento de la capacidad de retención o permeabilidad del suelo.

Estas modificaciones de la generación de escorrentía se traducirán en aumentos o disminuciones de los volúmenes y caudales circulantes por los cauces afectando tanto los ecosistemas presentes como afectar al riesgo de inundación.

#### Fase de construcción

En la zona de túneles no se ocasionara este impacto ya que se trata de obras subterráneas. En la zona de obras de las estaciones, durante el vaciado de las mismas parte del agua de lluvia directa se infiltrara en los acuíferos y otra parte será bombeada hacia el exterior de los huecos e incorporada a los cauces o colectores de la zona. Una vez cubiertas las estaciones se recuperara la situación inicial ya que las que se ubican sobre zonas pavimentadas se volverán a pavimentar y las que se ubican bajo zonas verdes se recubrirán con suelos adecuados para recuperar su función de zonas verdes.

En los cajones de ataque de los túneles se producirá un efecto similar al descrito para las estaciones y desaparecerá cuando estos cajones se restauren o se integren en la infraestructura subterránea cubriéndolos.





La zona de la escombrera no modificará sustancialmente el flujo de la escorrentía superficial ya que parte de las aguas que discurren en la zona ya llegan encauzadas mediante túneles y la lluvia directa será drenada hacia los cauces actuales existentes en la zona.

Las cocheras se ubican en una zona de topografía llana sin cauces por lo que tampoco se modificarán significativamente los flujos del agua que seguirán discurriendo por los drenajes de los cultivos existentes.

Si que cabe mencionar que en la zona de Quitumbe existen dos cauces que pueden ser afectados en el supuesto de que el metro discorra superficialmente entre las cocheras y la estación de Quitumbe. Un correcto diseño de la infraestructura evitará modificaciones significativas del flujo en dichos cauces.

Así pues en esta fase los impactos pueden ser puntuales, reversibles, no acumulativos y pueden corregirse fácilmente.

#### Fase de operación y funcionamiento

En la fase de escombrera no son de esperar modificaciones significativas de los flujos del agua superficial ya que la escombrera se dotará de los drenajes necesarios para conducir la escorrentía hasta el cauce existente en la zona y los entubamientos existentes seguirán manteniendo su funcionalidad.

En la zona de cocheras si los diseños de la obra se realizan correctamente el drenaje de la zona se realizará a través de los cauces existentes en la zona y estos serán respetados por las infraestructuras superficiales por lo que no existirán impactos significativos salvo en situaciones extraordinarias de lluvias muy intensas que incrementen los caudales de los cauces existentes en la zona de Quitumbe por encima de los valores de diseño.

Las bocas de metro que se ubicarán en el interior de la ciudad pueden actuar como sumideros de la escorrentía superficial si interceptan flujos de aguas que discurren por las calles o espacios libres que ocupan. Se trata de un efecto perjudicial tanto para la escorrentía superficial que verá disminuido sus volúmenes y caudales con los consiguientes efectos que podría ocasionar sobre los ecosistemas de ribera aguas abajo pero sobre todo perjudicial para el propio metro ya que se inundaría.

Así pues la ubicación y diseño de las bocas de metro deben realizarse de manera que no puedan actuar como sumideros de la escorrentía superficial.

El impacto en esta fase es negativo, reversible, regional y con el correcto diseño de la obra puede minimizarse hasta casi desaparecer.

#### Fase de cierre

Este impacto en esta fase es poco significativo ya que en esta fase se volverá al estado actual para lo cual se sellarán las bocas de metro y se dismantelarán cocheras y otras infraestructuras superficiales con lo cual los flujos volverán a ser los actuales.

#### **10.3.10. Contaminación del agua superficial**

En las obras se utilizan o están presentes sustancias contaminantes que pueden incorporarse a la escorrentía superficial y desde ahí a las aguas subterráneas, ecosistemas ligados al río, etc. La gravedad de este impacto depende del poder contaminante de las sustancias que puedan incorporarse al agua superficial. En el caso del proyecto evaluado las sustancias más problemáticas son los combustibles y otros hidrocarburos que pueden verse.

#### Fase de construcción

Los aditivos que hoy en día se utilizan para la construcción de muros pantalla, túneles, hormigones, etc. presentan baja toxicidad y su poder contaminante es reducido por lo que no cabe presuponer que no contaminaran de manera significativa el agua superficial.

En las zonas de obra el agua de escorrentía puede arrastrar polvo y otras partículas que pueden incrementar los sólidos en suspensión o arrastrados por el agua y por lo tanto aumentar su turbidez. En estos momentos la turbidez del agua de escorrentía superficial ya es muy elevada debido a los procesos erosivos que ocurren en las laderas y a la limpieza de las zonas urbanas por la lluvia, por lo que es de prever que el incremento de la turbidez debida a las obras sea poco significativo.

El agua subterránea drenada de los túneles y estaciones puede arrastrar partículas en suspensión por lo que podrá incrementar la turbidez de los cauces.

En la escombrera se tiene previsto el depósito de los materiales sobrantes de las excavaciones. Se trata material natural e inerte por lo que no es previsible que se produzca contaminación del agua superficial.

Los residuos no inertes (peligrosos o no) serán gestionados de acuerdo con la vigente legislación y a sus características. La evaluación ambiental de los impactos derivados de la gestión de estos residuos ya se ha evaluado en la de los sistemas de gestión (transporte, tratamiento y eliminación) por lo que no se considera necesario evaluarlos de nuevo.

En el supuesto de que en las excavaciones se atravesasen suelos contaminados estos deberán gestionarse de acuerdo con sus características.



En cuanto a las aguas residuales asimilables a urbanas que puedan generarse durante esta fase serán incorporadas a los sistemas de tratamiento de aguas de la ciudad. El volumen de agua residual asimilable a urbanas por las obras será muy reducido respecto a los de la ciudad por lo que no cabe esperar contaminación significativa del agua superficial.

Mención especial por sus posibles consecuencias medioambientales serán los vertidos de hidrocarburos (combustibles, aceites, lubricantes, anticongelantes, etc.) presentes en la maquinaria de la obra. Normalmente se tratará de vertidos accidentales que deberán ser tratados en el plan de contingencias-emergencias, ya que se puede reducir la probabilidad de que ocurra un vertido accidental pero no eliminar del todo.

Así pues el impacto se considera negativo, zonal, tiene efectos directos sobre el agua pero puede tener efectos indirectos sobre otros factores del medio, reversible y admite medidas correctoras.

#### Fase de operación y mantenimiento

El principal riesgo de contaminación del agua deriva de la inadecuada gestión de los residuos que puedan producirse en esta fase. Es de prever que la aplicación de las medidas legales existentes reduzca la gestión inadecuada pero siempre existe la posibilidad de ocurrencia de un accidente.

Los posibles depósitos de sustancias contaminantes necesarios para el mantenimiento de las instalaciones y maquinaria deberá localizarse en áreas especiales dotadas de medidas especiales (dobles cubetos, impermeabilización del suelo, sistemas de saneamiento independientes, etc.) como indica la buena práctica por lo que salvo los inevitables accidentes no debe de contaminarse el agua.

El agua subterránea drenada de los túneles y estaciones puede arrastrar partículas en suspensión por lo que podrá incrementar la turbidez de los cauces.

Las aguas residuales asimilables a urbanas que se generen se evacuarán a través de los sistemas de tratamiento de aguas negras de la ciudad. El funcionamiento del metro no incrementará el volumen de agua residual generada en la ciudad ya que serán los propios ciudadanos y turistas los que la generarán.

El agua de limpieza de los trenes deberá tratarse de manera adecuada antes de ser vertidas a las redes de evacuación municipal o a los cauces existentes en la zona de Quitumbe cumpliéndose la vigente legislación.

En conclusión, el respeto de la legislación en vigor y las buenas prácticas ocasionarán que sólo pueda producirse un impacto significativo de contaminación del agua superficial en esta fase en caso de accidente que ocasione el vertido de residuos o sustancias contaminadas.

Se considera negativo, zonal, tiene efectos directos sobre el agua pero puede tener efectos indirectos sobre otros factores del medio, reversible y admite medidas correctoras y los posibles accidentes deberán ser tenidos en cuenta en los planes de manejo.

#### Fase de cierre

Los impactos que se prevén en esta fase serán similares a los ya descritos en la fase de obra pero de una magnitud muy inferior. Terminadas las labores de cierre, desmantelamiento, reposición, restauración, etc. el riesgo de contaminación del agua superficial volverá a ser similar al actual.

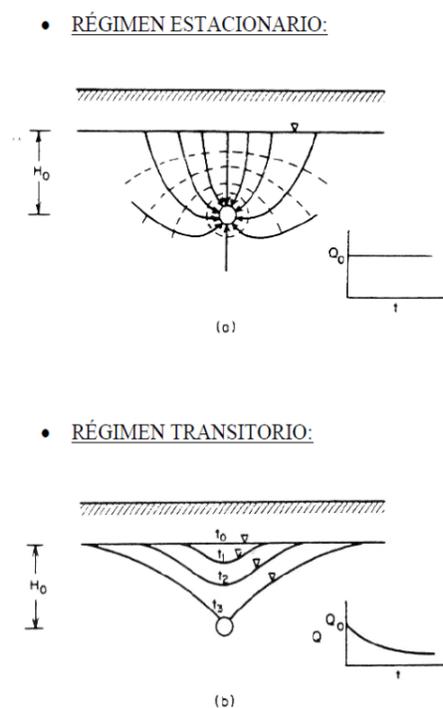
#### **10.3.11. Efecto dren sobre las aguas subterráneas**

El túnel y las estaciones cuando afecten a los acuíferos presentes en la zona podrán ocasionar el efecto dren. Se puede definir este efecto como el efecto de extracción de agua del acuífero que podrán ocasionar los túneles y estaciones durante su construcción y funcionamiento ya que el agua del acuífero se filtrará en su interior y ésta será bombeada hacia el exterior.

El efecto dren va a producir un descenso del nivel piezométrico en los alrededores de los túneles y estaciones por lo que podrá provocar un incremento de la profundidad de bombeo de los pozos y sondeos que se puedan ver afectados o incluso el secado de aquellos sondeos o pozos poco penetrantes en el acuífero. El descenso del nivel piezométrico también puede ocasionar subsidencia del terreno debido al aumento de las tensiones efectivas en el suelo al desaparecer la presión del agua. La subsidencia dependerá fundamentalmente del coeficiente de almacenamiento específico del acuífero (cantidad de agua, por unidad de volumen, que es almacenada o liberada debido a la compresibilidad del esqueleto mineral y del agua en los poros debido a un cambio unitario en el nivel de agua en el acuífero) y del descenso del nivel piezométrico provocado.

El efecto no será general en todo el acuífero. Se producirá en una franja paralela respecto al trazado del túnel y estaciones.

**Figura 10.5: Efecto dren de un túnel sobre un acuífero libre**



Fuente: Elaboración propia

La impermeabilización de los túneles transformará el efecto dren en efecto pantalla que se describirá a continuación. Lo normal es que al no alcanzarse una impermeabilización absoluta se producirá una mezcla de los dos efectos prevaleciendo uno o el otro dependiendo de la permeabilidad de los revestimientos del túnel

### Fase de construcción

Durante la construcción del túnel, tanto mediante tuneladora como por el método tradicional, existirá una parte del túnel sin revestir por la cual, cuando se esté atravesando un material acuífero, entrará agua en el túnel. A medida que se avance el túnel se revestirá con dovelas que si bien disminuirán la entrada de agua en el túnel no pueden considerarse totalmente impermeables o por defectos constructivos no serán totalmente impermeables.

El agua captada inicialmente será bombeada a la superficie y evacuada a través de los colectores existentes en la zona. Los caudales y volúmenes que se capturen dependerán fundamentalmente de la permeabilidad de los materiales acuíferos atravesados y las dimensiones de la obra. En estos momentos se están realizando estudios de detalle para aquilatar los caudales y volúmenes de agua que se tendrán que evacuar en esta fase.

En las estaciones durante la construcción de los muros pantalla y el vaciado de las mismas también se puede producir infiltración de agua desde acuífero bien sea por las paredes laterales o por el fondo de la excavación

hasta que se construya la contrabóveda de fondo y se proceda a la impermeabilización definitiva de paredes y fondo. El agua captada será bombeada a la superficie y evacuada a través de los colectores existentes en la zona.

Así pues durante la ejecución de las obras y por el efecto dren se podrán producir descensos locales del nivel piezométrico e incremento del agua circulante por los colectores de la zona debiéndose tener en cuenta que dichos colectores también drenan el agua de lluvia por lo que se tendrá que estudiar que son capaces de permitir el transporte del agua de drenaje normal mas el agua bombeada de los túneles y estaciones.

Se trata pues de un impacto negativo, zonal, reversible y cuya duración se extenderá durante el periodo de obra

### Fase de operación y mantenimiento

Los túneles está previsto que se revistan y se impermeabilicen por lo que la infiltración de agua es de prever que sea reducida. Así mismo las labores de mantenimiento y conservación de los túneles asegurarán que se reparen las zonas por las que se infiltre agua y que el efecto dren del túnel se mantenga bajo control.

Se tendrá que distinguir pues entre el funcionamiento normal del túnel durante el cual la impermeabilización impedirá o reducirá a mínimos la entrada de agua en el túnel y el efecto dren del mismo y momentos puntuales en los cuales durante las obras de mantenimiento y conservación podrán producirse puntas de caudal infiltrado que tendrán una duración corta.

Así pues el impacto será negativo ya que podrá producir un descenso del nivel piezométrico centrado en la longitud del túnel. La duración será la del funcionamiento de la obra. En las obras de mantenimiento y conservación podrán producirse situaciones agudas y muy puntuales de este impacto y en todo caso admite medidas correctoras.

### Fase de cierre

En esta fase el efecto dren desaparecerá. Si los sistemas de impermeabilización fallan los túneles abandonados se inundarán y los niveles piezométricos recuperarán su nivel inicial.

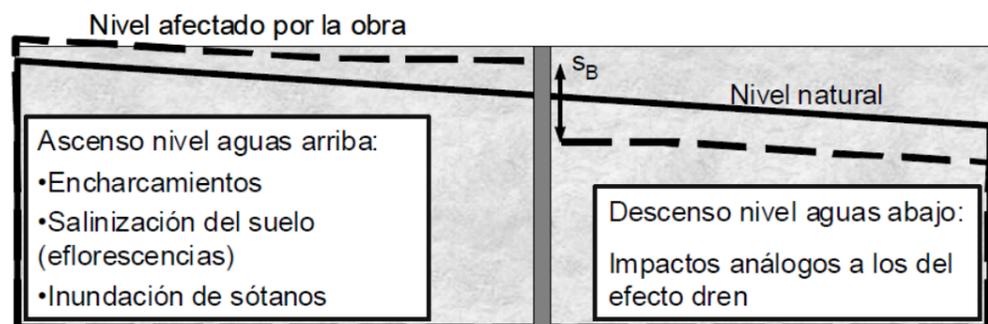
### **10.3.12. Efecto pantalla sobre las aguas subterráneas**

Las obras impermeables transversales al flujo del agua subterránea tendrán un efecto pantalla sobre las mismas.

El efecto barrera es una obstrucción, parcial, del acuífero que provoca una pérdida de carga localizada  $S_b$ . Dependiendo de las condiciones de contorno, este efecto puede dar lugar a alteraciones en el régimen natural de flujo de las aguas subterráneas, ascenso aguas arriba, y/o descenso aguas abajo de la obstrucción. Este fenómeno se produce debido a que muchas obras subterráneas seccionan total o parcialmente el acuífero comportándose como un obstáculo al paso del agua subterránea. Ante esta situación, el agua modifica su

dirección de flujo natural para bordear la obstrucción alterándose la superficie piezométrica natural del acuífero en torno a la estructura.

**Figura 10.6: Ilustración del “efecto barrera”**

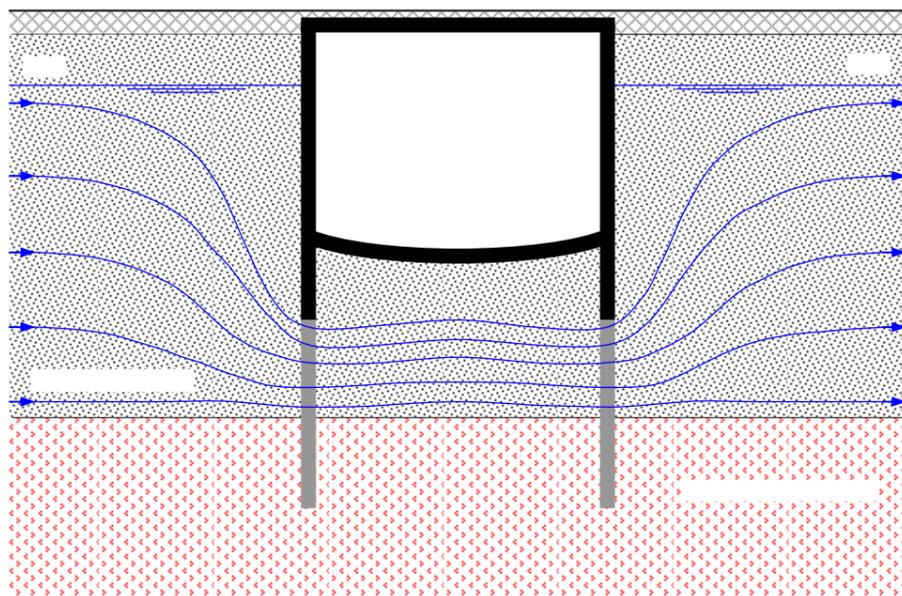


La obstrucción del acuífero hace cambiar el nivel natural (línea continua) dando lugar a un ascenso del nivel aguas arriba y a un descenso aguas abajo (línea a trazos).

Fuente: Carrera, J. y Vázquez Suñé, E (2008): “Sobre la interacción entre acuíferos y obras subterráneas” El agua y las Infraestructuras en el medio subterráneo. AIH – GE, Barcelona, 24 a 26 de noviembre de 2008. Pp. 21-38.

Los efectos provocados por una pantalla no completa (no afecta a todo el espesor saturado) es concentrar las líneas de flujo en las zonas libres de pantalla como puede verse en la figura siguiente:

**Figura 10.7: Efecto sobre las líneas de flujo del agua subterránea de una pantalla parcial**



Fuente: Metro Madrid, 2010

El efecto pantalla se traducirá en modificaciones de los niveles piezométricos, aguas arriba y aguas debajo de las pantallas y en la proximidad de las mismas y modificaciones del flujo general del agua ya que los flujos se concentrarán en las zonas acuíferos no afectadas por el efecto pantalla.

### Fase de construcción

Este efecto se producirá fundamentalmente en la construcción de las estaciones y en los alrededores del túnel una vez revestido.

Así pues en las estaciones lo que prevalecerá durante la construcción de los muros pantalla y tapón de fondo será el efecto drenaje. Una vez terminada la construcción de estos elementos lo que prevalecerá será el efecto pantalla.

En los túneles pasará algo similar. En el frente de excavación sin revestir el efecto más significativo será el efecto dren mientras que en las zonas ya revestido el efecto que prevalecerá será el de pantalla.

Se trata de un efecto negativo por las modificaciones en el nivel piezométrico que introduce y la modificación de las líneas de flujo, permanente mientras dure la pantalla, reversible y admite medidas correctoras.

### Fase de operación y mantenimiento

En esta fase se mantendrá el efecto pantalla introducido por las obras por lo que los niveles piezométricos se estabilizarán y no aparecerán nuevos efectos indirectos. Hay que tener en cuenta que debido a la inercia de los acuíferos los efectos pantalla se desarrollarán en toda su amplitud en esta fase.

Si se aplican las medidas correctoras adecuadas el efecto pantalla puede reducirse de manera muy importante en esta fase.

### Fase de cierre

A muy largo plazo la pantalla se irá deteriorando e irán reduciéndose las modificaciones del nivel piezométrico producidas. Si el deterioro de la pantalla produce que las características hidráulicas de la misma sea similar a las del acuífero circundante el efecto pantalla desaparecerá por completo.

#### **10.3.13. Contaminación del agua subterránea**

La contaminación del agua subterránea en este tipo de obras directamente relacionada con la contaminación del agua superficial, ya que será el agua superficial contaminada cuando se infiltre y alcance el acuífero el que contaminará a éste.

Otra fuente de contaminación del agua subterránea será la producida por el contacto del agua del acuífero con las obras que discurren por el mismo (túneles y muros pantalla).



Así pues esta descripción va a centrarse en la contaminación del agua subterránea debido al contacto de la misma con los elementos de la obra ya que la contaminación del agua superficial ya se ha descrito en los apartados anteriores.

### Fase de construcción

Los aditivos que hoy en día se utilizan para la construcción de muros pantalla, túneles, hormigones, etc. presentan baja toxicidad y su poder contaminante es reducido por lo que no cabe presuponer que no contaminarán de manera significativa el agua subterránea durante la construcción de los mismos. La bentonita es un material natural no contaminante cuya única función es favorecer la excavación del muro pantalla.

En la escombrera se tiene previsto el depósito de los materiales sobrantes de las excavaciones. Se trata material natural e inerte por lo que no es previsible que se produzca contaminación del agua subterránea por infiltración de agua a través de la misma.

En cuanto a las aguas residuales asimilables a urbanas que puedan generarse durante esta fase serán incorporadas a los sistemas de tratamiento de aguas de la ciudad y no infiltradas por lo que no afectarán directamente al agua subterránea.

Mención especial por sus posibles consecuencias medioambientales serán los vertidos de hidrocarburos (combustibles, aceites, lubricantes, anticongelantes, etc.) presentes en la maquinaria de la obra. Normalmente se tratará de vertidos accidentales que deberán ser tratados en el plan de contingencias-emergencias, ya que se puede reducir la probabilidad de que ocurra un vertido accidental pero no eliminar del todo.

Así pues el impacto se considera negativo, zonal, tiene efectos directos sobre el agua pero puede tener efectos indirectos sobre otros factores del medio, reversible y admite medidas correctoras.

### Fase de operación y mantenimiento

El principal riesgo de contaminación del agua deriva de la inadecuada gestión de los residuos que puedan producirse en esta fase. Es de prever que la aplicación de las medidas legales existentes reduzca la gestión inadecuada pero siempre existe la posibilidad de ocurrencia de un accidente.

Los posibles depósitos de sustancias contaminantes necesarios para el mantenimiento de las instalaciones y maquinaria deberán localizarse en áreas especiales dotadas de medidas especiales (dobles cubetos, impermeabilización del suelo, sistemas de saneamiento independientes, etc.) como indica la buena práctica por lo que salvo los inevitables accidentes no debe de contaminarse el agua.

Las aguas residuales asimilables a urbanas que se generen se evacuarán a través de los sistemas de tratamiento de aguas negras de la ciudad y no se infiltrarán directamente en el acuífero.

El agua de limpieza de los trenes se verterá también a la red de tratamiento de agua residual por lo que no se infiltrará directamente salvo fugas de las redes de tuberías de transporte.

En conclusión, el respeto de la legislación en vigor y las buenas prácticas ocasionarán que sólo pueda producirse un impacto significativo de contaminación del agua subterránea en esta fase en caso de accidente que ocasione el vertido de residuos o sustancias contaminadas.

En esta fase el contacto del agua con los muros pantallas y revestimientos de los túneles podrá disolver sustancias de estos. Los muros pantalla y revestimientos están formados por sustancias de baja toxicidad y poco poder contaminante. Por otra parte estos elementos para poder cumplir con su función deben ser poco alterables en contacto con el agua. Así pues es poco previsible que dichos elementos alteren el quimismo del agua subterránea de manera significativa.

Se considera negativo, zonal, tiene efectos directos sobre el agua pero puede tener efectos indirectos sobre otros factores del medio, reversible y admite medidas correctoras y los posibles accidentes deberán ser tenidos en cuenta en los planes de manejo.

### Fase de cierre

Los impactos que se prevén en esta fase serán similares a los ya descritos en la fase de obra pero de una magnitud muy inferior. Terminadas las labores de cierre, desmantelamiento, reposición, restauración, etc. el riesgo de contaminación del agua superficial volverá a ser similar al actual.

Al igual que en la fase de funcionamiento es poco probable que se altere el quimismo de las aguas subterráneas por alteración de muros pantalla y revestimiento del túnel debido a su alta estabilidad frente al agua y al bajo poder contaminante de los mismos.

### **10.3.14. Afectación a las comunidades biológicas**

Respecto a las comunidades faunísticas, como puede observarse en la línea base, están completamente anuladas ante la profunda transformación presente en el ámbito de estudio. La fauna existente es escasa y la que se ha registrado no se encuentra dentro de las categorías de la UICN y CITIES. Teniendo en cuenta la **Directiva Europea 92/43/CEE del Consejo de 21 de mayo de 1992 relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y la flora silvestres**, en el área de influencia del proyecto no se afecta ningún lugar que se pueda considerar hábitat natural, al ser una zona totalmente urbana y con usos de suelo industriales y urbanos, por lo que las indicaciones, recomendaciones o restricciones de esta directiva se tendrán en cuenta con el fin de capacitar y concienciar al personal en temas de conservación de comunidades faunísticas y florísticas, pero no será necesaria su aplicación, más allá de las buenas prácticas que se adoptarán para la gestión de los ecosistemas pertenecientes a los parques y jardines de la ciudad.

Respecto a la vegetación, una obra como la que nos ocupa en un entorno totalmente urbanizado no tiene, en especial, un efecto significativo sobre la flora existente. Ya que el acelerado proceso urbanístico y el crecimiento poblacional han ido transformando la ciudad con la consiguiente reducción y desaparición de bosques naturales y vegetación nativa que antiguamente formaban su entorno.

Las zonas verdes y áreas ajardinadas presentan un alto valor social, recreativo y paisajístico, aunque no botánico. En cualquier caso son la única vegetación en una zona urbana. Esto ocasiona que la presencia de espacios verdes y la arborización de calles y avenidas sean fundamentales. Por ello se va a proceder a evaluar el posible impacto ambiental sobre la flora, principalmente enfocado a:

- La afectación a especies endémicas y amenazadas
- La afectación a la cobertura, diversidad y abundancia de la vegetación
- La afectación a zonas verdes urbanas

El mayor impacto que podría producirse sería la desaparición de especies endémicas o amenazadas ya que podría ser un impacto irreversible, pero esta circunstancia no se dará ya que no existen este tipo de especies en la zona de influencia.

La afectación a zonas verdes puede ser significativa en la fase de construcción pero luego se recuperará durante la fase de funcionamiento, por lo tanto sería un impacto reversible, de extensión muy puntual y de poca afectación. Este impacto admite medidas preventivas y correctoras para su minimización. Estos impactos podrían provocar otros indirectos sobre la fauna o sobre la población, pero serían muy poco significativos.

Según las acciones previstas en el proyecto, únicamente en la preparación de la obra y sobre todo en la ejecución de las estaciones será cuando se produzca el impacto ya que muchas de las estaciones se construyen en zonas verdes y mediante el método Cut and Cover, donde se debe eliminar parte de la superficie del terreno. La construcción del túnel no afectará de manera significativa a la flora ya que los posibles impactos podrían ser deposiciones de polvo en la vegetación, afectación a las raíces de los árboles, en caso de pasar por debajo de un parque, etc. que tienen muy poca influencia.

A continuación se enumeran las estaciones que se van a ejecutar en zonas verdes o muy cercanas a parques y que por tanto pueden producir algún impacto:

- Quitumbe: que se construye sobre una zona de terrenos baldíos.
- Morán Valverde
- Solanda: Corresponde a un parque recreacional con canchas de tierra de la liga barrial de Solanda y un pequeño parque para hacer deporte.
- El calzado: Corresponde a pequeñas áreas verdes de las canchas de la Av. Cardenal de la Torre.

- El Ejido: se sitúa en un parque. Cabe recalcar que los árboles que se encuentran aquí son considerados patrimonio. La estación se sitúa bajo el parque.

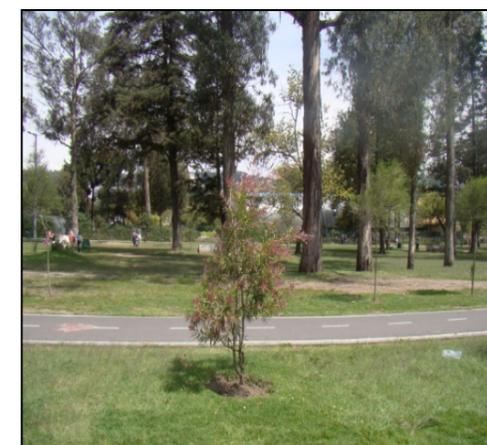
**Figura 10.8: Parque donde se ubicará la estación de El Ejido**



Fuente: Metro Madrid

- Universidad Central: se ubicaría en las áreas verdes en el ingreso a la Universidad Central del Ecuador por la Facultad de Derecho.
- La Carolina: se encuentra entre el Edificio Las Cámaras y Edificio Skorpions, frente a la cabecera suroeste del Parque La Carolina, que es el más grande de Quito.

**Figura 10.9: Parque de La Carolina**



Fuente: Metro Madrid

- Jipijapa: El área es parte del cerramiento de la plaza de toros, existe edificios, boletería, parqueaderos y espacios verdes.



El único lugar donde se podría producir algún tipo de impacto significativo sería en la estación de El Ejido al estar en un parque con árboles de cierto porte. Hay que mencionar que el parque metropolitano de Bellavista, el más grande de Quito, queda fuera del área de influencia del proyecto y que por lo tanto no recibirá ningún impacto significativo.

### 10.3.15. Afectación a la movilidad y accesibilidad urbana

En lo que se refiere a movilidad y accesibilidad urbana, hay que destacar una serie de puntos importantes. Con motivo de las celebraciones del XXV aniversario de la Declaratoria de Quito como Patrimonio de la Humanidad por parte de la UNESCO, el Concejo Metropolitano aprobó, en el año 2003, el **Plan Especial del Centro Histórico de Quito**, en el que se formulaban una serie de estrategias de intervención y de acciones concretas para reforzar su carácter patrimonial, consolidar su desarrollo económico y social, y garantizar su sostenibilidad y permanencia. En él se establecen como uno de los ejes estratégicos la solución a los problemas de accesibilidad al centro histórico.

Por ello, desde inicios del año 2007, con el apoyo técnico de la Junta de Andalucía, se emprendió la tarea de desarrollar el **Plan de Movilidad Sostenible del Centro Histórico de Quito**.

Dicho Plan pretende poner en valor el espacio público mediante la peatonalización del Centro Histórico de Quito, lo cual empezará a realizarse en un breve espacio de tiempo.

La ciudad en su crecimiento, y siendo el Centro Histórico de Quito (CHQ) el paso para las diferentes zonas, ha provocado la generación de problemas de accesibilidad y de conectividad en razón a su orografía y lo estrecho de sus calles. El problema se agrava por la falta de un control adecuado a la forma en la que el vehículo motorizado ha copado prácticamente la trama urbana, y está llevando al área central de la Ciudad a un punto de colapso.

Por estas razones, se hace necesario revisar de forma integral el sistema de transporte y movilidad, reorganizar la red general de transporte público, así como la complementación del actual transporte público con otros de alta capacidad que contribuyan a solucionar la actual problemática, implementando políticas que tengan por objetivo desincentivar el uso del vehículo privado en el CHQ mediante normas que restrinjan el uso del mismo en ciertas zonas y a su par la provisión de estacionamientos de borde para facilitar que el vehículo no ingrese al CHQ.

El transporte público siempre debe tener primacía sobre el transporte privado por el concepto del mayor bien social, tema que ya lo viene manejando la Municipalidad de Quito.

Por lo tanto, una mejora en el sistema de transporte urbano, como es el caso de la primera línea del Metro de Quito, contribuirá indudablemente a cumplir los objetivos de accesibilidad y movilidad durante la fase de funcionamiento del metro.

### Fase de construcción

Se trata de un impacto negativo, que en esta fase de construcción tendrá carácter reversible a corto plazo (mientras duren las obras), de extensión puntual o zonal e influencia directa a la población por ocupación de espacios públicos y efecto barrera.

En esta fase se generará un efecto barrera, debido a las instalaciones auxiliares, tales como campamentos, casetas de obras, aparcamientos, o las propias instalaciones que tendrá la obra, como los accesos a las estaciones, las puertas de emergencia, espacios de ventilación etc., todo esto estará ubicado en espacios públicos, por supuesto debidamente cercado y señalizado, pero que provocará molestias que afectarán principalmente al desvío de tráfico y peatones. Se producirá una alteración de la movilidad, pudiendo incluso provocar cortes de circulación o desvíos del tráfico, con las correspondientes molestias para la población, tanto conductores como viandantes.

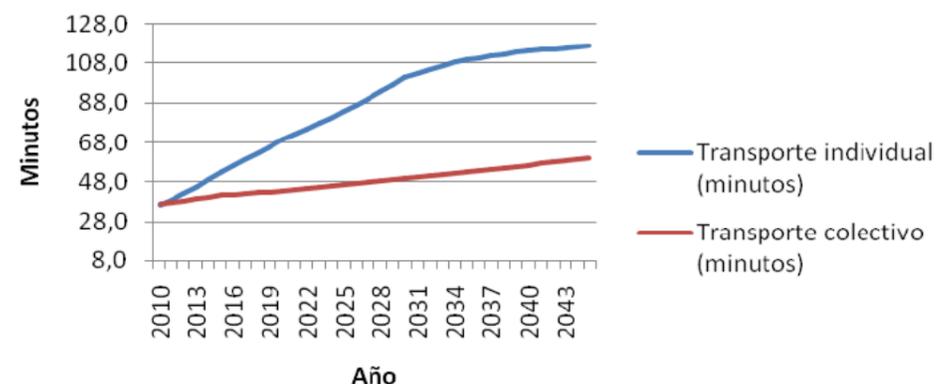
Además de las medidas preventivas que se aplicarán durante la obra para minimizar estas molestias, algunas de ellas no se podrán eliminar, pero una vez concluida la fase de construcción se aplicarán las medidas correctoras necesarias para mejorar la accesibilidad tanto a las propias estaciones del metro, como a la movilidad en general en las vías urbanas.

### Fase de operación y mantenimiento

En la fase de operación la movilidad de la población se verá afectada de forma positiva, ya que el funcionamiento del nuevo sistema de transporte reducirá el tráfico rodado y por tanto los atascos y el tiempo invertido en el transporte, comparando este medio de transporte con el transporte en superficie, tanto el individual como el colectivo. También hay que añadir por tanto un factor de fiabilidad de este transporte, ya que no se verá afectado por el mismo tráfico o condiciones meteorológicas adversas. El elevado número de viajeros, es decir la alta capacidad que tiene el metro supone otra ventaja añadida a la movilidad. Todo esto hará que los pasajeros inviertan menos tiempo, sufran menos estrés y gocen de una mayor comodidad y fiabilidad horaria.

Con el paso de tiempo y las previsiones de aumento de población y del parque móvil de la ciudad se prevé que el tiempo invertido para el desplazamiento de un trayecto se verá incrementado, según el estudio de viabilidad económica desarrollado para el diseño del proyecto. El aumento de ese tiempo invertido será diferente para cada método de transporte. Como se muestra en la siguiente gráfica, el tiempo que se invertirá en el futuro para los desplazamientos en vehículos individuales se multiplica por 3, mientras para transportes colectivos como el metro, no llega ni a duplicarse.

**Figura 10.10: Evolución del tiempo de viaje por método de transporte en el distrito metropolitano de Quito**



Fuente: Estudio de viabilidad socioeconómica de la construcción de la primera línea de Metro de Quito, Metro Madrid

Efecto significativamente positivo de larga duración, se prevé una vida útil de esta infraestructura de 150 años. Además se considera un impacto directo para la mejora del bienestar y la calidad de vida de la población, como se desarrollará en los próximos apartados.

#### Fase de cierre

En esta fase se producirán las molestias derivadas de las actividades propias de desmontar las infraestructuras superficiales, similares a la fase de construcción para el aspecto que nos concierne, es decir molestias por los efectos barrera de las vallas que delimiten las zonas de obra, desvíos y cortes de tráfico. Impactos que no se considerarán significativos debidos al carácter temporal de la fase de cierre.

#### **10.3.16. Aumento del empleo y la actividad económica**

Este proyecto supone y prevé la creación de un número importante de empleos de calidad, tanto temporales, durante la fase de construcción, como permanentes, durante la fase de explotación. Teniendo en cuenta la situación y nivel de desempleo en la ciudad, según el estudio de viabilidad socioeconómica realizado para el desarrollo del proyecto, se trata de un impacto social muy importante que generará el proyecto.

#### Fase de construcción

La construcción de esta gran infraestructura repercutirá de manera positiva en el empleo, ya que requerirá una gran cantidad de mano de obra directa e indirecta.

Según el estudio de viabilidad socioeconómico (elaborado por Metro Madrid), considerando un periodo de construcción de 3 años, se prevé la creación de 1.800 empleos en el tramo Quitumbe – El Labrador. A priori es una estimación por debajo de la que se ha obtenido en estudios realizados durante la construcción de proyectos similares, esto es debido al aumento del grado de mecanización que habrá durante la construcción del Metro de Quito.

Por otro lado, la construcción de esta obra puede ocasionar molestias y disminución de actividad comercial, es decir de consumo por parte de la población, debido a las barreras o incomodidades que ya se han expuesto, y provocar una disminución de ventas a los comerciantes de las áreas donde se construyan las infraestructuras superficiales, y por tanto de ingresos.

La actividad comercial en este sentido se verá afectada de forma negativa aunque de manera temporal y zonalmente. Estos mismos comerciantes verán mejorada su actividad comercial por la construcción de estaciones de metro o mejora de los accesos actuales a las zonas comerciales en la fase de operación.

En el caso de los valores turísticos, la construcción de la red de metro y principalmente de sus infraestructuras superficiales, afectarán principalmente al turismo en el centro de la ciudad, por ocupación del espacio público, incomodando a los turistas que visitan el centro histórico a pie, incluso llegando a quitar visibilidad de edificios e infraestructuras singulares y/o históricas. Estos impactos serán temporales y por lo tanto no se consideran significativos.

Por otro lado se estimulará la economía nacional por el requerimiento de un buen número de servicios, ante el aumento de actividad y personal trabajando en dichas obras. Aunque este estímulo se verá realmente ampliado en la fase de funcionamiento del metro.

#### Fase de operación y mantenimiento

En la fase de operación se potenciará la contratación de mano de obra para el funcionamiento del metro, tales como servicio de limpieza, conductores, seguridad, personal de taquilla y atención al cliente, servicio de mantenimiento de trenes, servicio de mantenimiento y vigilancia de infraestructuras, entre otros.

En la fase de funcionamiento, los beneficios económicos indirectos serán bastante notables. La mejora de la accesibilidad, potenciará la actividad en el sector servicios, especialmente la actividad comercial y la hostelería en el centro urbano, ampliando el grupo de población ya que se sumará la población que no dispone de transporte privado.

Por otro lado, se potenciará la generación de actividad económica y desarrollo en núcleos cercanos a las estaciones de metro, donde antes no existía o había una baja actividad comercial y económica. Este es el caso de los núcleos que, una vez construida la línea de metro, se convertirán en intercambiadores de transporte, además



de convertirse consecuentemente en intercambiadores urbanos, sociales, comerciales y culturales, por ejemplo zonas como El Ejido, Jipijapa, La Magdalena o El Recreo.

Una vez se encuentre en fase de operación este proyecto beneficiará al turismo de manera significativa, debido principalmente a la mejora de la movilidad en la ciudad y la comodidad de la misma. Supondrá una mejora en la imagen de modernidad de la ciudad, sin duda alguna una mejora añadida para los turistas que visiten Quito.

Por otro lado, como impacto indirecto, el ahorro de tiempo se traduce en valores económicos, por ejemplo aumenta la productividad, como consecuencia de una menor inversión de tiempo en el transporte, o de un mayor número de viajeros. En el estudio de viabilidad socioeconómica se indican y desarrollan las técnicas que se han utilizado para valorar de la forma más fiable posible este parámetro (metodología de Naciones Unidas, Trasposición de valores de otros estudios, datos de estudios previos, utilización del salario digno y el empleo de la renta media y las distribución de ingresos en el Distrito Metropolitano de Quito, DMQ). Los resultados obtenidos muestran un ahorro económico por aumento de productividad de gran magnitud en comparación con los metros de otras ciudades, principalmente por ser la primera línea de metro en Quito, el cambio y con ello el ahorro será más significativo.

En relación al proyecto de Peatonalización del casco histórico (proyecto que se contempla dentro del Plan Maestro de Movilidad), nuevamente la construcción de este sistema de transporte público masivo contribuirá a la generación de los beneficios sociales y económicos previstos por dicho plan, como pueden ser:

- Atracción de inversores
- Generación de puestos de trabajo
- Apoyo a los pequeños comercios
- Liberación y uso del espacio público
- Renovación y modernización del mobiliario urbano
- Generación de economías de aglomeración
- Mejora de la infraestructura de comunicaciones e implementación de líneas públicas de emergencia
- Promoción turística.
- Mejora de las instalaciones eléctricas y de saneamiento.

