



ANEXO VII. ESTUDIO ACÚSTICO Y DE VIBRACIONES

PLAN PARCIAL DEL SECTOR S-1 "LOS CARRILES" DEL PG DE ALCOBENDAS
Alcobendas (Madrid)

AUTOR DEL ENCARGO:

ASOCIACIÓN ADMINISTRATIVA DE COOPERACIÓN DEL SECTOR "LOS CARRILES"
SEPTIEMBRE DE 2017

ARQUITECTOS:

Leopoldo Arnaiz Eguren

Luis Arnaiz Rebollo

Índice

1. INTRODUCCIÓN	3
2. DESCRIPCIÓN DEL ÁMBITO.....	3
2.1. Fuentes de ruido y vibraciones en el ámbito	4
2.1.1. Carreteras	4
2.1.2. Ferrocarriles	4
2.1.3. Otras fuentes	4
3. ESTUDIOS PREVIOS Y ZONIFICACIÓN ACÚSTICA.....	5
3.1. Estudios acústicos elaborados	5
3.2. Zonificación acústica	8
4. NORMATIVA, LEGISLACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA.....	11
5. ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACÚSTICA PREOPERACIONAL.....	14
5.1. Construcción del modelo de predicción	14
5.1.1. Terreno	14
5.1.2. Edificación y otros obstáculos.....	14
5.1.3. Meteorología	14
5.1.4. Fuentes de ruido	14
5.1.5. Método de predicción y parámetros de las simulaciones acústicas	17
5.1.6. Definición de períodos horarios	17
5.1.7. Índices de evaluación	18
5.1.8. Presentación de resultados	18
5.2. Mapas de isófonas preoperacionales	19
6. ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACÚSTICA POSTOPERACIONAL	20
6.1. Construcción del modelo de predicción	20
6.1.1. Terreno	20
6.1.2. Edificación y otros obstáculos.....	20
6.1.3. Fuentes de ruido	20
6.1.4. Método de predicción y parámetros de las simulaciones.....	22
6.2. Mapas de isófonas postoperacionales	22
7. ESTUDIO DE VIBRACIONES	22
7.1. Modelo de predicción	23
7.1.1. Determinación de los parámetros de propagación.....	23
7.1.2. Índices de evaluación	24
7.2. Predicción de niveles: Resultados	25
8. ANÁLISIS ACÚSTICO Y DE VIBRACIONES	27
9. MEDIDAS CORRECTORA.....	29
9.1. Contaminación acústica	29
9.2. Contaminación vibratoria.....	31
10. CONCLUSIONES.....	32

Anexo. Planos:

- Mapas de exposición acústica ambiental preoperacional día, tarde y noche.
- Mapas de zonificación acústica.
- Mapas de exposición acústica ambiental postoperacional día, tarde y noche.
- Mapa de conflicto acústico postoperacional con líneas de isófonas máxima día, tarde y noche.
- Mapas de exposición acústica ambiental postoperacional con medidas correctoras día, tarde y noche.
- Mapa de conflicto acústico postoperacional con medidas correctoras con líneas de isófonas máxima día, tarde y noche.
- Mapa de afección vibratoria.

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente documento es la redacción del Estudio de Contaminación Acústica y Vibratoria del Sector de Suelo Urbanizable Sectorizado S-1 “Los Carriles” en el municipio de Alcobendas (Madrid).

El estudio lo realiza la ingeniería especializada en contaminación acústica CECOR, S.L.

El estudio de contaminación acústica se ha realizado mediante la construcción de un modelo de predicción acústica, construido a partir de los datos cartográficos disponibles y de los datos de tráfico derivados del estudio de tráfico realizado. Los resultados obtenidos sobre la situación acústica tras la urbanización, han sido contrastados con los usos previstos en dicha ordenación. El estudio se ha realizado en etapas, considerando una primera situación preoperacional correspondiente al escenario actual y una situación postoperacional, con la urbanización prevista.

Por su parte, el estudio de vibraciones se ha realizado igualmente mediante predicción. Sin embargo, en el caso de las vibraciones no existen métodos de cálculo aprobados por la legislación aplicable. En este estudio se ha utilizado un método semianalítico de predicción basado en mediciones previas de vibraciones de ferrocarriles de similares características técnicas, extrapolando el comportamiento a la situación particular de este estudio y calculando la distancia a la que el nivel de vibraciones, en su caso, pueda superar los límites de inmisión establecidos. **Este método está ampliamente validado y se acepta habitualmente en los proyectos ferroviarios realizados por ADIF.**

Los niveles vibratorios han sido evaluados a nivel de terreno y no en el interior de las edificaciones susceptibles de sufrir las vibraciones (actualmente no están proyectadas), que es donde realmente hay límites legales.

El estudio de vibraciones se ha realizado sobre todo el trazado cercano, teniendo en cuenta las diferentes propiedades de propagación en túnel, o en superficie, ya que en las proximidades del ámbito la vía circula en superficie, pero se soterra, pasando por el ámbito soterrada.

2. DESCRIPCIÓN DEL ÁMBITO

El ámbito objeto del estudio se encuentra ubicado al oeste del municipio de Alcobendas y al norte del municipio de Madrid.

El ámbito comprende dos áreas de actuación separadas por la carretera M-616, que están divididas en Parcelas cuyo uso pormenorizado característico es residencial y uso pormenorizado permitido terciario y dotacional, zonas de viarios y zona de equipamiento.

Según la ficha urbanística, la superficie total del Sector es de 2.173.190 m² (2.172.909 m²s según levantamiento topográfico del terreno) siendo la superficie susceptible de aprovechamiento de 2.147.160 m², al excluir la superficie del arroyo Valdelacasa.



Figura 1. Situación del ámbito “Los Carriles”.

2.1. Fuentes de ruido y vibraciones en el ámbito

2.1.1. Carreteras

Las carreteras son el principal foco de ruido en el entorno del ámbito, entre las que cabe destacar la carretera M-616, por el norte, la Avda. de Valdelaparra, Calle de Peñalara, Calle de la Granja y Camino del Monte Valdelatas por el este, y los tramos del viario futuro de este Plan.

En el estado preoperacional y postoperacional se han tenido en cuenta distintas fuentes de ruido, ya que el tráfico derivado del interior, modificará sustancialmente la intensidad media diaria de las fuentes de ruido descritas anteriormente y surgen nuevas vías en el interior del sector.

Los datos de tráfico, han sido extraídos del Estudio de Tráfico del suelo urbanizable sectorizado S-1 “Los Carriles”. El estudio ha sido elaborado por la Ingeniería de Tráfico VECTIO, con referencia P2015004.001 y fecha de febrero de 2015. En dicho estudio se aportan los datos de Intensidad Media Diaria (IMD) para la situación preoperacional y postoperacional.

2.1.2. Ferrocarriles

Se ha tenido en cuenta la línea de ferrocarril, situada al norte del sector, correspondiente a un tramo de vía de cercanías de la línea C-4. El tramo más próximo al sector es el localizado entre las estaciones, Universidad P. Comillas y Valdelasfuentes. Es reseñable que dicha línea está soterrada a la altura del sector en estudio y por lo tanto la mitad del tramo está soterrado.

Los datos de circulaciones se han considerado a partir de la información publicada por Renfe (www.renfe.com), cuya frecuencia de trenes en la línea Cantoblanco Universidad – Valdelasfuentes es de 68 por sentido en día laborable.

Línea	Hora Salida	Hora Llegada	Tiempo de Viaje
C4A	05.21	05.26	0.05
C4A	06.00	06.05	0.05
C4A	06.14	06.19	0.05
C4A	06.35	06.40	0.05
C4A	06.56	07.01	0.05
C4A	07.14	07.19	0.05
C4A	07.35	07.40	0.05
C4A	07.54	07.59	0.05
C4A	08.14	08.19	0.05
C4A	08.35	08.40	0.05
C4A	08.54	08.59	0.05
C4A	09.14	09.19	0.05
C4A	09.36	09.41	0.05
C4A	09.54	09.59	0.05
C4A	10.15	10.20	0.05
C4A	10.36	10.41	0.05
C4A	10.56	11.01	0.05
C4A	11.14	11.19	0.05

Tabla 1. Tramo horario. Densidad de circulación ferroviaria.

No se han realizado mediciones de vibraciones en el ámbito. CECOR, S.L. ha realizado múltiples estudios de vibraciones de esta misma línea C-4 en otras localizaciones y tiene perfectamente caracterizado el comportamiento de emisión vibratoria de la misma. Por lo tanto, se utilizarán los modelos calibrados de esta línea de ferrocarril en el presente proyecto.

2.1.3. Otras fuentes

Según la información publicada en la página web de AENA (<http://www.aena-aeropuertos.es>) el término municipal de Alcobendas está afectado por las servidumbres acústicas del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas (ver imagen siguiente), si bien, los terrenos objeto del Plan Parcial quedan fuera de dichas servidumbres:

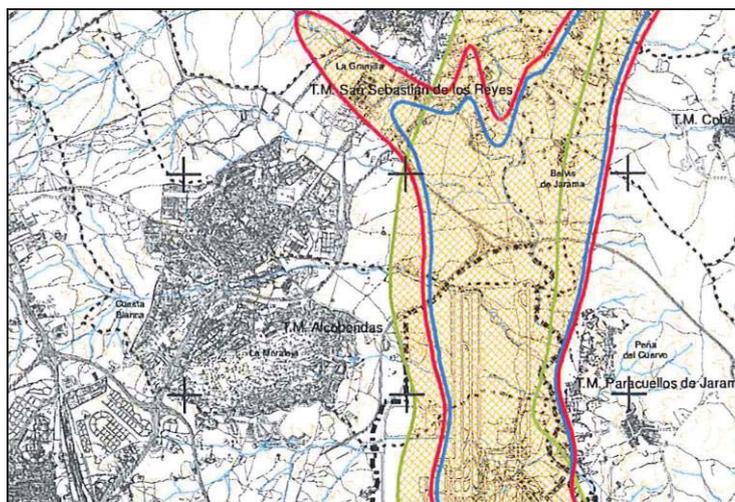


Figura 2. Detalle de la delimitación de la servidumbre acústica del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas para el municipio de Alcobendas (en color azul se ha señalado la localización de los terrenos objeto del Plan Especial). Fuente: AENA.

