



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO DE QUITO

**EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA
METRO DE QUITO
EPMMQ**

CAPÍTULO 10 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO PROPUESTO

- 10.1 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS**
- 10.2 METODOLOGÍA DE VALORACIÓN DE IMPACTOS**
- 10.3 VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES**
Incluye matriz de impactos ambientales
- 10.4 RESULTADOS**
- 10.5 CONCLUSIONES**

Quito, Noviembre de 2012

CAPÍTULO 10 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO PROPUESTO



ÍNDICE DE CONTENIDO

10. IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	10-1
10.1 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS.....	10-1
10.1.1 IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES FACTORES IMPACTADOS Y ACCIONES IMPACTANTES.....	10-1
10.1.2 MATRIZ CAUSA –EFECTO	10-3
10.1.3 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS.....	10-3
10.2 METODOLOGÍA DE VALORACIÓN DE IMPACTOS.....	10-4
10.2.1 INTRODUCCIÓN	10-4
10.2.2 METODOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	10-4
10.2.3 METODOLOGÍA PARA LA VALORACIÓN DE IMPACTOS	10-4
10.3 VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.....	10-8
10.3.1 VALORACIÓN DE LA AFECTACIÓN AL MEDIO POR EMISIÓN DE MATERIAL PARTICULADO.....	10-9
10.3.2 VALORACIÓN DE LA AFECTACIÓN AL MEDIO POR EMISIÓN DE GASES	10-15
10.3.3 VALORACIÓN DE LA AFECTACIÓN AL MEDIO POR EMISIONES ACÚSTICAS	10-21
10.3.4 VALORACIÓN DE LA AFECTACIÓN AL MEDIO POR VIBRACIONES.....	10-31
10.3.5 VALORACIÓN DE LA AFECTACIÓN A SUELOS.....	10-37
10.3.6 VALORACIÓN DEL CONSUMO DE RECURSOS GEOLÓGICOS.....	10-43
10.3.7 VALORACIÓN DE LAS MODIFICACIONES EN LA GENERACIÓN DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL.....	10-43
10.3.8 VALORACIÓN DE LAS MODIFICACIONES DE LOS FLUJOS DE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL.	10-45
10.3.9 CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUPERFICIAL.....	10-47
10.3.10 VALORACIÓN DEL EFECTO DREN SOBRE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS	10-48
10.3.11 VALORACIÓN DEL EFECTO PANTALLA SOBRE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS	10-50
10.3.12 CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA.....	10-51
10.3.13 VALORACIÓN DE LA AFECTACIÓN A LAS COMUNIDADES BIOLÓGICAS.....	10-52
10.3.14 VALORACIÓN DE LA AFECTACIÓN A LA MOVILIDAD Y ACCESIBILIDAD URBANA.....	10-55
10.3.15 VALORACIÓN DEL AUMENTO DEL EMPLEO Y LA ACTIVIDAD ECONÓMICA	10-62
10.3.16 VALORACIÓN DE LA MEJORA DE LA CALIDAD DE VIDA DE LA POBLACIÓN DE QUITO	10-66
10.3.17 VALORACIÓN DE LA AFECTACIÓN AL PATRIMONIO CULTURAL	10-68
10.3.18 VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS PAISAJÍSTICOS.....	10-75
10.4 RESULTADOS.....	10-91
10.4.1 DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS SIGNIFICATIVOS	10-91
10.5 CONCLUSIONES	10-118
10.5.1 MATRIZ RESUMEN DE IMPACTOS.....	10-118
10.5.2 CONCLUSIONES	10-120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 10.1: Simulación del incremento de emisiones para MP2,5 en distintas estaciones en fase de construcción	10-11
Figura 10.2: Estimación económica de la reducción de la emisión de gases con efecto invernadero.....	10-17
Figura 10.3: Evolución del nivel de ruido por zonas administrativas	10-22
Figura 10.4: Estimación de las externalidades asociadas a la disminución de ruido	10-26
Figura 10.5: Valores pico vs frecuencia de vibraciones	10-31
Figura 10.6: Grado de afectación a humanos a lo largo de la ruta	10-31
Figura 10.7 Curva base para límite de transmisión de vibraciones.....	10-32
Figura 10.8: Límites asociados con el confort en función de la frecuencia del registro	10-34
Figura 10.9 Vista aérea de una cochera.....	10-44
Figura 10.10: Cauces en la zona de Quitumbe.....	10-45
Figura 10.11: Cuencas Hidrográficas y principales cauces en la zona de Quitumbe.....	10-46
Figura 10.12: Población total del DMQ por macrozonas.....	10-55
Figura 10.13: Macrozonas del ámbito de estudio	10-55A
Figura 10.14: Estudio de movilidad y demanda de Quito	10-56
Figura 10.15: Ubicación de la estación Universidad Central.....	10-56
Figura 10.16: Viajes mecanizados realizados en día laborable por tipo de transporte	10-57
Figura 10.17: Sistema Integrado de Transporte Masivo para Quito	10-59
Figura 10.18: Esquema del sistema integral de transporte público del DMQ.....	10-63
Figura 10.19: Iglesia y Plaza de San Francisco.....	10-68
Figura 10.20: Planeamiento. Plan de Movilidad Sostenible en el centro de Quito.....	10-69
Figura 10.21: Importancia del impacto-integración paisajística	10-75
Figura 10.22 Conceptos en valoración de integración paisajística	10-77
Figura 10.23 Sensibilidad del paisaje.....	10-84
Figura 10.24: Importancia del impacto.....	10-84
Figura 10.25 Valores pico vs frecuencia de vibraciones	10-97
Figura 10.26 Grado de afectación a humanos a lo largo de la ruta	10-98
Figura 10.27 Tipos de suelo y suelo con cangahua	10-96
Figura 10.28 Cuenca hidrográfica del río Machángara, foto en las proximidades de Quito y túnel de encauzamiento	10-100
Figura 10.29 Efecto dren de un túnel sobre un acuífero libre	10-102
Figura 10.30 Parque donde se ubicará la estación de El Ejido	10-105
Figura 10.31 Parque de La Carolina	10-105



Figura 10.32 Evolución del tiempo de viaje por método de transporte en el distrito metropolitano de Quito 10-109

Figura 10.33 Evolución del campo magnético generado por una línea eléctrica de alta tensión en función de la altura sobre la superficie 10-116

Figura 10.34 Representación gráfica de los valores porcentuales por componente ambiental para la fase de funcionamiento del metro 10-120

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 10.1 Identificación de factores 10-1

Cuadro 10.2 Actividades y acciones en la fase de diseño..... 10-2

Cuadro 10.3 Actividades y acciones en la fase de construcción..... 10-2

Cuadro 10.4 Actividades y acciones en la fase de operación y mantenimiento 10-2

Cuadro 10.5 Actividades y acciones en la fase de cierre 10-3

Cuadro 10.6 Selección de impactos ambientales que pueden presentarse durante el proyecto. 10-3

Cuadro 10.7 Carácter del impacto 10-6

Cuadro 10.8 Escala de valoración de la intensidad de los impactos 10-6

Cuadro 10.9 Escala de valoración de la extensión de los impactos..... 10-7

Cuadro 10.10 Escala de valoración de la duración de los impactos 10-7

Cuadro 10.11 Escala de valoración de la reversibilidad de los impactos..... 10-7

Cuadro 10.12 Escala de valoración de la probabilidad de ocurrencia de los impactos 10-7

Cuadro 10.13 Escala de valoración del valor del índice ambiental ponderado..... 10-8

Cuadro 10.14 Escala de valoración de la intensidad de la afectación al medio por emisión de gases invernadero..... 10-8

Cuadro 10.15 Valoración global del impacto..... 10-9

Cuadro 10.16 Parámetros estimados para la carga y descarga del material..... 10-10

Cuadro 10.17 Parámetros estimados para el tránsito de maquinaria..... 10-11

Cuadro 10.18 Escala de valoración de la intensidad de la afectación al medio por emisión de material particulado 10-12

Cuadro 10.19 Valoración del impacto afectación al medio por emisión de material particulado (fase construcción) 10-13

Cuadro 10.20 Valoración del impacto afectación al medio por emisión de material particulado (fase operación y mantenimiento) 10-14

Cuadro 10.21 Valoración del impacto afectación al medio por emisión de material particulado (fase cierre) 10-14

Cuadro 10.22 Límites establecidos a los contaminantes comunes del aire 10-15

Cuadro 10.23 Concentraciones de contaminantes comunes que definen los niveles de alerta, de alarma y de emergencia en la calidad del aire ^[1] 10-16

Cuadro 10.24 Escala de valoración de la intensidad de la afectación al medio por emisión de gases 10-17

Cuadro 10.25 Valoración del impacto afectación al medio por emisión de gases (fase construcción) 10-19

Cuadro 10.26 Valoración del impacto afectación al medio por emisión de gases (fase operación y mantenimiento) 10-20

Cuadro 10.27 Valoración del impacto afectación al medio por emisión de gases (fase cierre) 10-20

Cuadro 10.28 Registros con valores altos de ruido años 2005 y 2006, en Quito 10-21

Cuadro 10.29 Registros de ruido por administración zonal entre 2003 y 2006 10-21

Cuadro 10.30 Niveles máximos de ruido permisibles según uso del suelo 10-22

Cuadro 10.31 Niveles de presión sonora máxima para vehículos automotores 10-22

Cuadro 10.32 Valores límite recomendados por la OMS para ruido..... 10-26

Cuadro 10.33 Escala de valoración de la intensidad de la afectación al medio por emisiones acústicas 10-27

Cuadro 10.34 Valoración del impacto afectación al medio por emisiones acústicas (fase construcción) 10-28

Cuadro 10.35 Valoración del impacto afectación al medio por emisiones acústicas (fase operación y mantenimiento) 10-29

Cuadro 10.36 Valoración del impacto afectación al medio por emisiones acústicas (fase cierre)..... 10-30

Cuadro 10.37 Ubicación de valores anómalos..... 10-31

Cuadro 10.38 Límite de transmisión de vibraciones 10-32

Cuadro 10.39 Valores límite de velocidad de partícula (mm/s) para evitar daños (Norma DIN 4150)... 10-33

Cuadro 10.40 Valores de velocidad de partícula establecidos en la referencia (ITME, 1985)..... 10-33

Cuadro 10.41 Escala de valoración de la intensidad de la afectación al medio por vibraciones..... 10-34

Cuadro 10.42 Valoración del impacto afectación al medio por vibraciones (fase construcción) 10-35

Cuadro 10.43 Valoración del impacto afectación al medio por vibraciones (fase operación y mantenimiento) 10-36

Cuadro 10.44 Valoración del impacto afectación al medio por vibraciones (fase cierre)..... 10-36

Cuadro 10.45 Límites establecidos a los contaminantes del suelo..... 10-38

Cuadro 10.46 Escala de valoración de la intensidad de la afectación al suelo por contaminación 10-39

Cuadro 10.47 Valoración del impacto afectación al suelo por contaminación (fase construcción).... 10-41

Cuadro 10.48 Valoración del impacto afectación al suelo por contaminación (fase operación y mantenimiento)..... 10-42

Cuadro 10.49 Valoración del impacto afectación al suelo por contaminación (fase cierre)..... 10-42

Cuadro 10.50 Escala de valoración de las modificaciones en la generación de escorrentía superficial 10-44

Cuadro 10.51 Valoración del impacto modificación de la generación de la escorrentía superficial (fase construcción) 10-44



Cuadro 10.52 Valoración del impacto	
modificación de la generación de la escorrentía superficial (fase cierre)	10-45
Cuadro 10.53 Escala de valoración	
de la intensidad de la modificación de los flujos de la escorrentía superficial.....	10-46
Cuadro 10.54 Valoración del impacto	
modificación de los flujos de la escorrentía superficial (fase construcción).....	10-47
Cuadro 10.55 Valoración del impacto	
modificación de los flujos de la escorrentía superficial (fase funcionamiento).....	10-47
Cuadro 10.56 Escala de valoración de la intensidad de la contaminación del agua superficial	10-47
Cuadro 10.57 Valoración del impacto contaminación del agua superficial (fase construcción)	10-48
Cuadro 10.58 Valoración del impacto contaminación del agua superficial (fase funcionamiento)	10-48
Cuadro 10.59 Valoración del impacto contaminación del agua superficial (fase cierre)	10-48
Cuadro 10.60 Recursos, drenaje y porcentaje de recursos respecto a drenaje	10-50
Cuadro 10.61 Escala de valoración de la intensidad de la contaminación del agua subterránea	10-51
Cuadro 10.62 Valoración del impacto contaminación del agua subterránea (fase construcción)	10-52
Cuadro 10.63 Valoración del impacto contaminación del agua subterránea (fase funcionamiento)	10-52
Cuadro 10.64 Valoración del impacto contaminación del agua subterránea (fase cierre)	10-52
Cuadro 10.65 Escala de valoración de la intensidad de la afectación a la vegetación	10-53
Cuadro 10.66 Valoración del impacto afectación a la vegetación (fase construcción)	10-54
Cuadro 10.67: Propiedades en el área de las estaciones del Metro	10-58
Cuadro 10.68 Escala de la variable	
intensidad para la mejora de la movilidad y accesibilidad urbana (fase funcionamiento)	10-60
Cuadro 10.69 Valoración del impacto	
Mejora de la Movilidad y Accesibilidad Urbanas (fase operación y mantenimiento)	10-61
Cuadro 10.70 Escala de la variable Intensidad (fase de construcción)	10-61
Cuadro 10.71 Valoración del impacto	
mejora de la movilidad y accesibilidad urbanas (fase construcción)	10-62
Cuadro 10.72 Valoración del impacto	
afectación a la movilidad y accesibilidad urbanas (fase cierre)	10-62
Cuadro 10.73 Evolución de los ingresos medios en el DMQ	10-63
Cuadro 10.74 Escala de Intensidad	
del impacto del aumento del Empleo y la Actividad Económica	10-64
Cuadro 10.75 Valoración del impacto	
Aumento del empleo y de la actividad económica (fase construcción y cierre).....	10-64
Cuadro 10.76 Valoración del impacto	
Aumento del empleo y de la actividad económica (fase operación y mantenimiento)	10-65
Cuadro 10.77 Escala de la variable Intensidad de la mejora de la calidad de vida de la población	10-66
Cuadro 10.78 Valoración del impacto	
Mejora de la Calidad de Vida de la Población (fase de construcción).....	10-67

Cuadro 10.79 Valoración del impacto	
Mejora de la Calidad de vida de la población (fase operación y mantenimiento).....	10-67
Cuadro 10.80 Valoración del impacto	
Mejora de la Calidad de Vida de la Población Urbanas (fase cierre).....	10-67
Cuadro 10.81 Escala de valoración de la afectación al patrimonio cultural	10-70
Cuadro 10.82 Valoración del impacto afectación al patrimonio cultural (fase construcción)	10-71
Cuadro 10.83 Valoración del impacto	
afectación al patrimonio cultural (fase operación y mantenimiento)	10-72
Cuadro 10.84 Valoración del impacto afectación al patrimonio cultural (fase cierre)	10-72
Cuadro 10.85 Valoración del impacto afectación	
al patrimonio cultural relacionado con el CHQ: Plaza San Francisco y su área de influencia.....	10-74
Cuadro 10.86 Fase de construcción: SIN / CON medidas correctoras	10-78
Cuadro 10.87 Fase de funcionamiento: SIN / CON medidas correctoras	10-78
Cuadro 10.88 Fase de Abandono: SIN / CON medidas correctoras	10-78
Cuadro 10.89 Rango de valoración de	
la singularidad o escasez de los elementos del paisaje a nivel local y regional	10-79
Cuadro 10.90 Rango de valoración de	
la singularidad o escasez de los elementos del paisaje en el ámbito de actuación.....	10-80
Cuadro 10.91 Unidad 1 Quitumbe	10-80
Cuadro 10.92 Unidad 2 urbana de Quito	10-80
Cuadro 10.93 Unidad 3 Playa Alta-Gualupo	10-81
Cuadro 10.94 Valoración asignada a cada tipo de componente	10-81
Cuadro 10.95 Escala de puntuación	10-82
Cuadro 10.96 Valoración de los	
elementos que condicionan la vulnerabilidad frente a cambios del paisaje	10-82
Cuadro 10.97 Criterios de valoración numérica de la vulnerabilidad del paisaje	10-83
Cuadro 10.98 Asignación de valores	10-83
Cuadro 10.99 Objetivos de calidad	10-83
Cuadro 10.100 Escala de valoración de los objetivos de calidad	10-83
Cuadro 10.101 Valores asignadas a los objetivos de calidad	10-83
Cuadro 10.102 Grado de sensibilidad de la unidad del paisaje	10-83
Cuadro 10.103 Valores asignados a las unidades del paisaje	10-84
Cuadro 10.104 Rango de valoración de la magnitud del impacto	10-84
Cuadro 10.105 Fase de construcción: SIN / CON medidas correctoras	10-85
Cuadro 10.106 Fase de funcionamiento: SIN / CON medidas correctoras	10-85
Cuadro 10.107 Fase de abandono: SIN / CON medidas correctoras	10-86
Cuadro 10.108 Fase de construcción: SIN / CON medidas correctoras	10-86
Cuadro 10.109 Fase de funcionamiento: SIN / CON medidas correctoras	10-86



Cuadro 10.110 Fase de abandono: SIN / CON medidas correctoras	10-86
Cuadro 10.111 Fase de construcción: SIN / CON medidas correctoras.....	10-87
Cuadro 10.112 Fase de funcionamiento: SIN / CON medidas correctoras	10-88
Cuadro 10.113 Fase de abandono: SIN / CON medidas correctoras	10-88
Cuadro 10.114 Fase de construcción: SIN / CON medidas correctoras.....	10-88
Cuadro 10.115 Fase de funcionamiento: SIN / CON medidas correctoras	10-88
Cuadro 10.116 Fase de abandono: SIN / CON medidas correctoras	10-89
Cuadro10.117 Fase de construcción: SIN / CON medidas correctoras.....	10-89
Cuadro10.118: Fase de funcionamiento: SIN / CON medidas correctoras	10-89
Cuadro 10.119 Fase de Abandono: SIN / CON medidas correctoras.....	10-90
Cuadro 10.120 Sensibilidad de las unidades del paisaje.....	10-91
Cuadro 10.121 Población afectada directamente por el proyecto	10-108
Cuadro 10.122 Resumen de los límites de exposición recomendados por la ICNIRP.....	10-117
Cuadro 10.123 Exposición típica a campos electromagnéticos de la población	10-118
Cuadro 10.124 Matriz resumen de impactos	10-118



10. IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

10.1 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS.

10.1.1 Identificación de posibles factores impactados y acciones impactantes.

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

Para cada uno de los factores ambientales, se estudiarán las acciones del proyecto de la Primera Línea del Metro de Quito 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 el siguiente cuadro 10.1, en donde se muestran los componentes ambientales, factores ambientales e indicadores de alteración. Los factores ambientales se han descrito de acuerdo al ambiente físico, biótico y socioeconómico inherentes al proyecto. La estructura de la matriz mostrada se ha realizado en base a un análisis del grupo multidisciplinario que participó en la evaluación y calificación de impactos. Los conocimientos de las condiciones ambientales y sociales, proporcionadas por la línea base del presente estudio, ha permitido la elaboración de la lista de factores ambientales que se muestra en el cuadro 10.1. Estos factores ambientales son identificados como los receptores de los impactos que se podrían generar en las diferentes etapas del proyecto, desde el inicio hasta el cierre.

Cuadro 10.1 Identificación de factores

COMPONENTES	FACTORES	INDICADOR DE ALTERACIÓN
FÍSICO	AIRE	Emisión de material particulado
		Emisión de Gases (CO, SO ₂ , NO ₂ y O ₃)
		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	Temperatura
Capa de suelo húmico (espesor, retirada...)		
Calidad de suelo horizontes Inferiores (contaminación)		
GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICO	Factores físicos singulares (apertura, compactación...)	
	Geomorfología	
	Recursos minerales	
BIÓTICO	VEGETACIÓN	Geología
		Diversidad y abundancia
		Especies endémicas y amenazadas
	FAUNA	Barreras
		Diversidad y abundancia
		Especies endémicas y amenazadas
	ECOSISTEMAS	Barreras
		Hábitats
		Corredores biológicos
SOCIAL	MEDIO SOCIAL	Bienestar
		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. 2012



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

- Fase de diseño
- Fase de construcción
- Fase de operación y mantenimiento
- Fase de cierre

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

Fase de diseño

Cuadro 10.2 Actividades y acciones en la fase de diseño.

ACTIVIDADES	ACCIONES
Diseño de las obras	Estudios de factibilidad
	Estudios geotécnicos previos
	Estudios topográficos e identificación de afecciones
	Redacción del proyecto
	Estudio de impacto ambiental

Fase de Construcción

Cuadro 10.3 Actividades y acciones en la fase de construcción

ACTIVIDADES	ACCIONES
Preparación	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 cobertura vegetal
	Excavación y relleno
	Transporte, carga y descarga de materiales y su almacenaje
Construcción de túneles	Excavación y movimiento de tierras
	Sostenimiento y revestimiento
	Drenaje
	Retiro de escombros
	Colocación del sistema ferroviario e instalaciones

ACTIVIDADES	ACCIONES
Construcción de estaciones	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
Construcción de cocheras	Excavación y movimiento de tierras
	Obras civiles
	Instalaciones y servicios
	Retiro de escombros
Actividades auxiliares	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. 2012

Fase de Operación y Mantenimiento

Cuadro 10.4 Actividades y acciones en la fase de operación y mantenimiento

ACTIVIDADES	ACCIONES
Operación	Funcionamiento de la línea
	Operación de estaciones
	Operación de cocheras
	Contratación de personal
	Procesos requeridos para brindar el servicio diario



ACTIVIDADES	ACCIONES
Mantenimiento	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
	Movilización y generación de desechos
Actividades auxiliares	Contratación de personal
	Desechos

Fuente: Elaboración propia. 2012

Fase de cierre

Cuadro 10.5 Actividades y acciones en la fase de cierre

ACTIVIDADES	ACCIONES
Cierre	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. 2012

10.1.2 Matriz Causa –efecto

La matriz se encuentra en los anejos, por sus dimensiones, se puede consultar en un tamaño mayor.

10.1.3 Identificación de impactos

Con base en el 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. Por esta razón, no se incluirán los efectos de las acciones de la fase de diseño en los diferentes factores, se consideran actividades muy puntuales, leves y que causan el mínimo impacto, por lo que no se incluirán en la lista de impactos significativos.

Los siguientes 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 el cuadro siguiente:

Cuadro 10.6 Selección de impactos ambientales que pueden presentarse durante el proyecto.

IMPACTOS AMBIENTALES
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. 2012

10.2 METODOLOGÍA DE VALORACIÓN DE IMPACTOS

10.2.1 Introducción

La metodología a utilizar en el presente Estudio de Impacto Ambiental y Socio Cultural para la identificación y valoración de los impactos se basa en los métodos matriciales de identificación y valoración de impactos (Método de Leopold) pero adaptada al estudio presente y teniendo en cuenta la legislación ecuatoriana para la identificación y valoración de impactos, la metodología ya utilizada en el EsIA Preliminar y la amplia experiencia del equipo consultor en este campo.

El equipo redactor del Estudio está formado por un grupo multidisciplinario de expertos con amplia experiencia en estos temas. Este equipo se reúne de manera periódica para discutir sobre la metodología a aplicar y los resultados obtenidos. Para las discusiones planteadas se utiliza el método Delphi, cuyo objetivo es la consecución de un consenso basado en la discusión entre expertos, a través de la realización de cuestionarios que recogen todas las posibilidades. Las conclusiones de esos cuestionarios retroalimentan el proceso y de esta manera se llega a las conclusiones adoptadas.

En los siguientes apartados se presentan las metodologías empleadas para la identificación y valoración de los posibles impactos al ambiente y al medio socio cultural, asociados con el proyecto Primera Línea del Metro de Quito. Para la valoración de los impactos, el equipo redactor se ha basado en la descripción del proyecto, el diseño de los planos y el levantamiento de la línea base ambiental.

Con el método matricial se representa bidimensionalmente las relaciones entre factores-impactos y acciones-impactos que permiten obtener todos los posibles impactos potenciales para después calificarlos como positivos o negativos y calcular su importancia y magnitud para poder, posteriormente, establecer una priorización de los impactos.

A continuación se detallan ambas metodologías:

10.2.2 Metodología de identificación de impactos ambientales

La metodología utilizada para la identificación de impactos ambientales es la siguiente:

- a. En primer lugar el equipo redactor del estudio de impacto ambiental realiza una identificación de los factores del medio que pueden sufrir impactos ambientales.
- b. Posteriormente se procede a identificar por parte del equipo redactor del estudio de impacto ambiental las actividades y acciones derivadas del proyecto que pueden ocasionar impactos ambientales. La identificación de las actividades y acciones impactantes se realiza para cada una de las fases en las que se puede dividir el proyecto (Fase de diseño, Fase de construcción, operación y mantenimiento, y fase de abandono)

- c. Identificados los factores del medio que pueden sufrir impactos, las actividades y acciones del proyecto que pueden ocasionar impactos ambientales, se procede a identificar los posibles impactos ambientales derivados del proyecto, a través de una matriz causa-efecto o Matriz de Leopold.
- d. En base al conjunto de impactos detectados, por la interacción de actividades impactantes y factores susceptibles de ser impactados, se hará una valoración cuantitativa y cualitativa de los mismos, para detectar aquellos significativos y elaborar entonces los planes para prevenir, mitigar y/o corregir los mismos. A partir del listado de impactos identificados, se aplicará la metodología que se detalla a continuación para la obtención de un Valor de Índice Ambiental.

10.2.3 Metodología para la valoración de impactos

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

Es importante señalar que en este Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental, la valoración y posterior priorización serán lo más objetivas posible y se basarán en la normativa actual, estudios científicos y en la experiencia obtenida en proyectos similares.

La evaluación de los impactos consiste en un análisis matricial, en donde su caracterización cuantitativa se fundamenta en la cuantificación de una serie de criterios de evaluación asignados a dichos impactos.

Dichos criterios son la naturaleza, intensidad, extensión, duración, reversibilidad, riesgo y magnitud del impacto. Con todo ello calculamos el **Valor del Índice Ambiental (o índice Ambiental Ponderado)** (VIA). Con este valor (VIA) se procede a una priorización de los impactos basándonos en la siguiente disgregación:



VIA (INDICE AMBIENTAL PONDERADO)	
VALOR	
Mayor de 8,1	IMPACTO POSITIVO MUY ALTO
de 6,1 a 8	IMPACTO POSITIVO ALTO
de 2,1 a 6	IMPACTO POSITIVO MEDIO
de 0 a 2	IMPACTO POSITIVO BAJO
de 0 a -2	IMPACTO NEGATIVO BAJO
de -2,1 a -6	IMPACTO NEGATIVO MEDIO
de -6,1 a -8	IMPACTO NEGATIVO ALTO
menor de -8,1	IMPACTO NEGATIVO MUY ALTO

En la actualidad existen diferentes tipos de impactos ambientales. La metodología a utilizar en el presente Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental para la evaluación de los impactos tiene en cuenta tanto los impactos definitivos seleccionados como las fases de proyecto consideradas. La evaluación de los impactos consiste en un análisis matricial, en donde su caracterización cuantitativa se fundamenta en la cuantificación de una serie de criterios de evaluación asignados a dichos impactos

En el cuadro 10.10.-Escala de valoración de la duración de los impactos, se describe la escala para definir si los impactos serán de corto o largo plazo, tomando en cuenta si el impacto es permanente, temporal o transitorio.

En el cuadro 10.11 Escala de valoración de reversibilidad de los impactos, se muestra las escalas cuando los impactos serán calificados como irreversibles, parcialmente reversibles o irreversibles.

En el cuadro 10.12 Escala de valoración de la probabilidad del impacto, se detalla cuando un impacto se lo caracteriza como inevitable ya que de acuerdo al riesgo del mismo, el impacto se producirá de forma real e inevitable.

Además se consideran como impactos ambientales directos a aquellos que repercutirán directamente sobre el ecosistema, impactos indirectos a aquellos que no se identifican fácilmente, originando cambios ambientales o sociales, asociados con los impactos generados a largo plazo.

Los impactos acumulativos serán tomados en cuenta como aquel efecto que al prolongarse en el tiempo la acción del agente inductor, incrementa progresivamente su gravedad al carecer el medio de mecanismos de eliminación con efectividad temporal similará la del incremento de la acción causante del daño. Los impactos reversibles serán aquellos en los que la alteración puede ser asimilada por el entorno de forma medible, acorto, mediano o largo

plazo, debido al funcionamiento de los procesos naturales de la sucesión ecológica y de los mecanismos de autodepuración del medio a diferencia de los impactos irreversibles en los que cuyo efecto supone la imposibilidad o dificultad extrema de retornar, por medios naturales, a la situación anterior. Los impactos inevitable serán aquellos que su presencia durante no pueda ser evitada, solamente controlada.

A continuación se detallan todos los pasos de la presente metodología.

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

Donde cada factor es:

Intensidad: Grado de afectación. Representa la cuantía o el grado de incidencia del impacto sobre el elemento en el ámbito específico en que actúa.

Extensión: Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto (%del área respecto al entorno en que se manifiesta).

Duración: Refleja el tiempo en que supuestamente permanecerá el efecto desde su aparición.

Las escalas a utilizar para evaluar los factores anteriores se muestran en las tablas que siguientes.

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. Los valores adoptados para cada uno de ellos son fruto de decisión del equipo redactor del Estudio de Impacto Ambiental, basándose en la experiencia previa y en las características de la obra y del terreno. Como



puede observarse se ha mayorado el factor duración en contraposición al de intensidad y extensión debido a la gran vida útil que tendrá la obra.

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. Para determinar los valores a considerar el equipo redactor se ha basado en la amplia experiencia que posee en Estudios de Impacto Ambiental y siempre bajo un consenso de todo el equipo redactor, consultando a determinados especialistas, en caso de ser necesario. Los criterios utilizados para la determinación de esos valores se detallan, más adelante, en los apartados específicos de valoración de cada impacto.

Al valor final de la magnitud se le asigna la **naturaleza** del impacto. Esta naturaleza se refiere al efecto beneficioso (+) o perjudicial (-) de los diferentes impactos que van a incidir sobre los factores. Es decir será de signo negativo si el impacto evaluado es de carácter adverso, y de signo + si es de carácter positivo.

Una vez obtenido el valor de la magnitud de los impactos, se continúa con el cálculo del Valor de Índice Ambiental (VIA). En nuestro caso, el Valor del Índice Ambiental se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$VIA = [(R \times W_r) + (RG \times W_{rg}) + (M \times W_m)]$$

Donde:

- R: Reversibilidad
- RG: Riesgo
- M: Magnitud

Donde cada factor es:

Reversibilidad: posibilidad de regresar a las condiciones iniciales por medios naturales. Hace referencia al efecto en el que la alteración puede ser asimilada por el entorno (de forma medible a corto, mediano y largo plazo o irreversible) debido al funcionamiento de los procesos naturales.

Riesgo: Característica que indica la probabilidad que se manifieste un efecto en el ambiente.

Las escalas a utilizar para evaluar los factores anteriores se muestran en las tablas que siguientes.

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

- W_r : peso del criterio reversibilidad = 0,6
- W_{rg} : peso del criterio riesgo = 0,2
- W_m : peso del criterio magnitud = 0,2

Los tres índices de ponderación en la fórmula antes indicada (w_r , w_{rg} , w_m), son utilizados para distribuir el peso o importancia entre los criterios de evaluación: reversibilidad, riesgo y magnitud. 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. Los valores adoptados para cada uno de ellos son fruto de decisión del equipo redactor del Estudio de Impacto Ambiental, basándose en la experiencia previa y en las características de la obra y del terreno. Como puede observarse se ha mayorado el factor reversibilidad en contraposición al de riesgo y magnitud para hacer énfasis a la importancia que tiene que el efecto de un impacto negativo vuelva fácilmente y en un tiempo prudencial a su estado original.

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

El carácter o naturaleza del impacto se valorará según el siguiente cuadro:

Cuadro 10.7 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. 2012

La escala de valoración de la intensidad de los impactos será la reflejada en el siguiente cuadro. 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.