Los efectos descritos a la población, al empleo, el impacto positivo a la pobreza (que se menciona en el apartado siguiente), el desarrollo urbano, etc., son los cimientos para un cambio sustancial, tanto cualitativo como cuantitativo, en el desarrollo económico de la capital ecuatoriana

### Fase de cierre

En la fase de cierre, las molestias a los ciudadanos, tanto por ocupación de espacio, como las emisiones de ruido y partículas, el desvío del tráfico, el efecto barrera, tanto para viandantes como comerciantes, pueden aumentar con respecto a la situación anterior o de funcionamiento. En el caso de que sólo se trate de dismantelar instalaciones auxiliares ejecutadas para la realización de la obra (zonas de acopios, campamentos...), el impacto será negativo pero temporal de duración similar a la de las obras. En el caso de que se deje fuera de uso la línea de metro, el impacto puede ser de mayor calado, perdiendo los beneficios obtenidos con el funcionamiento del mismo. De todas formas, el impacto se considera poco significativo debido nuevamente a la temporalidad de esta fase.

### **10.3.17. Mejora de la calidad de vida de la población**

#### Fase de construcción

La fase de construcción del Metro de Quito, como obra de gran magnitud, supondrá un malestar para la población y por tanto una merma de su calidad de vida, por lo descrito anteriormente, en relación a las emisiones de ruido y partículas, al efecto barrera, a las modificaciones y cortes de tráfico y las molestias para comerciantes, pero además por otras razones como la reducción de zonas verdes y la ocupación del espacio por estructuras temporales.

Se prevé que se produzcan impactos negativos como la reducción de zonas verdes y por tanto reducción del área pública de uso y recreo. Este impacto será debido a la ocupación de espacio por maquinaria, espacio para los trabajadores y acumulación de residuos orgánicos y escombreras. La ocupación por estructuras temporales será mucho mayor, en cuanto a espacio se refiere, por tanto también su impacto. Estos impactos tendrán un efecto temporal y zonal, afectando concretamente a algunas zonas verdes y de recreo, como es el caso de la ubicación de las estaciones de Solanda, Moran, La Alameda y El Ejido, que se encuentran dentro del área de parques y zonas verdes de la ciudad. Por otro lado la estación de La Magdalena está previsto que se construya en un área donde se ubican las áreas deportivas del Cuerpo de Ingenieros del Ejército, con las correspondientes molestias para los usuarios.

El efecto negativo para la población consiste en la desaparición del disfrute de esos espacios de recreo y zonas verdes, con la correspondiente ausencia de servicios que estos ofrecen a la población. Este impacto se considerará de escasa magnitud, es de carácter puntual, tanto en tiempo como en espacio.

#### Fase de operación y mantenimiento

Por otro lado, cabe destacar el impacto significativo relevante de la mejora de calidad de vida en la fase de funcionamiento de este sistema de transporte.



Los análisis demográficos realizados se describen en el Estudio de Viabilidad Socioeconómica del Proyecto del Metro de Quito, y se fundamentan en las estadísticas del INEC y el análisis realizado por el Equipo de Movilidad y Demanda de Metro de Madrid. Se prevé que la evolución de la población alcance los 4,2 millones de habitantes en el 2040, y además se prevé también que se iguale la tasa de crecimiento entre las zonas urbanas y las suburbanas.

En la fase construcción, se puede notar un impacto positivo relacionado con el aumento de construcción de viviendas y por tanto de aumento de la población en zonas hasta ahora con baja densidad poblacional, pero será en la fase de operación del metro cuando esta tendencia de aumento de residentes sea más notable.

En cuanto a la fase de operación, como ya pone de manifiesto el estudio de viabilidad socioeconómica del Proyecto del Metro de Quito, debido a la alta capacidad de transporte de pasajeros, rapidez y fiabilidad, estos sistemas permiten un desarrollo urbano con mayores densidades de población. Este impacto podría comenzar en la fase de construcción, pero al ser una consecuencia del uso de este medio se incluirá solamente en la fase de operación.

El crecimiento espacial de las grandes ciudades incrementa la distancia media de los viajes que se realizan, y esto repercute negativamente en las clases o zonas más desfavorecidas que suelen residir en la periferia (y por tanto cada vez más lejos del centro), el sistema de Metro mejora sensiblemente la comunicación entre zonas periféricas y céntricas de estas grandes ciudades, mejorando la calidad de vida de las clases desfavorecidas.

Este impacto promueve de forma directa el objetivo 1 del Plan Nacional del buen vivir 2009-2013 de Ecuador, concretamente a la política de *Promover el ordenamiento territorial integral, equilibrado, equitativo y sustentable que favorezca la formación de una estructura nacional policéntrica.*

La ocupación de espacio público por las infraestructuras superficiales que se construyan de forma permanente (estaciones, cocheras, pozos de ventilación, salidas de emergencia, etc.) también supondrá un impacto en la fase de operación, aunque menor que en la fase de construcción, por la extensión de zonas verdes o de recreo que quedarán ocupadas de forma permanente tras la terminación de la obra. En el caso de los parques urbanos donde se prevé la construcción de una estación, los accesos a la misma ocuparán un espacio de forma permanente, pero se considera un área mínima por lo que su impacto no será significativamente negativo en este caso.

Como ya ha sido mencionado anteriormente, la mejora de la movilidad constituye un impacto significativo que contribuye a esa mejora de la calidad de vida, con una mayor comodidad y un ahorro de tiempo, ya que este sistema de transporte es independiente del tráfico rodado, por lo que en las horas punta no tendrá que invertir más tiempo para los trayectos. Sin duda, la población de Quito verá mejorada su movilidad, su accesibilidad urbana, su disminución en la contaminación por gases combustibles, ruido de tráfico etc., cambios que mejoran consecuentemente la vida en esta ciudad. Otros impactos indirectos que se prevén son:

- El acceso a la educación, a través una mejor accesibilidad a los centros escolares

- El acceso al ocio, que puede suponer el centro histórico de la ciudad
- Impacto positivo en la pobreza por el aumento de empleo y la integración territorial
- El acceso a una vivienda, por el previsible aumento en la construcción

Todo esto unido al impulso económico y al desarrollo mencionados anteriormente promueven una mejora considerable de la calidad de vida de la población de Quito, así como una imagen de modernidad de la ciudad que atraerá sin duda más turismo.

La mejora de la calidad de vida se considera por tanto causa y consecuencia del impulso económico y de inversiones en el centro histórico de la ciudad, esto es porque todos los beneficios que hemos destacado atraerán a más inversores y comerciantes al centro histórico y cultural de la ciudad, tal y como se pone de manifiesto en el Plan de Peatonalización del Centro Histórico de Quito.

Este impacto se cataloga como impacto positivo significativo, global y de larga duración, en esta fase de operación.

#### 10.3.18. Afectación al patrimonio cultural

Se puede destacar el impacto positivo de impulso del turismo por mejora y modernización de la ciudad, pero sería un impacto indirecto, por lo que no se valorará.

Para poder analizar la posible afectación a yacimientos arqueológicos y paleontológicos, se ha realizado un estudio arqueológico, cuyos resultados han sido sintetizados en el presente Estudio de Impacto Ambiental.

A modo de síntesis, para la realización del citado estudio arqueológico se han llevado a cabo los trabajos de prospección de los terrenos en los que se ubicarán cinco estaciones de Metro y cuatro Áreas Especiales. Esta elección obedeció al criterio de la mayor probabilidad de integridad de los suelos en el área y de sensibilidad arqueológica. Por ello la elección incluyó,

Estaciones:

- Los terrenos destinados a las cocheras,
- El área norte de la estación Morán Valverde,
- El área ocupada por la línea férrea en la estación El Recreo,
- El sector Este de la Plaza de San Francisco, y,
- El área total de la estación El Ejido.



Áreas especiales:

- Quitumbe
- Solanda
- Parque El Calzado
- Panecillo.

Posteriormente, los datos obtenidos fueron analizados en gabinete.

Durante el trabajo de campo se identificaron y registraron evidencias culturales prehispánicas, coloniales y republicanas además, es zona una zona de actividad volcánica lo cual se evidencia en los registros geológicos encontrados. En los registros estratigráficos de la zona, se han encontrado evidencias paleontológicas con presencia de restos fósiles de Megafauna pleistocénica.

En lo que se refiere a los resultados obtenidos, es la Estación de San Francisco el área arqueológica de sensibilidad más alta, en la que se han obtenido evidencias de mayores restos culturales.

En el resto de sitios analizados, o bien los resultados han sido negativos, no encontrándose restos por lo que su sensibilidad arqueológica es nula, o bien los restos encontrados están modificados o revueltos con material moderno, como ha sido el caso de la Estación El Ejido, por lo que su sensibilidad arqueológica es baja.

Como parte final del informe arqueológico se realizan una serie de recomendaciones para futuras intervenciones arqueológicas en el marco de los trabajos de mitigación de los impactos en el orden cultural que podrían provocar los trabajos de análisis en campo y la construcción del Metro Quito, entre las que se indican las siguientes medidas:

- Efectuar la excavación de Rescate Arqueológico en toda el área del diseño de la estación de la plaza de San Francisco
- Realizar el monitoreo de remoción de suelos en las áreas de las estaciones de El Ejido y Cocheras
- Realizar, además, el monitoreo arqueológico de remociones de suelos de otros equipos consultores, en cualquiera de las áreas (Estaciones o Áreas Especiales)

Por lo tanto, será preciso realizar una serie de campañas de vigilancia arqueológica a lo largo de toda la fase de construcción del metro y en toda su traza, haciendo hincapié en las zonas de más sensibilidad, con la finalidad de evitar daños al patrimonio arqueológico.

En lo que se refiere al ámbito cultural, en la fase de construcción, los factores culturales se verán debilitados por la introducción y presencia de agentes urbanos externos, trabajadores foráneos y actividades distintas a las

tradicionales y cotidianas. La ocupación de espacio y la correspondiente molestia para el patrimonio, bien sea por el cierre de algunos espacios culturales e históricos o por cubrimiento de los mismos, generarán impactos que serán temporales ya que son consecuencia directa de la construcción de las obras. Por otro lado en la fase operación, se prevé que la construcción de la red de transportes que vertebra la ciudad de sur a norte impactará de manera positiva en el patrimonio cultural de la ciudad principalmente en el centro histórico de la misma, posibilitando la eliminación o reducción de sistemas de transporte superficiales y por tanto facilitando el transporte a pie por el centro, la visibilidad de edificios de interés, a la vez que se disminuye la afectación a materiales por la contaminación proveniente de la quema de combustibles fósiles.

El plan de Peatonalización del Centro Histórico de Quito (CHQ) va a suponer una sinergia añadida de cara a la mejora de la accesibilidad de los viandantes al centro de la ciudad. Este plan prevé por tanto dotar de más espacio al peatón, por ejemplo en la majestuosa y visitada plaza de San Francisco, este espacio actualmente es muy reducido por la acera que rodea esta plaza. Este proyecto de metro apoya por tanto el enfoque del Plan de Peatonalización, ya que persigue el objetivo de desincentivar el uso del vehículo privado en el CHQ.

Teniendo en cuenta la mejora en la movilidad de la ciudad y su accesibilidad, con esta obra se promueve también el impulso de las actividades sociales y culturales, ayudando a alcanzar el objetivo 7 marcado en el Plan Nacional del Buen Vivir, o Plan de Desarrollo de la República de Ecuador: Construir y fortalecer espacios públicos interculturales y de encuentro común.

### 10.3.19. Impactos paisajísticos

Se definen los IMPACTOS PAISAJÍSTICOS como aquellas modificaciones que pueden afectar a los elementos que componen el paisaje o a las relaciones sistémicas que existen entre los mismos y que en conjunto constituyen el sistema que es el paisaje. Es decir, se trata de impactos que afectan al paisaje desde un punto de vista objetivo.

Los impactos que pueden ocasionarse son los siguientes:

- Modificaciones fisiográficas: Se trata de determinar y valorar si la actuación prevista modifica la categoría fisiográfica en la cual se encuentra encuadrada la porción de territorio afectada por la actuación. (Por ejemplo, que una zona abrupta pase a llana).
- Eliminación de formas: este impacto consiste en la posible eliminación de formas naturales existentes en la zona de la actuación. (Por ejemplo eliminación de una duna, lapiaz, etc.)
- Introducción de nuevas formas: se trata de determinar si la actuación introducirá nuevas formas en la zona de actuación y/o modifiquen las formas naturales existentes. (Por ejemplo que se creen nuevos taludes, nuevas líneas de cresta o de ruptura de pendiente, etc.)
- Modificación-alteración de cauces. Este impacto consistirá en la modificación y/o alteración de los cauces existentes en la zona de la actuación como consecuencia de la misma. En concreto se trata de



desvíos de los cauces existentes, aterramientos-reducción de la capacidad hidráulica de los mismos, incrementos de la capacidad hidráulica, encauzamientos de diversos tipos, etc.

- Eliminación de la vegetación existente. Se trata de los efectos sobre el paisaje de la eliminación de la vegetación existente en la zona de actuación.
- Reintroducción de vegetación. Este impacto se refiere a los efectos sobre el paisaje de las labores de revegetación de la zona de actuación o a los ajardinamientos que se realicen en la misma.
- Afectación al patrimonio cultural que forma parte del paisaje. Se trata de afecciones a elementos del patrimonio cultural que a su vez forman parte del paisaje (por ejemplo la eliminación de un elemento patrimonial, la ocultación de un elemento patrimonial, etc.)

A continuación se analizan estos impactos en las tres fases que se consideran del proyecto.

### Fase de construcción

Las modificaciones fisiográficas ocurrirán en la zona de ubicación de la escombrera. En esta zona se modificará la morfología abarrancada existente y aparecerán formas más suaves como consecuencia de los depósitos de materiales inertes que se realizarán en la zona. No es previsible que en el resto de zonas de obras se modifique la fisiografía de manera significativa. En las zonas de túnel y estaciones porque estas son subterráneas y no se modificará la morfología superficial y en la zona de cocheras por que las infraestructuras a construir se adaptarán a la fisiografía existente.

Así pues, en esta fase, la modificación fisiográfica solo será significativa en la zona de la escombrera. Se trata de un impacto permanente, si bien la modificación fisiográfica afectará a una superficie reducida.

Las obras a realizar no tienen previsto eliminar formas de relevancia paisajística. Las obras subterráneas no afectan a formas superficiales. En la zona de cochera no existen formas relevantes que se verán afectadas por las obras ya que se trata de una zona llana atravesada por barrancos que se respetarán.

Las modificaciones que se producirán en la zona de la escombrera han sido calificadas como una modificación fisiográfica y no como una eliminación de forma debido a:

1. El relleno de las quebradas lo que está ocasionando es modificar la fisiografía abarrancada de la zona de Quito por una fisiografía más o menos de formas suaves.
2. La forma en sí no es eliminada del todo ya que el cauce se mantiene tanto aguas arriba, como aguas abajo de la zona alterada.

En síntesis no es previsible la eliminación de formas que ocasionen impactos paisajísticos.

Las obras subterráneas previstas no introducen nuevas formas con significación paisajística. En la zona de Cocheras tampoco es previsible que se introduzcan nuevas formas ya que los edificios previstos se integrarán en la zona peri urbana. En la zona de escombrera como ya se ha razonado anteriormente se considera que lo que se produce es una modificación fisiográfica y no una eliminación o introducción de nuevas formas.

Las obras subterráneas previstas tampoco van a afectar a los cauces existentes. En la zona de cocheras se respetarán los cauces existentes. De nuevo es la zona de la escombrera donde podrá producirse en cierto modo alguna afectación paisajística a los cauces, si bien la longitud afectada es pequeña y se ubica en prolongación de un relleno anterior de la misma.

En la fase de obras se producirá la eliminación de la vegetación en aquellas obras que se realicen en superficie. Estas obras serán zona de cochera, escombrera y estaciones. La vegetación afectada tiene escaso interés ambiental, pero la minimización de los impactos paisajísticos aconseja que se afecten lo mínimo posible a árboles de gran porte. De todas maneras tras las obras se procederá a reintroducir la vegetación en la zona por lo que el impacto será temporal y afecta a superficies reducidas, salvo en la zona de cocheras que se afecta a una superficie mayor de terrenos agrícolas los cuales no se podrán recuperar hasta el desmantelamiento de las instalaciones.

La reintroducción de la vegetación es la medida correctora del impacto anterior y se efectuará al finalizar las obras de superficie. La reintroducción de la vegetación se realizará en la zona de la escombrera y en las estaciones que afectan a zonas verdes. En la zona de la escombrera se reintroducirá vegetación para la integración paisajística de la zona y en relación con los usos definitivos que se quiera dar a la zona y en las zonas verdes se reintroducirá vegetación por aquella afectada por las obras.

La afectación al patrimonio cultural con significación paisajística se producirá durante la construcción de las estaciones ubicadas en el centro histórico. No se tiene previsto afectar directamente a ningún edificio o elemento con valor patrimonial, pero temporalmente el paisaje en los alrededores de las estaciones del centro histórico se deteriorará por la presencia de maquinaria de obra, vallas, efectos barrera, etc. Los posibles impactos a bienes patrimoniales enterrados producirán impactos sobre el patrimonio cultural que se describirán en otro apartado. Se tratará de un impacto temporal y reversible si bien muy intenso durante el tiempo del uso de la obra.

### Fase de operación y mantenimiento

Los impactos paisajísticos en esta fase, si en el diseño de las obras se ha tenido en cuenta la integración paisajística de la misma son poco significativos.



En esta fase no se producen nuevas modificaciones paisajísticas, ni es previsible que se eliminen o aparezcan nuevas formas. No es previsible que se afecten nuevos cauces ni que se retire vegetación. La reintroducción de la vegetación se habrá realizado al finalizar la fase anterior y en esta fase solo se realizarán labores de mantenimiento de la vegetación que favorecerá su crecimiento y que se acelere la integración de las obras en el entorno.

Las afecciones al patrimonio cultural con significación paisajística habrán desaparecido ya que terminadas las obras de construcción de las estaciones los servicios estarán repuestos y las obras integradas en el entorno. Se puede decir además, que en esta fase de proyecto y un vez puesto en marcha el Plan de Peatonalización y el Plan de movilidad sostenible del Centro Histórico de Quito, se promueve el objetivo más ambicioso de mejorar el disfrute de ese patrimonio cultural, a través de la puesta en valor el espacio público, es decir se va a llevar a cabo la reactivación del patrimonio histórico – cultural y la rehabilitación de la estructura urbana y arquitectónica del núcleo central del CHQ.

En la zona de escombreras las labores de mantenimiento de la restauración de la escombrera favorecerán la integración de la misma en el entorno y que pueda destinarse al uso que finalmente se le dé.

En la zona de cocheras el mantenimiento de los edificios y zonas aledañas garantizarán que se mantenga el ornato y que las instalaciones se integren en el ambiente periurbano de la zona de ubicación.

Las estaciones una vez construidas serán totalmente subterráneas, en superficie solo serán observables las bocas de metro que mediante el correspondiente mantenimiento mantendrán el ornato y su integración en el entorno urbano en el que se ubican.

#### Fase de cierre

En la fase de cierre lo previsible sería el desmontaje de aquellas instalaciones superficiales. Como todas las obras podrán producirse impactos paisajísticos de corta duración durante el desmontaje de instalaciones o la demolición de edificios.

No son de prever impactos paisajísticos significativos si se sigue el plan de cierre y abandono previsto.

En cuanto a la escombrera cabe decir que cuando se acabe el depósito de materiales se tiene previsto su restauración mediante su adaptación morfológica, revegetación y dotaciones necesarias para los usos previstos.

#### 10.3.20. Afectación a la salud por generación de campos electromagnéticos

Si bien este impacto no se ha considerado significativo, y no ha sido seleccionado entre los preliminares para su valoración, si se procederá a su descripción con la finalidad de informar sobre el mismo, pues los temas de generación de campos electromagnéticos y su afectación a la salud, pueden provocar cierta alarma social.

Como se indicará a continuación, este impacto no es significativo ni se tiene constancia de que los campos electromagnéticos, a los niveles que se generarán en el metro, provoquen efectos perjudiciales para la salud.

El suministro de energía para transportes masivos como ferrocarril o metro, se realiza mediante líneas eléctricas.

Tanto las líneas eléctricas que suministran la energía para el funcionamiento del metro, como los motores y equipos de tracción de los trenes, pueden generar campos eléctricos y magnéticos, aunque como se indicará más adelante, son los correspondientes a las líneas eléctricas que suministran la energía los más significativos.

En lo que se refiere a las líneas eléctricas de suministro, **el campo eléctrico disminuye rápidamente al aumentar la distancia a los conductores y son apantallables casi por cualquier materia:** paredes, árboles, suelo, etc. Por lo tanto, al ser como norma general líneas que van enterradas en los tramos urbanos, no existe afectación a la superficie.

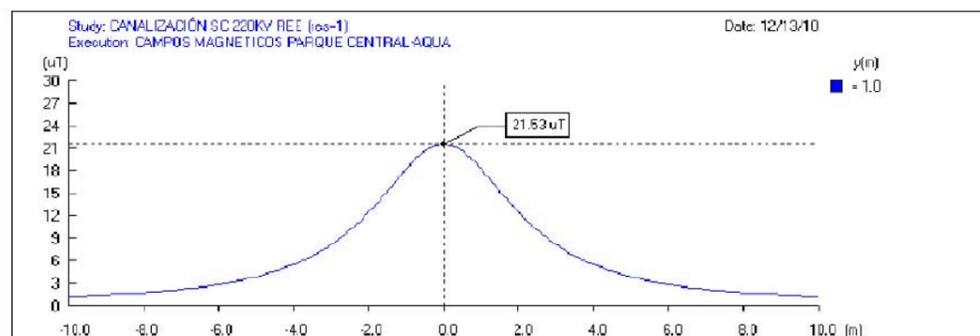
De acuerdo con este hecho, la **Norma Española UNE 215001-2004-“Procedimientos normalizados para la medida de los campos eléctricos y magnéticos de frecuencia industrial producidos por las líneas eléctricas de alta tensión”**, expresa lo siguiente:

*“En caso de las líneas eléctricas subterráneas de alta tensión el campo eléctrico se encuentra totalmente apantallado por el terreno, además los conductores serán apantallados y conectados a tierra, por lo que el campo eléctrico que se crea es nulo y no debe realizarse ningún tipo de medida”*

En lo que se refiere al campo magnético, se tienen mayores dificultades de apantallamiento, pero **su valor decrece rápidamente con la distancia.**

Según estudios realizados por la empresa española **IBERDROLA Ingeniería y Construcción** en Valencia, para líneas eléctricas subterráneas a 220 kV, se han simulado los campos magnéticos generados a distintas alturas. Los resultados que se obtuvieron quedan reflejados en la siguiente gráfica:

**Figura 10.11: Evolución del campo magnético generado por una línea eléctrica de alta tensión en función de la altura sobre la superficie**



Fuente: Iberdrola Ingeniería y Construcción

Tal y como se desprende de la figura anterior, se espera como máximo un valor de campo de 21,53  $\mu\text{T}$  a 1 m de altura sobre la superficie del terreno en la vertical del eje de la Línea. A 10 m de la vertical de la Línea el valor es aproximadamente inferior a 1  $\mu\text{T}$ , siendo inferior a mayores distancias.

Estos valores son muy inferiores al máximo de 100  $\mu\text{T}$  recomendado por el Consejo de la Unión Europea.

Según se indica en la página web de la Organización Mundial de la Salud, los trenes tienen una o más locomotoras que están separadas de los vagones de pasajeros. En consecuencia, la principal fuente a la que se exponen los pasajeros es la fuente de alimentación eléctrica del tren.

En los vagones de pasajeros de los trenes de larga distancia pueden existir campos magnéticos de varios cientos de  $\mu\text{T}$  cerca del suelo y de intensidades inferiores (decenas de  $\mu\text{T}$ ) en otras partes del compartimento. Los campos eléctricos pueden alcanzar intensidades de 300 V/m.

Los motores y equipos de tracción de los trenes y tranvías normalmente están ubicados bajo el suelo de los vagones de pasajeros. A nivel del suelo, las intensidades de los campos magnéticos pueden alcanzar niveles de hasta decenas de  $\mu\text{T}$  en las partes del suelo situadas justamente encima de motor. La intensidad del campo disminuye drásticamente con la distancia al suelo, de manera que la **exposición del tronco de los pasajeros es mucho menor**.

Según la OMS, en los últimos años, las autoridades públicas de diversos países han realizado numerosas mediciones para estudiar los niveles de los campos electromagnéticos en el entorno cotidiano. Ninguno de estos estudios ha concluido que los niveles medidos puedan producir efectos perjudiciales para la salud.

La Oficina federal alemana de seguridad radiológica (Bundesamt für Strahlenschutz, BfS) midió recientemente la exposición diaria a campos magnéticos de unas 2000 personas con diversas ocupaciones y grados de exposición en lugares públicos. Todas las personas llevaron dosímetros personales durante las 24 horas. Los niveles de

exposición medidos presentaron una gran variación, pero la exposición media diaria fue de 0,10  $\mu\text{T}$ . Este valor es mil veces menor que el límite establecido para la población de 100  $\mu\text{T}$  y 200 veces menor que el límite de exposición para trabajadores de 500  $\mu\text{T}$ . Además, los niveles de exposición registrados por los habitantes de los centros de las ciudades indicaron que no existen en este sentido grandes diferencias entre la vida en zonas rurales y la vida en la ciudad. Incluso la exposición de las personas que viven en las inmediaciones de líneas de conducción eléctrica de alta tensión se diferencia muy poco de la exposición media de la población.

Cada país establece sus propias normas nacionales relativas sobre exposición a campos electromagnéticos. Sin embargo, la mayoría de estas normas nacionales se basan en las recomendaciones de la **Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP)**. Esta organización no gubernamental, reconocida formalmente por la OMS, evalúa los resultados de estudios científicos realizados en todo el mundo. Basándose en un análisis en profundidad de todas las publicaciones científicas, la ICNIRP elabora unas directrices en las que establece límites de exposición recomendados. Estas directrices se revisan periódicamente y, en caso necesario, se actualizan.

El siguiente cuadro resume los límites de exposición recomendados correspondientes a los tipos de tecnologías que han causado preocupación en la sociedad. La última actualización de estas directrices se realizó en abril de 1998.

**Tabla 10.8: Resumen de los límites de exposición recomendados por la ICNIRP**

	Frecuencia de la red eléctrica europea	Frecuencia de estaciones base de telefonía móvil	Frecuencia de los hornos de microondas		
Frecuencia	50 Hz	50 Hz	900 MHz	1,8 GHz	2,45 GHz
	Campo eléctrico (V/m)	Campo magnético ( $\mu\text{T}$ )	Densidad de potencia ( $\text{W}/\text{m}^2$ )	Densidad de potencia ( $\text{W}/\text{m}^2$ )	Densidad de potencia ( $\text{W}/\text{m}^2$ )
Límites de exposición para la población	5 000	100	4,5	9	10
Límites de exposición ocupacionales	10 000	500	22,5	45	

Fuente: ICNIRP, CEM guidelines, Health Physics 74, 494-522 (1998)

El siguiente cuadro indica las fuentes más comunes de campos electromagnéticos. Todos los valores son niveles máximos de exposición de la población.

**Tabla 10.9: Exposición típica a campos electromagnéticos de la población**

Fuente	Exposición máxima típica de la población	
	Campo eléctrico (V/m)	Densidad de flujo magnético (μT)
Campos naturales	200	70 (campo magnético terrestre)
Red eléctrica (en hogares que no están próximos a líneas de conducción eléctrica)	100	0,2
Red eléctrica (bajo líneas principales de conducción eléctrica)	10 000	20
Trenes y tranvías eléctricos	300	50
Pantallas de televisión y computadora (en la posición del usuario)	10	0,7
	Exposición máxima típica de la población (W/m <sup>2</sup> )	
Transmisores de televisión y radio	0,1	
Estaciones base de telefonía móvil	0,1	
Radares	0,2	
Hornos de microondas	0,5	

Fuente: Oficina Regional de la OMS para Europa

**Conclusión:** Como se ha comentado con anterioridad, y según se refleja en estas tablas, los valores de los campos electromagnéticos generados como consecuencia del funcionamiento del metro o del suministro de la energía eléctrica necesaria para su puesta en marcha son inferiores en todos los casos a los máximos recomendados por la OMS, por lo que no existe riesgo para la salud de las personas.

Además, según se indica en la página web de la OMS, del conjunto de los resultados de todas las investigaciones no puede deducirse que los campos electromagnéticos produzcan efectos a largo plazo sobre la salud, como el cáncer. Los organismos nacionales e internacionales fijan y actualizan las normas basándose en los conocimientos científicos más avanzados, con el fin de proteger contra los efectos sobre la salud conocidos.

Por lo tanto, este impacto no se considera significativo y no procede su evaluación.

## 10.4. METODOLOGÍA PARA LA VALORACIÓN DE IMPACTOS

La metodología a utilizar en el presente Estudio de Impacto Ambiental para la valoración de los impactos ambientales tiene en cuenta tanto los impactos definitivos seleccionados como las fases de proyecto consideradas.

Es importante señalar que en este Estudio de Impacto Ambiental, la valoración será lo mas objetiva posible y se basará en la normativa actual, estudios científicos y en la experiencia obtenida en proyectos similares.

En primer lugar se procederá al cálculo de la Magnitud (M) de cada impacto, que será evaluada de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$M = [(I * W_i) + (E * W_E) + (D * W_D)]$$

Los factores se representan por:

I = Intensidad

E = Extensión

D = Duración

Los pesos se representan por las siglas indicadas y numéricamente equivalen a:

$w_i$  = peso del factor intensidad = 0,2

$w_E$  = peso del factor extensión = 0,2

$w_D$  = peso del factor duración = 0,6

Los tres índices de ponderación en la fórmula antes indicada ( $w_i$ ,  $w_E$ , y  $w_D$ ), son utilizados para distribuir el peso o importancia entre los criterios de evaluación: extensión, duración e intensidad respectivamente. Estos factores de ponderación son expresados como un número decimal al centésimo lugar; la suma de estos tres factores debe ser igual a 1,00.

Determinados los factores de ponderación, el equipo técnico evaluador asignará valores en torno a cada uno de los criterios de evaluación (intensidad, extensión, duración) para cada uno de los impactos ambientales considerados.

Al valor final de la magnitud se le asigna el signo negativo si el impacto evaluado es de carácter adverso, y no se coloca signo alguno si es de carácter positivo.

Una vez obtenido el valor de la magnitud de los impactos, se continúa con el cálculo del Índice Ambiental Ponderado Modificado (VIA) mediante la siguiente fórmula:

$$VIA = (R^{wr} \times RG^{wrg} \times M^{wm})$$

Donde:

R: Reversibilidad

RG: Riesgo

M: Magnitud

Los pesos se representan por las siglas indicadas y numéricamente equivalen a:

wr: peso del criterio reversibilidad = 0,6

wrg: peso del criterio riesgo = 0,2

wm: peso del criterio magnitud = 0,2

El carácter y las escalas de valoración para los impactos son los reflejados en las siguientes tablas.

El carácter del impacto se valorará según la siguiente tabla:

**Tabla 10.10: Carácter del impacto**

VARIABLE	SÍMBOLO	CARÁCTER	VALOR	ESCALA DE CALIFICACIÓN
Naturaleza del Impacto	N	Negativo	-	-1 Impacto negativo
		Positivo	+	+1 Impacto positivo
		Neutral	0	0 Al escoger neutral, se asume que el impacto es menor o imperceptible.

Fuente: Elaboración propia

La escala de valoración de la intensidad de los impactos será la reflejada en la siguiente tabla. Es de destacar que la escala de calificación y el carácter dependerá de cada uno de los impactos, por lo que será en el apartado de valoración en el que quedará definida para cada uno de ellos.

**Tabla 10.11: Escala de valoración de la intensidad de los impactos**

VARIABLE	SÍMBOLO	CARÁCTER	ESCALA DE CALIFICACIÓN	TIPO DE IMPACTO
Intensidad	I	Alto (variable según impactos)	Según impacto	Impacto Alto
		Medio (variable según impactos)	Según impacto	Impacto Medio
		Bajo (variable según impactos)	Según impacto	Impacto Bajo

Fuente: Elaboración propia

El área de influencia se valorará según la siguiente tabla:

**Tabla 10.12: Escala de valoración de la extensión de los impactos**

VARIABLE	SÍMBOLO	CARÁCTER	ESCALA DE CALIFICACIÓN	TIPO DE IMPACTO
Área de Influencia	E	<b>Regional:</b> La región geográfica del proyecto, si el efecto o impacto sale de los límites del área del proyecto	8 – 10	Impacto Alto
		<b>Local:</b> Si el efecto se concentra en los límites de área de influencia del proyecto	4 – 7	Impacto Medio
		<b>Puntual:</b> En el sitio en el cual se realizarán las actividades	0 – 3	Impacto Bajo

Fuente: Elaboración propia

La valoración de la duración de los impactos es la reflejada en la siguiente tabla:

**Tabla 10.13: Escala de valoración de la duración de los impactos**

VARIABLE	SÍMBOLO	CARÁCTER	ESCALA DE CALIFICACIÓN	TIPO DE IMPACTO
Duración del Impacto	D	<b>Permanente:</b> Cuando la permanencia del efecto continúa aún cuando haya finalizado la actividad	4-5	Impacto Alto
		<b>Temporal:</b> Se presenta mientras se ejecuta la actividad y finaliza al terminar la misma	2-3	Impacto Medio
		<b>Transitorio:</b> Se presenta en forma intermitente mientras dure la actividad que los provoca	1	Impacto Bajo

Fuente: Elaboración propia

La escala de valoración de la reversibilidad de los impactos es la reflejada en la siguiente tabla:

**Tabla 10.14: Escala de valoración de la reversibilidad de los impactos**

VARIABLE	SÍMBOLO	CARÁCTER	ESCALA DE CALIFICACIÓN	TIPO DE IMPACTO
Reversibilidad	R	Alto o irrecuperable	10	Irreversible
		El impacto puede ser recuperable a muy largo plazo (>30 años) y a elevados costos	8-9	
		Media. Impacto reversible a largo y mediano plazo	4-7	Parcialmente reversible

Fuente: Elaboración propia

La valoración de la probabilidad de ocurrencia de los impactos será evaluada según la siguiente tabla:

**Tabla 10.15: Escala de valoración de la probabilidad de ocurrencia de los impactos**

VARIABLE	SÍMBOLO	CARÁCTER	ESCALA DE CALIFICACIÓN	TIPO DE IMPACTO
Riesgo	RG	Alto Riesgo: Existe la certeza de que el impacto se produzca en forma real	8-10	Alto
		Riesgo Medio: La condición intermedia de duda de que se produzca o no el impacto	4-7	Medio
		Bajo Riesgo: No existe la certeza de que el impacto se produzca, es una probabilidad	0-3	Bajo

Fuente: Elaboración propia

Con estos valores será posible proceder al cálculo del Índice Ambiental Ponderado Modificado (VIA), que nos ayudará a calificar los impactos según la siguiente tabla:

**Tabla 10.16: Escala de valoración del índice ambiental ponderado modificado**

VARIABLE	SÍMBOLO	CARÁCTER	ESCALA DE CALIFICACIÓN	TIPO DE IMPACTO
Índice ambiental ponderado modificado	VIA	Muy Alto: Impacto muy alto sobre el medio	>8	Muy Alto
		Alto: Impacto alto sobre el medio	6-8	Alto
		Medio: Impacto medio sobre el medio	2-6	Medio
		Bajo: Impacto bajo sobre el medio	<2	Bajo

Fuente: Elaboración propia

## 10.5. VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES. RESULTADOS

Se pasa a continuación a realizar una valoración de los distintos impactos significativos considerados a partir de la metodología descrita en apartados anteriores. Para cada uno de los impactos se procederá a definir la escala de calificación y el carácter del mismo, pues estos parámetros dependerán de cada uno de los impactos.

### 10.5.1. Valoración de la Afectación al Clima y microclimas de la zona

La valoración de este impacto se va a centrar en la contribución a la reducción o aumento de la emisión de gases de efecto invernadero de la primera línea de metro de Quito.

Las emisiones equivalentes de CO<sub>2</sub> en la fase de construcción que dura 30 meses se estiman en aproximadamente 100.000 toneladas. De estas unas 75.000 toneladas procederán de las tuneladoras que tendrán una potencia media instalada de 10.000 Kw y con un factor de conversión de 0.495 kg CO<sub>2</sub>/kwh y unas 25.000 toneladas procederán de la maquinaria y camiones de obra estimándose una potencia media instalada de entre 5.000 y 10.000CV con unos consumos de 0.18 l/CV/h y un factor de conversión de 2,6 kg CO<sub>2</sub>/l.

En la fase de funcionamiento de la línea de metro se estima que se reducirá el tráfico rodado en 91.347 vehículos al día para el año 2016 y en 137.949 vehículos al día para el año 2020. Esta reducción del tráfico rodado conllevará una reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Según el PIN ((Proyect Idea Note) del URBAN RAIL MASS TRANSPORTATIONS SYSTEM IN THE CIYT OF QUITO, de Metro Quito, se estima que la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> anual será de unas 163.942 toneladas, por lo que en 10 años se evitarán emitir en torno a 1.693.420 toneladas de CO<sub>2</sub>.

En la fase de cierre se estima que las emisiones de CO<sub>2</sub> serán 1% de las necesarias para la construcción de la obra o sea unas 1.000 toneladas.

Así pues se está ante un impacto positivo ya que se reducen las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera durante todo el periodo de tiempo que abarca el proyecto (construcción, funcionamiento y abandono). La valoración de la intensidad de la afectación se realizará según la escala siguiente:

**Tabla 10.17: Escala de valoración de la intensidad de la afectación al medio por emisión de gases invernadero**

VARIABLE	SÍMBOLO	CARÁCTER	ESCALA DE CALIFICACIÓN	TIPO DE IMPACTO
Intensidad	In	Alto: Reducción mayor de 300.000 toneladas de CO <sub>2</sub>	8-10	Impacto Alto
		Medio: Reducción entre 101.000 y 250.000 toneladas de CO <sub>2</sub>	5	Impacto Medio
		Bajo: emisión Reducción entre 0 y 100.000 toneladas de CO <sub>2</sub>	0-2	Impacto Bajo

Fuente: Elaboración propia

A continuación se incluyen tabla con la valoración global del impacto.

**Tabla 10.18: Valoración global del impacto**

	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	W <sub>M</sub>	VIA
Reducción de la emisión de gases de efecto invernadero	8	0,2	10	0,2	4	0,6	6	9	0,6	10	0,2	0,2	8,6

Fuente: Elaboración propia

Así pues se trata de un tipo de impacto positivo muy alto

### 10.5.2. Valoración de la afectación al medio por emisión de material particulado

#### Estado actual del medio en Quito

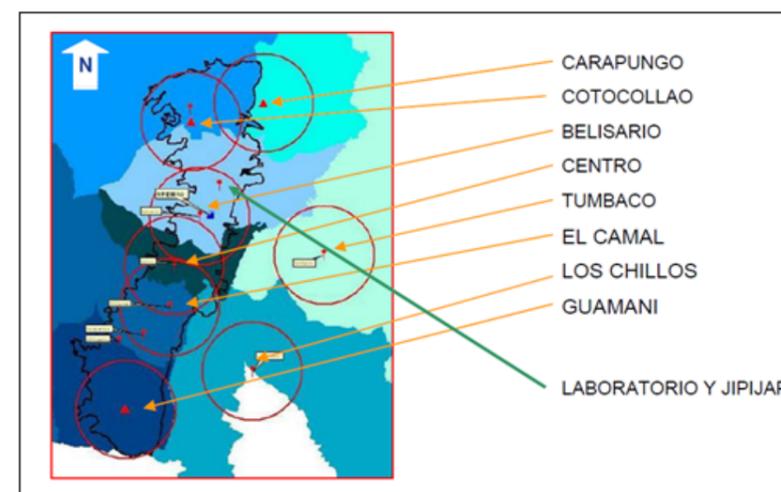
El Municipio de Quito, en su Informe de la Calidad de Aire en Quito de 2010, informó de acuerdo a los registros de 2010, que los principales problemas del aire de Quito están relacionados con la presencia de MP<sub>2,5</sub> y partículas sedimentables, lo que se puede corroborar con los registros obtenidos en las distintas estaciones existentes en el Distrito Metropolitano de Quito.

El Distrito Metropolitano de Quito, mediante la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (REMMAQ), tiene la finalidad de producir datos fiables sobre la concentración de contaminantes atmosféricos en el territorio del Distrito Metropolitano de Quito. REMMAQ forma parte de la Corporación para el Mejoramiento del Aire de Quito (CORPAIRE), y cuenta con nueve estaciones de monitoreo con capacidad para analizar automáticamente distintos contaminantes comunes de aire, entre los que se encuentra el material particulado fino o de diámetro menor a 2,5 micras (PM<sub>2,5</sub>) con cinco analizadores, tres muestreadores activos semiautomáticos (high volume samplers) para

material particulado total (PTS) y cuatro para material particulado de diámetro menor a 10 micras (PM<sub>10</sub>), además de cuatro canisters portátiles para tomar muestras de aire y determinar compuestos orgánicos volátiles (COVs), entre otros medios para la medición de otros contaminantes atmosféricos.

La siguiente figura muestra la localización de las estaciones de monitoreo de la REMMAQ y la ilustración del Área de Influencia a nivel urbano.