3. ESTUDIOS PREVIOS Y ZONIFICACIÓN ACÚSTICA

3.1. Estudios acústicos elaborados

A continuación, se recogen los antecedentes de estudios de ruido correspondientes al Sector S-1 “Los Carriles”, en el cual se localiza el ámbito de estudio de este informe.

En la aprobación definitiva de las Normas Urbanísticas del Plan General de Alcobendas, de acuerdo con lo establecido en el Decreto 78/1999, se identifica la necesidad de redactar un estudio acústico que acompañe al instrumento de planeamiento de desarrollo, que deberá actualizar las previsiones hechas en dicho Plan y, en consecuencia, establecer y comprobar las medidas correctoras específicas para resolver el conflicto de modo coordinado con la ordenación pormenorizada del sector, priorizando la ordenación de usos y la interposición de espacios libres y/o zonas de transición sobre otras posibles medidas.

El planeamiento de desarrollo deberá tener en cuenta en la zona sur, así mismo, la potencial incompatibilidad teórica generada al colindar con el SURT-3 (industrial). Para ello, la Zonificación Acústica de este Plan General diferencia una banda de protección de Tipo III (terciario y dotacional) coincidente con la primera línea de manzanas del sector industrial, SURT-3. Con lo que queda salvada dicha incompatibilidad teórica.

Adicionalmente, el municipio de Alcobendas ha realizado los Mapas Estratégicos de Ruido (MER). También, el Ministerio de Fomento ha realizado los MER correspondientes a la Autovía A-1, la cual está muy alejada del sector objeto de estudio.

Por ello, a partir de los MER de Alcobendas se analiza la potencial incompatibilidad con el mapa de ruido de industria según los indicadores $L_{\text{día}}$ y L_{noche} , concluyéndose, a partir de dichos datos, que no hay incompatibilidad.

A continuación, se muestran los mapas de ruido publicados por el Ayuntamiento de Alcobendas para la fuente de ruido industrial, próximo al sector en estudio.

MAPA DE RUIDO: ALCOBENDAS

MAPA Nº: 3

OBJETO: MAPA DE RUIDO INDUSTRIA.

PERÍODO DIURNO (Ld)

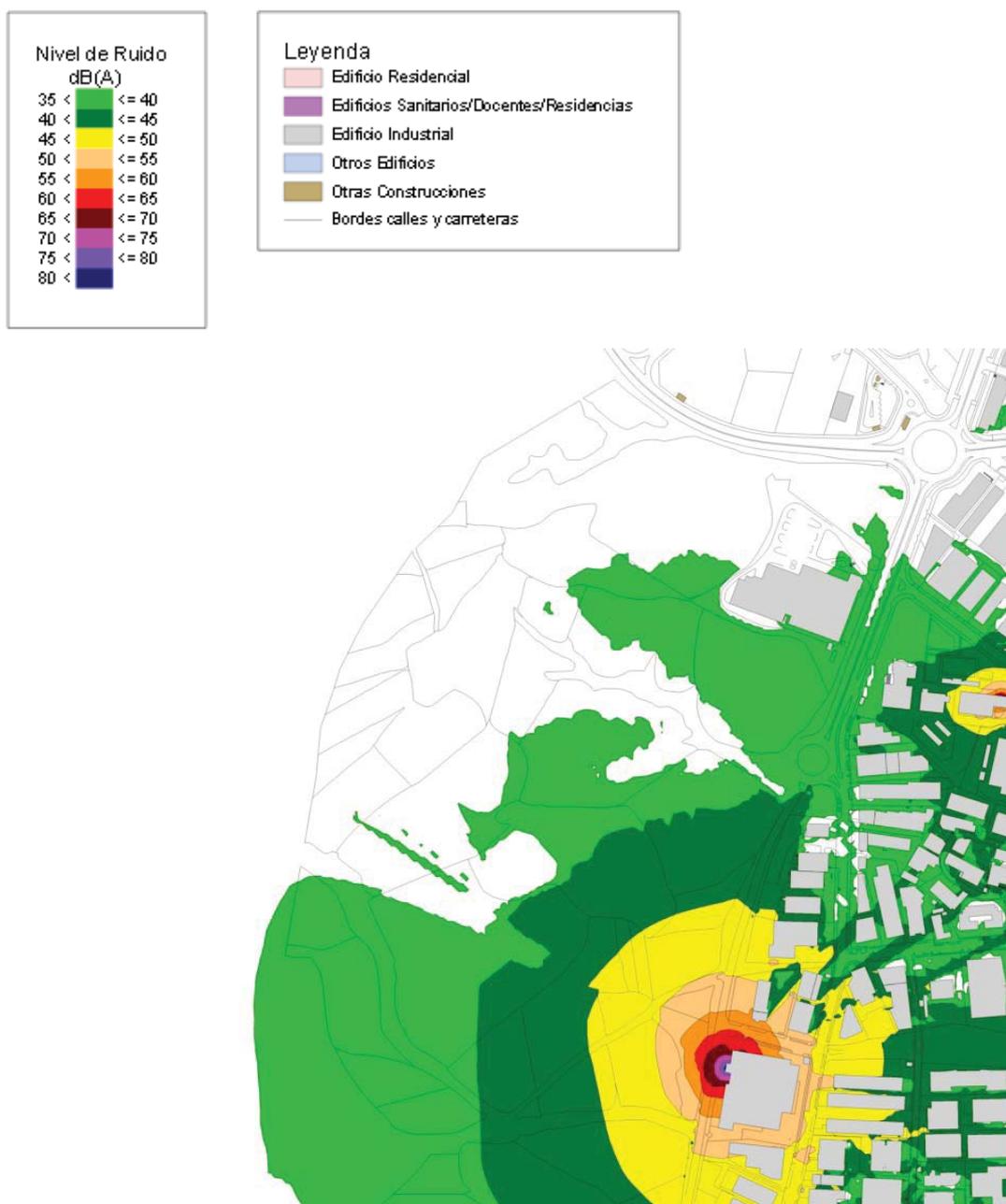


Figura 3. Mapa de ruido de industria de Alcobendas. *L_d*. Fuente: www.alcobendas.org.

MAPA DE RUIDO: ALCOBENDAS

MAPA Nº: 3

OBJETO: MAPA DE RUIDO INDUSTRIA.

PERÍODO NOCTURNO (Ln)

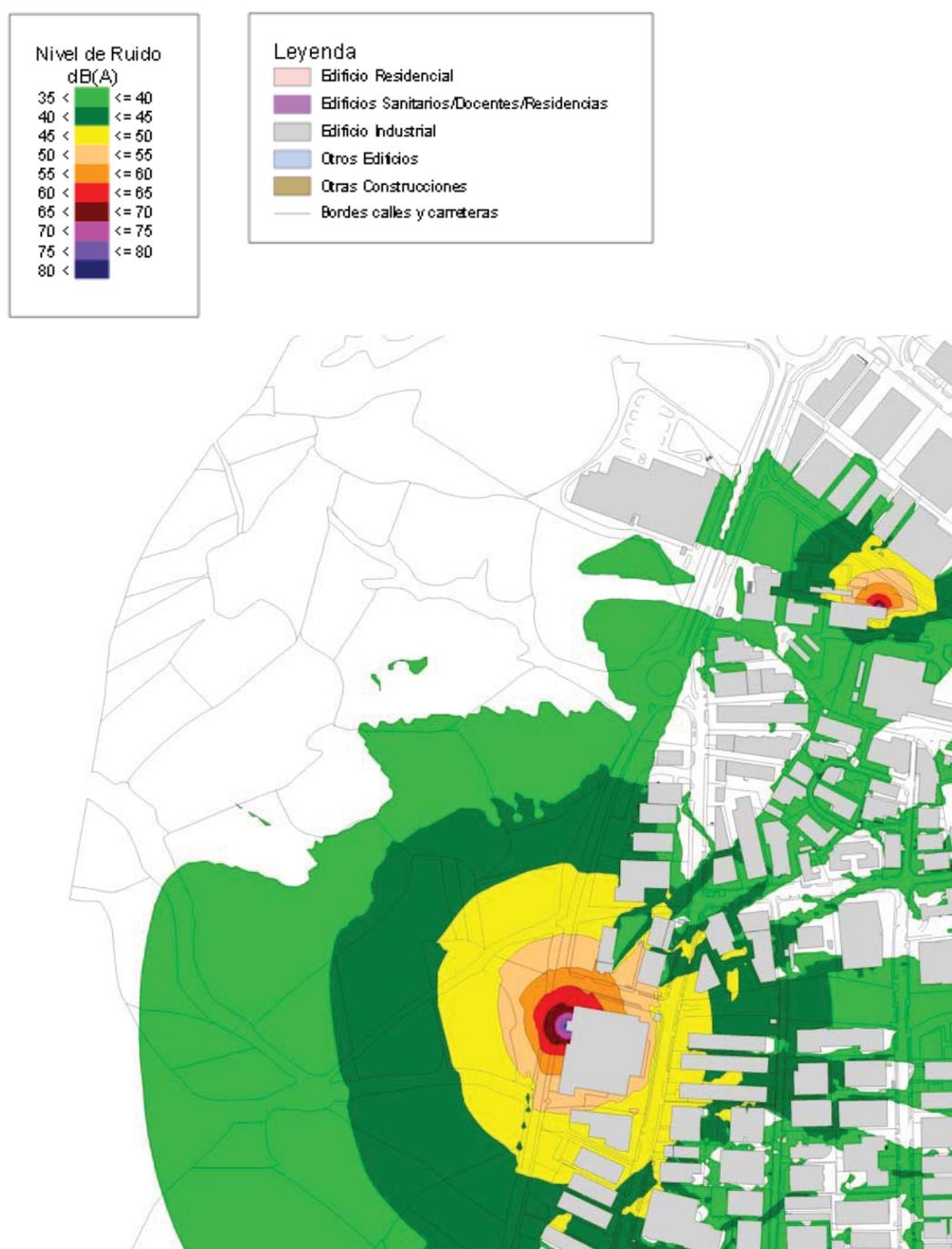


Figura 4. Mapa de ruido de industria de Alcobendas. *L*_{noche}. Fuente: www.alcobendas.org.

