

MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO

METRO DE MÁLAGA

(CUARTA FASE)

NOVIEMBRE 2022

I. MEMORIA

ÍNDICE

0	OBJETO Y CONTENIDO	3
1	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTUDIO.	4
1.1	UNIDADES DE MAPAS ESTRATÉGICOS	4
1.2	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	5
2	MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO	6
2.1	NORMATIVA APLICABLE	6
2.1.1	<i>Europea</i>	6
2.1.2	<i>Estatad</i>	9
2.1.3	<i>Autonómica</i>	12
2.2	DEFINICIÓN DEL ESCENARIO DE MODELIZACIÓN	19
2.2.1	<i>Cartografía</i>	19
2.2.1.1	Tratamiento para la obtención del MDT	20
2.2.2	<i>Definición del eje de la infraestructura</i>	22
2.2.2.1	Tratamiento para la obtención del eje	22
2.2.2.2	Definición de las plataformas.	23
2.2.3	<i>Edificios</i>	23
2.2.3.1	Datos de partida	23
2.2.3.2	Obtención de la capa edificios	24
2.2.3.3	Metodología para la asignación del número de viviendas y población a la capa de edificios	29
2.2.4	<i>Túneles y Viaductos</i>	30
2.2.4.1	Viaductos	30
2.2.4.2	Túneles	30
2.2.5	<i>Obstáculos</i>	31
2.3	CONFIGURACIÓN DE LOS CÁLCULOS ACÚSTICOS	31
2.3.1	<i>Modelo de cálculo</i>	31
2.3.2	<i>Caracterización de la fuente de estudio</i>	36
2.3.3	<i>Parámetros del cálculo acústico</i>	38
2.4	PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE LOS MAPAS	39
2.4.1	<i>Mapas de niveles sonoros</i>	39
2.4.2	<i>Mapas de zonas de afección</i>	40
2.4.3	<i>Mapas de Zonificación acústica</i>	40
2.4.4	<i>Mapas de zonas de conflicto</i>	41
2.4.5	<i>Tablas de exposición</i>	41
3	RESULTADOS.....	42
3.1.1	<i>Niveles sonoros y población expuesta</i>	42
3.1.2	<i>Zonas de afección</i>	43
3.1.3	<i>Zonas de conflicto</i>	43
4	CONCLUSIONES	45

0 Objeto y contenido

El presente documento recoge el Mapa Estratégico de Ruido (en adelante, MER) de la Línea 1 del Metro de Málaga, el cual se enmarca en los trabajos a realizar dentro del contrato "Adaptación de los mapas de ruido de los metros de Sevilla, Málaga y Granada a la metodología CNOSSOS".

El objetivo es cumplir con la cuarta fase de la Directiva 49/2002/CE sobre evaluación y gestión ambiental y con la Ley de Ruido 37/2003.

En concreto se persigue un triple objetivo; cumplir con la legislación europea, nacional y autonómica al respecto; ayudar a la gestión de los problemas de ruido que las líneas ferroviarias metropolitanas generan a los colindantes y aportar datos que permitan definir la zona de servidumbre acústica.

El Estudio no se limita a la determinación de los niveles acústicos producidos por los ejes ferroviarios estudiados, sino que analiza el ruido originado por dichas infraestructuras, obtiene los datos sobre la población expuesta a las distintas intensidades sonoras y realiza una propuesta inicial de zonas de conflicto.

Los tipos de mapas que componen el Mapa Estratégico de Ruido son los siguientes:

- Mapas de niveles sonoros: De cada zona geográfica se reproducen los mapas de nivel Lden, Ln, Ld y Le. Los mapas de niveles sonoros se obtienen mediante la representación gráfica de las curvas isófonas y el coloreado de las áreas ocupadas por los niveles correspondidos entre 55-60 dB(A), 60-65 dB(A), 65-70 dB(A), 70-75 dB(A) y más de 75 dB(A), para los mapas de Lden, Ld y Le, y por los niveles correspondidos entre 45-50 dB(A), 50-55 dB(A), 55-60 dB(A), 60-65 dB(A), 65-70 dB(A) y más de 70 dB(A), para los mapas de Ln.
- Mapas de zonas de afección: La superficie total (en km²) expuesta a valores de Lden superiores a 55, 65 y 75 dB, respectivamente. Se indica también el número total estimado de viviendas, el número total estimado de personas y los edificios de carácter sensible en cada una de esas zonas. En esas cifras se incluyen las aglomeraciones.
- Mapas de Zonificación acústica: Recoge las zonificaciones acústicas aprobadas por los municipios afectados y en el caso de aquellos municipios que no la tengan aprobada se realiza un plano equivalente de zonificación siguiendo los criterios establecidos en la Ley del Ruido y sus Reglamentos.
- Mapas de conflicto: se recogen aquellas zonas acústicas en las que se superan alguno de los Objetivos de Calidad Acústica (en adelante OCA).

1 Descripción general del estudio.

El ámbito de estudio son los tramos en superficie de la Línea 1 de Metro de Málaga:

Actuación	Longitud km/% superficie	Estaciones /paradas	Población servida nº habitantes	Demanda (2021)
Metro de Sevilla L1	18 km/40%	21	230 000	10,44 millones de viajeros
Metro de Málaga L1 y L2	14,8 km/28%	23	216 000	4,62 millones de viajeros
Metropolitano de Granada	15,9 km/83%	26	133 636	7,98 millones de viajeros

Figura 1.Ámbito de estudio del MER de los sistemas ferroviarios metropolitanos de Sevilla, Granada y Málaga.

1.1 Unidades de mapas estratégicos

Los mapas estratégicos se organizan por Unidades de Mapa Estratégico (UME).

Según se establece desde la Administración del Estado en el caso ferrocarriles es preciso definir el tramo de línea de ferrocarril que compone una UME. Cada autoridad responsable de la elaboración de los mapas estratégicos de ruido debe por lo tanto, según sus necesidades y criterios, definir estas UMEs teniendo en cuenta que el único criterio legal establecido es que deben realizarse todos los mapas de los grandes ejes ferroviarios que soporten más de 30.000 circulaciones al año.

Como norma general se recomienda adoptar los siguientes criterios:

- Una UME está formada por tramos contiguos de una misma o línea de ferrocarril.
- Una UME está definida por una única línea con un inicio y un final, sin presentar interrupciones.

A efectos de cálculo, una UME puede contener subtramos con distintas intensidades de tráfico o características de la línea ferroviaria, pero los resultados que se obtengan, tanto los datos estadísticos, como los geoespaciales y los planos, siempre deben referirse a una UME completa.

Cada UME debe tener un nombre que permita identificarla. En general, la denominación de la UME es directamente el nombre de la línea ferroviaria y en el caso que existan varias UMEs en una misma línea de ferrocarril, se recomienda que la denominación contenga el nombre de la línea ferroviaria y un dígito que diferencie las UMEs.

Siguiendo estos criterios solo cabe distinguir una UME para el tramo superficial de la línea 1 de Metro de Málaga:

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA

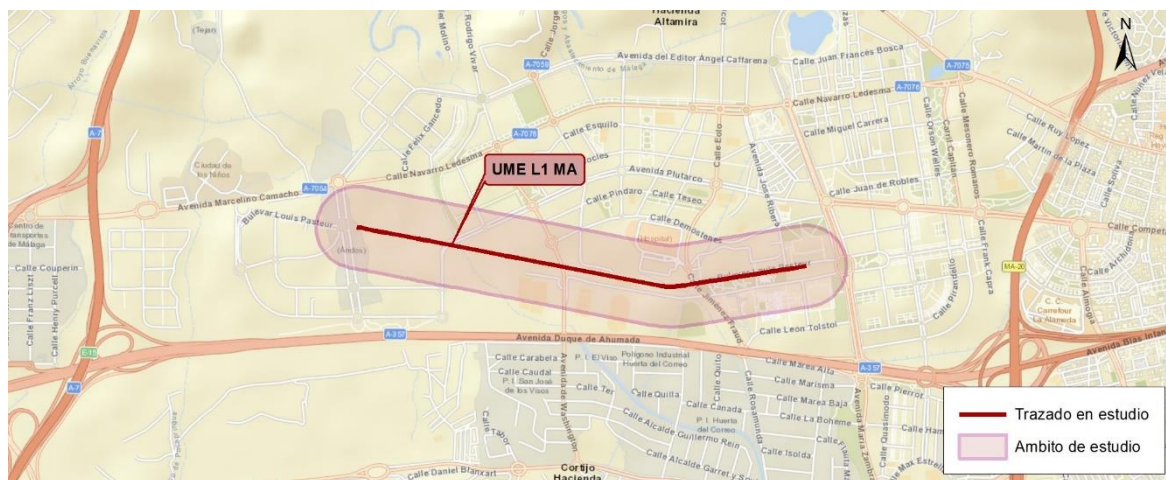


Figura 2.Ámbito de estudio del MER de la L1 del Metro de Málaga. Fuente: Elaboración propia.

UME	Pk Inicio	Descripción	Pk Fin	Descripción	Longitud
UME L1 MA	154+865	Desde túnel junto a parada Universidad	157+125	Hasta parada de metro Andalucía Tech	2 257m

Tabla 1. División en UMEs del ámbito de estudio. Fuente: Elaboración propia.

Una vez definidas la UMEs se ha delimitado el ámbito de estudio estableciendo una anchura de 200 m a cada lado del eje, y asegurando que en cualquier caso que abarca las isófonas Lden 55 y Lnoche 45 dB. Por otra parte, se han tomado las precauciones necesarias para tener en cuenta la continuidad de emisión acústica del ferrocarril. En este sentido se ha prolongado el inicio y final de las UMEs en una longitud aproximada de 200 m.

Cabe indicar que aunque la banda de afección establecida no supera los 200 metros en algún caso ha sido necesario tener en cuenta una anchura mayor para la correcta estimación de datos como son los datos de población.

1.2 Descripción de la zona de estudio

La línea 1 y 2 del metro de Málaga, cuentan con 14,8 km de longitud, y en torno a 2.25 km discurre en superficie (en la L1), constituyendo este el tramo en estudio y localizado en su totalidad en el municipio de Málaga.

La línea 1 del Metro de Málaga, es un ferrocarril metropolitano con características de metro ligero, de vía doble en el tramo en estudio, por tanto, a nivel de modelo se considerará dos ejes, uno para cada sentido.

La velocidad máxima es de 70 km/h, si bien se podría hablar de una velocidad media de 30 km/h.

En el tramo objeto de estudio se localizan 5 paradas: Universidad, Clínico, El Consol, Parainfo y Andalucía Atech.

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA

En cuanto a las estructuras singulares, cabe destacar que no existe ningún viaducto en el tramo superficial, ya que los cruces con las carreteras del entorno se realizan a nivel. Como elemento singular solo se consideraría la entrada/salida del túnel a partir del cual la vía transcurre de manera soterrada.

La UME delimitada con 2.25 km aproximadamente de longitud, tiene su comienzo en el túnel junto a la de la parada Universidad y finaliza en la estación de Andalucía Tech.

A continuación, se muestra una imagen donde se pueden ver los usos principales en el entorno de la línea, así como la presencia de edificaciones sensibles.

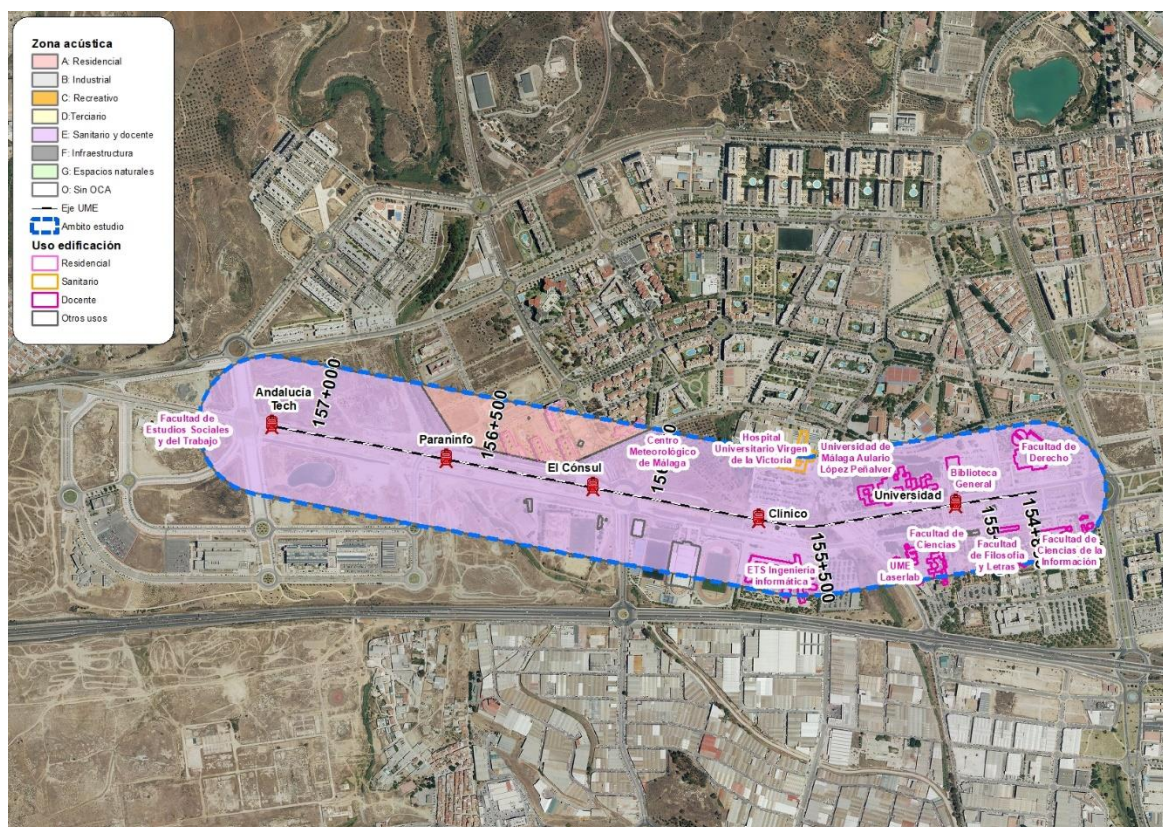


Figura 3. Detalle de la UME L1 MA. Fuente: Elaboración propia

2 Mapas estratégicos de ruido

2.1 Normativa aplicable

2.1.1 Europea

La referencia legislativa básica en el marco de la Unión Europea es la **Directiva 2002/49/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.**

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA

La pertenencia de España a la Unión Europea conlleva el obligado cumplimiento del ordenamiento jurídico correspondiente al Derecho Comunitario. La Unión Europea ha abordado la lucha contra el ruido en el marco de su política medioambiental a través de directivas comunitarias cuya finalidad es reducir la contaminación acústica producida por distintos tipos de emisores.

Con la entrada en vigor de la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio, sobre la evaluación y gestión del ruido ambiental, se establecieron una serie de objetivos entre los que destaca la creación de un marco común en el ámbito europeo para la evaluación y gestión de la exposición al ruido ambiental.

La Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental no establece límites reglamentarios autorizados de emisión de ruido en el ambiente exterior y por tanto no podía ser aplicado hasta la existencia de leyes y reglamentos que la desarrollasen y cuantificasen en términos de niveles de emisión e inmisión máximos permitidos.

Con el objetivo de complementar el Anexo II de la Directiva, la Comisión emitió la "Recomendación de 6 de agosto de 2003 relativa a las orientaciones sobre los métodos de cálculo provisionales revisados para el ruido industrial, procedente de aeronaves, del tráfico rodado y ferroviario y los datos de emisiones correspondientes".

En ella se analiza para cada medio de transporte la aplicabilidad y descripción de los modelos recomendados, así como las adaptaciones necesarias de los mismos para verificar el cumplimiento de la Directiva 2002/49/CE. De forma específica se aplica para ruido de tráfico rodado el método nacional de cálculo francés "NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTULCPC-CSTB)", y para el ferrocarril el método nacional de cálculo de los Países Bajos, publicado como "Reken — en Meetvoorschrift Railverkeerslawai '96", considerados ambos como métodos provisionales en aquellos países que no tenían su propio método oficial para la realización de mapas de infraestructuras.

En mayo de 2015, se publica la **Directiva UE 2015/996 de la Comisión de 19 de mayo de 2015 por la que se establecen métodos comunes de evaluación del ruido en virtud de la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo**. En esta directiva se considera que "De conformidad con su artículo 1, la Directiva 2002/49/CE tiene por objeto establecer un enfoque común destinado a evitar, prevenir o reducir con carácter prioritario los efectos nocivos, incluyendo las molestias, de la exposición al ruido ambiental. A tal efecto, los Estados miembros determinarán la exposición al ruido ambiental, a través de la cartografía del ruido, con métodos de evaluación comunes para los Estados miembros, garantizarán la disponibilidad pública de la información relativa al ruido ambiental y a sus efectos y adoptarán planes de acción basados en los resultados de la cartografía del ruido, con vistas a prevenir y reducir el ruido ambiental, cuando proceda, y en particular cuando los niveles de exposición puedan inducir efectos nocivos para la salud humana, así como para preservar la calidad del ruido ambiental cuando resulte conveniente".

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA

En este sentido, la Directiva UE 2015/996 tiene por objeto sustituir el Anexo II de la Directiva 2002/49/CE, estableciendo una metodología común de cálculo para todos los países miembros, que queda desarrollada a través de varios anexos, e insta a los estados miembros a adoptar las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas necesarias para dar cumplimiento a esta directiva, estableciendo como fecha límite el 31 de diciembre de 2018.

Esta directiva desarrolla una metodología, establecida por la Comisión Europea a través del proyecto CNOSSOS-EU, para la evaluación del ruido asociado a infraestructuras viarias, ferroviarias, aéreas e industriales. Además, indica la normativa de referencia para la realización de mediciones.

El 5 de marzo de 2020 se publica, en el Diario Oficial de la Unión Europea, la **Directiva (UE) 2020/367 de la Comisión de 4 de marzo de 2020 por la que se modifica el anexo III de la Directiva 2002/49/CE de Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo al establecimiento de métodos de evaluación para los efectos nocivos del ruido ambiental.**

El objeto de esta norma es establecer un método común de evaluación para los distintos efectos nocivos que el ruido ambiental de las principales infraestructuras (viarias, ferroviarias y aeroportuarias) genera en la población que reside en sus proximidades y que como tal queda expuesta a este tipo de contaminación.

Esta Directiva entró en vigor el 25 de marzo de 2020, y necesitará de una trasposición al ordenamiento jurídico nacional antes del 31 de diciembre de 2021.

El 28 de julio de 2021 se publica en el Diario Oficial de la Unión Europea la **Directiva Delegada (UE) 2021/1226 de la Comisión de 21 de diciembre de 2020 por la que se modifica, para adaptarlo al progreso científico y técnico, el anexo II de la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en cuanto a los métodos comunes para la evaluación del ruido.**

Como su nombre indica, el anexo II de la Directiva 2002/49/CE se modifica de conformidad con lo dispuesto en el anexo de la Directiva Delegada (UE) 2021/1226.

Los Estados miembros pondrán en vigor las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas necesarias para dar cumplimiento a lo establecido en la Directiva Delegada (UE) 2021/1226 a más tardar el 31 de diciembre de 2021.

2.1.2 Estatal

El marco normativo vigente a nivel estatal en materia de ruido está constituido por la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, desarrollada reglamentariamente mediante el Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental, el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas y el Real Decreto 1038/2012, de 6 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1367/2007. Con ellos, se completa la transposición de la Directiva Europea 2002/49/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, al derecho español y se establece un marco unificado para la definición y evaluación de la acústica ambiental.

El objetivo de la **Ley 37/2003** es prevenir, vigilar y reducir la contaminación acústica, para evitar y reducir los daños que de ésta pueden derivarse para la salud humana, los bienes o el medio ambiente. Delimita el ámbito para su aplicación y contiene también disposiciones relativas a la distribución competencial en materia de contaminación acústica. Además, incorpora el concepto de calidad acústica, definida como el grado de adecuación de las características acústicas de un espacio a las actividades que se realizan en su ámbito, enunciando los instrumentos de los que las Administraciones pueden servirse para procurar el máximo cumplimiento de los objetivos de calidad acústica.

La cartografía sonora prevista en la ley se completa con los denominados mapas de ruido. Los mapas de ruido son un elemento previsto por la Directiva sobre Ruido Ambiental y encaminado a disponer de información uniforme sobre los niveles de contaminación acústica en los distintos puntos del territorio, aplicando criterios homogéneos de evaluación que permitan hacer comparables entre sí las magnitudes de ruido verificadas en cada lugar.