**Figura 10.12: Localización de las estaciones de monitoreo de la REMMAQ**

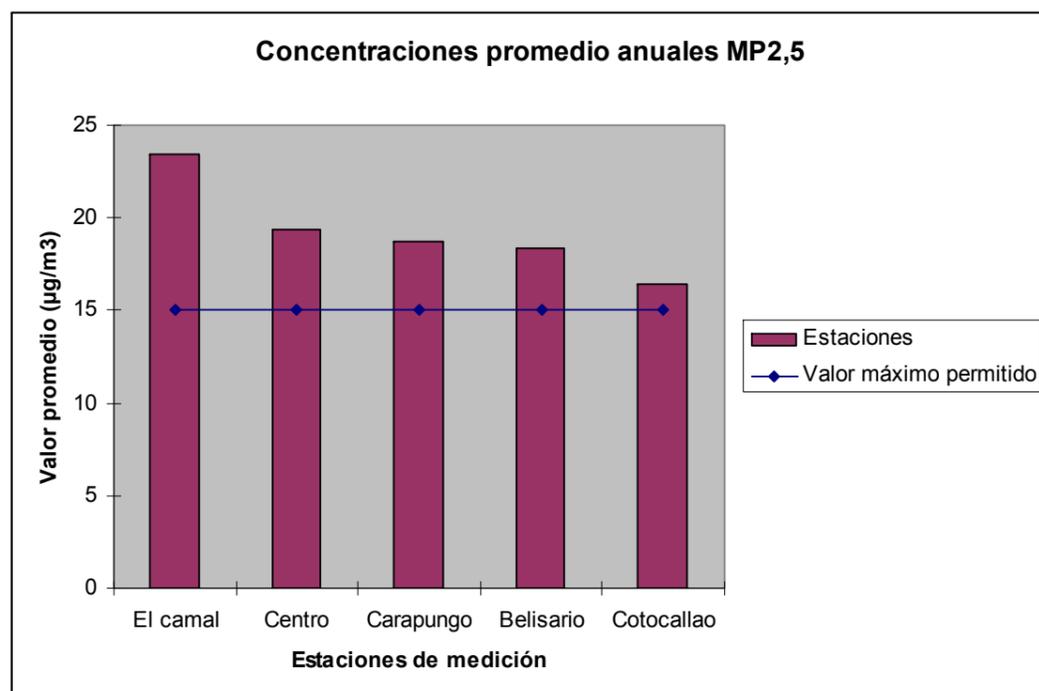


Fuente: [http://www.corpaire.org/siteCorpaire/rma\\_main.jsp](http://www.corpaire.org/siteCorpaire/rma_main.jsp)

Para las concentraciones de material particulado (PM<sub>2,5</sub>) se ha realizado un promedio mensual del año 2010, para las estaciones Cotocollao, Belisario, El Camal, y Centro; la estación Guamaní no se ha tomado en cuenta por lo que ésta no se realizan mediciones de material particulado (PM<sub>2,5</sub>). Las concentraciones promedio anuales de MP<sub>2,5</sub> de El Camal (23,4), Centro (19,4), Carapungo (18,7), Belisario (18,4) y Cotocollao (16,4), exceden la concentración máxima permitida por la norma ecuatoriana (15 µg/m<sup>3</sup>), tal y como se podrá observar posteriormente, por lo que en lo que se refiere a la emisión de material particulado, se denota una cierta degradación atmosférica.

En la siguiente gráfica queda reflejado lo indicado con anterioridad:

**Figura 10.13: Concentraciones reales promedio anuales en distintas estaciones para MP2,5**



Fuente: Elaboración propia

### Marco legal actual en Quito

La legislación principal ecuatoriana en la que quedan reflejados las principales limitaciones en relación a la calidad del aire es el TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE, en cuyo epígrafe 4.1.2.1 del anexo 4 del Libro VI (NORMA DE CALIDAD DEL ARIE AMBIENTE) se indica que el promedio aritmético de la concentración de  $PM_{2,5}$  de todas las muestras en un año no deberá exceder de quince microgramos por metro cúbico ( $15 \mu g/m^3$ ). Además, la concentración máxima en 24 horas, de todas las muestras colectadas, no deberá exceder de sesenta y cinco microgramos por metro cúbico ( $65 \mu g/m^3$ ), valor que no podrá ser excedido más de dos (2) veces en un año.

### Evaluación de las emisiones de material particulado

Para realizar el cálculo de emisiones de material particulado y poder evaluar las emisiones de polvo fungitivo producto de las actividades de movimiento de tierras y tránsito de la maquinaria se van a utilizar los factores de emisión obtenidos del documento “AP-42. *Compilation of Air Pollutant Emission Factors*” de la EPA (Environmental Protection Agency) de los Estados Unidos de América.

Realizar una evaluación de la emisión de material particulado en cada una de las fases del proyecto resulta complicado, tanto por la magnitud de la obra en cuestión, como por la gran variedad de acciones que se prevén en ellas. Además, dependiendo del ritmo de ejecución, del tipo de maquinaria a emplear en la ejecución de las obras, del número de vehículos de transporte a emplear, los efectos sobre el medio pueden ser de más o menos magnitud.

En todo caso, los valores de las mediciones de material particulado en Quito son superiores a los permitidos en la legislación sectorial existente, por lo que es de prever que los valores de emisión de material particulado para la fase de construcción empeorará la situación actual, ya que las excavaciones, demoliciones y transporte de material sobrante y escombros procedentes de las demoliciones, harán que los índices de medición sean más elevados.

Lo mismo sucederá en la fase de cierre, la restitución de las áreas de instalaciones auxiliares y la restauración del medio podrán generar emisiones de material particulado que se sumarán a las habituales haciendo que los registros previsibles sean superiores a los actuales, aunque muy inferiores a los de la fase de construcción.

En la fase de operación y mantenimiento, los valores que se pueden prever serán similares a los actuales al dejar de realizar acciones que generen emisiones de polvo.

Según la EPA, un factor de emisión de AP-42 es un valor representativo que intenta relacionar la cantidad de un contaminante lanzado a la atmósfera con una cantidad asociada con el lanzamiento de dicho contaminante. Estos factores se expresan generalmente como el peso del contaminante dividido por una unidad de peso, volumen, distancia o duración de la actividad de emisión de contaminantes.

La construcción con maquinaria pesada es una fuente de emisión de polvo que puede tener un impacto temporal sustancial sobre la calidad del aire local. Los principales movimientos de tierra se realizarán con métodos que permiten la excavación del material de forma subterránea, con tuneladora o con el método tradicional madrileño. En una longitud inferior, según los datos facilitados, también se podrá usar el método cut and cover o excavación a cielo abierto. En todo caso, el material de los túneles será sacado hasta superficie mediante vagonetas o medios mecánicos. Una vez fuera se procederá a la carga del material en camiones para trasladarlo a las escombreras, lugares de acopio o de reutilización.

Según esto, las emisiones potenciales de polvo en este caso se darán principalmente en la carga sobre camión y en el transporte del material. Existe la posibilidad de que existan caminos temporales sin asfaltar en la zona de obra, así como en el acceso a las escombreras y lugares de acopio. En estos caminos, el tránsito de maquinaria pesada también originará el levantamiento y emisión de polvo.

Los datos de excavación prevista son los reflejados a continuación:

$$\text{Excavación de estaciones} = 1.457.025,00 \text{ m}^3$$



Excavación de túnel =	1.774.362,14 m <sup>3</sup>
Excavación de pozos =	80.640,00 m <sup>3</sup>
<b>Total =</b>	<b>3.312.027,14 m<sup>3</sup></b>

Por otra parte, según el Estudio de Viabilidad Técnica, las previsiones de plazo para la ejecución de las obras son de 36 meses. Se estimará la duración de los movimientos de tierra será de un total de 20 meses. Del mismo modo, tampoco se tiene conocimiento del tipo de camión que la constructora empleará para el transporte del material, ni del tipo de cargadas, por lo que para realizar las estimaciones de emisiones de material particulado se supondrá que la maquinaria de carga y transporte estará formada por cargadores frontales y camiones de diferente capacidad.

Cada una de las operaciones seleccionadas o lugares de emisión tendrá asociada una ecuación para el cálculo de sus respectivas emisiones. Para el cálculo del factor de emisión por carga y descarga de material se empleará la siguiente ecuación:

$$E = K \cdot 0,0009 \cdot \frac{\left(\frac{s}{5}\right) \cdot \left(\frac{U}{2,2}\right) \cdot \left(\frac{H}{1,5}\right)}{\left(\frac{M}{2}\right)^2 \cdot \left(\frac{Y}{6}\right)^{0,33}}$$

Donde:

- E: Factor de emisión (kg/ton transferida)
- K: Multiplicador por tamaño de partículas (adimensional)
- S: Porcentaje de finos del material (%)
- U: Velocidad del viento (m/s)
- M: Porcentaje de humedad del material (%)
- H: Altura de caída del material (m)
- Y: Capacidad de carga del equipo (m<sup>3</sup>)

Para el cálculo del factor de emisión por tráfico de vehículos por caminos no pavimentados usaremos la siguiente ecuación.

$$E = K \cdot 1,7 \cdot \left(\frac{s}{12}\right) \cdot \left(\frac{S}{48}\right) \cdot \left(\frac{W}{2,7}\right)^{0,7} \cdot \left(\frac{w}{4}\right)^{0,5} \cdot \left(\frac{365-p}{365}\right)$$

Donde:

- E: Factor de emisión (kg/vehículo-kilómetro)
- K: Multiplicador por tamaño de partículas (adimensional)
- s: Finos en la superficie del camino (%)

- S: Velocidad promedio del vehículo (km/h)
- W: Peso promedio del vehículo (ton)
- w: Número de ruedas del vehículo
- p: Número de días al año con precipitación mayor que 0,25 mm

En el cálculo de emisiones, la carga y descarga del material está relacionada con el material que debe ser sacado. Se supondrán los siguientes datos para el cálculo del factor de emisión:

**Tabla 10.19: Parámetros estimados para la carga y descarga del material**

Parámetro	Significado	Unidad	Valor
K	Multiplicador	Adimensional	0,36
S	Finos del material	%	35
U	Velocidad del viento estimada	m/s	3,7
H	Altura de caída del material del camión	m	1,5
H	Altura de caída del material del cargador frontal	m	2,0
M	Humedad del material	%	10
Y	Capacidad de carga camión	m <sup>3</sup>	10
Y	Capacidad de carga del cargador frontal	m <sup>3</sup>	3,0

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos, el factor de emisión para la carga del material mediante el cargador frontal, y para la descarga del material mediante el camión, es:

$$E_{\text{carga}} \text{ cargador frontal: } 1,29 \cdot 10^{-4} \text{ kg/ton transferida}$$

$$E_{\text{descarga}} \text{ camión: } 2,56 \cdot 10^{-4} \text{ kg/ton transferida}$$

Para estos cálculos será preciso tener en cuenta únicamente el volumen total de material a remover, pues los cargadores frontales deberán cargar todo el material en los camiones, y éstos deberán descargarlo en su totalidad.

Según se ha indicado con anterioridad el volumen total previsto de excavación asciende a 3.312.027,14 m<sup>3</sup>, y se ha supuesto una duración para la fase de movimiento de tierras de 20 meses. Por lo tanto, se deberán cargar y descargar diariamente unos 5.520 m<sup>3</sup>/día, suponiendo que todos los días del mes se trabaja.

Si se considera una densidad para el material de 1,6 ton/m<sup>3</sup>, las emisiones serán:

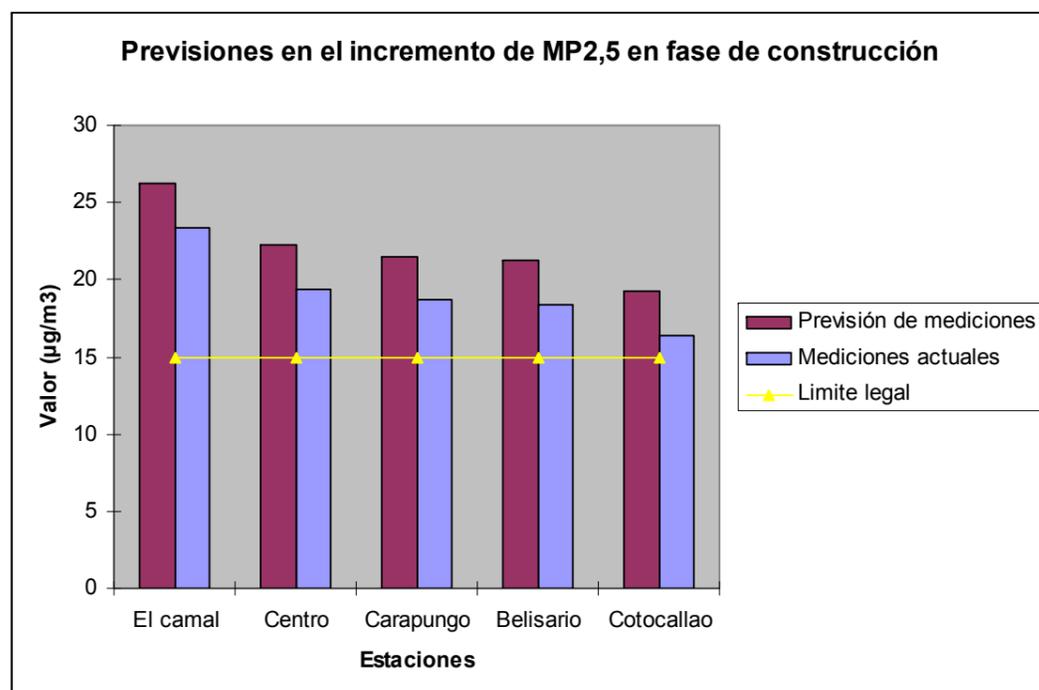
$$\text{Carga: } 1,14 \text{ kg/día}$$

$$\text{Descarga: } 2,26 \text{ kg/día}$$

Por lo tanto, la emisión total diaria producto de esta acción será 3,4 kg/día, y se realizará en los puntos de carga y descarga de material.

Con la finalidad de simular las posibles mediciones que se obtendrían en cada una de las estaciones de referencia, si suponemos que estas se encuentran en su área de influencia y que la emisión se hace de forma repartida a lo largo de la obra, teniendo en cuenta la longitud de la misma y su área de influencia, en la siguiente gráfica se hace una estimación del incremento previsible en las mediciones de las emisiones de material particulado MP2,5 en las estaciones de referencia en la fase de construcción. Es de destacar que es una estimación teórica que intenta evaluar el posible incremento en las mediciones de emisiones de material particulado, el cual deberá ser contrastado con las tomas de datos a realizar durante la ejecución de la obra con la finalidad de aplicar las medias de mitigación correspondientes.

**Figura 10.14: Simulación del incremento de emisiones para MP2,5 en distintas estaciones en fase de construcción**



Fuente: Elaboración propia

Para el caso del material particulado que se levantará en los caminos de obra o de acceso a escombreras que no estén pavimentados como consecuencia del tránsito de maquinaria pesada y de camiones de transporte, los parámetros de cálculo son los indicados en la siguiente tabla:

**Tabla 10.20: Parámetros estimados para el tránsito de maquinaria**

Parámetro	Significado	Unidad	Valor
K	Multiplicador	Adimensional	0,36
s	Finos en superficie del área de faena	%	35
S	Velocidad promedio estimada de los camiones	Km/h	30
S	Velocidad promedio estimada de la maquinaria	Km/h	5
W	Peso promedio estimado camión cargado	Ton	45
W	Peso promedio estimado maquinaria cargada	Ton	32
w	Nº de ruedas del camión	c/u	10
w	Nº de ruedas de maquinaria (promedio)	c/u	4
p	Días con más de 0,25 mm de pp (Datos para la estación INAMHI año 2010)	días	132

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos, se obtienen unos ratios para el factor de emisión de:

$$E_{\text{maquinaria}} = 0,67 \text{ kg/veh-km recorrido}$$

$$E_{\text{camiones}} = 8,07 \text{ kg/veh-km recorrido}$$

Es de destacar, que la emisión de este polvo se hará de forma repartida a lo largo de cada uno de los caminos no pavimentados usados.

### **ESCALA DE CALIFICACIÓN**

En la tabla siguiente se indica la escala de calificación a tomar para este impacto:



**Tabla 10.21: Escala de valoración de la intensidad de la afectación al medio por emisión de material particulado**

VARIABLE	SÍMBOLO	CARÁCTER	ESCALA DE CALIFICACIÓN	TIPO DE IMPACTO
Intensidad	In	<b>Alto:</b> Si las mediciones previstas superan a las actuales aún cuando el promedio aritmético de las mediciones en un año de $PM_{2.5} > 15 \mu g/m^3$ , o la concentración máxima en 24 horas sea superior a $65 \mu g/m^3$	8-10	Impacto Alto
		<b>Medio:</b> Si las mediciones previstas son similares a las actuales aún cuando el promedio aritmético de las mediciones en un año de $PM_{2.5} > 15 \mu g/m^3$ , o la concentración máxima en 24 horas sea superior a $65 \mu g/m^3$	5	Impacto Medio
		<b>Bajo:</b> Si las mediciones previstas son inferiores a las actuales aún cuando el promedio aritmético de las mediciones en un año de $PM_{2.5} > 15 \mu g/m^3$ , o la concentración máxima en 24 horas sea superior a $65 \mu g/m^3$	0-2	Impacto Bajo

Fuente: Elaboración propia

A continuación se incluyen unas tablas con la valoración parcial para cada una de las fases y acciones de este impacto:

**Tabla 10.22: Valoración del impacto afectación al medio por emisión de material particulado (fase construcción)**

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	W <sub>M</sub>	VIA
	Reubicación de infraestructura y propiedades	8	0,2	3	0,2	1	0,6	2,8	1	0,6	5	0,2	0,2	-1,69
	Desvío de servicios. Retiro y reubicación de infraestructuras de servicios públicos	8	0,2	3	0,2	1	0,6	2,8	1	0,6	5	0,2	0,2	-1,69
	Adecuación y uso de patios de maquinarias	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	1	0,6	8	0,2	0,2	-1,93
	Adecuación y uso de instalaciones auxiliares	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	1	0,6	8	0,2	0,2	-1,93
	Preparación y uso de escombreras	9	0,2	3	0,2	2	0,6	3,6	2	0,6	9	0,2	0,2	-3,04
	Adecuación y uso de campamentos	5	0,2	3	0,2	2	0,6	2,8	1	0,6	8	0,2	0,2	-1,86
	Remoción de la vegetación	5	0,2	3	0,2	1	0,6	2,2	1	0,6	5	0,2	0,2	-1,61
	Excavación y relleno	10	0,2	5	0,2	2	0,6	4,2	2	0,6	9	0,2	0,2	-3,13
	Transporte, carga y descarga de materiales y su almacenaje	10	0,2	8	0,2	3	0,6	5,4	3	0,6	10	0,2	0,2	-4,29
Construcción de túneles	Excavación y movimiento de tierras	10	0,2	5	0,2	2	0,6	4,2	2	0,6	9	0,2	0,2	-3,13
	Retiro de escombros	10	0,2	8	0,2	3	0,6	5,4	3	0,6	10	0,2	0,2	-4,29
Construcción de estaciones	Excavación y movimiento de tierras	10	0,2	5	0,2	2	0,6	4,2	2	0,6	9	0,2	0,2	-2,02
	Obras civiles	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	1	0,6	5	0,2	0,2	-1,76
	Retiro de escombros	10	0,2	8	0,2	3	0,6	5,4	3	0,6	10	0,2	0,2	-4,29
	Relleno	10	0,2	5	0,2	2	0,6	4,2	2	0,6	9	0,2	0,2	-3,13
	Reposición e integración urbana	8	0,2	5	0,2	1	0,6	3,2	1	0,6	5	0,2	0,2	-1,74
Construcción de cocheras	Excavación y movimiento de tierras	10	0,2	5	0,2	2	0,6	4,2	2	0,6	9	0,2	0,2	-3,13
	Obras civiles	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	1	0,6	5	0,2	0,2	-1,76
	Retiro de escombros	10	0,2	8	0,2	3	0,6	5,4	3	0,6	10	0,2	0,2	-4,29
	Tránsito de maquinaria pesada y vehículos zona obra	8	0,2	3	0,2	3	0,6	4	2	0,6	9	0,2	0,2	-3,1
	Utilización de accesos a obra	8	0,2	3	0,2	3	0,6	4	2	0,6	9	0,2	0,2	-3,1
	Acopio temporal de materiales utilizados en obra	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	1	0,6	8	0,2	0,2	-1,93

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.23: Valoración del impacto afectación al medio por emisión de material particulado (fase operación y mantenimiento)**

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	W <sub>M</sub>	VIA
Operación	Funcionamiento de la línea	5	0,2	1	0,2	1	0,6	1,8	1	0,6	1	0,2	0,2	-1,12
	Abastecimiento de materiales y servicios	5	0,2	1	0,2	1	0,6	1,8	1	0,6	1	0,2	0,2	-1,12
	Movilización y generación de desechos	5	0,2	1	0,2	1	0,6	1,8	1	0,6	1	0,2	0,2	-1,12
	Desechos	5	0,2	1	0,2	1	0,6	1,8	1	0,6	1	0,2	0,2	-1,12

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.24: Valoración del impacto afectación al medio por emisión de material particulado (fase cierre)**

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	W <sub>M</sub>	VIA
Rehabilitación	Desmantelamiento de las estructuras auxiliares y transporte de las mismas	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	1	0,6	1	0,2	0,2	-1,27
	Reacondicionamiento de las áreas de depósito de material	8	0,2	5	0,2	2	0,6	3,8	1	0,6	2	0,2	0,2	-1,5
	Reposiciones e integración urbana	8	0,2	5	0,2	2	0,6	3,8	1	0,6	2	0,2	0,2	-1,5
	Contratación de personal													
	Manejo de desechos	5	0,2	5	0,2	1	0,6	2,6	1	0,6	1	0,2	0,2	-1,21
	Retiro de equipos, maquinaria, campamentos e instalaciones provisionales	5	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	1	0,6	1	0,2	0,2	-1,27
	Abandono – integración de túneles y estaciones	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,8	1	0,6	2	0,2	0,2	-1,5

Fuente: Elaboración propia



## Conclusión

Como conclusión en referencia a este impacto es posible decir que se trata de un impacto negativo, que actuará principalmente en la fase de construcción, de intensidad media y baja en las fases de operación y cierre, de carácter local, temporal y reversible a corto o medio plazo. Dicho impacto admite medidas correctoras de mitigación. En la fase de operación el impacto se prevé bajo.

### 10.5.3. Valoración de la afectación al medio por emisión de gases

#### Estado actual del medio en Quito

REMAAQ cuenta con nueve estaciones de monitoreo con capacidad para analizar automáticamente distintos contaminantes comunes de aire, entre los que se encuentra, además de lo indicado en el apartado anterior para el caso del material particulado fino, seis analizadores de monóxido de carbono (CO), seis analizadores de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), seis analizadores para óxidos de nitrógeno (NO, NO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>) y seis analizadores de ozono (O<sub>3</sub>), entre otros medios.

De lo que se desprende de los datos de contaminantes atmosféricos de los promedios mensuales para el año 2010 corregidos según la normativa ambiental de Ecuador en todas las estaciones las concentraciones para los valores de CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> están dentro de los límites permisibles, por lo que en este aspecto la calidad atmosférica no es deficiente, ya que no se superan los valores límite indicados en la legislación sectorial correspondiente de Ecuador. En concreto, para el caso de SO<sub>2</sub>, el valor más elevado se dio en el mes de julio para la estación de El Camal, en la que se obtuvo un valor de 15,97 µg/m<sup>3</sup>. Para el caso del CO, el valor más elevado se dio para la estación de Belisario en el mes de abril, en la que se obtuvo un valor de 1,67 µg/m<sup>3</sup>. Para el caso de NO<sub>2</sub>, el valor más elevado se dio para la estación Centro en el mes de noviembre, en la que se obtuvo un valor de 49,79 µg/m<sup>3</sup>. Por último, para el O<sub>3</sub>, el valor más elevado se dio para la estación de Guanamí en el mes de septiembre, en la que se obtuvo un valor de 78,28 µg/m<sup>3</sup>. Por lo tanto, tal y como se ha comentado con anterioridad, no se superan los valores límite establecidos por la legislación.

#### Marco legal actual en Quito

La legislación principal ecuatoriana en la que quedan reflejados las principales limitaciones en relación a la calidad del aire es el TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE, en cuyo epígrafe 4.1.2.1 del anexo 4 del Libro VI (NORMA DE CALIDAD DEL ARIE AMBIENTE) del TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE, se indica que los límites admisibles para los distintos contaminantes gaseosos son los reflejados en la siguiente tabla:

Tabla 10.25: Límites establecidos a los contaminantes comunes del aire

SUSTANCIA	LÍMITE
SO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El promedio aritmético de la concentración de SO<sub>2</sub> determinada en todas las muestras en un año no deberá exceder de ochenta microgramos por metro cúbico (80 µg/m<sup>3</sup>).</li> <li>La concentración máxima en 24 horas no deberá exceder trescientos cincuenta microgramos por metro cúbico (350 µg/m<sup>3</sup>), más de una vez en un año.</li> </ul>
CO	<ul style="list-style-type: none"> <li>La concentración de monóxido de carbono de las muestras determinadas de forma continua, en un período de 8 (ocho) horas, no deberá exceder diez mil microgramos por metro cúbico (10 000 µg/m<sup>3</sup>) más de una vez en un año.</li> <li>La concentración máxima en una hora de monóxido de carbono no deberá exceder cuarenta mil microgramos por metro cúbico (40 000 µg/m<sup>3</sup>) más de una vez en un año.</li> </ul>
NO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El promedio aritmético de la concentración de óxidos de nitrógeno, expresada como NO<sub>2</sub>, y determinada en todas las muestras en un año, no deberá exceder de cien microgramos por metro cúbico (100 µg/m<sup>3</sup>).</li> <li>La concentración máxima en 24 horas no deberá exceder ciento cincuenta microgramos por metro cúbico (150 µg/m<sup>3</sup>) más de dos (2) veces en un año.</li> </ul>
O <sub>3</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La máxima concentración de oxidantes fotoquímicos, obtenida mediante muestra continua en un período de una hora, no deberá exceder de ciento sesenta microgramos por metro cúbico (160 µg/m<sup>3</sup>), más de una vez en un año.</li> <li>La máxima concentración de oxidantes fotoquímicos, obtenida mediante muestra continua en un período de ocho horas, no deberá exceder de ciento veinte microgramos por metro cúbico (120 µg/m<sup>3</sup>), más de una vez en un año.</li> </ul>

Fuente: TULSMA, LIBRO VI, ANEXO 4.

Además, según se indica en los puntos 4.1.3.1 y 4.1.3.2., la Entidad Ambiental de Control establecerá un Plan de Alerta, de Alarma y de Emergencia ante Situaciones Críticas de Contaminación del Aire, basado en el establecimiento de tres niveles de concentración de contaminantes. La ocurrencia de estos niveles determinará la existencia de los estados de Alerta, Alarma y Emergencia. Cada uno de los tres niveles será declarado por la Entidad Ambiental de Control cuando uno o más de los contaminantes comunes indicados exceda la concentración establecida en la siguiente tabla, o cuando las condiciones atmosféricas se espera que sean desfavorables en las próximas 24 horas. Dichos niveles son los indicados en la siguiente tabla recopilada de la legislación de Ecuador:



**Tabla 10.26: Concentraciones de contaminantes comunes que definen los niveles de alerta, de alarma y de emergencia en la calidad del aire.** <sup>[1]</sup>

CONTAMINANTE Y PERÍODO DE TIEMPO	ALERTA	ALARMA	EMERGENCIA
Monóxido de carbono Concentración promedio en ocho horas	15.000	30.000	40.000
Oxidantes fotoquímicos, expresados como ozono. Concentración promedio en una hora	300	600	800
Óxidos de Nitrógeno, como NO <sub>2</sub> Concentración promedio en una hora	1.200	2.300	3.000
Dióxido de Azufre Concentración promedio en veinticuatro horas	800	1.600	2.100
Material Particulado PM10 Concentración en veinticuatro horas	250	400	500

Fuente: TULSMA, LIBRO VI, ANEXO 4.

<sup>[1]</sup> Todos los valores de concentración expresados en microgramos por metro cúbico de aire, a condiciones de 25 °C y 760 mm Hg.

### Evaluación de las emisiones de gases

Según se refleja en el Estudio de Viabilidad Socio Económica incluido en el Estudio de Factibilidad de la primera línea del Metro de Quito, en la ciudad de Quito el tráfico vehicular es el responsable del 65% de las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), el 28% de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COVs), el 98% de las emisiones de monóxido de carbono (CO), el 44% de las emisiones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y el 15% de las partículas de material de tamaño inferior a 10 micras. Por lo tanto, cualquier disminución en el tráfico rodado en Quito será sustancial, ya que contribuirá significativamente a la reducción de la emisión de este tipo de gases a la atmósfera. Por ello, la influencia que se prevé en estos aspectos en lo que se refiere al metro va a ser positiva.

En la fase de construcción y abandono el incremento de tráfico como consecuencia del uso de maquinaria para la obra puede incrementar los valores de emisión de gases contaminantes, si bien este aumento será poco significativo, ya que la maquinaria a intervenir en la obra será poco significativa en relación al número de vehículos total que se desplazan en el DMQ al día.

En la fase de operación y mantenimiento se prevé que las emisiones se reduzcan considerablemente, ya que el metro es un transporte no contaminante en el municipio de Quito al funcionar con energía eléctrica. Por lo tanto, la puesta en funcionamiento del metro no sólo no afectará a la calidad del aire de Quito, sino que contribuirá a su mejora al reducir el tráfico rodado.

Según los datos reflejados en el Estudio de Factibilidad Socio Económica de la primera línea del Metro de Quito, se prevé una demanda para el año 2016 de 356.252 viajeros/día, y para el año 2020 de 538.003 viajeros/día. Eso supondría una flota de 17 trenes (6 coches/tren) para el año 2016 y de 27 para el año 2020. Esa demanda provendrá de desviaciones desde el transporte colectivo actual, de desviaciones desde el transporte privado, desde el transporte no motorizado así como el proveniente de una inducción de nueva movilidad.

Ante estas afirmaciones, es de prever que el impacto en la fase de operación y mantenimiento, que es la más importante al ser la de mayor duración de tiempo y mayor calado, será positivo.

Con la única finalidad de tener una idea de cuánto puede reducirse las emisiones como consecuencia de la reducción de tráfico previsto en la fase de operación y mantenimiento, y estimar la reducción de vehículos privados que puede producirse, se va a proceder a realizar una simulación en este sentido.

Según otras experiencias, puede suponerse que uno de cada tres viajeros de metro decide aparcar su vehículo para usar este transporte. Suponiendo una tasa de ocupación por vehículo privado de 1,3 viajeros/vehículo, se obtendría que para el año 2016 el tráfico de vehículos privados se reduciría en 91.347 vehículos/día, y para el año 2020 el tráfico de vehículos privados se reduciría en 137.949 vehículos/día.

Esta reducción del tráfico rodado conllevará una disminución en la emisión de gases. Según queda reflejado en el PIN (Proyect Idea Note) del URBAN RAIL MASS TRANSPORTATIONS SYSTEM IN THE CIYT OF QUITO, de Metro Quito, se estima que la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> anual será de unas 163.942 toneladas, por lo que en 10 años se evitarán emitir en torno a 1.693.420 toneladas de CO<sub>2</sub>.

En el caso de la fase de construcción el impacto será al contrario que en la fase de funcionamiento. Dicho impacto será negativo como consecuencia de la maquinaria de transporte y carga destinada a la realización de la evacuación del conjunto de tierras sobrantes de la excavación.

En base a lo indicado en apartados anteriores, la cantidad de tierras que será preciso evacuar, en función de la descripción del proyecto incluida en el presente Estudio de Impacto Ambiental, los datos de excavación prevista son los reflejados a continuación:

Excavación de estaciones =	1.457.025,00 m <sup>3</sup>
Excavación de túnel =	1.774.362,14 m <sup>3</sup>
Excavación de pozos =	80.640,00 m <sup>3</sup>
<b>Total =</b>	<b>3.312.027,14 m<sup>3</sup></b>

Teniendo en cuenta que el plazo de ejecución del proyecto es de 36 meses y suponiendo que la duración de la fase de movimiento de tierras puede ser de 20 meses, se deberán cargar y descargar diariamente unos 5.520 m<sup>3</sup>/día. Si suponemos que la capacidad de cada uno de los camiones a emplear es de 10 m<sup>3</sup>, se necesitaría un total de 552 viajes de ida y otros tanto de vuelta, por lo que estaríamos incorporando un total de 1.104 vehículos al día adicionales a los del tráfico actual.



Se prevé que en esta fase, las emisiones equivalentes de CO<sub>2</sub> en la fase de construcción sean aproximadamente de 100.000 toneladas. De estas unas 75.000 toneladas procederán de las tuneladoras que tendrán una potencia media instalada de 10.000 Kw y con un factor de conversión de 0.495 kg CO<sub>2</sub>/kwh y unas 25.000 toneladas procederán de la maquinaria y camiones de obra estimándose una potencia media instalada de entre 5.000 y 10.000CV con unos consumos de 0.18 l/CV/h y un factor de conversión de 2,6 kg CO<sub>2</sub>/l.

En la fase de cierre se estima que las emisiones de CO<sub>2</sub> serán 1% de las necesarias para la construcción de la obra, o sea unas 1.000 toneladas.

### ESCALA DE CALIFICACIÓN

En la tabla siguiente se indica la escala de calificación a tomar para este impacto:

**Tabla 10.27: Escala de valoración de la intensidad de la afectación al medio por emisión de gases**

VARIABLE	SÍMBOLO	CARÁCTER	ESCALA DE CALIFICACIÓN	TIPO DE IMPACTO
Intensidad	In	<b>Muy Alto:</b> Si para alguna medición y cualquier contaminante se superan los valores límites establecidos para alarma en la tabla 1 del Libro VI anexo 4 del TULSMA	10	Impacto muy Alto
		<b>Alto:</b> Si para alguna medición y cualquier contaminante los valores obtenidos son superiores a los valores límites establecidos en el punto 4.1.2.1 del Libro VI anexo 4 del TULSMA	8	Impacto Alto
		<b>Medio:</b> Si para toda medición y cualquier contaminante los valores obtenidos son similares a los valores límites establecidos en el punto 4.1.2.1 del Libro VI anexo 4 del TULSMA	5	Impacto Medio
		<b>Bajo:</b> Si para cualquier medición y cualquier contaminante no se superan los valores límites establecidos en el punto 4.1.2.1 del Libro VI anexo 4 del TULSMA	0-2	Impacto Bajo

Fuente: Elaboración propia

A continuación se incluyen unas tablas con la valoración parcial para cada una de las fases y acciones de este impacto:

Tabla 10.28: Valoración del impacto afectación al medio por emisión de gases (fase construcción)

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	W <sub>M</sub>	VIA
	Reubicación de infraestructura y propiedades	1	0,2	2	0,2	1	0,6	1,2	1	0,6	7	0,2	0,2	-1,53
	Desvío de servicios. Retiro y reubicación de infraestructuras de servicios públicos	1	0,2	2	0,2	1	0,6	1,2	1	0,6	7	0,2	0,2	-1,53
	Adecuación y uso de patios de maquinarias	1	0,2	2	0,2	1	0,6	1,2	1	0,6	8	0,2	0,2	-1,57
	Preparación y uso de escombreras	2	0,2	2	0,2	2	0,6	2	1	0,6	8	0,2	0,2	-1,74
	Remoción de la vegetación	1	0,2	2	0,2	1	0,6	1,2	1	0,6	8	0,2	0,2	-1,57
	Excavación y relleno	2	0,2	4	0,2	3	0,6	3	3	0,6	10	0,2	0,2	-1,97
	Transporte, carga y descarga de materiales y su almacenaje	2	0,2	5	0,2	3	0,6	3,2	3	0,6	10	0,2	0,2	-1,97
Construcción de túneles	Excavación y movimiento de tierras	2	0,2	4	0,2	3	0,6	3	3	0,6	10	0,2	0,2	-3,82
	Retiro de escombros	2	0,2	5	0,2	3	0,6	3,2	3	0,6	10	0,2	0,2	-3,82
Construcción de estaciones	Excavación y movimiento de tierras	2	0,2	4	0,2	3	0,6	3	3	0,6	10	0,2	0,2	-3,82
	Obras civiles	1	0,2	2	0,2	2	0,6	1,8	2	0,6	7	0,2	0,2	-2,52
	Movilización de material pesado	2	0,2	4	0,2	2	0,6	2,4	3	0,6	9	0,2	0,2	-3,57
	Retiro de escombros	2	0,2	5	0,2	3	0,6	3,2	3	0,6	10	0,2	0,2	-3,87
	Relleno	2	0,2	4	0,2	3	0,6	3	3	0,6	10	0,2	0,2	-3,82
	Reposición e integración urbana	1	0,2	2	0,2	2	0,6	1,8	2	0,6	10	0,2	0,2	-2,7
Construcción de cocheras	Excavación y movimiento de tierras	2	0,2	4	0,2	3	0,6	3	3	0,6	10	0,2	0,2	-3,2
	Obras civiles	1	0,2	2	0,2	2	0,6	1,8	2	0,6	7	0,2	0,2	-2,52
	Retiro de escombros	2	0,2	5	0,2	3	0,6	3,2	3	0,6	10	0,2	0,2	-3,86
	Tránsito de maquinaria pesada y vehículos zona obra	2	0,2	2	0,2	2	0,6	2	3	0,6	10	0,2	0,2	-3,52
	Operaciones de pavimentación	2	0,2	4	0,2	2	0,6	2,4	2	0,6	10	0,2	0,2	-2,87

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.29: Valoración del impacto afectación al medio por emisión de gases (fase operación y mantenimiento)**

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	W <sub>M</sub>	VIA
Operación	Funcionamiento de la línea	1	0,2	10	0,2	5	0,6	5,2	9	0,6	10	0,2	0,2	+8,2
Mantenimiento	Trabajos de conservación	1	0,2	3	0,2	2	0,6	2	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,4
	Abastecimiento de materiales y servicios	1	0,2	2	0,2	2	0,6	1,8	2	0,6	6	0,2	0,2	-2,44
	Movilización y generación de desechos	1	0,2	3	0,2	2	0,6	2	2	0,6	6	0,2	0,2	-2,49
	Desechos	1	0,2	3	0,2	2	0,6	2	2	0,6	6	0,2	0,2	-2,49

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.30: Valoración del impacto afectación al medio por emisión de gases (fase cierre)**

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	W <sub>M</sub>	VIA
Rehabilitación	Desmantelamiento de las estructuras auxiliares y transporte de las mismas	2	0,2	3	0,2	1	0,6	1,6	2	0,6	7	0,2	0,2	-2,45
	Reacondicionamiento de las áreas de depósito de material	1	0,2	3	0,2	2	0,6	2	2	0,6	7	0,2	0,2	-2,57
	Reposiciones e integración urbana	1	0,2	3	0,2	3	0,6	2,6	2	0,6	7	0,2	0,2	-2,71
	Manejo de desechos	1	0,2	2	0,2	1	0,6	1,2	2	0,6	7	0,2	0,2	-2,32
	Retiro de equipos, maquinaria, campamentos e instalaciones provisionales	2	0,2	2	0,2	1	0,6	1,4	2	0,6	7	0,2	0,2	-2,39
	Abandono – integración de túneles y estaciones	1	0,2	3	0,2	1	0,6	1,4	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,24

Fuente: Elaboración propia



### Conclusión

Como conclusión en referencia a este impacto es posible decir que se trata de un impacto negativo en la fase de construcción con una valoración de medio, positivo con una valoración de muy alto en la fase de funcionamiento y mantenimiento, y negativo con una valoración de medio en la fase de cierre. El carácter considerado es local-regional, totalmente temporal para las fases de construcción y cierre, y permanente durante la fase de funcionamiento. Reversible en las fases de construcción y cierre. Dicho impacto admite medidas preventivas y medidas correctoras de mitigación.

Desde el punto de vista de la población, la contaminación atmosférica es un problema de salud pública en la mayoría de las ciudades en el mundo, debido a las enfermedades que provoca y los costes económicos y sociales que se derivan de ella. Quito no es una excepción. La reducción de la contaminación del aire contribuye a la reducción de: la muerte prematura, el cáncer infantil, enfermedades respiratorias y enfermedades del corazón, hospitalizaciones, pérdida de días de trabajo y días de actividad restringida. Los niños están particularmente en riesgo, el impacto de la contaminación del aire sobre los fetos incluyen el riesgo de anomalías genéticas, bajo peso al nacer, etc. Del mismo modo, poblaciones de bajos ingresos tienen un mayor riesgo de mortalidad y una mayor exposición a la contaminación del aire. Por todo esto el impacto social de la reducción de la emisión de gases contaminantes en la fase de funcionamiento del metro contribuirá de forma significativa a mejorar la salud de la población y consecuentemente la calidad de vida de la misma, tal y como se menciona en los apartados correspondientes de este estudio.

#### 10.5.4. Valoración de la afectación al medio por emisiones acústicas

##### Estado actual del medio en Quito

El Municipio de Quito mediante su Secretaría Metropolitana de Ambiente, ha realizado un monitoreo de ruido en la zona urbana de Quito entre los años 2003 y 2006. Estos resultados se encuentran publicados en su página web, donde proporcionan un diagnóstico de contaminación acústica que existe en la urbe. Hasta el momento no se tiene constancia de que se hayan actualizado, por lo que se recomienda, que previo a la fase de construcción de la obra se proceda a un monitoreo acústico de la zona afectada por la obra, con la finalidad de contrastar estos datos con otro monitoreo que se debería realizar mientras se efectúan las obras de construcción, para evaluar la afectación que se produce al medio.

Según los resultados del monitoreo de la contaminación acústica realizado por la Secretaría Metropolitana de Ambiente, entre 2003 y 2006, los casos con valores altos de ruido producidos por fuentes móviles alcanzaron valores entre 81,9 y 88,5 decibelios.