Cuadro 10.8 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. 2012

El área de influencia se valorará según el siguiente cuadro:



Cuadro 10.9 Escala de valoración de la extensión de los impactos

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

Fuente: Elaboración propia. 2012

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

Cuadro 10.10 Escala de valoración de la duración de los impactos

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

Fuente: Elaboración propia. 2012

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

Cuadro 10.11 Escala de valoración de la reversibilidad de los impactos

VARIABLE	SÍMBOLO	CARÁCTER	ESCALA DE CALIFICACIÓN	TIPO DE IMPACTO
Reversibilidad	Rv	Irreversible.- Si el elemento ambiental afectado no puede ser recuperado	10	Irreversible
		Parcialmente reversible.- Señala un estado intermedio donde la recuperación será dirigida y con ayuda humana, a largo plazo (>5 años)	8-9	Parcialmente reversible
		Reversible.- Si el elemento ambiental afectado puede volver a un estado similar al inicial en forma natural a medio plazo (1-5 años)	4-7	Reversible
		Reversible- Si el elemento ambiental afectado puede volver a un estado similar a corto plazo (0-1 año)	1-3	Reversible

Fuente: Elaboración propia. 2012

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

Cuadro 10.12 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. 2012

Con estos valores será posible proceder al cálculo del Valor del Índice Ambiental (VIA, que nos ayudará a calificar los impactos según el siguiente cuadro:



Cuadro 10.13 Escala de valoración del valor del índice ambiental ponderado

VARIABLE	SÍMBOLO	CARÁCTER	ESCALA DE CALIFICACIÓN	TIPO DE IMPACTO
Valor del Índice ambiental ponderado	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. 2012

10.3 VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.

A continuación se realizará la valoración de los distintos impactos identificados a partir de la metodología descrita en apartados anteriores, en este caso la Matriz Causa – Efecto o Matriz de Leopold.. Para cada uno de los impactos se procederá a definir la escala de calificación de la variable cualitativa intensidad, así como el carácter o naturaleza del mismo, pues estos parámetros dependerán de cada uno de los impactos.

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 del Metro de Quito.

Las emisiones equivalentes de CO₂ en la fase de construcción que dura 37 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 CO₂/kwh y unas 25.000 toneladas procederán de la maquinaria y camiones de obra estimándose una potencia media instalada de entre 5.000 y 10.000 CV con unos consumos de 0,18 l/CV/h y un factor de conversión de 2,6 kg CO₂/l.

En la fase de funcionamiento de la Primera Línea del Metro de Quito, de los datos reflejados en el Estudio de Viabilidad Socio Económica perteneciente al Estudio de Factibilidad de la primera línea del metro de Quito, realizado por Metro de Madrid S.A., puede deducirse que, de forma indicativa, se reducirá el tráfico rodado en 45.393 vehículos al día para el año 2016 y en 67.647 vehículos al día para el año 2020. Esta reducción del tráfico rodado conllevará una reducción de las emisiones de CO₂. Según el PIN (Proyect Idea Note) del Urban Rail Mass Transportations System in the City of Quito, de la UNMQ, se estima que la reducción de las emisiones de CO₂ anual será de unas 163.942 toneladas, por lo que en 10 años se evitarán emitir en torno a 1.693.420 toneladas de CO₂.

En la fase de cierre se estima que las emisiones de CO₂ serán 1% de las necesarias para la construcción de la obra o sea unas 1.000 toneladas.

Así pues se está ante un impacto de naturaleza o carácter positivo ya que se reducen las emisiones de CO₂ a la atmósfera durante todo el periodo de tiempo que abarca la fase de funcionamiento del proyecto, que supone unos 150 años, prorrogables. La valoración de la intensidad de la afectación se realizará según la escala siguiente:

Cuadro 10.14 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 ₂	8-10	Impacto Alto
		Medio: reducción entre 101.000 y 250.000 toneladas de CO ₂	5	Impacto Medio
		Bajo: emisión reducción entre 0 y 100.000 toneladas de CO ₂	0-2	Impacto Bajo

Fuente: Elaboración propia. 2012

La asignación de valores a los parámetros para la evaluación global del impacto se ha realizado en base a la experiencia del equipo consultor en relación a la materia y teniendo en cuenta las afecciones de impactos que se han producido en obras similares como las del metro de Barcelona, la línea 2 del metro de Valencia, el tranvía de Murcia o la nueva Línea de Metro Ligero de Pinar de Chamartín-Sanchinarro, en Madrid.

En el caso concreto de la afectación al clima y microclima de la zona, se ha considerado que por el tipo de obra de la que se trata será de intensidad alta. La extensión, al tratarse de una obra de unos 22 km de largo, en la que los vehículos privados que dejarán de usarse a favor del uso del metro pueden proceder de lugares muy distantes se ha considerado alta. La duración de las obras no es demasiado extensa en el tiempo en comparación con el periodo de vida útil del metro, por lo que su valor ha sido minorado, y debido a que se trata de una afectación provocada principalmente por la emisión de gases, esta se ha considerado altamente reversible.

El riesgo de que se produzca se considera alto ya que la disminución del número de vehículos será patente, tal y como se ha demostrado en otros proyectos similares en los que se ha producido en gran parte el abandono del uso del vehículo privado en favor del uso del metro.

Al final, aplicando la formulación, se obtiene un Valor del Índice Ambiental Ponderado de valor alto y positivo. Esa conclusión, concuerda con las experiencias observadas en las obras anteriormente indicadas, en la que la afectación al clima y microclima durante el periodo de funcionamiento ha sido positiva por la reducción en la emisión de CO₂.



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

Cuadro 10.15 Valoración global del impacto

	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	W _M	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	8,5

Fuente: Elaboración propia. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.

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

10.3.1 Valoración de la afectación al medio por emisión de material particulado

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 la población principalmente pueden ser de más o menos magnitud.

En todo caso, los valores de las mediciones de material particulado en Quito son superiores en valores promedio 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, incluso menores de los actuales, teniendo en cuenta que

son los vehículos de motores diesel los principales emisores de partículas, y como ya se ha dicho se va a reducir el número de vehículos que circulan por la ciudad

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:

Excavación de estaciones =	1.457.025,00 m ³
Excavación de túnel =	1.774.362,14 m ³
Excavación de pozos =	80.640,00 m ³
Total =	3.312.027,14 m³

Por otra parte, según el Estudio de Viabilidad Técnica, las previsiones de plazo para la ejecución de las obras son de 36 meses. Se estima que 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/t 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 (m³)

Para el cálculo del factor de emisión por tráfico de vehículos por caminos no pavimentados se usará 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 (t)
- 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:

Cuadro 10.16 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 ³	10
Y	Capacidad de carga del cargador frontal	m ³	3,0

Fuente: Elaboración propia. 2012

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:

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

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

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 m³, 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 m³/día, suponiendo que todos los días del mes se trabaja.

Si se considera una densidad para el material de 1,6 t/m³, las emisiones serán:

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

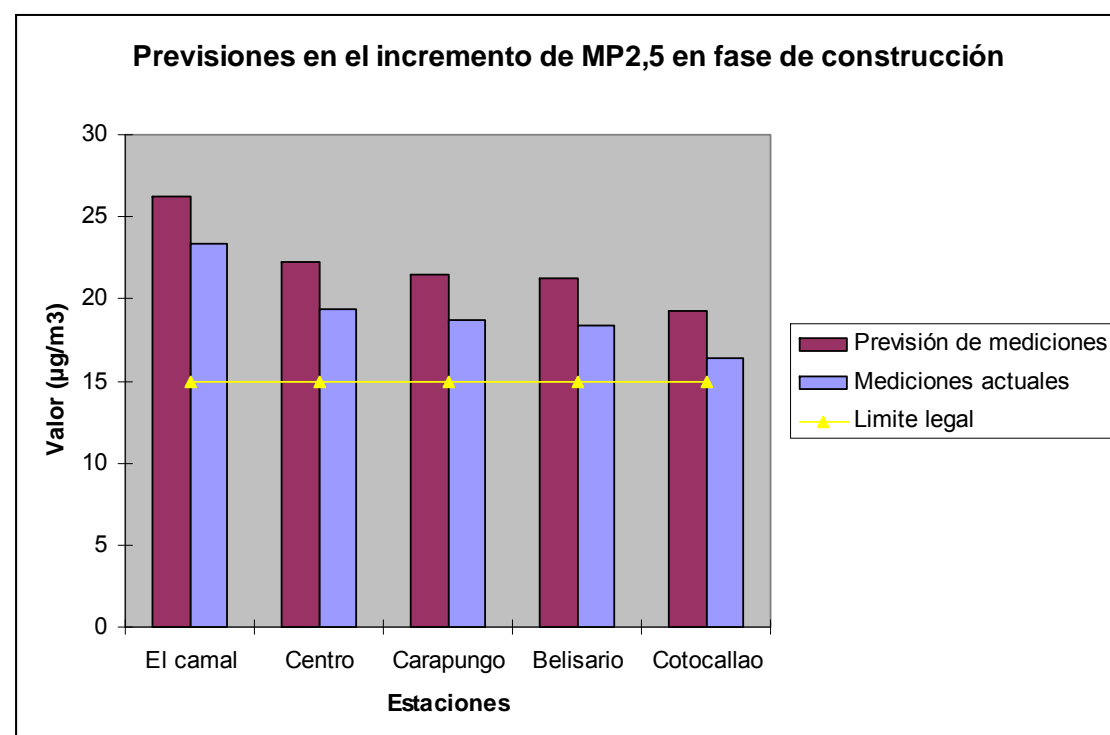
$$\text{Descarga: } 2,26 \text{ kg/día}$$

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 se supone 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

figura se hace una estimación del incremento previsible en las mediciones de las emisiones de material particulado $MP_{2,5}$ 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 la toma de datos a realizar durante la ejecución de la obra con la finalidad de aplicar las medidas de mitigación correspondientes.

Figura 10.1: Simulación del incremento de emisiones para $MP_{2,5}$ en distintas estaciones en fase de construcción



Fuente: Elaboración propia. 2012

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 el siguiente cuadro:

Cuadro 10.17 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. 2012

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 el cuadro siguiente se indica la escala de calificación a tomar para este impacto:

Cuadro 10.18 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	Alto: 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
		Medio: 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
		Bajo: 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. 2012

La asignación de valores a los parámetros para la evaluación global del impacto se ha realizado en base a la experiencia del equipo consultor en relación a la materia y teniendo en cuenta las afecciones de impactos que se han producido en obras similares como las del metro de Barcelona, la línea 2 del metro de Valencia, el tranvía de Murcia o la nueva Línea de Metro Ligero de Pinar de Chamartín-Sanchinarro, en Madrid.

En el caso concreto de la afectación al medio físico y la salud de la población por emisión de material particulado, se ha considerado que por el tipo de obra de la que se trata en la que tienen lugar gran cantidad de movimiento de tierras y emisión de material particulado procedente de la combustión de los vehículos, la intensidad será alta principalmente en la fase de construcción y cierre, y media en la de funcionamiento.

La extensión, al tratarse de una obra de unos 22 km de largo, en la que la movilización de los materiales excavados será alta debido a que los lugares de depósito (escombreras) distan de la zona de obras, será alta en ciertas actividades de la fase de construcción y cierre y media para la de funcionamiento.

La duración de las obras no es demasiado extensa en el tiempo en comparación con el periodo de vida útil del metro, por lo que su valor ha sido minorado. El riesgo de que se produzca, debido precisamente a la eficacia de las medidas de mitigación se considera bajo en todas las fases.

Al final, aplicando la formulación, se obtiene un Valor del Índice Ambiental Ponderado que para la fase de construcción es de valor negativo medio, y para las fases de operación y cierre es negativo bajo. Esa conclusión, con acuerdo con las experiencias observadas en las obras anteriormente indicadas, en la que la afectación al

medio, tanto la atmósfera como la propia salud de la población por emisión de material particulado no ha sido un factor decisivo ni de importancia por la facilidad de aplicación de medidas de mitigación.

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

Cuadro 10.19 Valoración del impacto afectación al medio por emisión de material particulado (fase construcción)

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	W _M	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 cobertura vegetal	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. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ; RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.



Cuadro 10.20 Valoración del impacto afectación al medio por emisión de material particulado (fase operación y mantenimiento)

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	W _M	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. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.

Cuadro 10.21 Valoración del impacto afectación al medio por emisión de material particulado (fase cierre)

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	W _M	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
	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. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ; RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.



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 valor medio y bajo 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.

10.3.2 Valoración de la afectación al medio por emisión de gases

Estado actual del medio en Quito

La REMMAQ 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 (SO₂), seis analizadores para óxidos de nitrógeno (NO, NO₂ y NO_x) y seis analizadores de ozono (O₃), 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 del Ecuador en todas las estaciones las concentraciones para los valores de CO, SO₂, NO₂ y O₃ 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 del Ecuador. En concreto, para el caso de SO₂, 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/m³. 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/m³. Para el caso de NO₂, 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/m³. Por último, para el O₃, 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/m³. 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 Aire 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 el siguiente cuadro:

Cuadro 10.22 Límites establecidos a los contaminantes comunes del aire

SUSTANCIA	LÍMITE
SO ₂	<ul style="list-style-type: none"> El promedio aritmético de la concentración de SO₂ determinada en todas las muestras en un año no deberá exceder de ochenta microgramos por metro cúbico (80 µg/m³). La concentración máxima en 24 horas no deberá exceder trescientos cincuenta microgramos por metro cúbico (350 µg/m³), más de una vez en un año.
CO	<ul style="list-style-type: none"> 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/m³) más de una vez en un año. La concentración máxima en una hora de monóxido de carbono no deberá exceder cuarenta mil microgramos por metro cúbico (40 000 µg/m³) más de una vez en un año.
NO ₂	<ul style="list-style-type: none"> El promedio aritmético de la concentración de óxidos de nitrógeno, expresada como NO₂, y determinada en todas las muestras en un año, no deberá exceder de cien microgramos por metro cúbico (100 µg/m³). La concentración máxima en 24 horas no deberá exceder ciento cincuenta microgramos por metro cúbico (150 µg/m³) más de dos (2) veces en un año.
O ₃	<ul style="list-style-type: none"> 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/m³), más de una vez en un año. 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/m³), más de una vez en un año.

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 el siguiente cuadro, o cuando las condiciones atmosféricas se espera que sean desfavorables en las próximas 24 horas. Dichos niveles son los indicados en el siguiente cuadro recopilado de la legislación del Ecuador:



Cuadro 10.23 Concentraciones de contaminantes comunes que definen los niveles de alerta, de alarma y de emergencia en la calidad del aire ^[1]

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 ₂ 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

^[1] 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_x), el 28% de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV), el 98% de las emisiones de monóxido de carbono (CO), el 44% de las emisiones de dióxido de azufre (SO₂) 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 poca 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 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 Viabilidad Socio Económico perteneciente al Estudio de Factibilidad de la Primera Línea del Metro de Quito realizado por Metro de Madrid S.A., se prevé una demanda para el año 2016 de 356.252 viajeros/día, de los cuales, 36.512 viajeros dejarán de usar su vehículo privado o el taxi a favor del metro. 310.834 viajeros abandonarán el transporte público convencional, y 8.906 personas provendrán de una demanda de nueva inducción.

Para el año 2020 la demanda se prevé de 538.003 viajeros/día. De los cuales, 54.604 personas dejarán de usar su vehículo privado o el taxi a favor del metro. 456.499 personas dejarán de usar el transporte público convencional, y 26.900 provendrán de una nueva demanda inducida.

Eso supondría una flota de 17 trenes (6 coches/tren) para el año 2016 y de 27 para el año 2020.

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 pueden reducirse las emisiones como consecuencia de la reducción de tráfico previsto en la fase de operación y mantenimiento, y estimar la reducción de vehículos que puede producirse, se va a proceder a realizar una simulación en este sentido.

Según los datos reflejados en el Estudio de Viabilidad Socio Económico, suponiendo que la tasa de ocupación del transporte colectivo es de 35 viajeros/vehículo, y teniendo en cuenta el número de personas que dejarán de usar su vehículo privado o taxi a favor del metro, se puede prever que la reducción de vehículos al día para el año 2016 podría estar en torno a 45.393 vehículos/día, mientras que para el año 2020 el tráfico se reduciría en unos 67.647 vehículos/día.

Esta reducción del tráfico rodado conllevará una disminución en la emisión de gases. Según queda reflejado en el PIN (Proyecto Idea Note) del Urban Rail Mass Transportations System in the City of Quito, se estima que la reducción de las emisiones de CO₂ anual será de unas 163.942 toneladas, por lo que en 10 años se evitarán emitir en torno a 1.693.420 toneladas de CO₂.

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 ³
Excavación de túnel =	1.774.362,14 m ³
Excavación de pozos =	80.640,00 m ³
Total =	3.312.027,14 m³

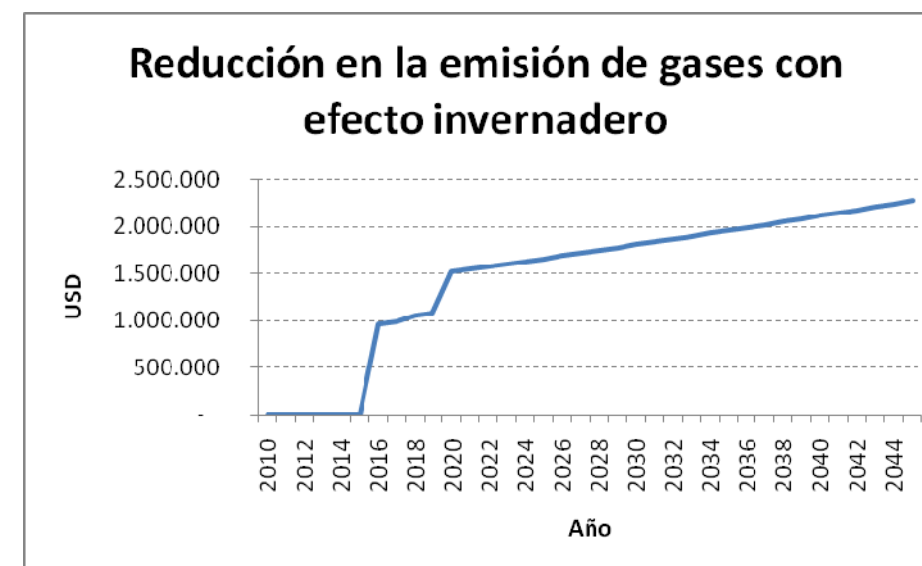
Teniendo en cuenta que el plazo de ejecución del proyecto es de 36 meses y suponiendo que la duración de la fase de movimiento de tierras puede ser de 20 meses, se deberán cargar y descargar diariamente unos 5.520 m³/día. Si se supone que la capacidad de cada uno de los camiones a emplear es de 10 m³, se necesitaría un total de 552 viajes de ida y otros tanto de vuelta, por lo que estarían 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 CO₂ 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 CO₂/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 CO₂/l.

En la fase de cierre se estima que las emisiones de CO₂ serán 1% de las necesarias para la construcción de la obra, o sea unas 1.000 toneladas.

En el Estudio de Viabilidad Socio Económico realizado por Metro de Madrid S.A. se ha calculado el valor económico asociado a la reducción de gases con efecto invernadero en el escenario con proyecto, llegando a la conclusión de que el ahorro, como se refleja en la siguiente figura es de 1,0 Millones de USD en 2016, y de 2,3 Millones de USD en 2045.

Figura 10.2: Estimación económica de la reducción de la emisión de gases con efecto invernadero



Fuente: Estudio de Viabilidad Socio Económico. Metro de Madrid S.A. 2010

Escala de Calificación

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

Cuadro 10.24 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	Muy Alto: 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
		Alto: 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
		Medio: 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
		Bajo: 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. 2012



La asignación de valores a los parámetros para la evaluación global del impacto se ha realizado en base a la experiencia del equipo consultor en relación a la materia y teniendo en cuenta las afecciones de impactos que se han producido en obras similares como las del metro de Barcelona, la línea 2 del metro de Valencia, el tranvía de Murcia o la nueva Línea de Metro Ligero de Pinar de Chamartín-Sanchinarro, en Madrid.

En el caso concreto de la afectación al medio por emisión de gases, se ha considerado que la intensidad, por el tipo de obra de la que se trata en la que el tráfico rodado será disminuido considerablemente como consecuencia de la puesta en funcionamiento del metro, esta será baja para la fase de funcionamiento. En las fases de construcción y cierre se considerará igualmente baja, pues el número de vehículos de obra será poco significativo en relación al total, y en la zona el tráfico será restringido por las obras.

La extensión, al tratarse de una obra de unos 22 km de largo, en la que los vehículos privados que dejarán de usarse a favor del uso del metro pueden proceder de lugares muy distantes se ha considerado media en la fase de construcción y baja en las de cierre y funcionamiento.

La duración de las obras no es demasiado extensa en el tiempo en comparación con el periodo de vida útil del metro, por lo que su valor ha sido minorado considerándose media en la fase de funcionamiento y baja en la de construcción y cierre, y debido a que se trata de una afectación provocada principalmente por la emisión de gases, esta se ha considerado altamente reversible en la fase de funcionamiento y baja en la de construcción y cierre.

El riesgo de que se produzca se considera alto en todos los casos ya que la disminución del número de vehículos será patente, tal y como se ha demostrado en otros proyectos similares en los que se ha producido en gran parte el abandono del uso del vehículo privado en favor del uso del metro.

Al final, aplicando la formulación, se obtiene un Valor del Índice Ambiental Ponderado valor bajo y negativo en las fases de construcción y cierre, debido al pequeño incremento del número de vehículos que se producirán en la ejecución de las obras, y alto y positivo en la fase de funcionamiento, por la importante reducción del número de vehículos a favor del metro, lo que conlleva una menor emisión de gases de efecto invernadero. Esa conclusión, concuerda con las experiencias observadas en las obras anteriormente indicadas, en la que la afectación al medio por emisión de gases durante el periodo de funcionamiento ha sido positiva por la reducción en la emisión de CO₂.

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

Cuadro 10.25 Valoración del impacto afectación al medio por emisión de gases (fase construcción)

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	W _M	VIA
Preparación	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 cobertura vegetal	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. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.



Cuadro 10.26 Valoración del impacto afectación al medio por emisión de gases (fase operación y mantenimiento)

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	W _M	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	+8,24
Mantenimiento	Procesos relacionados con el mantenimiento de la obra	1	0,2	4	0,2	1	0,6	1,6	1	0,6	4	0,2	0,2	-1,72
	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. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.

Cuadro 10.27 Valoración del impacto afectación al medio por emisión de gases (fase cierre)

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	W _M	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. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.



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 costos 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.

10.3.3 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, cuyos resultados se encuentran publicados en su página web, donde proporcionan un diagnóstico de contaminación acústica que existe en la urbe. 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 los datos más actuales 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 el siguiente cuadro se representan los registros con valores altos de ruido entre los años 2005 y 2006 en la ciudad de Quito.

Cuadro 10.28 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 el siguiente cuadro, 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.

Cuadro 10.29 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

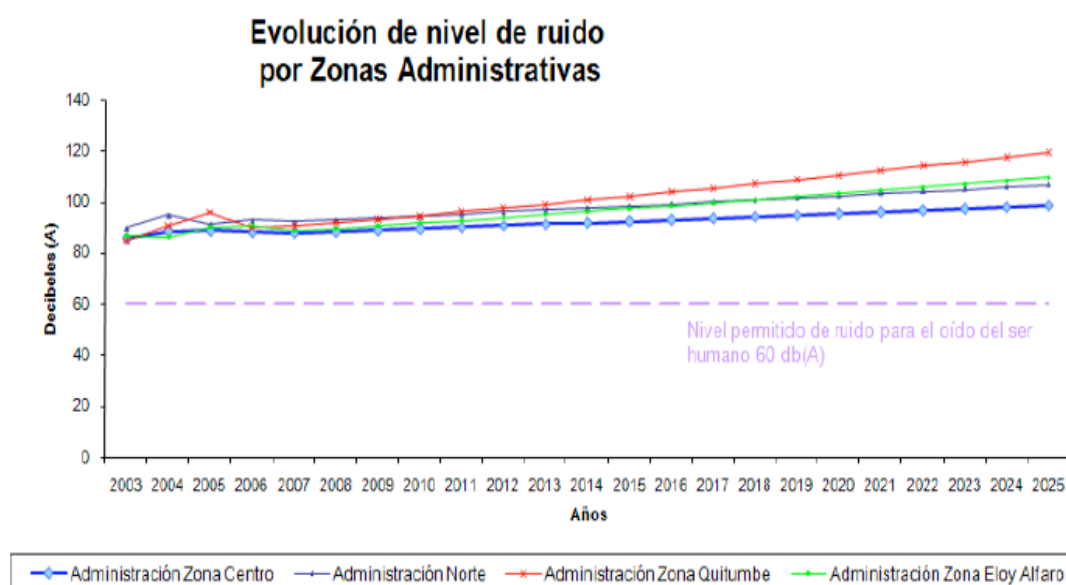
Fuente: Atlas Ambiental de Quito

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.



En la siguiente gráfica, recopilada del Estudio de Viabilidad Socio Económico del Estudio de Factibilidad de la primera Línea del Metro de Quito realizado por Metro Madrid, se recoge la evolución del ruido por zonas administrativas.

Figura 10.3: Evolución del nivel de ruido por zonas administrativas



Fuente: Recopilada del Estudio de Viabilidad Socio Económico. Metro de Madrid S.A. (CORPORAIRE 2007)

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 el cuadro siguiente:

Cuadro 10.30 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 el siguiente cuadro:

Cuadro 10.31 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.

A continuación se evalúan 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 sí 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.

Para evaluar los niveles de ruido se han considerado las normas nacionales e internacionales existentes para el efecto: Anexo 5A del Acuerdo Ministerial 155 (Norma para la Prevención y Control de Niveles de Ruido en Recintos Portuarios, Puertos y Terminales Portuarias) y la Norma ISO 1999. Según el método 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 se considera ahora el ruido total producido por el ruido ambiente que es de unos 80 dB(A) con el producido por el incremento de tráfico de 50 dB(A) resulta un nuevo nivel de ruido total 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 necesarios 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. Se pasa 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 el 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 el porcentaje del mismo que 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 ruido 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 obtiene que los niveles sonoros al paso de un metro a 15 m de distancia de la vía estén 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:

$$L_{eq}(T)=10\log(1/T)\int_T 10e(l_p(T)/10) dt$$

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:

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

Donde:

- T_e es el tiempo de exposición, en segundos
- T es el tiempo, en segundos, durante el cual se va a calcular el $Leq(te)$
- $Leq(te)$ 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 período 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 al interior de 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 unos 80 dB al exterior que se sumarán con los niveles de ruido del tráfico que se calculan 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 calcula una reducción de tráfico en torno a 45.393 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:

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

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 (79,00000055dB)

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.

Cuadro 10.32 Valores límite recomendados por la OMS para ruido

Recinto	Efectos en la salud	Valores límite recomendados		
		L _{eq} (dB)	Tiempo (h)	L _{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	-
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	Horas de descanso	45
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 ⁴	1	110
Sonidos impulsivos de juguetes, fuegos artificiales y armas de fuego	Daños al oído (adultos)	-	-	140 ²
	Daños al oído (niños)	-	-	120 ²
Exteriores en parques y áreas protegidas	Perturbación de la tranquilidad	3	-	-

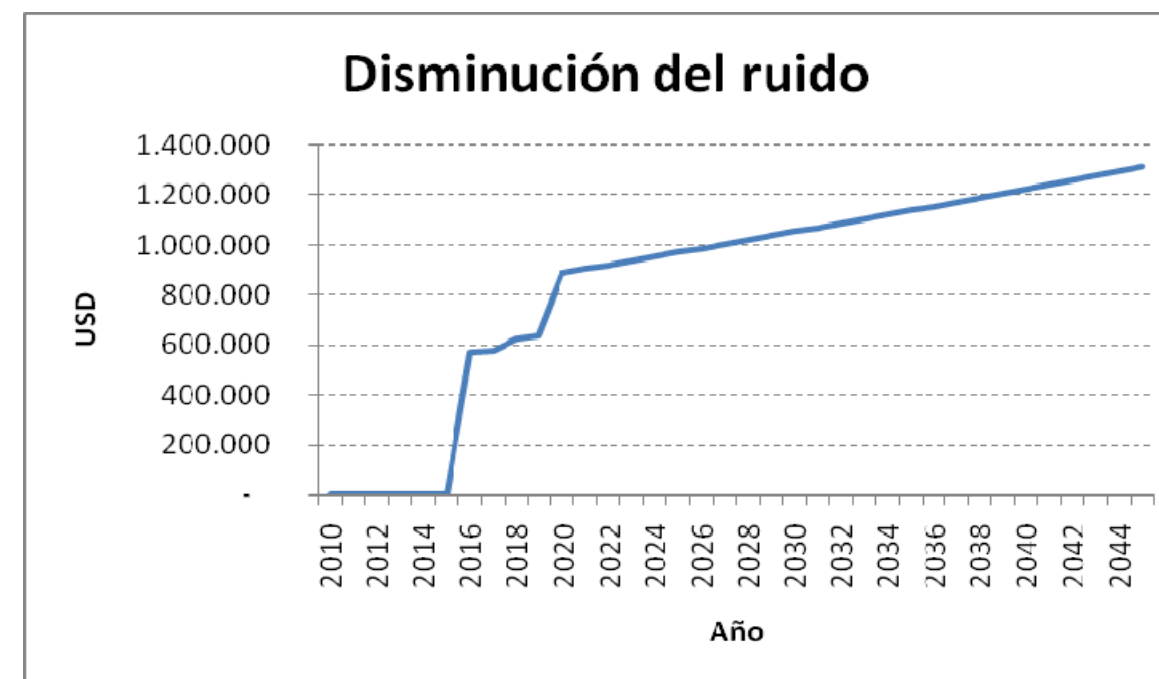
Notas

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

Fuente: Organización Mundial de la Salud

Del Estudio de Viabilidad Socio Económico realizado por Metro de Madrid S.A., se recopila la siguiente gráfica en la que se evalúan las externalidades asociadas a la disminución de ruido. Según se desprende de dicho estudio, las externalidades adoptan un valor de 0,6 Millones de USD en 2016 y 1,3 Millones de USD en 2045.

Figura 10.4: Estimación de las externalidades asociadas a la disminución de ruido



Fuente: Recopilada del Estudio de Viabilidad Socio Económico. Metro de Madrid S.A.

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 indica la escala de calificación a tomar para este impacto. Dicha escala queda reflejada en el siguiente cuadro:



Cuadro 10.33 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	Alto: 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
		Medio: 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
		Bajo: 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. 2012**

La asignación de valores a los parámetros para la evaluación global del impacto se ha realizado en base a la experiencia del equipo consultor en relación a la materia y teniendo en cuenta las afecciones de impactos que se han producido en obras similares como las del metro de Barcelona, la línea 2 del metro de Valencia, el tranvía de Murcia o la nueva Línea de Metro Ligero de Pinar de Chamartín-Sanchinarro, Madrid.

En el caso concreto de la afectación al medio por emisiones acústicas, se ha considerado que por el tipo de obra de la que se trata en la que se realizará el empleo de maquinaria pesada, la intensidad será alta en las fases de construcción y cierre. Del mismo modo, la intensidad será alta en algunas acciones en la fase de funcionamiento.

La extensión, a pesar de tratarse de una obra de unos 22 km de largo en la que el uso de maquinaria pesada será elevada, al igual que el número de trenes transitando en la fase de funcionamiento, al tratarse de trabajos u operaciones subterráneas, el ruido será apantallado, por lo que no saldrá a superficie, con lo que la extensión se ha considerado baja en todos los casos. La duración de las obras no es demasiado extensa en el tiempo en comparación con el periodo de vida útil del metro, por lo que su valor ha sido minorado. La reversibilidad se ha considerada baja, salvo en el caso del funcionamiento de la línea.

El riesgo de que se produzca se considera alto en todos los casos ya que la maquinaria pesada de excavación o transporte de tierras provoca en su funcionamiento niveles elevados de ruido, aunque en este caso no saldrán al exterior.

Al final, aplicando la formulación, se obtiene un Valor del Índice Ambiental Ponderado de valor bajo y negativo en las fases de construcción y cierre, debido al pequeño valor del ruido que puede salir al exterior como consecuencia principalmente del transporte de tierras y materiales de construcción, y alto positivo en la fase de funcionamiento debido al que la reducción de vehículos privados que se producirá como consecuencia de la puesta en marcha del metro, contribuirá a disminuir los niveles sonoros en la zona. Esta conclusión, concuerda con las experiencias observadas en las obras de metro de otras grandes ciudades del mundo, en las que la afectación al medio por emisiones acústicas durante el periodo de funcionamiento ha sido positiva por la reducción del tráfico rodado, y ligeramente negativo en las fases de construcción y cierre por el ligero incremento sonoro que pudiera transmitirse al exterior como consecuencia de las obras o del transporte de materiales.