3.2. Zonificación acústica

En los estudios acústicos, citados en el apartado anterior, hay una propuesta de zonificación acústica por parte del Ayuntamiento de Alcobendas.

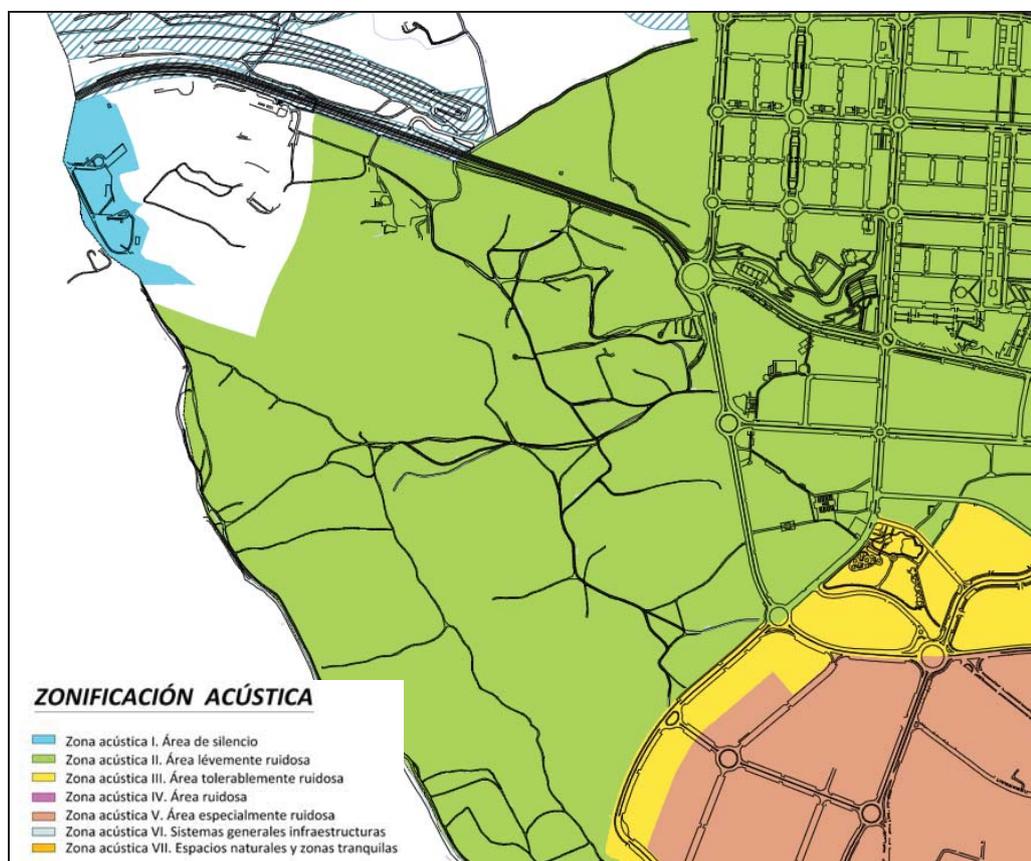


Figura 5. Zonificación acústica de Alcobendas.

Si bien, en este estudio en la definición pormenorizada de la Zonificación Acústica del Sector S-1, “Los Carriles”, se tiene en cuenta la declaración contemplada en las Normas Urbanísticas del Plan General de Alcobendas, en la cual solicita prestar atención a la ordenación pormenorizada del sector, priorizando la ordenación de usos y la interposición de espacios libres y/o zonas de transición sobre otras posibles medidas. Por ello, se realiza una zonificación acústica pormenorizada en el presente estudio teniendo en cuenta que el uso de las parcelas más próximas a la carretera M-616 es de uso terciario. El resto del área es de uso residencial, salvo alguna parcela puntualmente.

La propuesta de ordenación del sector Los Carriles tenida en cuenta para tal fin es la siguiente:

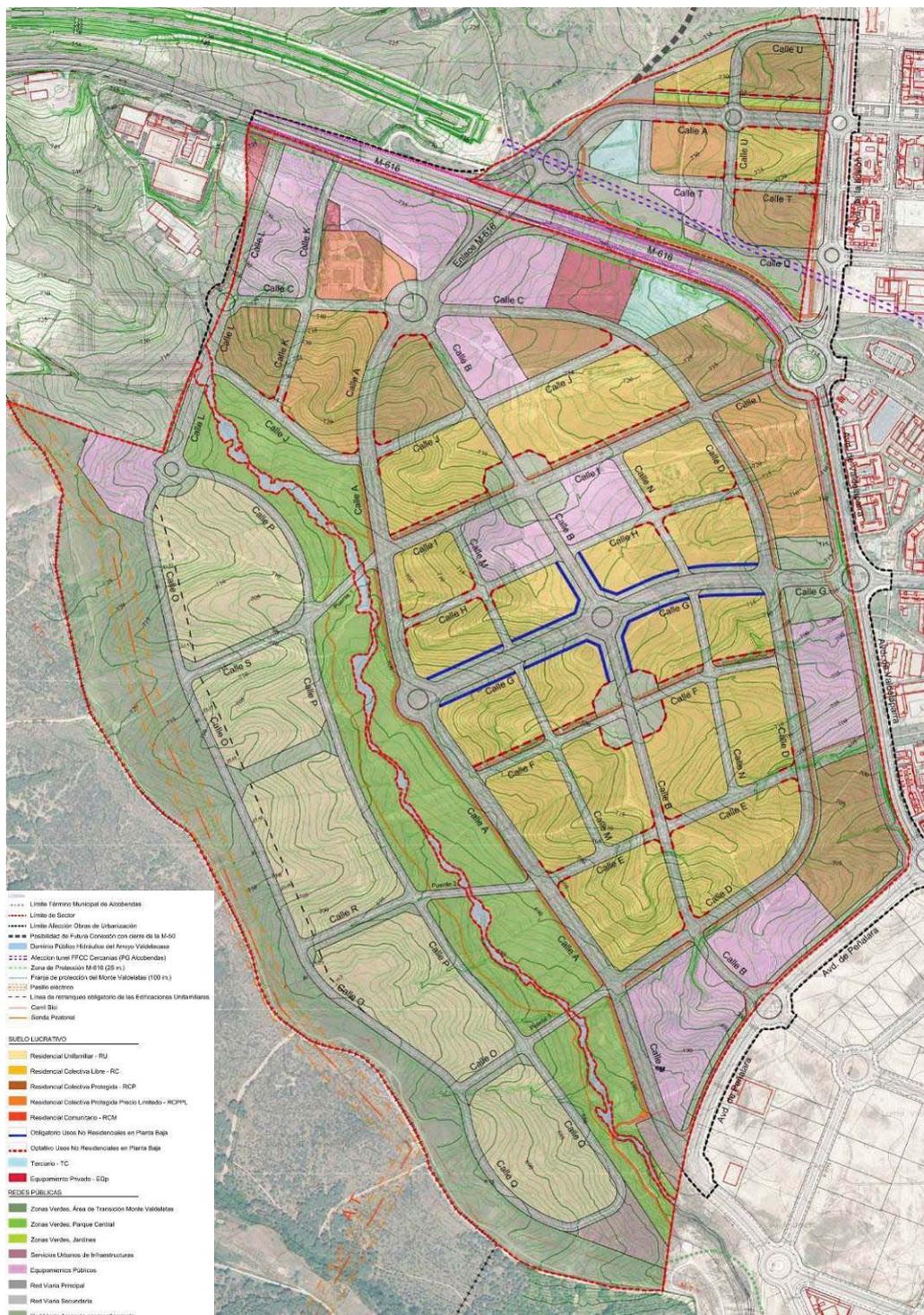


Figura 6. Propuesta de ordenación del Sector S-1 "Los Carriles".

En concreto en la zona del ámbito de estudio, se ha considerado para la zona residencial como una Zona Acústica II. Área levemente ruidosa (denominación municipal). Según el R.D.1367/2007, será un área acústica tipo a.

La zona de uso terciario se ha considerado como una Zona Acústica III. Área tolerablemente ruidosa (denominación municipal). Según el R.D.1367/2007, será un área acústica tipo d.

De manera que, la propuesta de zonificación acústica considerada en este estudio es:

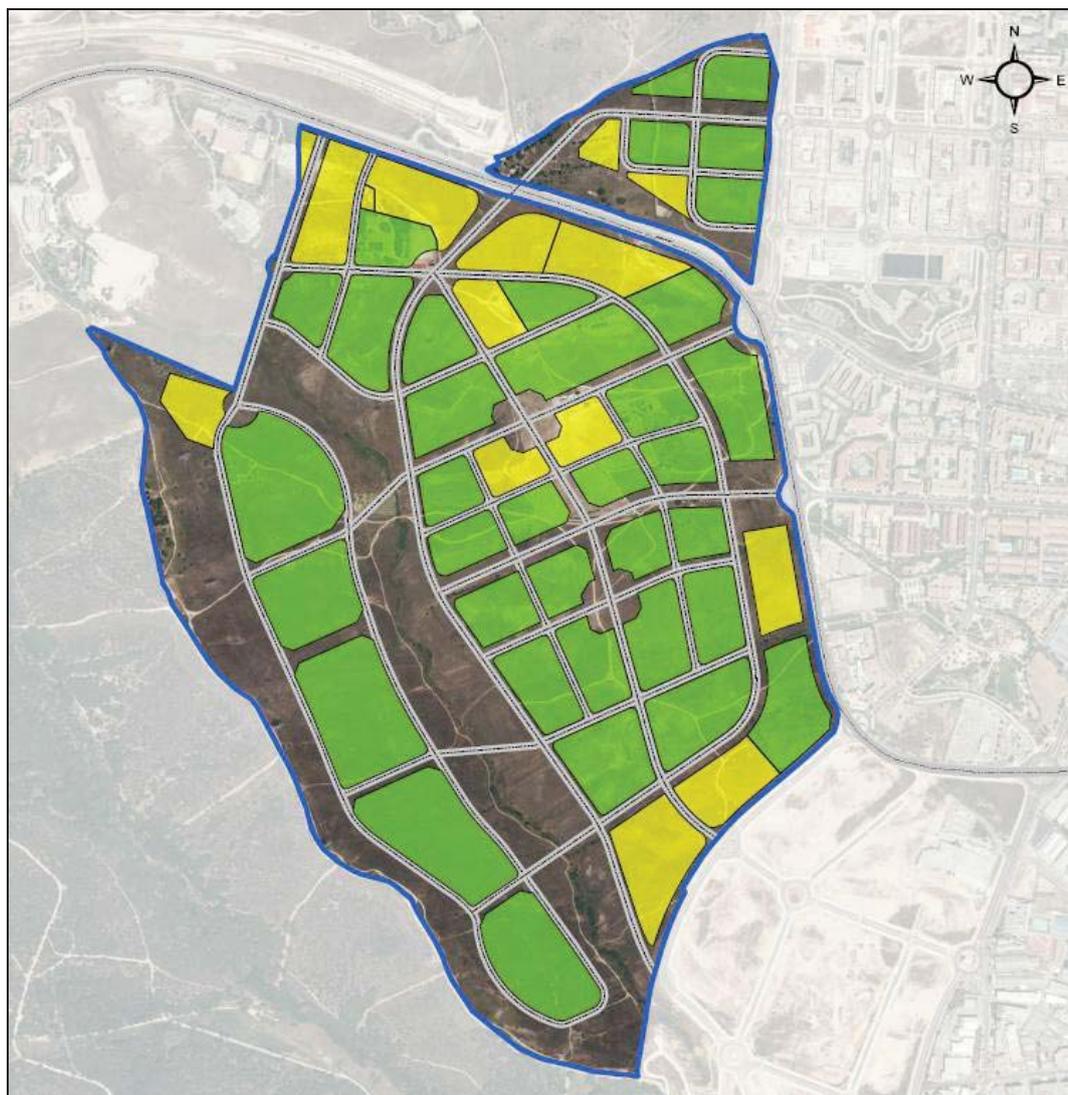


Figura 7. Zonificación acústica del Sector S-1 "Los Carriles".

La zonificación acústica del área en estudio quedaría como muestra la figura 7.

<p>Tipo a) Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Residencial. • Uso dotacional religioso, dotacional zonas verdes y otros usos incluidos en el tipo I que no requieran una especial protección contra la contaminación acústica.
<p>Tipo d) Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario (actividades terciarias) distinto del contemplado en el c).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Terciario hospedaje, terciario oficinas, terciario comercial, dotacional servicios. • Administraciones Públicas. Dotacional deportivo y Dotacional Servicios Públicos.

Tabla 2. Usos contemplados para las áreas tipo a y d.

Corresponde en este momento justificar el uso residencial establecido para la parcela RCP.7 (RCP 6) según el Informe Ambiental Estratégico de fecha 28 de julio de 2017.

Como se puede observar en la imagen siguiente, la zonificación acústica del Ayuntamiento, ha establecido en el Sector Valdelacasa, en la zona limítrofe con Los Carriles (zona Sur, parcela RCP.7), usos Tipo III (INDUSTRIAL TIPO SERVICIOS EMPRESARIALES) que eliminan la incompatibilidad entre la zona residencial de Los Carriles y la industrial de Valdecasa. Por lo tanto, se justifica la posibilidad de establecer usos residenciales (Tipo II) en la parcela señalada.



ZONIFICACIÓN ACÚSTICA

- Zona acústica I. Área de silencio
- Zona acústica II. Área levemente ruidosa
- Zona acústica III. Área tolerablemente ruidosa
- Zona acústica IV. Área ruidosa
- Zona acústica V. Área especialmente ruidosa
- Zona acústica VI. Sistemas generales infraestructuras
- Zona acústica VII. Espacios naturales y zonas tranquilas

Figura 8. Compatibilidad de usos entre el uso residencial de la parcela RCP.7 (Tipo II) y el uso industrial tipo servicios empresariales (Tipo III) del Sector SURT-3.

4. NORMATIVA, LEGISLACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

El Decreto 55/2012, de 15 de marzo, del Consejo de Gobierno, por el que se establece el régimen legal de protección contra la contaminación acústica en la Comunidad de Madrid, recoge en el artículo 2 que “el régimen jurídico aplicable en la materia (la contaminación acústica) será el definido por la legislación estatal”.

A estos efectos, el marco jurídico de aplicación para elaborar el presente estudio acústico lo constituye la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido y los Reales Decretos que la desarrollan:

- 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.
- 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.

- Real Decreto 1038/2012, de 6 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1367/2007.

A nivel Municipal existe la Ordenanza de Protección contra la Contaminación Acústica y Térmica de Alcobendas, 27 de noviembre de 2014, y define diferencias horarias con la legislación estatal.

Según el Artículo 4. Periodos horarios, apartado 1, el día se divide en tres periodos: período día constituido por 12 horas continuas de duración, comprendido entre las 8.00 y las 20.00 horas; periodo tarde, comprendido entre las 20.00 y las 22.00 horas; y período noche, entre las 22.00 y las 8.00 horas. Los intervalos horarios así definidos harán aplicable un valor de los índices de ruido determinado según las tablas correspondientes.

Según este marco legislativo, dicha Ordenanza establece en el párrafo 2 del artículo 7. Objetivos de calidad acústica para ruido y vibraciones: “*Los objetivos de calidad acústica de los niveles sonoros ambientales aplicables a los nuevos desarrollos urbanísticos están reflejados en la tabla B del apartado 1 del Anexo III de la presente Ordenanza y se evaluarán conforme a lo establecido en el apartado 2 del Anexo IV*”.

1. Tipo de Área Acústica		2. Índices de ruido		
		L _d	L _e	L _n
e	I	55	55	45
a	II	60	60	50
d	III	65	65	60
c	IV	68	68	58
b	V	70	70	60
f	VI (*1)	(*2)	(*2)	(*2)

Tabla 3. Objetivos de calidad acústica para ruido.

(*1) En estos 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 técnicas disponibles, de acuerdo con el apartado a) del artículo 18.2 de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre.

(*2) En el límite perimetral de estos sectores del territorio no se superarán los objetivos de calidad acústica para ruido aplicables al resto de áreas acústicas colindantes con ellos.

Por lo tanto, los límites que marcan los Objetivos de Calidad Acústica en el sector son:

- 60 dB(A) para día y tarde y de 50 dB(A) para el periodo de noche en la zona residencial.
- 65 dB(A) para día y tarde y de 60 dB(A) para el periodo de noche en la zona terciaria.

Respecto a las vibraciones, a continuación, se citan los aspectos relacionados con los índices y límites de inmisión de vibraciones recogidos en los documentos normativos citados.

Según el R.D. 1367/2007 en su Sección 2ª “OBJETIVOS DE CALIDAD ACÚSTICA”, el Artículo 16. *Objetivos de calidad acústica aplicables al espacio interior*, expone:

“1. (...), se establece como objetivos de calidad acústica (...) para las vibraciones, la no superación en el espacio interior de las edificaciones destinadas a vivienda, usos residenciales, hospitalarios, educativos o culturales, de los correspondientes valores de los índices de inmisión (...) de vibraciones establecidos, (...), en las tablas (...) C, del anexo II. Estos valores tendrán la consideración de valores límite”.

Según este artículo sólo son aplicables límites a los niveles de recepción de vibraciones en el interior de estancias residenciales, docentes y hospitalarias. Dichos valores límite son los siguientes:

Uso del edificio	L_{aw}
Vivienda o uso residencial	75
Hospitalario	72
Educativo o cultural	72

Tabla 4. *Objetivos de calidad acústica para vibraciones aplicables al espacio interior habitable de edificaciones destinadas a vivienda, usos residenciales, hospitalarios, educativos o culturales.*

Otros documentos de referencia son:

- H. Lamb. On the propagation of tremors over the surface of an elastic solid. Philosophical transactions of the Royal Society, London. 203, 1904, 1-42.
- D.D. Barkan. Dynamics of Bases and Foundations. McGraw-Hill. 1962.
- Jordi Romeu Garbí. Modelos semiempíricos de predicción basados en expresiones analíticas. Intevía Madrid, abril 2008.
- J. Cardona. Bases de un modelo semianalítico de predicción de la propagación de vibraciones causadas por ferrocarril, Tecniacústica 2008.
- Jordi Romeu, Andreu Balastegui, Robert arcos, Angel Sánchez. CATDBTREN project: new prediction tool of vibration impact for railway infrastructures. Euronoise 2009.
- VIBRA-1-2-3. Ziegler consultants and SBB (Swiss Rail). A software package for ground borne vibration and noise prediction.

5. ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACÚSTICA PREOPERACIONAL

5.1. Construcción del modelo de predicción

El área de estudio se caracteriza para su simulación mediante la definición de los siguientes elementos geométricos: terreno, carreteras, edificios y obstáculos. Estos elementos deben ser obtenidos de distintas fuentes de información e integrados en un solo modelo simplificado y constituyen el escenario de propagación de ruido, objeto del estudio. Los mapas de ruido en el estudio han sido calculados a una escala única de 1:2.500.

5.1.1. Terreno

El terreno se modela a partir de la cartografía disponible a escala 1:2.500, y en 3D. La cartografía facilitada del propio proyecto de urbanización, que se ha completado con cartografía tridimensional procedente del Instituto Nacional Geográfico del MDT 5, con un mallado de puntos de cota con un espaciado 5x5. Esta ha sido revisada y simplificada para su exportación al modelo de cálculo.

5.1.2. Edificación y otros obstáculos

Los edificios están definidos por su cota de la base y el número de plantas. Toda la información relativa a la edificación (alturas de los edificios, áreas de los mismos...) y usos del suelo de la zona de estudio se obtiene a partir de los datos cartográficos disponibles, y se completan con los datos proporcionados por la oficina del Catastro del Ministerio de Hacienda.

Adicionalmente, se identifican todos aquellos objetos y obstáculos que pudieran tener un efecto significativo sobre la propagación sonora, tales como muros, diques, apantallamientos, etc.