En la tabla siguiente se representan los registros con valores altos de ruido entre los años 2005 y 2006 en la ciudad de Quito.

Tabla 10.31: Registros con valores altos de ruido años 2005 y 2006, en Quito

DECIBELES	HORA	FECHA	LUGAR	FUENTES MÓVILES
88,5 dB(A)	17h55	15 sep 2005	Administración zonal Quitumbe. Av. Mariscal Sucre y Calle G. Barrio La Florida	130 vehículos livianos (69%), 16 vehículos pesados, 6 motocicletas, 37 buses y busetas (20%)
87,0 dB(A)	10h35	03 oct 2006	Administración zonal Eloy Alfaro. Cardenal de la Torre y Ajaví	82% vehículos livianos 9% buses y busetas
84,7 dB(A)	10h30	23 nov 2006	Administración zonal Norte. Av. Eloy Alfaro y Los Álamos	65% vehículos livianos, 20% vehículos pesados, 9% buses y busetas
84,4 dB(A)	09h20	20 oct 2005	Administración zonal Norte. Av. Eloy Alfaro y Los Álamos	74% vehículos livianos 19% vehículos pesados y 5% de buses y busetas
83,7 dB(A)	18h40	28 sep 2005	Administración zonal Eloy Alfaro. Necochea y Huancavilca	80% vehículos livianos, 15% de buses y busetas
81,9 dB(A)	12h25	19 sep 2006	Administración zonal Quitumbe. Av. Panamericana Sur. Km 14	62% vehículos livianos, 19% buses y busetas

Fuente: Atlas Ambiental de Quito

Por otro lado, los resultados del monitoreo en los puntos de control por la administración zonal que se presentan en la tabla siguiente, indican que es necesario tomar medidas de prevención de la contaminación acústica, dado que los valores registrados son altos, de acuerdo a la normativa que se aplica en el Distrito Metropolitano de Quito, con un valor a 55 dB(A) en horario de 06h00 a 20h00.

Tabla 10.32: Registros de ruido por administración zonal entre 2003 y 2006

PUNTOS DE CONTROL	AÑO 2003 Leq dB(A)	AÑO 2004 Leq dB(A)	AÑO 2005 Leq dB(A)	AÑO 2006 Leq dB(A)
Quitumbe	84,6	90,4	95,8	90,0
Eloy Alfaro	86,6	86,1	90,1	90,8
Centro	85,8	88,6	88,7	88,0
Valle de los Chillos	85,3	87,5	84,5	81,4
Calderón	-	80,6	78,7	81,1
Tumbaco	88,8	85,5	86,6	87,2
La Delicia	86,7	89,2	86,9	88,1
Norte	89,5	94,5	91,1	92,5

Fuente: Atlas Ambiental de Quito

En el año 2007, el 97% de las mediciones fueron superiores a 65 dB(A), siendo el transporte pesado la principal fuente de ruido. Los lugares más afectados corresponden a hospitales, centros educativos y culturales.

### Marco legal actual en quito

En el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), en el anexo 5 de su libro VI, se indican los límites permitidos para la emisión de ruidos.

En su punto 4.1.1.1 se indica que los niveles de presión sonora equivalente,  $NPS_{eq}$ , expresados en decibeles, en ponderación con escala A, que se obtengan de la emisión de una fuente fija emisora de ruido, no podrán exceder de los valores que se fijan en la tabla siguiente:

**Tabla 10.33: Niveles máximos de ruido permisibles según uso del suelo**

TIPO DE ZONA SEGÚN USO DEL SUELO	NIVEL DE PRESIÓN SONORA EQUIVALENTE $NPS_{eq}$ [dB(A)]	
	DE 6 H A 20 H	DE 20 H A 6 H
Zona hospitalaria y educativa	45	35
Zona residencial	50	40
Zona residencial mixta	55	45
Zona comercial	60	50
Zona comercial mixta	65	55
Zona industrial	70	65

Fuente: TULSMA, LIBRO VI, ANEXO 5

En la misma legislación se indica, en su punto 4.1.4.2, los niveles máximos permisibles de nivel de presión sonora producido por vehículos, los cuales quedan reflejados en la siguiente tabla:

**Tabla 10.34: Niveles de presión sonora máxima para vehículos automotores**

CATEGORÍA DEL VEHÍCULO	DESCRIPCIÓN	NPS MÁXIMO dB(A)
Motocicletas	De hasta 200 cc	80
	Entre 200 y 500 cc	85
	Mayores a 500 cc	86
Vehículos	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor	80
	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor, y peso no mayor a 3,5 tn	81
	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor, y peso mayor a 3,5 tn	82
	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor, peso mayor a 3,5 tn, y potencia de motor mayor a 20 HP	85
Vehículos de carga	Peso máximo hasta 3,5 tn	81
	Peso máximo de 3,5 tn hasta 12 tn	86
	Peso máximo mayor a 12 tn	88

Fuente: TULSMA, LIBRO VI, ANEXO 5

### Evaluación de las emisiones acústicas

El ruido es uno de los impactos más molestos que podrán generarse en el desarrollo del presente proyecto. Su incidencia más acusada se dará durante la fase de construcción y en la de abandono y cierre, sobre todo en el desarrollo de las actividades de excavación, demolición y transporte de materiales o escombros y tierras. En estos casos será un impacto de duración determinada, y únicamente existirá durante la ejecución de las acciones. En todo caso, habrá que evaluar su importancia y magnitud para evaluar las molestias que pueda generar y tomar las pertinentes medidas de mitigación.

Ya que gran parte de la excavación de la obra se desarrollará en subterráneo, mediante tuneladora o mediante el método tradicional madrileño, el propio terreno hará de elemento amortiguador ante el ruido. Lo mismo ocurrirá en la fase de explotación, en la que el propio terreno hará de elemento amortiguador del sonido impidiendo que éste salga a superficie provocando molestias a las personas.

Pasaremos a continuación a evaluar los niveles sonoros generados en las distintas fases de la obra.



En la fase de construcción, debido a que la maquinaria de excavación es subterránea, la mayor parte del ruido será absorbido por el terreno. Según experiencias obtenidas en la construcción de metros en ciudades españolas, el sonido generado por tuneladoras, que trabajan de forma subterránea a una profundidad considerable, prácticamente resulta imperceptible al oído humano, no superando los 10 db ni valores que pudieran provocar molestias al ser humano.

Lo que si será capaz de provocar más ruido, y por lo tanto mayores molestias, es la maquinaria pesada y camiones que transportarán el material procedente de la excavación.

Según se ha indicado en apartados anteriores, como consecuencia del volumen de material excavado a transportar fuera de la obra, se espera que se pudieran necesitar un total de 552 viajes al día de ida y otros tantos de vuelta para evacuar el material de excavación. Por lo tanto, con este dato (1.104 vehículos/día), se va a proceder a evaluar el ruido adicional que se generará en esta fase de las obras. Por ello, la intensidad horaria, suponiendo 8 horas de trabajo, sería de 69 vehículos por sentido.

Existen varios métodos matemáticos que permiten estimar el nivel de ruido generado por una carretera, en función de los datos básicos de la misma (pendiente, tipo de pavimento, tráfico, velocidad, porcentaje de vehículos pesados, etc.) y a su posición relativa respecto al punto receptor del ruido.

Según el método nacional francés recogido en la **“Guide du bruit des transports terrestres”** del **Ministère de l’Équipement, Centre d’études des transports urbains**, el nivel sonoro continuo de referencia, a una distancia de 15 metros de la carretera o calle será:

$$L_{\text{equ referencia}} = R + 10 \log (Q_{vl} + E Q_{vp}) + 20 \log V - 12 \log (l_c / 3) + K_f$$

Donde:

- $Q_{vl}$  es la intensidad media horaria de vehículos ligeros
- $Q_{vp}$  es la intensidad media horaria de vehículos pesados
- $E$  es el valor de referencia acústica (10 para  $p < 2$ )
- $V$  es la velocidad de circulación
- $l_c$  es el ancho de vía
- $K_f$  es la corrección por el tipo de firme (0 si  $V < 60$ )
- $R$  es una constante del método que está relacionada con la emisión de un vehículo aislado

Simplificando para realizar la evaluación, considerando una velocidad media de circulación de unos 40 Km/h (velocidad muy conservadora), calles de dos carriles por sentido, una intensidad horaria de 69 vehículos por sentido, se obtendría un nivel sonoro continuo equivalente superior a los 50 dB(A).

Si consideramos ahora el ruido total producido por el ruido ambiente que es de unos 80 dB(A) con el producido por nuestro incremento de tráfico 50 dB(A) nos sale que el nuevo nivel de ruido total es de 80,004 dB(A). Es decir, el incremento de tráfico producido por las obras prácticamente no incrementa los niveles de ruido presente ya en estos momentos en la zona.

Mención especial requiere los sistemas de ventilación necesario para la perforación de los túneles que pueden ocasionar niveles de ruido puntuales de unos 80 dB(A) por lo que sumados a los actuales niveles de ruido entre 70 y 90 dB darán niveles de ruido totales comprendido entre 80,41 y 90,41 dB muy similares a los actuales niveles de ruido.

Para el caso de la fase de operación y mantenimiento será preciso evaluar en primer lugar el ruido emitido por un metro en su circulación. Para ello se calculará el ruido emitido por un metro como si circulara en superficie y se corregirá con la finalidad de evaluar qué parte del sonido generado en la circulación en subterráneo es capaz de atravesar el terreno llegando a la superficie. Este ruido será contrastado con el que deja de emitirse como consecuencia de la disminución del tráfico rodado con la finalidad de poder evaluar. Pasamos a continuación a evaluar el ruido que genera un metro en su circulación.

El ruido emitido por un metro en circulación proviene de varias fuentes, cuya contribución al ruido total depende del tipo de tren, del tipo de vía y de la velocidad. Se pueden clasificar en fuentes unidas a la rodadura, fuentes de ruido mecánico y fuentes de ruido aerodinámico. El ruido de los metros tiene tres aspectos importantes que lo caracterizan:

- Firma acústica. El primer paso para caracterizar el ruido del metro es la observación de la firma acústica a su paso, o sea la evolución del nivel de presión sonora, expresado en dB(A), en función del tiempo que dura el paso del tren.
- Directividad. Existen diferencias de emisión, tanto en el plano vertical perpendicular a la vía, como en el horizontal
- Espectro de frecuencia. El ruido del metro se caracteriza por la importancia de sus niveles energéticos por encima de los 1.000 Hz. Estas altas frecuencias, que no se encuentran en el estudio del tráfico automovilístico, son debidas a la rodadura de las ruedas de acero sobre los raíles de acero.

Las medidas realizadas en campo libre, con metros, tranvías o trenes de composición y velocidad muy alta, en diferentes puntos de vía, han permitido proponer una ley experimental de cálculo de los niveles de ruido originados por el tráfico en una vía.

Mediante una ley simple se puede determinar, al paso de un metro, el nivel sonoro  $L$  (en dB(A)) a una distancia  $D$  (en m) del eje de la vía y una velocidad  $V$  (en Km/h), conociendo las características  $L_0$  y  $V_0$  a una distancia de referencia  $D_0$ .

$$L = L_0 + 30 \log(V/V_0) - k \log(D/D_0) - K_d$$



Donde  $K_d$  es un coeficiente dependiente de la directividad.

Para calcular el nivel continuo equivalente ( $L_{eq}$ ) producido por la circulación de metros ligeros durante un periodo de tiempo, hay que abordar el cálculo en tres etapas.

Primero se ha de calcular el nivel sonoro  $Leq(te)$  al paso de un metro, en función de su velocidad y de la distancia del receptor al eje de la vía. A continuación se calcula, en función del nivel sonoro  $L_{eq}(t_e)$  y del tiempo de exposición  $t_e$  el nivel continuo equivalente  $L_{eq}(T)$  debido al paso de un metro durante un tiempo  $T$  considerado. Finalmente, y teniendo en cuenta el número de convoyes que circularán por la vía, se calcula el nivel continuo equivalente ( $L_{eq}$ ) producido por en conjunto de metros que circulan durante el periodo  $T$ . Evidentemente, al producirse la circulación en subterráneo, la mayor parte del ruido será absorbida por el terreno, por lo que habrá que evaluar que % del mismo es capaz de llegar a superficie.

El nivel sonoro  $L_{eq}$  producido por un metro, percibido por un receptor situado en un campo libre, se calcula a partir de la expresión siguiente:

$$L_{eq}(t_e) = L_0 + 30 \log(v/v_0) - k \log(d/d_0) - k_d$$

Donde:

- $L_0$  es el nivel sonoro de referencia emitido por un tren de un tipo determinado, circulando a la velocidad  $v_0$  y percibido por un receptor situado a la distancia  $d_0$ . En experiencias similares se sabe que el nivel de ruidos exterior generado por un metro será de 77 dB(A), a máxima velocidad (50 Km/h), a 15 m de distancia. Pero gran parte de este valor, en el caso de metros de circulación en subterráneo, será absorbida por el terreno, por lo que no llegará a superficie, generando sólo las molestias en las estaciones y túneles de circulación.
- $K$  es una constante en función de la distancia, que depende de la longitud del tren.
- $d$  es la distancia entre receptor y el eje de la vía férrea, en metros.
- $V$  es la velocidad del tren, en Km/h.
- $V_0$  es la velocidad del tren que emite un nivel  $L_0$ , a una distancia  $d_0$ .
- $K_d$  es la corrección en función de la directividad

Aplicando esta fórmula se obtienen que los niveles sonoros al paso de un metro a 15 m de distancia de la vía están en torno a 65,06 dB(A), valor coincidente con las mediciones obtenidas en el Trambaix de Barcelona. Este valor, al tratarse de un metro subterráneo será absorbido en su mayor parte por el terreno.

El nivel sonoro continuo equivalente  $L_{eq}$ , referido a un periodo de tiempo  $T$ , se expresa como:

$$L_{eq}(T) = 10 \log \left( \frac{1}{T} \int_T 10^{L_p(T)/10} dt \right)$$

Donde  $L_p(T)$  es el nivel de presión sonora instantánea.

En el caso de que circule un único metro durante el periodo de referencia  $T$ :

$$L_{eq}(T) = 10 \log \left[ \left( \frac{t_e}{T} \right) 10^{L_{eq}(t_e)/10} + K_{reflex} - K_{misc} \right]$$

Donde:

- $t_e$  es el tiempo de exposición, en segundos
- $T$  es el tiempo, en segundos, durante el cual se va a calcular el  $Leq(t_e)$
- $Leq(t_e)$  es el nivel sonoro al paso de un tren
- $K_{reflex}$  es una constante según la ubicación
- $K_{misc}$  es la corrección por la propagación

Para una situación a nivel, aplicando los datos a la fórmula indicada se obtiene que a una distancia de 15 m, el nivel equivalente debido al paso de un tren  $L_{eq}$  será de 25,47 dB(A).

Teniendo en cuenta el número de metros que circulan por la vía, se puede calcular el nivel continuo equivalente ( $L_{eq}$ ) producido por el conjunto de trenes que circulan durante un periodo  $T$ , mediante la expresión:

$$L_{eq}(n_{trenes}) = L_{eq}(1 \text{ tren}) + 10 \log n$$

Si se supone un paso total de unos 150 trenes, el nivel sonoro equivalente debido al paso de esos trenes será de  $L_{eq}(150) = 47,23$  dB(A).

Por lo tanto, el nivel sonoro máximo como consecuencia del paso de un tren será de 65,6 dB(A), y el nivel sonoro continuo equivalente al tráfico diario estimado de unos 150 trenes será de 47,23 dB. Todo esto es suponiendo que la circulación se realiza en superficie, por lo que ese ruido es interior a los túneles y estaciones. Evidentemente, el terreno hará de elemento amortiguador sustancial en la emisión acústica al exterior. Por experiencias similares en otros proyectos, el ruido exterior es prácticamente imperceptible al oído humano. El incremento en que se espera que se puedan sobrepasar los niveles actuales de ruido en este caso puede ser inferior a los 10 dB(A) en el exterior, por lo que la respuesta estimada de la población ante este incremento será pequeña-nula.

Puntualmente podrán producirse emisiones sonoras como consecuencia de los sistemas de ventilación de los túneles y estaciones. Estas emisiones serán similares a las calculadas para la fase de obra. Así pues puntualmente podrán producirse emisiones de ruido de uno 80 dB al exterior que se sumaran con los niveles de ruido del tráfico que se cifran en alrededor de 80 dB por lo que los niveles de ruido totales en las zonas de ventilación serán de 83 dB que son muy similares a los actuales.



A continuación se pasará a evaluar el ruido que deja de emitirse como consecuencia de la reducción del tráfico rodado a la puesta en funcionamiento del metro.

Tal y como ha quedado reflejado en apartados anteriores, para el año 2016 se prevé una reducción de tráfico en torno a 91.347 vehículos/día. Suponiendo que estos vehículos circulaban entre las 6 de la mañana y las 12 de la noche, calcularemos el ruido que provocarían en su circulación durante ese periodo de tiempo.

Existen varios métodos matemáticos que permiten estimar el nivel de ruido generada por una carretera, en función de los datos básicos de la misma (pendiente, tipo de pavimento, tráfico, velocidad, porcentaje de vehículos pesados, etc.) y a su posición relativa respecto al punto receptor del ruido.

Según el método nacional francés recogido en la *Guide du bruit des transports terrestres*, el nivel sonoro continuo de referencia, a una distancia de 15 metros de la carretera o calle será:

$$L_{\text{equ referencia}} = R + 10 \log (Q_{vl} + E Q_{vp}) + 20 \log V - 12 \log (l_c / 3) + K_f$$

Donde:

- $Q_{vl}$  es la intensidad media horaria de vehículos ligeros
- $Q_{vp}$  es la intensidad media horaria de vehículos pesados
- $E$  es el valor de referencia acústica
- $V$  es la velocidad de circulación
- $l_c$  es el ancho de vía
- $K_f$  es la corrección por el tipo de firme
- $R$  es una constante del método que está relacionada con la emisión de un vehículo aislado

Simplificando para realizar la evaluación, considerando una velocidad media de circulación de unos 40 Km/h, calles de dos carriles por sentido, y la intensidad horaria correspondiente, se obtendría un nivel sonoro continuo equivalente superior a los 65 dB(A). Así pues los actuales niveles de ruido que están en unos 80 dB disminuirán ligeramente (79 dB) siendo el incremento de niveles ocasionado por el funcionamiento del metro prácticamente imperceptible (79,00000055d B)

Cabe concluir que los niveles de ruido exteriores al metro, debido a la elevada intensidad de tráfico, seguirán siendo elevados durante la operación del metro pero que este no contribuye a su aumento si no a su disminución. No obstante se deberán adoptar otras medidas, ya no relacionadas con el metro, tendentes a disminuir los niveles de ruido en las calles de Quito ya que están por encima de las recomendaciones de la OMS.

Tabla 10.35: Valores límite recomendados por la OMS para ruido

Recinto	Efectos en la salud	Valores límite recomendados		
		$L_{\text{Aeq}}$ (dB)	Tiempo (h)	$L_{\text{Amax, fast}}$ (dB)
Exterior habitable	Malestar fuerte, día y anochecer	55	16	-
	Malestar moderado, día y anochecer	50	16	-
Interior de viviendas	Interferencia en la comunicación verbal, día y anochecer	35	16	-
		Dormitorios	Perturbación del sueño, noche	30
Fuera de los dormitorios	Perturbación del sueño, ventana abierta (valores en el exterior)	45	8	60
Aulas de escolar y preescolar, interior	Interferencia en la comunicación, perturbación en la extracción de información, inteligibilidad del mensaje	35	Durante la clase	-
		Dormitorios de preescolar, interior	Perturbación del sueño	30
Escolar, terrenos de juego	Malestar (fuentes externas)	55	Durante el juego	-
Salas de hospitales, interior	Perturbación del sueño, noche	30	8	40
	Perturbación del sueño, día y anochecer	30	16	-
Salas de tratamiento en hospitales, interior	Interferencia con descanso y restablecimiento	1		
Zonas industriales, comerciales y de tráfico, interior y exterior	Daños al oído	70	24	110
Ceremonias, festivales y actividades recreativas	Daños al oído (asistentes habituales: < 5 veces/año)	100	4	110
Altavoces, interior y exterior	Daños al oído	85	1	110
Música a través de cascos y auriculares	Daños al oído (valores en campo libre)	85 <sup>4</sup>	1	110
Sonidos impulsivos de juguetes, fuegos artificiales y armas de fuego	Daños al oído (adultos)	-	-	140 <sup>2</sup>
	Daños al oído (niños)	-	-	120 <sup>2</sup>
Exteriores en parques y áreas protegidas	Perturbación de la tranquilidad	3		

**Notas**

- <sup>1</sup> Tan débil como se pueda.
- <sup>2</sup> Presión sonora pico (no  $L_{\text{Amax, fast}}$ , medida a 100 mm del oído).
- <sup>3</sup> Las zonas tranquilas exteriores deben preservarse y minimizar en ellas la razón de ruido perturbador a sonido natural de fondo.
- <sup>4</sup> Bajo los cascos, adaptada a campo libre.

Fuente: Organización Mundial de la Salud

**ESCALA DE CALIFICACIÓN**

Teniendo en cuenta los cálculos realizados con anterioridad, así como todo lo indicado en el presente apartado en cuestión de legislación vigente en Ecuador, a continuación se va a indicar la escala de calificación a tomar para este impacto. Dicha escala queda reflejada en la siguiente tabla:



**Tabla 10.36: Escala de valoración de la intensidad de la afectación al medio por emisiones acústicas**

VARIABLE	SÍMBOLO	CARÁCTER	ESCALA DE CALIFICACIÓN	TIPO DE IMPACTO
Intensidad	In	<b>Alto:</b> Si los niveles de presión sonora equivalente, aún siendo superiores a los indicados en la tabla 1 del Libro VI anexo 5 del TULSMA, aumentan los existentes en la actualidad como consecuencia del desarrollo de la actividad	8-10	Impacto Alto
		<b>Medio:</b> Si los niveles de presión sonora equivalente, aún siendo superiores a los indicados en la tabla 1 del Libro VI anexo 5 del TULSMA, permanecen constantes con respecto a los actuales como consecuencia del desarrollo de la actividad	5	Impacto Medio
		<b>Bajo:</b> Si los niveles de presión sonora equivalente, aún siendo superiores a los indicados en la tabla 1 del Libro VI anexo 5 del TULSMA, disminuyen los existentes en la actualidad como consecuencia del desarrollo de la actividad	0-2	Impacto Bajo

Fuente: Elaboración propia

A continuación se incluyen unas tablas con la valoración parcial para cada una de las fases y acciones de este impacto:

Tabla 10.37: Valoración del impacto afectación al medio por emisiones acústicas (fase construcción)

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	W <sub>M</sub>	VIA
	Reubicación de infraestructura y propiedades	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	8	0,2	0,2	-2,93
	Desvío de servicios. Retiro y reubicación de infraestructuras de servicios públicos	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	8	0,2	0,2	-2,93
	Adecuación y uso de patios de maquinarias	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	8	0,2	0,2	-2,93
	Adecuación y uso de instalaciones auxiliares	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	8	0,2	0,2	-2,93
	Preparación y uso de escombreras	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	8	0,2	0,2	-2,93
	Adecuación y uso de campamentos	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	8	0,2	0,2	-2,93
	Remoción de la vegetación	5	0,2	3	0,2	2	0,6	2,8	2	0,6	8	0,2	0,2	-2,82
	Excavación y relleno	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	7	0,2	0,2	-2,85
	Transporte, carga y descarga de materiales y su almacenaje	8	0,2	4	0,2	2	0,6	3,6	2	0,6	8	0,2	0,2	-2,97
Construcción de túneles	Excavación y movimiento de tierras	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	7	0,2	0,2	-2,85
	Sostenimiento y revestimiento	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	7	0,2	0,2	-2,85
	Drenaje	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	8	0,2	0,2	-2,85
	Retiro de escombros	8	0,2	4	0,2	2	0,6	3,6	2	0,6	8	0,2	0,2	-2,97
	Colocación del sistema ferroviario e instalaciones	5	0,2	3	0,2	2	0,6	2,8	2	0,6	7	0,2	0,2	-2,75
Construcción de estaciones	Excavación y movimiento de tierras	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	7	0,2	0,2	-2,86
	Obras civiles	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	8	0,2	0,2	-2,93
	Instalaciones y servicios	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	7	0,2	0,2	-2,86
	Drenaje	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	8	0,2	0,2	-2,93
	Movilización de material pesado	8	0,2	4	0,2	2	0,6	3,6	2	0,6	8	0,2	0,2	-2,97
	Obras de arte	5	0,2	3	0,2	2	0,6	2,8	2	0,6	7	0,2	0,2	-2,75
	Retiro de escombros	8	0,2	4	0,2	2	0,6	3,6	2	0,6	8	0,2	0,2	-2,97
	Relleno	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	8	0,2	0,2	-2,93
Reposición e integración urbana	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	8	0,2	0,2	-2,93	

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	WI	E	WE	D	WD	M	R	Wr	RG	WRG	WM	VIA
Construcción de cocheras	Excavación y movimiento de tierras	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	7	0,2	0,2	-2,86
	Obras civiles	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	8	0,2	0,2	-2,93
	Instalaciones y servicios	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	7	0,2	0,2	-2,86
	Retiro de escombros	8	0,2	4	0,2	2	0,6	3,6	2	0,6	8	0,2	0,2	-2,97
	Ejecución de vallados temporales y señalización	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	8	0,2	0,2	-2,93
	Tránsito de maquinaria pesada y vehículos zona obra	8	0,2	4	0,2	2	0,6	3,6	2	0,6	8	0,2	0,2	-2,97
	Reposiciones e integración urbana	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	8	0,2	0,2	-2,93
	Operaciones de pavimentación	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	8	0,2	0,2	-2,93
	Ejecución de estructuras, muros de fábrica	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	8	0,2	0,2	-2,93
	Utilización de accesos a obra	8	0,2	4	0,2	2	0,6	3,6	2	0,6	8	0,2	0,2	-2,97
Acopio temporal de materiales utilizados en obra	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	8	0,2	0,2	-2,93	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10.38: Valoración del impacto afectación al medio por emisiones acústicas (fase operación y mantenimiento)

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	W <sub>M</sub>	VIA
Operación	Funcionamiento de la línea	2	0,2	9	0,2	3	0,6	4	9	0,6	10	0,2	0,2	+7,8
	Operación de estaciones	5	0,2	1	0,2	2	0,6	2,4	1	0,6	5	0,2	0,2	-1,64
	Operación de cocheras	8	0,2	1	0,2	2	0,6	3	1	0,6	7	0,2	0,2	-1,83
	Procesos de prueba e inspección de los equipos e instalaciones	8	0,2	1	0,2	1	0,6	2,4	1	0,6	5	0,2	0,2	-1,64
	Trabajos de conservación	8	0,2	1	0,2	1	0,6	2,4	1	0,6	5	0,2	0,2	-1,64

Fuente: Elaboración propia



**Tabla 10.39: Valoración del impacto afectación al medio por emisiones acústicas (fase cierre)**

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	W <sub>M</sub>	VIA
Rehabilitación	Desmantelamiento de las estructuras auxiliares y transporte de las mismas	8	0,2	4	0,2	2	0,6	3,6	2	0,6	8	0,2	0,2	-2,97
	Reacondicionamiento de las áreas de depósito de material	8	0,2	2	0,2	2	0,6	3,2	2	0,6	8	0,2	0,2	-2,9
	Reposiciones e integración urbana	8	0,2	2	0,2	2	0,6	3,2	2	0,6	8	0,2	0,2	-2,9
	Contratación de personal													
	Manejo de desechos	5	0,2	4	0,2	1	0,6	2,4	1	0,6	4	0,2	0,2	-1,81
	Retiro de equipos, maquinaria, campamentos e instalaciones provisionales	8	0,2	4	0,2	2	0,6	3,6	2	0,6	8	0,2	0,2	-2,97
	Abandono – integración de túneles y estaciones	8	0,2	2	0,2	2	0,6	3,6	2	0,6	7	0,2	0,2	-2,89

Fuente: Elaboración propia

### Conclusión

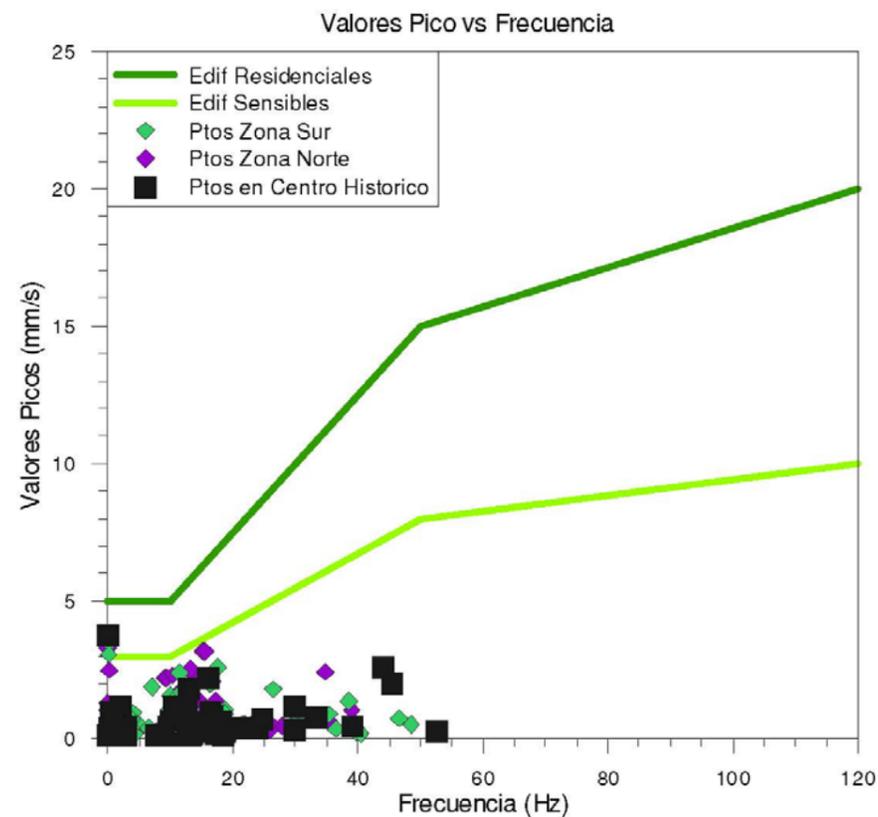
Como conclusión en referencia a este impacto es posible decir que se trata de un impacto negativo en la fase de construcción con una valoración de medio, positivo con una valoración de alto en la fase de funcionamiento y mantenimiento, y negativo con una valoración de medio en la fase de cierre. El carácter considerado es local, totalmente temporal para las fases de construcción y cierre, y permanente para la fase de funcionamiento. Reversible en las fases de construcción y cierre. Dicho impacto admite medidas preventivas y medidas correctoras de mitigación.

### 10.5.5. Valoración de la afectación al medio por vibraciones

#### Estado actual del medio en Quito

Según el estudio realizado por la empresa TRX consulting, tras la toma de datos realizada a lo largo de la traza del metros, se detecta que hay una serie de zonas de edificación sensible a las vibraciones, tanto en la zona norte, como en la centro y en la sur. En la siguiente figura pueden apreciarse los resultados de dicho estudio.

Figura 10.15: Valores pico vs frecuencia de vibraciones



Fuente: TRX consulting. Análisis de vibraciones. Correlación valores pico medidos con la norma relativa a afectación de edificios

La anterior figura presenta los resultados principales según la norma DIN4150/3 para dos tipos de edificaciones (Clase2=edificios residenciales y Clase3=edificios sensibles y de interés histórico). La medición de los valores pico máximos de velocidad de partícula (suma vectorial de las tres componentes de vibración) y su frecuencia asociada se encuentran en su mayoría por debajo de los límites posibles de afectación a estructuras en ambiente urbano. Como excepción a esta observación se identifican cuatro puntos críticos debidamente identificados. El pico máximo registrado en el área tiene un valor de 3.74 mm/s; este pico se ubica en la progresiva 12+026 en el punto de medición 120 en los alrededores de la Plaza la Independencia ubicada en el centro histórico. Este pico excede el límite normativo para edificios históricos.

La siguiente tabla presenta la ubicación de los valores anómalos:

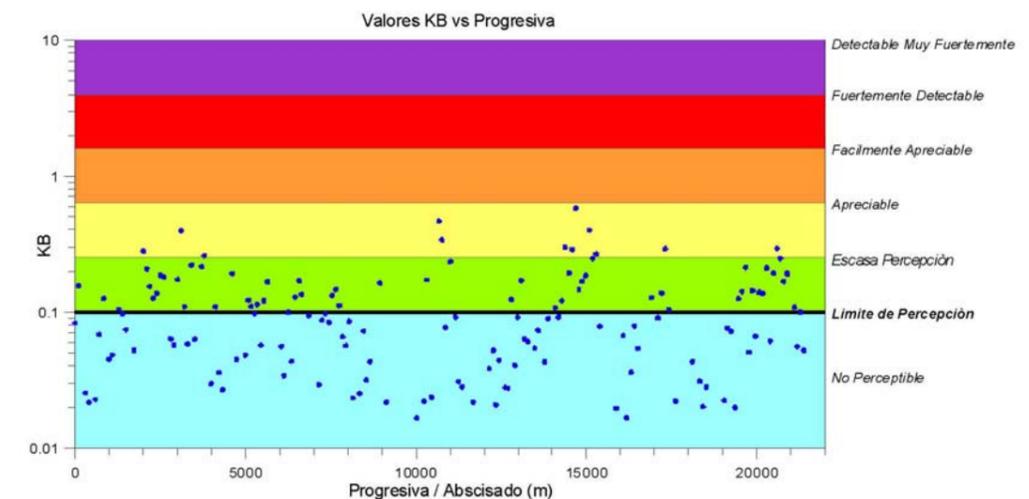
Tabla 10.40: Ubicación de valores anómalos

Zona	Pto	Vp (mm/s)	Progresiva (m)	Lugar de referencia
Zona Sur	P47	3.51	4609.9	Unidad Educativa del Sur
	P57	3.06	5645.1	Calle 6, El Calzado 200m al N de la Est. El Calzado
Centro Histórico	P120	3.74	12026.5	Calle Manabi, San Blas. 200m al N de Plaza la Independencia
Zona Norte	P155	3.30	15489.7	Estación Universidad Central
	P169	2.48	16908.9	Estación La Pradera 200m hacia el norte

Fuente: TRX consulting. Análisis de vibraciones

En la siguiente figura se muestra el grado de afectación a humanos previsto a lo largo de la ruta.

Figura 10.16: Grado de afectación a humanos a lo largo de la ruta



Fuente: TRX consulting. Análisis de vibraciones

La figura anterior presenta los resultados principales de esta evaluación en función del abscisado. Según la norma DIN4150/2 que evalúa el límite de percepción del ser humano, el 69.5% de los puntos medidos se localizan por debajo del “Límite de percepción”; mientras que el 30.5% de los puntos corresponden mediciones con “Escasa percepción”, en donde se recomienda ser previsor ya que en esta zona la percepción al ser humano puede elevarse con la incorporación de la actividad de excavación y la operación de la infraestructura.

### Marco legal actual en Quito

La situación legal en Ecuador en este aspecto limita las vibraciones que puedan transmitirse a la estructura sólida de las edificaciones con la finalidad de minimizar los efectos que puedan provocarse sobre ellos.

Según se indica en la tabla 4 del anexo 5 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), ningún equipo o instalación podrá transmitir, a los elementos sólidos que componen la estructura del recinto receptor, los niveles de vibración superiores a los señalados a continuación.

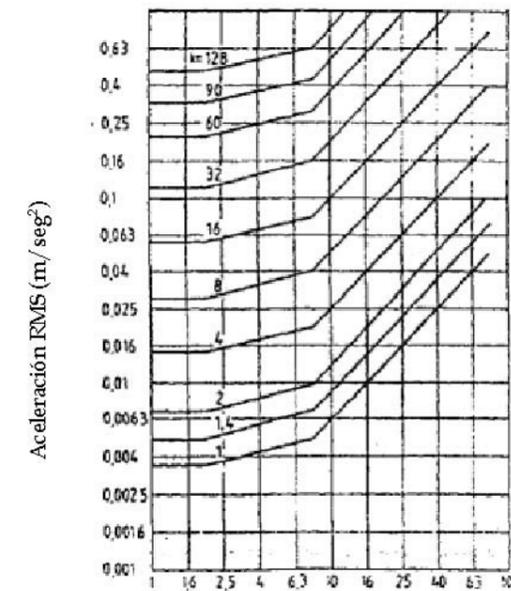
**Tabla 10.41: Límite de transmisión de vibraciones**

USO DE LA EDIFICACIÓN	PERIODO	CURVA BASE
Hospitalario, educacional y religioso	Diurno	1
	Nocturno	1
Residencial	Diurno	2
	Nocturno	1,4
Oficinas	Diurno	4
	Nocturno	4
Comercial	Diurno	8
	Nocturno	8

Fuente: TULSMA, LIBRO VI, ANEXO 5

La curva base para el límite de transmisión de vibraciones, es la reflejada en la siguiente figura:

**Figura 10.17: Curva base para límite de transmisión de vibraciones**



Fuente: TULSMA, LIBRO VI, ANEXO 5

### Evaluación de las vibraciones

Tanto la construcción del metro como el tráfico del mismo podrían generar problemas de vibraciones. Estas vibraciones afectarían negativamente a las personas y a las edificaciones cercanas. Estos efectos pueden ser importantes si se presentan altos niveles de amplitud de las vibraciones. Las vibraciones, dependen, entre otros aspectos, de las características mecánicas de los suelos y de la velocidad y peso de los trenes.

La valoración de este impacto así como de los efectos que puedan ocasionarse a las estructuras de edificación como consecuencia de las vibraciones es especialmente complicado de evaluar en estos momentos, principalmente porque para poder valorar los efectos se hace preciso tener un rango de mediciones antes del desarrollo de las obras y durante la ejecución de las mismas así como en la fase de explotación, con la finalidad de poder realizar comparaciones.

Según diversas publicaciones, de forma general los criterios que definen umbrales de vibración que pueden causar daño estructural, no solo dependen de la vibración, también están sujetos a la carga estructural, características de los materiales, a las características dinámicas, a la amplitud de excitación y a la frecuencia sensible. Autoridades de estandarización en el mundo entero, han definido directrices sobre niveles permisibles de la vibración en suelos con afectación a edificios (Normas ISO 2631, ISO 6897 y DIN 4150). En las normas y literatura disponible, se ha trabajado tradicionalmente con los criterios de aceleración y velocidad de partículas en

la definición de los valores límites para evitar daños en sistemas estructurales. Muchos códigos e investigadores dan límites permisibles de la vibración estructural en términos de velocidad pico de la partícula (Vpp).

El concepto de daño es relativo dado que puede involucrar desde la generación de micro fisuras hasta la aparición de grietas que puedan inducir algún tipo de colapso. Adicionalmente, la aparición o no de daños, grietas y fisuras está íntimamente relacionada con la calidad de los materiales y de las técnicas constructivas. Por esta razón, un estudio específico de daños en una edificación particular requeriría de evaluaciones detalladas que van desde la caracterización del suelo y los materiales usados en la construcción hasta la evaluación de las cargas actuantes (vibraciones debidas a tráfico, voladuras, cargas muertas, vivas, viento, etc.).

No obstante, las normas internacionales han establecido unos valores de velocidad límite de las partículas del suelo (asociadas con vibraciones) por encima de los cuales es probable que se generen daños visibles en los elementos de una edificación. Sin embargo hay que recordar que estos valores son indicativos. Teniendo en cuenta lo anterior, la norma DIN 4150, establece los valores máximos de velocidad de vibración (en mm/s) en función de la frecuencia, para que no se observan daños en diferentes tipos de edificaciones (comercial, viviendas, edificios, industrias). Estos valores se presentan en la tabla siguiente. Lo mismo se presenta en la referencia (ITME, 1985) cuyos valores límite también si incluyen a continuación.

**Tabla 10.42: Valores límite de velocidad de partícula (mm/s) para evitar daños (Norma DIN 4150)**

TIPO EDIFICACIÓN	FRECUENCIA		
	<10HZ	10-50 HZ	50-100 HZ
Estructuras delicadas, muy sensibles a la vibración	3	3-8	8-10
Viviendas y edificios	5	5-15	15-20
Comercial e industrial	20	20-40	40-50

Fuente: NORMA DIN 4150

**Tabla 10.43: Valores de velocidad de partícula establecidos en la referencia (ITME, 1985)**

TIPO EDIFICACIÓN	VELOCIDAD MÁXIMA DE PARTÍCULA
Para edificación en muy mal estado de construcción o edificios en madera o mampostería	12 mm/s
Edificios muy sensibles a las vibraciones	0 a 10 Hz 3 mm/s 10 a 50 Hz 3 a 8 mm/s 50 a 100 Hz 8 a 10mm/s

Fuente: ITME 1985

Por su parte los estándares australianos (AS 2187.2) establecen como límite para edificaciones residenciales una velocidad máxima de 10 mm/s. En el mismo estándar se establece para edificios comerciales e industriales de concreto reforzado o de acero un límite máximo de 25 mm/s y para hospitales, presas, edificios históricos se establece un límite de 5 mm/s.