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



Cuadro 10.34 Valoración del impacto afectación al medio por emisiones acústicas (fase construcción)

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	W _M	VIA
Preparación	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 cobertura vegetal	5	0,2	3	0,2	2	0,6	2,8	2	0,6	8	0,2	0,2	-2,82
	Excavación y relleno	10	0,2	7	0,2	3	0,6	5,2	6	0,6	10	0,2	0,2	-6,64
	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	10	0,2	7	0,2	3	0,6	5,2	6	0,6	10	0,2	0,2	-6,64
	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	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	W _M	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. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.

Cuadro 10.35 Valoración del impacto afectación al medio por emisiones acústicas (fase operación y mantenimiento)

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	W _M	VIA
Operación	Funcionamiento de la línea	2	0,2	9	0,2	3	0,6	4	9	0,6	10	0,2	0,2	+7,81
	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
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
	Procesos relacionados con el mantenimiento de la obra	0	0,2	3	0,2	1	0,6	1,2	1	0,6	4	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. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.



Cuadro 10.36 Valoración del impacto afectación al medio por emisiones acústicas (fase cierre)

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	W _M	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
	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. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.

Conclusión

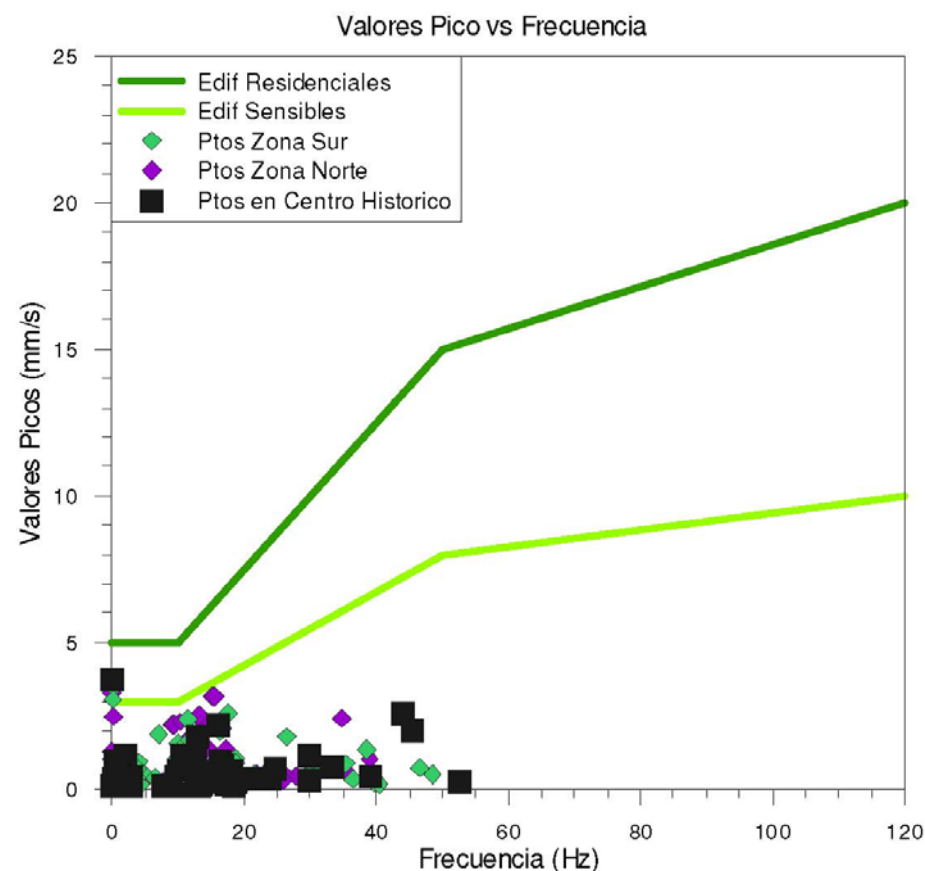
Como conclusión en referencia a este impacto es posible decir que se trata de un impacto negativo en la fase de construcción con una valoración de medio. Altamente positiva en la fase de funcionamiento y mantenimiento, y negativo con una valoración de medio en la fase de cierre. El carácter considerado 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.

10.3.4 Valoración de la afectación al medio por vibraciones

Estado actual del medio en Quito

En base al estudio de vibraciones naturales del terreno realizado por la empresa TRX Consulting y del estudio pormenorizado de la traza se ha definido la línea base actual de vibraciones que ya tiene el terreno de la ciudad de Quito. En la siguiente figura se muestran los resultados de los puntos muestreados en el estudio.

Figura 10.5: Valores pico vs frecuencia de vibraciones



Fuente: TRX Consulting. Análisis de vibraciones. Correlación valores pico medidos con la normia relativa a afectación de edificios. 2011

La anterior figura presenta los resultados principales según la norma DIN4150/3 para dos tipos de edificaciones (Clase 2=edificios residenciales y Clase 3=edificios sensibles y de interés histórico). La medición de los valores pico máximos de velocidad de partícula (suma vectorial de los 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.

El siguiente cuadro presenta la ubicación de los valores anómalos:

Cuadro 10.37 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. 2011

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

Figura 10.6: Grado de afectación a humanos a lo largo de la ruta

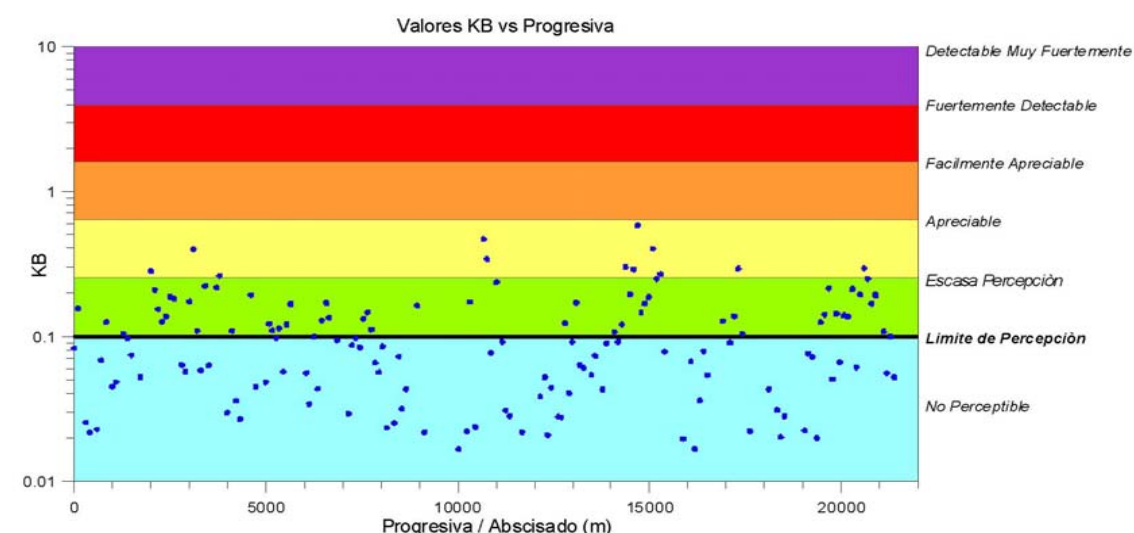


Figura 13: Grado de afectación a humanos en función de la progresiva.

Fuente: TRX Consulting. Análisis de vibraciones. 2011

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 del metro.

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.

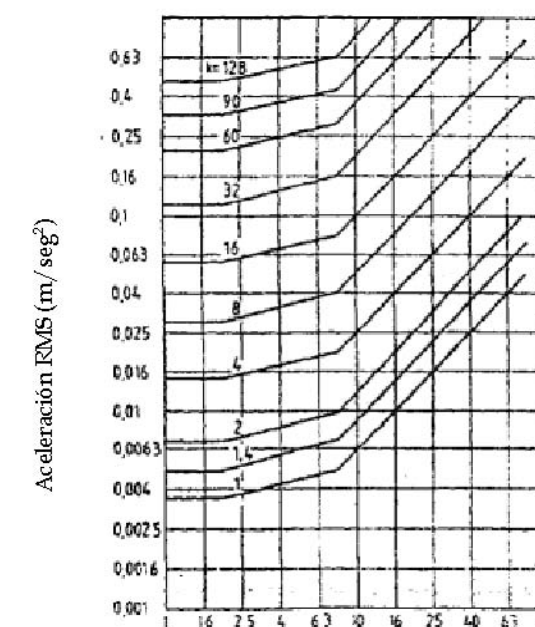
Cuadro 10.38 Límite de transmisión de vibraciones

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 10.7 Curva base para límite de transmisión de vibraciones



Fuente: TULSMA, Libro VI, Anexo 5

Evaluación de las vibraciones

Durante las fases de construcción y operación del Metro se presentará impactos por vibraciones. En la etapa de diseño del metro se ha tomado en cuenta medidas de disminución y control de las mismas para que no afecten a edificaciones y al medio ambiente en general. Dichas medidas están descritas en el Capítulo 11 Planes de Manejo Ambiental del documento de Estudio de Impacto Ambiental. Las vibraciones dependen, entre otros aspectos, de las características mecánicas de los suelos y de la velocidad y peso de los trenes, la empresa Metro de Quito, mantiene estudios específicos sobre los temas antes mencionados.

En base al estudio de vibraciones naturales del terreno realizado por la empresa TRX Consulting y del estudio pormenorizado de la traza se ha definido la línea base actual de vibraciones que ya tiene el terreno de la ciudad de Quito y se han detectado varios tramos del túnel de línea donde se considera necesario utilizar sistemas de muy alta atenuación de vibraciones naturales (tráfico y otros) y como prevención a las vibraciones y el ruido durante la construcción y funcionamiento de la PLMQ.

En el Estudio de la empresa TRX Consulting para Metro de Quito se establecen varias zonas de posible afección a edificaciones por su sensibilidad a la transmisión de vibraciones. Estos son:

- Unidad Educativa del Sur PK 14+610
- Calle 6 El Calzado (200 m al norte de la Estación el Calzado) PK 15+645



- Calles Manabí y Guayaquil PK 22+026
- Estación de Universidad Central PK 25+490
- Estación La Pradera 26+910

Como se mencionó anteriormente en el capítulo 11 del presente estudio se muestran las actividades a realizarse para controlar las posibles vibraciones que se generen durante las fases de construcción y funcionamiento. En siguiente cuadro se muestran los valores límites de velocidades de partículas para evitar daños .

Cuadro 10.39 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

Cuadro 10.40 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

Con base en lo indicado en apartados anteriores, la empresa Metro de Quito mantendrá programas de monitoreo continuo de las vibraciones durante la etapa de construcción, en la etapa de funcionamiento se realizará monitoreo de vibraciones de acuerdo al cumplimiento de la legislación ambiental vigente. También se plantea una serie de medidas para de esta manera conseguir que las vibraciones no ocasionen ningún tipo de afectación a edificaciones o al entorno en general. Dichas medidas están especificadas dentro del Capítulo 11 Planes de Manejo Ambiental del Estudio de Impacto Ambiental y en el Plan de Monitoreo.

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:

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

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

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

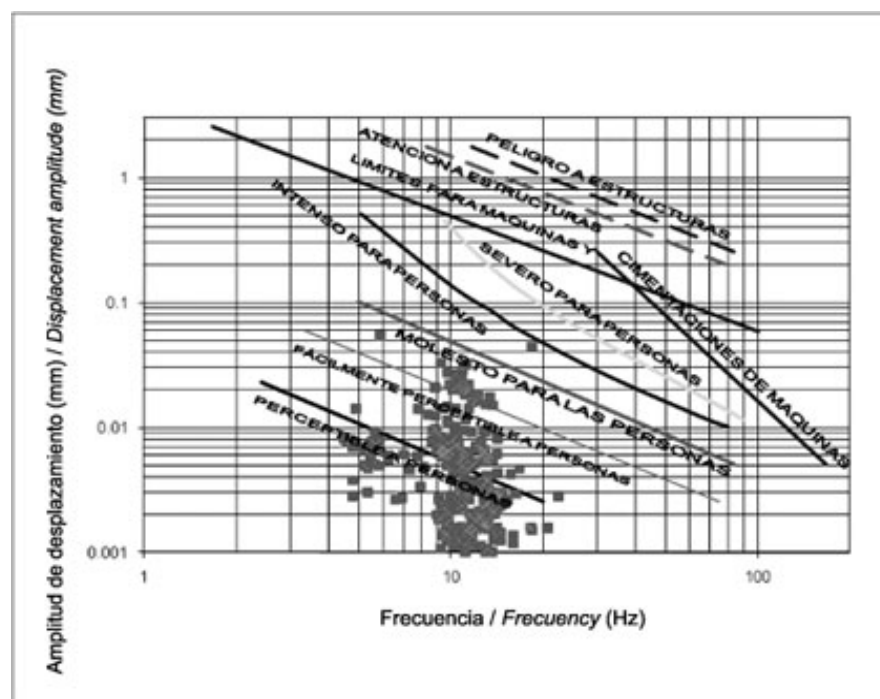
Donde:

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 (Volumen 26, nº1) titulado "Medición e interpretación de vibraciones producidas por el tráfico en Bogotá D.C.", con base en 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 10.8: 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). 2011

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 el Ecuador, a continuación se indica la escala de calificación a tomar para este impacto. Dicha escala queda reflejada en el siguiente cuadro:

Cuadro 10.41 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. 2012<

La asignación de valores a los parámetros para la evaluación global del impacto se ha realizado en base a la experiencia del equipo consultor en relación a la materia y teniendo en cuenta las afecciones de impactos que se han producido en obras similares como las del metro de Barcelona, la línea 2 del metro de Valencia, el tranvía de Murcia o la nueva Línea de Metro Ligero de Pinar de Chamartín-Sanchinarro.

En el caso concreto de la afectación al medio por vibraciones, se ha considerado que por el tipo de obra de la que se trata en la que se realizará el empleo de maquinaria pesada, la intensidad será alta en las fases de construcción y cierre. Del mismo modo, la intensidad será alta en algunas acciones en la fase de funcionamiento como consecuencia de la posible transmisión al medio de vibraciones durante la circulación de los trenes. La extensión, a pesar de tratarse de una obra de unos 22 km de largo en la que el uso de maquinaria pesada será elevada, al igual que el número de trenes transitando en la fase de funcionamiento, se considera baja, pues la transmisión de las vibraciones se producirá en zonas muy próximas al ámbito de actuación, disminuyendo las mismas de forma rápida conforme nos alejamos de ella. La duración de las obras no es demasiado extensa en el tiempo en comparación con el periodo de vida útil del metro, por lo que su valor ha sido minorado. La reversibilidad se ha considerada baja en todos los casos. El riesgo de que se produzca se considera alto en la fase de funcionamiento en la cual el número de trenes y su frecuencia será elevado durante la totalidad de la fase, y medio en las de construcción y cierre.

Al final, aplicando la formulación, se obtiene un Valor del Índice Ambiental Ponderado de valor bajo y negativo en todas las fases, debido al pequeño valor de vibraciones que se prevé que pueda transmitirse al medio. Esta conclusión, concuerda con las experiencias observadas en las obras de metro de otras grandes ciudades del mundo, en las que la afectación al medio por vibraciones no son considerables, si bien se recomienda se realicen monitoreos y modelos matemáticos para todas las fases, con la finalidad de que la transmisión de las vibraciones no provoque daños a edificios próximos a la traza

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



Cuadro 10.42 Valoración del impacto afectación al medio por vibraciones (fase construcción)

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	W _M	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 cobertura vegetal	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	8	0,2	3	0,2	2	0,6	3,4	2	0,6	5	0,2	0,2	-2,67

Fuente: Elaboración propia. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.

Cuadro 10.43 Valoración del impacto afectación al medio por vibraciones (fase operación y mantenimiento)

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	W _M	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	-1,96
	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
	Procesos relacionados con el mantenimiento de la obra	5	0,2	2	0,2	1	0,6	2	1	0,6	4	0,2	0,2	-1,8

Fuente: Elaboración propia. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.

Cuadro 10.44 Valoración del impacto afectación al medio por vibraciones (fase cierre)

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	W _M	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. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.



Conclusión

Partiendo de los Estudios de vibraciones naturales que ha realizado la empresa Metro de Quito, se puede llegar a la conclusión que las vibraciones muestreadas, son aquellas que se presentan actualmente en la ciudad, y que son ocasionadas en muchos de los casos por el peso del tránsito vehicular que soporta la ciudad y en algunos puntos de muestreo por actividades como la construcción u otras actividades.

La empresa Metro de Quito mantiene en los estudios de diseño del Metro y adicionalmente estudios específicos en donde se plantea una serie de actividades para mitigar y controlar las posibles afectaciones que podrían ocasionarse dentro de las diferentes etapas del proyecto. También está previsto un programa de monitoreo de las vibraciones que pueden generarse en la construcción y operación del Metro.

Como conclusión en referencia a este impacto es posible decir que si bien es cierto es un impacto en la fase de construcción y operación será mitigado con las medidas ya incorporadas en el diseño definitivo de la primera línea del Metro de Quito.

10.3.5 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 maquinarias, lavado de las mismas 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 se tiene 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

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 inferiores
- Geomorfología

En este caso, la utilización de la capa de suelo húmico como indicador no procede dado 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 la disposición de desechos que podrían provocar contaminación del suelo.

Marco legal

Se describen a continuación los elementos más importantes del marco legal del 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 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 tomado 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 el siguiente cuadro. 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.

Cuadro 10.45 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 comercial/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 meses los 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 se toma 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 se estima en 10 litros la capacidad del depósito de aceite, sería un total de 70 litros 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 desecho, 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 áreas 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. 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

La asignación de valores a los parámetros para la evaluación global del impacto se ha realizado en base a la experiencia del equipo consultor en relación a la materia y teniendo en cuenta las afecciones de impactos que se han producido en obras similares como las del metro de Barcelona, la línea 2 del metro de Valencia, el tranvía de Murcia o la nueva Línea de Metro Ligero de Pinar de Chamartín-Sanchinarro.

En la siguiente tabla se muestra la valoración desarrollada para la intensidad de la afección al suelo por contaminación. Tal y como se ha explicado previamente, el rango de valores correspondientes a su carácter (alto, medio, bajo), no se ha establecido de manera arbitraria sino basándose en los contenidos de la Norma ecuatoriana de Calidad Ambiental del recurso suelo, determinándose así un nivel alto cuando los valores de contaminación corresponden con los valores máximos establecidos por la Norma. En el caso de que los cambios de aceite u otras actividades ligadas a las obras del metro produjeran contaminaciones con valores próximos a los máximos establecidos por la Norma, el carácter de la intensidad se considerará medio. Por último, la intensidad será baja cuando cualquier medición de la contaminación en suelo no supere los valores límites establecidos por la Norma.

Cuadro 10.46 Escala de valoración de la intensidad de la afectación al suelo por contaminación

VARIABLE	SÍMBOLO	CARÁCTER	ESCALA DE CALIFICACIÓN	TIPO DE IMPACTO
Intensidad	In	Alto: si para alguna medición y las sustancias contaminantes consideradas –aceites y grasas– 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
		Medio: 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
		Bajo: 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. 2012

Cálculo de la Magnitud (M) y del Valor del Índice Ambiental (VIA) ó Índice Ambiental Ponderado.

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

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

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

En este sentido, y para el caso concreto de la afectación al suelo por contaminación, la intensidad se ha considerado baja en todas las fases en función de la experiencia en otras obras de metro. Esto es debido, a que, se espera que la empresa constructora tenga una experiencia sólida previa; se estima que las posibilidades de contaminación son bajas, y en caso de producirse serán muy puntuales y limitadas en cuanto a volumen de producto contaminante. Por otro lado, previo al inicio de las obras, se contará con formación, recomendaciones específicas y planes de manejo que permitirán reducir al máximo las probabilidades de contaminar el suelo próximo a las zonas de obra.



En relación a la extensión dentro de la valoración del impacto, ésta se considera baja, pues las zonas en las que se puede producir la contaminación del suelo están muy acotadas, limitándose a la zona de obras, a los talleres o a las cocheras (zonas todas ellas de extensión limitada). La duración de los periodos en los que podría producirse una contaminación puntual debido a las obras no es demasiado extensa en el tiempo, más bien será en periodos concretos y acotados en duración, por lo que su valor ha sido minorado. Por otro lado, la reversibilidad se ha considerado baja en todos los casos al igual que la magnitud del impacto y el riesgo de que se produzca. Esto es debido a que una posible contaminación del suelo será muy puntual y localizada, y habrá medidas específicas de remediación (en el correspondiente Plan de Manejo) que fácilmente permitirán la retirada del suelo contaminado, su gestión y por tanto la protección del suelo circundante. Las medidas de contención, de seguridad y de remediación, permitirán volver al estado inicial de las obras, por lo que cualquier afección presentará reversibilidad.

Detalles adicionales referentes a los pesos de los factores intensidad, extensión, duración y de los criterios de reversibilidad, riesgo y magnitud, vienen contemplados en el apartado de metodología del presente capítulo.

Posteriormente, aplicando la formulación que se ha explicado y detallado en apartados anteriores, se obtiene un Valor del Índice Ambiental Ponderado de valor bajo y negativo en todas las fases de la obra. Esto se muestra en las siguientes tablas y sus resultados vienen resumidos en el apartado de conclusiones. Estos efectos, concuerda con las experiencias observadas en las obras de metro de otras grandes ciudades del mundo, en las que la afectación al suelo por contaminación ha sido poco significativa.

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

Cuadro 10.47 Valoración del impacto afectación al suelo por contaminación (fase construcción)

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	W _M	VIA
Preparación	Reubicación de infraestructura y propiedades	1	0,2	1	0,2	1	0,6	1	1	0,6	1	0,2	0,2	-1
	Retiro y reubicación de infraestructuras de servicios públicos	1	0,2	1	0,2	1	0,6	1	1	0,6	1	0,2	0,2	-1
	Adecuación y uso de patios de maquinarias	2	0,2	3	0,2	1	0,6	1,6	2	0,6	2	0,2	0,2	-1,91
	Adecuación y uso de instalaciones auxiliares	1	0,2	2	0,2	1	0,6	1,2	2	0,6	2	0,2	0,2	-1,81
	Preparación y uso de escombreras	1	0,2	2	0,2	2	0,6	1,8	2	0,6	2	0,2	0,2	-1,96
	Adecuación y uso de campamento	1	0,2	2	0,2	1	0,6	1,2	1	0,6	2	0,2	0,2	-1,19
	Excavación y relleno	2	0,2	2	0,2	3	0,6	2,6	1	0,6	1	0,2	0,2	-1,21
	Transporte, carga y descarga de materiales y su almacenaje	2	0,2	2	0,2	3	0,6	2,6	1	0,6	1	0,2	0,2	-1,21
Construcción de túneles	Excavación y movimiento de tierras	1	0,2	1	0,2	1	0,6	1	1	0,6	2	0,2	0,2	-1,15
	Retiro de escombros	1	0,2	2	0,2	2	0,6	1,8	1	0,6	3	0,2	0,2	-1,40
Construcción de estaciones	Excavación y movimiento de tierras	1	0,2	2	0,2	1	0,6	1,2	2	0,6	2	0,2	0,2	-1,81
	Drenaje	1	0,2	2	0,2	1	0,6	1,2	2	0,6	2	0,2	0,2	-1,81
	Movilización de material pesado	1	0,2	2	0,2	1	0,6	1,2	1	0,6	2	0,2	0,2	-1,19
	Retiro de escombros	1	0,2	2	0,2	1	0,6	1,2	2	0,6	3	0,2	0,2	-1,96
	Relleno	1	0,2	2	0,2	1	0,6	1,2	1	0,6	1	0,2	0,2	-1,04
Construcción de cocheras y actividades auxiliares	Excavación y movimiento de tierras	1	0,2	2	0,2	1	0,6	1,2	1	0,6	2	0,2	0,2	-1,19
	Retiro de escombros	1	0,2	2	0,2	1	0,6	1,2	1	0,6	2	0,2	0,2	-1,19
	Desechos	1	0,2	2	0,2	2	0,6	1,8	2	0,6	3	0,2	0,2	-1,96
	Tránsito de maquinaria pesada y vehículos zona obra	1	0,2	2	0,2	1	0,6	1,2	2	0,6	1	0,2	0,2	-1,57
	Producción de residuos y aguas residuales	1	0,2	2	0,2	1	0,6	1,2	2	0,6	2	0,2	0,2	-1,81

Fuente: Elaboración propia. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.



Cuadro 10.48 Valoración del impacto afectación al suelo por contaminación (fase operación y mantenimiento)

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	W _M	VIA
Operación	Operación de estaciones	1	0,2	2	0,2	1	0,6	1,2	1	0,6	1	0,2	0,2	-1,04
	Operación de cochera	1	0,2	2	0,2	1	0,6	1,2	2	0,6	1	0,2	0,2	-1,57
Mantenimiento	Procesos de prueba, inspección de los equipos e instalaciones	1	0,2	2	0,2	1	0,6	1,2	1	0,6	1	0,2	0,2	-1,04
	Procesos relacionados con el mantenimiento de la obra	1	0,2	2	0,2	1	0,6	1,2	2	0,6	2	0,2	0,2	-1,81
	Trabajos de conservación	1	0,2	2	0,2	2	0,6	1,8	2	0,6	1	0,2	0,2	-1,70
	Movilización y generación de desechos	1	0,2	2	0,2	2	0,6	1,8	2	0,6	2	0,2	0,2	-1,96
Actividades auxiliares	Desechos	1	0,2	2	0,2	2	0,6	1,8	2	0,6	2	0,2	0,2	-1,96

Fuente: Elaboración propia. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.

Cuadro 10.49 Valoración del impacto afectación al suelo por contaminación (fase cierre)

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	W _M	VIA
Rehabilitación	Desmantelamiento de las estructuras auxiliares y transporte de las mismas	1	0,2	2	0,2	1	0,6	1,2	1	0,6	1	0,2	0,2	-1,04
	Manejo de desechos	2	0,2	3	0,2	1	0,6	1,6	1	0,6	3	0,2	0,2	-1,37
	Retiro de equipos, maquinaria, campamentos e instalaciones provisionales	1	0,2	2	0,2	1	0,6	1,2	1	0,6	2	0,2	0,2	-1,19
	Abandono – integración de túneles y estaciones	1	0,2	2	0,2	1	0,6	1,2	1	0,6	1	0,2	0,2	-1,04

Fuente: Elaboración propia. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.



Conclusión

Como se observa por los valores contemplados en los cuadros, 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 y valoración 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 las 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.

10.3.6 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.

10.3.7 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 o 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 afectada. 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 y talleres

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 estarán destinadas a la implantación de la playa de vías.

Figura 10.9 Vista aérea de una cochera



Fuente: Metro Madrid. 2010

La escala de valoración para este impacto será la siguiente:

Cuadro 10.50 Escala de valoración de las modificaciones en la generación de escorrentía superficial

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

Fuente: Elaboración propia. 2012

La asignación de valores a los parámetros para la evaluación global del impacto se ha realizado en base a la experiencia del equipo consultor en relación a la materia y teniendo en cuenta las afecciones de impactos que se han producido en obras similares como las del metro de Barcelona, la línea 2 del metro de Valencia, el tranvía de Murcia o la nueva Línea de Metro Ligero de Pinar de Chamartín-Sanchinarro.

En el caso concreto de la modificación de la generación de la escorrentía superficial, la intensidad se ha considerado baja en todos los casos, ya que la mayor parte de las áreas por las que discurre el metro ya están selladas y el metro es subterráneo. La extensión, por el mismo motivo se ha considerado baja a pesar de tratarse de una obra de 22 km de largo pues la situación futura no variará demasiado con respecto a la actual. La duración de las obras no es demasiado extensa en el tiempo en comparación con el periodo de vida útil del metro, por lo que su valor ha sido minorado. La reversibilidad se ha considerada baja en todos los casos. El riesgo de que se produzca se considera alto en todas las fases.

Al final, aplicando la formulación, se obtiene un Valor del Índice Ambiental Ponderado de valor bajo y negativo en la fase de construcción y bajo positivo en la fase de cierre. Esta conclusión, concuerda con las experiencias observadas en las obras de metro de otras grandes ciudades del mundo, en las que las modificaciones en la escorrentía superficial han sido poco significativas, observándose mejores resultados en las fases finales de cierre tras producirse la rehabilitación de las áreas de drenaje previas..

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

Cuadro 10.51 Valoración del impacto modificación de la generación de la escorrentía superficial (fase construcción)

	ACCIONES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	W _M	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	-3,91
	Instalaciones y servicios	2	0,2	1	0,2	2	0,6	1,8	4	0,6	5	0,2	0,2	-3,56

Fuente: Elaboración propia. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.

Cuadro 10.52 Valoración del impacto modificación de la generación de la escorrentía superficial (fase cierre)

	ACCIONES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	W _M	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	4,01

Fuente: Elaboración propia. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.

Conclusión

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.

10.3.8 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 Machángara 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:

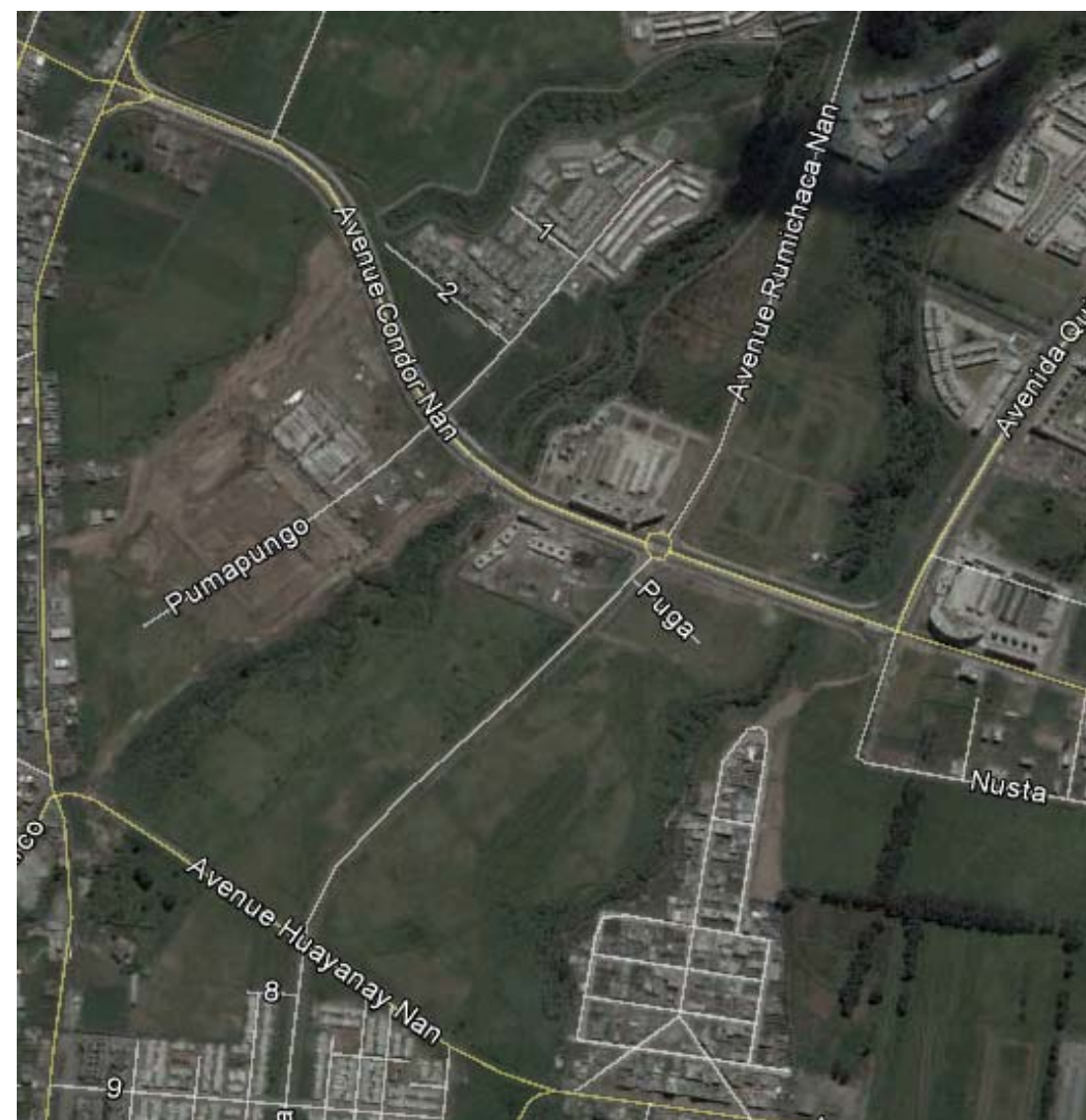
- Afectación a la red de drenaje en Quitumbe

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 10.10: Cauces en la zona de Quitumbe



Fuente: Elaboración propia. 2012

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 respetarán 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.