El **Real Decreto 1513/2005** supone un desarrollo parcial de la Ley 37/2003 y tiene por objeto la evaluación y gestión del ruido ambiental, con la finalidad de evitar, prevenir o reducir con carácter prioritario los efectos nocivos, incluyendo las molestias, derivadas de la exposición al ruido ambiental, según el ámbito de aplicación de la directiva comunitaria que se incorpora.

Por ello se desarrollan los conceptos de ruido ambiental y sus efectos y molestias sobre la población, junto a una serie de medidas que permiten la consecución del objeto previsto como son los Mapas Estratégicos de Ruido, los Planes de Acción y la información a la población.

Para el cumplimiento de su objetivo se regulan determinadas actuaciones como son la elaboración de Mapas Estratégicos de Ruido para determinar el grado de exposición de la población al ruido ambiental, la adopción de Planes de Acción para prevenir y reducir ese efecto y, en particular, cuando los niveles de exposición puedan tener efectos nocivos en la salud humana. Además, plantea la necesidad de poner a disposición de la población la información sobre ruido ambiental y sus efectos y aquélla de que dispongan las autoridades competentes en relación con el cartografiado acústico y Planes de Acción derivados.

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA

En relación al cartografiado estratégico del ruido, establece los requisitos mínimos que éste debe cumplir, así como, los índices de ruido que deben considerarse en su preparación y la metodología recomendada para su determinación y evaluación. El anexo IV del Real Decreto 1513/2005 detalla el contenido mínimo a incluir en el Mapa Estratégico de Ruido.

El Real Decreto 1367/2007, tiene como principal finalidad completar el desarrollo de la Ley 37/2003. Así, se definen índices de ruido y de vibraciones, en los distintos periodos temporales de evaluación, sus aplicaciones, efectos y molestias sobre la población y su repercusión en el medio ambiente; se delimitan los distintos tipos de áreas y servidumbres acústicas definidas en el artículo 10 de la Ley 37/2003; se establecen los objetivos de calidad acústica para cada área, incluyéndose el espacio interior de determinadas edificaciones; se regulan los emisores acústicos fijándose valores límite de emisión o de inmisión así como los procedimientos y los métodos de evaluación.

Este texto normativo establece los objetivos de calidad acústica a cumplir en base a la siguiente categorización del territorio en áreas acústicas de acuerdo al uso predominante del suelo:

- Área acústica tipo a: Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial.
- Área acústica/ tipo b: Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial.
- Área acústica tipo c: Sectores del territorio con predominio del suelo de uso recreativo y de espectáculos
- Área acústica tipo d: Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en áreas acústicas tipo "c".
- Área acústica tipo e: Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica.
- Área acústica tipo f: Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte, u otros equipamientos públicos que los reclamen.

Estos umbrales de calidad se definen sobre unos indicadores específicos cuya definición y metodología de obtención se remite al Real Decreto 1513/2005:

- L_d es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2: 1987, determinado a lo largo de todos los períodos día de un año.
- L_e es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2: 1987, determinado a lo largo de todos los períodos tarde de un año.
- L_n es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2: 1987, determinado a lo largo de todos los períodos noche de un año.

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA

OBJETIVOS DE CALIDAD ACÚSTICA PARA RUIDO APLICABLES A ÁREAS URBANIZADAS EXISTENTES			
Tipo de área acústica	Índices de Ruido		
	L_d	L_e	L_n
e) Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural	60	60	50
a) Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial	65	65	55
d) Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en c	70	70	65
c) Sectores del territorio con predominio del suelo de uso recreativo y de espectáculos	73	73	63
b) Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial	75	75	65
f) Sector res del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte y otros equipamientos públicos que los reclamen (1)	Sin determinar	Sin determinar	Sin determinar

(1) En los sectores del territorio se adoptarán las medidas adecuadas de prevención de la contaminación acústica, en particular mediante la aplicación de las tecnologías de menor incidencia acústica de entre las mejores tecnologías disponibles, de acuerdo con el apartado a), de artículo 18.2 de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre.

El 26 de julio de 2012 se publicó en el BOE nº 178 el **Real Decreto 1038/2012, de 6 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1367/2007**, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas. Este sólo afecta a las áreas acústicas tipo f. Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte, u otros equipamientos públicos que los reclamen.

Este Real Decreto modifica la tabla A del Anexo II del Real Decreto 1367/2007, estableciendo que en los sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte, u otros equipamientos públicos que los reclamen (tipo f), no podrán superarse, en sus límites, los objetivos de calidad acústica para ruido aplicables al resto de las áreas acústicas que colinden con ellos.

Con el objeto de dar cumplimiento a lo indicado en la Directiva Europea 2015/996 de 19 de mayo, el 13 de diciembre de 2018, se publicó en el BOE nº 300 la **Orden PCI/1319/2018, de 7 de diciembre, por la que se modifica el Anexo II del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, en lo referente a la evaluación del ruido ambiental.**

Esta Orden supone una transposición a la legislación nacional de lo indicado en la Directiva 2015/996. Se modifica la metodología de cálculo de los indicadores de ruido fijados por la Directiva 2002/49/CE para la evaluación del ruido de tipo industrial, aeronaves, trenes y ruido de tráfico rodado, por una metodología común de cálculo desarrollada por la Comisión Europea a través del proyecto Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS – EU). La utilización de esta metodología tiene carácter vinculante a partir del 31 de diciembre de 2018.

La Orden Ministerial cuenta con un único artículo “Se substituye el contenido del anexo II del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación del ruido ambiental, por el nuevo contenido del anexo incluido en esta orden.”

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA

De esta forma, los indicadores contemplados en la normativa estatal deberán ser calculados bajo método europeo armonizado de cálculo de niveles de ruido (CNOSSOS).

El 3 de junio de 2021 se publica en el BOE nº 132 la **Orden PCM/542/2021, de 31 de mayo, por la que se modifica el Anexo III del Real Decreto 1513/2005**, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.

Esta orden surge de la necesidad de incorporar al ordenamiento jurídico español la Directiva (UE) 2020/367 de la Comisión de 4 de marzo de 2020 por la que se modifica el anexo III de la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo al establecimiento de métodos de evaluación para los efectos nocivos del ruido ambiental.

La modificación del anexo III del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, supone la sustitución de los métodos de evaluación de los efectos nocivos del ruido por los establecidos recientemente en la citada Directiva (UE) 2020/367 de la Comisión de 4 de marzo de 2020. Éstos se han definido teniendo en cuenta las directrices sobre ruido ambiental para la región europea de la Organización Mundial de la Salud (Environmental Noise Guidelines for the European Region, OMS 2018), que recogen relaciones dosis-efecto para los efectos nocivos provocados por la exposición al ruido ambiental.

Los métodos de evaluación que se recogen en el nuevo texto del Anexo son aquellos en los que, a la luz del conocimiento actual, se ha podido establecer una relación significativa entre los niveles de un indicador acústico provocados por un tipo de fuente de ruido y el efecto nocivo considerado. A saber, el efecto sobre las enfermedades cardíacas isquémicas del ruido viario, y las molestias intensas y alteraciones graves del sueño provocadas por el ruido viario, ferroviario y de aeronaves.

Por último la **orden PCM/80/2022** orden tiene por objeto incorporar a nuestro ordenamiento jurídico la Directiva Delegada (UE) 2021/1226 de la Comisión, de 21 de diciembre de 2020, para lo que se modifican aquellos apartados y preceptos del anexo II del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, que resultan afectados por dicha directiva, con el fin de proceder a su adaptación al progreso científico y técnico.

La razón de interés general en la que se fundamenta deriva de la exigencia de incluir las modificaciones oportunas, en ciertos aspectos técnicos, de las metodologías comunes de evaluación del ruido ambiental, que se han definido a nivel europeo mediante la Directiva Delegada (UE) 2021/1226, de la Comisión, de 21 de diciembre de 2020.

2.1.3 Autonómica

Andalucía cuenta con normativa sobre contaminación acústica, regulada por el **Decreto 6/2012, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía**, y se modifica el Decreto 357/2010, de 3 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento para la Protección de la Calidad del Cielo Nocturno frente a la

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA

contaminación lumínica y el establecimiento de medidas de ahorro y eficiencia energética, deroga el Decreto 326/2003, de 25 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía.

Una vez cumplidos los objetivos para los que se aprobó el Decreto 326/2003, de 25 de noviembre, fue necesaria la aprobación de un nuevo Reglamento de Protección Acústica en Andalucía que desarrollara los preceptos establecidos por la Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental y que incorporara, asimismo, las novedades introducidas por el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre y por el Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, de carácter básico.

Este Reglamento es de aplicación a cualquier infraestructura, instalación, maquinaria o proyecto de construcción, así como a las actividades de carácter público o privado, incluidas o no en el Anexo I de la Ley 7/2007, de 9 de julio, que se pretendan llevar a cabo o se realicen en el territorio de la Comunidad Autónoma de Andalucía y produzcan o sean susceptibles de producir contaminación acústica por ruidos o vibraciones, con las siguientes excepciones, conforme a lo dispuesto en el artículo 67.2 de la Ley 7/2007, de 9 de julio.

En su Artículo 7. Clasificación de las áreas de sensibilidad acústica se establecen las siguientes áreas de sensibilidad acústica clasificadas de acuerdo a la siguiente tipología:

- Tipo a: Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial.
- Tipo b: Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial.
- Tipo c: Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos.
- Tipo d: Sectores del territorio con predominio de suelo de uso característico turístico o de otro uso terciario no contemplado en el tipo c.
- Tipo e: Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica.
- Tipo f: Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte u otros equipamientos públicos que los reclamen.
- Tipo g: Espacios naturales que requieran una especial protección contra la contaminación acústica.

Por otra parte, en el Artículo 6.5. Áreas de sensibilidad acústica se establece que hasta tanto se establezca la zonificación acústica de un término municipal, las áreas de sensibilidad acústica vendrán limitadas por el uso característico de la zona, entendiéndose por este, el uso que correspondiéndose a uno de los establecidos en el Artículo 7, suponga un porcentaje mayor al resto de los usos considerados en dicha área.

En el Artículo 9. Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a áreas de sensibilidad acústica:

1. En las áreas urbanizadas existentes, considerando como tales las definidas en el artículo 2 del Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, se establece como objetivo de calidad acústica para ruido el que resulte de la aplicación de los siguientes criterios:

a) Si en el área acústica se supera el correspondiente valor de alguno de los índices de inmisión de ruido establecidos en la siguiente tabla, su objetivo de calidad acústica será alcanzar dicho valor

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA

Tipo de área acústica	Índices de Ruido dBa		
	Ld	Le	Ln
Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial	65	65	55
Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial	75	75	65
Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos	73	73	63
Sectores del territorio con predominio de suelo de uso característico turístico o de otro suelo terciario no contemplado en el tipo c	70	70	65
Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera de especial protección contra contaminación acústica	60	60	50
Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte u otros equipamientos públicos que los reclamen (1)	Sin determinar	Sin determinar	Sin determinar
Espacios naturales que requieran una especial protección contra la contaminación acústica	Sin determinar	Sin determinar	Sin determinar

(1) En estos sectores se adoptarán las medidas adecuadas de prevención de la contaminación acústica, en particular mediante la aplicación de las tecnologías de menor incidencia acústica de entre las mejores técnicas disponibles, de acuerdo al apartado a), del artículo 18.2 de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre.

Nota: Los objetivos de calidad aplicables a las áreas de sensibilidad acústica están referenciados a una altura de 4 m. Donde:

Ld : índice de ruido diurno.

Le : índice de ruido vespertino.

Ln : índice de ruido nocturno.

En estas áreas de sensibilidad acústica las Administraciones competentes deberán adoptar las medidas necesarias para la mejora acústica progresiva del medio ambiente hasta alcanzar el objetivo de calidad fijado, mediante la aplicación de planes zonales específicos a los que se refiere el artículo 75.2 de la Ley 7/2007, de 9 de julio

b) En caso contrario, el objetivo de calidad acústica será la no superación del valor de la tabla I que le sea de aplicación.

2. Para las nuevas áreas urbanizadas, es decir, aquellas que no reúnen la condición de existentes establecidas en el artículo 2 del Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, se establece como objetivo de calidad acústica para ruido la no superación del valor que le sea de aplicación de la tabla II.

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA

Tipo de área acústica	Índices de Ruido dB(A)		
	Ld	Le	Ln
Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial	60	60	50
Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial	70	70	60
Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos	68	68	58
Sectores del territorio con predominio de suelo de uso característico turístico o de otro suelo terciario no contemplado en el tipo c	65	65	60
Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera de especial protección contra contaminación acústica	55	55	45
Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte u otros equipamientos públicos que los reclamen (1)	Sin determinar	Sin determinar	Sin determinar
Espacios naturales que requieran una especial protección contra la contaminación acústica	Sin determinar	Sin determinar	Sin determinar

3. Los objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a los espacios naturales delimitados como área acústica de tipo g) se establecerán por el Ayuntamiento para cada caso en particular, atendiendo a aquellas consideraciones específicas de los mismos que justifiquen su clasificación como área acústica, previo informe de la Consejería competente en materia de medio ambiente. Este informe tendrá carácter vinculante en lo que se refiera a cuestiones de legalidad.

4. Como objetivo de calidad acústica aplicable a las zonas tranquilas en las aglomeraciones, se establece el mantenimiento en dichas zonas de los niveles sonoros por debajo de los valores de los índices de inmisión de ruido establecidos en la tabla II, tratando de preservar la mejor calidad acústica que sea compatible con el desarrollo sostenible. Los objetivos de calidad de las zonas tranquilas en campo abierto serán, en su caso, los establecidos para el área de tipo g) en que se integren.

5. A los edificios, que cumpliendo la normativa urbanística, estén situados fuera de zonas urbanizadas, considerando como tales las definidas en el artículo 2 del Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, les serán de aplicación los objetivos de calidad acústica establecidos en la tabla IV. Para el cumplimiento de dichos objetivos de calidad, se aplicarán medidas que resulten económicamente proporcionadas, tomando en consideración las mejores técnicas disponibles.

En cuanto a los mapas de ruido, en el Capítulo II, Mapas de ruido y planes de acción:

Artículo 13. Fines y contenidos mínimos de los mapas de ruido.

1. Conforme a lo dispuesto en el artículo 71 de la Ley 7/2007, de 9 de julio, los mapas de ruido tendrán entre otros, los siguientes objetivos:

**MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA,
GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA**

- a) Permitir la evaluación global y por tipología de fuentes de la exposición a la contaminación acústica de una determinada zona.
 - b) Facilitar la delimitación de las zonas acústicamente conflictivas, entendiendo por éstas las zonas en las que se rebasen los valores límite establecidos en los objetivos de calidad acústica aplicables a dicha área.
 - c) Permitir la realización de predicciones globales para cada zona.
 - d) Posibilitar la adopción fundada de planes de acción en materia de contaminación acústica y en general de las medidas correctoras adecuadas.
2. El cartografiado estratégico del ruido se ajustará a lo establecido en el Anexo IV del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental y contendrá, además, cuando proceda, conforme a lo dispuesto en el artículo 71.2 de la Ley 7/2007, de 9 de julio, información sobre:
- Valor de los índices acústicos existentes o previstos en cada una de las áreas de sensibilidad acústica afectadas.
 - Valores límites y objetivos de calidad acústica aplicable a las distintas áreas de sensibilidad acústica.
 - Superación o no, por los valores existentes, de los índices acústicos de los valores límites aplicables y cumplimiento o no de los objetivos aplicables de calidad acústica.

Número estimado de personas, de viviendas, de centros docentes y de hospitales expuestos a la contaminación acústica en cada área acústica.

3. Además de lo establecido en el punto anterior, se podrán elaborar mapas que incorporen los siguientes aspectos:

- a) Superación de valores límites.
- b) Comparación de la situación existente con posibles situaciones futuras.
- c) El valor de un indicador del ruido en la fachada de las viviendas a diferentes alturas.

Artículo 14. Mapas estratégicos y singulares de ruido.

1. Los Ayuntamientos elaborarán y aprobarán los mapas estratégicos de ruido de las aglomeraciones según el calendario previsto en la Disposición adicional primera de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre.

2. La Administración competente por razón de la actividad, elaborará los mapas estratégicos de ruido para los grandes ejes viarios, ferroviarios e infraestructuras aeroportuarias según el calendario previsto en la citada disposición adicional primera de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre.

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA

3. Los Ayuntamientos o la Administración competente por razón de la actividad, elaborarán los mapas singulares de ruido en el plazo de un año desde la detección del incumplimiento de los correspondientes objetivos de calidad acústica. En particular, deberá realizarse mapa singular de ruido cuando se detecte incumplimiento de los objetivos de calidad acústica con ocasión de la elaboración de un mapa de ruido de los tipos definidos en los párrafos a) y c) del artículo 12.

4. Los mapas estratégicos y singulares de ruido deberán revisarse y, en su caso, modificarse cada cinco años a partir de la fecha de su aprobación y, en todo caso, cuando por aplicación de un plan de acción se vean sensiblemente modificados los niveles sonoros de la zona afectada. Artículo 15. Requisitos mínimos que se deben cumplir en la elaboración de los mapas de ruido. 1. De conformidad con lo dispuesto en el Anexo I del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, los mapas estratégicos de ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental, deberán utilizar los siguientes índices y procedimientos de medidas de la contaminación acústica:

a) Se utilizarán como índices de valoración:

- 1. Lden. Indicador de ruido día-tarde-noche.
- 2. Ld . Indicador de ruido diurno.
- 3. Le . Indicador de ruido en periodo vespertino.
- 4. Ln . Indicador de ruido en periodo nocturno.

b) En el caso de realizar el mapa estratégico mediante mediciones, el procedimiento de ensayo para realizar las mediciones acústicas se llevará a cabo con arreglo a lo establecido en el Anexo IV del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental, así como con lo establecido en el Capítulo V del Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

c) Las representaciones gráficas de los indicadores de ruidos ambientales se realizarán a una cota relativa de 4 metros.

d) Para simplificar el sistema de medidas, podrán medirse los niveles sonoros a otros niveles, siempre por encima de 1,5 metros del suelo, realizando las correspondientes correcciones mediante procedimientos internos que establezcan las correlaciones entre ambas mediciones.

e) La aplicación informática para el cartografiado acústico en la realización de mapas de ruido se basará en los métodos de cálculo establecidos en el apartado 2, del Anexo II, del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre.

f) La simulación, en su caso, indicará el modelo de emisión y de propagación acústica empleado, y deberá ser compatible con el sistema básico de información sobre contaminación establecido en la disposición adicional única del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre.

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA

Por otra parte el D 6/2012, en el artículo 29 (*Tabla VIII. Valores límites de inmisión de ruido aplicables a nuevas infraestructuras de competencia autonómica o local (en dBA)*) el artículo 28 D 6/2012 establece unos valores límites para las **infraestructuras de nueva construcción**:

Tipo de área acústica	Índices de Ruido dBA		
	Ld	Le	Ln
Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial	60	60	50
Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial	70	70	30
Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos	68	68	58
Sectores del territorio con predominio de suelo de uso característico turístico o de otro suelo terciario no contemplado en el tipo c	65	65	55
Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera de especial protección contra contaminación acústica	55	55	45

Según lo establecido en la *Disposición transitoria segunda. Infraestructuras preexistentes de competencia autonómica o local* y el artículo 29.4 a efectos de este Reglamento se entiende por nueva infraestructura de transporte viario, ferroviario, aéreo o portuario de competencia autonómica o local:

a) *Aquellas cuya iniciación del correspondiente procedimiento de declaración de impacto ambiental o de otorgamiento de la autorización ambiental unificada se inicie con posterioridad a la entrada en vigor del Decreto que aprueba el presente Reglamento.*

b) *Las obras de modificación de una infraestructura preexistente sujetas a declaración de impacto ambiental o a autorización ambiental unificada, que supongan, al menos, la duplicación de la capacidad adjudicada a la infraestructura correspondiente, entendiéndose por tal:*

1.º *En el caso de un aeropuerto, cuando las obras de modificación del mismo pretendan duplicar el número máximo de operaciones por hora de aeronaves.*

2.º *En el caso de una carretera, cuando las obras de modificación permitan la duplicación de la máxima intensidad de vehículos que pueden pasar por ese tramo de carretera. La intensidad se expresará en vehículos por hora.*

3.º *En el caso de un puerto, cuando se duplique la superficie del suelo destinada al tráfico portuario.*

4.º *En el caso de una infraestructura ferroviaria, cuando la obra de modificación permita duplicar la capacidad de adjudicación de la infraestructura preexistente.*

c) *Las modificaciones sustanciales definidas en el artículo 19.11 de la Ley 7/2007, de 9 de julio, de las infraestructuras preexistentes.*

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA

En aplicación de la legislación medioambiental vigente en la Comunidad Autónoma de Andalucía, el informe ambiental del Estudio Informativo sobre el Proyecto “Red Metro de Málaga” es del marzo de 2003.