De la misma manera en los estándares Ingleses (BS 7385) se establece una velocidad máxima de 50 mm/s para estructuras aporticadas de industrias y edificios comerciales con frecuencia de vibración superior a 4 Hz. En la misma norma se sugiere un límite entre 15 y 20 mm/s para edificaciones sin refuerzo, residenciales y con frecuencias entre 4 Hz y 15 Hz.

Por ejemplo, la asociación suiza de la estandarización, (SN 640) especificó 12 mm/s como nivel permisible para el acero o estructuras en concreto reforzado, 5 mm/s para los edificios en mampostería, y 3 mm/s para los edificios de interés arquitectónico o estructuras sensibles.

Es importante indicar que las condiciones socioeconómicas y las normativas de cada país están directamente asociadas con los límites establecidos anteriormente, ya que una edificación de vivienda tipo residencial construida en Australia, Estados Unidos o en Europa tendrá en general un comportamiento mecánico diferente al de una construida en un país en vías de desarrollo.

Lo anterior se valida si se tiene en cuenta que en los estratos bajos de los países en vías de desarrollo es común que se edifiquen las viviendas mediante la modalidad de autoconstrucción o una construcción desarrollada sin asesoría técnica de un ingeniero y en el mejor de los casos, elaborada por un maestro de obra. Este aspecto las podría hacer mucho más frágiles.

En base a lo indicado en apartados anteriores, se hace preciso realizar una campaña de mediciones tanto durante la fase de ejecución de las obras como en la de funcionamiento, evaluando en ese momento los impactos que pueden generarse tanto en la edificación como las posibles molestias a las personas.

En lo que se refiere a las molestias que puedan generarse a las personas como consecuencia de las vibraciones en la fase de operación y mantenimiento, hay que destacar que el hombre sólo tiene la posibilidad de asimilar una parte de las vibraciones en su sentido auditivo, sensorial y visual, destacando que este sentido sensorial está asociado a un evento de peligro. Por experiencias similares a otros proyectos estas son prácticamente imperceptibles al ser humano.

Según la **ley 7/2002, de 3 de diciembre de la Generalitat Valenciana de protección contra el ruido**, para evaluar la molestia producida por las vibraciones, se utilizará el índice K mediante las siguientes expresiones:

$$K = a / 0,0035 \quad \text{para } f \leq 2$$

$$K = a / [0,0035 + 0,000257 (f - 2)] \quad \text{para } 2 \leq f \leq 8$$

$$K = a / 0,00063 f \quad \text{para } 8 \leq f \leq 80$$

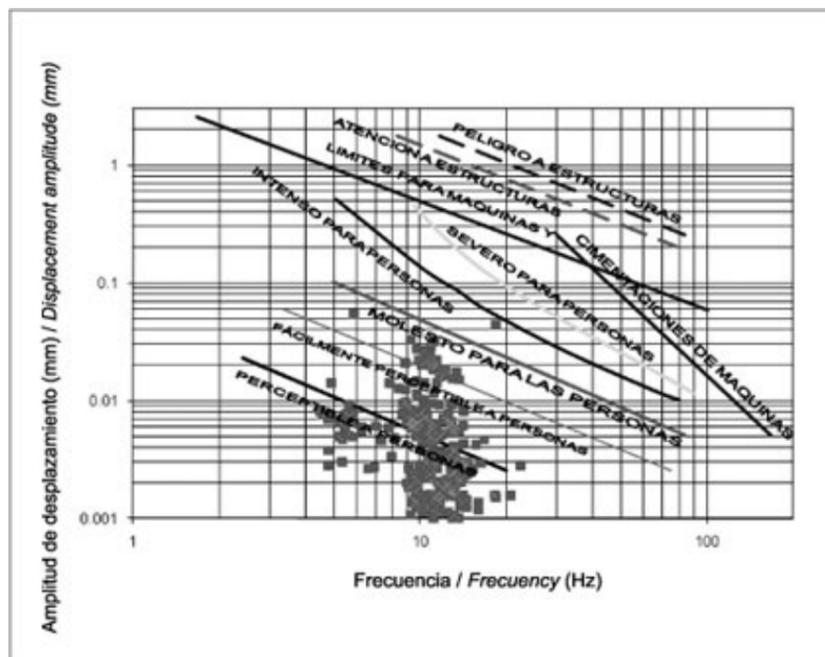
Donde:

$a$  es la aceleración eficaz de la vibración expresada en  $(m.s^{-2})$

$f$  es la frecuencia de la vibración expresada en (Hz), o bien mediante la gráfica anterior (curva base para límite de transmisión de vibraciones)

Como referencia, según el estudio publicado en la Revista de Ingeniería y Construcción (Vol 26, nº1) titulado "Medición e interpretación de vibraciones producidas por el tráfico en Bogotá D.C.", en base a los límites indicados anteriormente, se ha elaborado una gráfica con el fin de incluir límites asociados con el confort de las personas así como límites para estructuras, cimentaciones y máquinas. Esta gráfica depende de la amplitud de movimiento, estimada con base en la aceleración registrada con los acelerómetros (mediante técnicas numéricas y suponiendo osciladores simples), y depende también de la frecuencia dominante de la señal. En la siguiente figura se incluyen las mediciones realizadas en el citado estudio. Los desplazamientos se estimaron a partir de los registros de aceleración mediante técnicas numéricas básicas de la dinámica estructural.

**Figura 10.18: Límites asociados con el confort en función de la frecuencia del registro**



Fuente: "Medición e interpretación de vibraciones producidas por el tráfico en Bogotá D.C.". Revista de Ingeniería y Construcción (Vol 26, nº1)

En otras experiencias de proyectos similares a estos en Europa, los efectos sobre las personas han resultado poco significativos.

### ESCALA DE CALIFICACIÓN

Teniendo en cuenta lo indicado con anterioridad, así como la legislación existente en Ecuador, a continuación se va a indicar la escala de calificación a tomar para este impacto. Dicha escala queda reflejada en la siguiente tabla:

**Tabla 10.44: Escala de valoración de la intensidad de la afectación al medio por vibraciones**

VARIABLE	SÍMBOLO	CARÁCTER	ESCALA DE CALIFICACIÓN	TIPO DE IMPACTO
Intensidad	In	Alto: Si los niveles previsibles de vibraciones son superiores a los obtenidos en los estudios previos	8-10	Impacto Alto
		Medio: Si los niveles previsibles de vibraciones son similares a los obtenidos en los estudios previos	5	Impacto Medio
		Bajo: Si los niveles previsibles de vibraciones son inferiores a los obtenidos en los estudios previos	0-2	Impacto Bajo

Fuente: Elaboración propia

A continuación se incluyen unas tablas con la valoración parcial para cada una de las fases y acciones de este impacto:

Tabla 10.45: Valoración del impacto afectación al medio por vibraciones (fase construcción)

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	W <sub>M</sub>	VIA
	Reubicación de infraestructura y propiedades	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,67
	Desvío de servicios. Retiro y reubicación de infraestructuras de servicios públicos	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,67
	Adecuación y uso de patios de maquinarias	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,67
	Adecuación y uso de instalaciones auxiliares	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,67
	Preparación y uso de escombreras	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,67
	Adecuación y uso de campamentos	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,67
	Remoción de la vegetación	5	0,2	3	0,2	2	0,6	2,8	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,57
	Excavación y relleno	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,67
	Transporte, carga y descarga de materiales y su almacenaje	8	0,2	4	0,2	2	0,6	3,6	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,70
Construcción de túneles	Excavación y movimiento de tierras	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,67
	Sostenimiento y revestimiento	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,67
	Retiro de escombros	8	0,2	4	0,2	2	0,6	3,6	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,70
	Colocación del sistema ferroviario e instalaciones	5	0,2	3	0,2	2	0,6	2,8	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,57
Construcción de estaciones	Excavación y movimiento de tierras	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,67
	Obras civiles	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,67
	Movilización de material pesado	8	0,2	4	0,2	2	0,6	3,6	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,70
	Retiro de escombros	8	0,2	4	0,2	2	0,6	3,6	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,70
	Relleno	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,67
	Reposición e integración urbana	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,67
Construcción de cocheras	Excavación y movimiento de tierras	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,67
	Obras civiles	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,67
	Retiro de escombros	8	0,2	4	0,2	2	0,6	3,6	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,70
	Tránsito de maquinaria pesada y vehículos zona obra	8	0,2	4	0,2	2	0,6	3,6	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,70
	Reposiciones e integración urbana	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,67
	Operaciones de pavimentación	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,67
	Ejecución de estructuras, muros de fábrica	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,67
	Utilización de accesos a obra	8	0,2	4	0,2	2	0,6	3,6	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,70
	Acopio temporal de materiales utilizados en obra		0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,67

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.46: Valoración del impacto afectación al medio por vibraciones (fase operación y mantenimiento)**

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	W <sub>M</sub>	VIA
Operación	Funcionamiento de la línea	8	0,2	4	0,2	2	0,6	3,6	1	0,6	8	0,2	0,2	-1,9
	Operación de estaciones	5	0,2	1	0,2	2	0,6	2,4	1	0,6	5	0,2	0,2	-1,64
	Operación de cocheras	8	0,2	1	0,2	2	0,6	3	1	0,6	8	0,2	0,2	-1,89
Mantenimiento	Procesos de prueba e inspección de los equipos e instalaciones	8	0,2	1	0,2	1	0,6	2,4	1	0,6	5	0,2	0,2	-1,64

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.47: Valoración del impacto afectación al medio por vibraciones (fase cierre)**

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	W <sub>M</sub>	VIA
Rehabilitación	Desmantelamiento de las estructuras auxiliares y transporte de las mismas	8	0,2	2	0,2	2	0,6	3,2	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,64
	Reacondicionamiento de las áreas de depósito de material	8	0,2	2	0,2	2	0,6	3,2	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,64
	Reposiciones e integración urbana	8	0,2	2	0,2	2	0,6	3,2	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,64
	Retiro de equipos, maquinaria, campamentos e instalaciones provisionales	8	0,2	4	0,2	2	0,6	3,6	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,70
	Abandono – integración de túneles y estaciones	8	0,2	2	0,2	2	0,6	3,2	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,64

Fuente: Elaboración propia



## Conclusión

Como conclusión en referencia a este impacto es posible decir que se trata de un impacto difícil de evaluar en estos momentos, siendo necesario realizar mediciones tanto en la fase de construcción como en la de operación, con la finalidad de comparar con la campaña de campo realizada en esta fase y evaluar los posibles efectos que se pueden producir tanto a la edificación como en molestias a personas. En todo caso se trata de un impacto negativo en la fase de construcción que habrá que evaluar en cada una de las fases, aunque previsiblemente sea de valor medio en las fases de construcción y cierre, y bajo en la de operación y mantenimiento. El carácter considerado es local, totalmente temporal para las fases de construcción y cierre, y permanente para la fase de funcionamiento. Reversible en las fases de construcción y cierre. Dicho impacto admite medidas preventivas y medidas correctoras de mitigación.

### 10.5.6. Valoración de la afectación a suelos

Conforme a la descripción previamente aportada sobre la afectación al suelo en apartados anteriores, el único impacto considerado significativo es la posible contaminación de suelos, ya que el resto de impactos no se consideran importantes y tendrán una baja probabilidad. Como se indica, las principales actividades que podrían originar puntualmente contaminación de los suelos son los cambios de aceite de maquinaria, lavado de la misma y actividades en talleres a raíz de las cuales lubricantes e hidrocarburos podrían accidentalmente acabar en el recurso suelo. También el transporte de escombros y su depósito en los sitios habilitados para ello, podrían acarrear cierto riesgo dependiendo de la naturaleza de los materiales desechados y de la zona seleccionada para su depósito.

La contaminación de suelos es un aspecto importante a considerar, si tenemos en cuenta que, por ejemplo, los aceites usados acaban contaminando a menudo masas de agua tras su paso a través de los suelos, o generan un alto coste a las empresas de tratamiento de aguas al ser vertidos en alcantarillados o en sumideros de calles. Los metales pesados que contienen aceites e hidrocarburos pueden además llegar al cuerpo humano a través de la cadena alimentaria.

### Estado actual del medio en Quito

Como se ha mencionado previamente, el proyecto se desarrolla en zonas urbanas y periurbanas cuyos suelos no presentan alta capacidad productiva ya han sido modificados, y sus condiciones naturales previamente alteradas por el desarrollo urbanístico. El uso del suelo corresponde por tanto a una zona densamente poblada, los sitios con cobertura vegetal son mínimos, y cualquier afectación a este tipo de suelos no resultaría en un cambio drástico de sus características originales. Al ser suelos estables degradados, presentan una sensibilidad baja. Cabe mencionar que en los estudios técnicos previos se han encontrado importantes capas de escombros y basuras en numerosas quebradas.

Los indicadores de alteración para suelos son los siguientes:

- Capa de suelo húmico
- Calidad de suelo horizontes Inf.
- Geomorfología

En este caso, la utilización de la capa de suelo húmico como indicador no procede dada el estado urbanizado de los suelos y el uso actual que presentan (residencial, industrial o de equipamiento). Por tanto, para la valoración de la afectación de suelo, se utilizará el indicador de contaminación del suelo que está más ligado a la calidad de suelo horizontes inferiores. En el apartado de valoración se describen las principales consideraciones tenidas en cuenta para ello sobre fugas y derrames así como deposición de desechos que podrían provocar contaminación del suelo.

### Marco legal

Se describe a continuación los elementos más importantes del marco legal de Ecuador para la protección de suelos.

Según la **Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados (Libro VI Anexo 2)**, y en la explicación de actividades que degradan el suelo se describe lo siguiente en sus puntos 4.1.2.4 y 4.1.2.5:

- *Los talleres mecánicos y lubricadoras, y cualquier actividad industrial, comercial o de servicio que dentro de sus operaciones manejen y utilicen hidrocarburos de petróleo o sus derivados, deberán realizar sus actividades en áreas pavimentadas e impermeabilizadas y por ningún motivo deberán verter los residuos aceitosos [...] sobre el suelo.*
- *Los aceites minerales usados y los hidrocarburos de petróleo desechados son considerados sustancias peligrosas.*
- *Los productores [...] están obligados a minimizar la generación de envases vacíos, así como de sus residuos, y son responsables por el manejo técnico adecuado de éstos, de tal forma que no contaminen el ambiente.*

Además, la **Ordenanza No. 0146 Ordenanza Sustitutiva del Título V Del Medio Ambiente, Libro Segundo del Código Municipal para el Distrito Metropolitano de Quito**, establece los servicios especiales requeridos para la gestión de escombros y la necesidad de obtener los permisos especiales para transportar y depositar éstos a través de la entidad EMASEO. Determina los requisitos establecidos por las ordenanzas correspondientes, y los instructivos de la Dirección Metropolitana de Medio Ambiente y EMASEO para la protección del medio ambiente y



el ornato de la ciudad, respecto del manejo de escombros, volumen de carga, permisos, uso de carpas y horarios para el desarrollo de esta actividad.

Por otro lado, el **Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador, en su Art. 25** se refiere al manejo y almacenamiento de crudo y/o combustibles, y contempla algunas normas.

- *Debe instruirse al personal sobre el manejo de combustibles, y efectos potenciales.*
- *Los tanques o grupos de tanques para combustibles se registrarán para su construcción con la norma API, UL o equivalente. Deberán mantenerse herméticamente cerrados, a nivel del suelo y estar aislados mediante un material impermeable para evitar filtraciones y contaminación del ambiente y rodeados de un cubeto con un volumen igual o mayor al 110% del tanque mayor.*

La **Norma Técnica** mencionada establece criterios de calidad del suelo conforme a la presencia de diferentes sustancias contaminantes y proporciona los valores máximos permitidos, los que se han utilizado para la presente valoración.

Para establecer la calidad del suelo, se han cogido como ejemplo aceites y grasas que podrían provenir de lubricantes y de maquinaria. Los valores máximos permitidos referentes a aceites y grasas en zonas residenciales y en zonas comerciales o industriales (conforme a criterios de remediación o restauración) son 2.500 o 4.000 mg/kg respectivamente. Esta información se refleja en la siguiente tabla. En caso de ser requerido, la Norma incluye máximos permitidos para otras sustancias presentes en hidrocarburos aromáticos policíclicos que podrían ser considerados. Para establecer la intensidad, se considerará el valor más restrictivo correspondiente a zonas residenciales.

**Tabla 10.48: Límites establecidos a los contaminantes del suelo**

SUSTANCIA	VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS (concentración en peso seco)
Aceites y grasas	Uso del suelo residencial <2.500 mg/kg
	Uso del suelo comercia/Industrial <4.000 mg/kg

Fuente: Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados (Libro VI Anexo 2).

### Evaluación de la contaminación del suelo

Los principales aspectos a considerar para la evaluación incluyen: maquinaria requerida para la obra, intensidad de camiones y vehículos, como automotores, circulando en las zonas de obra y estacionados en instalaciones auxiliares, cambios de aceite requerido, uso de grasas y lubricantes para maquinaria, condiciones establecidas en cocheras y talleres (impermeabilización de suelos, lavado de maquinaria, establecimiento de redes de transporte y

desecho de sustancias contaminantes), uso de escombreras (lugares de acopio o de reutilización) y materiales a transportar a estos puntos (volumen y naturaleza de materiales transportados y desechados).

Tal y como se menciona previamente, se ha estimado un número de 1.104 vehículos (camiones) de obra al día, realizando unos 552 viajes de ida y otros tantos de vuelta, y una duración de 36 meses en total, siendo 20 los meses estimados para la fase de movimiento de tierras (o 14.400 horas de trabajo si las obras tienen lugar todos los días y la maquinaria trabaja constantemente). El cambio de aceite en camiones, grúas y otros vehículos suele estimarse en horas de trabajo realizadas (o kilometraje realizado), dependiendo de la maquinaria. Es el fabricante el que determina en los manuales de uso y mantenimiento cuándo debe realizarse el cambio estimándose en horas de trabajo (los vehículos suelen llevar horómetros incorporados). No se tiene conocimiento del tipo de camión que la constructora empleará para el transporte del material. Pero si tomamos el ejemplo de un camión de gran capacidad de 10 ruedas que deba cambiar de aceite cada 2.000 horas de trabajo, requeriría al menos 7 cambios de aceite durante la duración del proyecto. Si estimamos en 10L la capacidad del depósito de aceite, sería un total de 72L de aceite usado por vehículo. Este volumen de aceite debe ser debidamente cambiado, en zonas habilitadas para ello y depositado en los puntos especializados en su reutilización o deshecho, tal y como establece la normativa ecuatoriana, para evitar la contaminación de suelos. Algunas fuentes que podrían generar aceites usados incluyen:

- Los motores del equipo pesado de construcción, de camiones, y vehículos automotores;
- Los motores de generadores eléctricos y compresores; y
- Equipos hidráulicos y sistemas de transmisión de los mismos equipos pesados, camiones y vehículos.

Se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

Fugas y derrames: En el área del proyecto pueden ocurrir fugas y derrames de hidrocarburos (combustibles de vehículos, maquinaria y equipos). Las fugas y derrames pueden ocasionarse al momento de la carga y descarga del producto, en el transporte y almacenamiento de combustible y en el área de almacenamiento durante el cambio de aceite de maquinaria o el repostaje (podría darse principalmente en la zona de talleres y en los cuartos de aceites y grasas en las dependencias auxiliares de la obra). Un buen sistema de drenaje con trampas de grasa incluidas prevendrá la salida del combustible derramado. De esta manera, también se prevendrá la contaminación por fugas y derrames al suelo y cuerpos de agua, fuera de las áreas de trabajo. En cualquier caso deberán asegurarse las mejores prácticas a la hora de cambiar aceites y grasas y gestionar los desechos.

Desechos: Los recipientes o depósitos para residuos sólidos no biodegradables se ubicarán en las aéreas de trabajo y centro de operaciones, para de esta manera fomentar la disposición adecuada y no sobre el suelo. Cuando se requiera un cambio de aceite, el aceite usado deberá ser recolectado y temporalmente almacenado en contenedores apropiados dentro del sitio, hasta que pueda ser retirado por el suplidor contratado o programarse su disposición en una instalación aprobada. Si se utilizan tambores o toneles de 55 galones, estos deberán ser transportados y dispuestos de forma apropiada. Todas las actividades menores de mantenimiento deberán



realizarse sobre zonas acondicionadas cubiertas con una superficie impermeabilizada que evite la contaminación de los suelos.

En caso de derrame accidental: Toda la cuadrilla de trabajadores deberá contar con los elementos básicos para evitar la propagación de un derrame de combustibles. También es importante que el sitio de almacenamiento cuente con los elementos básicos para evitar la infiltración al subsuelo, como ya se ha mencionado. En caso de que ocurriera un derrame, la cuadrilla deberá detenerlo formando canaletas o barreras de contención alrededor del derrame. Una vez detenido, la cuadrilla deberá proceder a recoger el derrame con algún material absorbente como aserrín o arena, la cual debe estar fácilmente disponible. El residuo obtenido deberá ser tratado como residuo peligroso y la forma de tratamiento y disposición final estará recogida en el Programa de manejo de desechos peligrosos.

La prevención y contención son las alternativas preferidas para controlar los derrames pequeños y comunes que a menudo suceden cuando se cambia el aceite, se reparan las líneas hidráulicas y se añaden los refrigerantes a la maquinaria. Las almohadillas absorbentes deberán colocarse en el suelo, debajo de la maquinaria, antes de efectuar el mantenimiento. En cualquier caso está previsto en el proyecto un Equipo de control de derrames.

#### ESCALA DE CALIFICACIÓN

**Tabla 10.49: Escala de valoración de la intensidad de la afectación al suelo por contaminación**

VARIABLE	SÍMBOLO	CARÁCTER	ESCALA DE CALIFICACIÓN	TIPO DE IMPACTO
Intensidad	In	<b>Alto:</b> Si para alguna medición y las sustancias contaminantes consideradas <b>–aceites y grasas–</b> los valores obtenidos son superiores a los valores máximos establecidos en la Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados (Libro VI Anexo 2). (2.500 mg/kg)	8-10	Impacto Alto
		<b>Medio:</b> Si para toda medición los valores obtenidos son similares a los valores máximos establecidos en la Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados (Libro VI Anexo 2). (2.500 mg/kg).	5	Impacto Medio
		<b>Bajo:</b> Si para cualquier medición y cualquier contaminante no se superan los valores límites establecidos en la Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados (Libro VI Anexo 2). (2.500 mg/kg).	0-2	Impacto Bajo

Fuente: Elaboración propia

#### Cálculo de la Magnitud (M) y del Índice Ambiental Ponderado Modificado (VIA)

Tal y como se describe en apartados anteriores, teniendo en cuenta la anterior tabla de intensidad, se ha procedido al cálculo de Magnitud y al del Índice Ambiental Ponderado Modificado (VIA) y conforme a las fórmulas siguientes:

$$M = [(I * W_i) + (E * W_E) + (D * W_D)]$$

$$VIA = (R^{wr} * RG^{wrg} * M^{wm})$$

A continuación se incluyen unas tablas con la valoración parcial para cada una de las fases y acciones de este impacto:

Tabla 10.50: Valoración del impacto afectación al suelo por contaminación (fase construcción)

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	W <sub>M</sub>	VIA
Preparación	Reubicación de infraestructura y propiedades	1	0,2	1	0,2	1	0,6	0,52	1	0,6	1	0,2	0,2	-0,88
	Retiro y reubicación de infraestructuras de servicios públicos	1	0,2	1	0,2	1	0,6	0,52	1	0,6	1	0,2	0,2	-0,88
	Adecuación y uso de patios de maquinarias	2	0,2	3	0,2	1	0,6	1,12	2	0,6	2	0,2	0,2	-1,78
	Adecuación y uso de instalaciones auxiliares	1	0,2	2	0,2	1	0,6	0,72	2	0,6	2	0,2	0,2	-1,63
	Preparación y uso de escombreras	2	0,2	3	0,2	3	0,6	1,12	2	0,6	3	0,2	0,2	-1,93
	Adecuación y uso de campamento	1	0,2	2	0,2	1	0,6	0,72	1	0,6	2	0,2	0,2	-1,08
	Excavación y relleno	2	0,2	2	0,2	3	0,6	0,92	1	0,6	1	0,2	0,2	-0,98
	Transporte, carga y descarga de materiales y su almacenaje	2	0,2	2	0,2	3	0,6	0,92	1	0,6	1	0,2	0,2	-0,98
Construcción de túneles	Excavación y movimiento de tierras	1	0,2	1	0,2	1	0,6	0,52	1	0,6	2	0,2	0,2	-1,01
	Retiro de escombros	1	0,2	2	0,2	2	0,6	0,72	1	0,6	3	0,2	0,2	-1,17
Construcción de estaciones	Excavación y movimiento de tierras	1	0,2	2	0,2	1	0,6	0,72	2	0,6	2	0,2	0,2	-1,63
	Drenaje	1	0,2	2	0,2	1	0,6	0,72	2	0,6	2	0,2	0,2	-1,63
	Movilización de material pesado	1	0,2	2	0,2	1	0,6	0,72	1	0,6	2	0,2	0,2	-1,08
	Retiro de escombros	1	0,2	2	0,2	1	0,6	0,72	2	0,6	3	0,2	0,2	-1,77
	Relleno	1	0,2	2	0,2	1	0,6	0,72	1	0,6	1	0,2	0,2	-0,94
Construcción de cocheras y actividades auxiliares	Excavación y movimiento de tierras	1	0,2	2	0,2	1	0,6	0,72	1	0,6	2	0,2	0,2	-1,08
	Retiro de escombros	1	0,2	2	0,2	1	0,6	0,72	1	0,6	2	0,2	0,2	-1,08
	Desechos	2	0,2	3	0,2	2	0,6	1,12	2	0,6	3	0,2	0,2	-1,93
	Tránsito de maquinaria pesada y vehículos zona obra	1	0,2	2	0,2	1	0,6	0,72	2	0,6	1	0,2	0,2	-1,42
	Producción de residuos y aguas residuales	1	0,2	2	0,2	1	0,6	0,72	2	0,6	2	0,2	0,2	-1,63

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.51: Valoración del impacto afectación al suelo por contaminación (fase operación y mantenimiento)**

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	W <sub>M</sub>	VIA
Operación	Operación de estaciones	1	0,2	2	0,2	1	0,6	0,72	1	0,6	1	0,2	0,2	-0,94
	Operación de cochera	1	0,2	2	0,2	1	0,6	0,72	3	0,6	1	0,2	0,2	-1,81
Mantenimiento	Procesos de prueba, inspección de los equipos e instalaciones	1	0,2	2	0,2	1	0,6	0,72	1	0,6	1	0,2	0,2	-0,94
	Procesos relacionados con el mantenimiento de la obra	1	0,2	2	0,2	1	0,6	0,72	2	0,6	2	0,2	0,2	-1,63
	Trabajos de conservación	1	0,2	2	0,2	2	0,6	0,72	2	0,6	1	0,2	0,2	-1,42
	Movilización y generación de desechos	1	0,2	2	0,2	2	0,6	0,72	2	0,6	3	0,2	0,2	-1,77
Actividades auxiliares	Desechos	2	0,2	3	0,2	2	0,6	1,12	2	0,6	3	0,2	0,2	-1,93

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.52: Valoración del impacto afectación al suelo por contaminación (fase cierre)**

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	W <sub>M</sub>	VIA
Rehabilitación	Desmantelamiento de las estructuras auxiliares y transporte de las mismas	1	0,2	2	0,2	1	0,6	0,72	1	0,6	1	0,2	0,2	-0,94
	Manejo de desechos	2	0,2	3	0,2	1	0,6	1,12	1	0,6	3	0,2	0,2	-1,27
	Retiro de equipos, maquinaria, campamentos e instalaciones provisionales	1	0,2	2	0,2	1	0,6	0,72	1	0,6	2	0,2	0,2	-1,08
	Abandono – integración de túneles y estaciones	1	0,2	2	0,2	1	0,6	0,72	1	0,6	1	0,2	0,2	-0,94

Fuente: Elaboración propia



## Conclusión

Como se observa por los valores contemplados en las tablas, la ocurrencia de contaminación de suelos, en caso de darse sería muy puntual (un derrame o fuga accidental en un punto determinado). Habrá más riesgo en las zonas de talleres donde tiene lugar el mantenimiento de maquinaria, cambios de aceite, repostajes y engrasados, así como en las escombreras donde se podrían producir vertidos de otros materiales que no sea tierra y cuyos lixiviados podrían contaminar los suelos. En cualquier caso las medidas preventivas necesarias son fácilmente aplicables.

Como conclusión en referencia a este impacto es posible decir que se trata de un impacto de naturaleza negativa e intensidad baja tanto en la fase de construcción como en la de funcionamiento y mantenimiento y en la fase de cierre. El área de influencia es puntual, y la duración transitoria (pudiendo ser temporal para escombreras donde la contaminación pueda ocurrir de manera continuada). Presentará reversibilidad y el riesgo será bajo. Por todo ello, dicho impacto es bajo, aproximándose al medio en acciones relacionadas con el uso de escombreras y los desechos generados, admitiendo en todo caso medidas preventivas y correctoras de mitigación.

### **10.5.7. Valoración del consumo de recursos geológicos**

Como ya se ha dicho en apartados anteriores no se tiene previsto la apertura de nuevas explotaciones minerales para la construcción, funcionamiento y cierre del proyecto evaluado.

Así pues se van a utilizar recursos geológicos procedentes de explotaciones mineras en funcionamiento y que cuentan con las oportunas evaluaciones y licencias ambientales que demuestran que su impacto ambiental es admisible por lo que no es necesario realizar una valoración específica en este estudio de impacto ambiental.

### **10.5.8. Valoración de las modificaciones en la generación de escorrentía superficial**

#### Estado actual del medio en Quito

Una gran parte de la zona por la que van a discurrir las obras (zona urbana de Quito) ya está impermeabilizada en estos momentos por edificios y por pavimentaciones. Solamente en las zonas verdes atravesadas puede decirse que el suelo no está impermeabilizado y que la escorrentía se producirá de una manera normal.

En la zona de la Escombrera y en la zona de cocheras también puede considerarse que todavía el suelo no está sellado y que la generación de escorrentía superficial es "normal".

Las modificaciones en la generación de escorrentía como ya se ha descrito en un apartado anterior se producirán en aquellas zonas exteriores en las cuales bien sea durante la construcción y el funcionamiento de la obra se producirá impermeabilización del suelo

#### Marco legal actual en Quito.

No existe en la actualidad normativa que regule la impermeabilización del suelo por actuaciones infraestructurales, dotacionales o urbanísticas en el municipio de Quito.

#### Evaluación de las modificaciones en la generación de la escorrentía superficial

Esta evaluación se centrará en aquellas acciones del proyecto que pueden producir una modificación sustancial en la generación de la escorrentía superficial. Se trata de aquellas acciones que van a provocar la impermeabilización del suelo y que por lo tanto van a aumentar el coeficiente de escorrentía de la zona afectadas. El resto de acciones que pueden tener incidencia sobre la generación de escorrentía superficial se estima que no van a producir efectos significativos ya que no modifican sustancialmente el coeficiente de escorrentía actual ni van a producir por lo tanto incrementos significativos de los caudales y volúmenes circulantes por los ejes de drenaje.

Las acciones que se prevé puedan producir impactos significativos son las siguientes:

Fase de construcción

Cocheras

Excavación y movimiento de tierras.

Instalaciones y servicios

Fase de funcionamiento

Desmantelamiento de las estructuras auxiliares y transporte.

Actividades auxiliares

Para las cocheras y talleres, que como se ha visto es la única zona en la cual es previsible que se genere un impacto significativo en la modificación de la generación de la escorrentía superficial, se estima una necesidad de suelo de aproximadamente 5 Ha de las cuales 1,5 Ha son destinadas a la implantación de la playa de vías.

Figura 10.19: Vista aérea de una cochera



Fuente: Metro Madrid

La escala de valoración para este impacto va a ser la siguiente:

Tabla 10.53: Escala de valoración de las modificaciones en la generación de escorrentía superficial

VARIABLE	SÍMBOLO	CARÁCTER	ESCALA DE CALIFICACIÓN	TIPO DE IMPACTO
Intensidad	In	<b>Alto:</b> Impermeabilización de más del 5% de la cuenca drenante del cauce de segundo orden	8-10	Impacto Alto
		<b>Medio:</b> Impermeabilización entre el 1 y el 5% de la cuenca drenante del cauce de segundo orden	5	Impacto Medio
		<b>Bajo:</b> Impermeabilización de menos del 1% de la cuenca drenante del cauce de segundo orden	0-2	Impacto Bajo

Fuente: Elaboración propia

A continuación se incluyen unas tablas con la valoración parcial para cada una de las fases y acciones de este impacto:

Tabla 10.54: Valoración del impacto modificación de la generación de la escorrentía superficial (fase construcción)

	ACCIONES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	W <sub>M</sub>	VIA
COCHERAS	Excavación y movimiento de tierras	2	0,2	1	0,2	2	0,6	1,8	4	0,6	8	0,2	0,2	-4,36
	Instalaciones y servicios	2	0,2	1	0,2	2	0,6	1,8	4	0,6	5	0,2	0,2	-3,76

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10.55: Valoración del impacto modificación de la generación de la escorrentía superficial (fase cierre)

	ACCIONES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	W <sub>M</sub>	VIA
COCHERAS	Desmantelamiento de las estructuras auxiliares y transporte	2	0,2	1	0,2	2	0,6	1,8	4	0,6	9	0,2	0,2	4,56

Fuente: Elaboración propia

### Conclusión

Así pues este impacto es negativo y de tipo medio en la fase de construcción y positivo y de tipo medio en la fase de cierre ya que se recuperan las condiciones actuales para la generación de escorrentía.

En la fase de construcción este impacto puede minimizarse mediante la aplicación de las oportunas medidas correctoras.

### 10.5.9. Valoración de las modificaciones de los flujos de la escorrentía superficial.

#### Estado actual del medio en Quito

El eje principal de drenaje de la zona de Quito es el río Macángara que atraviesa enterrado la parte sur del suelo urbano y después discurre en superficie por el este de la población. Los ejes de drenaje secundarios de dirección oeste este atraviesan el municipio de Quito entubados y enterrados. Estas obras de entubamiento sirven también para drenar la lluvia producida sobre el casco urbano.

En la descripción que se ha realizado de este impacto ya se han identificado que pueden ser significativas las modificaciones de flujos producidas:

Fase de Construcción:

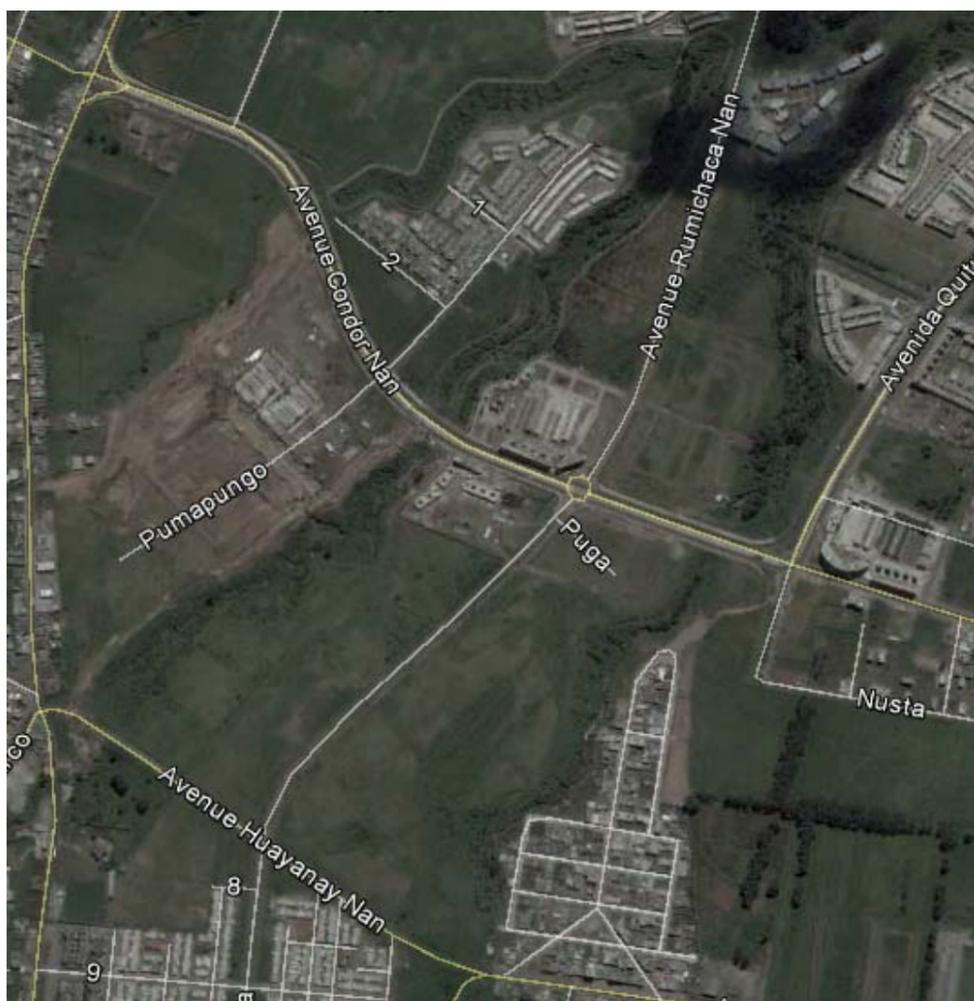
- Afectación a la red de drenaje en Quitumbe

Fase de funcionamiento

- Actuación de las bocas como sumidero de la escorrentía que discurre por la ciudad tras las lluvias.

En la fase de funcionamiento se restablecerá el medio a las condiciones actuales por lo que no es previsible que este impacto sea significativo.

**Figura 10.20: Cauces en la zona de Quitumbe**

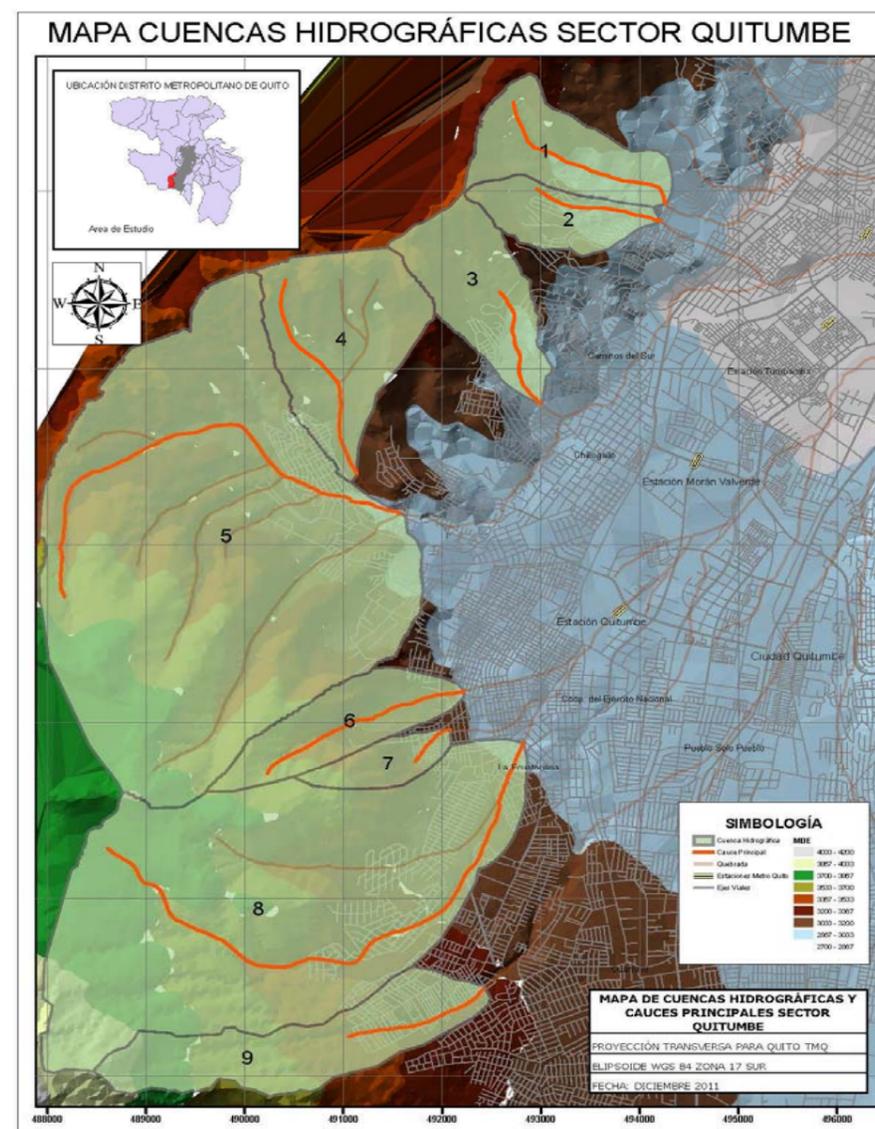


Fuente: Elaboración propia

En la zona de escombrera debido a las obras de encauzamiento realizadas y a que estas discurrirán por debajo de la misma no son de prever impactos significativos. En las zonas de túneles tampoco son de prever impactos significativos ya que los túneles respetaran los entubamientos existentes en estos momentos.

La valoración posterior se va a centrar en aquellas acciones que pueden ocasionar impacto significativo en la modificación de los flujos de la escorrentía superficial citados con anterioridad.