Evaluación del impacto de modificación de la escorrentía superficial

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

Cuadro 10.53 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. 2012

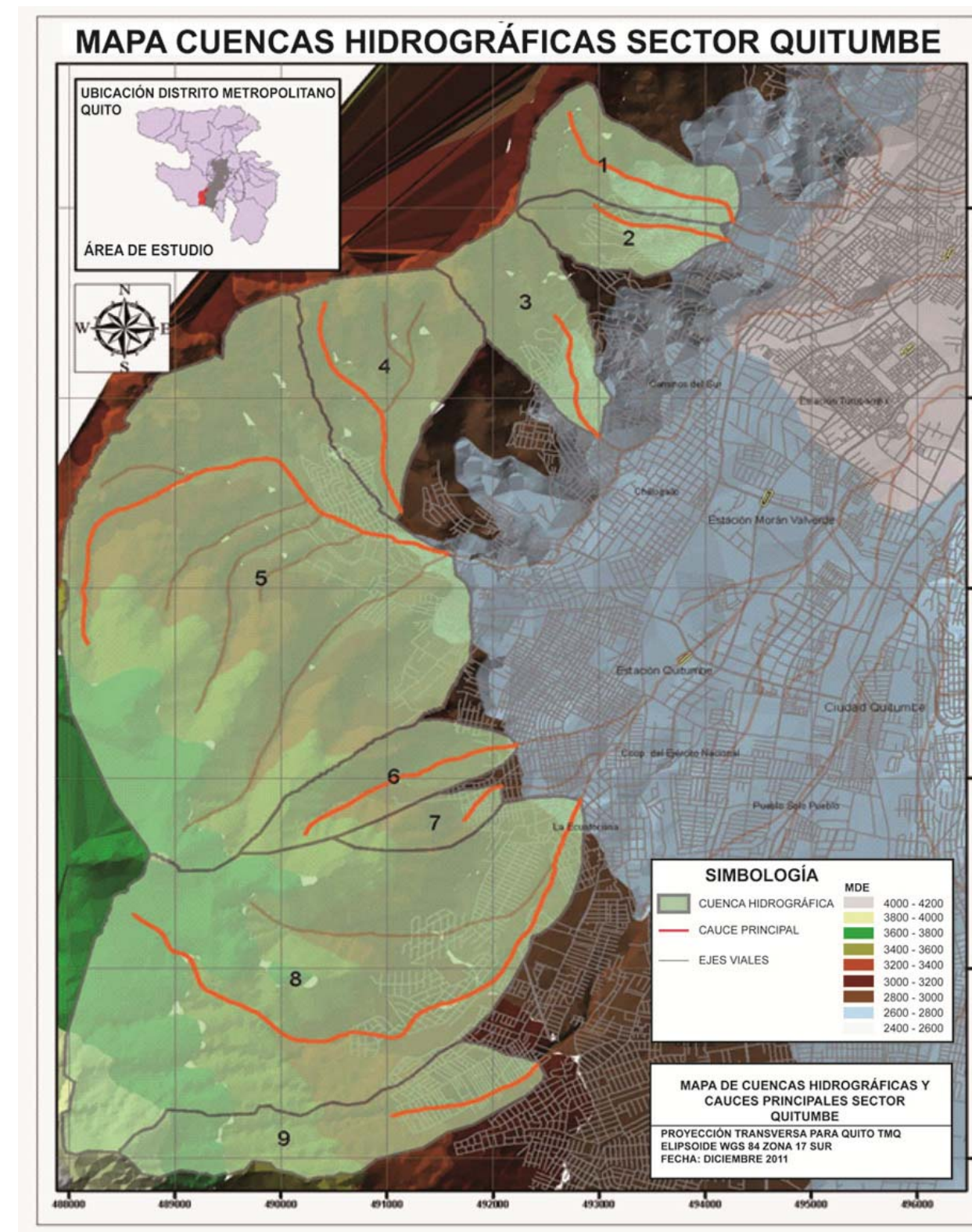
La asignación de valores a los parámetros para la evaluación global del impacto se ha realizado en base a la experiencia del equipo consultor en relación a la materia y teniendo en cuenta las afecciones de impactos que se han producido en obras similares como las del metro de Barcelona, la línea 2 del metro de Valencia, el tranvía de Murcia o la nueva Línea de Metro Ligero de Pinar de Chamartín-Sanchinarro.

En el caso concreto de la modificación de los flujos de la escorrentía superficial, la intensidad se ha considerado media en el caso de la fase de construcción como consecuencia de que la superficie puede verse afectada en el caso de la excavación de las estaciones y algunos tramos de metro y baja en la de funcionamiento en la que ya habrán sido restauradas. La extensión, por el mismo motivo se ha considerado baja en la fase de construcción, pues los tramos que se realizarán con excavación a cielo abierto serán pocos en relación a la longitud del trazado. La duración de las obras no es demasiado extensa en el tiempo en comparación con el periodo de vida útil del metro, por lo que su valor ha sido minorado. La reversibilidad se ha considerado alta en todos los casos, pues la modificación de los flujos puede variarse fácilmente. El riesgo de que se produzca se considera alto en todas las fases.

Al final, aplicando la formulación, se obtiene un Valor del Índice Ambiental Ponderado de valor bajo y negativo en todas las fases. Esta conclusión, concuerda con las experiencias observadas en las obras de metro de otras grandes ciudades del mundo, en las que las modificaciones en el flujo de la escorrentía superficial han sido poco significativas.

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

Figura 10.11: Cuencas Hidrográficas y principales cauces en la zona de Quitumbe



Fuente: Elaboración propia. 2012



Cuadro 10.54 Valoración del impacto modificación de los flujos de la escorrentía superficial (fase construcción)

	ACCIONES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	W _M	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	-4,01
	Instalaciones y servicios	5	0,2	4	0,2	5	0,6	4,8	3	0,6	5	0,2	0,2	-3,65

Fuente: Elaboración propia. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.

Cuadro 10.55 Valoración del impacto modificación de los flujos de la escorrentía superficial (fase funcionamiento)

ACCIONES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	W _M	VIA
Funcionamiento de la línea	2	0,2	7	0,2	5	0,6	4,8	3	0,6	8	0,2	0,2	-4,01

Fuente: Elaboración propia. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.

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.

10.3.9 Contaminación del agua superficial

Estado actual

Los análisis de aguas de escorrentía superficial realizados 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 TULSMA 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 el cuadro siguiente se indica la escala de calificación para valorar la intensidad de este impacto:

Cuadro 10.56 Escala de valoración de la intensidad de la contaminación del agua superficial

VARIABLE	SÍMBOLO	CARÁCTER	ESCALA DE CALIFICACIÓN	TIPO DE IMPACTO
Intensidad	I _n	Alto: contaminación por sustancias altamente contaminantes y tóxicas	8-10	Impacto Alto
		Medio: contaminación por sustancias contaminantes y tóxicas	5-8	Impacto Medio
		Bajo: contaminación por sustancias de bajo poder contaminante y tóxico	0-2	Impacto Bajo

Fuente: Elaboración propia. 2012

La asignación de valores a los parámetros para la evaluación global del impacto se ha realizado en base a la experiencia del equipo consultor en relación a la materia y teniendo en cuenta las afecciones de impactos que se han producido en obras similares como las del metro de Barcelona, la línea 2 del metro de Valencia, el tranvía de Murcia o la nueva Línea de Metro Ligero de Pinar de Chamartín-Sanchinarro.

En el caso concreto de la contaminación del agua superficial, la intensidad se ha considerado alta en todas las fases debido al efecto que podría producirse como consecuencia de la contaminación. La extensión, se ha considerado alta en todas las fases, por el mismo motivo. La duración de las obras no es demasiado extensa en el tiempo en comparación con el periodo de vida útil del metro, por lo que su valor ha sido minorado. La



reversibilidad se ha considerado media-alta en todos los casos. El riesgo de que se produzca se considera medio por el tipo de obra de la que se trata.

Al final, aplicando la formulación, se obtiene un Valor del Índice Ambiental Ponderado de valor medio y negativo en todas las fases. Esta conclusión, concuerda con las experiencias observadas en las obras de metro de otras grandes ciudades del mundo, en las que la contaminación de las aguas superficiales suele producirse como norma general como consecuencia de la emisión de material particulado en las obras de excavación, pero como norma general suelen ser poco significativas.

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

Cuadro 10.57 Valoración del impacto contaminación del agua superficial (fase construcción)

	ACCIONES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	W _M	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	-5,25
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	-5,83
	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	-4,95
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	-5,83
	Obras civiles	9	0,2	8	0,2	3	0,6	5,2	6	0,6	4	0,2	0,2	-5,38
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	-5,48
	Obras civiles	9	0,2	8	0,2	2	0,6	4,6	6	0,6	5	0,2	0,2	-5,48
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	-5,08

Fuente: Elaboración propia. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.

Cuadro 10.58 Valoración del impacto contaminación del agua superficial (fase funcionamiento)

ACCIONES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	W _M	VIA
Operación de cocheras	9	0,2	8	0,2	3	0,6	5,2	6	0,6	4	0,2	0,2	-5,37

Fuente: Elaboración propia. 2012

Cuadro 10.59 Valoración del impacto contaminación del agua superficial (fase cierre)

ACCIONES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	W _M	VIA
Desmantelamiento de las estructuras auxiliares y transporte	9	0,2	7	0,2	3	0,6	5	6	0,6	3	0,2	0,2	-5,04

Fuente: Elaboración propia. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.

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.

10.3.10 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 bombes netos para uso doméstico, industrial y agrícola.

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

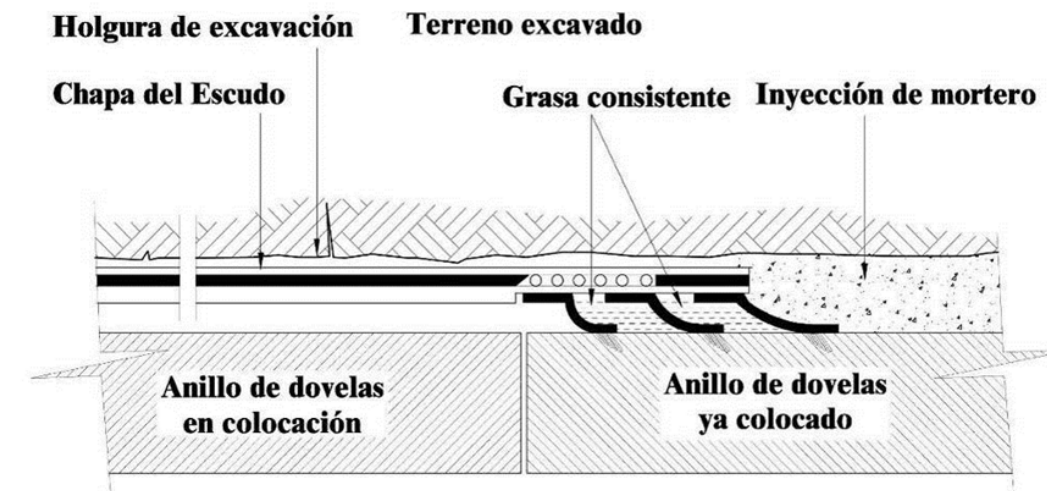
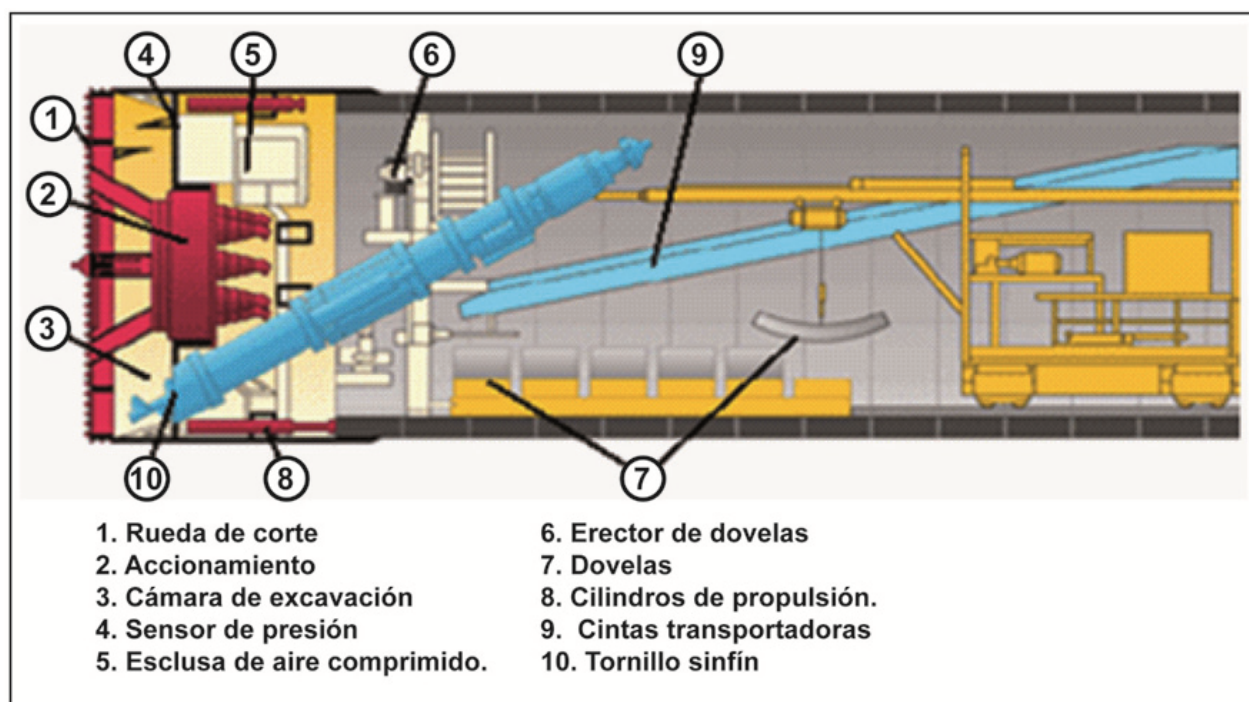
Por ser un proyecto en donde se realiza trabajos de excavación subterránea se ha considerado la posibilidad que se presente el efecto dren y el efecto pantalla. Por este motivo la empresa Metro de Quito mantiene un programa para el manejo y control de los efectos antes mencionados.

Evaluación del efecto dren

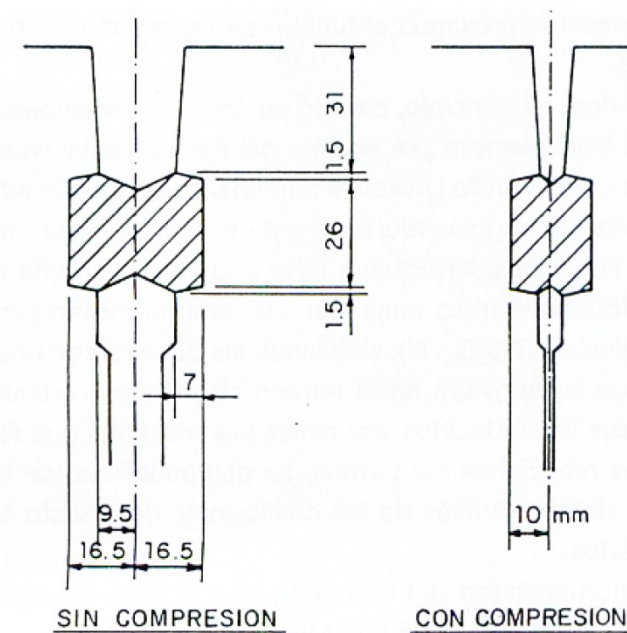
Algunos autores hacen mención que en las obras subterráneas puede producirse lo que denominan “efecto dren”. Este fenómeno se produciría en el caso de que al construir el túnel no se comportara de una forma totalmente estanca o impermeable, es decir, que dejase pasar agua a su interior, esto es conocido como efecto dren. Cuando se produce el efecto dren, el nivel piezométrico en las proximidades del túnel disminuye.

Para la mayor parte del trazado del túnel de línea se ha previsto la utilización de una máquina tuneladora tipo EPB (trabajo con frente cerrado y presión de tierras mantenida en la cámara por medio de un tornillo sinfín de evacuación de los productos excavados). Este tipo de maquinaria ha quedado demostrado tras años de utilización que impiden la entrada de agua por el frente así como por la zona final del escudo. En esta zona disponen de unos denominados “cepillos” que impiden que el agua entre en el interior del escudo, lo que provocaría la imposibilidad de trabajar en buenas condiciones.

El otro punto por donde podría entrar agua es el propio revestimiento definitivo. Este revestimiento está compuesto por un anillo de dovelas prefabricadas que se unen formando el anillo. La característica de prefabricadas hace que la calidad del hormigón, con una resistencia elevada, sea muy buena y por tanto impermeables. El punto más débil se fija en las juntas, sin embargo tampoco es posible que entre agua por las mismas ya que están provistas de unas juntas que impiden la entrada del agua.



Esquema de la junta de cepillos – grasa de un escudo



En otro sistema utilizado para la construcción de gran parte del túnel es en mina por procedimientos convencionales, el procedimiento de ejecución considerado es el de excavación secuencial (SEM). En este caso el frente es abierto y el terreno se va sosteniendo y revistiendo a medida que se va avanzando. Este método se utiliza en zonas donde el nivel freático está por debajo de la cota d excavación y por tanto no se afecta al mismo, por tanto otra vez queda descartado el efecto dren.

El último método utilizado para la construcción de la Línea es el método denominado entre pantallas, en este caso es necesario rebajar el nivel freático en el interior de las mismas durante la fase de construcción, lo que apenas provoca mínimos descensos en el exterior y en ningún caso efecto dren.

En el proyecto Metro de Quito este efecto no se puede producir debido fundamentalmente al método constructivo empleado.

Cuadro 10.60 Recursos, drenaje y porcentaje de recursos respecto a drenaje

ACUÍFERO	RECURSOS HM ³ /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. 2012

Conclusión

En el proyecto Metro de Quito este efecto no se puede producir debido fundamentalmente al método constructivo empleado el mismo que se encuentra dentro del Estudio de Diseño del la Primera Línea de Metro de Quito, las medidas específicas para la mitigación y control de este impacto se muestran en el Capítulo 11 Plan de Manejo Ambiental del Presente Estudio.

10.3.11 Valoración del efecto pantalla sobre las aguas subterráneas

Estado actual

Uno de los problemas que suelen aparecen en las obras subterráneas es el denominado efecto barrera o pantalla, que provoca un rebajamiento del nivel freático a un lado de la infraestructura y una elevación en el contrario.

Este efecto se produce cuando las aguas subterráneas no pueden atravesar el elemento construido, de manera que hace de represa o barrera para la libre circulación de las aguas.

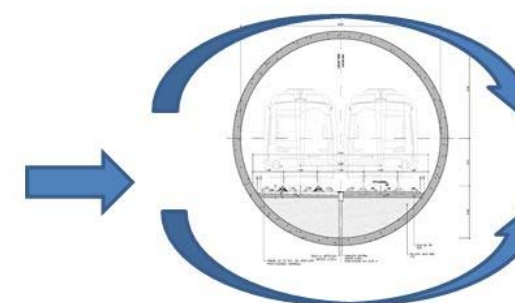


Esquema ilustrativo Efecto dren o pantalla

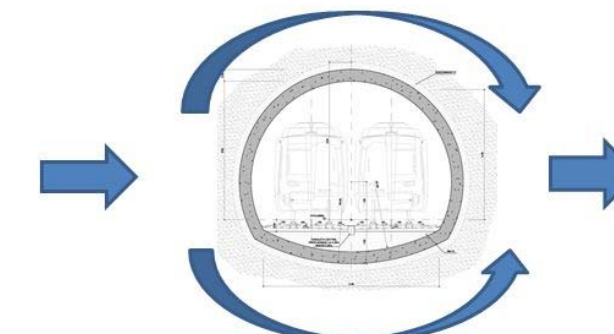
Valoración del efecto pantalla

De acuerdo con el diseño de la Primera Línea de Metro de Quito se puede asegurar que este efecto no se produce en ningún punto de la misma. En efecto en todo el trazado salvo en los primeros 700 metros el túnel diseñado es una sección circular o cuasi circular que evidentemente no puede interrumpir el flujo normal de agua.

Túnel excavado con Tuneladora



Túnel excavado por método tradicional



Se ha realizado una modelización de la zona de una de las estaciones diseñadas para comprobar el comportamiento hidrogeológico de la zona. Este estudio se encuentra incorporado en el diseño constructivo final del Metro de Quito.

En la zona inicial, el diseño contempla la ejecución del túnel mediante el método denominado entre pantallas, por tanto cabría la posibilidad de existencia de este fenómeno, pero no tendría ninguna afección ya que la variación estaría en rangos similares a los que se producen por la variación estacional.



Como podemos apreciar, en la figura de la página siguiente, como el sentido del flujo del agua, marcado por las flechas rojas, es sensiblemente paralelo al trazado, por tanto el efecto barrera no se puede producir. Las pantallas tienen una profundidad que varía entre los 14 y los 18 metros y se apoyan en la formación Cangahua, formada en esta zona por arenas y gravas, y por tanto permeables por lo que aunque el flujo fuera transversal a la traza tampoco se produciría el efecto barrera.

Además se ha realizado una modelización de la zona de una de las estaciones diseñadas para comprobar el comportamiento hidrogeológico de la zona, cuyo resultado vuelve a certificar la no existencia de efecto barrera en la Línea.

Conclusión

Luego de analizar la modelación del comportamiento hidrogeológico realizado por la Empresa Metro de Quito se llega a la conclusión de la no existencia del efecto barrera en la Línea.

10.3.12 Contaminación del agua subterránea

Estado actual¹⁹¹

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.) aunque 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 TULSMA 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 el cuadro siguiente se indica la escala de calificación para valorar la intensidad de este impacto:

Cuadro 10.61 Escala de valoración de la intensidad de la contaminación del agua subterránea

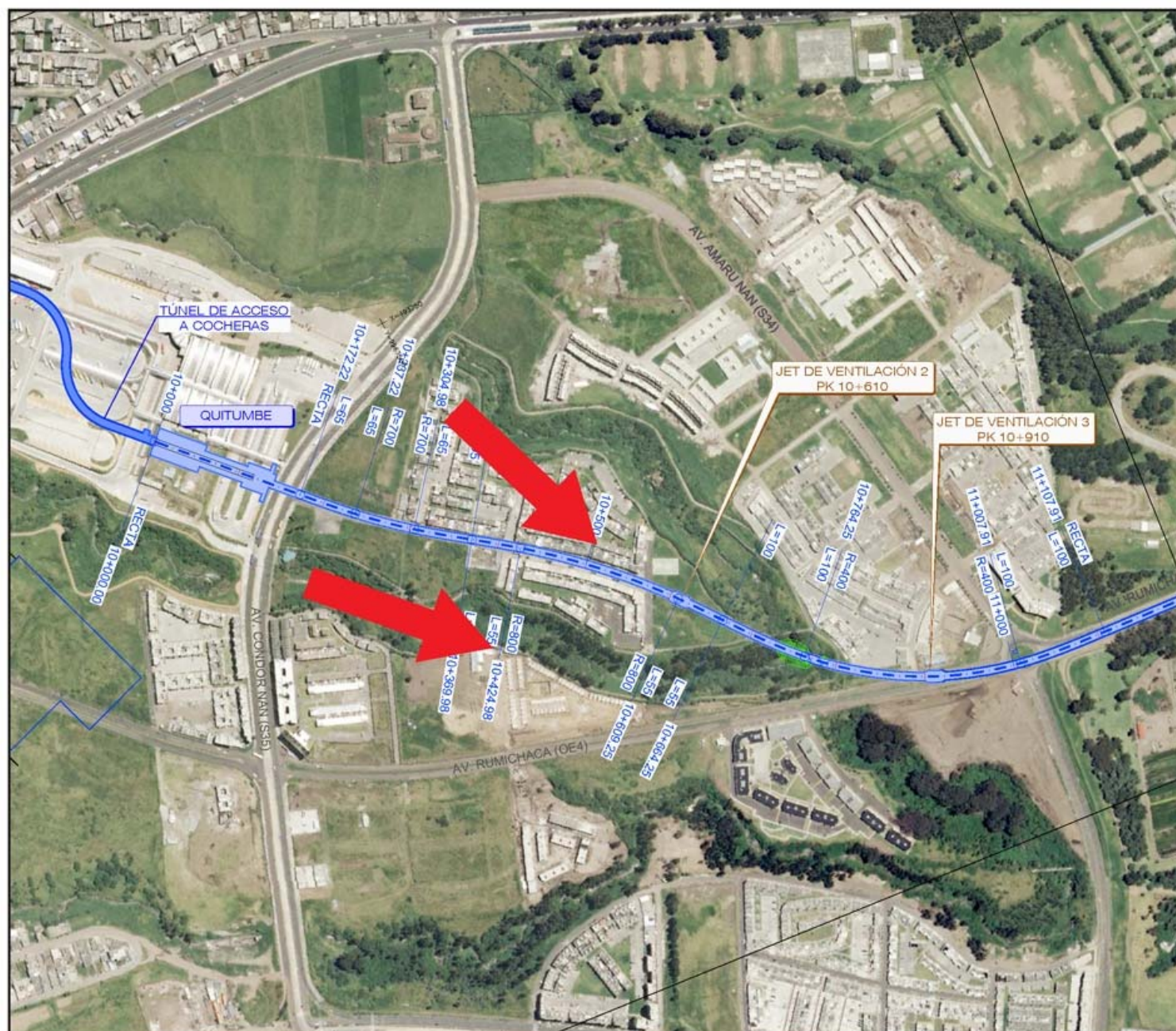
VARIABLE	SÍMBOLO	CARÁCTER	ESCALA DE CALIFICACIÓN	TIPO DE IMPACTO
Intensidad	In	Alto: contaminación por sustancias altamente contaminantes y tóxicas	8-10	Impacto Alto
		Medio: contaminación por sustancias contaminantes y tóxicas	5-8	Impacto Medio
		Bajo: contaminación por sustancias de bajo poder contaminante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

Fuente: Elaboración propia. 2012

La asignación de valores a los parámetros para la evaluación global del impacto se ha realizado en base a la experiencia del equipo consultor en relación a la materia y teniendo en cuenta las afecciones de impactos que se han producido en obras similares como las del metro de Barcelona, la línea 2 del metro de Valencia, el tranvía de Murcia o la nueva Línea de Metro Ligero de Pinar de Chamartín-Sanchinarro.

En el caso concreto de la contaminación del agua subterránea, la intensidad se ha considerado alta en todas las fases debido al efecto que podría producirse como consecuencia de la contaminación. La extensión, se ha considerado alta en todas las fases, por el mismo motivo, al poder verse afectados acuíferos de importancia. La duración de las obras no es demasiado extensa en el tiempo en comparación con el periodo de vida útil del metro, por lo que su valor ha sido minorado. La reversibilidad se ha considerado media en todos los casos. El riesgo de que se produzca se considera medio por el tipo de obra de la que se trata.

Al final, aplicando la formulación, se obtiene un Valor del Índice Ambiental Ponderado de valor medio y negativo en todas las fases. Esta conclusión, concuerda con las experiencias observadas en las obras de metro de otras



Zona de Quitumbe. Trazado del Metro y principales direcciones de flujo del agua subterránea (flechas en rojo)



grandes ciudades del mundo, en las que la contaminación de las aguas subterráneas es poco significativa y probable. A continuación se incluyen cuadros con la valoración parcial para cada una de las acciones de este impacto:

Cuadro 10.62 Valoración del impacto contaminación del agua subterránea (fase construcción)

	ACCIONES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	W _M	VIA
Preparación	Transporte, 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	-5,25
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	-5,83
	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	-5,83
	Obras civiles	9	0,2	8	0,2	3	0,6	5,2	6	0,6	4	0,2	0,2	-5,38
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	-5,49
	Obras civiles	9	0,2	8	0,2	2	0,6	4,6	6	0,6	5	0,2	0,2	-5,48
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	-5,08

Fuente: Elaboración propia. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.

Cuadro 10.63 Valoración del impacto contaminación del agua subterránea (fase funcionamiento)

ACCIONES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	W _M	VIA
Operación de cocheras	9	0,2	8	0,2	3	0,6	5,2	6	0,6	4	0,2	0,2	-5,38

Fuente: Elaboración propia. 2012

Cuadro 10.64 Valoración del impacto contaminación del agua subterránea (fase cierre)

ACCIONES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	W _M	VIA
Desmantelamiento de las estructuras auxiliares y transporte	9	0,2	7	0,2	3	0,6	5	6	0,6	3	0,2	0,2	-5,04

Fuente: Elaboración propia. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.

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 medidas que contemplen normas para el almacenamiento y manipulación de sustancias contaminantes y otras medidas correctoras.

10.3.13 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 de la Primera Línea del Metro de 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. Los espacios verdes públicos, el norte de la ciudad, de mayores ingresos, han sido históricamente mejor servidos, en comparación con las zonas sur y central. A inicios de la década de los 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).

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. 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

La asignación de valores a los parámetros para la evaluación global del impacto se ha realizado en base a la experiencia del equipo consultor en relación a la materia y teniendo en cuenta la importancia de las especies potenciales de ser afectadas y la superficie de zona verde perdida respecto al total. Como se ha comentado anteriormente la vegetación existente en el área del proyecto corresponde a una zona muy puntual y con especies de plantas comunes y poco significativas, que además sólo se verán afectadas en la fase de construcción.

Para determinar la escala de calificación de la intensidad se ha considerado una intensidad alta si el impacto ocasiona la pérdida de especies endémicas o amenazadas o si el porcentaje de área con afección permanente es mayor al 5% de la superficie total de zonas verdes, una intensidad media si se ocasiona una pérdida de especies comunes que pueden ser recuperadas con mitigación sencilla y poco costosa o si el porcentaje de área con afección permanente se encuentra entre el 2% y el 5% de la superficie total de zonas verdes y baja para la pérdida de especies que se recuperan naturalmente o con una ligera ayuda por parte del hombre o si el porcentaje de área con afección permanente es menor al 2% de la superficie total de zonas verdes,

Cuadro 10.65 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 o si el porcentaje de área con afección permanente es mayor al 5% de la superficie total de zonas verdes	8-10	Impacto Alto
		Medio: pérdida de especies comunes que pueden ser recuperadas con mitigación sencilla y poco costosa o si el porcentaje de área con afección permanente se encuentra entre el 2% y el 5% de la superficie total de zonas verdes	5	Impacto Medio
		Bajo: pérdida de especies que con recuperación natural o con una ligera ayuda por parte del hombre, es posible su recuperación o si el porcentaje de área con afección permanente es menor al 2% de la superficie total de zonas verdes,	0-2	Impacto Bajo

Fuente: **Elaboración propia. 2012**

El equipo consultor ha resuelto calificar la intensidad del impacto como baja, ya que las especies son comunes y fácilmente recuperables y el área de afectación permanente es menor al 2% respecto a la superficie total de zonas verdes

Además la extensión se considera puntual ya que solo afecta a la zona en concreto donde la planta se vea afectada. Respecto a la duración se ha calificado como media ya que el impacto se presenta mientras dura la actividad y finaliza al terminar ésta, luego lo que habrá que hacer es aplicar las correspondientes medidas correctoras. En el caso de la afectación permanente se aplicarán medidas compensatorias que me originen la misma superficie de área verde.

El riesgo de que se produzca el impacto es bajo, además con todas las medidas de mitigación a emplear disminuye más aún si éstas son bien ejecutadas. La reversibilidad también se ha considerado como baja ya que el impacto es reversible a corto plazo.

Con todas estas consideración y aplicando la formulación, se obtiene un Valor del Índice Ambiental Ponderado que para la fase de construcción es de valor bajo negativo.

A continuación se incluyen un cuadro 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 Valor del Índice Ambiental (VIA) mediante la siguiente fórmula:

$$VIA = [(R * W_r) + (RG * W_{rg}) + (M * W_m)]$$



Cuadro 10.66 Valoración del impacto afectación a la vegetación (fase construcción)

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	W _M	VIA
Preparación	Adecuación y uso de patios de maquinarias	1	0,2	1	0,2	3	0,6	2,2	1	0,6	1	0,2	0,2	-1,17
	Adecuación y uso de instalaciones auxiliares	1	0,2	1	0,2	3	0,6	2,2	1	0,6	1	0,2	0,2	-1,17
	Remoción de la cobertura vegetal	2	0,2	1	0,2	3	0,6	2,4	2	0,6	1	0,2	0,2	-1,81
Construcción de estaciones	Excavación y movimiento de tierras	2	0,2	1	0,2	3	0,6	2,4	1	0,6	1	0,2	0,2	-1,19
	Reposición e integración urbana	1	0,2	1	0,2	3	0,6	2,2	1	0,6	1	0,2	0,2	-1,17

Fuente: Elaboración propia. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.