El campo sonoro es modelado teniendo en cuenta las posibles reflexiones en los diversos obstáculos existentes, descartando fuentes sonoras ubicadas a más de 1000 m del receptor considerado. Se ha limitado el número de reflexiones a un máximo de dos.

5.1.3. Meteorología

Para todas las consideraciones al respecto se tomarán los valores recomendados en la guía WG-AEN. Por defecto se tomará una temperatura de 15° C y una humedad relativa del 70%.

Además, se introduce el siguiente criterio en lo relativo a los porcentajes de ocurrencia de condiciones favorables a la propagación del ruido: período día: 50%, período tarde: 75% y período noche: 100%.

No se introducen datos relativos a direcciones de viento predominantes por no disponer de información adecuada al respecto.

5.1.4. Fuentes de ruido

Las fuentes de ruido consideradas han sido las carreteras y línea de ferrocarril, según se justifica en el punto "2.1 Fuentes de ruido". A continuación, se aportan los valores introducidos al programa de cálculo para cada una de ellas.

ID	Carretera	IMH			% Pesados			Velocidad [Km/h]	
		Día	Tarde	Noche	Día	Tarde	Noche	Ligeros	Pesados
01	M-616 (Tramo 1)	1832,2	1241,1	325,1	5,0	4,0	3,0	90	90
02	M-616 (Tramo 2)	1832,2	1241,1	325,1	5,0	4,0	3,0	70	70
03	Av. Valdelaparra (Tramo 1)	1032,2	699,3	183,1	5,0	4,0	3,0	50	50
04	Av. Valdelaparra (Tramo 2)	792,2	536,6	140,6	5,0	4,0	3,0	50	50
05	Av. Valdelaparra (Tramo 3)	903,5	612,1	160,3	5,0	4,0	3,0	50	50
06	C/ Peñalara (Tramo 1)	143,5	97,2	25,4	5,0	4,0	3,0	50	50
07	C/ Peñalara (Tramo 2)	197,8	134,0	35,1	5,0	4,0	3,0	50	50
08	C/ Peñalara (Tramo 3)	245,0	165,9	43,5	5,0	4,0	3,0	50	50
09	C/ De la Granja	1005,8	681,3	178,4	5,0	4,0	3,0	50	50
10	C/ Camino del Monte Valdelatas	971,5	658,1	172,4	5,0	4,0	3,0	50	50

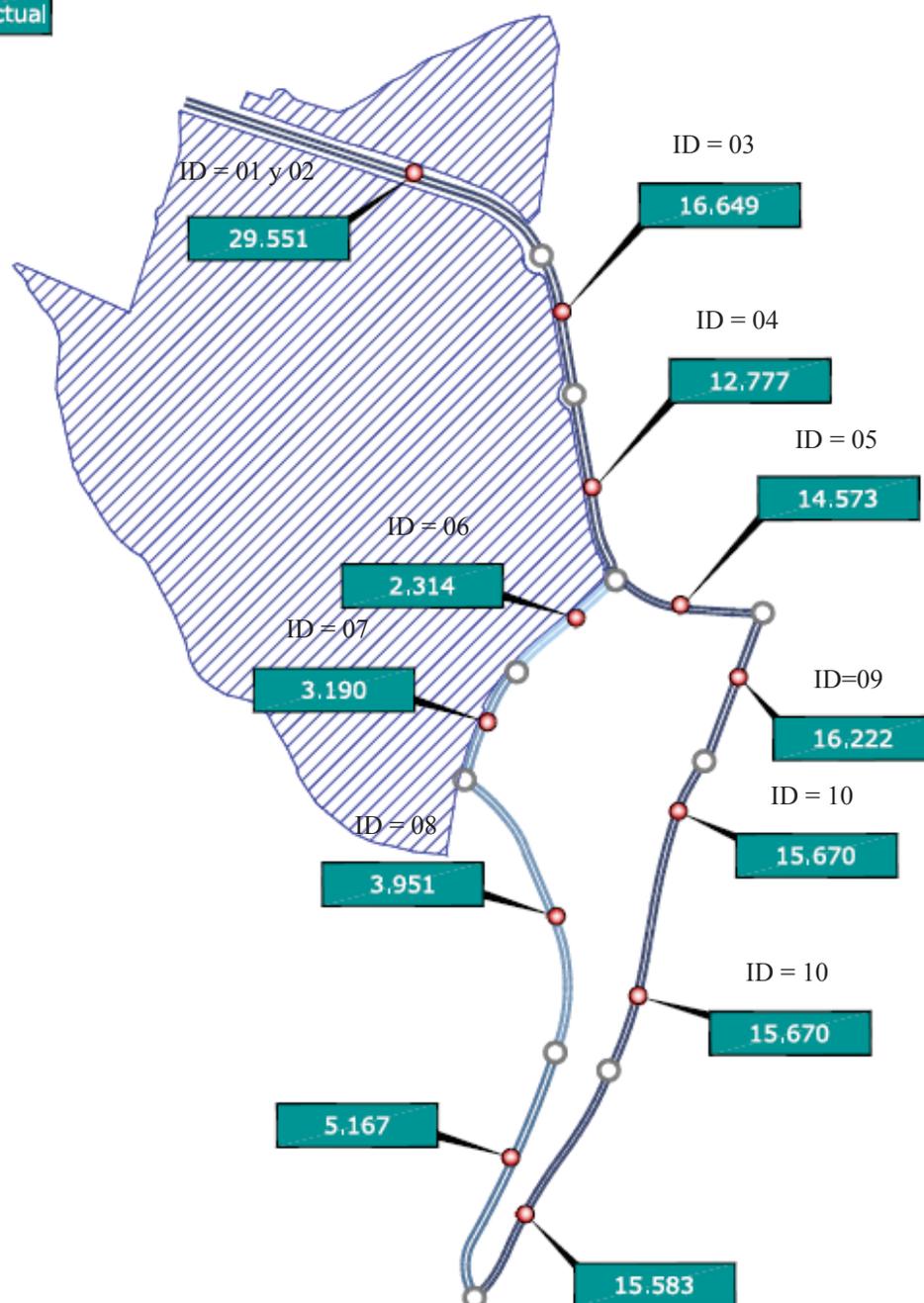
Tabla 5. Datos de tráfico rodado utilizados en las predicciones.

Ferrocarril	Circulaciones/sentido			Velocidad [Km/h]
	Día	Tarde	Noche	
Universidad P. Comillas - Valdelasfuentes	45	14	9	50

Tabla 6. Datos de tráfico ferroviario utilizados en las predicciones.

A continuación, se localiza el ID y la IMD de los tramos de carretera considerados:

Situación actual



5.1.5. Método de predicción y parámetros de las simulaciones acústicas

Los datos obtenidos de los puntos anteriores han sido implementados en bases de datos vinculadas a elementos geométricos de cartografía (Sistema de Información Geográfica, GIS).

Desde estas bases de datos los datos son exportados al software dedicado para proceder al cálculo de los mapas de propagación acústica, y que también es empleado como herramienta de salida del cartografiado acústico. En concreto, para la implementación del cartografiado acústico se emplean las siguientes herramientas:

- Software **Datakustik Cadna A XL 4.3.1**. Predicción sonora en exteriores.



- Software de gestión de Sistema de Información Geográfica (GIS) **Esri ArcVIEW 10.0**.



La herramienta fundamental de cálculo será Datakustik Cadna A, software de simulación de propagación acústica en el ambiente exterior en tres dimensiones, implementando los métodos estándares de cálculo establecidos legalmente. Los resultados son presentados como curvas isófonas en mapas horizontales o verticales.

A partir de los cálculos efectuados en el software anterior su implementación gráfica, tanto en formato papel como electrónico, se efectuará mediante la herramienta Esri ArcVIEW. Este programa facilita la edición y generación de mapas con las reseñas principales en el mapa.

En el Anexo II del Real Decreto 1513/2005 se establecen los métodos recomendados para la obtención de los índices de ruido aplicables para la cartografía acústica. Los niveles sonoros generados se refieren a un período normalizado de un año. Para el caso concreto de este estudio, los métodos a emplear serán:

- **Ruido de tráfico rodado:** modelo de cálculo nacional francés NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTU-LCPC-CSTB) recogido en el Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, Journal Officiel du 10 mai 1995, Article 6 y en la norma francesa XPS 31-133.
- **Ruido de tráfico ferroviario:** Método Nacional de cálculo de los Países Bajos, publicado como “Reken – en Meetvoorschrift Railverkeerslawaai ’96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 20 november 1996”, adaptado a lo exigido a la Directiva 2002/49/CE, recogido en el Anexo II del RD 1513/2005 que desarrolla la Ley de Ruido.
- La **propagación acústica** ha sido calculada mediante las directrices de la norma internacional ISO 9613-2: “Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 2: General method of calculation”.

5.1.6. Definición de períodos horarios

Los períodos horarios establecidos en la legislación de aplicación son:

- Período día (8:00 – 20:00 h): 12 horas.
- Período tarde (20:00h – 22:00 h): 2 horas.
- Período noche (22:00 – 8:00 h): 10 horas.

5.1.7. Índices de evaluación

De acuerdo a los límites sonoros establecidos en la legislación de aplicación, los parámetros de cálculo del modelo serán los siguientes:

- **L_d** (Nivel equivalente día): es el índice de ruido asociado a la molestia durante el período día, 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_t** (Nivel equivalente tarde): es el índice de ruido asociado a la molestia durante el período vespertino, 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** (Nivel equivalente noche): es el índice de ruido asociado a la molestia durante el período noche, 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.

Los cálculos se realizarán mediante análisis en bandas de frecuencia de octava. El espectro de emisión y propagación sonora estará definido entre 63 Hz y 8 kHz, si bien la representación de los resultados se realizará en banda ancha con ponderación frecuencial A.

5.1.8. Presentación de resultados

Los resultados del estudio se mostrarán en general de forma gráfica mediante curvas isófonas a color en 2D, representando los índices de evaluación descritos en el apartado anterior para los períodos día, tarde y noche a 4 m de altura.

La leyenda de colores empleada para la representación de los niveles sonoros es la siguiente:

Nivel sonoro (dB(A))			
	<45		60-65
	45-50		65-70
	50-55		70-75
	55-60		>75

Tabla 7. Leyenda de colores.