Por tanto, la infraestructura en estudio no constituye una nueva infraestructura. Sin embargo, desde la Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía, en los distintos ensayos realizados, se han venido aplicando de forma conservadora estos límites para la verificación de que los niveles sonoros generados por la infraestructura no contribuían al empeoramiento de la calidad acústica en su área de influencia.

Por tanto, siguiendo con esta línea conservadora, en los MER además de la comprobación de los OCA exigidos por la legislación se tendrán en cuenta además los límites para nuevas infraestructuras para definir zonas de conflicto que pudieran constituir una zona de actuación en los Planes de Acción.

2.2 Definición del escenario de modelización

A continuación, se exponen las fuentes de información y tratamiento de los elementos que componen el escenario de modelización:

2.2.1 Cartografía

Para la modelización de la definición geométrica de los elementos de modelización se ha analizado distintas alternativas, las cuales se exponen brevemente a continuación:

Para la definición geométrica de los elementos de modelización se ha utilizado el **Modelo digital del terreno con paso de malla de 5 m del Instituto Cartográfico Nacional**, la cual presenta una cobertura continua para todo el ámbito de estudio, teniendo una mejor definición y/o grado de actualización que las analizadas. Además, esta cartografía ha sido empleada exitosamente en gran parte de los Mapas estratégicos de ruido realizados en España.

Dicho modelo digital del terreno se ha obtenido por interpolación a partir de la clase terreno de vuelos LIDAR de la primera cobertura del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), a excepción de las hojas de Ceuta, Melilla e Isla de Alborán obtenidas por estereocorrelación automática de vuelos fotogramétricos PNOA con resolución de 25 a 50 cm/píxel, revisada e interpolada con líneas de ruptura donde fuera viable

La unidad de distribución y descarga es la hoja del MTN50 (Mapa Topográfico Nacional 1:50.000). Siendo necesarias para el estudio la hoja 1053.

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA

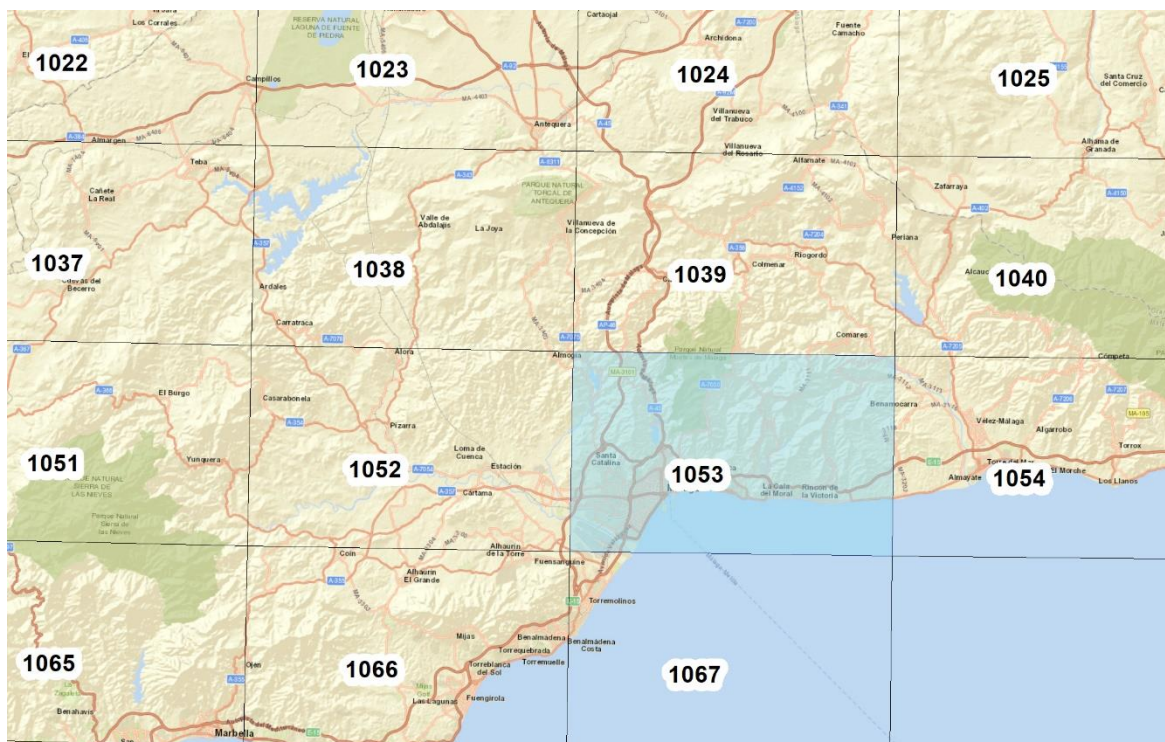


Figura 4. Hoja del MDT05 empleada en el ámbito de estudio. Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la hoja utilizada proviene de la interpolación a partir de la clase terreno de vuelos LIDAR de la primera cobertura del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA). La fecha de realización de los MDT para la zona de estudio es de 2014.

Como apoyo a esta cartografía se han utilizado las **Ortofotos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA)**, en su versión de máxima actualidad.

El grado de actualización tanto de las ortofotos como del MDT05 ha permitido que no sea necesario utilizar ninguna otra fuente cartográfica.

2.2.1.1 Tratamiento para la obtención del MDT

Para la obtención del MDT que se importará al programa de cálculo se ha realizado las siguientes operaciones mediante herramientas GIS:

- Extracción de las curvas de nivel de MDT

Mediante la herramienta contour de ArcGIS se realiza la extracción en una banda de 100 m a ambos lados del eje de estudio de un curvado de 1 m.

Con esta banda quedan definidos taludes, desmontes, entradas a túneles y obstáculos significativos en el entorno de las vías.

Para el resto de modelo se extraen las curvas cada 5 metros.

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA



Figura 5. Ejemplo de curvas de nivel en la L1 de metro de Málaga. Fuente: Elaboración propia.

- Revisión del MDT y corrección de errores

Una vez obtenidas las curvas para toda el área de estudio se procede a la eliminación de errores. Estos errores se producen principalmente en la zona pasos superiores y entrada a túneles.

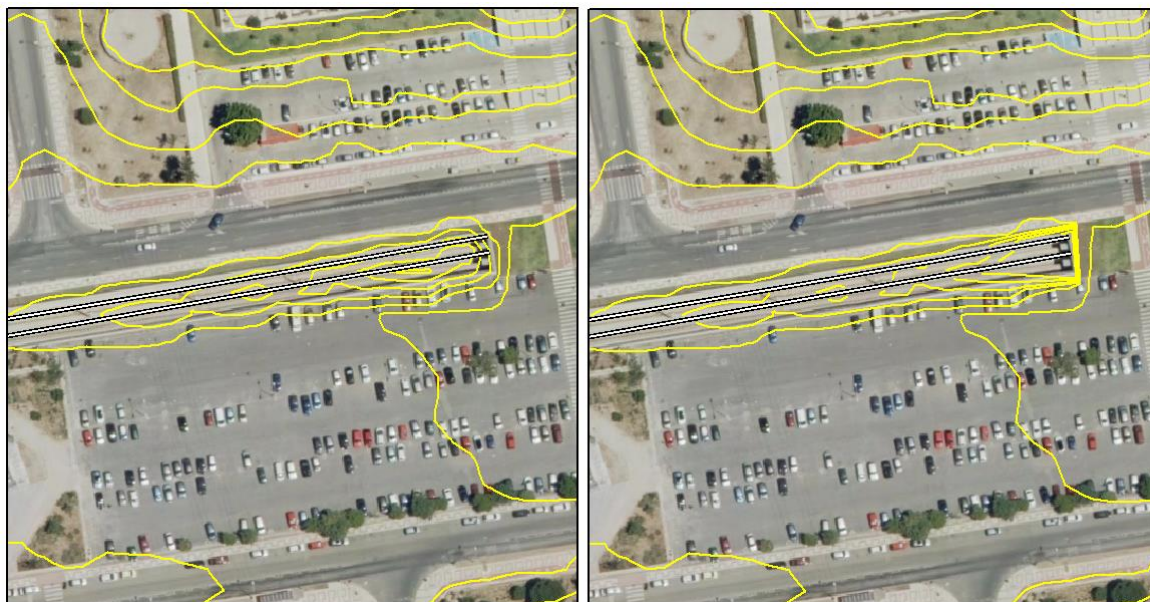


Figura 6. Corrección de entrada a túnel en el MDT. Fuente: Elaboración propia.

2.2.2 Definición del eje de la infraestructura

2.2.2.1 Tratamiento para la obtención del eje

Se han utilizado dos ejes, uno para cada sentido de circulación.

Para ambos ejes se ha optado, en todos las UMEs por la digitalización de los mismos con base en las ortofotos del PNOA.

Una vez digitalizado mediante herramientas GIS se ha obtenido un nuevo eje 3D tomando la cota del MDT05. Una vez obtenido el eje en 3D se corrigen aquellos casos donde el eje donde no se ajusta a la cota real del trazado.

Se trata principalmente de errores en la entrada y salida de túnel:

- Zonas de entrada y salida de túnel.

En el siguiente ejemplo se muestra en la imagen un error a la salida del túnel en el que las cotas deberían ser ascendentes y se aprecia una cota mayor al inicio del eje que baja para después seguir la tendencia ascendente correcta. Esta corrección se debe realizar teniendo en cuenta las modificaciones que se han realizado en las curvas de nivel para rectificar el modelado de la entrada al túnel, y ambas modificaciones encajar perfectamente en el resultado final.

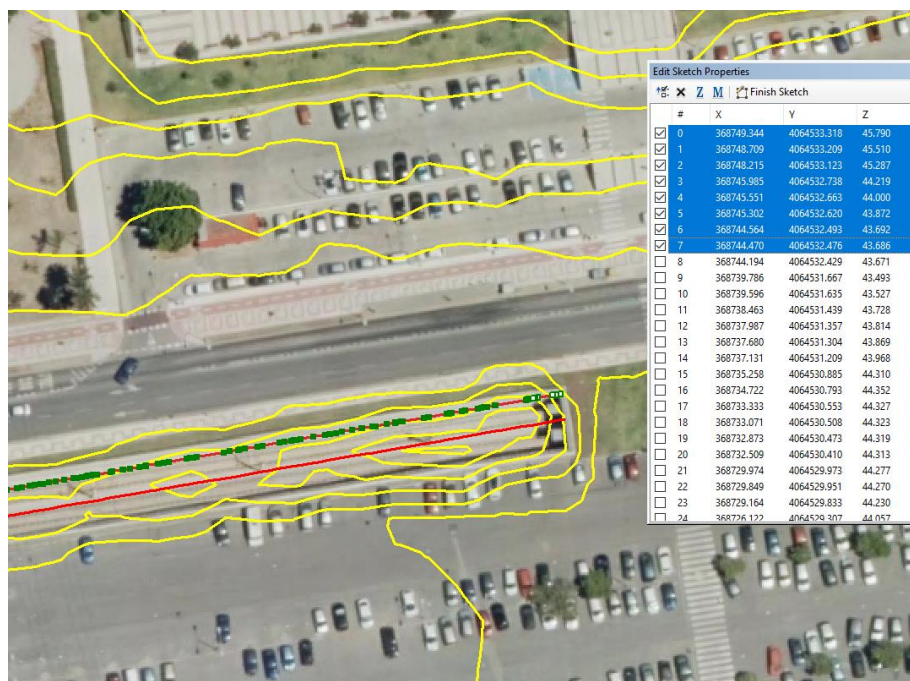


Figura 7. Error en zona de túnel. Fuente: Elaboración propia

Por último, hay que indicar que será en la capa de los ejes de modelización donde se definen los parámetros correspondientes a tráfico, velocidades máximas, tipo de vía, conexiones...

2.2.2.2 Definición de las plataformas.

Para efectuar la definición de las plataformas, se ha partido de los ejes previamente tratados, según la metodología anterior. A estos ejes se les traza unas paralelas en 3D a una distancia de 0.9 metros.

Estas paralelas se obtienen para todo el ferrocarril.



Figura 8. Las líneas azules marcan las plataformas trazadas. Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, una vez obtenida la delimitación de la plataforma, se elimina toda la información altimétrica del MDT, creado previamente, que quede en el interior de esta plataforma. Para ello se crea un polígono 10 cm más ancho que la propia plataforma.

Las líneas de la plataforma han sido introducidas en el programa de simulación como "countorlines", al igual las curvas de nivel que forman parte del modelo del terreno, descritas en el apartado de preparación de la cartografía.

2.2.3 Edificios

2.2.3.1 Datos de partida

Para la elaboración de la capa edificio y la asignación de población a estos se partirá de la información procedente de:

- **Dirección General de Catastro**
 - Cartografía catastral en formato shapefile.

La cartografía catastral que puede descargarse de la Sede Electrónica del Catastro y está constituida por un conjunto de capas y de tablas.

Entre todas las capas disponibles la que ha sido utilizada para obtener la capa edificios ha sido la capa CONSTRU, tanto urbana como rural.

- Información alfanumérica en formato CAT

Para cada municipio se obtiene la Información alfanumérica de las fincas, exceptuando la titularidad catastral, DNI/CIF, domicilio y valor catastral (datos protegidos). Disponible tanto para fincas rurales como urbanas.

En concreto se utiliza la siguiente información relativa al uso y a la antigüedad.

- **Instituto Nacional de Estadística.**

- Datos del padrón de 2021 por secciones censales.
- Capas shapefile de secciones censales de 2021.

- **Centro nacional de Información Geográfica.**

- Ortofotos del PNOA (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea).

- **Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía.**

- Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA), se ha utilizado principalmente la información geográfica alusiva a diferentes servicios y equipamientos (salud, educación, deportes, bibliotecas, ayuntamientos, juzgados, centros comerciales, seguridad, etc) ubicados en la Comunidad Autónoma de Andalucía.

2.2.3.2 *Obtención de la capa edificios*

Se utiliza el shapefile poligonal "CONSTRU" de la Dirección General de Catastro como base para obtener la capa edificios. Estos se obtienen por municipio.

A estas capas ha sido necesario realizarle una serie de tratamientos para la asignación de los atributos que deben obtenerse para cada edificio, como son la altura, el uso, viviendas y población.

La unidad mínima final utilizada capa es **referencia catastral**, la cual se identifica mediante un código unívoco.

No obstante, cada edificación aislada (que no comparta ninguna fachada con otra) es considerada como un registro independiente. Ejemplo:

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA



Figura 9. Edificaciones pertenecientes a una misma referencia catastral pero que al tener una medianera común se han considerado edificaciones independientes. Fuente: Elaboración propia

A continuación, se describen los pasos más importantes para su tratamiento:

2.2.3.2.1 Depuración de la capa "CONSTRU"

La capa facilitada por catastro contiene un campo donde se detalla el número de plantas en número romanos y además incluye la identificación de aquellos polígonos que no son edificios (patios, zonas deportivas...)

Se eliminan estos registros y se coteja, mediante superposición con las ortofotos, que las zonas deportivas, suelos sin edificar, piscinas, o los patios de mayor entidad han sido eliminados.



Figura 10. A la derecha la capa CONSTRU tal como se descarga de catastro y a la izquierda con el filtro realizado. Fuente: Elaboración propia

Además, se realiza una revisión para digitalizar todas aquellas construcciones que no se encuentran recogidas en catastro, especialmente en las zonas cercanas a la infraestructura en estudio.

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA

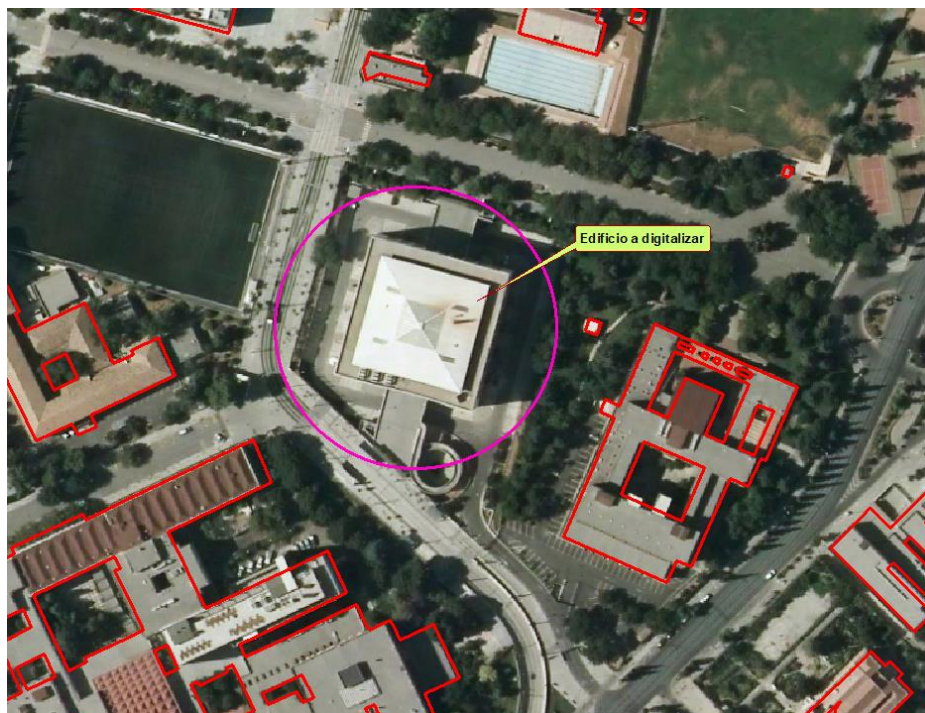


Figura 11. Ejemplo de edificación no contemplada en catastro. Fuente: Elaboración propia

2.2.3.2.2 Asignación preliminar de alturas

Una vez se han obtenido las edificaciones, se realiza una serie de tratamientos en GIS tras los cuales se obtiene un polígono por cada referencia catastral. En ocasiones una misma referencia catastral contiene varias edificaciones independientes con diferentes alturas, por lo que en esos casos concretos si tendremos más de un polígono con igual nombre. Debemos asignar un nombre único para cada edificación final independiente.

Cada referencia catastral inicial también contiene información sobre el número de plantas, pero debido a la posible morfología irregular de la construcción puede tener diferentes alturas, al fusionar los polígonos y obtener un sólo polígono por edificación debemos asignar un único número de plantas, que será el que mayor superficie ocupe dentro de dicha edificación, el valor que predomine.

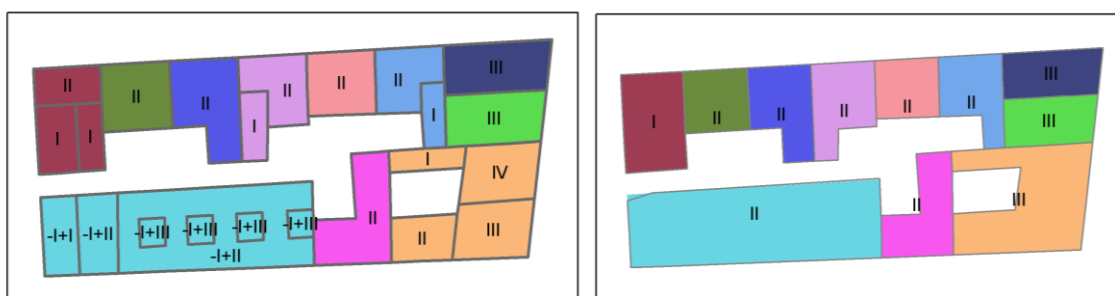


Figura 12. Imagen que muestra la simplificación realizada que consiste básicamente en tomar como unidad mínima la parcela catastral, es decir se agruparan todas las construcciones que correspondan a una misma parcela catastral. Fuente: Elaboración propia

El número de plantas viene codificado con una serie de números romanos y letras, que deben ser convertidos a valores numéricos, para poder trabajarlos y sacar de ellos las alturas en metros que necesitamos para los cálculos.

Mediante vínculos y tratamiento en GIS conseguimos finalmente una capa de edificios con un identificador único para cada uno y un número de plantas predominante asignado.

2.2.3.2.3 Asignación preliminar de usos

Para la asignación de usos se ha utilizado la información alfanumérica descargada de catastro (fichero CAT) que permite obtener los usos existentes para cada referencia catastral.

Para cada referencia catastral se recoge:

- Uso predominante en la referencia catastral atendiendo al número de registro para cada uso distinto
- Uso que se considere más restrictivo.

De manera general como uso la referencia catastral se asigna el predominante, pero se realiza una revisión para que ningún uso sensible como pueden ser colegios, hospitales queden sin identificar. Se revisan aquellas referencias catastrales donde el uso predominante no coincide con el uso más restrictivo

2.2.3.2.4 Revisión de usos y alturas

Una vez se han asignado las altura y uso a cada edificio se ha revisado mediante las ortofotos y visores que estas alturas son coherentes con la realidad y se han corregido aquellos casos donde la agrupación de polígonos y asignación de número de plantas predominante haya podido generar errores relevantes para la asignación de alturas o usos. Estas revisiones tienen especial importancia en las inmediaciones de la vía.