**Figura 10.21: Cuencas Hidrográficas y principales cauces en la zona de Quitumbe**



Fuente: Elaboración propia

### Evaluación del impacto de modificación de la escorrentía superficial

En la tabla siguiente se indica la escala de calificación para valorar la intensidad de este impacto:

**Tabla 10.56: Escala de valoración de la intensidad de la modificación de los flujos de la escorrentía superficial**

VARIABLE	SÍMBOLO	CARÁCTER	ESCALA DE CALIFICACIÓN	TIPO DE IMPACTO
Intensidad	In	Alto: Interrupción de cauces principales	8-10	Impacto Alto
		Medio: Interrupción de cauces secundarios.	5-8	Impacto Medio
		Bajo Otras intercepciones de flujos de la escorrentía superficial	0-2	Impacto Bajo

Fuente: Elaboración propia

A continuación se incluyen una tabla con la valoración parcial para cada una de las acciones de este impacto:

**Tabla 10.57: Valoración del impacto modificación de los flujos de la escorrentía superficial (fase construcción)**

	ACCIONES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	W <sub>M</sub>	VIA
COCHERAS	Excavación y movimiento de tierras	5	0,2	4	0,2	5	0,6	4,8	3	0,6	8	0,2	0,2	-4,36
	Instalaciones y servicios	5	0,2	4	0,2	5	0,6	4,8	3	0,6	5	0,2	0,2	-3,76

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.58: Valoración del impacto modificación de los flujos de la escorrentía superficial (fase funcionamiento)**

ACCIONES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	W <sub>M</sub>	VIA
Funcionamiento de la línea	2	0,2	7	0,2	5	0,6	4,8	3	0,6	8	0,2	0,2	-4,36

Fuente: Elaboración propia

### Conclusión

El impacto de modificación de los flujos de la escorrentía superficial será negativo, y de tipo medio. Será significativo en las fases de construcción y funcionamiento. Existen medidas correctoras para la minimización de los impactos.

#### 10.5.10. Contaminación del agua superficial

##### Estado actual

Los análisis de aguas de escorrentía superficial analizadas para este trabajo y los datos recogidos de otras fuentes indican elevados grados de contaminación de las mismas debido fundamentalmente a vertidos directos de aguas del alcantarillado de Quito. También hay que decir que algunas aguas naturales presentes en la zona ya presentan elevados contenidos en hierro y Arsénico como consecuencia de la alteración y posterior disolución de algunos de los minerales que forman las rocas volcánicas que forman el sustrato de Quito.

La turbidez del agua en estos momentos también es elevada debido al elevado grado de erosión existente en las laderas y al vertido de aguas residuales.

Este impacto será significativo en las tres fases del proyecto si se producen vertidos incontrolados de sustancias contaminantes. Por las características del proyecto las sustancias que pueden ocasionar mayores problemas si se produce el vertido incontrolado de las mismas son los hidrocarburos (combustibles, aceites, grasas) ya que a muy bajas concentraciones pueden arruinar la calidad del agua.

##### Marco legal

El libro VI del TUSLAS regula los contenidos máximos de determinados contaminantes en las aguas tanto para consumo humano como para preservar los ecosistemas acuáticos.

##### Valoración del impacto contaminación del agua superficial.

En la tabla siguiente se indica la escala de calificación para valorar la intensidad de este impacto:

**Tabla 10.59: Escala de valoración de la intensidad de la contaminación del agua superficial**

VARIABLE	SÍMBOLO	CARÁCTER	ESCALA DE CALIFICACIÓN	TIPO DE IMPACTO
Intensidad	In	<b>Alto:</b> Contaminación por sustancias altamente contaminantes y tóxicas	8-10	Impacto Alto
		<b>Medio:</b> Contaminación por sustancias contaminantes y tóxicas	5-8	Impacto Medio
		<b>Bajo:</b> Contaminación por sustancias de bajo poder contaminante y tóxico	0-2	Impacto Bajo

Fuente: Elaboración propia

A continuación se incluyen una tabla con la valoración parcial para cada una de las acciones de este impacto:

**Tabla 10.60: Valoración del impacto contaminación del agua superficial (fase construcción)**

	ACCIONES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	W <sub>M</sub>	VIA
Preparación	Tte, carga y descarga de materiales y almacenaje	9	0,2	8	0,2	2	0,6	4,6	6	0,6	4	0,2	0,2	-5,32
túneles	Excavación y movimiento de tierras	9	0,2	8	0,2	3	0,6	5,2	6	0,6	6	0,2	0,2	-5,84
	Colocación del sistema ferroviario e instalaciones	9	0,2	8	0,2	2	0,6	4,6	6	0,6	3	0,2	0,2	-5,12
estaciones	Excavación y movimiento de tierras	9	0,2	8	0,2	3	0,6	5,2	6	0,6	6	0,2	0,2	-5,84
	Obras civiles	9	0,2	8	0,2	3	0,6	5,2	6	0,6	4	0,2	0,2	-5,44
cocheras	Excavación y movimiento de tierras	9	0,2	8	0,2	2	0,6	4,6	6	0,6	5	0,2	0,2	-5,52
	Obras civiles	9	0,2	8	0,2	2	0,6	4,6	6	0,6	5	0,2	0,2	-5,52
Actividades complementarias	Tránsito de maquinaria pesada y vehículos zona obra	9	0,2	8	0,2	3	0,6	5,2	6	0,6	3	0,2	0,2	-5,24

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.61: Valoración del impacto contaminación del agua superficial (fase funcionamiento)**

ACCIONES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	W <sub>M</sub>	VIA
Operación de cocheras	9	0,2	8	0,2	3	0,6	5,2	6	0,6	4	0,2	0,2	-5,44

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.62: Valoración del impacto contaminación del agua superficial (fase cierre)**

ACCIONES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	W <sub>M</sub>	VIA
Desmantelamiento de las estructuras auxiliares y tte	9	0,2	7	0,2	3	0,6	5	6	0,6	3	0,2	0,2	-5,2

Fuente: Elaboración propia

### Conclusión

El impacto contaminación del agua superficial puede ocurrir en cualquiera de las tres fases del proyecto. Se trata de un impacto negativo de tipo medio y para su minimización habrá que aplicar la legislación en vigor para el almacenamiento y manipulación de sustancias contaminantes y otras medidas correctoras.

### 10.5.11. Valoración del efecto dren sobre las aguas subterráneas

#### Estado actual

Las descargas de los acuíferos que podrán verse afectados por las obras se realizan en estos momentos a través de descargas por manantiales y por bombeos netos para uso doméstico, industrial y agrícola.

El balance de los acuíferos está equilibrado por lo que no hay consumo de las reservas.

En estos momentos se está realizando una modelización numérica de los acuíferos presentes en la zona que permita determinar con un mayor grado de precisión los volúmenes y caudales que se drenarán del acuífero en las fases de construcción y funcionamiento de la infraestructura proyectada y los efectos sobre el nivel piezométrico.

El efecto dren en los acuíferos solo será significativo durante las fases de construcción y funcionamiento de la línea.

### Evaluación del efecto dren

En la valoración del efecto dren hay que tener en cuenta que en la perforación de los túneles solo estará descubierto el frente de ataque ya que el resto de túnel ya construido estar recubierto por dovelas e impermeabilizado. Esto es importante ya que no la totalidad de la longitud de los túneles estará actuando como dren.

En el caso de la construcción de las estaciones primero se construirán los muros pantalla que deprimirán el nivel piezométrico en el interior del recinto que formen debido al efecto pantalla. La entrada de agua por lo tanto solo se realizará de manera significativa por el fondo del recinto delimitado por los muros pantalla hasta que se construya el tapón de fondo. A partir de este momento los muros pantalla y el tapón de fondo impermeabilizados convenientemente actuarán de pantalla frente a las filtraciones de agua subterránea si bien es probable que sigan habiendo pequeñas filtraciones de agua.

Se puede obtener una primera idea de la magnitud de los caudales bajo condiciones idealizadas de un macizo homogéneo bajo un nivel permeable (sistema superficial). El caudal que capturaría un túnel de dicho sistema superficial viene dado por (GOODMAN, et al., 1965):

$$\frac{Q}{L} = \frac{2\pi K_{roca} (h_{aqf} - h_{tunnel})}{\ln 2p/R_{tunnel}} = \frac{2\pi K_{roca} p}{\ln (2p/R_{tunnel})}$$

donde Q L es el caudal drenado por el túnel (por unidad de longitud del túnel), K es la permeabilidad del macizo (supuesta uniforme) y p es la profundidad del túnel por debajo del nivel del acuífero (supuesto horizontal y a presión nula).

Aplicando la formula anterior se estima que los caudales drenados pro el túnel sin revestir se aproximarán a los 500-600 m<sup>3</sup>/día/metro de túnel sin revestir. Si se consideran unos frentes de ataque de unos 5 metros de longitud sin revestir las filtraciones serán de 2.500-3.000 m<sup>3</sup>/día. Y el volumen total drenado durante la ejecución de los túneles de unos 1,5 Hm<sup>3</sup>

Del volumen estimado drenado un 75 % será del acuífero sur y un 25 % del centro norte.

**Tabla 10.63: Recursos, drenaje y porcentaje de recursos respecto a drenaje**

ACUÍFERO	RECURSOS HM <sup>3</sup> /AÑO	ESTIMACIÓN DE DRENAJE	PORCENTAJE DEL DRENAJE RESPECTO A LOS RECURSOS
Sur	24	1.125	4,68 %
Centro-Norte	18	0.375	2.08 %

Fuente: Elaboración propia

Cabe recordar que los resultados anteriores son estimaciones que deben afinarse con los correspondientes estudios

Aplicando la fórmula:

$$\frac{Q}{L} = \frac{2\pi p K_{roca} K_{inj}}{K_{roca} \ln \frac{R_{tunnel} + e}{R_{tunnel}} + K_{inj} \ln \frac{2p}{R_{tunnel} + e}}$$

donde K<sub>inj</sub> es la permeabilidad de la zona inyectada y e es el espesor de impermeabilización.

Se estima que los caudales filtrados a través de una impermeabilización de 0,5 metros de espesor de 10-8 m/día de permeabilidad es de 4,5\*10<sup>-5</sup> m<sup>3</sup>/día/metro de túnel. Si consideramos una longitud de túnel de 22 Km el volumen diaria filtrado será de aproximadamente 1 m<sup>3</sup>/día. El volumen total drenado en un año será de 365 m<sup>3</sup>/año. El cual representa menos del 0.01% de los recursos disponibles de los acuíferos.

Se estima que los caudales previstos son fácilmente evacuables a través de los colectores existentes en la zona sin superar su capacidad, si bien para evitar la turbidez en los colectores y en los cauces receptores finales deberán tratarse para la sedimentación de los sólidos que transporten.

En la tabla siguiente se indica la escala de calificación para valorar la intensidad de este impacto:

**Tabla 10.64: Escala de valoración de la intensidad de efecto dren**

VARIABLE	SÍMBOLO	CARÁCTER	ESCALA DE CALIFICACIÓN	TIPO DE IMPACTO
Intensidad	In	<b>Alto:</b> Drenaje de más del 10 % de los recursos del acuífero.	8-10	Impacto Alto
		<b>Medio:</b> Drenaje de entre el 5 y el 10% de los recursos del acuífero.	5-8	Impacto Medio
		<b>Bajo</b> Drenaje de menos del 5% de los recursos del acuífero	0-2	Impacto Bajo

Fuente: Elaboración propia

A continuación se incluyen una tabla con la valoración parcial para cada una de las acciones de este impacto:

**Tabla 10.65: Valoración del impacto efecto dren (fase construcción)**

	ACCIONES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	W <sub>M</sub>	VIA
TUNEL	Excavación y movimiento de tierras	2	0,2	4	0,2	2	0,6	2,4	3	0,6	8	0,2	0,2	-3,88
ESTACIONES	Excavación y movimiento de tierras	1	0,2	4	0,2	2	0,6	2,2	3	0,6	8	0,2	0,2	-3,84

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.66: Valoración del impacto efecto dren (fase funcionamiento)**

ACCIONES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	W <sub>M</sub>	VIA
Funcionamiento de la línea	1	0,2	7	0,2	5	0,6	4,6	1	0,6	8	0,2	0,2	-3,12

Fuente: Elaboración propia

### Conclusión

El impacto efecto dren sobre las aguas subterráneas es negativo y de tipo medio. Ocurrirá en las fases de construcción y funcionamiento. La intensidad será mayor en la construcción que en el funcionamiento, mientras que la duración es a la inversa.

### 10.5.12. Valoración del efecto pantalla sobre las aguas subterráneas.

#### Estado actual

En estos momentos los acuíferos que se verán afectados por la línea de metro no contienen obras que produzcan efectos pantalla, por lo que los gradientes generales son los que podríamos denominar naturales teniendo en cuenta las características de los materiales acuíferos y el régimen de explotación actual.

#### Valoración del efecto pantalla

En estos momentos se está realizando una modelización numérica de los acuíferos presentes en la zona que permita determinar con un mayor grado de precisión los efectos pantalla que pueden producirse sobre el acuífero por las obras.

El efecto pantalla es sensible a la geometría de la pantalla por lo que estimar en estos momentos el efecto pantalla sin conocer la geometría de las pantallas es complicado. Además hay que tener en cuenta un efecto indirecto que

puede ocasionar el efecto pantalla que es la subsidencia por descenso del nivel piezométrico cuyos efectos sobre las estructuras de los edificios dependerá de las características de estos. Un área muy sensible por su singularidad y antigüedad frente a la subsidencia será el casco histórico de Quito.

En esta valoración, para estar del lado de la seguridad se va a valorar la intensidad como de valor máximo (10) y se considerara un efecto permanente ya que una vez construidas las pantallas su deterioro será muy lento recuperándose la situación inicial a muy largo plazo

A continuación se incluyen una tabla con la valoración parcial para cada una de las acciones de este impacto:

**Tabla 10.67: Valoración del impacto efecto pantalla (fase construcción)**

	ACCIONES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	W <sub>M</sub>	VIA
TUNEL	Sostenimiento y revestimiento	10	0,2	7	0,2	5	0,6	6,4	7	0,6	8	0,2	0,2	-7,08
ESTACIONES	Obra civil	10	0,2	4	0,2	5	0,6	5,8	7	0,6	8	0,2	0,2	-6,96

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.68: Valoración del impacto efecto pantalla (fase funcionamiento)**

ACCIONES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	W <sub>M</sub>	VIA
Funcionamiento de la línea	10	0,2	8	0,2	5	0,6	6,6	7	0,6	8	0,2	0,2	-7,12

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.69: Valoración del impacto efecto pantalla (fase cierre)**

ACCIONES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	W <sub>M</sub>	VIA
Abandono e integración de túneles y estaciones	10	0,2	8	0,2	5	0,6	6,6	7	0,6	8	0,2	0,2	-7,12

Fuente: Elaboración propia

### Conclusión

Sí pues el impacto efecto pantalla sobre las aguas subterráneas es negativo y de tipo alto debido a las incertidumbres en la valoración que en estos momentos afectan al mismo. Ocurrirá en las fases de construcción, funcionamiento y cierre.

Hay que resaltar que existen medidas correctoras que pueden minimizar este impacto y hacerlo admisible. Dichas medidas requieren de un diseño cuidadoso de las pantallas para reducir sus efectos.

### 10.5.13. Contaminación del agua subterránea

#### Estado actual

La calidad de las aguas subterráneas en general puede considerarse como buena si bien en determinadas zonas se detectan elevados contenidos de Hierro y Arsénico de origen natural (alteración de minerales de rocas volcánicas.) si bien no son adecuadas para abastecimiento urbano por lo que reglamenta la vigente legislación.

Este impacto será significativo en las tres fases del proyecto si se producen vertidos incontrolados de sustancias contaminantes. Por las características del proyecto las sustancias que pueden ocasionar mayores problemas si se produce el vertido incontrolado de las mismas son los hidrocarburos (combustibles, aceites, grasas) ya que a muy bajas concentraciones pueden arruinar la calidad del agua.

#### Marco legal

El libro VI del TUSLAS regula los contenidos máximos de determinados contaminantes en las aguas tanto para consumo humano como para preservar los ecosistemas acuáticos.

#### Valoración del impacto contaminación del agua subterránea

En la tabla siguiente se indica la escala de calificación para valorar la intensidad de este impacto:

**Tabla 10.70: Escala de valoración de la intensidad de la contaminación del agua subterránea**

VARIABLE	SÍMBOLO	CARÁCTER	ESCALA DE CALIFICACIÓN	TIPO DE IMPACTO
Intensidad	In	<b>Alto:</b> Contaminación por sustancias altamente contaminantes y tóxicas	8-10	Impacto Alto
		<b>Medio:</b> Contaminación por sustancias contaminantes y tóxicas	5-8	Impacto Medio
		<b>Bajo:</b> Contaminación por sustancias de bajo poder contaminante y tóxico	0-2	Impacto Bajo

Fuente: Elaboración propia

A continuación se incluyen una tabla con la valoración parcial para cada una de las acciones de este impacto:

**Tabla 10.71: Valoración del impacto contaminación del agua subterránea (fase construcción)**

	ACCIONES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	W <sub>M</sub>	VIA
Preparación	Tte. carga y descarga de materiales y almacenaje	9	0,2	8	0,2	2	0,6	4,6	6	0,6	4	0,2	0,2	-5,32
túneles	Excavación y movimiento de tierras	9	0,2	8	0,2	3	0,6	5,2	6	0,6	6	0,2	0,2	-5,84
	Colocación del sistema ferroviario e instalaciones	9	0,2	8	0,2	2	0,6	4,6	6	0,6	3	0,2	0,2	-5,12
estaciones	Excavación y movimiento de tierras	9	0,2	8	0,2	3	0,6	5,2	6	0,6	6	0,2	0,2	-5,84
	Obras civiles	9	0,2	8	0,2	3	0,6	5,2	6	0,6	4	0,2	0,2	-5,44
cocheras	Excavación y movimiento de tierras	9	0,2	8	0,2	2	0,6	4,6	6	0,6	5	0,2	0,2	-5,52
	Obras civiles	9	0,2	8	0,2	2	0,6	4,6	6	0,6	5	0,2	0,2	-5,52
Actividades complementarias	Tránsito de maquinaria pesada y vehículos zona obra	9	0,2	8	0,2	3	0,6	5,2	6	0,6	3	0,2	0,2	-5,24

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.72: Valoración del impacto contaminación del agua subterránea (fase funcionamiento)**

ACCIONES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	W <sub>M</sub>	VIA
Operación de cocheras	9	0,2	8	0,2	3	0,6	5,2	6	0,6	4	0,2	0,2	-5,44

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.73: Valoración del impacto contaminación del agua subterránea (fase cierre)**

ACCIONES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	W <sub>M</sub>	VIA
Desmantelamiento de las estructuras auxiliares y tte	9	0,2	7	0,2	3	0,6	5	6	0,6	3	0,2	0,2	-5,2

Fuente: Elaboración propia



## Conclusión

El impacto contaminación del agua subterránea puede ocurrir en cualquiera de las tres fases del proyecto. Se trata de un impacto negativo de tipo medio y para su minimización habrá que aplicar la legislación en vigor para el almacenamiento y manipulación de sustancias contaminantes y otras medidas correctoras.

### 10.5.14. Valoración de la afectación a las comunidades biológicas

Como ya se comentó en la descripción el impacto, únicamente se describe el impacto “afectación sobre la vegetación”.

#### Estado actual de la vegetación

El acelerado proceso urbanístico y el crecimiento poblacional han ido transformando la ciudad con la consiguiente reducción y desaparición de bosques naturales y vegetación nativa que antiguamente formaban su entorno. La vegetación existente en el Área del proyecto Metro Quito corresponde a zona urbana, con la presencia de especies de plantas vasculares sembradas con fines ornamentales en parques, parterres y áreas verdes, dichas especies en la mayoría de los casos son introducidas. Por estas razones es indispensable la presencia de espacios verdes y la arborización de calles y avenidas. Los parques de la ciudad, además de su valor estético y purificador, son los lugares desde los cuales el ser humano puede retornar a la naturaleza y reconocer la importancia de las plantas en la vida cotidiana.

Si nos centramos en los espacios verdes públicos, el norte de la ciudad, de mayores ingresos, ha sido históricamente el mejor servido, en comparación con las zonas sur y central. A inicios de la década del noventa se añadió una nueva área muy extensa al sistema de espacios verdes urbanos, bajo la forma de un gran parque metropolitano, el Parque de Bellavista. Localizado en la periferia noreste de la ciudad, el parque más que duplicó el área total de espacios verdes públicos de la ciudad. Este parque queda fuera del área de influencia de la obra del metro.

La diversidad de especies arbóreas es mayor en los parques que en las calles pero no existe regeneración natural en la mayoría de parques de Quito. La información proporcionada por la Dirección de Parques y Jardines del Municipio de Quito indica que existen alrededor de 1.400 espacios verdes en la ciudad. El 80% de los parques tienen una extensión inferior a una hectárea; la mayor extensión corresponde al Parque Metropolitano. Esta distribución no es equitativa ni está en relación con el espacio construido y la densidad poblacional. Los parques de mayor extensión se encuentran en el sector norte y son: el parque de La Carolina y el Metropolitano. En este último se encuentran remanentes de vegetación natural y bosque artificial de eucaliptos y pinos. Al sur, los de mayor extensión son Fundeporte y La Raya (Padilla y Asanza, 2002).

Como se ha indicado en la descripción del impacto, lo más notorio es la existencia de árboles considerados patrimonio en el parque de El Ejido. Será únicamente aquí donde se puede producir un impacto ya que en el resto se podrán evitar con las medidas de prevención necesarias.

En la zona de Quitumbe la vegetación que se verá afectada por las obras es la vegetación de los campos agrícolas la cual presenta escaso valor ambiental. En la zona de la escombrera, las actividades extractivas y constructivas realizadas también han alterado la vegetación y en la actualidad la vegetación presente no tiene valor ambiental. Tanto en Quitumbe como en la zona de escombrera no se observan árboles singulares o monumentales. Destacar que en la zona de Quitumbe podrá afectarse a una pequeña superficie de vegetación de ribera cuando la infraestructura proyectada cruce los cauces existentes en la zona. Dicha afectación por su escasa superficie puede considerarse como poco significativa

#### Escala de calificación y evaluación

En la tabla siguiente se indica la escala de calificación a tomar para este impacto:

Tabla 10.74: Escala de valoración de la intensidad de la afectación a la vegetación

VARIABLE	SÍMBOLO	CARÁCTER	ESCALA DE CALIFICACIÓN	TIPO DE IMPACTO
Intensidad	In	Alto: Pérdida de especies endémicas o amenazadas.	8-10	Impacto Alto
		Medio: Pérdida de especies comunes que pueden ser recuperadas con mitigación sencilla y poco costosa.	5	Impacto Medio
		Bajo: Pérdida de especies que con recuperación natural o con una ligera ayuda por parte del hombre, es posible su recuperación	0-2	Impacto Bajo

Fuente: Elaboración propia

A continuación se incluyen una tabla con la valoración parcial para cada una de las acciones de este impacto:

Como ya se ha mencionado, la Magnitud (M) ha sido evaluada de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$M = [(I * WI) + (E * WE) + (D * WD)]$$

Una vez obtenido el valor de la magnitud de los impactos, se continúa con el cálculo del Índice Ambiental Ponderado Modificado (VIA) mediante la siguiente fórmula:

$$VIA = (R^{wr} \times RG^{wrg} \times M^{wm})$$



**Tabla 10.75: Valoración del impacto afectación a la vegetación (fase construcción)**

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	W <sub>M</sub>	VIA
Preparación	Adecuación y uso de patios de maquinarias	2	0,2	1	0,2	4	0,6	3,0	1	0,6	2	0,2	0,2	-1,43
	Adecuación y uso de instalaciones auxiliares	2	0,2	1	0,2	4	0,6	3,0	1	0,6	2	0,2	0,2	-1,43
	Remoción de la vegetación	3	0,2	2	0,2	4	0,6	3,4	2	0,6	3	0,2	0,2	-2,41
Construcción de estaciones	Excavación y movimiento de tierras	3	0,2	2	0,2	4	0,6	3,4	1	0,6	2	0,2	0,2	-1,47
	Reposición e integración urbana	2	0,2	2	0,2	4	0,6	3,2	1	0,6	2	0,2	0,2	-1,45

Fuente: Elaboración propia

### Conclusión

Como conclusión en referencia a este impacto es posible decir que se trata de un impacto negativo valorado como medio, que actuará principalmente en la fase de construcción, de intensidad media, de carácter puntual, temporal y reversible a corto o medio plazo. Dicho impacto admite medidas preventivas y correctoras de mitigación.

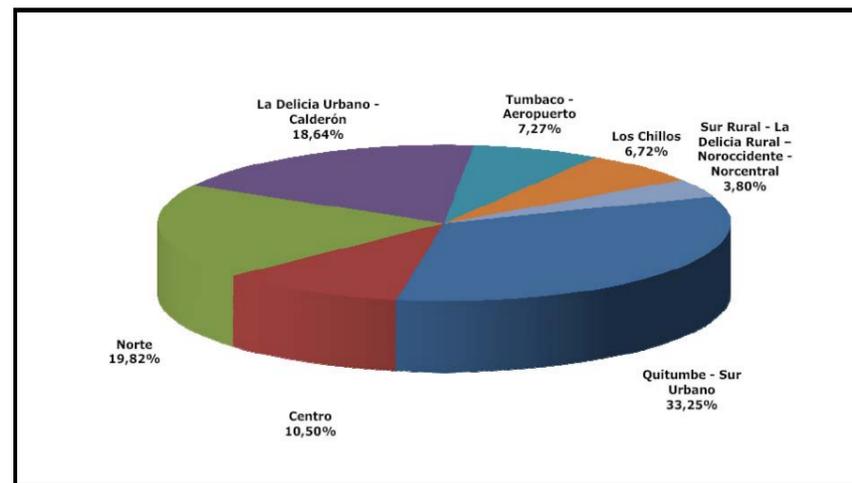
### 10.5.15. Valoración de la afectación a la movilidad y accesibilidad urbana

#### Introducción: Población Y Movilidad

En esta sección se va a valorar el impacto positivo que se genera en la fase de operación del sistema de metro, es decir durante su funcionamiento. Se ha tenido en cuenta, como se mencionó en la identificación de los impactos, que la movilidad se verá afectada negativamente en la fase de construcción y cierre, y aunque los perjuicios a la movilidad de la población no se consideran muy importantes **se valorará también**, como impacto negativo.

La población residente en el ámbito de estudio en 2011, según el Estudio de Movilidad elaborado por Metro Madrid, es de 2.370.884 habitantes, con una media de casi 4 personas/hogar. Su distribución por macrozonas es la que se muestra en el siguiente gráfico:

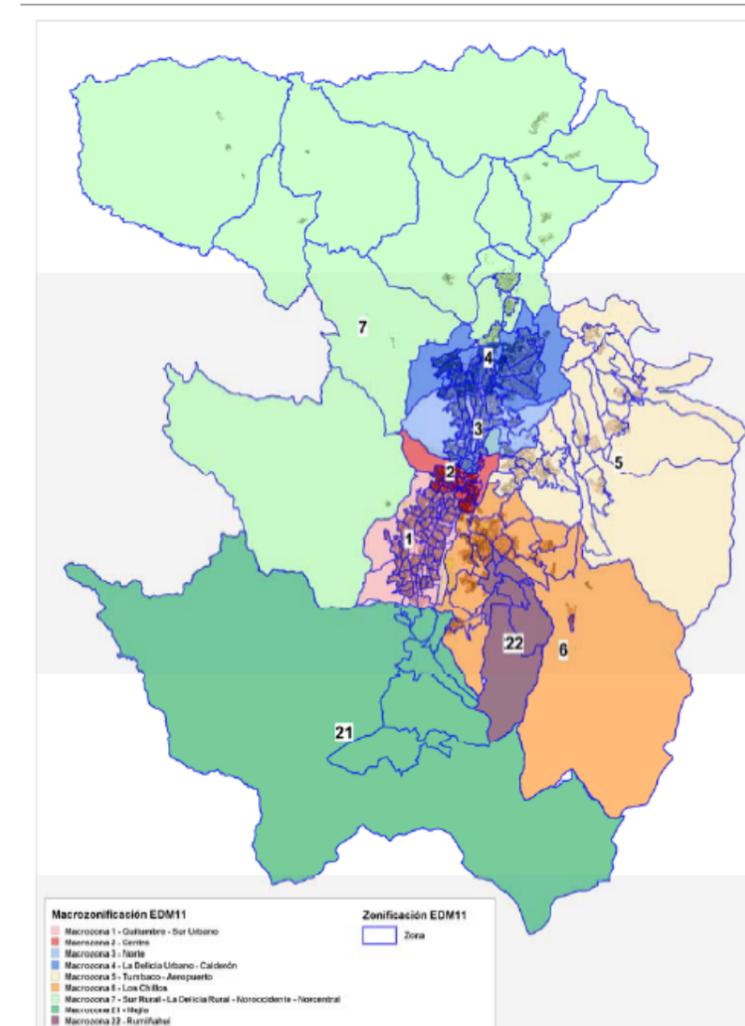
Figura 10.22: Población total del DMQ por macrozonas



Fuente: EDM11 – Metro Madrid

En el siguiente mapa se muestran las macrozonas del ámbito de estudio de movilidad, en base al estudio de Movilidad y Demanda realizado por Metro Madrid (EDM11).

Figura 10.23: Macrozonas del ámbito de estudio



Fuente: Estudio de movilidad y demanda de Quito, Metro Madrid

Tanto en las figuras anteriores como en los datos obtenidos del EDM11 se pone de manifiesto que son las zonas urbanas las que acumulan la mayor parte de la población del DMQ, y que corresponden además con las zonas donde se ubicará la línea de metro:

1. Quitumbe – Sur Urbano
2. Centro
3. Norte
4. La Delicia Urbano – Calderón

Los niveles socioeconómicos de las macrozonas que predominan son principalmente el nivel medio (69,2% de los hogares) seguido del nivel bajo (23,6% de los hogares). En cuanto al parque de vehículos y motorización de la urbe, el estudio de movilidad desvela los siguientes datos, siempre inferiores a las estadísticas de la administración competente, CORPAIRE, Corporación para el Mejoramiento de la Calidad del Aire de Quito, perteneciente a la Secretaría de Movilidad del Distrito Metropolitano de Quito:

La investigación por hogares dice que existen unos 303.116 vehículos utilitarios disponibles para la movilidad personal de los residentes del DMQ. El número de vehículos por habitantes varía según las zonas de la ciudad, siendo mayor en la zona Norte, alcanzando el 0,20 vehículos livianos/habitante, y menor en la zona de Quitumbe – Sur Urbano, con un valor de 0,09 vehículos livianos/habitante, en relación a la población total del DMQ.

El promedio de un día laborable son unos 4.271.565 desplazamientos con origen y destino y motivo específico. El 85% se realiza en medios motorizados, de los cuales el 73% se realizan en transporte público y el 27% en transporte privado. El autobús convencional es el modo claramente mayoritario, constituyendo un 63,5% de los desplazamientos en transporte público.

Según el mencionado Estudio de Movilidad EDM11, los flujos de movilidad más relevantes son:

- Norte – Norte: 16,1 % del total de desplazamientos (12,3% del transporte público)
- **Quitumbe Sur Urb.– Quitumbe Sur Urb. 15,1 % (16,4% del transporte público)**
- Norte – La Delicia Urb./Calderón 10,5 % (10,2% del transporte público)

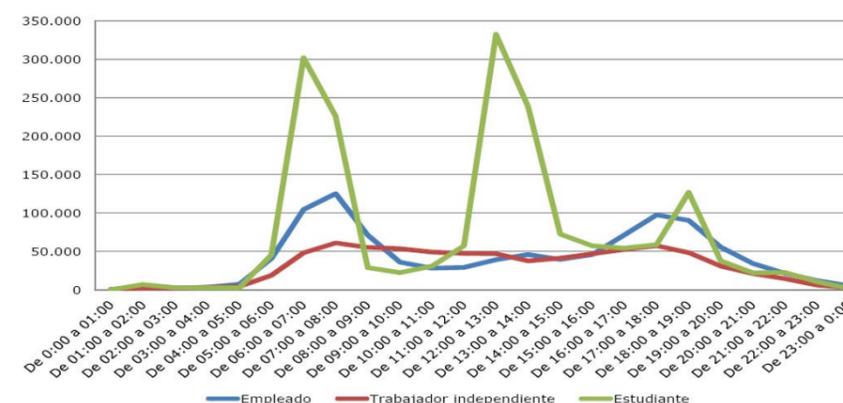
Pero si se tienen en cuenta solo los desplazamientos que se realizan en transporte público, a estos flujos habría que añadir el siguiente:

- Quitumbe Sur Urb.- Norte 8,6 % del transporte público

Según estos datos los desplazamientos entre y con la zona de Quitumbe son mayormente a través de transporte público, además de ser la zona metropolitana con un mayor porcentaje de nivel socioeconómico bajo y directamente relacionado, un menor porcentaje de vehículos por habitante.

Además según los resultados del EDM11, el mayor número de viajes, y por tanto el sector de la población que más se desplaza en la ciudad de Quito corresponde a los estudiantes, además la relación con el uso de transporte público es similar, por lo que podemos decir, que es este sector el que más se beneficiaría en el ahorro de tiempo en transporte y en comodidad y fiabilidad, mejorando por tanto su calidad de vida.

Figura 10.24: Estudio de movilidad y demanda de Quito



Fuente: Metro Madrid

Un ejemplo claro de esto lo constituye la universidad de Quito, en el proyecto se ha diseñado la instalación de una estación, llamada Universidad Central, en la entrada al recinto de la universidad por la facultad de Derecho. Por otro lado y teniendo en cuenta que la franja de edad de la población de Quito que más viajes por periodo horario realiza es la comprendida de 4-14 años, se puede concluir que los escolares también se beneficiarán en gran medida de este nuevo sistema de transporte.

Figura 10.25: Ubicación de la estación Universidad Central



Fuente: Metro Madrid

## Marco Legal

En relación al marco normativo, está previsto que esta mejora de la movilidad promueva a su vez los objetivos marcados en el Plan Maestro de Movilidad de Quito, perteneciente al Plan de Acción de la Estrategia Quiteña al Cambio Climático (13 de octubre de 2010), que se resumen en:

- Dotar de infraestructura vial suficiente para mejorar la circulación vehicular en el área urbana, en las conexiones con los valles y la red vial regional.
- Atender las necesidades de movilidad de peatones y bicicletas con la construcción y dotación de la infraestructura pertinente.
- Ampliar y mejorar los servicios de transporte público

Además del mencionado Plan Maestro de Movilidad, la ciudad cuenta con el Plan General de Desarrollo Territorial de Quito, que incluye herramientas y perspectivas de cara al año 2020 enfocadas a potenciar el desarrollo de la ciudad, y más específicamente a equilibrar la distribución demográfica en el Distrito Metropolitano y por ende a mejorar el sistema de transporte de la ciudad.

Según los estudios de la Secretaría de Movilidad, el parque vehicular de la ciudad de Quito pasará de unos 415000 en 2009 a unos 1.300.000 vehículos en 2025, con lo que esto supondría para el tráfico en la ciudad.

El ineficiente sistema de movilidad actual provoca un deterioro general de la calidad de vida de la población y una pérdida de competitividad de la ciudad-región. En términos monetarios, considerando un ingreso promedio de USD 500 mensuales, cada hora pérdida en el día en la congestión representa 2,80 dólares, lo que significa que en una semana laborable se pierden 14 dólares y a lo largo de todo el año 672 dólares por cada persona económicamente activa, según el Plan Maestro de Movilidad. Además el coste ambiental del uso del vehículo privado aumenta cada año, por la ocupación de espacio, por las emisiones que producen y el consumo de combustibles fósiles.

## Valoración

A continuación se valorará cuantitativamente este impacto, que será negativo en las fases de construcción y cierre y un impacto positivo en la fase de operación del Metro.

Para el cálculo de la magnitud, es necesario obtener 3 variables, Intensidad, Extensión y duración. La intensidad de este impacto se calculará en base a 2 variables:

### Ahorro de tiempo con la primera línea de metro en comparación al resto de transportes motorizados:

Según la *MATRIZ DE TIEMPOS DE TRAYECTO* del Estudio de Viabilidad Técnica, el tiempo previsto para el recorrido de *QUITUMBE* a *LA OFELIA* es de 42,3 minutos, si comparamos con el tiempo medio que se emplea

para recorrer una distancia similar, según el EDM11, en transporte privado, un recorrido similar se ha considerado de Carcelén al Centro Histórico y de ahí a Quitumbe, el tiempo medio necesario para recorrerlo es 100,8 minutos, lo que supone un 57,24 % de ahorro de tiempo con el metro en comparación al vehículo privado.

Por otro lado, el sistema de transporte público de Quito está constituido por 172 líneas convencionales de transporte público operadas por 2.698 buses urbanos y 46 líneas interparroquiales operadas por 676 buses que brindan el servicio a los sectores localizados en la periferia de la ciudad y valles aledaños. Además dispone de 3 líneas de transporte masivo tipo BRT, el trolebús, la Ecovía y su continuación hacia el sur, el corredor Sur-Oriental y el corredor Centro-Norte. En la siguiente figura se muestra cómo quedará el sistema de transporte METROBUS del DMQ a medio plazo, esto es con el funcionamiento de la segunda fase de la primera línea de Metro.

Figura 10.26: Sistema de transporte para Quito a mediano plazo



Fuente: EPMOP-DMQ-Metro de Madrid S.A. Estudios para el diseño conceptual del sistema integrado de transporte masivo de Quito y Factibilidad de la primera Línea del Metro de Quito. 2011

Un viaje en el Trole en Quito, durante las horas pico, puede tomar una hora y media desde Terminal Norte hasta la estación de Quitumbe, similar al recorrido de Labrador a Quitumbe en metro. Suponiendo una media de tiempo, la duración de este trayecto en trolebús es de 40 minutos, si extrapolamos la duración del trayecto en metro del proyecto completo al proyecto de la primera fase, es decir de Quitumbe a El Labrador la duración estimada sería de 33,4 minutos, por lo que el ahorro de tiempo respecto al sistema de transporte trolebús sería del 21%.



Teniendo en cuenta que el 27% de los 4.271.565 desplazamientos que se realizan como media en un día laborable, se hacían en transporte privado, y el 73% se realizan en transporte público, vamos a aplicar el peso específico de cada uno de los valores para el cálculo del ahorro medio de tiempo. El resultado sería del **30,8% de ahorro de tiempo de media**, si se utiliza el metro en comparación con el transporte convencional actual en un día laborable.

Otra variable necesaria para calcular la intensidad de este impacto es el porcentaje de **población que se prevé que se beneficiará del nuevo sistema de transporte**. Según el EMD11 la población de Quito es de unos 2.370.884 habitantes, y la población de las 4 macrozonas que recorrerá el sistema de metro supone un total de 1.426.402 habitantes, esto es un 60,16 %, por lo tanto la Intensidad de este impacto se calcula a través del porcentaje de ahorro de tiempo en relación a la situación actual y porcentaje de población que es potencialmente beneficiaria de ese ahorro:

**Tabla 10.76: Escala de la variable intensidad para la mejora de la movilidad y accesibilidad urbana**

VARIABLE	SÍMBOLO	CARÁCTER	ESCALA DE CALIFICACIÓN	TIPO DE IMPACTO
Intensidad	In	Si el ahorro de tiempo es igual o mayor del 30%, y el porcentaje de población es mayor del 80%	10	Impacto Alto
		Si el ahorro de tiempo es igual o mayor del 30%, y el porcentaje de población está entre el 60 y 80%	9	
		Si el ahorro de tiempo es igual o mayor del 30%, y el porcentaje de población es menor del 60%	8	
		Si el ahorro de tiempo está entre el 15 y 30%, y el porcentaje de población es mayor del 80%	7	Impacto Medio
		Si el ahorro de tiempo está entre el 15 y 30%, y el porcentaje de población está entre el 60 y 80%	6	
		Si el ahorro de tiempo está entre el 15 y 30%, y el porcentaje de población es menor del 60%	5	
		Si el ahorro de tiempo es menor del 15% y el porcentaje de población es mayor del 80%	4	Impacto Bajo
		Si el ahorro de tiempo es menor del 15% y el porcentaje de población está entre el 60 y 80%	3	
Si el ahorro de tiempo es menor del 15% y el porcentaje de población es menor del 60%	2			

Fuente: Elaboración propia

Como ya se ha mencionado, la Magnitud (M) ha sido evaluada de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$M = [(I * W) + (E * W_E) + (D * W_D)]$$

$$M = [(9 * 0,2) + (9 * 0,2) + (3 * 0,6)]$$

$$M = 5,4$$

En cuanto a la extensión, este impacto tiene carácter claramente regional por lo que el valor en la escala irá de 8 a 10.

La duración de este impacto será temporal, pero a largo plazo, teniendo en cuenta que la fase de operación de este proyecto tendrá una duración prevista de 150 años, el valor en esta escala será temporal-alto, 3.