5.2. Mapas de isófonas preoperacionales

Los resultados del modelo preoperacional no han podido ser calibrados y validados al carecer el estudio de mediciones experimentales o mapas de ruido accesibles.

Una vez procesado el modelo se obtienen los mapas de ruido del área en la situación preoperacional. Los mapas completos de niveles globales para la situación preoperacional se pueden consultar en el Anexo I.

La carretera M-616 y Avda. Valdelaparra son el principal foco de ruido.

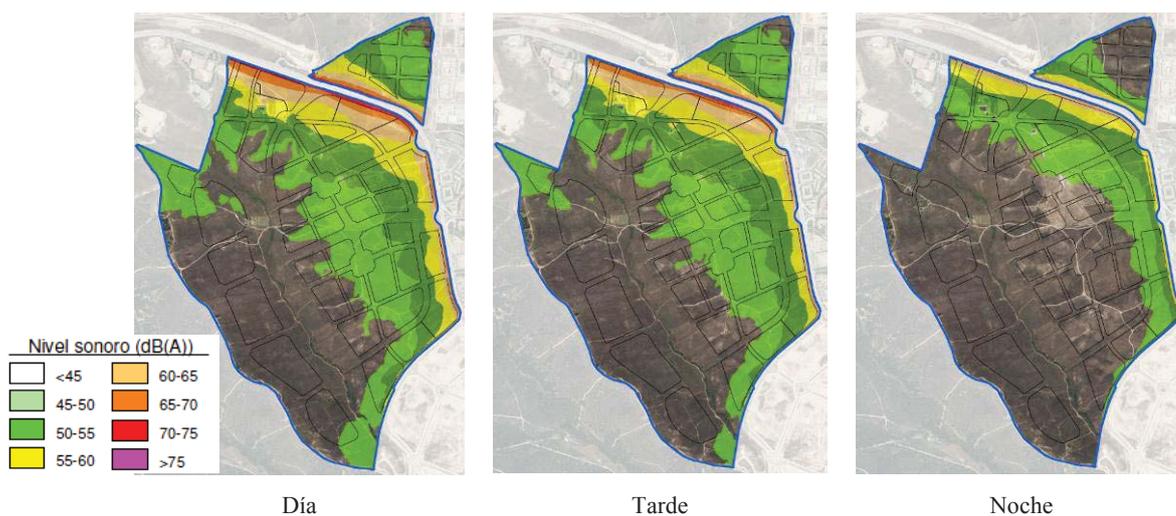


Figura 9. Mapas de ruido preoperacionales.

Durante el día y la tarde la isófono de 60 dB(A) y durante la noche la isófono de 50 dB(A), en color ocre y verde oscuro, respectivamente, superan la línea de la ordenación en su uso residencial.

Durante el día y la tarde la isófono de 65 dB(A) y durante la noche la isófono de 60 dB(A), en color naranja y ocre, respectivamente, superan la línea de la ordenación en su uso terciario.

Por lo tanto, antes del desarrollo ya existe afección acústica desde la Carretera M-616 y Avda. Valdelaparra, tanto en las aéreas de uso terciario como de uso residencial. En el futuro desarrollo urbanístico del ámbito, esta afección podría aumentar por la variación del tráfico inducido derivado de este Sector.

6. ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACÚSTICA POSTOPERACIONAL

6.1. Construcción del modelo de predicción

El modelo de predicción de ruido postoperacional se ha construido a partir del preoperacional, modificando la cartografía allí donde se prevé que cambie en el ámbito y ampliando y modificando las fuentes de ruido previstas. Los mapas completos de niveles globales para la situación postoperacional se pueden consultar en el Anexo I.

6.1.1. Terreno

La cartografía tridimensional del desarrollo en su fase postoperacional ha sido reconstruida a partir de los datos topográficos disponibles. Partiendo de la cartografía tridimensional preoperacional se han realizado modificaciones de aquellas zonas en las que el plan modificará la orografía respecto a la situación actual.

6.1.2. Edificación y otros obstáculos

Los edificios están definidos por su cota de la base y el número de plantas. Toda la información relativa a la edificación (alturas de los edificios, áreas de los mismos...) y usos del suelo de la zona de estudio se obtiene a partir de los datos cartográficos disponibles, y se completan con los datos proporcionados por la oficina del Catastro del Ministerio de Hacienda. En el interior del área estudiada, se considera que en la fase de redacción del estudio la definición de los edificios está sujeta a la distribución pormenorizada dentro de las parcelas y por lo tanto se ha considerado campo libre en la propagación acústica.

Adicionalmente, se identifican todos aquellos objetos y obstáculos que pudieran tener un efecto significativo sobre la propagación sonora, tales como muros, diques, apantallamientos, etc.

El campo sonoro es modelado teniendo en cuenta las posibles reflexiones en los diversos obstáculos existentes, descartando fuentes sonoras ubicadas a más de 1000 m del receptor considerado. Se ha limitado el número de reflexiones a un máximo de dos.

6.1.3. Fuentes de ruido

Las fuentes de ruido consideradas son diferentes a las de la situación preoperacional, considerando que el flujo de tráfico derivado del ámbito de estudio modifica sustancialmente los valores de IMH de las carreteras consideradas.

A continuación, se aportan los valores introducidos al programa de cálculo para cada una de las fuentes de ruido consideradas.

Ferrocarril	Circulaciones/sentido			Velocidad [Km/h]
	Día	Tarde	Noche	
Universidad P. Comillas - Valdelasfuentes	45	14	9	50

A continuación, se muestra la IMD considerada para el tráfico rodado (a partir del estudio de tráfico, realizado por VECTIO). El reparto de vehículos en los tramos de carretera considerados y según las franjas horarias consideradas en la Ordenanza de Ruidos de Alcobendas, es de 85%, 10% y 5%, para el día, tarde y noche, respectivamente. No se ha considerado la circulación de vehículos pesados, salvo el transporte público. La velocidad de circulación contemplada en la situación operacional es de 70 Km/h en la carretera M-616 en el primer tramo y 50 Km/h en el resto, y 50 Km/h en la Av. Valdelaparra. En el interior de sector, en todas las vías, se ha considerado una de velocidad de circulación de 40 Km/h.

En el enlace de la carretera M-616 con la Av. Valdelaparra se ha incluido un tramo en trinchera, estando soterrada la parte bajo la rotonda (que se mantiene en superficie). En la vía de servicio, atendiendo a criterios

6.1.4. Método de predicción y parámetros de las simulaciones

No hay diferencias en cuanto al método utilizado para la fase preoperacional.

6.2. Mapas de isófonas postoperacionales

La situación que debe ser tomada en cuenta para verificar el cumplimiento de los requisitos de la legislación, es una situación equivalente media a lo largo de todo el año.

En la Figura 11 se pueden ver los mapas de ruido generados para la situación prevista. Como se aprecia en la imagen, se producen superaciones de los Objetivos de Calidad Acústica. El análisis de estas superaciones se detalla en el capítulo 8. *Análisis acústico y de vibraciones*.



Día

Tarde

Noche

Figura 11. Mapas de ruido postoperacionales.

7. ESTUDIO DE VIBRACIONES

Como se ha comentado al comienzo del presente estudio, para el caso de las vibraciones no existe un modelo aceptado por la legislación para la predicción de dichos valores, por lo que se ha empleado un modelo de ingeniería semianalítico para predecir la propagación de las vibraciones provocadas por la explotación de infraestructuras ferroviarias a través del terreno.

Este modelo parte de la expresión de la propagación de ondas en el terreno desarrollada por Lamb¹ y aplicada por Barkan², y que se valida mediante medidas experimentales.

Mediante la aplicación de esta metodología se han obtenido los espectros de aceleración estimados en la fase de explotación para las condiciones de circulación actuales, en función de la distancia al trazado, del perfil geológico y topográfico, calculándose los indicadores de percepción vibratoria L_{aw} , conforme a la ISO 2631-2 y a las diferentes legislaciones aplicables.

Los resultados han sido extrapolados a todo el trazado cercano al ámbito, obteniendo unas curvas de afección vibratoria que muestran el índice de vibración límite a pie de edificio.

¹ H. Lamb. *On the propagation of tremors over the surface of an elastic solid. Philosophical transactions of the Royal Society, London.* 203, 1904, 1-42.

² D.D. Barkan. *Dynamics of Bases and Foundations.* McGraw-Hill. 1962.

7.1. Modelo de predicción

El modelo propuesto predice el nivel de vibración en un punto de interés (v_b) tomando como base la vibración de excitación de referencia (v_a), la distancia de propagación (r_b) y el coeficiente de atenuación del terreno (α).

Los coeficientes de excitación del terreno (α) y de atenuación geométrica (γ) han sido obtenidos de bibliografía contrastada a partir de los estudios geotécnicos del terreno en localizaciones similares del entorno de Alcobendas. Se ha preferido esta solución en lugar de la realización de ensayos de caracterización “in situ” debido a la dificultad de obtención de datos significativos en el entorno.

La expresión del modelo es la siguiente:

$$v_b = v_a \cdot \left(\frac{r_a}{r_b} \right)^\gamma \cdot e^{\alpha \cdot (r_a - r_b)} + K$$

Ecuación 1

Donde,

- γ es la atenuación geométrica, debida a la expansión del frente de onda.
- α es la atenuación material, debida a la disipación de energía en el seno de terreno.
- K hace referencia al comportamiento vibratorio del edificio.

El nivel de vibración de referencia, v_a a una distancia r_a , se determina de la base de datos de mediciones recabadas por CECOR, S.L. en mediciones de vibración de otros entornos ferroviarios similares.

7.1.1. Determinación de los parámetros de propagación

7.1.1.1. Atenuación geométrica

La atenuación geométrica hace referencia a la pérdida de energía debido a la expansión y aumento del radio de acción de la onda cuando ésta se aleja de la fuente, lo que provoca la distribución de la energía en una superficie mayor y, por tanto, una disminución de la intensidad de energía. Por tanto, este coeficiente dependerá del tipo de fuente considerada (puntual, infinita o finita), de su localización (en superficie o soterrada) y del tipo de ondas sísmicas que genere (superficiales o volumétricas), tomando un valor para cada una de las posibles situaciones.