Esto se coteja mediante comprobación mediante ortofotos, cruzándola con el resto de información disponible como es la capa de servicios del DERA y mediante visores web.

Esto es muy importante ya que dentro de una misma referencia catastral pueden existir edificaciones con diferentes usos. Un error muy frecuente es una referencia catastral con una edificación principal de uso "residencial" y una edificación secundaria menor con uso "otros".

A continuación, se muestra un ejemplo en el que, en una referencia catastral, que contiene varias edificaciones con varias altura y distinto uso, de manera preliminar se le había asociado 1 planta y el mismo uso a todo, cuando en realidad hay que diferenciar tres edificaciones distintas debido a que presentan diferente alturas y distinto uso:

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA



Figura 13. Arriba a la izquierda el edificio identificado con error en la asignación de plantas en rojo y en verde una vez ya corregido y a la izquierda se muestra la foto de StreetView donde se comprueba dicho error. Fuente: Elaboración propia.



Figura 14. Ejemplo de corrección de uso preliminar mal asignado Fuente: Elaboración propia

2.2.3.2.5 Simplificación de la geometría y creación de plataformas

Antes de importar la capa edificios a Cadna se realizan dos operaciones:

- Simplificación de la geometría de edificios,

Mediante la herramienta "simplify line or polygon", disminuyendo el número de vértices de las fachadas, asegurando la asignación de evaluadores de ruido.

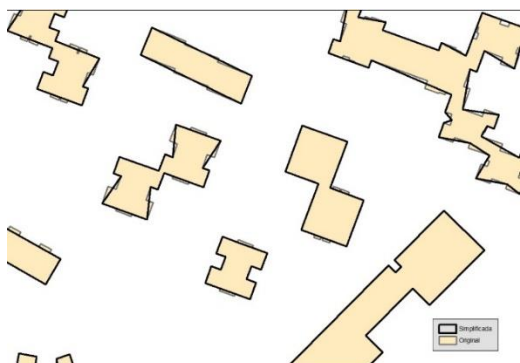


Figura 15. Ejemplo de simplificación. Fuente: Elaboración

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA

- Determinación de las plataformas sobre las que se asientan los edificios,

Para evitar que los edificios queden enterrados se calcula para cada edificio una plataforma sobre la que asentarlos.

Para ello en primer lugar se elimina toda la información altimétrica que queda bajo ellos (ya que en ocasiones presenta errores) y posteriormente mediante la herramienta Zonal estadistic se calcula la media de las cotas de los bordes de estos.

2.2.3.3 Metodología para la asignación del número de viviendas y población a la capa de edificios

2.2.3.3.1 Datos de partida

- Población

Los últimos datos de población disponibles en el INE son los correspondientes al padrón de 2021.

- Viviendas

Datos proporcionados por catastro referente al uso de los edificios. Esta información se encuentra en el fichero "CAT" que es el que contiene la información alfanumérica.

Mediante una serie de consultas Access es posible obtener el número de viviendas para cada referencia catastral, ya que cada referencia catastral muestra un registro para cada uso distinto. Sumando el número de usos residenciales que existen en una referencia catastral se obtiene el número de viviendas.

2.2.3.3.2 Asignación de número de viviendas y de población a cada edificio.

- Viviendas

Para asignar el número de viviendas de cada referencia catastral a cada edificio se ha repartido el número de viviendas de cada referencia catastral entre los edificios residenciales que la conforman atendiendo a la superficie de cada edificio (m^2 en planta * número de plantas).



Figura 16. Ejemplo de asignación de viviendas a cada edificio. Fuente: Elaboración

En el caso de aquellas edificaciones que no se encontraban recogidas en catastro, para la asignación de viviendas al edificio se ha hecho uso del dato de superficie construida. Para cada

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA

sección se obtiene un dato medio de m² /vivienda. La superficie del nuevo edificio se divide por este dato y se obtiene el número de viviendas.

- Población

La asignación de población se realiza atendiendo al número de viviendas asignadas a cada edificio.

El procedimiento es el siguiente:

Para cada sección se calcula el número medio de habitantes por vivienda, dividiendo la población de cada sección por el número total de viviendas de la sección.

El dato final de población para cada edificio se obtiene de multiplicar el número de viviendas de este por el número medio de habitantes por vivienda de la sección a la que pertenezca el edificio.

En el ejemplo anterior, la sección presenta una población de 1956 personas y 790 viviendas (suma de las viviendas de todas las referencias catastrales que conforman la sección), por lo que el número medio de habitantes por vivienda será de 2,47 persona/vivienda.

A continuación, se muestra que población asignada a cada edificio considerado:



Figura 17. Ejemplo de asignación de población a cada edificio. Fuente: Elaboración propia.

2.2.4 Túneles y Viaductos

2.2.4.1 Viaductos

No se localiza ningún viaducto en el ámbito de estudio.

2.2.4.2 Túneles

Actualmente, no existe ninguna norma de cálculo que tenga en cuenta el cálculo de túneles. Esto es un hecho muy importante a tener en cuenta.

Si bien existe una "Technical note" de Datakustic, realmente es un estudio de investigación que se hizo en su momento, para explicar el problema y dar un procedimiento que pudiera ser una

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA

solución. Este trabajo se hizo en 2008, y se tuvieron en cuenta ciertas normas con sus correspondientes factores de corrección.

En este trabajo, sólo se consideró el caso de las carreteras y, aunque es también usable para el caso de ferrocarriles, no existen factores de corrección en ese caso (la obtención de factores de corrección conlleva realizar medidas específicas).

En el caso de las salidas de túnel implica tener una incertidumbre mucho mayor que en el caso de no tenerlas en cuenta.

Por tanto, dada la escala de un mapa estratégico estos han sido identificados en planta, pero no se simularán sus efectos.

2.2.5 Obstáculos

No se han detectado obstáculos adicionales a los que pueda presentar el propio MDT utilizado.

2.3 Configuración de los cálculos acústicos

2.3.1 Modelo de cálculo

El programa informático empleado para la modelización acústica es el software CADNA-A versión 2022, de la firma alemana Datakustik GmbH. Este programa es un referente en la modelización acústica y ha sido validado a nivel europeo ("Guías para el cálculo y medida del ruido de transporte ferroviario 1996") por el Ministerio de Vivienda, Planificación Territorial, 20 de noviembre 1996, recomendado por la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre evaluación y gestión del ruido ambiental en su *Anexo II* y por el *Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental*.

Se aplica lo dispuesto en la Orden PCI/1319/2018 utilizando la metodología CNOSSOS-EU como método de cálculo para infraestructuras ferroviarias.

Para caracterizar el foco emisor se definirán los parámetros relativos tanto al material rodante (modelo, composición, velocidad, etcétera) como los parámetros relativos a la vía (superestructura, traviesas...). Finalmente, se indicarán el número de operaciones que se realizan en un día tipo, para los distintos escenarios de cálculo, así como el periodo horario en el que éstas tienen lugar.

Respecto al material rodante, los parámetros que definen la potencia sonora son:

- Tipo de vehículo.
- Número (real) de ejes.
- Tipo de frenado.
- Elementos reductores del Ruido en las ruedas.

En lo relativo a las vías y estructura portante, los elementos más importantes a definir son:

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA

- La rugosidad del carril – ISO 3095.
- La rigidez de la placa de asiento del carril.
- Medidas reductoras del ruido.
- La base de la vía.
- Las juntas de los carriles.
- Radio de curvatura de la vía.

La potencia sonora generada al paso de un tren sobre la vía ($L_{W,0}$) es representada mediante 2 fuentes lineales ubicadas en el centro de la vía a distinta altura relativa a la cabeza de carril, en concreto, una fuente estará ubicada a 0,5 m ($h=1$) y otra a 4 m ($h=2$).

El nivel de potencia sonora debido a todos los vehículos (tráfico mixto) que circulan por cada tramo de vía se definen por la siguiente expresión:

$$L_{W',eq,T,dir,i} = 10 \cdot \lg \left(\sum_{x=1}^X 10^{L_{W',eq,line,x}/10} \right)$$

donde,

Tref es el período de tiempo de referencia para el que se considera el tráfico promedio.

x es el número total de combinaciones existentes de i, t, s, c, p para cada tramo de la vía j, siendo:

- i cada banda de frecuencia.
- t es el índice para los tipos de vehículos.
- s es el índice para la velocidad del tren. Tanto como velocidades medias.
- c condiciones de circulación. 1 velocidad cte, 2 (ralentí).
- p para cada tipo de fuente. 1 (rodadura y de impacto), 2 (chirrido en curvas), 3 (tracción), 4 (aerodinámico), 5 (otros efectos).

$L_{W',eq,line,x}$ es el Nivel de potencia sonora direccional x por metro para una fuente lineal de una combinación de t, s, r, p en cada tramo de la vía j.

Para vehículos a velocidad constante ($c=1$), con una velocidad de circulación por hora Q, y velocidad media v, la potencia sonora direccional

por metro será:

$$L_{W',eq,line,i}(\psi,\varphi) = L_{W,0,dir,i}(\psi,\varphi) + 10 \times \lg \left(\frac{Q}{1\,000v} \right)$$

donde,

Q es el número de vehículos por hora en el tramo de vía j, para el tipo de vehículo t, con una velocidad media del tren s.

v es la velocidad en el tramo de la vía j para el tipo de vehículo t y con una velocidad media del tren s.

$L_{W,0,dir}$ es el nivel de potencia sonora direccional del ruido específico de un único vehículo en las direcciones ψ , ϕ definidas con respecto a la dirección en que se mueve el vehículo.

Para el caso de fuente estacionaria, $c = 2$, donde el tren permanece un tiempo T_{idle} en una ubicación dentro de un tramo de vía de longitud L, siendo T_{ref} el período de referencia de evaluación:

$$L_{W',eq,line,i}(\psi,\phi) = L_{W,0,dir,i}(\psi,\phi) + 10 \times \lg\left(\frac{T_{idle}}{T_{ref}L}\right)$$

En general el nivel de potencia sonora direccional se obtiene de cada fuente específica como:

$$L_{W,0,dir,i}(\psi,\phi) = L_{W,0,i} + \Delta L_{W,dir,vert,i} + \Delta L_{W,dir,hor,i}$$

donde,

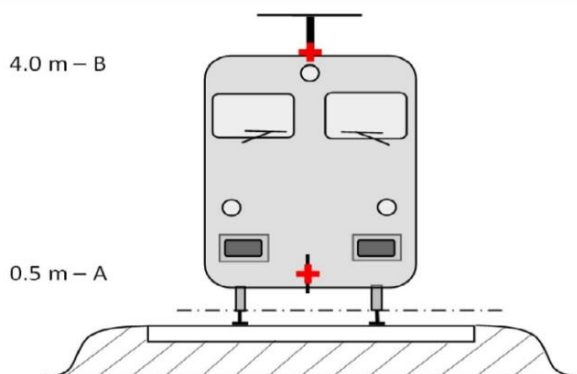
$\Delta L_{W,dir,vert,i}$ es la función de la corrección por directividad vertical (adimensional) de ψ .

$\Delta L_{W,dir,hor,i}$ es la función de la corrección por directividad horizontal (adimensional) de ϕ .

$L_{W,0,dir,i}(\psi, \phi)$ después de hallarse en bandas de 1/3 de octava se deberá expresar en octava.

Cada una de estas fuentes lineales tienen asociadas distintos fenómenos físicos según el tipo de material rodante:

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA



Alturas relativas de la emisión sonora en un tren. Punto A 0,5 m – h=1. Punto B 4 m – h=2. Fuente: Orden PCI/1319/2018

1.- Ruido de rodadura: Es originado por la rugosidad rueda-carril, el cual es transmitido a través de ambos elementos y de la superestructura. Este ruido se asocia la fuente A.

El nivel de rugosidad suele obtenerse como una longitud de onda λ , y deberá convertirse en una frecuencia mediante la expresión $f=v/\lambda$:

$$L_r = 10 \times \lg \left(\frac{r}{r_0} \right)^2 \text{ dB}$$

donde,

r₀ es 1µm.

r es la r.m.s. de la diferencia del desplazamiento vertical de la superficie de contacto con respecto al nivel medio.

El nivel de rugosidad del carril para la banda de longitud de onda i se define como $L_{r,TR,i}$ y para la rueda como $L_{r,VEH,i}$. El nivel total $L_{R,TOT,i}$, será la suma energética de ambos más el filtro de contacto $A_3(\lambda)$, y se define como:

$$L_{R,TOT,i} = 10 \cdot \lg(10^{L_{r,TR,i}/10} + 10^{L_{r,VEH,i}/10}) + A_{3,i}$$

donde se expresa como una función de la banda del número de onda i correspondiente a la longitud de onda λ .

El filtro de contacto depende del tipo de carril, rueda y de la carga.

El nivel de potencia sonora por vehículo se calcula como el $L_{R,TOT,i}$ (en función de la velocidad v del vehículo), las funciones de transferencia de la vía, vehículo e infraestructura $L_{H,TR,i}$, $L_{H,VEH,i}$ y $L_{H,VEH,SUP,i}$ y el número de ejes N_a (para $h=1$):

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA

$$L_{W,0,TR,i} = L_{R,TOT,i} + L_{H,TR,i} + 10 \times \lg(N_a)$$

$$L_{W,0,VEH,i} = L_{R,TOT,i} + L_{H,VEH,i} + 10 \times \lg(N_a)$$

$$L_{W,0,VEHSUP,i} = L_{R,TOT,i} + L_{H,VEHSUP,i} + 10 \times \lg(N_a)$$

donde N_a es el número de ejes por vehículo para el tipo de vehículo t .

2.- Ruido de tracción: Este fenómeno puede suponer un aporte energético en ambas fuentes (A o B), dependiendo de la tipología de tren. Las transmisiones y los motores eléctricos se asociarán a la fuente A, el sistema de escape en vehículos diésel se asocia a la fuente B, otras fuentes de tracción como los ventiladores o los bloques motor diésel pueden estar en la fuente A o B. Si la altura de la fuente se encuentra entre A y B, la energía se distribuirá proporcionalmente sobre ambas.

3.- Ruido aerodinámico: Se asocia parte a la fuente A, en lo relativo a las cubiertas y las pantallas y en la fuente B, en lo relacionado con los aparatos de techo y pantógrafo.

Se debe verificar si es necesario tener esta fuente de emisión a velocidades por encima de los 200 km/h, observando con el ruido de rodadura a dichas velocidades. En velocidades de hasta 250 km/h puede no ser un foco a tener en cuenta, dependiendo del diseño del vehículo.

En nivel de ruido aerodinámico está íntimamente relacionado con la velocidad, según las siguientes expresiones:

$$L_{W,0,i} = L_{W,0,1,i}(v_0) + \alpha_{1,i} \times \lg\left(\frac{v}{v_0}\right) \quad \text{dB} \quad \text{Para } h = 1$$

$$L_{W,0,i} = L_{W,0,2,i}(v_0) + \alpha_{2,i} \times \lg\left(\frac{v}{v_0}\right) \quad \text{dB} \quad \text{Para } h = 2$$

donde,

- v_0 es la velocidad a la que el ruido aerodinámico es dominante, 300 km/h.
- $L_{W,0,1,i}$ es el nivel de potencia sonora de referencia para $h=1$, determinada por dos o más puntos de medida, para una altura de fuente conocida, por ejemplo, el primer bogie.
- $L_{W,0,2,i}$ es el nivel de potencia sonora de referencia para $h=2$, determinada por dos o más puntos de medida, para una altura de fuente conocida, por ejemplo, el contacto del pantógrafo.
- $\alpha_{1,i}$ y $\alpha_{2,i}$ son los coeficientes para $h=1$ y $h=2$, determinada por dos o más puntos de medida, para una altura de fuente conocida (bogie o pantógrafo, respectivamente).

4.- Ruido de impacto: Generado en cruces, cambios y juntas y asociado a la fuente A. Puede ser predominante respecto al ruido de rodadura. No se considera en tramos de vía con una velocidad inferior a 50 km/h.

El ruido de impacto se incluye en el ruido de rodadura (suma energética) cuando se considera pertinente. El nivel de ruido de impacto dependerá de la gravedad y del número de impactos por unidad de longitud, según la siguiente expresión:

$$L_{R,IMPACT,i} = L_{R,IMPACT-SINGLE,i} + 10 \times \lg\left(\frac{n_i}{0,01}\right)$$

donde,

$L_{R,IMPACT-SINGLE,i}$ es el nivel de rugosidad del impacto para un único impacto y n_i es el número de uniones por unidad de longitud.

El nivel de rugosidad del impacto de referencia $n_i = 0,01 \text{ m}^{-1}$, que es una unión por cada 100 m de vía.

Como valor por defecto se utilizará $n_i = 0,01 \text{ m}^{-1}$.

5.- Chirridos: Se relaciona con la curvatura de la vía y se asocia a la fuente A.

Se determina para curvas con un radio $\leq 500 \text{ m}$. De manera simplificada se puede considerar el ruido de los chirridos del siguiente modo:

Radio de curvatura (R)	Incremento de nivel (dB)
$300 \text{ m} < R \leq 500 \text{ m}$	5
$R \leq 300 \text{ m}$	8

Fuente: PCI/1319/2018

La contribución del chirrido se aplicará a los tramos de vías en los radios mencionados al menos durante 50 m de longitud de la vía.

Otros efectos pueden ser correcciones asociadas a radiaciones por estructuras como puentes y viaductos en los cuales es necesario tener en cuenta el ruido adicional generado por la vibración de dichas estructuras por la excitación ocasionada por el evento del paso del tren. Este incremento se modelizará incorporando un aumento fijo de la potencia sonora para cada banda de tercio de octava.

2.3.2 Caracterización de la fuente de estudio

La caracterización acústica del ruido ferroviario generado por las líneas en estudio se ha basado en una selección de los valores que ofrece el método por defecto para estos parámetros.

La siguiente tabla recoge los parámetros asociados a los vehículos en el modelo de simulación acústica, destacando que no se ha considerado ninguna medida antirruído en el modelo de predicción:

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA

Parámetro	Valor	Observaciones
Modelo material móvil	---	Se trata de unidades móviles del modelo URBOS III de CAF, dotado con el sistema ACR.
Velocidad máxima	35 – 50 km/h	La velocidad oscila según tramo recorrido (ver imagen adjunta)
Nº Ref. Ejes	6	No existen ejes como tales. Las unidades formadas por composiciones de 5 coches disponen de 3 bogies por UT en C1, C2 y R, por lo que dispone de 2 bogies motor y 1 bogie remolque.-
Ruido de tracción – Motor	Unidad Múltiple eléctrica	
Rugosidad de la rueda	Freno de Disco	
Filtro de contacto	Carga por rueda 50 kN – diámetro de rueda 680 mm	Se utiliza el valor más próximo al diámetro real de ruedas (590 mm).
Función de Transferencia de la rueda	Diámetro de Rueda 680 mm	Se utiliza el valor más próximo al diámetro real de ruedas (590 mm).
Medida de la rueda	n sin medida	-
Ruido aerodinámico	No	No se consideran valores de ruido aerodinámico en sistemas que con velocidades inferiores a 200 km/h.
Rugosidad de la vía	Normalmente mantenido y liso	-
Función de transferencia de la vía	Traviesa monobloque sobre almohadilla de carril suave. Se ha considerado Vía enlosada	Bloques Edilon en tramo de túnel y de rail embebido con enchaquetado aislante en el tramo superficie..
Ruido de impacto	No aplica	Existe un desvío para la maniobra de cabecera en A.Tech , para pasar de vía 2 a vía 1, al salir de esta parada con sentido Paraninfo. Se trata de desvíos R25 tg 1:4, que implica una velocidad de paso reducida, del orden de 15 km/h. Por tanto dada la velocidad reducida, tal como se aconseja en el método no se ha tenido en cuenta
Chirrido	No aplica	Hay una única curva, de radio aprox. 300m, entre las paradas Universidad y Clínico. Hasta la fecha, los equipos embarcados de lubricación de pestaña son suficientes para que de manera general no se aprecien chirridos
Corrección de la radiación estructural	No aplica	Dada la inexistencia de puentes o viaductos no es de aplicación la corrección de la radiación estructural.

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA

Frecuencia

Con base en los horarios y frecuencias de paso facilitadas por la concesionaria y que se expone a continuación se ha estimado una frecuencia medida de vehículos. Esta frecuencia se mantiene para el año en curso (2022) sin cambios.