Conclusión

Como conclusión en referencia a este impacto es posible decir que se trata de un impacto negativo valorado como bajo, que actuará principalmente en la fase de construcción, de valoración baja, de carácter puntual, temporal y reversible a corto plazo. Dicho impacto admite medidas preventivas y correctoras de mitigación. Respecto al área de zona verde con afección permanente, se considera que es muy pequeña en comparación con la existente en el área urbana de Quito, no obstante se aplicará una medida compensatoria para recuperar la misma o mayor superficie en otra zona de Quito.

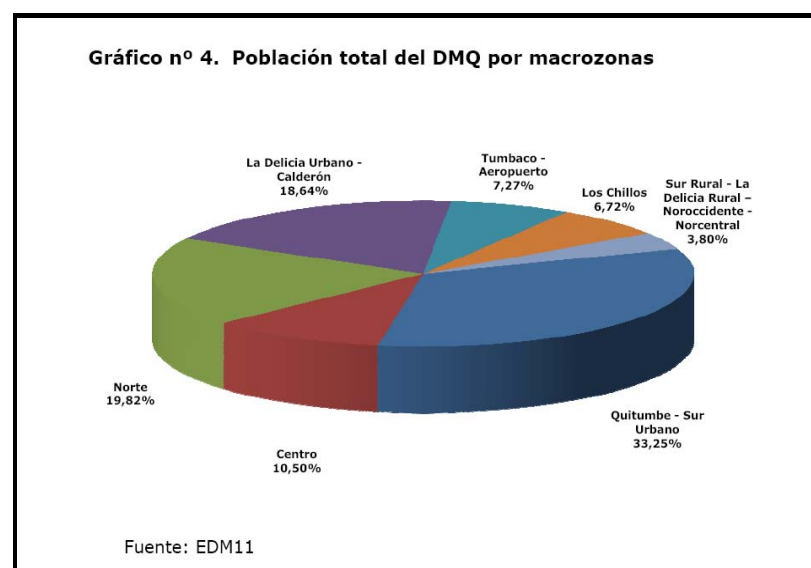
10.3.14 Valoración de la afectación a la movilidad y accesibilidad urbana

En esta sección se valorará 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. En concreto, la ubicación de las estaciones y el diseño de la traza ha sido concebido desde el punto de vista de no afectar de forma relevante a la movilidad de la ciudad durante el periodo de construcción.

Introducción: población y movilidad

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 10.12: Población total del DMQ por macrozonas



Fuente: EDM11 – Metro Madrid. 2011

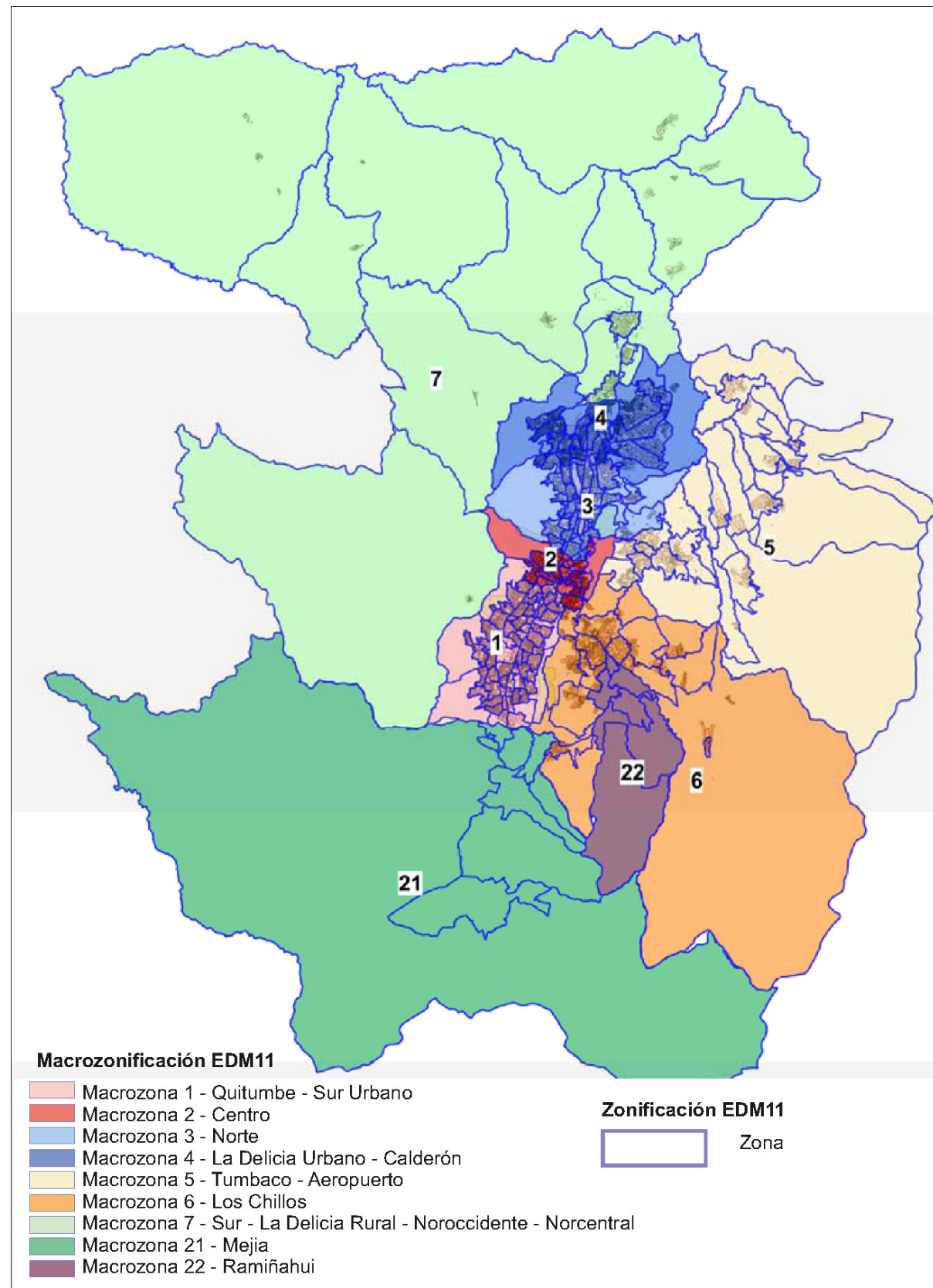
En el siguiente mapa se muestran las macrozonas del ámbito de estudio de movilidad, con base en el estudio de Movilidad y Demanda realizado por Metro Madrid (EDM11).

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 Primera Línea del Metro de Quito:

1. Quitumbe – sur Urbano
2. Centro

Figura 10.13: Macrozonas del ámbito de estudio

Fuente: Estudio de movilidad y demanda de Quito, Metro Madrid. 2011



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 revela 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 urbano: 15,1% (16,4% del transporte público)
- Norte – La Delicia urbano/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 urbano-norte: 8,6% del transporte público

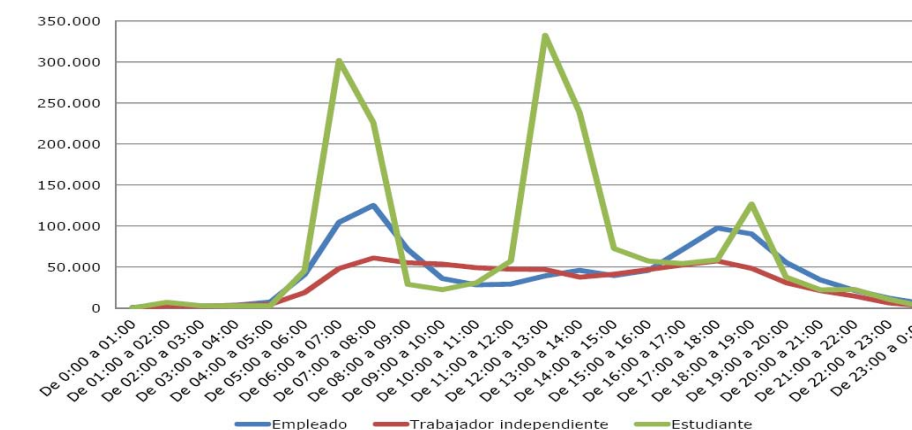
Según estos datos los desplazamientos entre y con la zona de Quitumbe son mayormente a través del transporte público, además de ser la zona metropolitana con un mayor porcentaje de nivel socioeconómico bajo y, directamente relacionado, un menor porcentaje de vehículos por habitante.

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, y la relación con el uso de transporte público es similar, por lo que se puede 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.

Un ejemplo claro de esto lo constituye la Universidad Central del Ecuador, 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 entre 4 y 14 años, se puede concluir que los escolares también se beneficiarán en gran medida de este nuevo sistema de transporte.

Figura 10.14: Estudio de movilidad y demanda de Quito

Gráfico nº 54. Viajes por periodo horario según actividad



Fuente: EDM11

Fuente: Metro Madrid

Figura 10.15: Ubicación de la estación Universidad Central



Fuente: Metro Madrid. 2011

A continuación se comenta la importancia del cambio en el sistema de movilidad o la situación de la misma en la municipalidad, ya que sufre una cierta degradación desde hace unos años. La construcción del metro acarreará la



necesidad de tener maquinaria pesada trabajando y circulando por la ciudad, lo que podría suponer un aumento del tráfico y de las afectaciones relacionadas con él.

De acuerdo con las estimaciones efectuadas en otros apartados del presente Estudio de Impacto Ambiental, el número de viajes a realizar por los camiones de transporte de movimiento de tierras para depositar los materiales excavados en las escombreras es de 1104. Esto supone una intensidad de circulación adicional de 552 vehículos pesados al día en cada uno de los sentidos de circulación (ida/vuelta). Veamos la influencia que tendrá este aumento en la intensidad de circulación del tráfico de Quito.

De acuerdo con el *Manual de Capacidad de Carreteras* de la *United States Transportation Research Board*, en los análisis de circulación y planeamiento en arterias urbanas y suburbanas, a falta de datos concretos procedentes de aforos, la intensidad de saturación ideal se puede considerar de 1.900 vehículos ligeros/hora de verde/carril. En el caso que nos ocupa, tomando una relación rojo/ciclo total en la semaforización de los viales afectados de 1/5, la intensidad de saturación horaria neta resultante es de 1.520 vehículos ligeros/hora/carril.

Para pasar los camiones de transporte a vehículos ligeros equivalentes emplearemos el factor de conversión preconizado por el *Road Research Laboratory* de Gran Bretaña, que preconiza un factor de conversión, en el caso de carreteras urbanas y camiones pesados, de 2,5 vehículos ligeros/camión pesado. Por tanto, los vehículos ligeros a los que equivalen los 552 camiones que operan en cada sentido de circulación son 1.380. Si consideramos una jornada de trabajo diaria de 8 horas, el transporte de tierras hasta las escombreras produce un incremento en la intensidad de tráfico en el vial por el que circulan de 173 vehículos ligeros/hora.

En el caso de viales de 2 carriles, este tráfico adicional supone el 5,7% de la intensidad de saturación (3.040 vehículos ligeros/hora). Si los viales tienen tres carriles, un 3,8% (4.560 vehículos ligeros/hora), y si tienen 4 carriles, un 2,8% (6.080 vehículos ligeros/hora). Como se puede ver, este tráfico supone una proporción muy reducida sobre la intensidad de saturación en los tres casos. Adicionalmente, debe considerarse que no todos los vehículos circularán por el mismo vial, ya que se tienen previstas distintas escombreras, y además, pueden programarse varias rutas a una única escombrera.

Por todo lo anterior, se puede considerar que la circulación de los camiones de movimientos de tierras desde la zona de obras hasta las escombreras no tendrá una influencia significativa sobre las condiciones de tráfico en la ciudad de Quito.

En la actualidad, la situación que enfrenta la ciudad de Quito tiene un carácter estructural y es consecuencia de décadas de aplicación de un modelo de crecimiento basado en la expansión horizontal de la mancha urbana hacia los extremos norte y sur y los valles orientales, provocando una baja densidad de ocupación del suelo, con una inequitativa distribución territorial de los servicios que, desde el punto de vista de la movilidad, implica la concentración de destinos y de viajes radiales hacia el Centro Histórico de Quito y el hipercentro.

El estado actual de la movilidad en Quito, como ya se ha comentado, no es buena, se tiene constancia de que la capacidad de los viales de las zonas donde se ejecutarán las obras se encuentra en estos momentos ya

superada, por lo que el aumento poco del tráfico pesado no supondrá un problema significativo añadido, ya que los problemas de colapso ya existen. A continuación se muestran datos que revelan la congestión vehicular en el municipio

La movilidad de Quito ha llegado a una situación que compromete la calidad de vida de sus habitantes y supone un freno a su desarrollo. El Estudio de Movilidad arroja los siguientes datos:

Figura 10.16: Viajes mecanizados realizados en día laborable por tipo de transporte

Movilidad mecanizada		Viajes		Etapas	
Público	Uso general	2.230.584	61,9%	3.050.272	67,3%
	Escolar y empresa	398.474	11,1%	417.107	9,2%
	Total público	2.629.058	73,0%	3.467.379	76,5%
Privado	Auto	833.279	23,1%	856.800	18,9%
	Taxi	141.271	3,9%	207.848	4,6%
	Total privado	974.550	27,0%	1.064.648	23,5%
Total movilidad mecanizada		3.603.609	100,0%	4.532.027	100,0%

Fuente EDM11

Los principales problemas de movilidad son:

- Escasez de espacio vial: orografía complicada y configuración lineal de la ciudad
- Elevada congestión vehicular y bajas velocidades de circulación
- Excesivos tiempos de desplazamiento que comprometen la competitividad del sistema socioeconómico y el potencial de crecimiento
- Problemas medioambientales
- Sistema de transporte público
- Tipos de servicios muy diferentes (Metrobús-Q/Convencional)
- Bajas velocidades y falta de capacidad para atender tanto las necesidades actuales como las esperadas en el futuro
- Sistema semi-integrado
- Falta de estrategia tarifaria penalizando las relaciones multietapa



- Carente de atractivo comercial para fidelizar a la demanda
- Poca cualificación empresarial y estructura atomizada en el transporte convencional

Esto está provocando que disminuya la capacidad del sistema o incluso que llegue a colapsarse, pone de manifiesto debilidades organizacionales del sistema de transporte convencional y además como también ha sido ya comentado es incompatible con un escenario de crecimiento y desarrollo de la ciudad.

Como respuesta a esta situación el Distrito Metropolitano de Quito se ha propuesto hacer de Quito un espacio más habitable y compatible con el escenario de desarrollo socioeconómico deseable para la ciudad. El Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, de acuerdo al régimen de competencias fijado en la Constitución Política de la República, ha decidido emprender una acción emergente para construir junto con la ciudadanía y las instancias competentes en otros niveles de gobierno, un nuevo modelo que corrija los vicios del crecimiento urbano que originan los problemas de movilidad que hoy vive este territorio y revierta las tendencias en los desplazamientos, haciendo de la movilidad un elemento del sistema de inclusión y equidad social que busca el buen vivir.

Todas las acciones y medidas enfocadas en mejorar la movilidad en la ciudad, sobre todo durante la fase de construcción del metro, se va a coordinar con la Secretaría de Movilidad del Distrito Metropolitano de Quito, y además con la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas (entidad adscrita a la Secretaría de Movilidad). La misión de esta entidad, responde también a los principios perseguidos por el Plan del Buen vivir y los objetivos de la Secretaría de Movilidad, y consiste en *“Contribuir a elevar el estándar de vida de los habitantes del Distrito Metropolitano de Quito, mediante una planificación integral, ejecución y control de la infraestructura vial, de las obras públicas relacionadas, del transporte y la movilidad, con altos niveles de competitividad, privilegiando la participación ciudadana y preservando el equilibrio ambiental. Para esto, contamos con colaboradores altamente capacitados y motivados, que trabajan, en un ambiente de respeto, transparencia y orientación de servicio a la ciudadanía”*.

En el caso concreto de las actividades de expropiación, la acción de expropiar generará un impacto positivo en primer lugar en la economía al producirse una inyección de capital como consecuencia de la expropiación (si bien, en algunos casos podría llegarse a la permuta de unos predios por otros), y en segundo lugar porque contribuirá, de forma indirecta, a la creación de nuevos espacios públicos en aquellos terrenos que se expropian, generando a su vez un aumento de la movilidad en la zona.

En el presente proyecto se procederá a la expropiación de una serie de predios, si bien, la afectación de los mismos en unos casos será total y en otros parcial.

En la siguiente tabla, se indican las áreas previstas a expropiar, la estación a la que pertenecen, la ubicación exacta así como su categoría (mixta o privada).

Cuadro 10.67: Propiedades en el área de las estaciones del Metro

ESTACIÓN	LOTES	ÁREA	PROPIEDAD
QUITUMBE	8	59.737 m ²	PRIVADA (COOPERATIVAS DE VIVIENDA)
	8	26.122 m ²	PÚBLICA (BANCO ECUATORIANO DE LA VIVIENDA)
LA MAGDALENA	1	26.750 m ²	PÚBLICA (MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL)
SAN FRANCISCO	1	725 m ²	PRIVADA
TOTAL	18	113.334 m²	

Fuente: Elaboración propia

Marco Legal

Con 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 415.000 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 perdida 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 costo 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 del Metro de Quito 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 se compara 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 Ecovia 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 Integrado de Transporte Masivo del DMQ.

Un viaje en el trole en Quito, durante las horas pico, puede tomar una hora y media desde el 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 se extrapola la duración del trayecto en metro del proyecto completo al proyecto de la Primera Línea, 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.

Figura 10.17: Sistema Integrado de Transporte Masivo para Quito



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

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 EDM11 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:

Cuadro 10.68 Escala de la variable intensidad para la mejora de la movilidad y accesibilidad urbana (fase funcionamiento)

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. 2012**

La asignación de valores a los parámetros para la evaluación global del impacto se ha realizado en base a la experiencia del equipo consultor en relación a la materia y teniendo en cuenta las afecciones de impactos que se han producido en obras similares como las del metro de Barcelona, la línea 2 del metro de Valencia, el tranvía de Murcia o la nueva Línea de Metro Ligero de Pinar de Chamartín-Sanchinarro, Madrid.

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, se ha elegido el 9 como media del rango.

En el caso concreto de la afección a la movilidad y accesibilidad urbanas, se ha considerado que debido a las tareas de excavación de túneles y obras en superficie que tendrán lugar, provocará cortes y desvío en calles al tráfico y peatones, no obstante no existirá una elevada intensidad de este impacto en las fases de construcción, es decir no se considera muy significativo, principalmente porque a pesar de las obras que se prevén realizar en superficie, éstas solo tendrán lugar sobre vías en 3 de las estaciones (Jipijapa, Iñaquito y La Carolina) y las calles donde tendrán lugar disponen de doble carril, por lo que a pesar de que uno de ellos se corte, los vehículos dispondrán del otro para circular. Es cierto que provocará un tráfico más lento, pero el perjuicio será el mínimo posible. En la fase de funcionamiento se considera uno de los impactos positivos más importantes.

La duración de la fase de funcionamiento del metro es de 150 años, a priori, ya que parece muy poco probable que pasado este tiempo se clausure el metro, por lo tanto se ha elegido un valor de 3 de un máximo de 5, porque es temporal, no indefinido, pero se prevé que tenga una duración muy amplia..

En cuanto a reversibilidad, según las mismas premisas que para la variable duración, el impacto si se considera reversible pero a muy largo plazo, de ahí un valor alto pero dentro de los rangos de tipo reversible.

El cálculo de la magnitud del impacto resulta medio en la fase de funcionamiento de una escala hipotética del 1-10 El riesgo de que se produzca se considera alto en todos los casos ya que se tiene constancia, pro los estudios de movilidad previos así como por la experiencia de los resultados de otros proyectos similares de que se producirá dicho impacto

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

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

$$VIA = (60,6 * 90,2 * 5,40,2)$$

$$VIA = 6,37$$

Al final, aplicando la formulación, se obtiene un Valor del Índice Ambiental Ponderado de valor positivo alto en la fase de funcionamiento. Resultado que ya se había previsto por las mismas razones especificadas anteriormente,



experiencias anteriores y estudios preliminares de demanda de transporte público, la población lo va a utilizar y por tanto la mejora en la movilidad será notable.

Cuadro 10.69 Valoración del impacto Mejora de la Movilidad y Accesibilidad Urbanas (fase operación y mantenimiento)

ACTIVIDADES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	M	W _M	VIA
Operación	9	0,2	9	0,2	3	0,6	5,4	6	0,6	9	0,2	5,4	0,2	+6,37
	9	0,2	9	0,2	3	0,6	5,4	6	0,6	9	0,2	5,4	0,2	+6,37

Fuente: Elaboración propia. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.

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 se asume como un segundo impacto las molestias a la población por los desvíos, cortes y efecto barrera de las obras, la intensidad se podría calcular con base en el 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:

Cuadro 10.70 Escala de la variable Intensidad (fase de construcción)

VARIABLE	SÍMBOLO	CARÁCTER	ESCALA DE CALIFICACIÓN	TIPO DE IMPACTO
Intensidad	I _n	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	Impacto Bajo
		la pérdida de tiempo es menor de 40 minutos y el porcentaje de población es mayor del 80%	4	
		La pérdida de tiempo es menor del 20% y el porcentaje de población está entre el 60 y 80%	3	
La pérdida de tiempo es menor del 20% y el porcentaje de población es menor del 60%	2			

Fuente: Elaboración propia. 2012

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 las obras no es demasiado extensa en el tiempo en comparación con el periodo de vida útil del metro, el valor de esta variable se encuentra dentro del rango definido como temporal, esto es, cuando finalicen las actividades que lo provocan el impacto desaparecerá. El valor de 2 por lo tanto responde a una duración temporal pero además baja en comparación con el periodo de duración del funcionamiento.

La reversibilidad se ha considerado baja, es bastante poco probable que después de acabar la fase de obras se tengan que repetir, pero no improbable, debido a la construcción o rehabilitación de infraestructuras superficiales una vez que el metro entre en funcionamiento, de ahí el valor 2.



Al igual que en la fase de operación, el riesgo de que se produzca este impacto se considera alto en todos los casos ya que se tiene constancia, por los estudios de movilidad previos así como por la experiencia de los resultados de otros proyectos similares de que se producirá dicho impacto, aunque menor que para la fase de funcionamiento, porque el factor impactado en este caso el tráfico y los peatones pueden diferir en su respuesta a estas molestias.

Para plasmar la información en los cuadros 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.

Cuadro 10.71 Valoración del impacto mejora de la movilidad y accesibilidad urbanas (fase construcción)

ACTIVIDADES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	M	W _M	VIA
Preparación	3	0.2	5	0.2	2	0.6	2,8	1	0.6	5	0,2	3,4	0,2	-1,70
Construcción de túneles	3	0.2	5	0.2	2	0.6	2,8	1	0.6	5	0,2	3,4	0,2	-1,70
Construcción de estaciones	3	0.2	5	0.2	2	0.6	2,8	1	0.6	5	0,2	3,4	0,2	-1,70
Construcción de cocheras	3	0.2	2	0.2	2	0.6	2,2	1	0.6	5	0,2	2,8	0,2	-1,62
Actividades auxiliares	3	0.2	5	0.2	2	0.6	2,8	1	0.6	5	0,2	3,4	0,2	-1,70

Fuente: Elaboración propia. 2012

Cuadro 10.72 Valoración del impacto afectación a la movilidad y accesibilidad urbanas (fase cierre)

ACTIVIDADES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	M	W _M	VIA
Rehabilitación	3	0.2	5	0.2	2	0.6	2,8	1	0.6	5	0,2	2,8	0,2	-1,70

Fuente: Elaboración propia. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.

Conclusión

A continuación basado en la escala de valoración del índice ambiental ponderado, incluida en el apartado de Metodología, este impacto tendrá el siguiente valor, en la fase construcción: Impacto negativo Bajo (-1,70), en la fase de operación: Impacto positivo Alto (+6,37); y en la fase de cierre: Impacto negativo Bajo (-1,70).

Lo que se pone de manifiesto con estos valores, es lo que ya habíamos previsto antes de realizar los cálculos, y es que la maquinaria pesada necesaria para las obras no supondrá alteración alguna del tráfico, en cuanto al tema de la movilidad, ya que el número de maquinas y el recorrido hasta los depósitos de material no son significativos.

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” (perteneciente al “Plan Estratégico Quito hacia el 2025), como consolidar la estructura urbana y revalorizar los espacios simbólicos y de encuentro ciudadano.

10.3.15 Valoración del aumento del empleo y la actividad económica

Situación en Quito

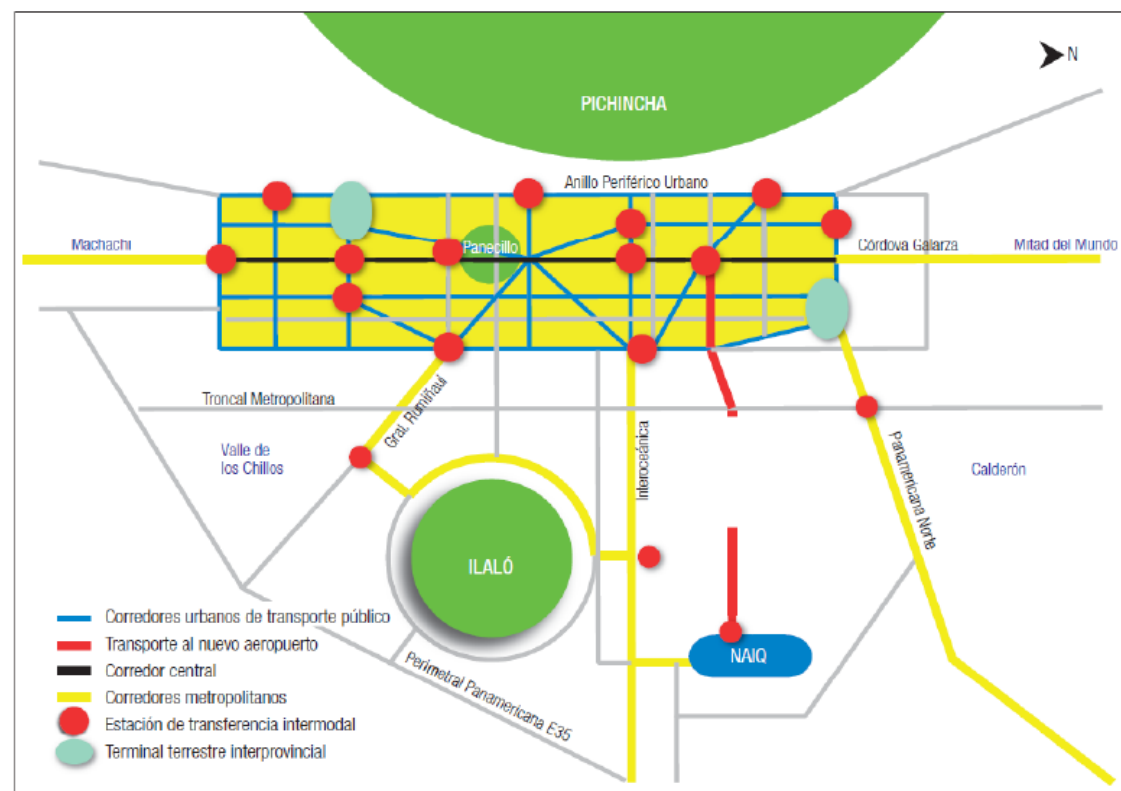
Como se menciona posteriormente en la descripción de los impactos valorados, se prevé que haya una elevada oferta de empleo en la fase de construcción del proyecto, aunque la mayoría serían empleos temporales, en la fase de operación la demanda de trabajadores será menor pero serían empleos fijos. Por lo que este impacto resulta también de gran relevancia para la sociedad de Quito.

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 se considera un periodo de construcción de 3 años, supondría la creación de 1.800 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 el de esta primera 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 10.18: Esquema del sistema integral de transporte público del DMQ



Fuente: Secretaría de Movilidad de Quito. 2011

Para el cálculo de la intensidad de este impacto se utilizará el nivel de creación de empleo, con 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 estos datos, 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:

Cuadro 10.73 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	

Fuente: Cal y Mayor

* Se trata del crecimiento anual de los ingresos medios para el quinquenio que comienza en ese año

Tomando como referencia estos datos, se puede 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 2.200 totales en la fase de construcción (hasta 2015 aproximadamente), empleos que serán de carácter temporal y 1.155 hasta el 2045 en la fase de operación.

El porcentaje de aumento de empleo por tanto, con 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, con relación a la población activa, si se tiene en cuenta el crecimiento medio del empleo en el DMQ.

Según el Instituto Nacional de Estadística del Ecuador y con 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

Cuadro 10.74 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. 2012

De nuevo en este impacto no se valora para la fase de diseño, aunque sin ser significativo si es positivo, es decir se contratarán expertos para la elaboración de los estudios preliminares.

En cuanto a la extensión, este impacto tiene carácter regional, es decir la contratación de personal laboral se extiende a aquellas zonas fuera del área de influencia del proyecto, aunque sin olvidar que las personas que viven cerca lo tendrán más fácil para desplazarse al centro de trabajo, pero no es excluyente ni mucho menos.

La duración de este impacto positivo es similar a la duración del proyecto, por la tanto es un valor medio, ya que se produce mientras se desarrolla la actividad y cesa una vez finalizada esta. Podemos añadir, que de forma indirecta, se crearán otros puestos de trabajo, relacionados ya con un aumento del desarrollo económico y comercial de la ciudad.

La reversibilidad se ha considerado media en las tres fases importantes, es bastante poco probable que después de acabar la fase de obras y la de funcionamiento, se destruya mucho empleo, en valores relativos, ya que como hemos comentado, la actividad económica en general y comercial se verá generosamente potenciada, por lo que la generación de empleo irá directamente ligada a esta tendencia. Pero si es cierto que tras la construcción el número de trabajadores necesarios sea menor (volverá a contratarse personal de obra en la fase de cierre), ya que el mantenimiento y la operación del metro así lo requieren, de aquí la diferencia de valores entre las 3 fases.

El riesgo de que se produzca este impacto se considera alto en todos los casos ya que se tiene constancia, por los estudios de movilidad previos así como por la experiencia de los resultados de otros proyectos similares de

que se producirá dicho impacto, en la fase de construcción se crearán empleos temporales pero en gran número y en la de funcionamiento menos número de empleados pero de forma indefinida.

Cuadro 10.75 Valoración del impacto Aumento del empleo y de la actividad económica (fase construcción y cierre)

ACTIVIDADES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	M	W _M	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. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.



Cuadro 10.76 Valoración del impacto Aumento del empleo y de la actividad económica (fase operación y mantenimiento)

ACTIVIDADES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _R	M	W _M	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. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.

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 creará 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 consideran 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 indican 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 del Ecuador como país miembro para que se cumplan las normas internacionales ratificadas con 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 incluirán 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 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.



10.3.16 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 ya ha sido comentado, 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.

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, se tienen 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. Según los resultados del Estudio de Movilidad desarrollado, las conclusiones de la encuesta revelan que los desplazamientos corresponden a estudios (32,5%); trabajo (31,1%); razones personales (24,3%); compras (4,4%) y razones médicas (3,1%). En este sentido se puede 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:

Cuadro 10.77 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: más 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. 2012

Para el cálculo de la magnitud, además de la intensidad, se deben tener en cuenta variables como la extensión, este impacto tiene carácter bastante puntual en la fase de construcción (similar a la de cierre), es decir la calidad de vida de parte de la población del área de influencia directa se verá afectada negativamente, pero en el caso del funcionamiento del metro, los beneficios llegarán a un porcentaje mucho mayor de población, a todos los potenciales usuarios del metro, que según los últimos estudios preliminares es un 93% de los quiteños, por eso en este caso la extensión se ha valorado como regional.

La duración de este impacto es similar a la duración del proyecto, por lo tanto es un valor medio para las fases de construcción y funcionamiento, pero teniendo en cuenta la diferencia de duración entre estas se han diferenciado en los 2 valores medios de esta variable, 2 y 3.

La reversibilidad, en la fase de construcción tiene carácter bajo, las molestias terminarán una vez finalicen las obras, de forma similar a la valoración de la afección de la movilidad y accesibilidad, por el contrario, en el caso del funcionamiento del metro. Se le ha dado el valor más alto (7) dentro de los impactos reversibles, debido de nuevo a la larga duración de esta fase.