Para el caso particular del ferrocarril la hipótesis correcta es la de suponerlo como una fuente de vibración multipuntual compuesta por diferentes fuentes puntuales (no correlacionadas) que representan los diferentes bogies del tren. Es por esta razón que el parámetro γ depende de la longitud del ferrocarril y de su velocidad, así como del carácter de túnel, viaducto o superficie.

Por los datos consultados en la bibliografía³ así como por experiencias anteriores de CECOR, S.L. en estudios realizados sobre ferrocarriles interurbanos similares al que circula por el tramo bajo estudio, se considerará un coeficiente de atenuación geométrica de 1,4 para vía en túnel y de 0,3 en superficie. Este valor es independiente de la frecuencia.

³ Jordi Romeo Garbí “Modelos semiempíricos de predicción basados en expresiones analíticas”. Intevia Madrid, Abril 2008

7.1.1.2. Atenuación material α

La atenuación material α , es el otro fenómeno por el que el nivel de vibración disminuye con la distancia a la fuente y hace referencia a la atenuación causada por la fricción y cohesión entre las partículas del terreno debido al comportamiento visco-elástico de éste.

El coeficiente de atenuación material, expresado en unidades de m^{-1} , se representa mediante la expresión siguiente:

$$\alpha = \frac{\delta \cdot f}{c_R}$$

Ecuación 2

Donde,

- δ es el amortiguamiento interno del terreno, también llamado decremento logarítmico
- f es la frecuencia (Hz)
- c_R es la velocidad de fase de la onda de Rayleigh

Los datos presentes en bibliografía respecto al valor de este parámetro son muy variables, por lo que se establece una clasificación de los terrenos desde el punto de vista de su comportamiento frente a la propagación, y a la definición de un procedimiento experimental de cálculo del amortiguamiento para cada tipología de terreno. Véase un ejemplo de clasificación de terrenos por sus características mecánicas en la siguiente figura:

Soil class	Wave speed ¹ [m/s]	Loss factor (η)	Density [kg/m ³]
Rock	3500	0.01	2.65
Sand, silt, gravel, loess	600	0.1	1.6
Clay, clayey soil	1500	0.1-0.2 ²	1.7

1) Longitudinal wave speed.

2) A conservative value since the factor can be as high as 0.5, but such a high value should be used with caution.

Tabla 8: Propiedades de propagación de onda para suelos típicos [Ungar y Bender, 1975].

Por los datos consultados, así como por experiencias anteriores de CECOR, S.L. en estudios realizados sobre terrenos de similar composición a la del tramo en evaluación, se considerará un coeficiente de atenuación material de 0,02 para toda la longitud del trazado.

7.1.2. Índices de evaluación

De acuerdo a los límites de vibraciones establecidos en la legislación de aplicación, los índices de evaluación a calcular en el modelo serán los siguientes:

- L_{aw} (Índice de vibración): el índice de vibración asociado a la molestia, o a los efectos nocivos, producidos por vibraciones, también conocido como Maximum Transient Vibration Value (MTVV), y definido en la norma ISO 2631-1:1997.

7.2. Predicción de niveles: Resultados

A partir de los niveles de excitación disponibles en la base de datos para este tipo de ferrocarril de cercanías, así como de la caracterización del terreno teórica realizada a partir del estudio geológico facilitado, se procede al cálculo de los niveles de vibración conforme a la metodología descrita en el apartado anterior. Este escenario debería satisfacer los Objetivos de Calidad Acústica para vibraciones en el interior de edificios, definidos en la Tabla V del Decreto 6/2012, aunque como ya se ha dicho los valores de vibración son calculados a pie de edificio y no en su interior.

En los gráficos siguientes se muestran los resultados de la predicción del nivel de vibraciones en función de la distancia en vía en túnel y vía en superficie, y para la velocidad de circulación del ferrocarril de 100 km/h (velocidad sobreestimada), así como los límites aplicables según el uso docente o residencial.

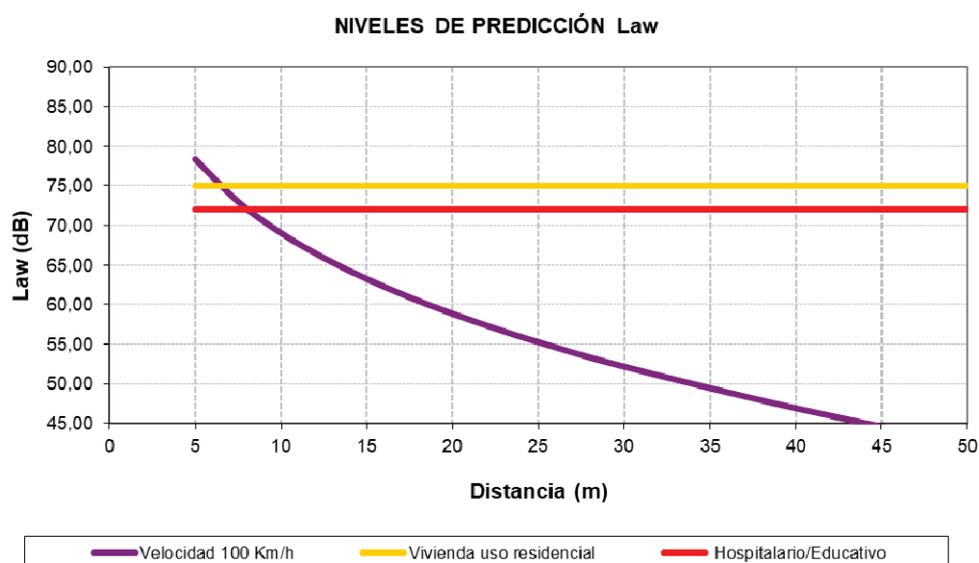


Figura 12: Niveles de predicción de vibraciones en túnel (100 km/h).

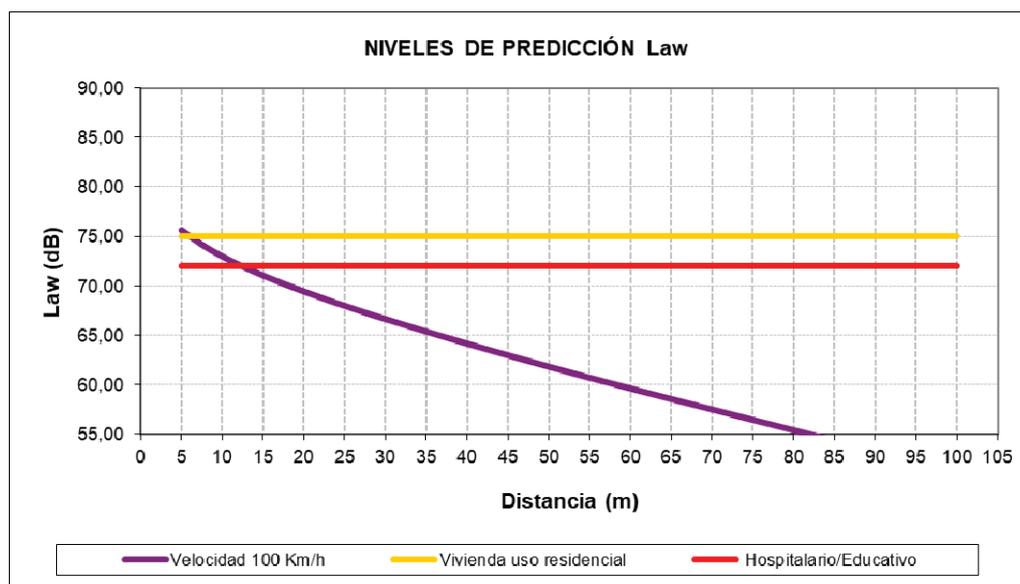


Figura 13: Niveles de predicción de vibraciones en superficie (100 km/h).

Como se observa en los gráficos anteriores, los valores L_{aw} que se han estimado a partir de la metodología descrita indican la distancia mínima del centro de la vía a partir de la cual han de encontrarse los edificios residenciales/administrativos o culturales/religiosos para no superarse los niveles máximos permitidos.

La predicción arroja niveles de vibración mayor cuanto mayor es la velocidad de circulación. Desde el punto de vista de la seguridad se han calculado para la velocidad de circulación máxima de 100 km/h:

TRAMO	UMBRAL DE AFECCIÓN (m)
	100 km/h
Túnel	6,4 m
Superficie	7,5 m

Tabla 9: Distancia mínima a infraestructura para evitar afección vibratoria.

La distancia mínima del trazado de la línea del ferrocarril para edificios residenciales es de 7,5 metros para las vías en superficie. Esta distancia se reduce a 6,4 metros en túneles.

Se han trazado un buffer desde el centro de la línea férrea con las diferentes distancias en función de la tipología de la vía (túnel o superficie) para determinar si hay parcelas del ámbito que pudieran estar afectadas.

En el Anexo Planos (Serie 7) se ha representado un buffer en torno a la línea férrea con las distancias en cada caso (superficie y túnel). En la parte del túnel, la vía circula a una profundidad de 16 metros, por lo que la afección no llega a la superficie.