SERVICIO REGULAR INVIERNO (2020)				
Día	Servicio	Horario	Intervalo	UTs
L-J (Enero-Mayo y Octubre - Diciembre)	S1	6:30 - 7:45	10	6
		7:45 - 09:45	6	10
		9:45 - 13:00	7.5	8
		13:00 - 15:00	6	10
		15:00 - 20:30	7.5	8
V (Enero-Mayo y Octubre - Diciembre)	S2	20:30 - 23:00	10	6
		6:30 - 7:45	10	6
		7:45 - 09:45	6	10
		9:45 - 13:00	7.5	8
		13:00 - 15:00	6	10
S	S3	15:00 - 20:30	7.5	8
		20:30 - 22:00	10	6
		22:00 - 23:00	12	5
		23:00 - 01:30	15	4
		7:00 - 22:00	10	6
D y F	S4	22:00 - 23:00	12	5
		23:00 - 01:30	15	4
		7:00 - 23:00	10	6

SERVICIO REGULAR VERANO 1 (2020)				
Día	Servicio	Horario	Intervalo	UTs
Verano L-J (Junio y Septiembre)	S11	6:30 - 7:45	10	6
		7:45 - 09:45	6	10
		9:45 - 20:30	7.5	8
		20:30 - 23:00	10	6
Verano V (Junio y Septiembre)	S12	6:30 - 7:45	10	6
		7:45 - 09:45	6	10
		9:45 - 20:30	7.5	8
		20:30 - 22:00	10	6
		22:00 - 23:00	12	5
S	S3	23:00 - 01:30	15	4
		7:00 - 22:00	10	6
		22:00 - 23:00	12	5
D y F	S4	23:00 - 01:30	15	4
		7:00 - 23:00	10	6

SERVICIO REGULAR VERANO 2 (2020)				
Día	Servicio	Horario	Intervalo	UTs
Verano L-J (Julio y Agosto)	S21	6:30 - 7:45	10	6
		7:45 - 20:30	7.5	8
		20:30 - 23:00	10	6
Verano V (Julio y Agosto)	S22	6:30 - 7:45	10	6
		7:45 - 20:30	7.5	8
		20:30 - 22:00	10	6
		22:00 - 23:00	12	5
S	S3	23:00 - 01:30	15	4
		7:00 - 22:00	10	6
		22:00 - 23:00	12	5
D y F	S4	23:00 - 01:30	15	4
		7:00 - 23:00	10	6

Figura 18. Frecuencia de paso. Fuente: Metro de Málaga

A continuación, se expone la frecuencia utilizada en el modelo de cálculo (para cada sentido de circulación):

Periodo	Línea 1 Metro Málaga
Día	94
Tarde	26
Noche	4

Tabla 2. Frecuencias introducidas en el modelo de cálculo para cada sentido. Fuente: Elaboración propia.

Velocidades

Se ha tomado la velocidad máxima , 50 km/h, en todo el tramo a excepción de los tramos de andén, donde la velocidad máxima es de 35 km/h.

2.3.3 Parámetros del cálculo acústico

El presente apartado describe las condiciones de los elementos que son objeto de modelización, y se fijan las condiciones que influyen en la propagación del sonido en exteriores a la hora de efectuar los cálculos acústicos en el software.

Finalmente se detallan aspectos de la configuración que son específicos del tipo de cálculo a realizar: mapas de niveles sonoros (isófonas) o de niveles en receptores en fachadas (exposición).

Características acústicas de los elementos objeto de modelización

- Líneas topográficas: se considerarán todas las líneas de terreno como elementos difractantes.
- Se ha considerado el terreno base como absorbente ($G=1,00$), y se han utilizado unos polígonos de zonas de absorción reflectantes ($G=0,00$), correspondientes a las delimitaciones de las zonas urbanizadas.
- Edificios: se han considerados totalmente reflectantes.

Condiciones que afectan a la propagación del sonido en exteriores

- Distancia mínima de propagación del sonido desde el foco: se ha considerado una distancia de 2.000 m.
- Orden de reflexión, se ha considerado un orden de reflexión igual a 1.
- Condiciones de propagación: Siguiendo las recomendaciones del grupo de trabajo europeo WG-AEN, se han considerado los siguientes porcentajes de ocurrencia de condiciones favorables a la propagación del ruido:
 - Periodo día: 50%
 - Periodo tarde: 75%
 - Periodo noche: 100%

Condiciones específicas asociadas al tipo de cálculo

- Tamaño de la malla de cálculo en los mapas de niveles sonoros (isófonas): se han realizado todos los cálculos para la definición del mapa de isófonas con un tamaño de malla de 10 x 10 m.
- Ubicación de los receptores en los mapas de niveles en receptores en fachadas de edificios: Cada receptor se ha localizado lo más próximo posible a la fachada, considerando un máximo de separación de 0,05 metros.
- Altura de los receptores: 4 m respecto del suelo.
- Se ha considerado una separación máxima en la fachada entre receptores (interdistancia) de 5 metros.

2.4 Procedimiento de obtención de los mapas

2.4.1 Mapas de niveles sonoros

En el programa de propagación de ruido se ha calculado el mapa de niveles sonoros a partir del modelo de datos introducido y de los parámetros descritos con una malla 10*10 m de receptores a 4 m.

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA

Se han generado los mapas de niveles sonoros de todas las unidades de mapa incluidas en el Estudio, con los indicadores y los intervalos siguientes:

- Mapa de niveles sonoros de Lden en dB, con la representación de líneas isófonas que delimitan los siguientes rangos: 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75.
- Mapa de niveles sonoros de Ln en dB, con la representación de líneas isófonas que delimitan los siguientes rangos: 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70.
- Mapa de niveles sonoros de Ldía en dB, con la representación de líneas isófonas que delimitan los siguientes rangos: 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75.
- Mapa de niveles sonoros de Le en dB, con la representación de líneas isófonas que delimitan los siguientes rangos: 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75.

2.4.2 Mapas de zonas de afección

Para la obtención de los datos de vivienda y población en los mapas de afección se ha considerado el nivel más desfavorable para cada edificio.

Para ello se ha intersectado la isófona Lden con la capa de edificios. La población y las viviendas de cada edificio se han asignado a la isófona más desfavorable que intersecta con este.

En la siguiente figura la edificación señalada en rojo se encuentra afectada por las tres isófonas. En este caso se asigna al rango ">75" toda la población y viviendas del edificio.

El mismo criterio se sigue en el caso de los edificios sensibles.



Figura 19. Ejemplo de asignación de un edificio al rango de afección. Fuente: Elaboración propia

2.4.3 Mapas de Zonificación acústica

Recoge la zonificación acústica aprobada en el municipio de Málaga.

Se ha obtenido en formato pdf, por lo que la información ha sido digitalizada para la incorporación al estudio.

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA

Las áreas acústicas definidas corresponden a las definidas en la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, por lo que se integran en el estudio sin necesidad de adaptación.

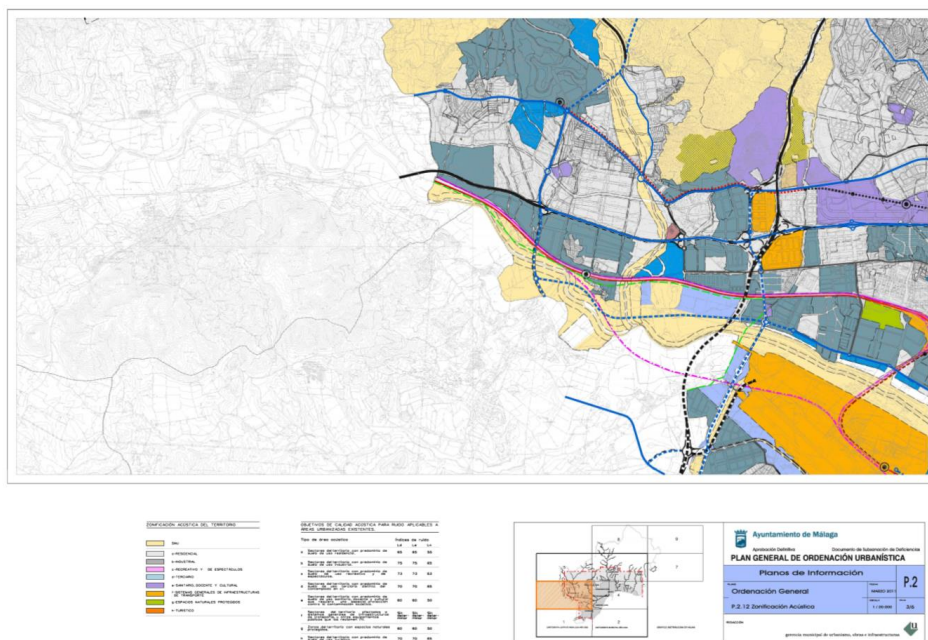


Figura 20. Zonificación Acústica del término municipal de Málaga. Fuente: Ayuntamiento de Málaga.

2.4.4 Mapas de zonas de conflicto

Para la obtención de las zonas de conflicto se ha intersectado:

- Isófona más desfavorable para cada uso (en el presente caso corresponde con Ld)
- Zonificación acústica, en la que previamente se ha indicado los niveles máximos permitidos por la legislación estatal para zonas urbanizadas existentes.

Todas aquellas zonas donde se supera el límite permitido se han delimitado como zona de conflicto.

No obstante, de cara al Plan de acción se atenderá también a los límites establecidos para nuevas infraestructuras en las líneas que así se requiera.

2.4.5 Tablas de exposición

Para la obtención de los resultados de población se ha realizado en CADNA el cálculo de niveles en fachada, acorde a lo establecido en el método CNOSSOS.

Para calcular el número de viviendas y de habitantes expuestos a la fuente de ruido, los puntos del receptor se han colocado aproximadamente a 0,1 m delante de las fachadas de los edificios residenciales.

Para colocar los puntos del receptor cada fachada se divide en intervalos regulares:

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA

- Los segmentos con una longitud de más de 5 m se dividen en intervalos regulares de la máxima longitud posible, pero inferior o igual a 5 m. los puntos del receptor se colocan en el medio de cada intervalo regular.
- Los demás segmentos por encima de una longitud de 2,5 m se representan mediante un punto del receptor en el medio de cada segmento.
- Los demás segmentos adyacentes con una longitud total de más de 5 m se tratan como objetos de varias líneas de manera similar a lo descrito en los dos puntos anteriores.

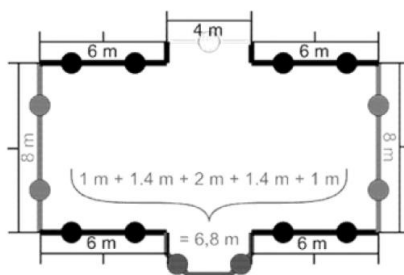


Figura 21. Ejemplo de ubicación de puntos del receptor alrededor de un edificio dividiendo la fachada en intervalos regulares.

Para la asignación de viviendas y habitantes a cada receptor, se atiende a lo dispuesto en la Directiva Delegada (UE) 2021/1226 de la Comisión de 21 de diciembre de 2020 por la que se modifica, para adaptarlo al progreso científico y técnico, el anexo II de la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en cuanto a los métodos comunes para la evaluación del ruido.

Dado que se desconoce cuántas fachadas de las viviendas están expuestas al ruido, el conjunto de ubicaciones del receptor asociadas a cada edificio debe dividirse en una mitad superior y una mitad inferior en función de la mediana de los niveles de evaluación calculados para cada edificio. Para cada punto del receptor ubicado en la mitad superior del conjunto de datos, el número de viviendas y de habitantes debe distribuirse de manera uniforme, de modo que la suma de todos los puntos del receptor en la mitad superior del conjunto de datos represente el número total de viviendas y de habitantes. No se asignarán viviendas ni habitantes a los receptores situados en la mitad inferior del conjunto de datos.

3 RESULTADOS

3.1.1 Niveles sonoros y población expuesta

Para la UME en estudio no se ha localizado población expuesta a niveles superiores a $L_{den} > 55$ dB.

Indicador	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	>75
Ld	229	368	-	-	-	-	-
Le	300	288	-	-	-	-	-
Ln	-	-	-	-	-	-	-
Lden	211	406	-	-	-	-	-

Tabla 3. Datos de población (nº de personas) expuesta en la UME

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA



Figura 22 Niveles sonoros Ld en la UME .

3.1.2 Zonas de afección

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para los mapas de afección.

Zonas de afección					
Lden	Superficie(m2)	Nº persona	Viviendas	Nº centros docentes	Nº centros sanitarios
>55	130 656	0	0	2*	0
>65	0	0	0	0	0
>75	0	0	0	0	0

* Biblioteca general
Facultad de medicina

Tabla 4. Datos de afección en la UME

3.1.3 Zonas de conflicto

Tal como se expuso en el apartado de normativa del presente documento, si bien la infraestructura en estudio no es considerada nueva infraestructura según el D6/2012, se han analizado el cumplimiento de los límites aplicables a nuevas infraestructuras ya que en los estudios acústicos realizados hasta ahora se viene aplicando estos límites.

A continuación se expone el alcance de estas zonas:

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA



Figura 23 Zonas de conflicto identificadas en la UME los valores del D6/2012 para nuevas infraestructura.



Figura 24 Zonas de conflicto identificadas en la UME aplicando los OCA.

4 CONCLUSIONES

El presente documento constituye el Mapa Estratégico de Ruido, correspondiente a la cuarta fase, del Metro de Málaga (tramo en superficie) de acuerdo con lo estipulado en la Directiva 2002/49/CE de 25 de junio de 2002 sobre Evaluación y Gestión del Ruido Ambiental, así como los requerimientos de la normativa nacional (Ley del Ruido y Reales Decreto 1367/07 y 1513/2005) y el Reglamento de Protección frente a la Contaminación Acústica en Andalucía (Decreto 6/2012).

Se aplica lo dispuesto en la Orden PCI/1319/2018 utilizando la metodología CNOSSOS-EU como método de cálculo para infraestructuras ferroviarias.

El municipio de Málaga tiene aprobada zonificación acústica por lo que la comprobación de los límites aplicables se ha basado en los usos delimitados en esta.

Para la identificación de zonas de conflicto, además del cumplimiento de los OCA se ha comprobado el cumplimiento de los límites de inmisión para nuevas infraestructuras del D 6/2012, a pesar de que según este decreto el Metro de Málaga no constituiría una nueva infraestructura.

Se ha delimitado una zona de conflicto a lo largo del todo el recorrido, tanto si se aplican los OCA como si se aplican los límites que se establecen para nueva infraestructura, si bien la superficie de estas áreas como es lógico es menor en el primer caso.

Sin embargo, no existe población expuesta por encima de los 60 dB, ni edificaciones sensibles cuya fachada se encuentre expuesta a valores superiores a los 55 dB, para el periodo día, el cual resulta ser el más restrictivo.

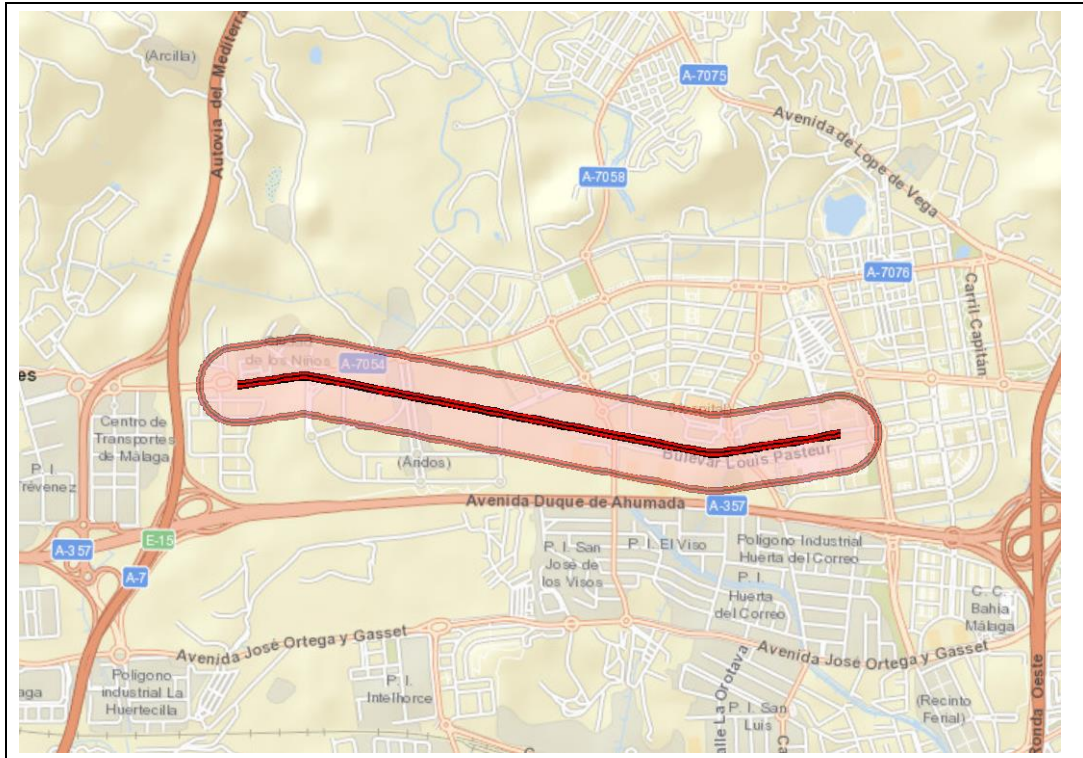
Por lo que no se considera necesario delimitar zonas de actuación de cara al Plan de Acción.

Anexo I. Ficha resumen UME

UME	Línea		Provincia	Pk inicio	Pk fin
L1 MA	L1		Málaga	154+865	157+125
Nº circulaciones (por sentido)				Velocidad media	Velocidad máxima
Total	Día	Tarde	Noche		
124	94	26	4	50	50

Municipios
Málaga

Situación

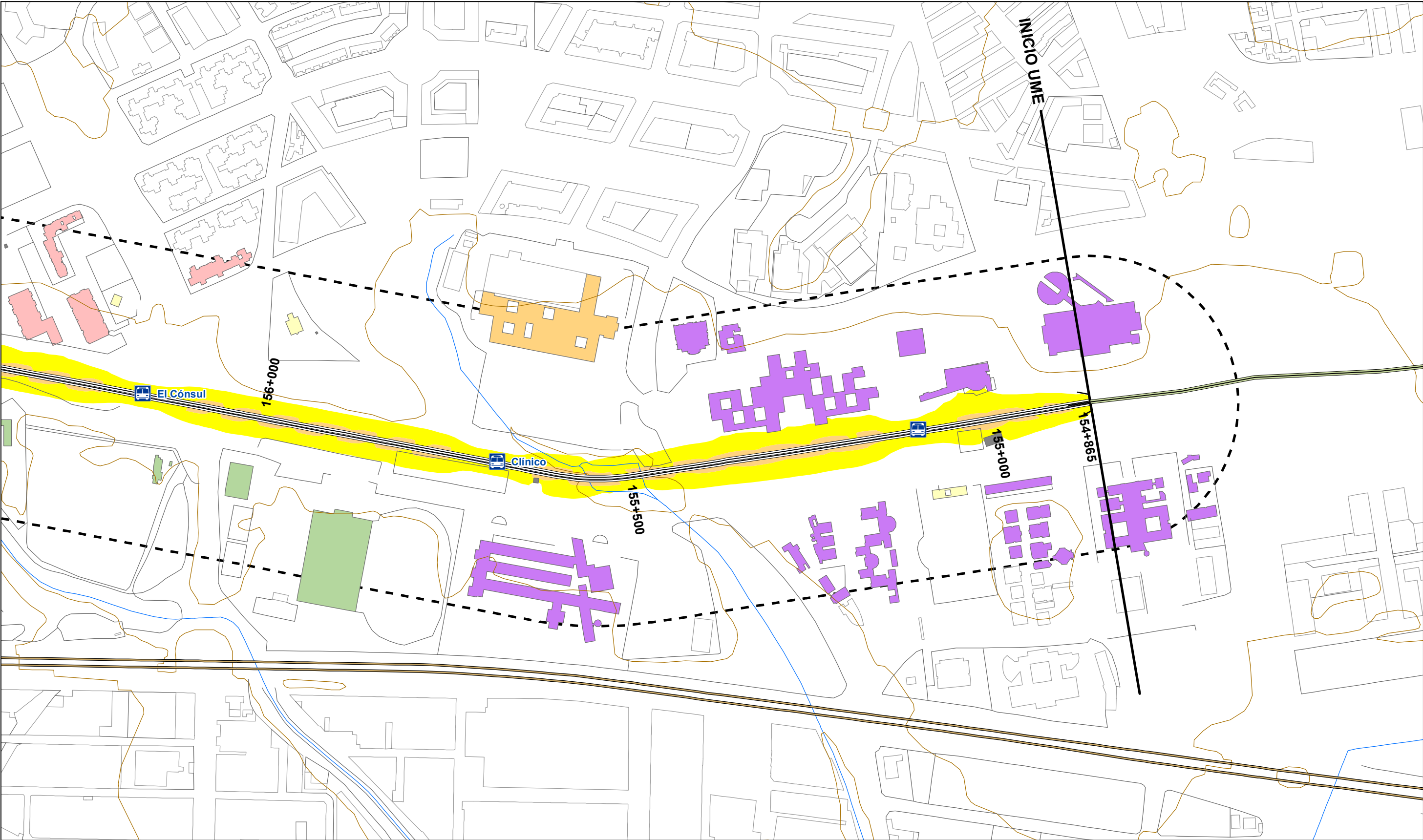


Población expuesta								
Fuera aglomeración	Indicador	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	>75
	Ld	-	-	-	-	-	-	-
	Le	-	-	-	-	-	-	-
	Ln	-	-	-	-	-	-	-
	Lden	-	-	-	-	-	-	-
Dentro aglomeración	Indicador	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	>75
	Ld	229	368	-	-	-	-	-
	Le	300	288	-	-	-	-	-
	Ln	-	-	-	-	-	-	-
	Lden	211	406	-	-	-	-	-
Zonas de afección								
Lden		Superficie	Nº persona	Viviendas	Nº centros docentes		Nº centros sanitarios	
>55		130 656	0	0	2		0	
>65		0	0	0	0		0	
>75		0	0	0	0		0	