Una vez obtenido el valor de la magnitud de los impactos, se continúa con el cálculo del Índice Ambiental Ponderado Modificado (VIA) mediante la siguiente fórmula:

$$VIA = (R^{wr} * RG^{wrg} * M^{wm})$$

$$VIA = (6^{0,6} * 9^{0,2} * 5,4^{0,2})$$

$$VIA = 6,37$$

**Tabla 10.77: Valoración del impacto Mejora de la Movilidad y Accesibilidad Urbanas (fase operación y mantenimiento)**

ACTIVIDADES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	M	W <sub>M</sub>	VIA
Operación	9	0,2	9	0,2	3	0,6	4,8	6	0,6	9	0,2	5,4	0,2	+6,37
	9	0,2	9	0,2	3	0,6	4,8	6	0,6	9	0,2	5,4	0,2	+6,37

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al impacto en las fases de construcción y cierre, el carácter en este caso será negativo y la intensidad tendrá otra escala. Si asumimos como un segundo impacto las molestias a la población por los desvíos, cortes y efecto barrera de las obras, la intensidad se podría calcular en base al aumento de tiempo en los desplazamientos. La escala de la variable Intensidad es la siguiente, relacionada también con el porcentaje de población que se verá afectada por estos perjuicios:

**Tabla 10.78: Escala de la variable Intensidad (fase operación y mantenimiento)**

VARIABLE	SÍMBOLO	CARÁCTER	ESCALA DE CALIFICACIÓN	TIPO DE IMPACTO
Intensidad	In	Si la pérdida de tiempo es mayor de 70 minutos, y el porcentaje de población es mayor del 80%	10	Impacto Alto
		la pérdida de tiempo es mayor de 70 minutos y el porcentaje de población está entre el 60 y 80%	9	
		la pérdida de tiempo es mayor de 70 minutos y el porcentaje de población es menor del 60%	8	
		la pérdida de tiempo está entre 40 y 70 minutos y el porcentaje de población es mayor del 80%	7	Impacto Medio
		la pérdida de tiempo está entre 40 y 70 minutos y el porcentaje de población está entre el 60 y 80%	6	
		la pérdida de tiempo está entre 40 y 70 minutos y el porcentaje de población es menor del 60%	5	
		la pérdida de tiempo es menor de 40 minutos y el porcentaje de población es mayor del 80%	4	Impacto Bajo
		Si el ahorro de tiempo es menor del 20% y el porcentaje de población está entre el 60 y 80%	3	
		Si el ahorro de tiempo es menor del 20% y el porcentaje de población es menor del 60%	2	

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la extensión, este impacto tiene carácter **local**, es decir las barreras o cortes de tráfico tendrán lugar en los lugares donde se lleven a cabo acciones en superficie, o donde se instalen estructuras temporales, el efecto de todas formas se producirá en el área de influencia directa de la obra por lo que el valor seleccionado será 5.

La duración de este impacto será temporal, teniendo en cuenta que la fase de construcción de este proyecto tendrá una duración prevista de 3 años, aproximadamente, el valor en esta escala será temporal-bajo, 2.

Para plasmar la información en las tablas de acciones, se tendrá en cuenta que todas las actividades de cada una de las fases contribuyen de forma igualitaria a la generación del impacto, por lo que los valores serán similares, exceptuando la construcción de las cocheras que se considera que genera un impacto puntual y no local.

**Tabla 10.79: Valoración del impacto Mejora de la Movilidad y Accesibilidad Urbanas (fase construcción)**

ACTIVIDADES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	M	W <sub>M</sub>	VIA
Preparación	6	0.2	5	0.2	2	0.6	3,4	2	0.6	7	0,2	3,4	0,2	-2,85
Construcción de túneles	6	0.2	5	0.2	2	0.6	3,4	2	0.6	7	0,2	3,4	0,2	-2,85
Construcción de estaciones	6	0.2	5	0.2	2	0.6	3,4	2	0.6	7	0,2	3,4	0,2	-2,85
Construcción de cocheras	6	0.2	2	0.2	2	0.6	2,8	2	0.6	7	0,2	2,8	0,2	-2,75
Actividades auxiliares	6	0.2	5	0.2	2	0.6	3,4	2	0.6	7	0,2	3,4	0,2	-2,85

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.80: Valoración del impacto Afectación a la Movilidad y Accesibilidad Urbanas (fase cierre)**

ACTIVIDADES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	M	W <sub>M</sub>	VIA
Rehabilitación	6	0.2	5	0.2	2	0.6	3,4	2	0.6	7	0,2	3,4	0,2	-2,85

Fuente: Elaboración propia

### Conclusión

A continuación basándonos en la escala de valoración del índice ambiental ponderado modificado, incluida en el apartado de Metodología, este impacto tendrá el siguiente valor, en la fase construcción: **Impacto negativo Medio (-2,85)**; en la fase de operación: **Impacto positivo Alto (+6,37)**; y en la fase de cierre: **Impacto negativo Medio (-2,85)**

Al ser un impacto positivo el producido en la fase operación y funcionamiento, no precisará de medidas preventivas, correctoras o compensatorias.

Esta obra promoverá la consecución de algunos de los objetivos del "Plan Especial del Centro Histórico de Quito" (pertenece al "Plan Estratégico Quito hacia el 2025), como consolidar la estructura urbana y revalorizar los espacios simbólicos y de encuentro ciudadano.

### 10.5.16. Valoración del aumento del empleo y la actividad económica

#### Situación en Quito

Como ya se ha mencionado en la descripción de los impactos identificados, se prevé que haya una elevada oferta de empleo en la fase de construcción del proyecto, aunque la mayoría serían empleos temporales, en la fase de operación la demanda de trabajadores será menor pero serían empleos fijos. Por lo que este impacto resulta también de gran relevancia para la sociedad de Quito.

Este impacto general se ha calculado teniendo en cuenta algunos de los impactos mencionados en el apartado de identificación:

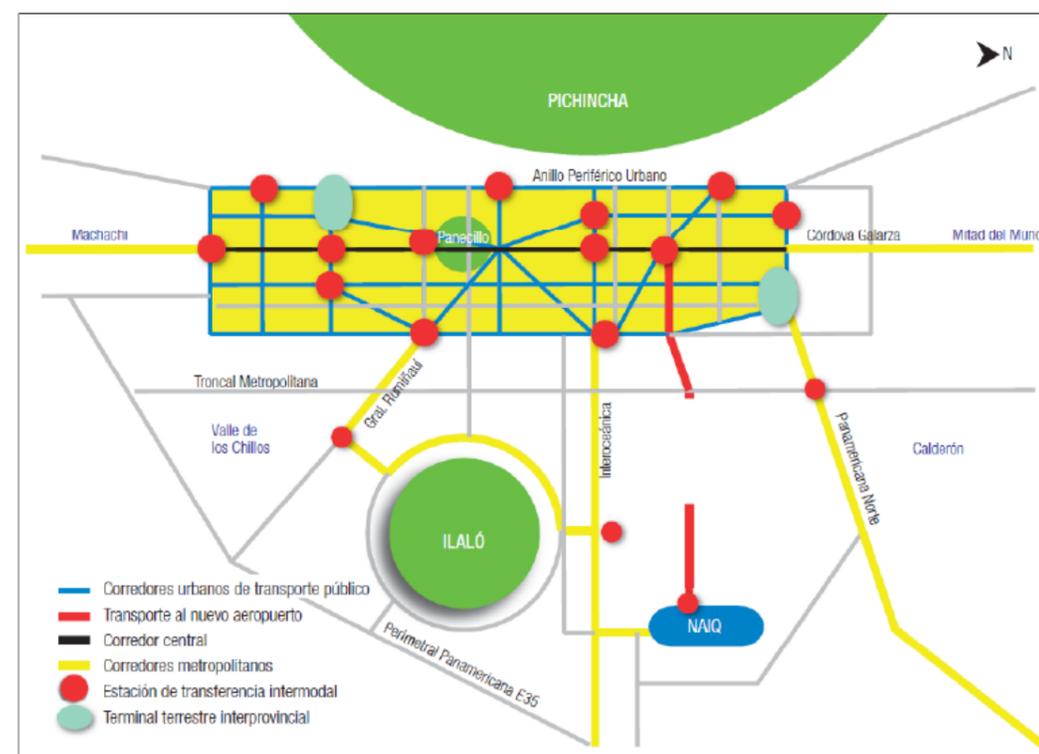
- Creación de empleo
- Aumento de la actividad comercial
- Generación de actividad económica y desarrollo en la ciudad y el país.

Según el estudio de viabilidad socioeconómica del proyecto, en la fase de construcción se requerirá 0,0082 horas trabajadas por cada dólar de 2010 invertido, por tanto si consideramos un periodo de construcción de 3 años, supondría la creación de 1800 empleos en la primera fase de la obra y 400 más para la segunda fase.

Durante la fase de funcionamiento se ha estimado la creación de empleos permanentes, que serán unos 748 al inicio del funcionamiento, en 2016 y que llegarán a 1155 puestos de trabajo en 2045.

En relación al impulso de crecimiento y desarrollo económico en la ciudad, una infraestructura como esta línea de metro tiene un efecto estructurante y de generación de riqueza en la ciudad. Esta generación de riqueza y el crecimiento de la población promoverán por tanto un aumento del consumo y de la actividad comercial y económica. El propio desarrollo urbano generará actividad económica y desarrollo tanto en el Centro Histórico como en otras centralidades urbanas, que bien pueden ser las nuevas estaciones intermodales.

Figura 10.27: Esquema del sistema integral de transporte público del DMQ



Fuente: Secretaría de Movilidad de Quito

Para el cálculo de la intensidad de este impacto utilizaremos el nivel de creación de empleo, en relación a la población total de la ciudad y las perspectivas de crecimiento demográfico.

La población económicamente activa del DMQ corresponde a 786.088 trabajadores, según datos de la Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda de Quito. Según este estudio, en los últimos años los ingresos corrientes por trabajador han sido de unos 473 USD de 2010/mes. Existe una previsión de aumento de salario medio que corresponde a los siguientes valores:



**Tabla 10.81: Evolución de los ingresos medios en el DMQ**

	Ingresos medios (USD/hab/mes)	Crecimiento anual*
2010	551	3,5%
2015	655	3,0%
2020	759	2,5%
2025	859	2,0%
2030	948	

**Tabla 3: Evolución de los ingresos medios en el DMQ. Fuente: Cal y Mayor**

\* Se trata del crecimiento anual de los ingresos medios para el quinquenio que comienza en ese año

Fuente: UNMQ

Tomando como referencia estos datos, podemos decir que los ingresos medios aumentarán un 72% en los próximos 20 años.

El número de empleos directos que se prevé crear son un total de 2200 totales en la fase de construcción (hasta 2015, aproximadamente), empleos que serán de carácter temporal y 1155 hasta el 2045 en la fase de operación

El porcentaje de aumento de empleo por tanto, en relación a la población activa actual será de, 0,28 % de empleos con una duración de unos 3 meses, y un 0,15 % de trabajos fijos, en relación a la población activa, si tenemos en cuenta el crecimiento medio del empleo en el DMQ

La Según el Instituto Nacional de Estadística de Ecuador y haciendo referencia a las tasas de crecimiento trimestrales de Quito en el último año, se ha calculado una media de un 1,175% de crecimiento de empleo. Para el cálculo de la intensidad de esta variable se tendrá en cuenta la creación de empleo del nuevo proyecto en relación a una tasa de crecimiento del 1,175%. Según esta información se ha calculado un aumento del porcentaje de crecimiento de empleo durante los 3 primeros años del 23,8%, aunque sean empleos temporales, en relación al último año en la ciudad de Quito, y para el funcionamiento del metro, es decir en empleos fijos el porcentaje de aumento de la tasa de crecimiento es del 12,7%.

**Valoración**

**Tabla 10.82: Escala de Intensidad del impacto del aumento del Empleo y la Actividad Económica**

VARIABLE	SÍMBOLO	CARÁCTER	ESCALA DE CALIFICACIÓN	TIPO DE IMPACTO
Intensidad	In	Muy alto (el % de aumento de la tasa de crecimiento de empleo de 2010-2011 es mayor del 30%)	8-10	Impacto muy alto
		Alto (el % de aumento de la tasa de crecimiento de empleo de 2010-2011 está entre el 20 – 30%)	6-7	Impacto Alto
		Medio (el % de aumento de la tasa de crecimiento de empleo de 2010-2011 está entre el 10 – 20%)	4-5	Impacto Medio
		Bajo (el % de aumento de la tasa de crecimiento de empleo de 2010-2011 es menor del 10%)	1-3	Impacto Bajo

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.83: Valoración del impacto Aumento del empleo y de la actividad económica (fase construcción)**

ACTIVIDADES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	M	W <sub>M</sub>	VIA
Preparación	6	0.2	8	0.2	3	0.6	4.6	4	0.6	9	0.2	4.6	0.2	+4.84
Construcción de túneles	6	0.2	8	0.2	3	0.6	4.6	4	0.6	9	0.2	4.6	0.2	+4.84
Construcción de estaciones	6	0.2	8	0.2	3	0.6	4.6	4	0.6	9	0.2	4.6	0.2	+4.84
Construcción de cocheras	6	0.2	8	0.2	3	0.6	4.6	4	0.6	9	0.2	4.6	0.2	+4.84
Actividades auxiliares	6	0.2	8	0.2	3	0.6	4.6	4	0.6	9	0.2	4.6	0.2	+4.84

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.84: Valoración del impacto Aumento del empleo y de la actividad económica (fase operación y mantenimiento)**

ACTIVIDADES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>R</sub> <sub>G</sub>	M	W <sub>M</sub>	VIA
Operación	5	0.2	8	0.2	3	0.6	4.4	6	0.6	9	0.2	4.4	0.2	+6.12
Mantenimiento	5	0.2	8	0.2	3	0.6	4.4	6	0.6	9	0.2	4.4	0.2	+6.12
Actividades auxiliares	5	0.2	8	0.2	3	0.6	4.4	6	0.6	9	0.2	4.4	0.2	+6.12

Fuente: Elaboración propia

### Conclusión

Los resultados obtenidos son:

- **Impacto positivo medio** en la fase de construcción y cierre
- **Impacto positivo alto** en la fase de operación

Además de los empleos directos, se crearán gran cantidad de indirectos, que serían difíciles de estimar con fiabilidad, bien por demanda de servicios y bienes de los propios trabajadores o usuarios o bien por la mejora de la accesibilidad en la ciudad de Quito.

No se dispone de datos de creación de empleo en la fase de cierre del proyecto, aunque con los periodos de tiempo que se barajan el cálculo no sería suficientemente fiable, por lo que no se valora este impacto en la fase de cierre.

Al ser impactos positivos, no precisarán de medidas preventivas, correctoras o compensatorias. Además, en este estudio no se han incluido medidas para potenciar los beneficios de estos impactos, pero en relación al trabajo si se marcan unas normas internacionales que se plantean como requisitos obligatorios para el contratista y/o promotor del proyecto, en el marco de las normas de la Organización Internacional del Trabajo, OIT. En este sentido se asegurará el cumplimiento de la **Declaración de la OIT relativa a los principios y derechos fundamentales en el trabajo**, en la que se expresa el compromiso de gobiernos y organizaciones tanto empresariales como de trabajadores de respetar y defender los valores humanos fundamentales, en concreto para nuestro proyecto se hará especial incidencia en el control de la contratación para evitar, por cualquier medio, que se den las siguientes situaciones:

- Trabajo Forzoso u obligatorio. *La situación económica puede obligar a las personas a malvender su libertad, y la explotación laboral puede revestir diversas formas. Ahora bien, el trabajo forzoso (para utilizar un término breve y de alcance general) es algo muy específico. Ocurre cuando el trabajo o el servicio es exigido por el Estado o por personas que tienen la voluntad y el poder de amenazar a los trabajadores con*

*severas privaciones como, por ejemplo, privarles de alimentos, de la tierra o la remuneración, ejercer violencia física o abusos sexuales contra ellos, limitar sus movimientos o encerrarlos. Como agencia tripartita, pero perteneciente a Naciones Unidas, la OIT pone las herramientas a servicio de Ecuador como país miembro para que se cumplan las normas internacionales ratificadas en relación a los derechos en el trabajo, en este sentido se vigilará por tanto el cumplimiento de las contrataciones legales y voluntarias.*

- Trabajo infantil. *Los niños gozan de los mismos derechos humanos que todas las demás personas. Asimismo, al no tener los conocimientos, la experiencia o el desarrollo físico de los adultos ni el poder de defender sus propios intereses en un mundo de adultos, los niños también tienen derechos específicos a ser protegidos en razón de su edad. Tienen derecho, entre otras cosas, a ser protegidos de la explotación económica y del trabajo que sea perjudicial para su salud y moralidad o que impida su desarrollo. El principio de la abolición efectiva del trabajo infantil implica garantizar que cada niña y cada niño tiene la oportunidad de desarrollar plenamente su potencial físico y mental. Apunta a eliminar todo trabajo que ponga en peligro la educación y el desarrollo de los niños. Esto no significa interrumpir todos los trabajos realizados por niños. Las normas internacionales del trabajo permiten hacer una distinción entre lo que constituye formas aceptables y formas inaceptables de trabajo para niños de distintas edades y etapas de desarrollo. Para evitarlo la educación formal debe postularse como la encargada en primera línea de formar e informar a niños y padres sobre esto, con lo que se contribuirá además a combatir la pobreza y la falta de concienciación en este asunto. En el plan de comunicación y participación pública que este estudio realizará se incluirá folletos para sensibilizar y concienciar sobre esta lacra social. La OIT dispone ya de un programa para erradicar el trabajo infantil en Sudamérica, perteneciente al Programa Internacional para la Erradicación del Trabajo Infantil, IPEC, además existe también la Red Latinoamericana sobre el trabajo infantil, enfocada en la realidad de esta región.*
- Discriminación en materia de empleo y ocupación. *La igualdad en el trabajo significa que todas las personas deben tener las mismas oportunidades para desarrollar plenamente los conocimientos, las calificaciones y las competencias que corresponden a las actividades económicas que desean llevar a cabo. Las medidas para promover la igualdad deben tener en cuenta la diversidad de las culturas, los idiomas, las circunstancias familiares y la capacidad de leer y de realizar cálculos elementales. En este sentido, el contratista y promotor de este proyecto asegurarán el cumplimiento de estas normas de no discriminación en la contratación laboral, a lo largo de todas las fases del proyecto.*



### 10.5.17. Valoración de la mejora de la calidad de vida de la población de Quito

#### Introducción

Como ya ha sido mencionado, la construcción del metro generará molestias a la población, especialmente por ruido, por generación de polvo y partículas y las **limitaciones a la movilidad** y a la circulación derivadas de las obras, son impactos temporales por lo que se pueden clasificar como compatibles.

Por otro lado, como también ha sido comentado ya, en la fase de operación se destaca la **mejora de la movilidad** para la población y por reducción del tráfico rodado, impactos que contribuirán también para la valoración de la calidad de vida.

Este impacto general se ha calculado agrupando algunos de los impactos mencionados en la identificación:

- Afectación a la población por pérdida de zonas verdes
- Afectación a la población por ocupación de espacios públicos
- Afectación a la comodidad, fiabilidad y ahorro de tiempo
- Afectación a la calidad de vida

#### Valoración

Como ya ha sido analizado, la instalación de un nuevo sistema de transporte como el Metro, posibilitará que la población pueda desplazarse con mayor comodidad y fiabilidad. Esta línea de comunicaciones conectará además otros sistemas de transporte público de la ciudad, haciendo la red de transportes más integrada y útil. Una mejor comunicación y transportes en una ciudad hacen que sea más llamativa, tenga una imagen de modernidad y utilidad que provoca que se construyan más viviendas y a la vez que más población pueda acceder a las mismas. Este crecimiento de la ciudad favorecerá la economía local directamente y a corto-medio plazo, por la demanda de mano de obra para la construcción, y a largo plazo como efecto del desarrollo de nuevas actividades industriales y de servicios en el término municipal. Todo esto favorece la mejora de la calidad de vida de la población. Por otro lado, tenemos los aspectos relacionados con la pobreza, educación, seguridad, sanidad, etc., los cuales resultan difíciles de cuantificar en este estudio ya que se verán afectados indirectamente. En el caso de la educación, podemos concluir que una mejora general de la movilidad en la ciudad afectará de forma positiva a la mejora del acceso a los centros educativos, de la misma forma a otros centros como los sanitarios, culturales, etc. Igualmente un aumento de calidad de vida promoverá a su vez una mejora de la calidad de vida de la población más pobre de la ciudad. Aunque el trazado de la primera línea del metro de Quito no conecta zonas suburbanas, si conecta las líneas de transporte periféricas con este eje vertebral de la ciudad, facilitando el acceso al centro histórico, financiero y comercial de Quito. Los valores o indicadores de la calidad de vida resultan difíciles de cuantificar numéricamente, por lo que la escala de intensidad del impacto se elabora de la siguiente forma:

Tabla 10.85: Escala de la variable Intensidad de la mejora de la calidad de vida de la población

VARIABLE	SÍMBOLO	CARÁCTER	ESCALA DE CALIFICACIÓN	TIPO DE IMPACTO
Intensidad	In	Muy alto (Mas del 80 % de la población verá mejorada su calidad de vida, en general)	8-10	Impacto muy alto
		Alto (Entre el 60 y 80 % de la población verá mejorada su calidad de vida, en general)	6-7	Impacto Alto
		Medio (Entre el 30 y 60% de la población verá mejorada su calidad de vida, en general)	4-5	Impacto Medio
		Bajo (Menos del 30% de la población verá mejorada su calidad de vida, en general)	1-3	Impacto Bajo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10.86: Valoración del impacto Mejora de la Calidad de Vida de la Población (fase de construcción)

ACTIVIDADES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	M	W <sub>M</sub>	VIA
Preparación	2	0,2	2	0,2	2	0,6	2	2	0,6	8	0,2	2	0,2	-2.64
Construcción de túneles	2	0,2	2	0,2	2	0,6	2	2	0,6	8	0,2	2	0,2	-2.64
Construcción de estaciones	2	0,2	2	0,2	2	0,6	2	2	0,6	8	0,2	2	0,2	-2.64
Construcción de cocheras	2	0,2	2	0,2	2	0,6	2	2	0,6	8	0,2	2	0,2	-2.64
Actividades auxiliares	2	0,2	2	0,2	2	0,6	2	2	0,6	8	0,2	2	0,2	-2.64

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10.87: Valoración del impacto Mejora de la Calidad de vida de la población (fase operación y mantenimiento)

ACTIVIDADES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	M	W <sub>M</sub>	VIA
Operación	8	0,2	9	0,2	3	0,6	5,2	7	0,6	9	0,2	5,2	0,2	+6,94
Mantenimiento	8	0,2	9	0,2	3	0,6	5,2	7	0,6	9	0,2	5,2	0,2	+6,94
Actividades auxiliares	8	0,2	9	0,2	3	0,6	5,2	7	0,6	9	0,2	5,2	0,2	+6,94

Fuente: Elaboración propia



**Tabla 10.88: Valoración del impacto Mejora de la Calidad de Vida de la Población Urbanas (fase cierre)**

ACTIVIDADES	I	W <sub>I</sub>	E	W <sub>E</sub>	D	W <sub>D</sub>	M	R	W <sub>r</sub>	RG	W <sub>RG</sub>	M	W <sub>M</sub>	VIA
Rehabilitación	2	0,2	2	0,2	2	0,6	2	2	0,6	6	0,2	2	0,2	-2,49

Fuente: Elaboración propia

### Conclusión

En la fase de construcción, el impacto es **negativo medio**, la población sufrirá molestias de diversa naturaleza, aunque la proporción de la población será pequeña y la duración de impacto también.

En el caso de la fase de funcionamiento, este impacto se ha valorado como **positivo alto**, según el cálculo de su Índice Ambiental Ponderado Modificado. Al ser un impacto positivo, no precisará de medidas preventivas, correctoras o compensatorias.

Según los estándares sociales que establece el BEI, las normas sociales tienen por objeto proteger los derechos y mejorar las condiciones de vida de las personas afectadas directa e indirectamente por los proyectos financiados por este organismo. Las normas sociales están destinadas a promover los resultados en beneficio de bienestar individual, la inclusión social y de comunidades sostenibles.

Siguiendo estos estándares, este proyecto asegurará el respeto a los derechos humanos en todos los sectores y ámbitos que se puedan ver alterados, tal y como establece la Carta de los Derechos Fundamentales de la Unión Europea y la buenas prácticas internacionales, integrado en el documento *The EIB Statement of Environmental and Social Principles and Standards, 2009*, incluso se impulsará este respeto en las actividades indirectas que se puedan generar. Un ejemplo de esto se puede ver en las directrices marcadas para la contratación en la construcción y funcionamiento del metro, en el apartado anterior, para lo cual se asegurará el cumplimiento de los requisitos de la Organización Internacional del Trabajo, OIT.

Por otro lado, para asegurar el cumplimiento de estos derechos y de los principios sociales que promueve el BEI, se asegurará también que los resultados no darán lugar a conflictos sociales, para ello y tal y como se indica a lo largo de este estudio, se promoverá la participación de agentes sociales en el desarrollo del proyecto, para que el mismo se haga de una forma consensuada y no provoque conflicto alguno.

Además, el documento de Transparencia del BEI y “The Social Assessment of Projects in Development Countries: The Approach of the European Investment Bank” ponen de manifiesto el compromiso en la evaluación social de los proyectos ubicados en países en vías de desarrollo con el fin de promover un desarrollo sostenible. Se busca finalmente un planteamiento proactivo de los asuntos de bienestar social.

En la fase de cierre, a priori este **impacto negativo medio**, estará relacionado con las emisiones de ruido, polvo y partículas, efecto barrera y desvíos o cortes de tráfico propios de las actividades de desmantelamiento de las infraestructuras, que generarán cierto malestar a la población.

### 10.5.18. Valoración de la afectación al patrimonio cultural

#### Situación y normativa reguladora

La zona de afectación del proyecto presenta alta sensibilidad a este impacto, debido a que atraviesa el centro histórico, de acuerdo al análisis bibliográfico y el contraste de datos en campo realizado por el equipo de arqueólogos. La información generada en dicho estudio se deberá tener en cuenta durante la fase de construcción de las obras, y se deberá realizar un seguimiento arqueológico de las mismas.

En particular, los estudios realizados, apuntan a que gran parte de la zona en la que se encuentra el Centro Histórico fue ocupada por una ciudad Inca. Justo debajo del actual convento franciscano o la plaza de San Francisco se encontraba el palacio de Huayna Cápac, que corresponde justo al área donde se prevé la construcción de la estación de San Francisco.

Figura 10.28: Iglesia y Plaza de San Francisco



Fuente: Metro Madrid

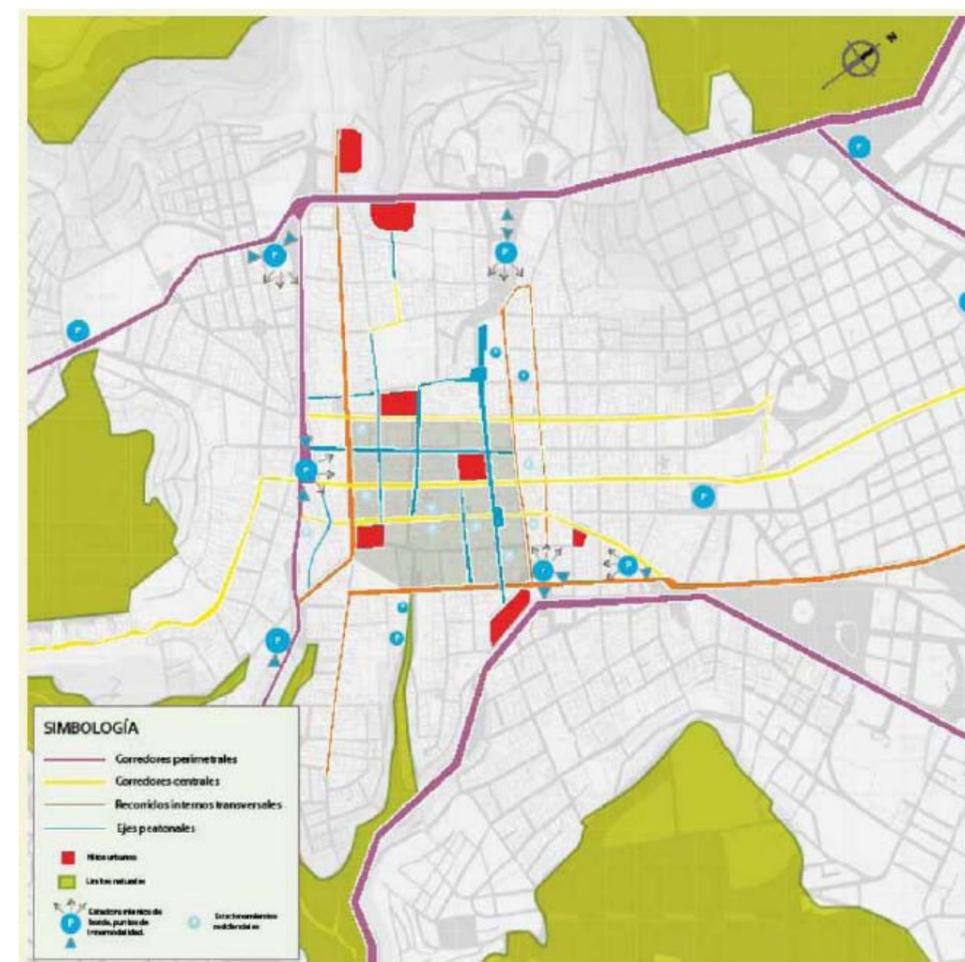
En el área de influencia indirecta del proyecto no se afectará al componente arqueológico, ya que no habrá movimiento de tierras fuera del área de influencia directa.

La normativa relacionada con este impacto la constituye el **Reglamento General de la Ley de Patrimonio Cultural**, concretamente los siguientes artículos:

*Los artículos 37, 38 y 39 de este reglamento se refieren a la potestad del Director Nacional del Instituto de Patrimonio Cultural para ordenar la suspensión o restauración de obras que afecten al patrimonio cultural de la Nación; el Artículo 38 establece solidaridad entre el propietario del bien (el área de la futura estación de San Francisco tiene categoría privada), los que hayan autorizado u ordenado la ejecución de la obra y los contratistas o encargados de ejecutarla; según el Artículo 39 los municipios o entidades públicas o privadas deberán ordenar la suspensión o derrocamiento de obras que atenten al patrimonio cultural de la Nación y “en caso de que formen parte de un entorno ambiental estas deberán ser restituidas.”*

De cara al centro histórico de la ciudad, se formuló un Plan Maestro de Rehabilitación, para integrar el desarrollo de esta área, del que surgió el Fondo de Salvamento del Patrimonio Cultural, FONSAL, que se ocupa de velar por la protección y conservación de esta ciudad patrimonio de la humanidad, en la parte de Planeamiento de este Plan Maestro de Rehabilitación, se desarrollo el Plan de Movilidad Sostenible del Centro Histórico de Quito, con el fin de facilitar la accesibilidad y por tanto el valor cultural, histórico y turístico del mismo.

Figura 10.29: Planeamiento. Plan de Movilidad Sostenible en el centro de Quito



Fuente: Cooperación con Ecuador. Congreso Internacional La Ciudad Viva como URBE

En la figura se pueden apreciar los ejes peatonales que se han planificado, junto con los corredores perimetrales y centrales del centro histórico

Siguiendo los planes de conservación y puesta en valor de los restos arqueológicos de la ciudad, de acuerdo al Plan “Patrimonio Presente y Futuro” de FONSAL de la Autoridad del DMQ (Actualmente Dirección Municipal de Patrimonio), a lo largo de la fase de construcción del proyecto y por tanto de desenterramiento de estos restos se llevará a cabo un seguimiento y análisis por parte de expertos arqueólogos para no dañar este patrimonio y para poder mostrarlo al público como un valor turístico elevado y de calidad.

Con las evidencias encontradas en la Plaza de San Francisco, este impacto se califica como **medio**, pudiéndose modificar esta valoración una vez se estén ejecutando las obras.

### 10.5.19. Valoración de los impactos paisajísticos

#### Metodología

La valoración de la integración paisajística de una actuación analiza y valora la capacidad o fragilidad de un paisaje para acomodar los cambios producidos por la actuación sin perder su valor o carácter paisajístico.

Así, se dirá que la fragilidad del paisaje es elevada cuando una actuación humana difícilmente pueda integrarse en el paisaje; y la fragilidad será baja cuando las actuaciones humanas puedan fácilmente integrarse en el paisaje existente.

La fragilidad del paisaje (o por el contrario, su capacidad para la integración paisajística) depende de las características propias de la unidad de paisaje afectada y de las características de la actuación humana que se pretenda implantar en la unidad.

Dicha integración (o fragilidad) se determina a partir de la importancia de los impactos paisajísticos derivados de la actuación.

Para la valoración de los impactos paisajísticos, debido a sus características propias se aplica una metodología específica utilizada a nivel internacional. Dicha metodología para puede sintetizarse en tres etapas:

1. Identificación y caracterización de la magnitud de los impactos paisajísticos
2. Análisis del grado de sensibilidad del paisaje al cambio
3. Clasificación de la importancia de los impactos, como combinación de la magnitud de los impactos y la sensibilidad del paisaje

Figura 10.30: Importancia del impacto-integración paisajística



Fuente: Elaboración propia

#### Etapa 1: Identificación y caracterización de la magnitud de los impactos paisajísticos

En primer lugar se identifican las fuentes potenciales de impacto y los impactos derivados de éstas. Se definen como impactos paisajísticos aquellas modificaciones que, desde un punto de vista objetivo, puedan afectar a los elementos que componen el paisaje o a las relaciones sistémicas que existen entre los mismos y que en conjunto constituyen el sistema que es el paisaje.

Su identificación se realiza diferenciando los horizontes temporales por los que pasa la actuación en estudio: fase de construcción, fase de funcionamiento y fase de abandono.

Una vez identificados los impactos, su magnitud se determina por discusión y consenso entre los miembros del equipo redactor de este estudio, a partir de los parámetros siguientes:

Escala de la actuación y extensión física del impacto. En concreto se considera que el impacto es:

- Puntual (P): cuando el impacto sólo pueda ser percibido desde dentro de la actuación.
- Zonal (Z): cuando el impacto pueda ser percibido desde fuera de la actuación y hasta una distancia de 1,5 Km a contar desde el perímetro de la misma.
- Regional (RG) Cuando el impacto pueda ser visible desde fuera de la actuación y a más de 1,5 Km del perímetro de la misma.

Efecto beneficioso o adverso del impacto sobre el valor del paisaje. Se considera:

- Impacto positivo (+). Cuando produce un efecto beneficioso sobre el valor del paisaje
- Impacto negativo (-). Cuando produce un efecto adverso sobre el valor del paisaje.
- Sin efecto beneficioso o adverso significativo (+/-)
- Incidencia. En este factor se distingue:
  - Directo (D): cuando tiene repercusión inmediata sobre algún elemento del paisaje.
  - Indirecto (In): cuando el efecto sea debido a la repercusión inmediata de las interdependencias entre los elementos del paisaje.

Duración. Se distingue si la repercusión del impacto sobre el paisaje es:

- A corto plazo (C)
- Medio plazo (M)



- Largo plazo (L)

Carácter del impacto. Se determina si el impacto es

- Reversible. Aquel en el que la alteración que supone puede ser asimilada por el paisaje sin necesidad de intervención humana.
- Irreversible. Aquel en que la alteración que supone no puede ser asimilada por el paisaje por los procesos naturales presentes en la zona.

Individualidad del impacto. Se distingue:

- Impacto simple: Aquel que se manifiesta sobre un solo componente del paisaje, o cuyo modo de acción es individualizado, sin consecuencias en la inducción de nuevos efectos, ni en la de su acumulación, ni en la de su sinergia.
- Impacto acumulativo. Aquel que de prolongarse en el tiempo la acción del agente inductor, incrementa progresivamente su gravedad, al carecer de mecanismos de eliminación con efectividad temporal similar a la del incremento del agente causante del daño.

Se trata pues de un procedimiento de valoración de impactos comúnmente utilizado en la realización de diversos tipos de estudios en los cuales intervienen equipos pluridisciplinarios, que deben valorar actuaciones teniendo en cuenta diversos puntos de vista.

Así mismo, para determinar el potencial de las medidas correctoras, los impactos se evalúan bajo el supuesto de la aplicación y no aplicación de estas posibles medidas.

Por último, también por discusión y consenso entre los miembros del equipo redactor, se obtiene la magnitud del impacto generado:

Magnitud del impacto:

Se resume la valoración del efecto de la acción sin medidas correctoras y con aplicación de las medidas correctoras, según la escala de impactos siguiente:

- Compatible ó leve (L): impacto positivo o negativo de poca entidad, consiguiéndose (en caso de ser negativo) la recuperación inmediata de las condiciones originales una vez cesada la causa del efecto, una adecuada integración paisajística en el entorno o una fácilmente recuperación por los mecanismos de autodepuración-protección del medio.
- Moderado (M): impacto de cierta entidad en el que (en caso de ser negativo) la recuperación de las condiciones originales o la integración de la actuación en el entorno requiere cierto tiempo y la aplicación de alguna medida correctora leve.

- Severo (S): la magnitud del impacto es importante y (en caso de ser negativo) requiere la aplicación de fuertes medidas correctoras para la recuperación de las condiciones iniciales, exigiendo dicha recuperación un período de tiempo dilatado.
- Crítico (C): Se trata de impactos negativos irreversibles a escala humana, no existiendo medidas correctoras que puedan disminuir el impacto a valores aceptables.

## Etapa 2: Análisis del grado de sensibilidad del paisaje al cambio

Este análisis se realiza en función de los aspectos siguientes:

- a) La singularidad o escasez de los elementos del paisaje, considerados éstos a escala local y regional
- b) La capacidad de las Unidades y Recursos Paisajísticos de acomodar cambios sin interferir en su carácter ni reducir su valor paisajístico.
- c) Los objetivos de calidad del paisaje de las unidades del ámbito de estudio.

Para obtener el grado de sensibilidad del paisaje al cambio, se asigna un valor numérico a cada uno de los aspectos mencionados, de acuerdo con las condicionantes de cada caso concreto, y se obtiene la media aritmética.

## Etapa 3: Clasificación de la importancia de los impactos

La importancia de los impactos paisajísticos se determina como combinación de la magnitud de los impactos y la sensibilidad del paisaje, clasificándose como: sustancial, moderada, leve o insignificante

La clasificación también se realiza sin tener en cuenta las medidas correctoras y teniendo en cuenta las mismas. Así, las medidas correctoras podrán conducir a adoptar una localización diferente, una ordenación diferente, un diseño alternativo o modificaciones en el diseño para evitar, prevenir y/o reducir al mínimo los impactos.

A continuación, y a modo de síntesis, se presenta los conceptos necesarios para la valoración de la integración paisajística.

Figura 10.31: Conceptos en valoración de integración paisajística



Fuente: Elaboración propia

### Identificación y magnitud del impacto paisajístico

#### Fuentes potenciales de impacto

Para la identificación de las fuentes-acciones potenciales de impacto, se hace distinción entre la fase constructiva, la fase de funcionamiento del proyecto y la fase de abandono de la misma.

#### Fase de construcción

Las acciones que pueden incidir sobre el paisaje durante la fase de construcción son las siguientes:

- Reubicación de infraestructura y propiedades
- Retiro y reubicación infraestructuras de servicios públicos
- Adecuación y uso de patios de maquinarias
- Adecuación y uso de instalaciones auxiliares
- Preparación y uso de escombreras
- Adecuación y uso de campamentos
- Remoción de la vegetación
- Excavación y relleno
- Transporte, carga y descarga de materiales y almacenaje

- Excavación y movimiento de tierras
- Obras civiles
- Instalaciones y servicios
- Desechos
- Vallados temporales y señalización
- Tránsito de maquinaria pesada y vehículos zona obra
- Reposiciones e integración urbana
- Operaciones de pavimentación
- Ejecución de estructuras, muros de fábrica
- Utilización de accesos a obra
- Acopio temporal de materiales utilizados en obra

#### Fase de funcionamiento

Las fuentes potenciales de impacto en la fase de funcionamiento se derivan del uso de la nueva infraestructura, identificando aquellas acciones generales previsibles de dicho uso:

- Trabajos de conservación
- Abastecimiento de materiales y servicios
- Movilización y generación de desechos

#### Fase de abandono

Las acciones de la fase de abandono que pueden generar impactos visuales son las siguientes:

- Desmantelamiento de las estructuras auxiliares y transporte
- Reacondicionamiento de las áreas de depósito de material
- Reposiciones e integración urbana
- Manejo de desechos
- Retiro de equipos, maquinaria, campamentos e instalaciones provisionales

#### Caracterización y magnitud de los impactos paisajísticos

La caracterización y valoración de la magnitud de los impactos paisajísticos identificados, se realiza por discusión y consenso entre los miembros del equipo redactor, a partir de los parámetros definidos en la metodología.

A continuación, a modo de tabla, se recoge dicha valoración para las fases de construcción y funcionamiento del desarrollo industrial previsto, considerando la aplicación y no aplicación de medidas correctoras.