El riesgo de que se produzca este impacto se considera alto en todos los casos ya que se tiene constancia, por los estudios de movilidad previos así como por la experiencia de los resultados de otros proyectos similares de que se mejorará la calidad de vida de la población, por muchas razones, en particular debido directamente a los beneficios valorados en apartados anteriores de este capítulo y resumidos en las conclusiones del mismo. La diferencia del valor entre la fase de construcción y cierre y la fase de funcionamiento se debe de nuevo a la diferencia del impacto en cada una de ellas, las molestias de la fase de construcción y cierre se producirán pero con una certeza menor que los beneficios indicados para la calidad de vida de la población con el funcionamiento del metro



Cuadro 10.78 Valoración del impacto Mejora de la Calidad de Vida de la Población (fase de construcción)

ACTIVIDADES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	M	W _M	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. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.

Cuadro 10.79 Valoración del impacto Mejora de la Calidad de vida de la población (fase operación y mantenimiento)

ACTIVIDADES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	M	W _M	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. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.

Cuadro 10.80 Valoración del impacto Mejora de la Calidad de Vida de la Población Urbanas (fase cierre)

ACTIVIDADES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	M	W _M	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. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.

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 del valor del Índice Ambiental. 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 del 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 las 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 cerciorará 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.

10.3.17 Valoración de la afectación al patrimonio cultural

Situación y normativa reguladora

Los estudios realizados, demuestran la existencia de depósitos alterados en todas las zonas estudiadas.

En las estaciones El Ejido y San Francisco se encontraron evidencias arqueológicas aborígenes y coloniales, entremezcladas y fragmentadas, estas evidencias son mínimas en Quitumbe – Cocheras. En el resto de Estaciones y en Áreas Especiales: no se registró material arqueológico alguno

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.

Con respecto a las edificaciones patrimoniales, desde 1989, el Fondo de Salvamento del Patrimonio Cultural FONSAL, efectuó la protección, consolidación, reforzamiento y restauración de todas las iglesias y muchas edificaciones patrimoniales del CHQ. Actualmente, el Instituto Metropolitano de Patrimonio, mediante el plan “Pon a Punto tu Casa”, efectúa intervenciones en estructuras y cubiertas de las casas particulares inventariadas dentro de los límites y áreas de amortiguamiento del CHQ.

El estudio de edificaciones y servicios afectados en el área de influencia de la PLMQ, realizado por Metro de Madrid, revela que de un universo de 733 edificaciones del Centro Histórico de Quito entre San Diego y La Alameda, apenas once tienen problemas estructurales, de éstas ocho son viviendas abandonadas y dos son edificios patrimoniales.

Las edificaciones patrimoniales sensibles son:

- El conjunto religioso de la Concepción, estimándose un 10% de la crujía sur con daños estructurales moderados. Cabe indicar que el Instituto Metropolitano de Patrimonio ha venido interviniendo en los procesos de reforzamiento y restauración del conjunto.
- El Ex Colegio San Luis Gonzaga ubicado en la calle Benalcázar entre Sucre y Espejo, junto a la iglesia de La Compañía de Jesús, edificio que se eligió como prototipo para el estudio de ingeniería y patrimonio que paralelamente al estudio de edificaciones indicado, se está efectuando.
- Hospital San Lázaro, calles Bahía, Ambato y García Moreno, edificaciones que parcialmente están desocupadas y que el IMP viene interviniendo en su reforzamiento y recuperación.

Se están efectuando estudios puntuales en las edificaciones con patologías que afectan a las estructuras.

Figura 10.19: Iglesia y Plaza de San Francisco



Fuente: Metro Madrid. 2011

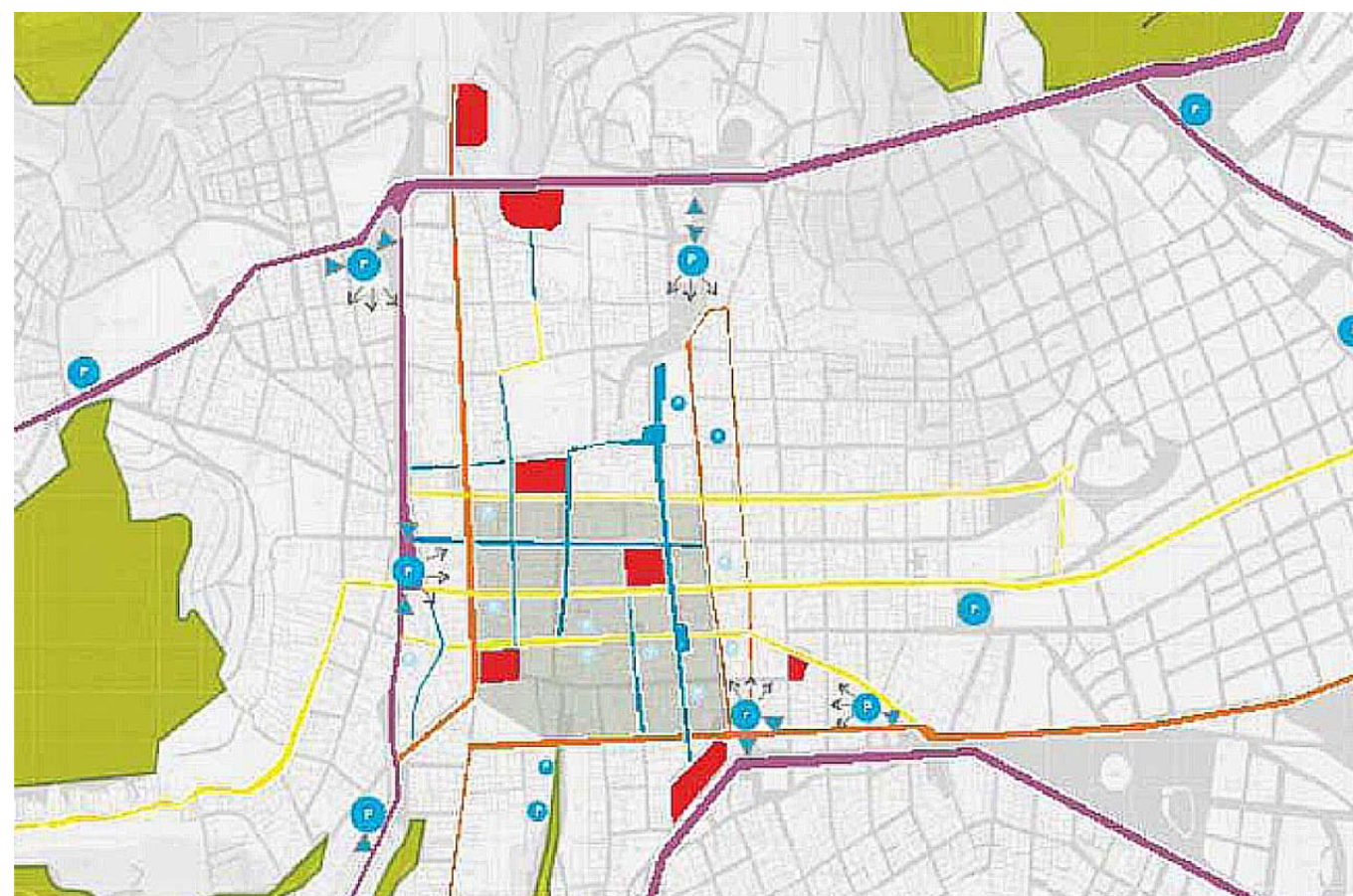
En el área de influencia indirecta del proyecto no se afectará al componente arqueológico, ya que no habrá movimiento de tierras fuera del área de influencia directa.

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 desarrolló 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 10.20: Planeamiento. Plan de Movilidad Sostenible en el centro de Quito



SIMBOLOGÍA

	Corredores perimetrales		Hitos urbanos
	Corredores Centrales		Límites Naturales
	Recorridos internos tansversales		
	Ejes peatonales		

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.

Además se han tomado en cuenta estas sensibilidades en la elección de los métodos constructivos:

- Estaciones (San Francisco y Alameda): Método Cut and Cover (Minimiza el impacto en tráfico vehicular)
- Túnel de línea en zona centro: Método Convencional. Proporciona:
 - Buen control de asentamientos
 - No genera impacto por vibraciones
- Otras intervenciones en el CHQ: Una salida de emergencia en la calle Bahía y Villavicencio. Un pozo de ventilación en la calle Sucre, frente a la Plaza de San Francisco. Un pozo de bombeo en edificación de las calles Manabí y Guayaquil. Un pozo de ventilación en casa ubicada en las calles Oriente y Antepara. Un pozo de ventilación en el sector de las calles Juan Montalvo y Av Colombia.

Adicionalmente cabe resaltar la experiencia de Quito en obras subterráneas, en especial en el Centro Histórico:

De las experiencias de colectores construidos en el CENTRO HISTORICO DE QUITO por la EPMAPS, como es el caso del colector "El Tejar-Mejía-La Marín que cruza transversalmente el centro histórico, y que fue ejecutado con el método tradicional, no se produjo afectación alguna a las edificaciones y estructuras patrimoniales, por lo que éste método a ser aplicado en la construcción del túnel para el metro, en el tramo que atraviesa el CHQ, se considera el más adecuado ya que no producirá ni vibraciones ni impactos negativos en las estructuras y edificaciones patrimoniales.

Por los antecedentes expuestos, se colige que los métodos constructivos a aplicarse en el Centro Histórico, tanto para las estaciones como para el túnel, esto es Cut and Cover y Convencional, respectivamente, son los más adecuados dadas las condiciones particulares del sector, con ello se asegura mínimo impacto tanto por vibraciones como de asentamientos.

Escala de Calificación

A continuación se indica la escala de calificación a tomar para este impacto. Dicha escala queda reflejada en el siguiente cuadro:



Cuadro 10.81 Escala de valoración de la afectación al patrimonio cultural

VARIABLE	SÍMBOLO	CARÁCTER	ESCALA DE CALIFICACIÓN	TIPO DE IMPACTO
Intensidad	In	Alto: si el grado de afectación al patrimonio cultural y arqueológico es elevado, con destrucción o imposibilidad de recuperación y puesta en valor de los restos encontrados	8-10	Impacto Alto
		Medio: si el grado de afectación al patrimonio cultural y arqueológico no es significativo, sin destrucción o con posibilidad de recuperación y puesta en valor de los restos encontrados	7-3	Impacto Medio
		Bajo: si el grado de afectación al patrimonio cultural y arqueológico es nulo o muy bajo	0-2	Impacto Bajo

Fuente: **Elaboración propia. 2012**

La asignación de valores a los parámetros para la evaluación global del impacto se ha realizado en base a la experiencia del equipo consultor en relación a la materia y teniendo en cuenta las afecciones de impactos que se han producido en obras similares como las del metro de Barcelona, la línea 2 del metro de Valencia, el tranvía de Murcia o la nueva Línea de Metro Ligero de Pinar de Chamartín-Sanchinarro, Madrid. En el caso concreto de la afectación al patrimonio cultural se ha considerado que podría ser más elevado en las fases de construcción y cierre, y de menor calado en la fase de funcionamiento. Según las prospecciones arqueológicas realizadas hasta el momento, la extensión, a pesar de tratarse de una obra de unos 22 km de largo en la que el uso de maquinaria pesada será elevada, al igual que el número de trenes transitando en la fase de funcionamiento, será muy localizada, previéndose la aparición de restos de interés en sitios muy concretos (centro histórico). Es de importancia resaltar, que este impacto deberá valorarse y contrastarse durante la ejecución de cada una de las fases del proyecto, realizando un seguimiento sobre todo durante las fases de construcción y cierre con la finalidad de evaluar la existencia de restos arqueológicos de interés y las posibilidades de su no afección o puesta en valor.

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



Cuadro 10.82 Valoración del impacto afectación al patrimonio cultural (fase construcción)

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	W _M	VIA
Preparación	Reubicación de infraestructura y propiedades	1	0,2	1	0,2	2	0,6	1,6	2	0,6	2	0,2	0,2	-1,91
	Desvío de servicios. Retiro y reubicación de infraestructuras de servicios públicos	1	0,2	2	0,2	2	0,6	1,8	2	0,6	2	0,2	0,2	-1,95
	Adecuación y uso de patios de maquinarias	1	0,2	2	0,2	2	0,6	1,8	2	0,6	2	0,2	0,2	-1,95
	Adecuación y uso de instalaciones auxiliares	1	0,2	1	0,2	2	0,6	1,6	2	0,6	2	0,2	0,2	-1,91
	Preparación y uso de escombreras	1	0,2	2	0,2	1	0,6	3,4	2	0,6	2	0,2	0,2	-1,80
	Adecuación y uso de campamentos	1	0,2	1	0,2	1	0,6	1,0	2	0,6	2	0,2	0,2	-1,74
	Remoción de la cobertura vegetal	1	0,2	2	0,2	2	0,6	1,8	2	0,6	1	0,2	0,2	-1,70
	Excavación y relleno	1	0,2	2	0,2	2	0,6	1,8	2	0,6	2	0,2	0,2	-1,96
	Transporte, carga y descarga de materiales y su almacenaje	1	0,2	1	0,2	1	0,6	1,0	1	0,6	1	0,2	0,2	-1,00
Construcción de túneles	Excavación y movimiento de tierras	1	0,2	2	0,2	2	0,6	1,8	2	0,6	2	0,2	0,2	-1,96
Construcción de estaciones	Excavación y movimiento de tierras	1	0,2	2	0,2	2	0,6	1,8	2	0,6	2	0,2	0,2	-1,96
	Obras civiles	1	0,2	1	0,2	1	0,6	1,0	1	0,6	1	0,2	0,2	-1,00
	Instalaciones y servicios	1	0,2	1	0,2	1	0,6	1,0	1	0,6	1	0,2	0,2	-1,00
	Obras de arte	1	0,2	1	0,2	1	0,6	1,0	1	0,6	1	0,2	0,2	-1,00
	Reposición e integración urbana	1	0,2	1	0,2	1	0,6	1,0	1	0,6	1	0,2	0,2	-1,00
Construcción de cocheras	Excavación y movimiento de tierras	1	0,2	2	0,2	1	0,6	1,2	1	0,6	2	0,2	0,2	-1,19
	Obras civiles	1	0,2	1	0,2	1	0,6	1,0	1	0,6	1	0,2	0,2	-1,00
	Instalaciones y servicios	1	0,2	1	0,2	1	0,6	3,4	1	0,6	1	0,2	0,2	-1,00
Actividades auxiliares	Vallados temporales y señalización	1	0,2	1	0,2	1	0,6	1,0	1	0,6	1	0,2	0,2	-1,00
	Reposiciones e integración urbana	1	0,2	1	0,2	1	0,6	1,0	1	0,6	1	0,2	0,2	-1,00
	Ejecución de estructuras y muros de fábrica	1	0,2	2	0,2	2	0,6	1,8	2	0,6	2	0,2	0,2	-1,95

Fuente: Elaboración propia. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.



Cuadro 10.83 Valoración del impacto afectación al patrimonio cultural (fase operación y mantenimiento)

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	W _M	VIA
Operación	Funcionamiento de la línea	1	0,2	8	0,2	4	0,6	4,25	2	0,6	2	0,2	0,2	+2,32

Fuente: Elaboración propia. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.

Cuadro 10.84 Valoración del impacto afectación al patrimonio cultural (fase cierre)

ACTIVIDADES	ACCIONES	I	W _I	E	W _E	D	W _D	M	R	W _r	RG	W _{RG}	W _M	VIA
Rehabilitación	Desmantelamiento de las estructuras auxiliares y transporte de las mismas	1	0,2	1	0,2	1	0,6	1,0	1	0,6	1	0,2	0,2	-1,00
	Reacondicionamiento de las áreas de depósito de material	1	0,2	1	0,2	1	0,6	1,0	1	0,6	1	0,2	0,2	-1,00
	Reposiciones e integración urbana	1	0,2	1	0,2	1	0,6	1,0	1	0,6	1	0,2	0,2	-1,00
	Retiro de equipos, maquinaria, campamentos e instalaciones provisionales	1	0,2	1	0,2	1	0,6	1,0	1	0,6	1	0,2	0,2	-1,00

Fuente: Elaboración propia. 2012

I= intensidad; W_I peso de factor de intensidad =0,2; E =extensión; W_E peso de factor de extensión=0,2; D =duración; W_D peso de factor de duración =0,6; M=magnitud; R=reversibilidad; W_r peso del criterio de intensidad =0,2 ;RG=riesgo; W_{RG} peso del criterio de riesgo , W_M peso del criterio de magnitud.

Conclusión

Con las evidencias encontradas en la Plaza de San Francisco, este impacto se califica como bajo y negativo en la fase de construcción y cierre, pudiéndose modificar esta valoración una vez se estén ejecutando las obras.

En la fase de funcionamiento, este impacto puede considerarse como positivo, y se valorará, según los cálculos realizados y plasmados en las tablas anteriores, como medio, pudiendo variarse esta valoración en el momento en el que se produzca la puesta en marcha del metro y puedan valorarse sus efectos. Este impacto se considera positivo en la fase de funcionamiento por los siguientes motivos:

- En el Centro Histórico, la eliminación o reducción de sistemas de transporte superficiales, facilitará el transporte a pie por el centro y la visibilidad de edificios de interés
- Se disminuye la afectación a materiales por la contaminación proveniente de la quema de combustibles fósiles
- El Metro apoya el Plan de Peatonalización del Centro Histórico, ya que persigue el objetivo de desincentivar el uso del vehículo privado.
- Aumento de la creación de espacios públicos cerrados y creación de nuevos espacios socioculturales.
- Impacto positivo al patrimonio cultural inmaterial (precautelación del respeto del patrimonio cultural inmaterial)
- Promueve 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.

Es de destacar, que esta valoración obtenida con la metodología empleada en la redacción del presente Estudio de Impacto Ambiental de la Primera Línea del Metro de Quito da unos resultados similares a la empleada en otros estudios como el “Estudio de Patrimonio Edificado para la Primera Línea del Metro de Quito”, realizados con la finalidad de cumplir estrictamente las directrices prácticas para la aplicación de la Convención del Patrimonio Mundial, UNESCO, Comité Intergubernamental de Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural (2011), y con el objetivo de asegurar la protección y conservación del Patrimonio Edificado de Quito ubicado en el área de influencia del trazado de la Primera Línea del Metro, durante la construcción y operación del Metro.

De estos otros estudios se desprenden los resultados indicados en la siguiente tabla, en la cual se puede observar que los principales impactos durante la fase de construcción son de carácter bajo y negativo, mientras que en la fase de operación son positivos y medio, coincidiendo pues con los resultados obtenidos de la metodología empleada en el presente Estudio de Impacto Ambiental.

Los criterios para la elaboración de la citada tabla han sido los siguientes:

- Dado que el promedio de recorrido pedestre es de 5 a 6 cuadras, se estima que el área de influencia indirecta de la estación de San Francisco es de 500 metros de diámetro.
- La casa de la calle Sucre y Benalcázar se convierte en espacio Público
- Las obras de construcción se iniciarán a partir del 2 mayo y se prevé terminarlas en octubre del mismo año. Objeto: precautelar el respeto del patrimonio cultural inmaterial, en especial "Semana Santa" y 1º de mayo. No se afectarán las "tradicionales" ventas de velas y estampas en el atrio.
- No se generan obstáculos en ingresos de la Iglesia de San Francisco, atrio ni a los comercios circundantes a la plaza. No se afectará negativamente al turismo.
- El Sistema Integrado de Transporte Público - Metro, permitirá un flujo adecuado a destinos (La Marín, 24 de Mayo, San Francisco y El Tejar) mediante los corredores y estaciones modales. Se estima una disminución de personas que usen a la plaza como área de cruce, si un incremento de personas que la usen como destino.

El cuadro indicado es el siguiente:

Cuadro 10.85 Valoración del impacto afectación al patrimonio cultural relacionado con el CHQ: Plaza San Francisco y su área de influencia

EVALUACIÓN DE IMPACTOS RELACIONADOS CON EL CHQ: PLAZA DE SAN FRANCISCO Y SU ÁREA DE INFLUENCIA

	IMPACTO		ETAPA		CRITERIO			DURACIÓN		Medida ambiental prevista
	POSITIVO	NEGATIVO	CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN	LEVE	MEDIO	ALTO	TEMPORAL	PERMANENTE	
Aumento de creación de espacios públicos	X			X		X			X	Potenciar la medida con publicidad de su uso
Impacto a la actividad cultural (creación de nuevos espacios socioculturales)	X			X		X			X	Potenciar la medida con publicidad de su uso
Impacto a la edificación residencial por vibraciones	nulo. construcción: sistema tradicional y operación: bandas elastomericas									Monitoreo permanente en edificaciones
Impacto a la estabilidad estructural de la edificación por el efecto muro ocasionado al situarse el túnel de forma perpendicular a la dirección del flujo subterráneo	sin efecto identificable									Monitoreo permanente en edificaciones
Impacto al patrimonio cultural edificado por vibraciones	nulo. construcción: sistema tradicional y operación: bandas elastomericas									Monitoreo permanente en edificaciones
Impacto visual (Cerramientos decorativos)	X		X		X			X		Ubicación de pantallas visuales armonizadas con el paisaje urbano
Impacto a la estabilidad estructural de la edificación por alteraciones y variaciones geoquímicas en la composición del suelo.	sin efecto identificable									Monitoreo permanente en edificaciones
Impacto a la estética urbana		X	X		X			X		Ubicación de pantallas visuales armonizadas con el paisaje urbano
Impacto al patrimonio cultural como consecuencia de la contaminación atmosférica por emisión de gases		X	X		X			X		Exigencia de control de emisiones
Introducción de nuevas formas en el espacio público (Boca acceso Plazoleta Santa Clara)	X		X		X				X	Aseguramiento de arquitectura adaptada al paisaje del CHQ

Fuente: Estudio del patrimonio edificado para la Primera Línea del Metro de Quito. Junio de 2012

10.3.18 Valoración de los impactos paisajísticos

Metodología

La valoración de la integración paisajística de un determinado proyecto 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 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 10.21: Importancia del impacto-integración paisajística



Fuente: Elaboración propia. 2012

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.

Asimismo, 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 prolongado.
- Crítico (C): Se trata de impactos negativos irreversibles a escala humana, no existiendo medidas correctoras que puedan disminuir el impacto a valores aceptables.

Etapas 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.

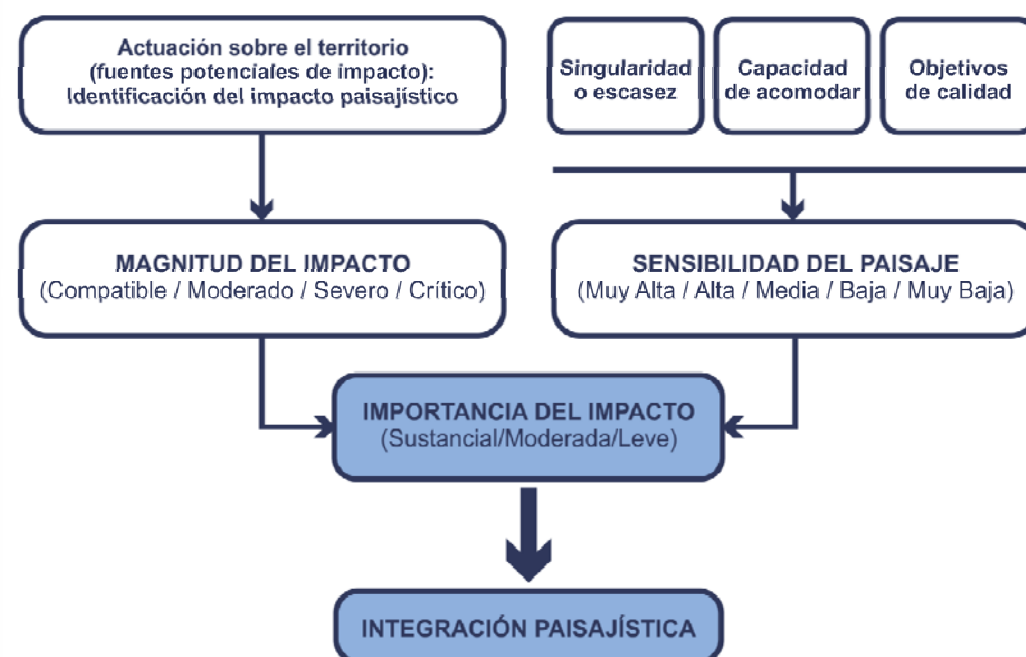
Etapas 3: Clasificación de la importancia de los impactos.

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 presentan los conceptos necesarios para la valoración de la integración paisajística.

Figura 10.22 Conceptos en valoración de integración paisajística



Fuente: Elaboración propia. 2012

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 del mismo.

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 de 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 cobertura vegetal
- 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.

En los siguientes cuadros se recoge dicha valoración para las fases de construcción y funcionamiento de la Primera Línea del Metro de Quito, considerando la aplicación y no aplicación de medidas correctoras.

Cuadro 10.86 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

IMPACTO PAISAJÍSTICO	EXTENSIÓN	SIGNO	INCIDENCIA	DURACIÓN	CARÁCTER	INDIVIDUALIDAD	MAGNITUD
faunísticas							

X/X sin medidas correctoras/con medidas correctoras. Fuente: Elaboración propia. 2012

Cuadro 10.87 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. 2012

Cuadro 10.88 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



IMPACTO PAISAJÍSTICO	EXTENSIÓN	SIGNO	INCIDENCIA	DURACIÓN	CARÁCTER	INDIVIDUALIDAD	MAGNITUD
Modificaciones faunísticas	P	-	D	L	I	S	L/L

X/X sin medidas correctoras/con medidas correctoras. Fuente: Elaboración propia. 2012

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. Centro 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:

Cuadro 10.89 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. 2012

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:



Cuadro 10.90 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. 2012

Los siguientes cuadros 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:

Cuadro 10.91 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

ELEMENTO DEL PAISAJE	VALORACIÓN DE LA ESCASEZ-SINGULARIDAD			ESCASEZ-SINGULARIDAD GLOBAL
	LOCAL	REGIONAL	GLOBAL	
INFRAESTRUCTURAS	1	1	1	ABUNDANTE

Escasez – singularidad del ámbito de actuación	1
	ABUNDANTE

Fuente: Elaboración propia. 2012

Cuadro 10.92 Unidad 2 urbana de Quito

a. Unidad 2ª. Centro 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

b. Unidad 2b. Resto de casco urbano



ELEMENTO DEL PAISAJE	VALORACIÓN DE LA ESCASEZ-SINGULARIDAD			ESCASEZ-SINGULARIDAD GLOBAL
	LOCAL	REGIONAL	GLOBAL	
TOPOGRAFÍA-FISIOGRAFÍA	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

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:

Escasez – singularidad del ámbito de actuación	1,14
	ABUNDANTE

Fuente: Elaboración propia. 2012

Cuadro 10.94 Valoración asignada a cada tipo de componente

Cuadro 10.93 Unidad 3 Playa Alta-Gualupo

ELEMENTO DEL PAISAJE	VALORACIÓN DE LA ESCASEZ-SINGULARIDAD			ESCASEZ-SINGULARIDAD GLOBAL
	LOCAL	REGIONAL	GLOBAL	
TOPOGRAFÍA-FISIOGRAFÍA	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. 2012

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 centro histórico	10
Si, amplia	7
Si, reducida	4
No	2

Fuente: Elaboración propia. 2012

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:

Cuadro 10.95 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. 2012

Resultados

El siguiente cuadro 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:

Cuadro 10.96 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
Centro histórico	4	4	6	5	8	10	6,17	Alta
Resto casco urbano	4	3	6	2	5	7	4,5	Media
Playa Alta-Guálupo	7	7	6	2	2	4	4,66	Media

Fuente: Elaboración propia. 2012

Los criterios de valoración numérica de la vulnerabilidad del paisaje frente a los cambios son los siguientes:

Cuadro 10.97 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. 2012

De modo que a la vulnerabilidad obtenida se le asignará los valores siguientes:

Cuadro 10.98 Asignación de valores

UNIDAD	CALIFICACIÓN	VALORACIÓN DE LA VULNERABILIDAD
Quitumbe	Media	3
Centro histórico	Alta	4
Resto casco urbano	Media	3
Playa Alta-Guálupo	Media	3

Fuente: Elaboración propia. 2012

Objetivo de calidad

Los objetivos de calidad para las unidades de paisaje afectadas por el proyecto son las siguientes:

Cuadro 10.99 Objetivos de calidad

UNIDAD	OBJETIVO DE LA CALIDAD
QUITUMBE	Nuevo paisaje
CENTRO HISTÓRICO	Mejora del paisaje urbano
RESTO CASCO URBANO	conservación y mejora del núcleo histórico
PLAYA ALTA-GUÁLUPU	Restauración- mejora

Fuente: Elaboración propia. 2012

Los objetivos de calidad para las unidades se valoran según la escala siguiente:

Cuadro 10.100 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. 2012

De modo que, a los objetivos de calidad definidos se les asignarán los valores siguientes:

Cuadro 10.101 Valores asignadas a los objetivos de calidad

UNIDAD	OBJETIVO DE LA CALIDAD	VALOR DEL OBJETIVO DE CALIDAD
QUITUMBE	Nuevo paisaje	1
CENTRO HISTÓRICO	conservación y mejora del núcleo histórico	5
RESTO CASCO URBANO	Mejora del paisaje urbano	3
PLAYA ALTA-GUÁLUPU	Restauración- mejora	2

Fuente: Elaboración propia. 2012

Grado de sensibilidad del paisaje al cambio

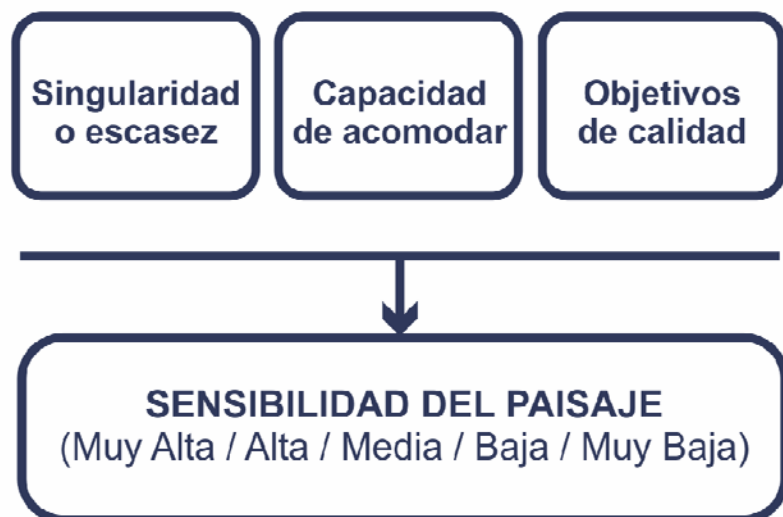
El grado de sensibilidad de la unidad se calcula mediante la media aritmética de la valoración de la escasez singularidad de la unidad, la vulnerabilidad del paisaje frente al cambio y el objetivo de calidad, calificándose de acuerdo con la escala siguiente:

Cuadro 10.102 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. 2012

Figura 10.23 Sensibilidad del paisaje



Fuente: Elaboración propia. 2012

Por tanto, y a modo de resumen, para las unidades de paisaje afectadas por la actuación, los valores asignados son:

Cuadro 10.103 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
CENTRO HISTÓRICO	ESCASO	ALTA	CONSERVACIÓN	ALTA
	2	6	5	4,33
RESTO CASCO URBANO	ABUNDANTE	MEDIA	MEJORA	MEDIA
	1,14	4,5	3	2,88
PLAYA ALTA-GUÁLAPO	ABUNDANTE	MEDIA	RESTAURACIÓN	MEDIA
	1,06	4,66	2	2,57

Fuente: Elaboración propia. 2012

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 10.24: Importancia del impacto



Fuente: Elaboración propia. 2012

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:

Cuadro 10.104 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. 2012

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.