II. PLANOS

**MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO CUARTA FASE DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA,
GRANADA Y MÁLAGA. LÍNEA 1 METRO MÁLAGA****UME L1 MA**

1. Niveles sonoros Ld
2. Niveles sonoros Le
3. Niveles sonoros Ln
4. Niveles sonoros Lden
5. Zona de afección
6. Zonificación acústica
7. Zonas de conflicto



LEYENDA

Tipos de edificio

Residencial	Sanitario
Industrial	Docente
Recreativo y espectáculos	Cultural
Terciario	Otros

Elementos Cartográficos

Eje de la UME	Curva de nivel
Eje soterrado	Hidrografía
Carreteras	Otros elementos cartográficos
Ferrocarril	Límite de municipio
Límite de estudio	

Barreras acústicas

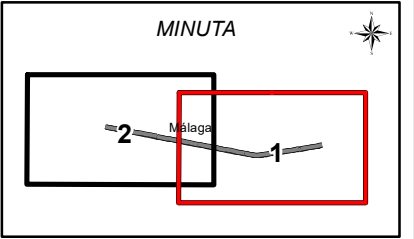
Pantalla acústica
Dique de tierra

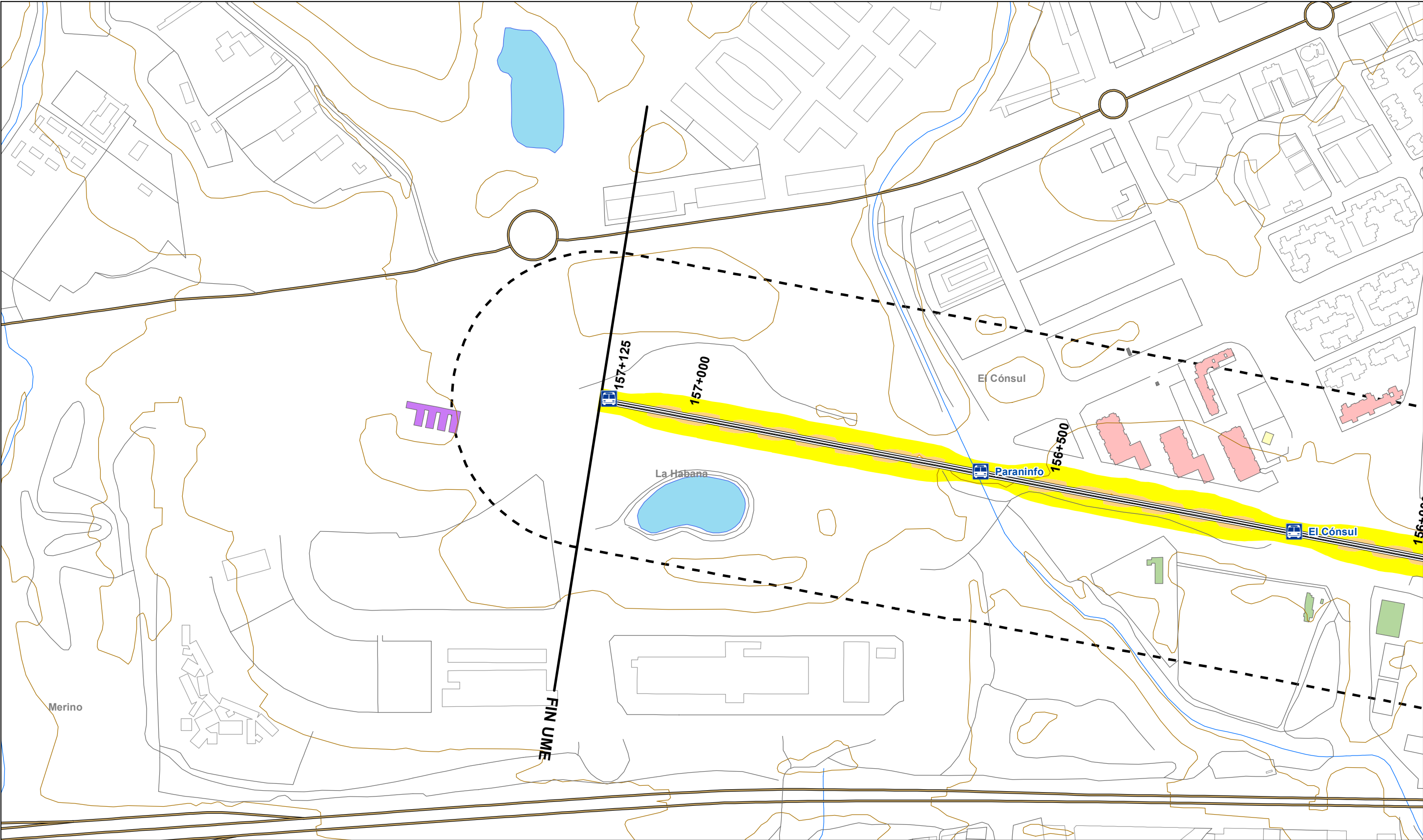
Nivel sonoro (dB(A))

55-60	70-75
60-65	>75
65-70	

Edificaciones fuera de estudio

Viaductos
Túneles
Estación metro





LEYENDA

Tipos de edificio

Residencial	Sanitario
Industrial	Docente
Recreativo y espectáculos	Cultural
Terciario	Otros

Elementos Cartográficos

Eje de la UME	Curva de nivel
Eje soterrado	Hidrografía
Carreteras	Otros elementos cartográficos
Ferrocarril	Ámbito de estudio
Límite de municipio	

Barreras acústicas

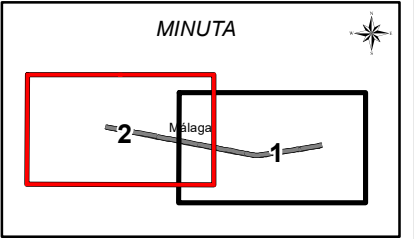
Pantalla acústica	Dique de tierra
-------------------	-----------------

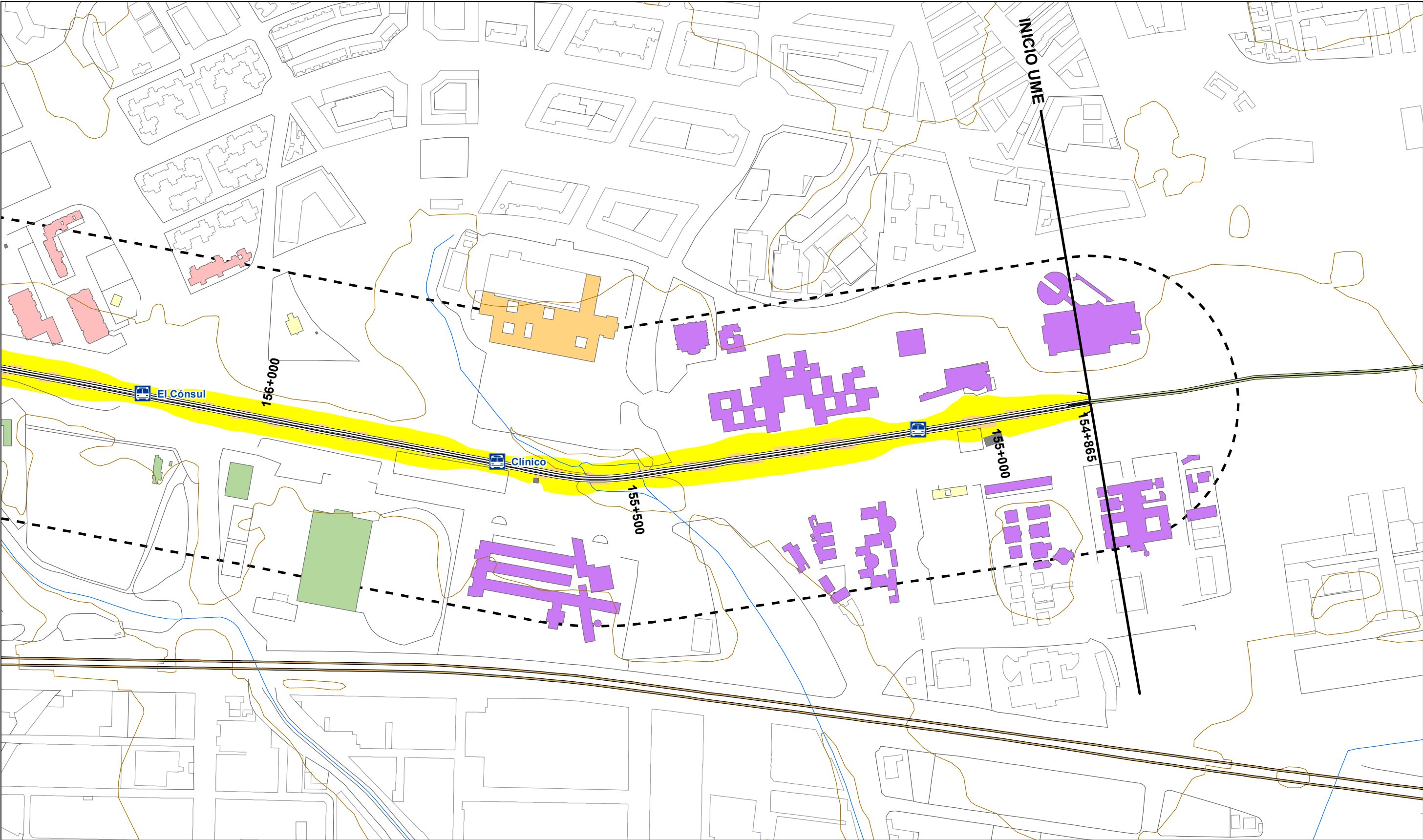
Edificaciones fuera de estudio

Edificaciones fuera de estudio	Viaductos
Túneles	Estación metro

Nivel sonoro (dB(A))

55-60	70-75
60-65	>75
65-70	





LEYENDA

Tipos de edificio

Residencial	Sanitario
Industrial	Docente
Recreativo y espectáculos	Cultural
Terciario	Otros

Elementos Cartográficos

Eje de la UME	Curva de nivel
Eje soterrado	Hidrografía
Carreteras	Otros elementos cartográficos
Ferrocarril	Límite de municipio
Límite de estudio	

Edificaciones fuera de estudio
Viaductos
Túneles
Estación metro

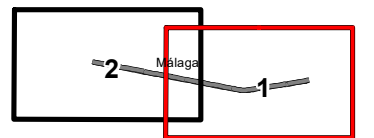
Barreras acústicas

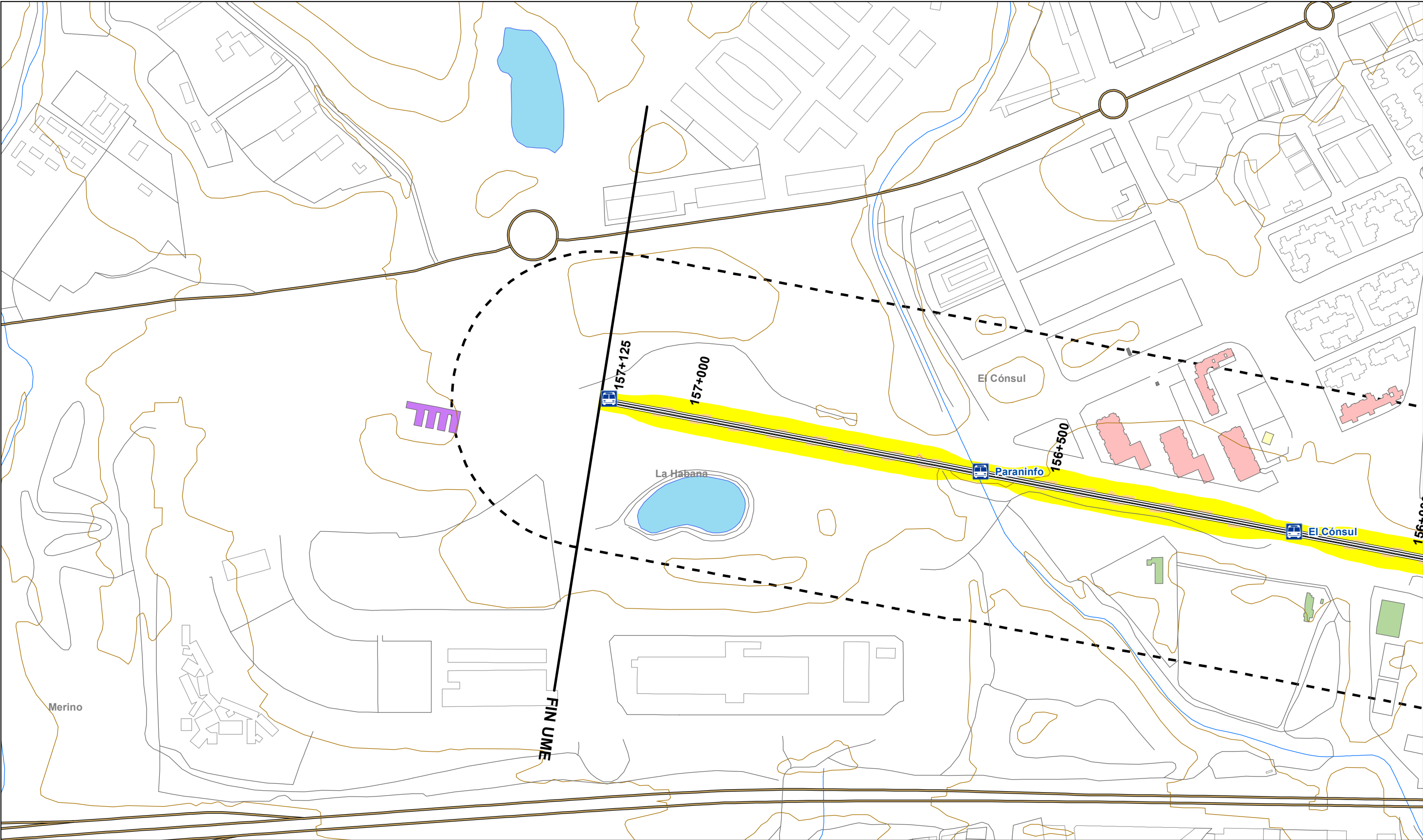
Pantalla acústica
Dique de tierra

Nivel sonoro (dB(A))

55-60	70-75
60-65	>75
65-70	

MINUTA





LEYENDA

Tipos de edificio

Residencial	Sanitario
Industrial	Docente
Recreativo y espectáculos	Cultural
Terciario	Otros

Elementos Cartográficos

Eje de la UME	Curva de nivel
Eje soterrado	Hidrografía
Carreteras	Otros elementos cartográficos
Ferrocarril	Ámbito de estudio
Límite de municipio	

Barreras acústicas

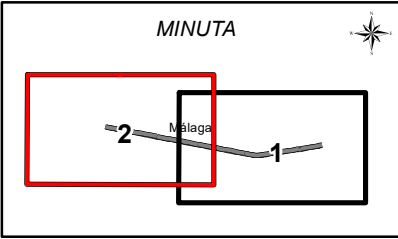
Pantalla acústica	Dique de tierra
-------------------	-----------------

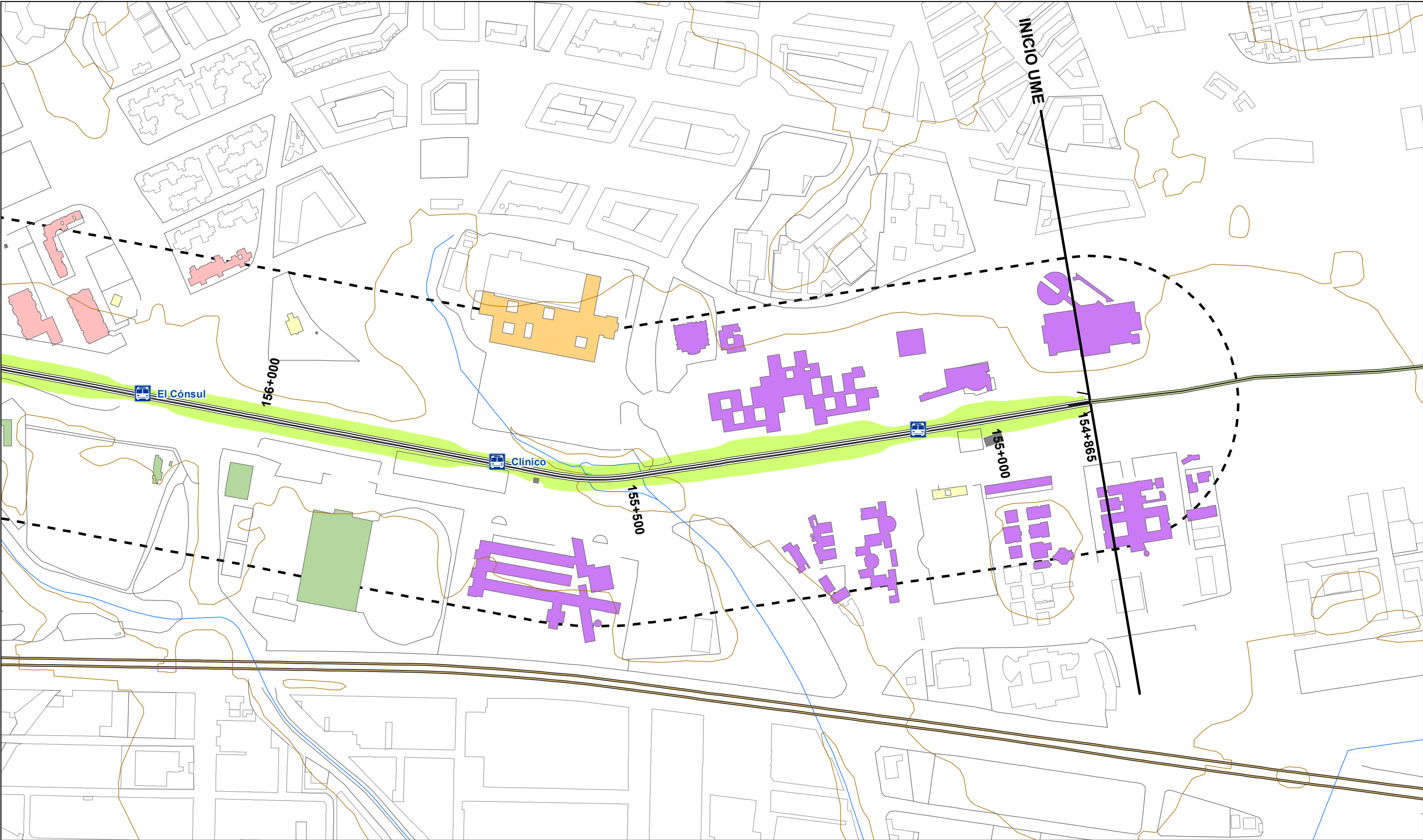
Nivel sonoro (dB(A))

55-60	70-75
60-65	>75
65-70	

Edificaciones fuera de estudio

Edificaciones fuera de estudio	Viaductos
Túneles	Estación metro





LEYENDA

Tipos de edificio

Residencial	Sanitario
Industrial	Docente
Recreativo y espectáculos	Cultural
Terciario	Otros

Elementos Cartográficos

Eje de la UME	Curva de nivel	Edificaciones fuera de estudio
Eje soterrado	Hidrografía	Viaductos
Carreteras	Otros elementos cartográficos	Túneles
Ferrocarril		Estación metro
Límite de municipio	Ámbito de estudio	