**Tabla 10.89: Fase de construcción: SIN / CON medidas correctoras**

IMPACTO PAISAJÍSTICO	EXTENSIÓN	SIGNO	INCIDENCIA	DURACIÓN	CARÁCTER	INDIVIDUALIDAD	MAGNITUD
Modificaciones fisiográficas	P	-	D	L	I R	S	M / L
Eliminación de formas	P	-	D	L	I	S	L / L
Introducción de nuevas formas	P	-	D	L	R	S	L / L
Modificación-alternación cauces	P	-	D	L	I	A	M / L
Eliminación de la vegetación existente	P	-	D	L	R	S	L / L
Reintroducción de vegetación	P	+	D	L	R	S	L / L
Modificaciones faunísticas	P	-	I	C	R	S	L / L

X/X sin medidas correctoras/con medidas correctoras.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.90: Fase de funcionamiento: SIN / CON medidas correctoras**

IMPACTO PAISAJÍSTICO	EXTENSIÓN	SIGNO	INCIDENCIA	DURACIÓN	CARÁCTER	INDIVIDUALIDAD	MAGNITUD
Modificaciones fisiográficas							
Eliminación de formas							
Introducción de nuevas formas	P	-	D	L	R	S	L/L
Modificación-alternación cauces							
Eliminación de la vegetación existente							
Reintroducción de vegetación							
Modificaciones faunísticas							

X/X sin medidas correctoras/con medidas correctoras.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.91: Fase de Abandono: SIN / CON medidas correctoras**

IMPACTO PAISAJÍSTICO	EXTENSIÓN	SIGNO	INCIDENCIA	DURACIÓN	CARÁCTER	INDIVIDUALIDAD	MAGNITUD
Modificaciones fisiográficas	P	-	D	L	I	S	L/L
Eliminación de formas	P	+	D	L	R	S	L/L
Introducción de nuevas formas	P	-	D	L	R	S	L/L
Modificación-alternación cauces	P	-	D	L	I	S	L/L
Eliminación de la vegetación existente	P	-	D	L	I	S	L/L
Reintroducción de vegetación	P	+	D	L	R	S	L/L
Modificaciones faunísticas	P	-	D	L	I	S	L/L

X/X sin medidas correctoras/con medidas correctoras.

Fuente: Elaboración propia

**Sensibilidad del paisaje**

**Singularidad o escasez de los elementos del paisaje**

El proyecto evaluado afecta a las unidades de paisaje

- A) Unidad 1 Quitumbe
- B) Unidad 2 urbana de Quito.
  - a. Unidad 2ª. Casco Histórico
  - b. Unidad 2b. Resto de casco urbano
- C) Unidad 3 Playa Alta-Gualupo

Atendiendo a esta condición, se procede ahora a definir la singularidad o escasez de los elementos del paisaje presentes en el ámbito del proyecto. La valoración se realiza a escala local (es decir, considerando el ámbito de actuación y su entorno inmediato) y a escala regional de acuerdo con los criterios siguientes:

**Tabla 10.92: Rango de valoración de la singularidad o escasez de los elementos del paisaje a nivel local y regional**

Rangos de valoración de la singularidad o escasez de los elementos del paisaje presentes en el ámbito de actuación, a nivel local y regional	
SINGULAR	5
MUY ESCASO	4
ESCASO	3
POCO ESCASO	2
ABUNDANTE	1

Fuente: Elaboración propia

La singularidad global de cada elemento se calcula como la media aritmética de la singularidad-escasez a nivel local y regional, aplicándose la escala siguiente:

**Tabla 10.93: Rango de valoración de la singularidad o escasez de los elementos del paisaje en el ámbito de actuación**

Rangos de valoración de la singularidad o escasez global de los elementos del paisaje presentes en el ámbito de actuación	
Entre 1 y menos de 1,5	ABUNDANTE
Entre 1,5 y 2	POCO ESCASO
Entre mayor de 2 y 3	ESCASO
Entre mayor de 3 y 4	MUY ESCASO
Mayor de 4	SINGULAR

Fuente: Elaboración propia

Las siguientes tablas recogen la singularidad o escasez de los elementos del paisaje presentes en el ámbito de actuación a escala local y regional y la valoración global, de acuerdo con los rangos de valoración anteriores y para cada una de las unidades de paisaje afectadas:

**Tabla 10.94: Unidad 1 Quitumbe**

ELEMENTO DEL PAISAJE	VALORACIÓN DE LA ESCASEZ-SINGULARIDAD			ESCASEZ-SINGULARIDAD GLOBAL
	LOCAL	REGIONAL	GLOBAL	
TOPOGRAFÍA-FISOGRAFÍA	1	1	1	ABUNDANTE
GEOLOGÍA	1	1	1	ABUNDANTE
RED HÍDRICA SUPERFICIAL	1	1	1	ABUNDANTE
VEGETACIÓN	1	1	1	ABUNDANTE
FAUNA	1	1	1	ABUNDANTE
ASENTAMIENTOS URBANOS	1	1	1	ABUNDANTE
VIVIENDAS DISPERSAS	1	1	1	ABUNDANTE
INFRAESTRUCTURAS	1	1	1	ABUNDANTE
Escasez – singularidad del ámbito de actuación	1			ABUNDANTE

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.95: Unidad 2 urbana de Quito**

a. Unidad 2ª. Casco Histórico

ELEMENTO DEL PAISAJE	VALORACIÓN DE LA ESCASEZ-SINGULARIDAD			ESCASEZ-SINGULARIDAD GLOBAL
	LOCAL	REGIONAL	GLOBAL	
TOPOGRAFÍA-FISOGRAFÍA	3	3	3	ESCASO
GEOLOGÍA	1	1	1	ABUNDANTE
RED HÍDRICA SUPERFICIAL	3	1	2	POCO ESCASA
VEGETACIÓN	1	1	1	ABUNDANTE
FAUNA	1	1	1	ABUNDANTE
ASENTAMIENTOS URBANOS	5	5	5	SINGULAR
VIVIENDAS DISPERSAS				
INFRAESTRUCTURAS	1	1	1	ABUNDANTE

Escasez – singularidad del ámbito de actuación	2
	ESCASO

Fuente: Elaboración propia

b. Unidad 2b. Resto de casco urbano

ELEMENTO DEL PAISAJE	VALORACIÓN DE LA ESCASEZ-SINGULARIDAD			ESCASEZ-SINGULARIDAD GLOBAL
	LOCAL	REGIONAL	GLOBAL	
TOPOGRAFÍA-FISOGRAFÍA	1	1	1	ABUNDANTE
GEOLOGÍA	1	1	1	ABUNDANTE
RED HÍDRICA SUPERFICIAL	3	1	2	POCO ESCASA
VEGETACIÓN	1	1	1	ABUNDANTE
FAUNA	1	1	1	ABUNDANTE
ASENTAMIENTOS URBANOS	1	1	1	ABUNDANTE
VIVIENDAS DISPERSAS				
INFRAESTRUCTURAS	1	1	1	ABUNDANTE

Escasez – singularidad del ámbito de actuación	1,14
	ABUNDANTE

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.96: Unidad 3 Playa Alta-Gualupo**

ELEMENTO DEL PAISAJE	VALORACIÓN DE LA ESCASEZ-SINGULARIDAD			ESCASEZ-SINGULARIDAD GLOBAL
	LOCAL	REGIONAL	GLOBAL	
TOPOGRAFÍA-FISOGRAFÍA	2	1	1,5	ABUNDANTE
GEOLOGÍA	1	1	1	ABUNDANTE
RED HÍDRICA SUPERFICIAL	1	1	1	POCO ESCASA
VEGETACIÓN	1	1	1	ABUNDANTE
FAUNA	1	1	1	ABUNDANTE
ASENTAMIENTOS URBANOS	1	1	1	ABUNDANTE
VIVIENDAS DISPERSAS	1	1	1	ABUNDANTE
INFRAESTRUCTURAS	1	1	1	ABUNDANTE

Escasez – singularidad del ámbito de actuación	1,06 ABUNDANTE
--	-------------------

Fuente: Elaboración propia

Los tipos de paisaje afectados en la zona son abundantes, salvo como cabría esperar el paisaje urbano del centro histórico que es escaso por su singularidad patrimonial.

### Capacidad de acomodar cambios

La fragilidad del paisaje se define como su capacidad para acomodar los cambios producidos por una actuación concreta sin perder su valor o carácter paisajístico y, por tanto, depende de las características propias del paisaje y de las características de la actuación a implantar en él. Son inversamente proporcionales, es decir, un paisaje con una alta fragilidad tendrá una escasa capacidad para acomodar e integrar los cambios en él producidos.

Se trata ahora de determinar la vulnerabilidad del ámbito de actuación, es decir, su capacidad de acomodar cambios de acuerdo con las características paisajísticas propias, independientemente de la actividad prevista.

### Metodología

Esta vulnerabilidad se determina a partir de los componentes del paisaje que influyen en la misma. Para cada componente se ha asignado un valor a los distintos tipos, de acuerdo con el papel que ejercen sobre la vulnerabilidad ante posibles cambios. La valoración asignada a cada tipo de los componentes, realizada por discusión y consenso entre los miembros del equipo redactor, ha sido la siguiente:

**Tabla 10.97: Valoración asignada a cada tipo de componente**

Tipo de vegetación	
Ausencia de vegetación	9
Forestal matorral	7
Agrícola secano-regadío	6
Zonas verdes urbanas	4
Forestal bien estructurada	2

Uso de suelo	
Forestal – Dominio público	10
Agrícola	7
Urbano residencial	3
Urbano industrial	1

Fisiografía	
Montañosa	10
Colinada-Fuertemente ondulada	6
Plana-Ondulada	4

Visibilidad: Frecuencia	
Desde: autopistas, carreteras nacionales...	8
Desde: Carreteras secundarias	5
Desde: Caminos, calles y pistas	2

Visibilidad: Amplitud	
Regional	8
Zonal	5
Reducida	2

Visibilidad: desde núcleo urbano consolidado	
Si, amplia desde núcleo histórico	10
Si, amplia	7
Si, reducida	4
No	2

Fuente: Elaboración propia

La valoración global se obtiene mediante la suma de los valores asignados a cada componente de la unidad y dividido por 6 al objeto de obtener un número comprendido entre 0 y 10. La valoración global se ha calificado según la escala siguiente:

**Tabla 10.98: Escala de puntuación**

PUNTUACIÓN	CALIFICACIÓN
10 - >8	MUY ALTA
8 - >6	ALTA
6 - >4	MEDIA
4 - >2	BAJA
2 - 1	MUY BAJA

Fuente: Elaboración propia

### Resultados

La tabla siguiente recoge la valoración otorgada a cada uno de los elementos que condicionan la vulnerabilidad frente a cambios del paisaje y la valoración global obtenida en las unidades de paisaje afectadas por la actuación:

**Tabla 10.99: Valoración de los elementos que condicionan la vulnerabilidad frente a cambios del paisaje**

UNIDAD	TIPO DE VEGETACIÓN	USOS DEL SUELO	PENDIENTE	VISIBILIDAD			TOTAL PUNTUACIÓN	CALIFICACIÓN
				FRECUENCIA	AMPLITUD	DESDE CASCO URBANO		
Quitumbe	6	7	4	2	5	4	4,66	Media
Casco histórico	4	3	6	5	8	10	6	Alta
Resto casco urbano	4	3	6	2	5	7	4,5	Media
Playa Alta-Gualupo	7	7	6	2	2	4	4,66	Media

Fuente: Elaboración propia

Los criterios de valoración numérica de la vulnerabilidad del paisaje frente a los cambios son los siguientes:

**Tabla 10.100: Criterios de valoración numérica de la vulnerabilidad del paisaje**

Rangos de valoración de la VULNERABILIDAD del paisaje frente a los cambios	
MUY ALTA	5
ALTA	4
MEDIA	3
BAJA	2
MUY BAJA	1

Fuente: Elaboración propia

De modo que a la vulnerabilidad obtenida se le asignará los valores siguientes:

**Tabla 10.101: Asignación de valores**

UNIDAD	CALIFICACIÓN	VALORACION DE LA VULNERABILIDAD
Quitumbe	Media	3
Casco histórico	Alta	4
Resto casco urbano	Media	3
Playa Alta-Gualupo	Media	3

Fuente: Elaboración propia

### Objetivo de calidad

Los objetivos de calidad para las unidades de paisaje afectadas por el proyecto son las siguientes:

**Tabla 10.102: Objetivos de calidad**

UNIDAD	OBJETIVO DE LA CALIDAD
QUITUMBE	Nuevo paisaje
CASCO HISTORICO	Mejora del paisaje urbano
RESTO CASCO URBANO	conservación y mejora del núcleo histórico
PLAYA ALTA-GUALUPO	Restauración- mejora

Fuente: Elaboración propia

Los objetivos de calidad para las unidades se valoran según la escala siguiente:

**Tabla 10.103: Escala de valoración de los objetivos de calidad**

OBJETIVOS de CALIDAD	Rango de valoración asignado
Conservación estricta	5
Mantenimiento y mejora del carácter existente	3
Restauración	2
Nuevo paisaje	1

Fuente: Elaboración propia

De modo que, a los objetivos de calidad definidos se les asignarán los valores siguientes:

**Tabla 10.104: Valores asignadas a los objetivos de calidad**

UNIDAD	OBJETIVO DE LA CALIDAD	VALOR DEL OBJETIVO DE CALIDAD
QUITUMBE	Nuevo paisaje	1
CASCO HISTORICO	conservación y mejora del núcleo histórico	5
RESTO CASCO URBANO	Mejora del paisaje urbano	3
PLAYA ALTA-GUALUPO	Restauración- mejora	2

Fuente: Elaboración propia

**Grado de sensibilidad del paisaje al cambio**

El grado de sensibilidad de la unidad se calcula mediante la media aritmética de la valoración de la escasez singularidad de la unidad, la vulnerabilidad del paisaje frente al cambio y el objetivo de calidad, calificándose de acuerdo con la escala siguiente:

**Tabla 10.103: Grado de sensibilidad de la unidad del paisaje**

Rangos de valoración del GRADO DE SENSIBILIDAD de la unidad de paisaje	
Entre 1 y menos de 1,5	Sensibilidad Muy Baja
Entre 1,5 y 2	Sensibilidad Baja
Entre mayor de 2 y 3,5	Sensibilidad Media
Entre mayor de 3,5 y 5	Sensibilidad Alta

Fuente: Elaboración propia

**Figura 10.32: Sensibilidad del paisaje**



Fuente: Elaboración propia

Por tanto, y a modo de resumen, para las unidades de paisaje afectadas por la actuación, los valores asignados son:

**Tabla 10.105: Valores asignados a las unidades del paisaje**

Unidad de Paisaje	Escasez-Singularidad	Vulnerabilidad al cambio	Objetivos de Calidad Paisajística	Grado de Sensibilidad
QUITUMBE	ABUNDANTE	MEDIA	NUEVO PAISAJE	MEDIA
	1	4,66	1	2,22
CASCO HISTORICO	ESCASO	ALTA	CONSERVACION	ALTA
	2	6	5	4,33
RESTO CASCO URBANO	ABUNDANTE	MEDIA	MEJORA	MEDIA
	1,14	4,5	3	2,88
PLAYA ALTA-GUALAPO	ABUNDANTE	MEDIA	RESTAURACION	MEDIA
	1,06	4,66	2	2,57

Fuente: Elaboración propia

**Clasificación de la importancia de los impactos**

La clasificación de la importancia de los impactos se realiza combinando la magnitud del impacto con el grado de sensibilidad del paisaje, a partir de los resultados obtenidos para la unidad paisajística afectada.

Figura 10.33: Importancia del impacto



Fuente: Elaboración propia

La importancia de los impactos se calculará mediante la suma del valor de la magnitud del impacto y el valor del grado de sensibilidad de la unidad correspondiente.

El valor de la magnitud del impacto se adecuará a la escala siguiente:

Tabla 10.106: Rango de valoración de la magnitud del impacto

Rangos de valoración de la MAGNITUD del impacto	
Impacto Crítico	Importancia sustancial
Impacto Severo	4
Impacto Moderado	2
Impacto Compatible o Leve	1

Fuente: Elaboración propia

La importancia de los impactos se clasificará como:

- **SUSTANCIAL:** si la magnitud del impacto es crítico o/ y la sensibilidad es muy alta o si la valoración es igual o superior a 7.
- **MODERADO:** Valores comprendidos entre 5 y 7.
- **LEVE:** Valores comprendidos entre 3 y menos de 5.
- **INSIGNIFICANTE:** Valores menores de 3.

Las tablas siguientes recogen la clasificación de la importancia de los impactos paisajísticos generados durante la fase de construcción, de funcionamiento y cierre de la infraestructura.

Unidad paisajística de Quitumbe

Tabla 10.107: Fase de construcción: SIN / CON medidas correctoras

IMPACTO PAISAJÍSTICO	MAGNITUD	Valor de la magnitud	SENSIBILIDAD	Valor de la sensibilidad	Valor de la Importancia	IMPORTANCIA DEL IMPACTO
Modificaciones fisiográficas	M / L	2 / 1	MEDIA	2	4/3	LEVE
Eliminación de formas	L/L	1/1	MEDIA	2	3/3	LEVE
Introducción de nuevas formas	L/L	1/1	MEDIA	2	3/3	LEVE
Modificación-alteración cauces	M/L	2/1	MEDIA	2	4/3	LEVE
Eliminación de la vegetación existente	L/L	1/1	MEDIA	2	3/3	LEVE
Reintroducción de vegetación	L / L (+)	1/1(+)	MEDIA	2	3/3(+)	LEVE
Modificaciones faunísticas	L / L	1 / 1	MEDIA	2	3/3	LEVE

X/X: Sin medidas correctoras/con medidas correctoras.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10.108: Fase de funcionamiento: SIN / CON medidas correctoras

IMPACTO PAISAJÍSTICO	MAGNITUD	Valor de la magnitud	SENSIBILIDAD	Valor de la sensibilidad	Valor de la Importancia	IMPORTANCIA DEL IMPACTO
Modificaciones fisiográficas			MEDIA	2		
Eliminación de formas			MEDIA	2		
Introducción de nuevas formas	L / L	1 / 1	MEDIA	2	3/3	LEVE
Modificación-alteración cauces			MEDIA	2		
Eliminación de la vegetación existente			MEDIA	2		
Reintroducción de vegetación			MEDIA	2		
Modificaciones faunísticas			MEDIA	2		

X/X: Sin medidas correctoras/con medidas correctoras.

Fuente: Elaboración propio



**Tabla 10.109: Fase de abandono: SIN / CON medidas correctoras**

IMPACTO PAISAJÍSTICO	MAGNITUD	Valor de la magnitud	SENSIBILIDAD	Valor de la sensibilidad	Valor de la Importancia	IMPORTANCIA DEL IMPACTO
Modificaciones fisiográficas	L/L	1/1	MEDIA	2	3/3	LEVE
Eliminación de formas	L/L	1/1	MEDIA	2	3/3	LEVE
Introducción de nuevas formas	I / L	1 / 1	MEDIA	2	3/3	LEVE
Modificación-alteración cauces	L / L	1 / 1	MEDIA	2	3/3	LEVE
Eliminación de la vegetación existente	L / L	1 / 1	MEDIA	2	3/3	LEVE
Reintroducción de vegetación	L / L (+)	1 / 1 (+)	MEDIA	2	3/3(+)	LEVE
Modificaciones faunísticas	L / L	1 / 1	MEDIA	2	3/3	LEVE

X/X: Sin medidas correctoras/con medidas correctoras.

Fuente: Elaboración propia

**Unidad Paisajística urbana de Quito**

**Subunidad Casco Antiguo**

**Tabla 10.110: Fase de construcción: SIN / CON medidas correctoras**

IMPACTO PAISAJÍSTICO	MAGNITUD	Valor de la magnitud	SENSIBILIDAD	Valor de la sensibilidad	Valor de la Importancia	IMPORTANCIA DEL IMPACTO
Modificaciones fisiográficas	M / L	2 / 1	ALTA	4	6/5	MODERADO
Eliminación de formas	L/L	1/1	ALTA	4	5/5	MODERADO
Introducción de nuevas formas	L/L	1/1	ALTA	4	5/5	MODERADO
Modificación-alteración cauces	M/L	2/1	ALTA	4	6/5	MODERADO
Eliminación de la vegetación existente	L/L	1/1	ALTA	4	5/5	MODERADO
Reintroducción de vegetación	L / L (+)	1/1(+)	ALTA	4	5/5(+)	MODERADO
Modificaciones faunísticas	L / L	1 / 1	ALTA	4	5/5	MODERADO

X/X: Sin medidas correctoras/con medidas correctoras.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.111: Fase de funcionamiento: SIN / CON medidas correctoras**

IMPACTO PAISAJÍSTICO	MAGNITUD	Valor de la magnitud	SENSIBILIDAD	Valor de la sensibilidad	Valor de la Importancia	IMPORTANCIA DEL IMPACTO
Modificaciones fisiográficas						
Eliminación de formas						
Introducción de nuevas formas	L / L	1 / 1	ALTA	4	5/5	MODERADO
Modificación-alteración cauces						
Eliminación de la vegetación existente						
Reintroducción de vegetación						
Modificaciones faunísticas						

X/X: Sin medidas correctoras/con medidas correctoras.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.112: Fase de abandono: SIN / CON medidas correctoras**

IMPACTO PAISAJÍSTICO	MAGNITUD	Valor de la magnitud	SENSIBILIDAD	Valor de la sensibilidad	Valor de la Importancia	IMPORTANCIA DEL IMPACTO
Modificaciones fisiográficas	L/L	1/1	ALTA	4	5/5	MODERADO
Eliminación de formas	L/L	1/1	ALTA	4	5/5	MODERADO
Introducción de nuevas formas	I / L	1 / 1	ALTA	4	5/5	MODERADO
Modificación-alteración cauces	L / L	1 / 1	ALTA	4	5/5	MODERADO
Eliminación de la vegetación existente	L / L	1 / 1	ALTA	4	5/5	MODERADO
Reintroducción de vegetación	L / L (+)	1 / 1 (+)	ALTA	4	5/5	MODERADO
Modificaciones faunísticas	L / L	1 / 1	ALTA	4	5/5	MODERADO

X/X: Sin medidas correctoras/con medidas correctoras.

Fuente: Elaboración propia

**Subunidad Resto casco urbano**

**Tabla 10.113: Fase de construcción: SIN / CON medidas correctoras**

IMPACTO PAISAJÍSTICO	MAGNITUD	Valor de la magnitud	SENSIBILIDAD	Valor de la sensibilidad	Valor de la Importancia	IMPORTANCIA DEL IMPACTO
Modificaciones fisiográficas	M / L	2 / 1	MEDIA	2	4/3	LEVE
Eliminación de formas	L/L	1/1	MEDIA	2	3/3	LEVE
Introducción de nuevas formas	L/L	1/1	MEDIA	2	3/3	LEVE
Modificación-alteración cauces	M/L	2/1	MEDIA	2	4/3	LEVE
Eliminación de la vegetación existente	L/L	1/1	MEDIA	2	3/3	LEVE
Reintroducción de vegetación	L / L (+)	1/1(+)	MEDIA	2	3/3 (+)	LEVE
Modificaciones faunísticas	L / L	1 / 1	MEDIA	2	3/3	LEVE

X/X: Sin medidas correctoras/con medidas correctoras.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.114: Fase de funcionamiento: SIN / CON medidas correctoras**

IMPACTO PAISAJÍSTICO	MAGNITUD	Valor de la magnitud	SENSIBILIDAD	Valor de la sensibilidad	Valor de la Importancia	IMPORTANCIA DEL IMPACTO
Modificaciones fisiográficas						
Eliminación de formas						
Introducción de nuevas formas	L / L	1 / 1	MEDIA	2	3/3	LEVE
Modificación-alteración cauces						
Eliminación de la vegetación existente						
Reintroducción de vegetación						
Modificaciones faunísticas						

X/X: Sin medidas correctoras/con medidas correctoras.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.115: Fase de abandono: SIN / CON medidas correctoras**

IMPACTO PAISAJÍSTICO	MAGNITUD	Valor de la magnitud	SENSIBILIDAD	Valor de la sensibilidad	Valor de la Importancia	IMPORTANCIA DEL IMPACTO
Modificaciones fisiográficas	L/L	1/1	MEDIA	2	3/3	LEVE
Eliminación de formas	L/L	1/1	MEDIA	2	3/3	LEVE
Introducción de nuevas formas	I / L	1 / 1	MEDIA	2	3/3	LEVE
Modificación-alteración cauces	L / L	1 / 1	MEDIA	2	3/3	LEVE
Eliminación de la vegetación existente	L / L	1 / 1	MEDIA	2	3/3	LEVE
Reintroducción de vegetación	L / L (+)	1 / 1 (+)	MEDIA	2	3/3(+)	LEVE
Modificaciones faunísticas	L / L	1 / 1	MEDIA	2	3/3	LEVE

X/X: Sin medidas correctoras/con medidas correctoras.

Fuente: Elaboración propia

**Unidad paisajística Playa Alta-Gualupo**

**Tabla 10.116: Fase de construcción: SIN / CON medidas correctoras**

IMPACTO PAISAJÍSTICO	MAGNITUD	Valor de la magnitud	SENSIBILIDAD	Valor de la sensibilidad	Valor de la Importancia	IMPORTANCIA DEL IMPACTO
Modificaciones fisiográficas	M / L	2 / 1	MEDIA	2	4/3	LEVE
Eliminación de formas	L/L	1/1	MEDIA	2	3/3	LEVE
Introducción de nuevas formas	L/L	1/1	MEDIA	2	3/3	LEVE
Modificación-alteración cauces	M/L	2/1	MEDIA	2	4/3	LEVE
Eliminación de la vegetación existente	L/L	1/1	MEDIA	2	3/3	LEVE
Reintroducción de vegetación	L / L (+)	1/1(+)	MEDIA	2	3/3(+)	LEVE
Modificaciones faunísticas	L / L	1 / 1	MEDIA	2	3/3	LEVE

X/X: Sin medidas correctoras/con medidas correctoras.

Fuente: Elaboración propia



**Tabla 10.117: Fase de funcionamiento: SIN / CON medidas correctoras**

IMPACTO PAISAJÍSTICO	MAGNITUD	Valor de la magnitud	SENSIBILIDAD	Valor de la sensibilidad	Valor de la Importancia	IMPORTANCIA DEL IMPACTO
Modificaciones fisiográficas						
Eliminación de formas						
Introducción de nuevas formas	L / L	1 / 1	MEDIA	2	4/4	LEVE
Modificación-alteración cauces						
Eliminación de la vegetación existente						
Reintroducción de vegetación						
Modificaciones faunísticas						

X/X: Sin medidas correctoras/con medidas correctoras.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.118: Fase de abandono: SIN / CON medidas correctoras**

IMPACTO PAISAJÍSTICO	MAGNITUD	Valor de la magnitud	SENSIBILIDAD	Valor de la sensibilidad	Valor de la Importancia	IMPORTANCIA DEL IMPACTO
Modificaciones fisiográficas	L/L	1/1	MEDIA	2	3/3	LEVE
Eliminación de formas	L/L	1/1	MEDIA	2	3/3	LEVE
Introducción de nuevas formas	I / L	1 / 1	MEDIA	2	3/3	LEVE
Modificación-alteración cauces	L / L	1 / 1	MEDIA	2	3/3	LEVE
Eliminación de la vegetación existente	L / L	1 / 1	MEDIA	2	3/3	LEVE
Reintroducción de vegetación	L / L (+)	1 / 1 (+)	MEDIA	2	3/3(+)	LEVE
Modificaciones faunísticas	L / L	1 / 1	MEDIA	2	3/3	LEVE

X/X: Sin medidas correctoras/con medidas correctoras.

Fuente: Elaboración propia

Así pues la importancia de los impactos paisajísticos es leve salvo en el caso de las obras en superficie que afectan al casco histórico en el cual la importancia es moderada debido a la singularidad de la zona y que en la misma se tiene que poner el máximo empeño en la correcta integración de las obras en superficie y cuidado en las obras subterráneas para no afectar a bienes patrimoniales de elevado interés.

### Conclusión

Los principales impactos paisajísticos y su caracterización, para las tres fases consideradas se sintetizan en las tablas siguientes

**Tabla 10.119: Fase de construcción: SIN / CON medidas correctoras**

IMPACTO PAISAJÍSTICO	EXTENSIÓN	SIGNO	INCIDENCIA	DURACIÓN	CARÁCTER	INDIVIDUALIDAD	MAGNITUD
Modificaciones fisiográficas	P	-	D	L	I R	S	M / L
Eliminación de formas	P	-	D	L	I	S	L / L
Introducción de nuevas formas	P	-	D	L	R	S	L / L
Modificación-alternación cauces	P	-	D	L	I	A	M / L
Eliminación de la vegetación existente	P	-	D	L	R	S	L / L
Reintroducción de vegetación	P	+	D	L	R	S	L / L
Modificaciones faunísticas	P	-	I	C	R	S	L / L

X/X sin medidas correctoras/con medidas correctoras.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.120: Fase de funcionamiento: SIN / CON medidas correctoras**

IMPACTO PAISAJÍSTICO	EXTENSIÓN	SIGNO	INCIDENCIA	DURACIÓN	CARÁCTER	INDIVIDUALIDAD	MAGNITUD
Modificaciones fisiográficas							
Eliminación de formas							
Introducción de nuevas formas	P	-	D	L	R	S	L/L
Modificación-alternación cauces							
Eliminación de la vegetación existente							
Reintroducción de vegetación							
Modificaciones faunísticas							

X/X sin medidas correctoras/con medidas correctoras.

Fuente: Elaboración propia



**Tabla 10.121: Fase de Abandono: SIN / CON medidas correctoras**

IMPACTO PAISAJÍSTICO	EXTENSIÓN	SIGNO	INCIDENCIA	DURACIÓN	CARÁCTER	INDIVIDUALIDAD	MAGNITUD
Modificaciones fisiográficas	P	-	D	L	I	S	L/L
Eliminación de formas	P	+	D	L	R	S	L/L
Introducción de nuevas formas	P	-	D	L	R	S	L/L
Modificación-alternación cauces	P	-	D	L	I	S	L/L
Eliminación de la vegetación existente	P	-	D	L	I	S	L/L
Reintroducción de vegetación	P	+	D	L	R	S	L/L
Modificaciones faunísticas	P	-	D	L	I	S	L/L

X/X sin medidas correctoras/con medidas correctoras.

Fuente: Elaboración propia

Se trata en general de impactos moderados o leves, de extensión puntual, la incidencia es directa y la duración es a largo plazo. Los impactos tienen signo negativos salvo aquellos impactos que suponen labores de restauración.

Fundamentalmente los impactos paisajísticos se generaran en la fase de construcción y cierre. En la fase de funcionamiento la infraestructura prevista quedara integrada en su entorno ya que mayoritariamente es subterránea y en superficie solo serán visibles las bocas de metro. En cuanto a la escombrera esta será restaurada por lo que terminada la obra también quedara integrada en el paisaje. La cochera se ubica en un paisaje periurbano por lo que una vez terminadas las obras los edificios también se integraran en su entorno.

La sensibilidad de las unidades de paisaje ante las alteraciones paisajísticas se recoge en la tabla siguiente:

**Tabla 10.122: Sensibilidad de las unidades del paisaje**

UNIDAD	TIPO DE VEGETACIÓN	USOS DEL SUELO	PENDIENTE	VISIBILIDAD			TOTAL PUNTUACIÓN	CALIFICACIÓN
				FRECUENCIA	AMPLITUD	DESDE CASCO URBANO		
Quitumbe	6	7	4	2	5	4	4,66	Media
Casco histórico	4	3	6	5	8	10	6	Alta
Resto casco urbano	4	3	6	2	5	7	4,5	Media
Playa Alta-Gualupo	7	7	6	2	2	4	4,66	Media

Fuente Elaboración propia

Solo cabe destacar la alta sensibilidad del casco histórico de la ciudad declarado patrimonio de la Humanidad y con un valor patrimonial elevado por lo que los impactos paisajísticos podrían afectar a dicho valor.

La importancia de los impactos paisajístico en las tres fases y para cada una de las unidades de paisaje afectadas es leve salvo en el caso del casco histórico de Quito que es Moderado.

En el caso del Casco Histórico de Quito, durante las obras tendrá que ponerse el máximo cuidado en evitar el deterioro irreversible del patrimonio cultural durante las obras. El diseño de las obras visibles desde la superficie tendrá que integrarse en el entorno evitar afectar a visual de elevado interés sobre el patrimonio cultural presente.

## 10.6. MATRIZ RESUMEN DE IMPACTOS

A continuación, se incluye una matriz resumen con el Valor del Índice Ambiental Ponderado obtenido para cada uno de los impactos seleccionados, descritos y valorados en apartados anteriores.



Tabla 10.123: Matriz resumen de impactos

IMPACTOS	Fase de Construcción	Fase de operación	Fase de cierre
Afectación al clima y microclima	(**)	8,6	(**)
Afectación al medio por emisión de material particulado	-4,29	-1,12	-1,5
Afectación al medio por emisión de gases	-3,87	8,2	-2,71
Afectación al medio por emisiones acústicas	-2,97	7,8	-2,97
Afectación al medio por vibraciones	-2,7	-1,9	-2,7
Afectación al suelo	-1,93	-1,93	-1,27
Modificación en la generación de escorrentía	-4,36		4,56
Modificación del flujo de la escorrentía	-4,36	-4,36	
Contaminación del agua superficial	-5,84	-5,44	-5,2
Efecto dren sobre las aguas subterráneas	-3,88	-3,12	
Efecto pantalla sobre las aguas subterráneas	-7,08	-7,12	-7,12
Contaminación del agua subterránea	-5,84	-5,44	-5,2
Afectación a las comunidades biológicas	-1,81		
Afectación a la movilidad y accesibilidad urbana	-2,85	6,37	-2,85
Aumento del empleo y la actividad económica	4,84	6,12	4,84
Mejora de la calidad de vida de la población	-2,64	6,94	-2,49
Afectación al patrimonio cultural	(*)		
Impactos paisajísticos casco urbano histórico	(**)		
Impactos paisajísticos resto de zonas	(**)		

VIA (Índice Ambiental Ponderado)	
> 8	IMPACTO POSITIVO MUY ALTO
6-8	IMPACTO POSITIVO ALTO
2-6	IMPACTO POSITIVO MEDIO
< 2	IMPACTO POSITIVO BAJO
> 8	IMPACTO NEGATIVO MUY ALTO
6-8	IMPACTO NEGATIVO ALTO
2-6	IMPACTO NEGATIVO MEDIO
< 2	IMPACTO NEGATIVO BAJO

(\*) Este impacto deberá ser evaluado de forma definitiva durante la fase de construcción de las obras, en función del seguimiento arqueológico que deberá realizarse a lo largo de toda la ruta del metro

(\*\*) Según metodología indicada en apartados correspondientes

Fuente Elaboración propia

## 10.7. CONCLUSIONES

Para concluir este Estudio, es necesario valorar los resultados de la evaluación de impactos, ya que a pesar de haber obtenido varios impactos negativos, todos ellos admiten medidas de prevención o minimización, o bien su duración o magnitud no es comparable a la duración o magnitud de los grandes beneficios que proporciona el sistema de metro proyectado para el DMQ.

En primer lugar, los impactos asociados a la construcción de esta gran infraestructura, las molestias a la población por ruido, emisión de gases y partículas por encima de los niveles normales, o vibraciones superiores a las que se producen diariamente, o bien los perjuicios que pueden causar al medio ambiente unos mayores niveles de emisión de gases contaminantes y partículas, se ven disminuidos en la fase de funcionamiento a niveles inferiores a los existentes en la situación actual, y no dejan de ser molestias habituales que cualquier obra provoca.

En el caso de que se produzca contaminación de suelos por accidentes o derrames de aceites, grasas o carburantes, el impacto se considera insignificante ya que está previsto que se tomen importantes medidas preventivas y se gestionen adecuadamente los residuos producidos. Por otro lado, hay que considerar que se tiene constancia de que se producen accidentes y vertidos de lubricantes o bien otros contaminantes debido al tráfico rodado actual. Este nivel o riesgo de contaminación puede ser levemente superior al normal en la fase de construcción del metro, pero evidentemente bajará a niveles inferiores de los actuales en la fase de funcionamiento, debido a que habrá menos vehículos circulando en superficie y por tanto susceptibles de sufrir accidentes y contaminar el suelo.

El riesgo de contaminación del agua tanto superficial como subterránea se puede asemejar al riesgo de contaminación de suelos. En principio, durante la fase de construcción se aplicarán todas las medidas necesarias según la legislación vigente para evitar esa contaminación, que nunca será superior a la de cualquier obra de una envergadura similar, por lo que la relevancia de este posible perjuicio es bastante improbable. En cuanto a la dinámica del agua superficial y subterránea, ésta se puede ver alterada, pero como se ha comentado, se hará un estudio hidrológico-hidráulico intensivo con el fin de identificar y conocer con exactitud las características de los caudales circundantes y se realizarán las obras de forma que se altere lo mínimo posible, y siempre aplicando todas las medidas de mitigación que existan para evitar cambios en los regímenes naturales o bien cambios en las escorrentías que puedan provocar o acentuar eventos de inundaciones.

En cuanto a las comunidades biológicas que se pueden ver afectadas de forma negativa, hay que tener en cuenta que el impacto será bajo pero puntual, ya que son los parques los que albergan esas comunidades biológicas, y no suponen una extensión ni una riqueza biológica de gran valor. Además, este impacto también está ligado a las obras de construcción, por lo que será de duración temporal. Una vez terminen estas obras, todos los parques y sus comunidades florísticas y faunísticas serán restaurados, siempre intentando mejorar las condiciones naturales de dichas áreas, en relación a la situación actual. No obstante, se aplicarán también medidas de protección en las áreas que así lo requieran.



El patrimonio cultural, así como más específicamente los restos arqueológicos que se prevén descubrir con esta obra, sí se consideran de un gran valor, por lo que se aplicarán todas las medidas existentes para su protección, atendiendo también a la exigente legislación vigente. También es de destacar que es una buena oportunidad para descubrir, restaurar y exponer aquellos restos que hemos indicado y que se espera aparezcan en el lugar donde se va a construir la estación de San Francisco, por ejemplo. Existen experiencias anteriores, como es el caso del nuevo intercambiador de la puerta de sol en Madrid (España), en el cual se ha restaurado y expuesto a los viajeros los restos de los cimientos de la iglesia del Buen Suceso. Es ésta una buena oportunidad para poder poner en valor y mostrar a la población y a los turistas parte de la ciudad Inca que reposa debajo del centro histórico de Quito.

En cuanto a este último impacto, por supuesto se aplicarán las medidas preventivas necesarias para que no se vean dañados los edificios y monumentos que se encuentran en el centro de la ciudad y que tienen un alto valor, declarados Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en 1978. Esto último responde en parte a los impactos visuales negativos ya identificados. De nuevo estos impactos se producirán únicamente en la fase de construcción y cierre de este proyecto, lo que supone un carácter temporal, si bien en la fase de funcionamiento del metro, la infraestructura prevista quedará integrada en su entorno ya que mayoritariamente es subterránea y en superficie solo serán visibles las bocas de metro, que deberán integrarse en la estética urbana en la medida de lo posible. Una vez en funcionamiento, este sistema de metro permitirá que un mayor número de visitantes pueda contemplar este valioso patrimonio cultural, lo que supone de nuevo una ventaja económica y social del proyecto.

La movilidad supone uno de los impactos directos positivos más perceptibles. En este sentido es importante reseñar que en la actualidad está en proceso de desarrollo el **Plan de Movilidad Sostenible del Centro Histórico de Quito**, que pretende poner en valor el espacio público mediante la peatonalización del Centro Histórico de Quito, para lo cual es necesario dar solución a los problemas de accesibilidad, primando el transporte público con respecto al privado, y a lo cual contribuirá de forma significativa la puesta en marcha de la primera línea del Metro de Quito, que complementará al resto del transporte público existente colaborando a cumplir los objetivos de movilidad y accesibilidad perseguidos.

A continuación se destacan las principales ventajas de la construcción de un sistema de transporte masivo como la línea de metro que se presenta en comparación a la situación actual. En primer lugar, las ventajas, tanto ambientales como principalmente sociales, de este medio de transporte público en comparación con el autobús convencional o cualquier otro medio de superficie ya existente se resumen en las siguientes:

- Promueve la integración y ordenación urbana y el consecuente desarrollo territorial.
- Libera el tráfico rodado superficial en las principales vías, lo que permite disminuir la congestión, la contaminación por gases de combustión y el ruido, así como el tiempo empleado en los desplazamientos.
- Mejora el acceso a los puntos de interés, bien sean de carácter laboral, comercial o turístico.

- Mejora sensiblemente la calidad de vida de la población. En este ámbito se pueden nombrar muchos de los indicadores que se verán mejorados y que son los que miden el nivel de la calidad de vida de los habitantes de una urbe:
  - Aumento del empleo y diversificación del mismo. Tanto la construcción como el funcionamiento de este servicio promoverán la creación de un elevado número de empleos directos, no obstante, los puestos de trabajo indirectos también aumentarán, debido al desarrollo y crecimiento económicos de la población.
  - Indirectamente un medio de transporte integrador y masivo ayuda a evitar la segregación económica y social y a disminuir los índices de pobreza.
- Mejora el uso de los recursos naturales, como los derivados del petróleo, ya que sustituye la energía de combustibles fósiles por energía eléctrica, y además se disminuye la contaminación por los gases que emite la combustión de dichos recursos.
  - El consumo de energía y la ocupación de espacio son dos de las características en que los sistemas de transporte Metro son más eficientes. Estudios realizados por administraciones de otros países ponen de manifiesto que el espacio utilizado por los sistemas de metro es inferior al utilizado por buses y mucho menor en el caso de automóviles, y en relación al consumo de energía, con la misma cantidad de energía equivalente por pasajero, el Metro recorre más distancia que el bus y más del doble que el automóvil.

Los metros de Santiago de Chile, Bogotá, Santo Domingo y los estudios realizados para el metro que se encuentra en construcción en la Ciudad de Panamá pueden servir como antecedentes perfectos para pronosticar el éxito que va a suponer la construcción de la primera línea del metro de Quito, sin olvidar la experiencia de la empresa de Metro Madrid, que ha diseñado el proyecto.

Por éstas y por las anteriores razones concluimos que esta obra supondrá un antes y un después para el desarrollo de la ciudad de Quito y su población y por ende para el impulso económico y social del país.