Los siguientes cuadros 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

Cuadro 10.105 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. 2012

Cuadro 10.106 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. 2012

Cuadro 10.107 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. 2012

Unidad Paisajística urbana de Quito

Subunidad Centro Histórico

Cuadro 10.108 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

IMPACTO PAISAJÍSTICO	MAGNITUD	Valor de la magnitud	SENSIBILIDAD	Valor de la sensibilidad	Valor de la Importancia	IMPORTANCIA DEL IMPACTO
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. 2012

Cuadro 10.109 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. 2012

Cuadro 10.110 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



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. 2012

Subunidad Resto casco urbano

Cuadro 10.111 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	L / L	1 / 1	MEDIA	2	3/3	LEVE

faunísticas

X/X: Sin medidas correctoras/con medidas correctoras. Fuente: Elaboración propia. 2012



Cuadro 10.112 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. 2012

Cuadro 10.113 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	L / L	1 / 1	MEDIA	2	3/3	LEVE

faunísticas						
-------------	--	--	--	--	--	--

X/X: Sin medidas correctoras/con medidas correctoras. Fuente: Elaboración propia. 2012

Unidad paisajística Playa Alta-Guálupo

Cuadro 10.114 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. 2012

Cuadro 10.115 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						



IMPACTO PAISAJÍSTICO	MAGNITUD	Valor de la magnitud	SENSIBILIDAD	Valor de la sensibilidad	Valor de la Importancia	IMPORTANCIA DEL IMPACTO
Reintroducción de vegetación						
Modificaciones faunísticas						

X/X: Sin medidas correctoras/con medidas correctoras. Fuente: Elaboración propia. 2012

Cuadro 10.116 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. 2012

Así pues la importancia de los impactos paisajísticos es leve, salvo en el caso de las obras en superficie que afectan al centro 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 los cuadros siguientes

Cuadro10.117 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-alteración 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. 2012

Cuadro10.118: 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-alteración cauces							
Eliminación de la vegetación existente							
Reintroducción de vegetación							



IMPACTO PAISAJÍSTICO	EXTENSIÓN	SIGNO	INCIDENCIA	DURACIÓN	CARÁCTER	INDIVIDUALIDAD	MAGNITUD
Modificaciones faunísticas							

X/X sin medidas correctoras/con medidas correctoras. Fuente: Elaboración propia. 2012

Cuadro 10.119 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-alteración 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. 2012

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 negativo salvo aquellos impactos que suponen labores de restauración.

Fundamentalmente los impactos paisajísticos se generarán en la fase de construcción y cierre. En la fase de funcionamiento la infraestructura prevista quedará 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 quedará integrada en el paisaje. La cochera se ubica en un paisaje periurbano por lo que una vez terminadas las obras los edificios también se integrarán en su entorno.

La sensibilidad de las unidades de paisaje ante las alteraciones paisajísticas se recoge en el cuadro siguiente:



Cuadro 10.120 Sensibilidad de las unidades del paisaje

UNIDAD	TIPO DE VEGETACIÓN	USOS DEL SUELO	PENDIENTE	VISIBILIDAD			TOTAL PUNTUACIÓN	CALIFICACIÓN
				FRECUENCIA	AMPLITUD	DESDE CASCO URBANO		
Quitumb e	6	7	4	2	5	4	4,66	Media
Centro histórico	4	4	6	5	8	10	6,17	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. 2012

Solo cabe destacar la alta sensibilidad del centro 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 paisajísticos en las tres fases y para cada una de las unidades de paisaje afectadas es leve, salvo en el caso del centro histórico de Quito que es moderado.

En el caso del centro 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.

10.4 RESULTADOS

10.4.1 Descripción de los impactos significativos

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 y socio cultural 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 diseño

Aunque las actividades previstas para la fase de diseño no se consideran potenciales de afectar al clima o microclima, durante estos 6 meses se desarrollan los trabajos para la elaboración de los estudios de viabilidad y estudios específicos, así como la elaboración del propio EsIA, por lo que tanto en los pliegos de licitación para las obras, como en los resultados y recomendaciones de los estudios se incluirán requisitos para la adquisición de aparatos mecánicos, motores de combustión, sistemas de iluminación y eléctricos para los que se requerirá una eficiencia energética de más de un 80%, lo que contribuirá a conseguir uno de los objetivos del proyecto, disminuir los niveles de emisión de gases de combustión y por tanto contribuir a disminuir la afección al clima. Esta acción es considerada a su vez una medida de prevención, la cual se desarrollará en el correspondiente plan de prevención y mitigación.

Fase de construcción

Las variables climáticas generales de la zona de obra no van a ser modificadas por el proyecto de la Primera Línea del Metro de Quito 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 de la Primera Línea del Metro de Quito 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 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 bajos 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 del 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. Gracias a la reducción de emisiones de CO2 equivalente, durante esta fase, el proyecto puede ser calificado como proyecto MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio) y por tanto tener acceso a los Certificados por Reducción de Emisiones.

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 en otras ciudades del mundo 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 su funcionamiento durante más tiempo que el previsto hoy en día.
- b. Que se sustituya el metro por un medio de transporte más respetuoso con el ambiente.

En cualquier caso el cierre ocasionará un 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.

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, produciéndose su mayor afectación, como se ha calculado, en la fase de construcción. Este impacto se prevé poco significativo en la fase de operación y cierre.

La influencia que podrá tener este impacto será analizada a continuación para cada una de las fases consideradas. De nuevo no se incluirá la fase de diseño del proyecto, aunque las actividades previstas en la misma incluye el uso de maquinaria de excavación que puede provocar emisión de partículas, se ha considerado irrelevante por su poca significancia este impacto en la fase de diseño del proyecto, por lo que no se incluirá en la descripción de este impacto.

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 y Socio Cultural, 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 de la Primera Línea del Metro de Quito son tres:

- Cut and Cover



- Tuneladora
- Método Tradicional , el mismo que consiste en las técnicas de perforación de túneles que actualmente se realizan a nivel mundial con la ayuda de maquinaria pesada y mano de obra humana.

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 vía pública 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 les niveles 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 manejarán productos pulverulentos procedentes de la excavación. El tránsito de camiones de transporte, la descarga de los camiones y 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 al sitio de disposición.

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, donde el 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 se aleja 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 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 arrastrándolo y generando contaminación en 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 ambiente.

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 aumentarán 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 previsibles emisiones significativas de partículas ya que se tratará de labores de mantenimiento de la revegetación-restauración del área que se realice o mantenimientos de zonas dotaciones cuyas emisiones son poco significativas.

En 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 y 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 Primera Línea del Metro de Quito ya que es previsible una disminución del tráfico rodado de superficie puesto 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 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 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 primera línea del 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

Afectación al medio por emisión de gases

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

La influencia que podrá tener este impacto será analizada a continuación para cada una de las fases consideradas. Como se viene justificando en apartados anteriores, aunque exista emisión de gases debido a algunas actividades de la fase de diseño como el desarrollo de prospecciones y sondeos para los estudios de factibilidad, de nuevo no se ha considerado relevante, por lo que no se describirá el impacto en la primera fase.

Fase de construcción

Las características del Proyecto de la Primera Línea del Metro de Quito que se analiza hacen pensar que en esta fase se producirá una afectación al 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, por estos gases tóxicos, principalmente CO₂, CO y NO_x (que son, principalmente el NO y el NO₂. Ambos gases son tóxicos y se generan por oxidaciones del Nitrógeno en los diferentes procesos de combustión, en motores de combustión interna. La mayor parte de los procesos genera NO que se oxida, con posterioridad, a NO₂. Contribuyen a la lluvia ácida y destruyen la capa de Ozono.)

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 la Primera Línea 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 en 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 el cual 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 del 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, ya que el número de vehículos adicionales en relación al que circula 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 en un futuro poner fuera de servicio la Primera Línea del Metro de Quito, volvería a la situación actual 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.

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. En cuanto a la fase de diseño del proyecto, aun teniendo en cuenta que la maquinaria para las perforaciones y sondeos provoca ruido, el trabajo ha sido rápido y muy leve, por lo que la afección para la población por este impacto ha sido insignificante.

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, 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 produce menos 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.

La valoración del impacto de ruido en esta fase se ha calculado a través de 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 constituye un impacto positivo, ya que no sólo no se producirán aumentos en los niveles sonoros, sino que estos se verán reducidos al disminuir el tráfico rodado, principal causante de esta molestia, por lo que las afectaciones 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), 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 Primera Línea del 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.

Afectación al medio por vibraciones

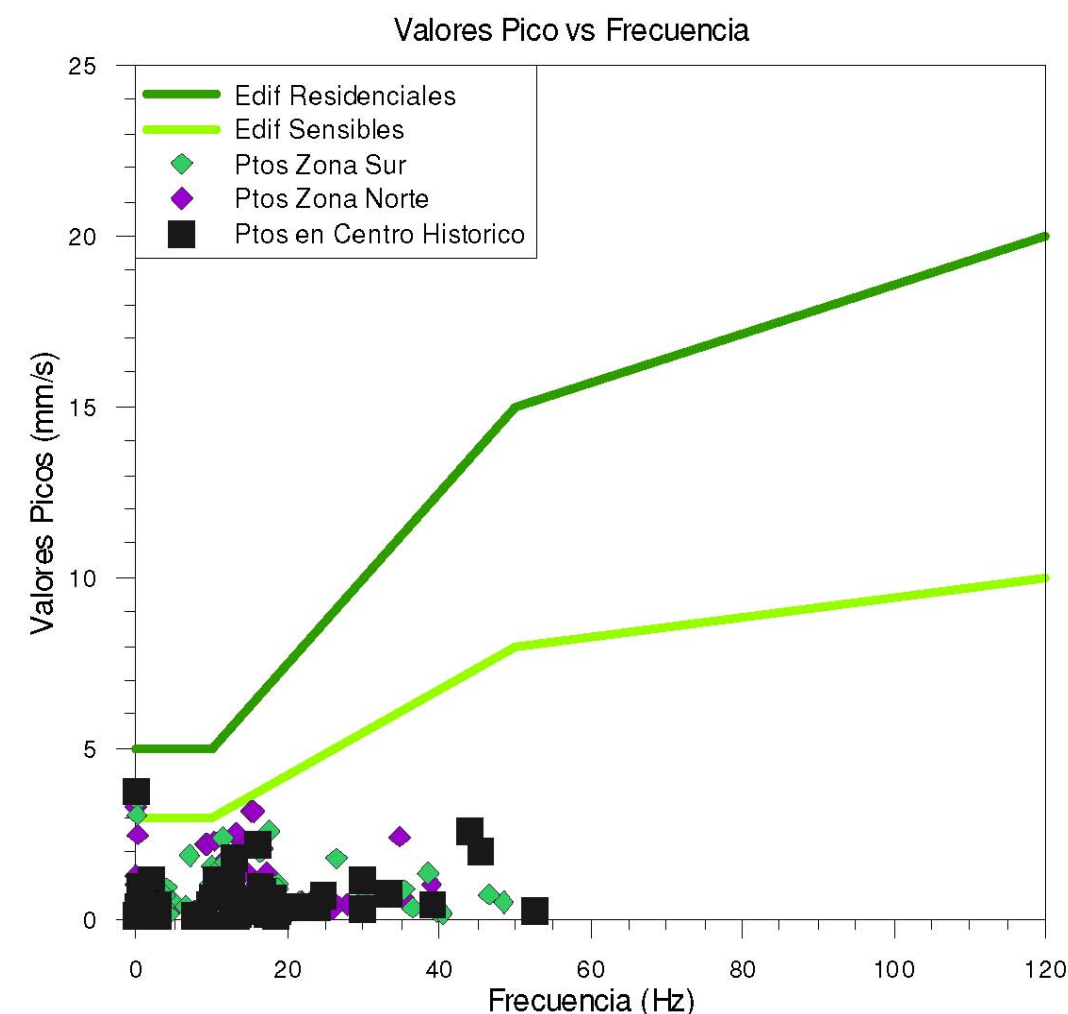
Las vibraciones que se generarán son esencialmente en la etapa de construcción y en etapa de operación. En la primera serán ocasionadas por la utilización de maquinaria pesada; cabe destacar que para la construcción del túnel se mantendrán trabajos que no se realizarán en la superficie, por lo tanto las

vibraciones no serán perceptibles por los habitantes de los sectores en donde se estará trabajando. En la construcción de las estaciones e intercambiadores las vibraciones serán las habituales a cualquier obra de construcción. La empresa Metro Quito establece medidas de mitigación y control para las vibraciones en cada fase.

Fase de construcción

Según el estudio realizado por la empresa TRX Consulting, tras la toma de datos realizada a lo largo del trazado de la Primera Línea del Metro, se detecta que hay una serie de zonas de edificaciones sensibles 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 10.25 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 (Clase 2=edificios residenciales y Clase 3=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.

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

Figura 10.26 Grado de afectación a humanos a lo largo de la ruta

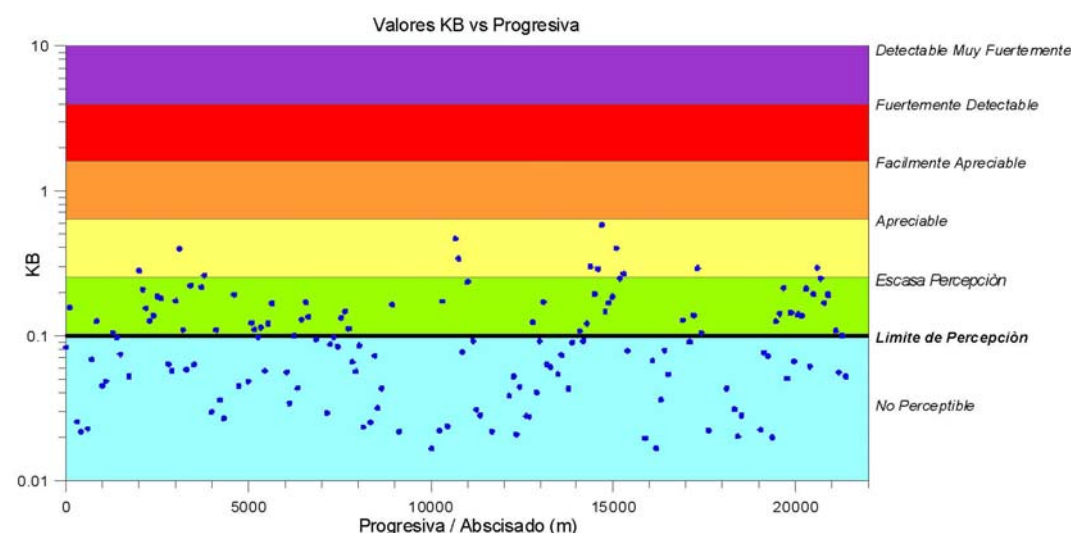


Figura 13: Grado de afectación a humanos en función de la progresiva.

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 base a lo mencionado anteriormente, la mayoría de las vibraciones no son perceptibles para el ser humano, cabe destacar que la Empresa Metro de Quito ha realizado estudios completos de vibraciones a lo largo de la línea y en áreas de interés específicas.

Fase de operación y mantenimiento

Como se ha mencionado en capítulos anteriores, las vibraciones ocasionadas durante la fase de operación y mantenimiento del Metro de Quito, serán imperceptibles, de magnitud baja tomando en cuenta que existen medidas de mitigación de las vibraciones que se generan por el movimiento del tren. Estas medidas de mitigación y control de vibraciones serán implementadas desde la etapa de construcción del túnel e instalación de las rieles por donde transitarán los convoyes.

Fase de cierre

En lo que se refiere a la fase de cierre o en el caso de la rehabilitación de las zonas de acopio o desmantelamiento de campamentos, o bien en el caso de que la Primera Línea del Metro decida dejarse

fuera de uso, este impacto no se prevé de importancia ya que únicamente, en el caso de sea necesario realizar alguna demolición, podrían generarse algunas vibraciones que serían de baja magnitud, temporales y puntuales.

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 de la Primera Línea 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 10.27 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. Asimismo 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 donde 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.

A continuación se describen los impactos valorados 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 máquinas), aunque éstos pueden ser disminuidos 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. Ninguna de las actividades de la fase de diseño ha provocado afecciones significativas al factor suelo.

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 maquinarias, 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 maquinarias 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 del agua y el 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 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 maquinarias (tanto en zonas temporales de obra como en Quitumbe y otras posibles zonas superficiales de talleres). Para evitar esta afectación se ha previsto que se instalen las actividades auxiliares en zonas que no posean un alto valor ambiental y los posibles vertidos accidentales sean fácilmente detectables. Se procederá a la impermeabilización de suelos en aquellas zonas donde se tenga previsto reparar maquinarias o limpiar motores. Se implantarán medidas de vigilancia para evitar vertidos incontrolados de aceites o sustancias contaminantes. En el caso del cambio de aceite de motores y maquinarias, se desecharán los residuos conforme a la legislación vigente y se 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. Además de estas medidas, es necesario indicar que los aceites usados y otros desechos peligrosos recibirán el tratamiento adecuado por un gestor ambiental que se contratará para tal fin, entidad que deberá contar con la correspondiente licencia ambiental para el manejo de desechos. 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 desmantelarán 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.

Con 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 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 afectas, 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 afectaciones 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 asentamientos diferenciales, en caso de producirse, serán menores.

Fase de operación y mantenimiento

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

Los principales esfuerzos se centrarán 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 y otros desechos peligrosos, los cuales recibirán el tratamiento adecuado por un gestor ambiental que se contratará para tal fin, entidad que deberá contar con la correspondiente licencia ambiental para el manejo de desechos.. 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 de la Primera Línea del 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 correctoras de posibles daños a los suelos se centrarían en la rehabilitación de las zonas superficiales despejadas de infraestructuras.

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 del 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 y hormigón. Estos materiales de obra normalmente proceden de explotaciones mineras a cielo abierto. Ninguna de las actividades de la fase de diseño ha provocado consumos relevantes de recursos geológicos.

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 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.

Una afección que si es consecuencia directa de la fase de construcción de este proyecto es el transporte de dichos materiales. Las emisiones de partículas y polvo que resultan del propio transporte al lugar de las obras, pueden provocar molestias a la población y suciedad en el mobiliario urbano, consecuencia también de las propias obras y de la retirada del material extraído. En este caso las canteras seleccionadas se encuentran en los alrededores de la ciudad, por lo que dichas afecciones aunque se producirán tendrán un impacto bastante poco significativo. No obstante su valoración ya ha sido tomada en cuenta en diversas actividades por lo que no se valorará en este impacto.



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 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 puesto que el material necesario procederá de explotaciones mineras en funcionamiento y autorizadas por lo que los impactos ambientales ya habrán sido evaluados.

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 el riesgo de inundación. Ninguna de las actividades de la fase de diseño ha afectado a la generación de escorrentía.

Fase de construcción

En la zona de túneles no se ocasionará 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 infiltrará 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 recuperará 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.

En las zonas de instalaciones auxiliares exteriores y en la zona de cochera se producirá una impermeabilización del suelo por compactación, depósito de materiales finos o pavimentaciones durante

las obras. Este impacto será temporal mientras duren las obras volviendo a su estado inicial cuando se limpien y restauren.

En la zona de escombrera no son previsibles aumentos significativos de la escorrentía superficial debido a que la escombrera estará formada por materiales granulares porosos que pueden retener y permitir la circulación del agua por lo que producirán un efecto laminación de la escorrentía.

Se está pues ante un impacto negativo, temporal, reversible, no acumulativo y que modificará poco los volúmenes y caudales circulantes por los cauces de la zona, cuyo régimen ya está muy alterado por la impermeabilización de la zona urbana y su encauzamiento subterráneo.

Fase de operación y mantenimiento

En la zona de escombrera seguirá produciéndose un efecto laminación de la escorrentía que será retenida por la masa de escombros y después drenada lentamente a través de la misma.

En la zona de estaciones y túneles en zona urbana se mantendrán las condiciones actuales ya que se tiene previsto reponer los pavimentos existentes o restaurar los suelos de las zonas verdes afectadas.

En la zona de la cochera los edificios existentes aumentarán la escorrentía pero su pequeña superficie respecto a la cuenca drenante de los cauces existentes en la zona ocasionará que no se introduzcan modificaciones en los mismos dignas de reseñar.

Así pues es de esperar que este impacto no sea significativo en esta fase.

Fase de cierre

El objetivo de esta fase es devolver el medio a las condiciones anteriores a las de la obra y funcionamiento por lo que el impacto será positivo ya que se habrá vuelto a la situación inicial.

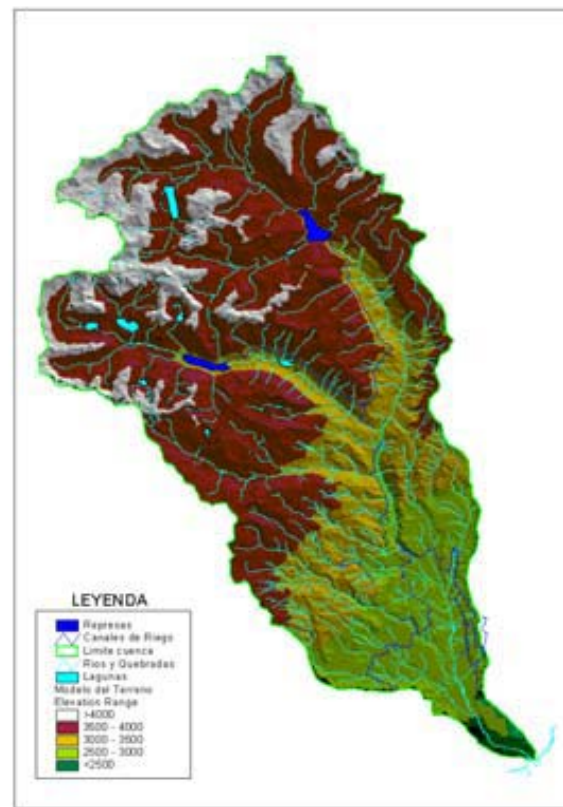
Modificación de los flujos de la escorrentía

Las obras y su funcionamiento pueden ocasionar barreras a los flujos de la escorrentía superficial, desvío de la escorrentía superficial o efectos sumideros en los cuales la escorrentía superficial no se genera o, ésta, en vez de incorporarse a los cauces, se incorpora a los acuíferos. Ninguna de las actividades de la fase de diseño ha afectado a los flujos de escorrentía.

Fase de construcción

Se tiene previsto que los túneles no afecten a los encauzamientos enterrados que atraviesan la ciudad de Quito y que conducen las aguas de la vertiente oeste hasta el eje principal de drenaje de la zona que discurre por el este de la ciudad: el río Machángara.

Figura 10.28 Cuenca hidrográfica del río Machángara, foto en las proximidades de Quito y túnel de encauzamiento



Fuente: Varios



Los túneles al discurrir enterrados y no influir en los túneles de encauzamiento (por reposición o por discurrir a distinta profundidad) tampoco tendrán ningún efecto sobre los flujos de la escorrentía superficial.

Las estaciones durante su vaciado podrán tener un efecto sumidero de la lluvia directa que caiga sobre ellas. En este caso parte del agua se infiltrará hacia el acuífero y parte del agua será bombeada a la red de drenaje superficial tras las lluvias.

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 cabe mencionar que en la zona de Quitumbe existen dos cauces que pueden ser afectados en el supuesto de que la Primera Línea del 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 el sitio 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, estas actividades formarán parte de la restauración del área de la escombrera Partiendo de aquí, es necesario que las actividades de restauración de áreas afectadas sean las necesarias para que dicha área vuelva a las mismas condiciones, entre ellas los flujos de escorrentía que tenía antes de comenzar las obras

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 al 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. No obstante el sistema de drenaje del metro se deberá conectar con el sistema de alcantarillado de la ciudad, para que el flujo de estas aguas no sufra cambios.

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 nulo ya que se volverá al estado actual para lo cual se sellarían las bocas de metro y se desmantelarían cocheras y otras infraestructuras superficiales con lo cual los flujos volverán a ser los actuales.

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 verterse. Ninguna de las actividades de la fase de diseño ha provocado contaminación del agua superficial.

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 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 producirá 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 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 ambientales 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 de la Primera Línea del Metro de Quito 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 vertida 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 un poco inferior. Terminadas las labores de cierre, desmantelamiento, reposición, restauración, etc. el riesgo de contaminación del agua superficial volverá a ser similar al actual.

Efecto dren sobre las aguas subterráneas

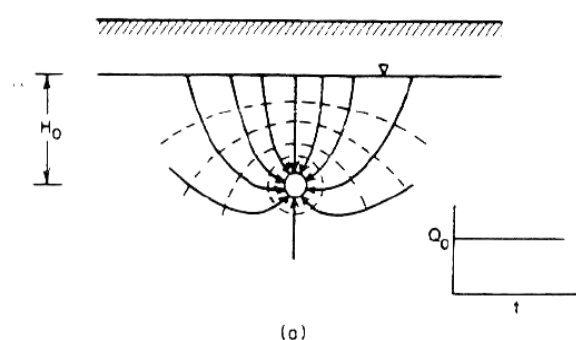
Algunos autores hacen mención que en las obras subterráneas puede producirse lo que denominan "efecto dren". Este fenómeno se produciría en el caso de que, en el supuesto no consentido de que se llegara a levantar el túnel, éste no se

comportara de una forma totalmente estanca o impermeable, es decir, que dejase pasar agua a su interior, esto es conocido como efecto dren. Cuando se produce el efecto dren, el nivel piezométrico en las proximidades del túnel disminuye.

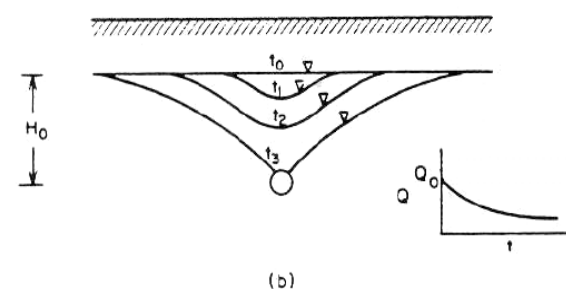
En todo caso, de llegarse a aplicar el cierre del proyecto y el levantamiento de estructuras, hay que considerar que, por razones de seguridad, lo mejor es no levantar el túnel y, más bien, reforzar el revestimiento impermeable del mismo, asegurando así que no se produzca ningún efecto dren.

Figura 10.29 Efecto dren de un túnel sobre un acuífero libre

- RÉGIMEN ESTACIONARIO:



- RÉGIMEN TRANSITORIO:



Fuente: Elaboración propia. 2012

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 captarán dependerán fundamentalmente de la permeabilidad de los materiales acuíferos atravesados y las dimensiones de la obra. Los estudios de detalle realizados contienen los datos para el cálculo de 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 el 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.

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. Asimismo 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, que se detallan en el capítulo 11 de este EsIA.

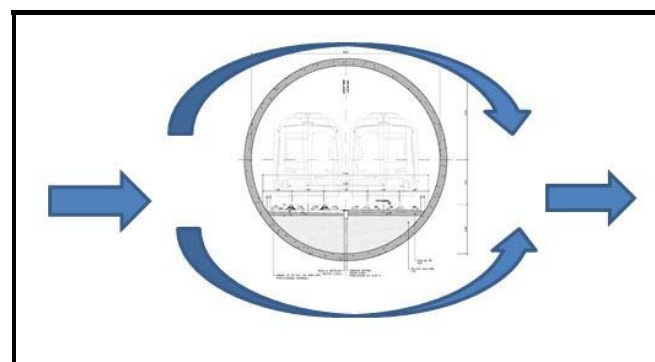
Fase de cierre

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.

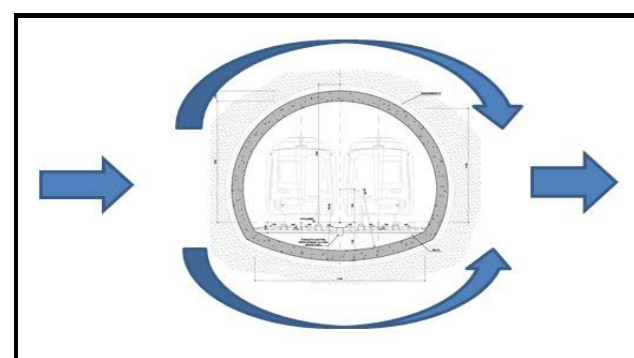
Efecto pantalla sobre las aguas subterráneas

De acuerdo con el diseño de la Primera Línea de Metro de Quito se puede asegurar que este efecto no se produce en ningún punto de la misma. En efecto en todo el trazado salvo en los primeros 700 metros el túnel diseñado es una sección circular o cuasi circular que evidentemente no puede interrumpir el flujo normal de agua.

Túnel excavado con Tuneladora



Túnel excavado por método tradicional



Contaminación del agua subterránea

La contaminación del agua subterránea en este tipo de obras está 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 se ha descrito en los apartados anteriores.

Ninguna de las actividades de la fase de diseño tiene efectos sobre las aguas subterráneas.

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 ambientales 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 maquinarias 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. 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 la química 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.

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 (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) y CITES (Convention on the international trade in endangered species of wild fauna and flora o Convención Internacional sobre el comercio de especies amenazadas).

En concreto, en relación a las aves silvestres y sus hábitats, la **Directiva 2009/147/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de noviembre de 2009 relativa a la conservación de las aves silvestres**, protege estas zonas con una figura de protección denominada ZEPA (Zona de Especial Protección para las Aves) o bien ZEC (Zona de Especial Conservación). Partiendo de que no existen comunidades de aves que se deban proteger, se tendrán en cuenta los objetivos de la Directiva para velar por las buenas prácticas de protección y conservación, que se sintetizan en los siguientes:

- Proteger, gestionar y regular todas las especies de aves que viven normalmente en estado silvestre en el territorio de estudio, incluidos los huevos de dichas aves, sus nidos y sus hábitats;
- Y reglamentar la explotación de dichas especies.

En este sentido, existen dos directivas de la Unión Europea en relación con la vida silvestre y la conservación de la naturaleza, siendo la otra la llamada Directiva de Hábitats. 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. Lo que sí que tiene un alto valor son las zonas verdes y áreas ajardinadas de la ciudad de Quito, ya que 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.

La afectación a zonas verdes es bastante baja en la fase de construcción pero luego se recuperará prácticamente toda la extensión afectada 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, correctoras para su minimización y de compensación. Estos impactos podrían provocar otros indirectos sobre la fauna o sobre la población, pero serían muy poco significativos. En la fase de diseño no se producen impactos sobre la vegetación y en la de cierre habrá que tener las mismas consideraciones que en la de construcción y aplicar las mismas medidas. La empresa Metro de Quito ha realizado un inventario forestal de los árboles que serán replantados y cuáles son las características de los mismos. Este documento se presenta como Anexo 13 del Estudio de Impacto Ambiental.

Fase de construcción

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 o recreativas 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 vegetación 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 o en áreas recreativas y que por tanto pueden producir algún impacto:

- 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.

- La Alameda: Parque de la Alameda.
- El Ejido: se sitúa en un parque. Cabe recalcar que los árboles que se encuentran aquí son árboles de gran porte. La estación se sitúa bajo el parque.

Figura 10.30 Parque donde se ubicará la estación de El Ejido



Fuente: Metro Madrid. 2011

- 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 Skorpis, frente a la cabecera suroeste del Parque La Carolina, que es el más grande de Quito.

Figura 10.31 Parque de La Carolina



Fuente: Metro Madrid. 2011

- Iñaquito: se trata de una zona netamente comercial y bancaria con pequeños 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 por lo tanto no recibirá ningún impacto significativo.

Otro impacto que se produce pero que con medidas compensatorias quedaría subsanado es la afectación sobre estas áreas verdes. Estas afectaciones podrían ser temporales o permanentes. Las superficies de afectación temporal son aquellas que serán recuperadas como zona verde tras la construcción de la estación, mediante las correspondientes tareas de restauración y revegetación que quedarán incluidas en el Proyecto Constructivo, tanto a nivel de diseño como presupuestario. Las superficies de afectación permanente son aquellas que corresponden con los accesos y salidas de emergencia de las estaciones, y que, consecuentemente, no pueden ser recuperadas tras la construcción de la estación, al quedar materializadas físicamente sobre terrenos ocupados anteriormente por una zona verde. Para estas últimas áreas se aplicarán medidas compensatorias que consistirán en crear, en otro lado, la misma superficie de zonas verdes que se pierden por la construcción de la estación.

A continuación se muestran las áreas de afectación de zonas verdes por estaciones y divididas en permanentes o temporales. Para el cálculo de estas áreas se ha considerado aparte de la estrictamente ocupada por la estación, la necesaria para la ejecución de las obras, a juicio del equipo de ingeniería responsable del Proyecto Constructivo.



ESTACIÓN	ÁREAS VERDES AFECTADAS (m ²)		
	ÁREA TOTAL AFECTADA	AFECTACIÓN TEMPORAL	AFECTACIÓN PERMANENTE
Alameda	9.060	9.010	50
El Ejido	18.821	18.671	150
Universidad Central	19	19	0
La Carolina	14.005	13.893	112
Iñaquito	8.440	8.330	110
Solanda	308	308	0
TOTAL PLMQ	50.653	50.231	422

Como se puede ver, la superficie de zonas verdes que se pierde con carácter permanente es de 422 metros cuadrados. Si esto lo comparamos con las más de 1.031 hectáreas de parques y zonas verdes localizados en el núcleo urbano de Quito de acuerdo con la FAO, la superficie que se pierde puede calificarse como prácticamente despreciable.