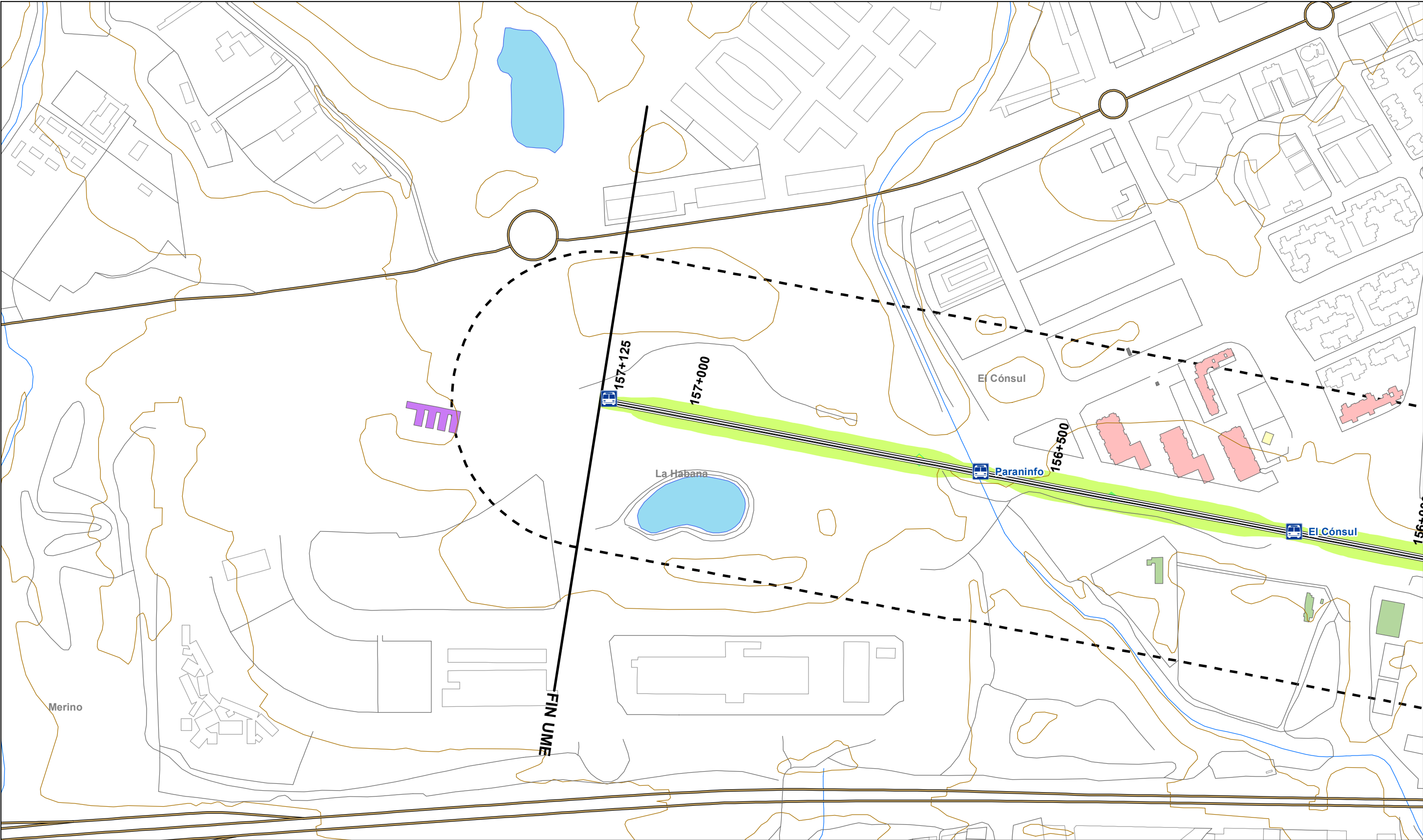
Barreras acústicas

Pantalla acústica
Dique de tierra

Nivel sonoro (dB(A))

45-50	60-65
50-55	65-70
55-60	70-75

MINUTA



LEYENDA

Tipos de edificio

Residencial	Sanitario
Industrial	Docente
Recreativo y espectáculos	Cultural
Terciario	Otros

Elementos Cartográficos

Eje de la UME	Curva de nivel
Eje soterrado	Hidrografía
Carreteras	Otros elementos cartográficos
Ferrocarril	Límite de municipio
Ámbito de estudio	

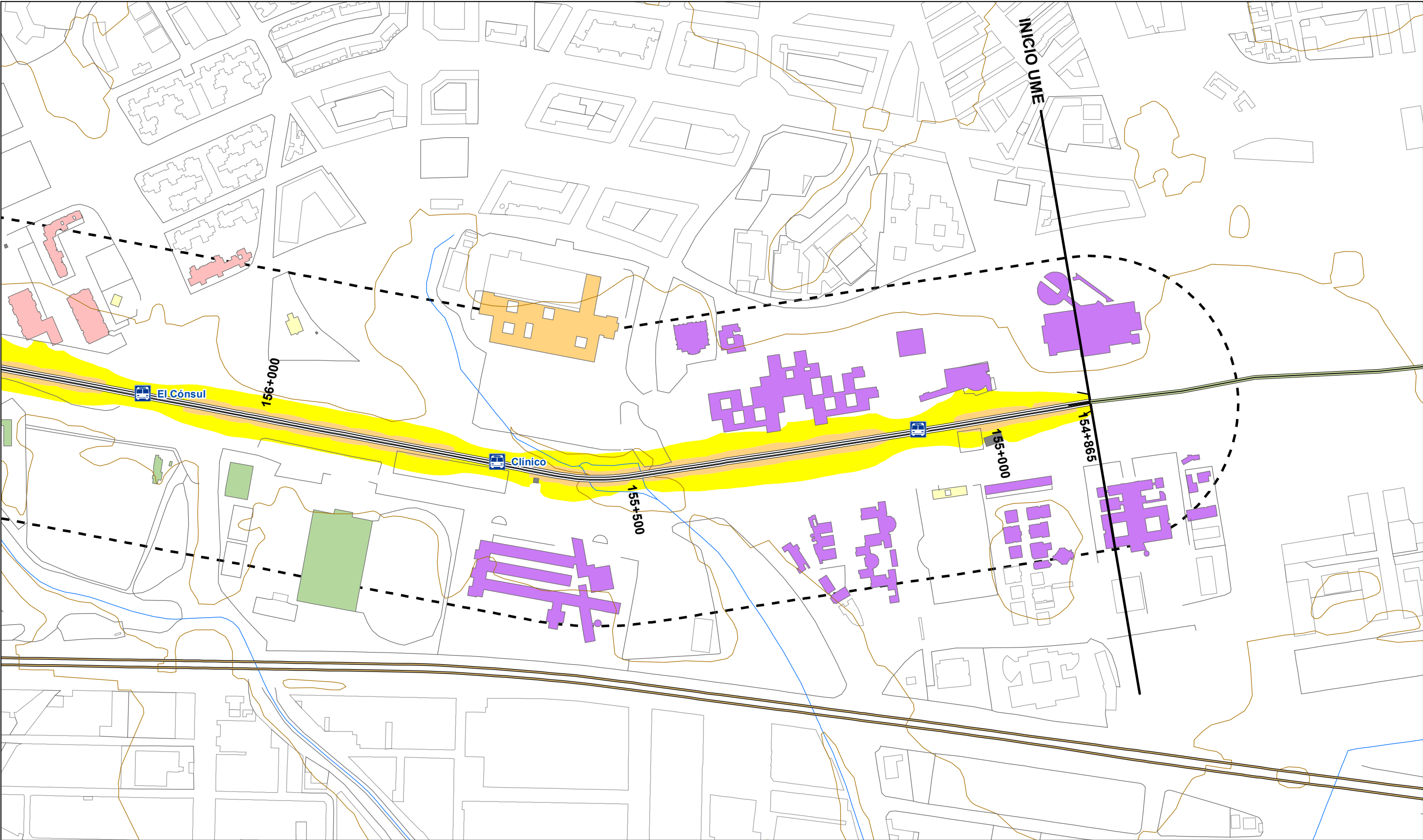
Barreras acústicas

Pantalla acústica	Dique de tierra
-------------------	-----------------

Nivel sonoro (dB(A))

45-50	60-65
50-55	65-70
55-60	70-75

MINUTA



LEYENDA

Tipos de edificio

- | | |
|---------------------------|-----------|
| Residencial | Sanitario |
| Industrial | Docente |
| Recreativo y espectáculos | Cultural |
| Terciario | Otros |

Elementos Cartográficos

- | | |
|---------------------|-------------------------------|
| Eje de la UME | Curva de nivel |
| Eje soterrado | Hidrografía |
| Carreteras | Otros elementos cartográficos |
| Ferrocarril | Túneles |
| Límite de municipio | Ámbito de estudio |

- | |
|--------------------------------|
| Edificaciones fuera de estudio |
| Viaductos |
| Estación metro |

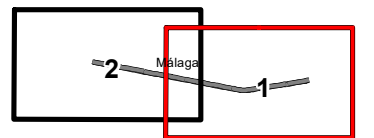
Barreras acústicas

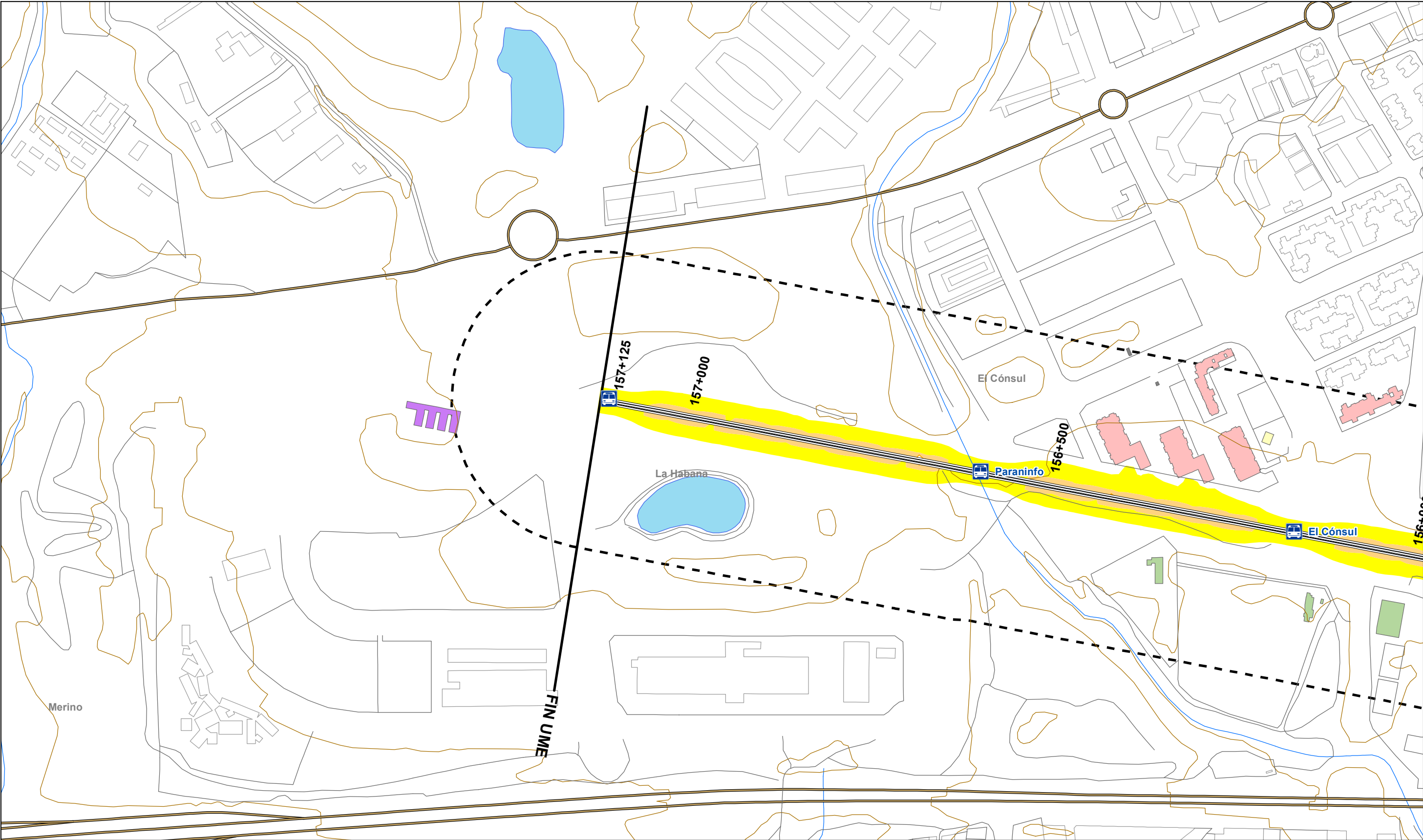
- | |
|-------------------|
| Pantalla acústica |
| Dique de tierra |

Nivel sonoro (dB(A))

- | | |
|-------|-------|
| 55-60 | 70-75 |
| 60-65 | >75 |
| 65-70 | |

MINUTA





LEYENDA

Tipos de edificio

Residencial	Sanitario
Industrial	Docente
Recreativo y espectáculos	Cultural
Terciario	Otros

Elementos Cartográficos

Eje de la UME	Curva de nivel
Eje soterrado	Hidrografía
Carreteras	Otros elementos cartográficos
Ferrocarril	Límite de municipio
Límite de municipio	Ámbito de estudio

Barreras acústicas

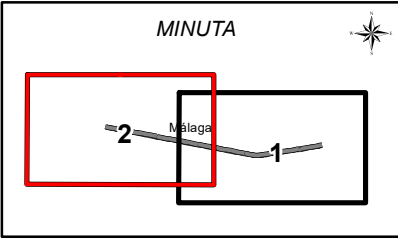
Pantalla acústica
Dique de tierra

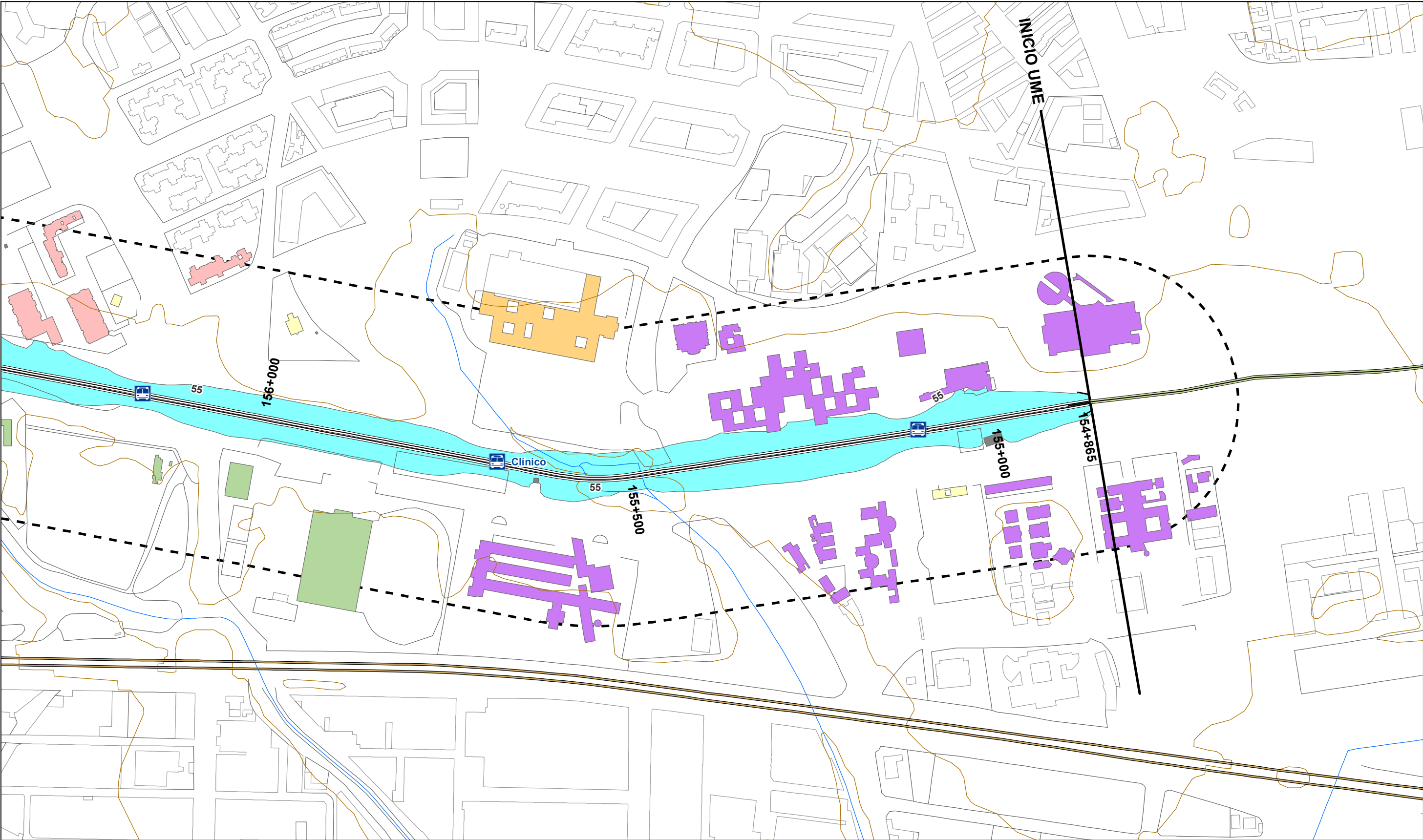
Nivel sonoro (dB(A))

55-60	70-75
60-65	>75
65-70	

Edificaciones fuera de estudio

Edificaciones fuera de estudio
Viaductos
Túneles
Estación metro





LEYENDA

Tipos de edificio

Residencial	Sanitario
Industrial	Docente
Recreativo y espectáculos	Cultural
Terciario	Otros

Elementos Cartográficos

Eje de la UME	Curva de nivel
Eje soterrado	Hidrografía
Carreteras	Otros elementos cartográficos
Ferrocarril	Límite de municipio
Límite de estudio	

Barreras acústicas

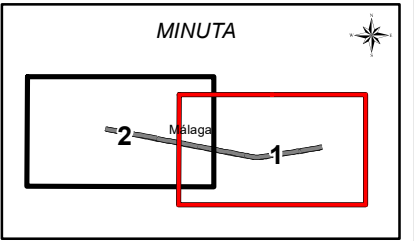
Pantalla acústica
Dique de tierra

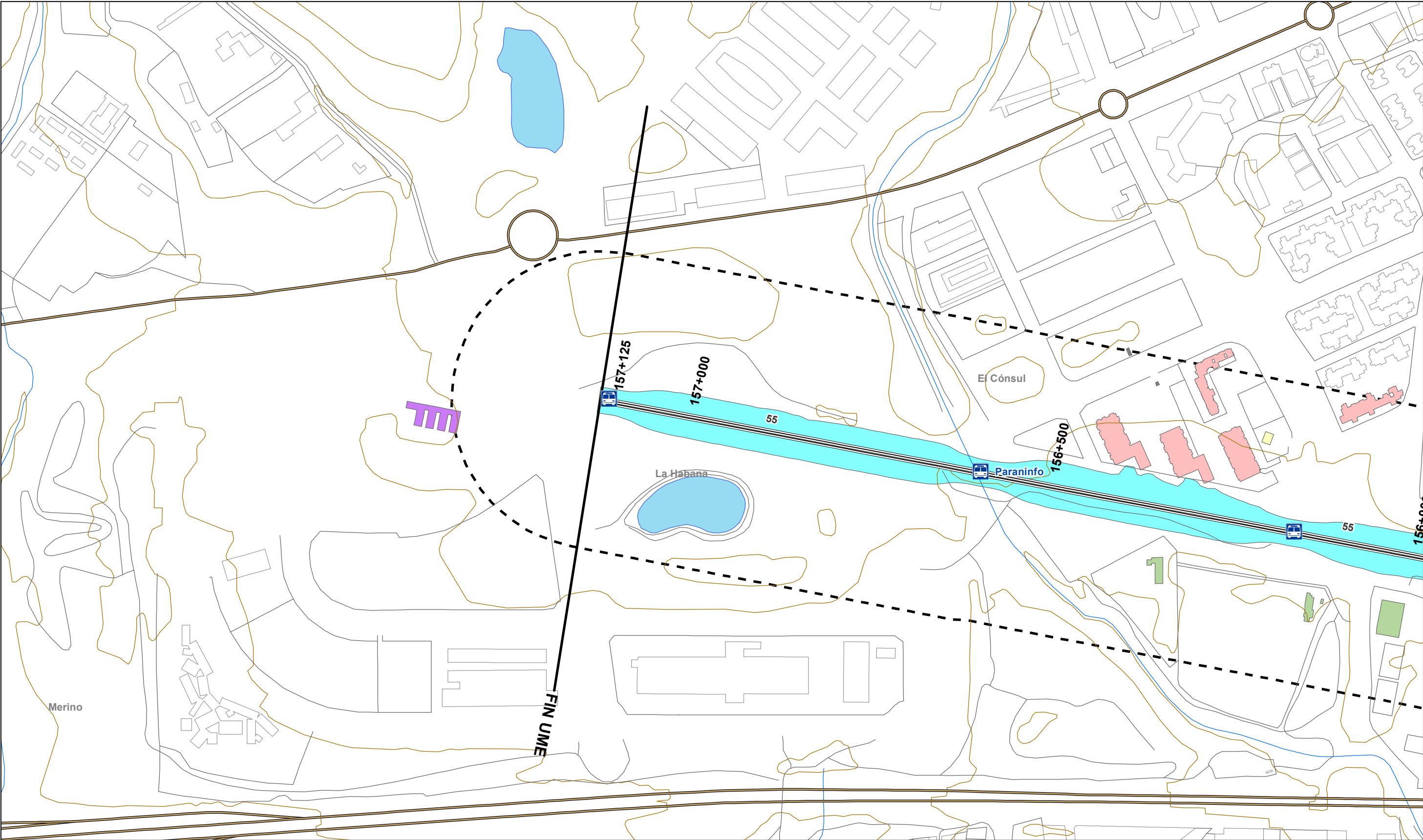
Zona de afectación

Zona de afectación
Isófonas de 55, 65 y 75 dB

Edificaciones fuera de estudio

Edificaciones fuera de estudio
Viaductos
Túneles
Estación metro





LEYENDA

Tipos de edificio

Residencial	Sanitario
Industrial	Docente
Recreativo y espectáculos	Cultural
Terciario	Otros