Sin embargo, y en el marco de una política de “cero pérdida de zonas verdes”, dado lo exiguo de esta superficie, se considera que en cualquiera de los ajardinamientos ornamentales de las futuras instalaciones de Metro de Quito (cocheras, oficinas centrales, instalaciones auxiliares...), puede recuperarse sin problema esta superficie de zonas



verdes. A tal efecto, el Proyecto Constructivo de estas instalaciones incluirá una superficie de ajardinamiento o zona verde superior a los 422 m² que se pierden como consecuencia de la ejecución de las obras.

Por lo que hace referencia a las zonas recreacionales, se ha realizado el mismo análisis que para las zonas verdes, obteniendo los siguientes resultados:

ESTACIÓN	ÁREAS RECREACIONALES AFECTADAS (m ²)		
	ÁREA TOTAL AFECTADA	AFECTACIÓN TEMPORAL	AFECTACIÓN PERMANENTE
Morán Valverde	1.519	1.507	12
Solanda	50	0	50
El Calzado	8.237	8.187	50
TOTAL PLMQ	9.806	9.694	112

NOTA: LA ESTACIÓN DE LA MAGDALENA AFECTA A INSTALACIONES DEL CUERPO DE INGENIEROS DE EJÉRCITO NO ABIERTAS AL PÚBLICO

En este caso, la superficie afectada permanente es aún menor, únicamente 112 metros cuadrados que serán replantados.

Fase de operación y mantenimiento

En la fase de operación y mantenimiento no se generará ningún impacto negativo significativo sobre la vegetación existente, por el contrario se pondrá en marcha un plan de arborización y mantenimiento de las zonas verdes que permitirán mitigar los impactos producidos en la fase anterior. En esta fase se realizarán inspecciones visuales de las siembras y operaciones realizadas y se mantendrán en buen estado las nuevas áreas verdes y las nuevas zonas modificadas.

Fase de cierre

Los impactos que se prevén en esta fase serán similares a los ya descritos en la fase de construcción pero de una magnitud muy inferior y no serán significativos. Terminadas las labores de cierre,

desmantelamiento, reposición, restauración, etc. se deberán realizar labores de reposición, siembra y mantenimiento que serán debidamente justificadas cuando llegue el momento.

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.

A pesar de que los sondeos y perforaciones realizados para los estudios geotécnico y arqueológico han provocado cierta molestia en la movilidad, no se considera relevante ni si quiera los vecinos han considerado hecho importante estas molestias, por lo que no se incluye la fase de diseño del proyecto en la descripción de este impacto



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 cercados y señalizados, pero que provocará molestias que afectarán principalmente al desvío de tráfico y peatones, aunque como ya hemos visto en la valoración de este impacto no resulta significativo. Se producirá una alteración de la movilidad, con las correspondientes molestias para la población, tanto conductores como viandantes. En relación a las obras que se prevén realizar en superficie que pueden afectar a las vías de circulación, éstas solo tendrán lugar sobre vías en 3 de las estaciones (Jipijapa, Iñaquito y La Carolina) y las calles donde tendrán lugar disponen de doble carril, por lo que a pesar de que uno de ellos se corte, los vehículos dispondrán del otro para circular. Es cierto que provocará un tráfico más lento, pero el perjuicio será el mínimo posible.

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.

Un aspecto más concreto es la afectación a los comerciantes cuyos negocios se encuentre en las vías donde se desarrollen obras, construcciones, excavaciones y que por tanto sufran cortes y desvío, tanto para coches como viandantes. Esto afecta por un lado a los clientes, disminuirá por esas molestias la afluencia de clientes potenciales a los comercios, pero por otro lado la llegada de los proveedores también se dificultará, lo que puede causar a los comerciantes escasez de género o simplemente de cliente con las consecuentes pérdidas económicas. Ecuador ya ha vivido sucesos de características similares, como la construcción de la Troncal 2 de la Metro vía de Guayaquil, donde varios comerciantes resultaron afectados por las obras. De ese suceso ya se ha aprendido, por ejemplo a dialogar con los comerciantes y los vecinos de las zonas que se verán afectadas y acordar soluciones y canales de comunicación directa para solventar de la mejor manera los problemas e imprevistos.

Como se ha mencionado en el capítulo 6 de este estudio, el área de influencia social, esto es el área cuya población se verá afectada directamente por el proyecto, en este caso negativamente por la construcción el mismo, incluye las siguientes parroquias urbanas, las cuales son cercanas al área de implementación del Proyecto de la Primera Línea del Metro de Quito; comparten las mismas vías de movilización y zonas de potencial desarrollo de infraestructura de servicios, y serán influenciadas por las actividades asociadas generadas por el proyecto

Cuadro 10.121 Población afectada directamente por el proyecto

ADMINISTRACIONES ZONALES	PARROQUIAS URBANAS
Zona Centro (Manuela Sáenz)	Centro Histórico
	Itchimbía
	La Libertad
	Puengasí
Zona Sur (Eloy Alfaro)	San Juan
	Chilibulo
	Chimbacalle
	La Argelia
	La Ferroviaria
	La Magdalena
	La Mena
	San Bartolo
Zona Equinoccial (La Delicia)	Solanda
	Carcelén
	Comité del Pueblo
	Cotacollao
Zona Norte (Eugenio Espejo)	El Condado
	Belisario Quevedo
	Cochapamba
	Concepción
	Iñaquito
	Jipijapa
	Kennedy
	Mariscal Sucre
	Rumipamba
San Isidro del Inca	
Zona Quitumbe	Chillogallo
	Guamaní
	La Ecuatoriana
	Quitumbe
	Turubamba

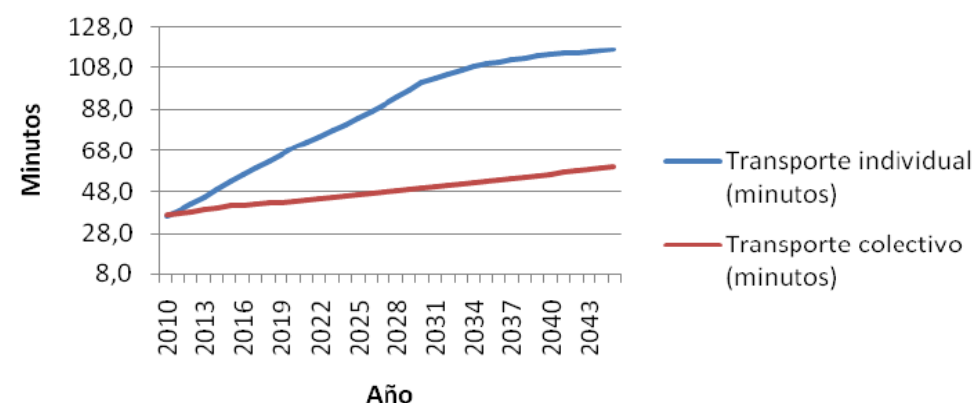
Fuente: Elaboración propia

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 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 figura, 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 10.32 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 línea 1 de Metro de Quito, Metro Madrid. 2011

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 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.

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 positivo muy importante que generará el proyecto.

A pesar de que este impacto resulta positivo también en la fase de diseño, por la contratación de especialistas para la elaboración de los diferentes estudios, el número de contrataciones no será relevante en este caso por lo que no se incluye la descripción de esta fase.

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 de la Primera Línea 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 Primera Línea del Metro de Quito 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 de la Primera Línea del Metro de Quito, 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 Primera Línea del Metro de Quito, se convertirán en intercambiadores de transporte, además de convertirse consecuentemente en intercambiadores urbanos, sociales, comerciales y culturales, por ejemplo en 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 la distribución de ingresos en el 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 centro 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.

Afección de la calidad de vida de la población

Por las mismas razones especificadas en el apartado de Afección a la movilidad y accesibilidad urbanas, aquí tampoco se incluirá descripción del impacto en la fase de diseño del proyecto

Fase de construcción

La fase de construcción de la Primera Línea 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 del espacio por maquinarias, 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, y es de carácter puntual, tanto en tiempo como en espacio.

Fase de operación y mantenimiento

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 Madrid. Se prevé que la evolución de la población alcance los 4,2 millones de habitantes en el año 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 de la Primera Línea del Metro de Quito cuando esta tendencia de aumento de residentes sea más notable.

En la fase de operación, como ya pone de manifiesto el estudio de viabilidad socioeconómica del Proyecto de la Primera Línea 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 del 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.

Según los resultados de la valoración de impactos, 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 pico no se 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 positivos indirectos que se prevén son:

- El acceso a la educación, a través de una mejor accesibilidad a los centros escolares
- El acceso al ocio, que puede suponer el centro histórico de la ciudad
- La disminución 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 se han 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.

Fase de cierre

En este caso, la calidad de vida de la población se presupone que volvería a la situación inicial, es decir sin el proyecto, y sumando además las molestias que causen las actividades de desmantelamiento de infraestructuras superficiales y el reacondicionamiento de las áreas afectadas, pero teniendo en cuenta la duración prevista de la vida del metro, 150 años, y además asumiendo que es muy improbable el cierre total del mismo, cuando esto se decida se elaborará un plan de cierre del



mismo, teniendo en cuenta la situación de la población en esos años, ya que la calidad de vida en la ciudad mejorará considerablemente, y no es posible planificar con tanto tiempo dicha situación, en dicho plan de cierre se incluirá entonces la descripción de los impactos positivos en ese momento.

Afectación al patrimonio cultural

El interés e importancia los sitios establecidos como Patrimonio Cultural son de valor incalculable, por lo que toda obra a realizar no debe por ningún motivo afectar estas zonas. Según el capítulo 6 de este Estudio, sobre las áreas de influencia del proyecto, está previsto que en el área sur de la Plaza de San Francisco, donde se ubicará la Estación San Francisco, que siendo un sitio emblemático las estrategias de protección contempladas por la ingeniería incluyen inventario exhaustivo de los elementos de la plaza con una numeración que permita su reubicación en el mismo sitio y condiciones de la Línea de base, así también la aplicación de medidas constructivas tradicionales (perforadora topo) que disminuye notablemente la intensidad del trabajo en los frentes de trabajo.

Los valores intrínsecos de un bien cultural, según Jokilehto y Feilden (1995):

- **Valores culturales.** Se refiere al material, a su conservación al diseño expresado en una unidad y sus elementos, en determinado tiempo histórico.
- **Valores de identidad.** Corresponden a los vínculos emocionales de la sociedad hacia el bien cultural patrimonial. Estos valores pueden tener impactos positivos y negativos hacia el bien, son los más importantes y debe tomarse en cuenta.
- **Valor de originalidad.** Definen la originalidad y la singularidad del bien mueble.

Estos valores deben ser definidos en el trabajo interdisciplinar, con los profesionales que participan en el estudio del proyecto Metro Quito en el supuesto de que se detecten bienes culturales durante las obras

Como Ciudad declarada Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en 1978, está sujeta, además de las normas internacionales de la UNESCO, en particular la *Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural*, a una ordenanza metropolitana para proteger los diferentes valores propios de sus culturas urbana, arquitectónica, artística, cultural y paisajística (Ordenanza Metropolitana 0260). Dicha ordenanza afirma que Quito viene cumpliendo con el proceso de conservación sostenible de su Centro Histórico y núcleos parroquiales que han puesto en valor su patrimonio. Esta ordenanza clasifica de forma territorial patrimonio urbanístico y arquitectónico de la siguiente forma:

- Área 1: Centro Histórico de Quito (Núcleo Histórico, área circundante, área de amortiguamiento y área de protección ambiental)
- Área 2: Áreas, edificaciones inventariadas y sus entornos, ubicados en los Barrios de inventario selectivo: Chimbacalle, la Magdalena, San Juan - América, La Alameda - El Ejido - Larrea, Universitario - Santa Clara - Belisario Quevedo, La Mariscal, Colón, La Floresta y La Paz - 6 de Diciembre
- Área 3: Núcleos históricos, edificaciones inventariadas y sus entornos, ubicados en las parroquias urbanas de Guápulo, Cotocollao y Chillogallo; Núcleos históricos, edificaciones inventariadas y sus entornos ubicados en las parroquias suburbanas
- Área 4: Casas de hacienda con sus entornos naturales y paisaje circundante
- Área 5: Entorno natural y paisaje urbano (Río Machángara, el Itchimbía, estribaciones del Pichincha, el Panecillo, el Ilaló y el Unguí);

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.

Fase de diseño

Durante esta fase se desarrolla el estudio Arqueológico, esto comprende una actividad denominada Rescate arqueológico, que es a la vez la principal medida preventiva para los impactos que puedan afectar a estos bienes culturales enterrados.

A modo de síntesis, para la realización de este rescate se han llevado a cabo los trabajos de diagnóstico y 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
- El área total de la estación El Ejido

Áreas especiales:

- Quitumbe
- Solanda
- Parque El Calzado
- Panecillo

Posteriormente, los datos obtenidos del propio rescate de los restos arqueológicos hallados fueron analizados en gabinete.

Durante el trabajo de campo se identificaron y registraron evidencias culturales prehispánicas, coloniales y republicanas además, es 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 de la Primera Línea del Metro de 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)

Fase de construcción

A lo largo de esta fase, será preciso realizar el llamado monitoreo arqueológico, una vez se ha rescatado los restos que se conocían, será preciso que un equipo expertos haga seguimiento de las excavaciones en la fase de obra, ya que siempre se pueden hallar nuevos restos y será necesario recuperarlo y darle el tratamiento correspondiente. Por lo tanto, será preciso realizar una serie de campañas de vigilancia arqueológica a lo largo de toda la fase de construcción de la Primera Línea del Metro de Quito, 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, generará impactos que serán temporales ya que son consecuencia directa de la construcción de las obras.

Fase de operación y mantenimiento

En esta fase no se prevé afectación alguna a los recursos arqueológicos

Por otro lado las edificaciones y lugares de interés se verán beneficiadas por el funcionamiento del metro, concretamente el turismo que las visita y por ende su protección y conservación, se prevé que la construcción de la red de transportes que vertebrará 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. El Proyecto de la Primera Línea del Metro de Quito 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 del Ecuador: Construir y fortalecer espacios públicos interculturales y de encuentro común.

Fase de cierre

No se prevé ningún impacto a los bienes culturales en esta fase más allá de las mencionadas molestias por el desmantelamiento de algunas infraestructuras superficiales o uso de maquinaria pesada. Pero en el hilo de lo que se considera la fase de cierre, se deberá volver a hacer una identificación y evaluación de impactos cuando se decida clausurar

este proyecto, es decir todo se desarrollará en un plan de cierre definitivo que se elaborará en el momento que se decida ese cierre.

No obstante, está previsto que se entregue los resultados finales del Estudio Arqueológico en breve, por lo que una vez se tenga esta información se podrá concretar y profundizar en los impactos que se produzcan en relación con los restos arqueológicos y las perforaciones y excavaciones previstas en el centro histórico. Como se ha mencionado en repetidas ocasiones, los técnicos aseguran que las condiciones constructivas tecnológicas actuales están diseñadas para superar el problema de las aguas subterráneas, quebradas, colectores, edificaciones, vestigios arqueológicos y paleontológicos.

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 el proyecto previsto 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 el proyecto propuesto 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 del proyecto como consecuencia del mismo. 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 del proyecto.

- **Reintroducción de vegetación.** este impacto se refiere a los efectos sobre el paisaje de las labores de revegetación de la zona del proyecto o a los ajardinamientos que se realicen en el mismo.
- **Afectación al patrimonio cultural que forma parte del paisaje.** se trata de afectaciones 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 diseño

Durante esta fase se desarrollan los trabajos para la elaboración de los estudios de viabilidad y estudios específicos, así como la elaboración del propio EsIA, por lo que tanto en los pliegos de licitación para las obras, como en los resultados y recomendaciones de los estudios se incluirán requisitos relativos a estos impactos visuales, ya que es imprescindible en ciertas áreas que se mantenga la estética de la ciudad, atendiendo a su calificación de Patrimonio de la humanidad, por su valor histórico cultural.

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 porque 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:

- El relleno de las quebradas lo que está ocasionando es la modificación de la fisiografía abarrancada de la zona de Quito por una fisiografía más o menos de formas suaves.
- La forma en si 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 periurbana. 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 en la zona de cochera, escombrera y estaciones. La vegetación afectada tiene escaso interés ambiental, pero la minimización de los impactos paisajísticos aconseja que se afecte 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 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 barrena, etc. Los posibles impactos a bienes patrimoniales enterrados producirán impactos sobre el patrimonio cultural que se describirán en otro apartado. Se trata de un impacto temporal y reversible si bien muy intenso durante el tiempo de construcción 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 acelere la integración de las obras en el entorno.

Las afectaciones 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.

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 se han previsto 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.

Afectación a la salud por generación de campos electromagnéticos

Si bien este impacto no se ha considerado significativo, y no ha sido seleccionado i 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 ha indicado en apartados anteriores, 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.

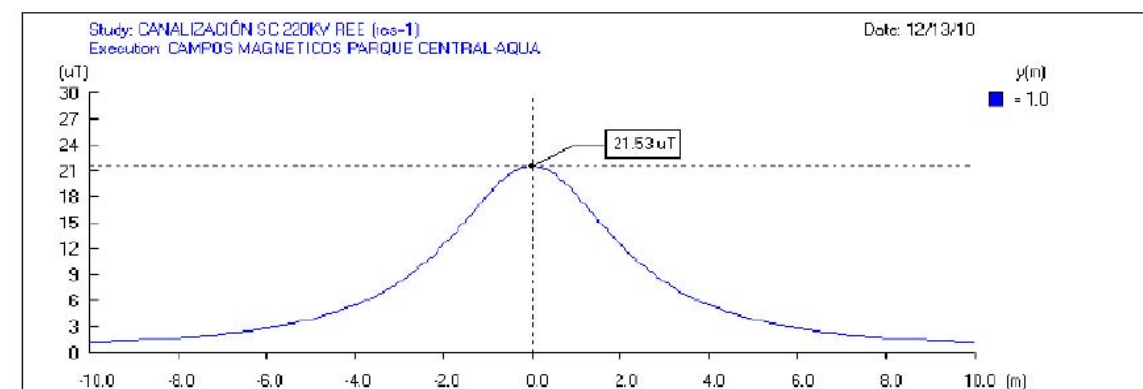
De acuerdo con este hecho, la *Norma Española UNE 215001-2004-“Procedimientos normalizados para la medida de los campos eléctricos y magnéticos de frecuencia industrial producidos por las líneas eléctricas de alta tensión”*, expresa lo siguiente:

“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 figura:

Figura 10.33 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. 2010

Tal y como se desprende de la figura anterior, se espera como máximo un valor de campo de 21,53 μT 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 μT , siendo inferior a mayores distancias.

Estos valores son muy inferiores al máximo de 100 μT 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 μT cerca del suelo y de intensidades inferiores (decenas de μT) 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 μT 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 2.000 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 μT . Este valor es mil veces menor que el límite establecido para la población de 100 μT y 200 veces menor que el límite de exposición para trabajadores de 500 μT . 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.

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

Cuadro 10.122 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 (μT)	Densidad de potencia (W/m^2)	Densidad de potencia (W/m^2)	Densidad de potencia (W/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



Cuadro 10.123 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 ²)	
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. 1998

Conclusión: Como se ha comentado con anterioridad, y según se refleja en estos cuadros, 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 por esa razón no ha sido valorado.

10.5 CONCLUSIONES

10.5.1 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 valorados y descritos en apartados anteriores. Como ya se ha mencionado, los impactos valorados para la fase de diseño del proyecto no son significativos, por lo que se ha omitido esta fase en la matriz resumen que se muestra a continuación:

Cuadro 10.124 Matriz resumen de impactos

IMPACTOS	Fase de Construcción	Fase de operación	Fase de cierre
Afectación al clima y microclima	(**)	8,5	(**)
Afectación al medio por emisión de material particulado	-4,29	-1,12	-1,5
Afectación al medio por emisión de gases	-3,87	8,24	-2,71
Afectación al medio por emisiones acústicas	-2,97	7,81	-2,97
Afectación al medio por vibraciones	-2,7	-1,96	-2,7
Afectación al suelo	-1,96	-1,96	-1,37
Modificación en la generación de escorrentía	-3,91		4,01
Modificación del flujo de la escorrentía	-4,01	-4,01	
Contaminación del agua superficial	-5,83	-5,37	-5,04
Efecto dren sobre las aguas subterráneas	-3,49	-2,06	
Efecto pantalla sobre las aguas subterráneas	-4,89	-5,46	-5,46
Contaminación del agua subterránea	-5,83	-5,38	-5,04
Afectación a las comunidades biológicas	-1,17		
Afectación a la movilidad y accesibilidad urbana	-1,70	6,37	-1,70
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	-1,96 (*)	2,32 (*)	-1,00 (*)
Impactos paisajísticos centro urbano histórico	(**)		
Impactos paisajísticos resto de zonas	(**)		



VIA (INDICE AMBIENTAL PONDERADO)	
Mayor de 8,1	IMPACTO POSITIVO MUY ALTO
de 6,1 a 8	IMPACTO POSITIVO ALTO
de 2,1 a 6	IMPACTO POSITIVO MEDIO
de 0 a 2	IMPACTO POSITIVO BAJO
de 0 a -2	IMPACTO NEGATIVO BAJO
de -2,1 a -6	IMPACTO NEGATIVO MEDIO
de -6,1 a -8	IMPACTO NEGATIVO ALTO
menor de -8,1	IMPACTO NEGATIVO MUY ALTO

en realidad no se prevé el cierre de este proyecto, por esa razón no se consideran los impactos de esa fase para nuestras conclusiones finales.

(*) Este impacto deberá ser evaluado de forma definitiva durante la fase de construcción y cierre, en función del seguimiento arqueológico que deberá realizarse a lo largo de toda la ruta del metro, y en su fase de funcionamiento, en función de los efectos que produzca

(**) Según metodología indicada en apartados correspondientes

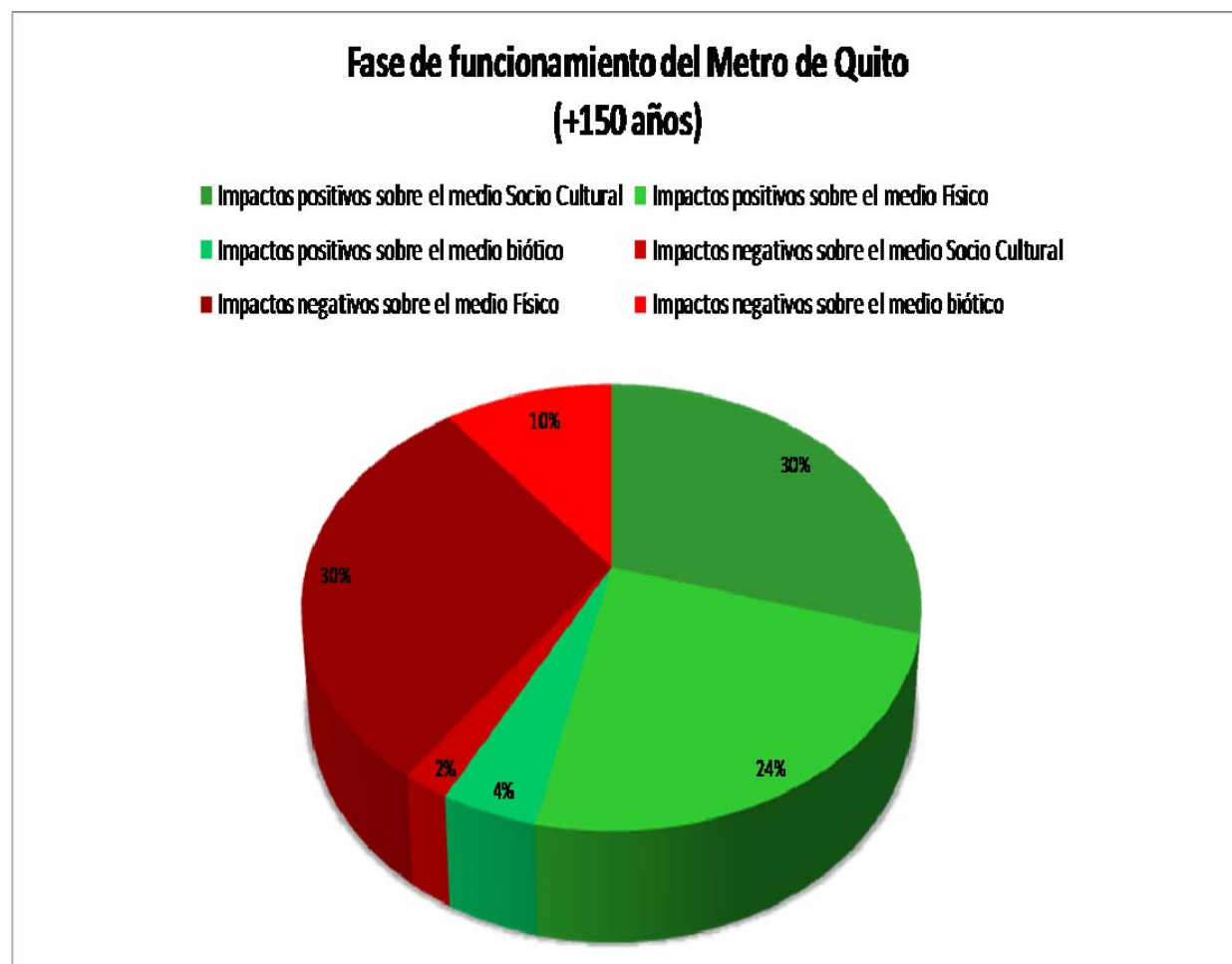
Fuente Elaboración propia. 2012

En el siguiente gráfico se muestran los valores porcentuales de los impactos agrupados por factor ambiental (Físico, Biótico y Sociocultural) que se producen durante la fase de operación, ya que se ha considerado que la duración de ésta es considerablemente mayor que el resto, por tanto estos impactos tendrán más transcendencia que el resto. Podemos comprobar que el medio físico se ve afectado de manera significativa, esto es debido a que el metro se construye en el subterráneo y por tanto se eliminará suelo, material geológico, etc. además de las afecciones al agua, que han sido descritas en detalle. No obstante estos impactos pueden ser prevenidos o minimizados en su mayoría, los correspondientes planes de manejo para dicho fin se encuentran desarrollados en el capítulo 11 de este EsIA.

La fase de construcción, aunque está previsto que se produzcan muchos impactos negativos, hay que tener en cuenta que la mayoría son molestias a la población o cambios físicos que una vez terminen dichas obras volverán a su estado inicial, con esto se quiere dar a entender que la mejor medida para compensar aquellos que no se pueden prevenir es la propia fase de funcionamiento.

En cuanto a la fase de cierre, no se puede planificar con detalle lo que podría provocar el desmantelamiento y abandono del metro, ya que está previsto una vida útil de 150 años, pero prorrogables,

Figura 10.34 Representación gráfica de los valores porcentuales por componente ambiental para la fase de funcionamiento del metro



Fuente: Elaboración propia.

10.5.2 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 mitigación, o bien su duración o magnitud no es comparable a la duración o magnitud de los grandes beneficios que proporciona la Primera Línea del 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 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 actualidad, y no dejan de ser molestias habituales que cualquier obra provoca. En la fase de diseño donde se incluyen las acciones previas a la construcción,

se producirán molestias similares debido a la ejecución de los estudios geológicos, para lo que se han efectuado prospecciones subterráneas al igual que para el estudio arqueológico, aunque en mucho menor grado que para las acciones de la fase de obra propiamente dicha del proyecto, también se ha causado ciertos cortes o desvíos en la movilidad de peatones principalmente pero también de tráfico y los ruidos, gases y partículas asociados a la maquinaria y los propios sondeos, aunque debemos volver a recalcar que no se han considerado significativos, por lo que no tienen una valoración cuantitativa en este estudio.

No obstante, a continuación se incluye una **lista de prioridad de impactos negativos** a atajar (sin incluir aquellos que no se pueden valorar aunque se prevea una afección significativa), se ha priorizado los impactos cuyo efecto negativo se produce en las 3, 2 o 1 fase, a continuación aquellos que aún teniendo efectos negativos en alguna fase, en otra, principalmente la de funcionamiento, tienen afecciones positivas o muy positivas:

1	Contaminación del agua subterránea	Negativo en las 3 fases últimas
2	Contaminación del agua superficial	Negativo en las 3 fases
3	Efecto pantalla sobre las aguas subterráneas	Negativo en las 3 fases
4	Afección al medio por vibraciones	Negativo en las 3 fases
5	Afectación al medio por emisión de material particulado	Negativo en las 3 fases
6	Afectación al suelo	Negativo en las 3 fases
7	Modificación del flujo de la escorrentía	Negativo en las 2 primeras fases
8	Efecto dren sobre las aguas subterráneas	Negativo en las 2 primeras fases
9	Afectación a las comunidades biológicas	Negativo en la 1ª fase
10	Modificación en la generación de escorrentía	Negativo en la 1ª fase
11	Afección a la movilidad y accesibilidad urbanas	Negativo en 1ª y 3ª fase y Positivo en la 2ª fase
12	Mejora de la calidad de vida de la población	Negativo en 1ª y 3ª fase y Positivo en la 2ª fase
13	Afectación al medio por emisiones acústicas	Negativo en 1ª y 3ª fase y Positivo en la 2ª fase
14	Afectación al medio por emisión de gases	Negativo en 1ª y 3ª fase y Positivo en la 2ª fase
15	Afectación al clima y microclima	Negativo en 1ª y 3ª fase y Positivo en la 2ª fase
16	Aumento del empleo y la actividad económica	Positivo en las 3 fases

En esta lista, a modo de explicación, es necesario indicar que el orden va en función del grado de importancia negativa del impacto, lo que supone que si un impacto es negativo en la fase de construcción, aunque se convierta en un beneficio en la fase de operación del proyecto, se valora su parte negativa, para lo cual añadimos la siguiente lista donde **se destacan los impactos positivos**, a los que no se les van a aplicar planes de prevención y mitigación pero si se potenciarán sus beneficios en la medida de lo posible a través de las acciones que promueve este EsIA. En el siguiente listado se han priorizado y

justificado los impactos positivos y beneficios que acarreará este proyecto, incluyendo aquellos que aún estando en la lista de impactos negativos, consideramos que son beneficios plausibles y generalizados de esta obra:

- Notable mejora en la calidad de vida de la población de Quito.
- Promueve la integración y ordenación urbana y el consecuente desarrollo territorial.
 - Aumento de la comodidad, fiabilidad y ahorro de tiempo en los desplazamientos
 - Mejora el acceso a los puntos de interés, bien sean de carácter laboral, comercial o turístico.
 - Desarrollo urbano en torno al proyecto, potenciación del Centro Histórico y puesta en valor de recursos arqueológicos. Potenciación del turismo.
 - Aumento de creación de espacios públicos, como nuevos espacios sociales y culturales
 - Mejora de la accesibilidad y movilidad urbanas en el DMQ, mejora del acceso a centros educativos, sanitarios y sociales
 - Inclusión socio-económica de los sectores ubicados en la periferia e integración urbana, gracias al Sistema Integrado de Transportes del DMQ del que forma parte vertebral el metro
- 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.
 - Aumento de la productividad laboral.
 - Reducción en la importación de combustibles, ya que el nuevo sistema de metro utilizará energía eléctrica y porque el parque vehicular disminuirá
 - Mejora de la calidad del aire de Quito, contribuyendo a reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero y a mitigar el cambio climático
 - Mejora de la salud pública por reducción de la accidentalidad y menor contaminación ambiental.
- Generación de puestos de trabajo, en todas las fases del proyecto y además serán empleos de calidad y estables. Diversificación del empleo: 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.

- Desarrollo de una nueva cultura ciudadana y una actitud positiva hacia los servicios públicos de calidad.
- Aumento de la actividad comercial y económica.
- Aumento de la población en el área de influencia directa lo que promoverá el desarrollo social. Indirectamente un medio de transporte integrador y masivo ayuda a evitar la segregación económica y social y a disminuir los índices de pobreza.
- Desarrollo tecnológico y transferencia de conocimientos. Se considera un beneficio tanto para Ecuador como para Europa compartir conocimientos sobre tecnología ferroviaria. Se produce una transferencia directa de tecnología desde Europa, por la participación de empresas españolas.
- 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.

Existe riesgo de que se produzca contaminación de suelos por accidentes o derrames de aceites, grasas o carburantes, no obstante 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 indicados 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 valorados. 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 apoyando el cumplimiento de los objetivos de movilidad y accesibilidad perseguidos.

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 se concluye 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.