Elementos Cartográficos

Eje de la UME	Curva de nivel
Eje soterrado	Hidrografía
Carreteras	Otros elementos cartográficos
Ferrocarril	Ámbito de estudio
Límite de municipio	

Barreras acústicas

Pantalla acústica
Dique de tierra

Zona de afectación

Zona de afectación
Isófonas de 55, 65 y 75 dB

Edificaciones fuera de estudio

Viaductos
Túneles
Estación metro

MINUTA

Junta de Andalucía

Consejería de Fomento, Articulación del Territorio y Vivienda

Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía

ayesa

EMPRESA CONSULTORA:

TÍTULO: MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO Y PLANES DE ACCIÓN DE LOS FERROVIARIOS METROPOLITANOS DE SEVILLA, GRANADA Y MÁLAGA

ESCALA: 1:5.000

FECHA: NOVIEMBRE 2.022

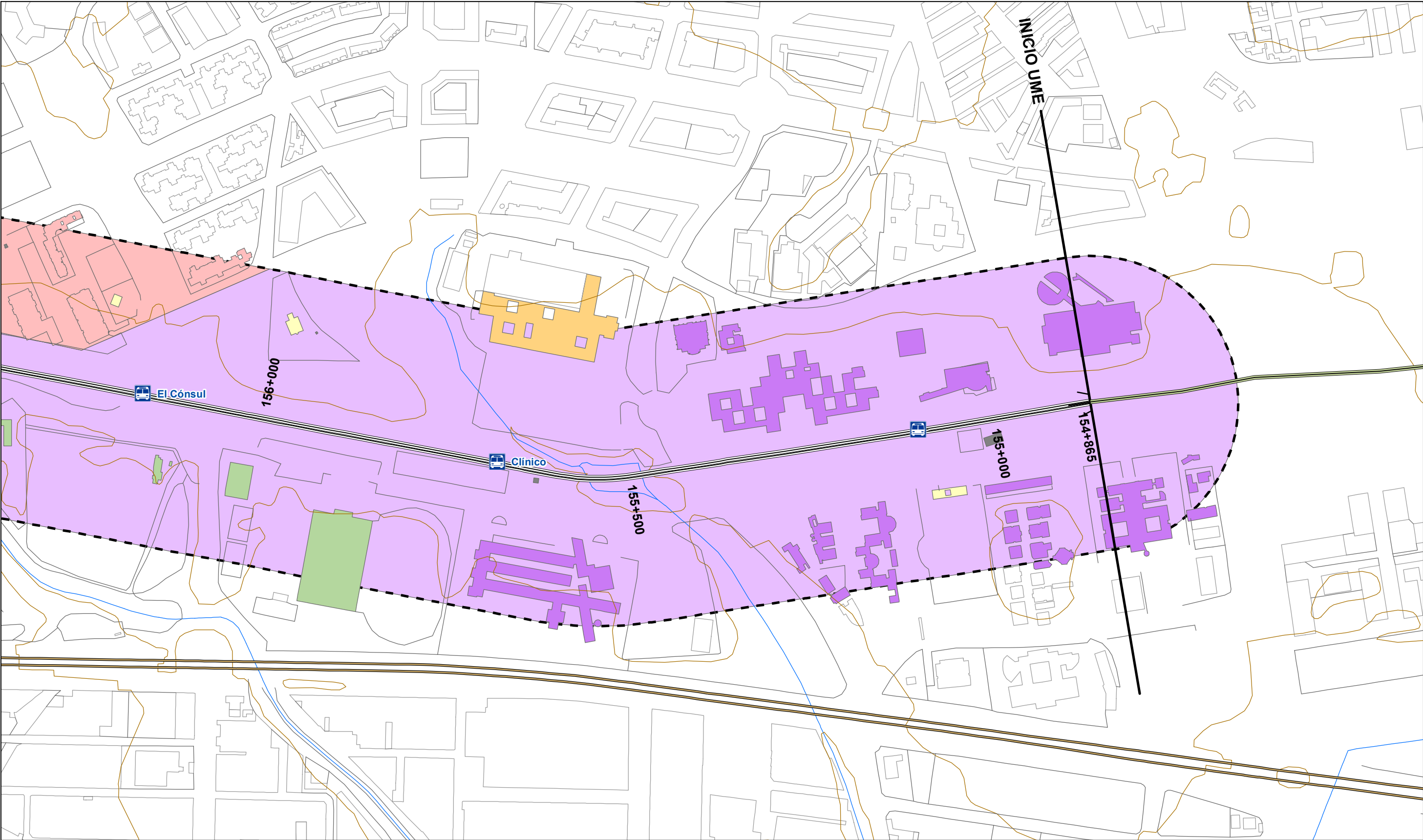
DESIGNACIÓN: MAPA DE ZONA DE AFECCIÓN L1 MA

Nº DE PLANO: 5

HOJA 2 DE 2

CUARTA FASE

UNE A3 ORIGINALES



LEYENDA

Tipos de edificio

Residencial	Sanitario
Industrial	Docente
Recreativo y espectáculos	Cultural
Terciario	Otros

Elementos Cartográficos

Eje de la UME	Curva de nivel
Eje soterrado	Hidrografía
Carreteras	Otros elementos cartográficos
Ferrocarril	Ámbito de estudio
Límite de municipio	

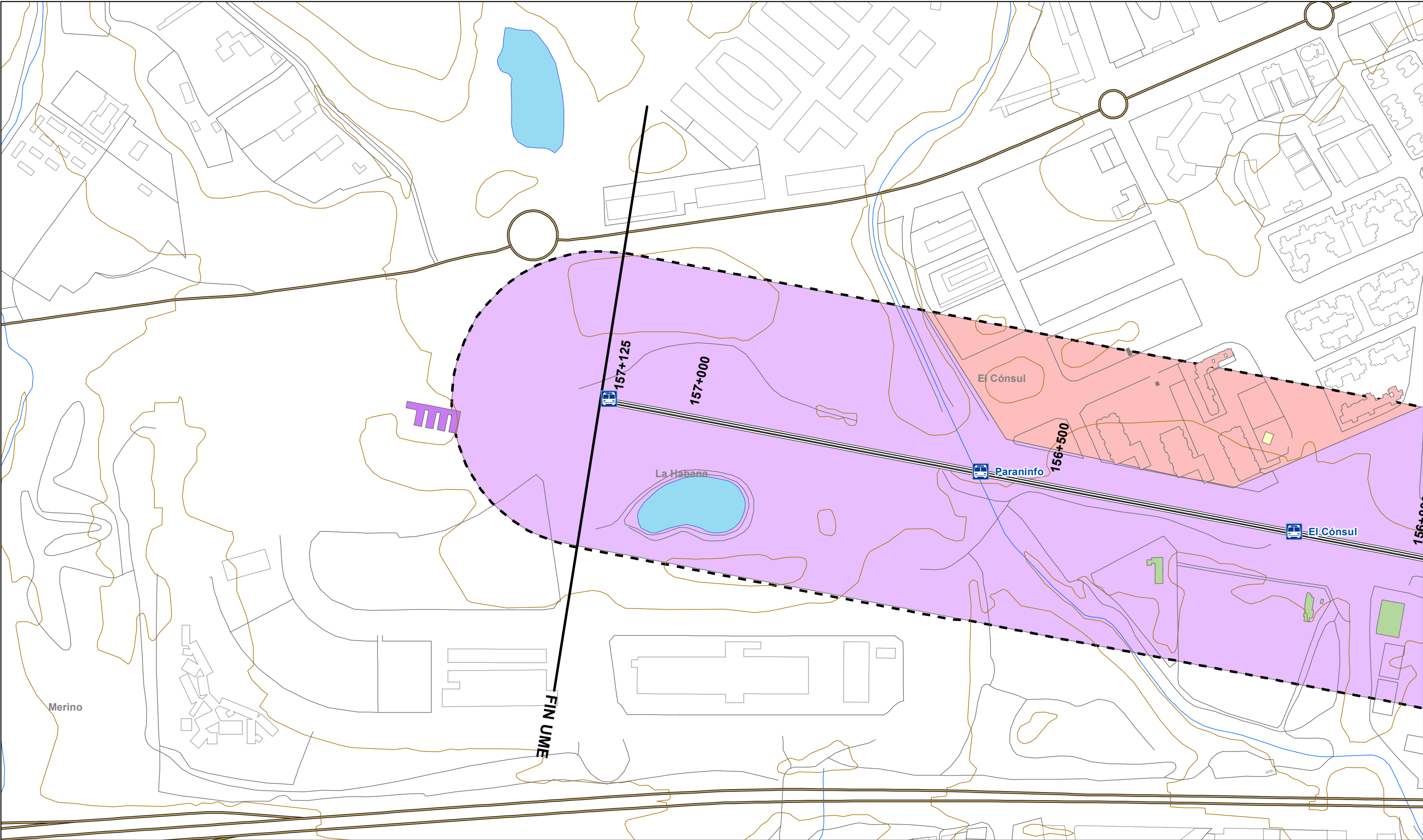
Barreras acústicas

Edificaciones fuera de estudio	Pantalla acústica
Viaductos	Dique de tierra
Túneles	
Estación metro	

Zonas acústicas

A: Residencial	E: Sanitario y docente
B: Industrial	F: Infraestructuras
C: Recreativo	G: Espacios naturales
D: Terciario	O: Sin O.C.A.

MINUTA



LEYENDA

Tipos de edificio

Residencial	Sanitario
Industrial	Docente
Recreativo y espectáculos	Cultural
Terciario	Otros

Elementos Cartográficos

Eje de la UME	Curva de nivel
Eje soterrado	Hidrografía
Carreteras	Otros elementos cartográficos
Ferrocarril	Ámbito de estudio
Límite de municipio	

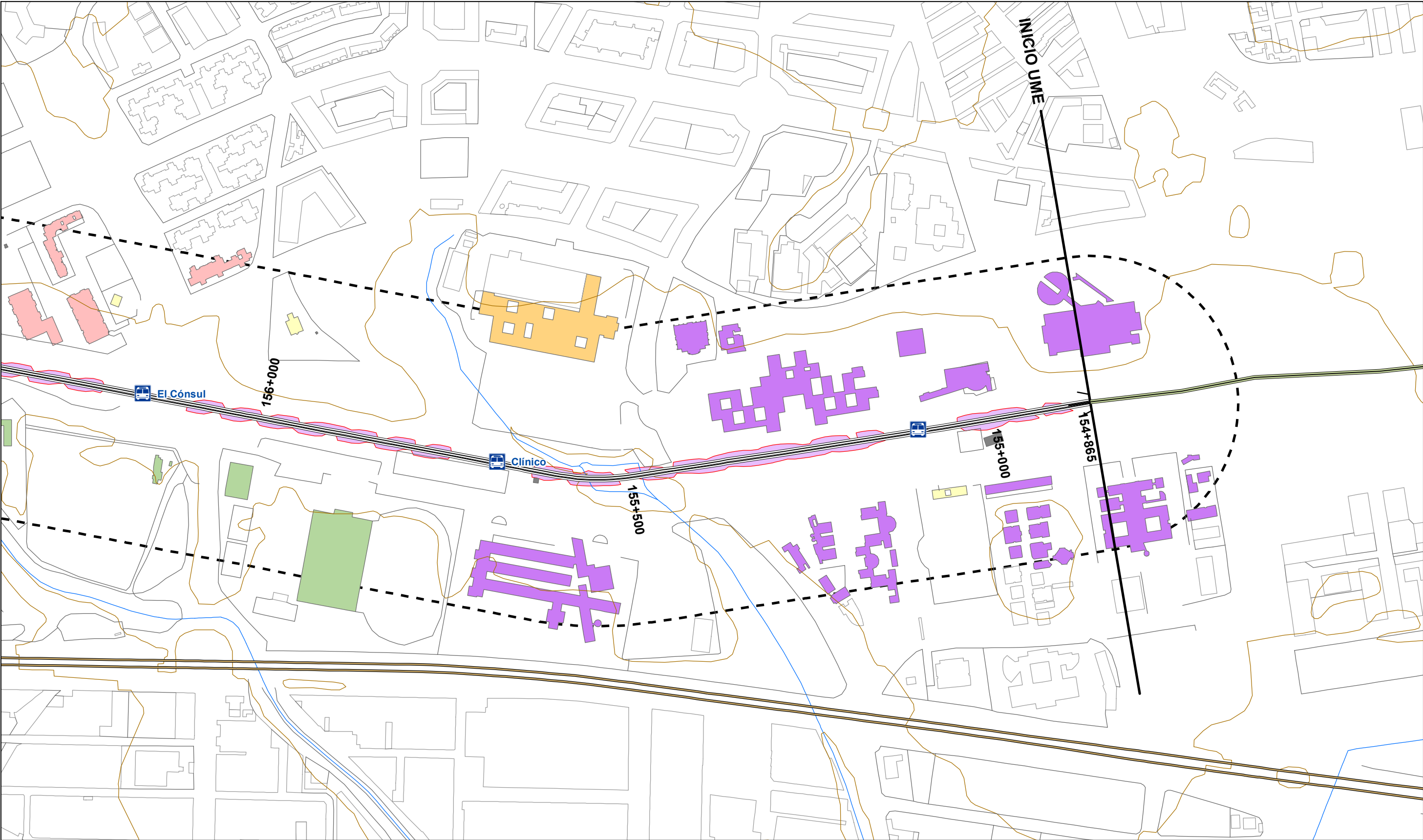
Barreras acústicas

Pantalla acústica	Edificaciones fuera de estudio
Dique de tierra	Viaductos
	Túneles
	Estación metro

Zonas acústicas

A: Residencial	E: Sanitario y docente
B: Industrial	F: Infraestructuras
C: Recreativo	G: Espacios naturales
D: Terciario	O: Sin O.C.A.

MINUTA



LEYENDA

Tipos de edificio

Residencial	Sanitario
Industrial	Docente
Recreativo y espectáculos	Cultural
Terciario	Otros

Elementos Cartográficos

Eje de la UME	Curva de nivel	Edificaciones fuera de estudio
Eje soterrado	Hidrografía	Viaductos
Carreteras	Otros elementos cartográficos	Túneles
Ferrocarril	Límite de municipio	Estación metro
Límite de estudio		

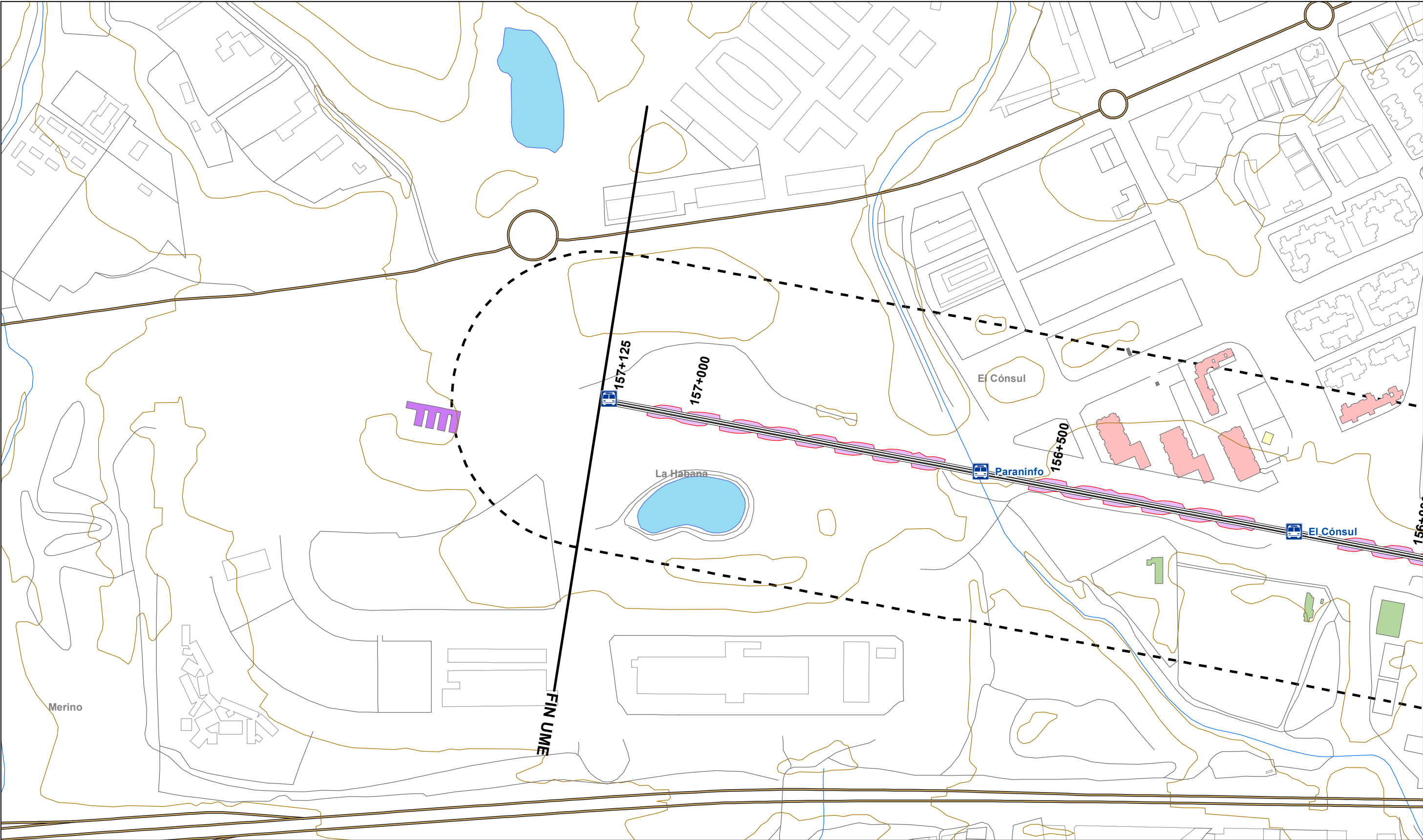
Barreras acústicas

Pantalla acústica
Dique de tierra

Zonas de conflicto

A: Residencial	E: Sanitario y docente
B: Industrial	F: Infraestructuras
C: Recreativo	G: Espacios naturales
D: Terciario	

MINUTA



LEYENDA

Tipos de edificio

Residencial	Sanitario
Industrial	Docente
Recreativo y espectáculos	Cultural
Terciario	Otros

Elementos Cartográficos

Eje de la UME	Curva de nivel
Eje soterrado	Hidrografía
Carreteras	Otros elementos cartográficos
Ferrocarril	Ámbito de estudio
Límite de municipio	

Barreras acústicas

Pantalla acústica
Dique de tierra

Zonas de conflicto

A: Residencial	E: Sanitario y docente
B: Industrial	F: Infraestructuras
C: Recreativo	G: Espacios naturales
D: Terciario	

Edificaciones fuera de estudio

Edificaciones fuera de estudio
Viaductos
Túneles
Estación metro