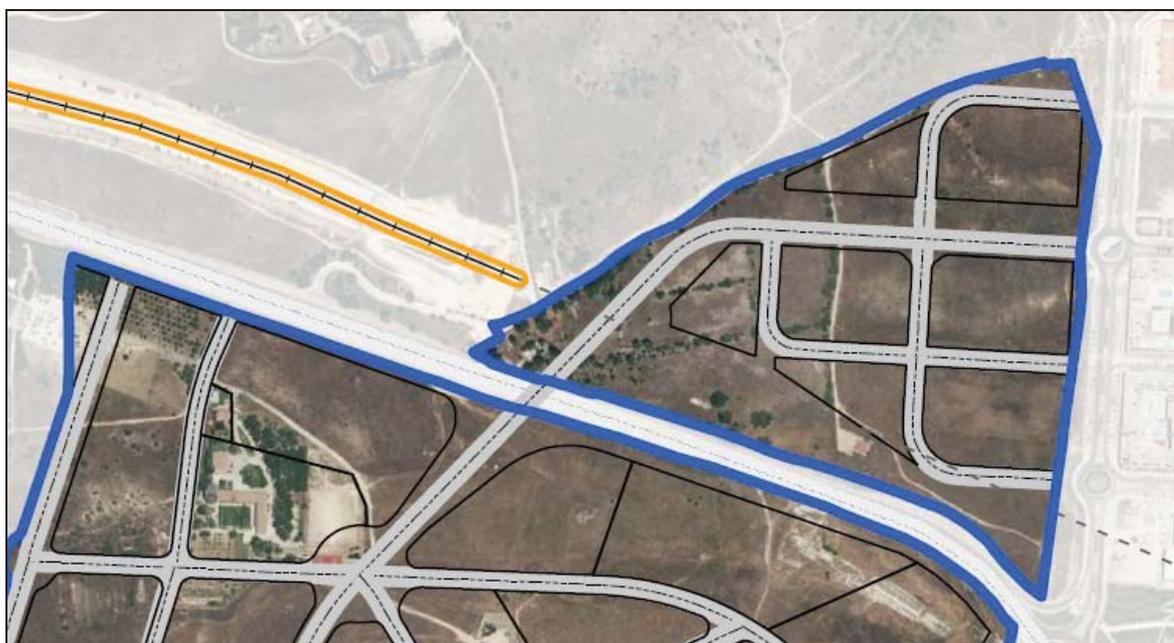


Figura 14: Buffer de afección vibratoria en el entorno del ámbito.

Atendiendo al nivel acústico de las isófonas, se puede trazar un mapa de conflicto, con las áreas del territorio en las que se incumplen los OCAs según el uso previsto. En la siguiente figura hay una captura de este plano, el cual se ha adjuntado en el Anexo. Planos:

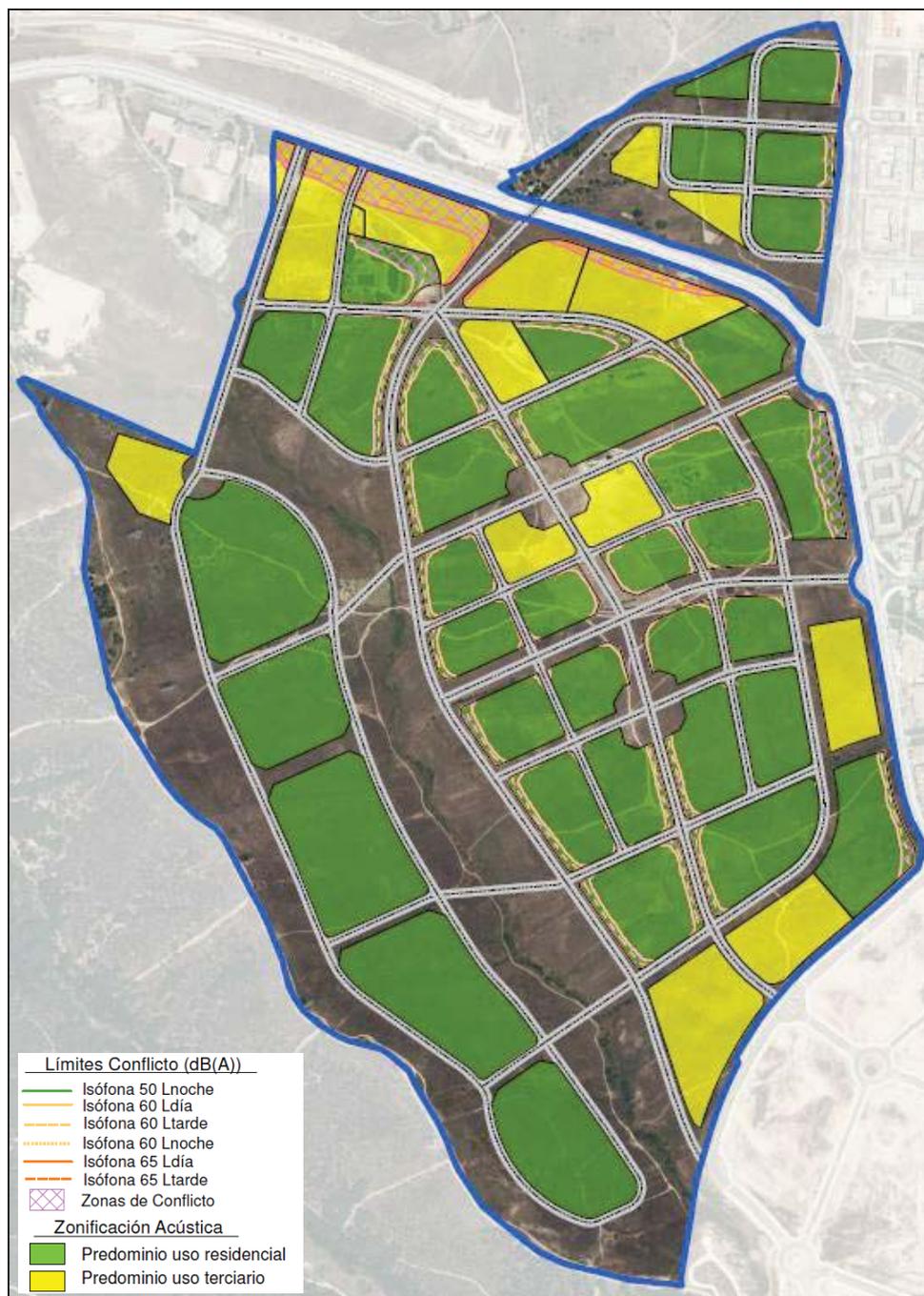


Figura 17. Área de conflicto frente a ordenamiento de usos.

Atendiendo a los mapas de conflicto, además de los conflictos en las parcelas edificables residenciales ya citados, el resto de las superaciones no son apreciables, y además si se atiende al uso de habitabilidad en los periodos diurno y vespertino, los incumplimientos son muy limitados a las zonas más próximas a las carreteras.

En lo referente a vibraciones **no se espera que se superen los límites de vibraciones en ningún punto del ámbito, teniendo en cuenta las vibraciones a nivel del suelo actual.**

Hay que tener en cuenta que, si a la hora de profundizar en el terreno para construir las cimentaciones y garajes de los edificios sobre el túnel se llegara a sus proximidades, se podría entrar en conflicto con zonas de superación de los niveles de vibraciones. Una vez que el edificio llega a las proximidades de la zona límite de vibraciones, la transmisión de vibraciones cambia, al ser los materiales del edificio muy diferentes a los del terreno en lo referente a rigidez y amortiguamiento.

Al igual que en el caso de la predicción por el terreno, es muy complejo predecir cuál será el comportamiento vibratorio del edificio proyectado. La solución que se adopta en estos casos es la realización de mediciones vibratorias durante la fase completa de proyecto, ejecución y finalización de los edificios en entornos de túneles, con el fin de detectar si se podrían llegar a superar los límites y poder tomar medidas correctoras en la estructura del edificio.

9. MEDIDAS CORRECTORAS

9.1. Contaminación acústica

El método de evaluación empleado para la elaboración del presente estudio acústico está basado en una metodología internacionalmente aceptada por la norma ISO 9613-2, en la que se declara que la incertidumbre asociada al método son 3 dB(A). Además, a día de hoy existen múltiples variables de los datos de entrada al modelo de cálculo que pueden ser objeto de variaciones, como las cotas de terreno o los datos de tráfico. Las superaciones en las parcelas próximas a los viales principales son en todos los casos menores a los 3 dB(A) y por lo tanto están dentro del rango de incertidumbre del método, y por lo tanto podrían estar realmente afectadas o no, por encontrarse en una zona de indefinición. Al trasladar esas superaciones a los proyectos futuros de urbanización y edificación, no se pretende posponer el problema, sino de contar con más capacidad de tener el verdadero problema acotado y conocer exactamente su definición con datos más precisos e incluso con mediciones acústicas experimentales.

En todos los casos lo que sí se asegura es que estas superaciones se producirían en unos espacios de territorio muy pequeños y por unos valores muy bajos, por lo que sería posible su mejora mediante el retranqueo de las edificaciones o mediante un ligero aumento en el aislamiento de las fachadas para que se garantice el cumplimiento de los OCAs al espacio interior de los edificios en función del uso y distribución de las estancias de las viviendas de modo que las menos sensibles al ruido se sitúen en las fachadas más ruidosas. En las fachadas más tranquilas deberían ubicarse los usos sensibles (dormitorios), dejando la fachada más expuesta de los viales para usos habitables (cocinas, baños y cuartos de estar).

En particular, en la parcela de uso residencial situada al noreste (RCP-PL.3), en el enlace entre la carretera M-616 y la Avenida de Valdelaparra, la superación es mayor. Por lo tanto, en este caso concreto se recomienda la instalación de una pantalla acústica, dique o cualquier otra medida acústicamente equivalente que garantice el cumplimiento de los OCAs en dicha parcela o al menos reduzca el área de conflicto en el caso de establecer un mejor aprovechamiento de la parcela. En las simulaciones acústicas realizadas en el presente estudio se determina que una pantalla acústica (por ejemplo, de metacrilato para minimizar el impacto visual) de 2,5 metros de altura y 300 metros de longitud, minimizaría el área de conflicto.

Y en las parcelas de uso terciario situadas al norte, próximas a la carretera M-616 la superación, también es mayor. Por lo tanto, en este caso concreto se recomienda la colocación de una pantalla acústica, dique o cualquier otra medida acústicamente equivalente que garantice el cumplimiento de los OCAs en dichas parcelas. En las simulaciones acústicas realizadas en el presente estudio se determina que una pantalla acústica (por ejemplo, de metacrilato para minimizar el impacto visual) de 3 y 2,5 metros de altura (sobre la cota de la plataforma de la carretera), y 450 y 420 metros de longitud, en las parcelas de la izquierda y derecha, respectivamente, solventaría el área de conflicto.

Se han implementado estas pantallas acústicas en el modelo de predicción acústica y se ha comprobado su efectividad. En la serie de planos 5 del anexo se muestran los mapas de isófonas de la situación postoperacional con medidas correctoras. En la siguiente figura se puede observar un detalle de la zona Norte del ámbito con estas pantallas acústicas en las dos localizaciones antes comentadas:



Figura 18. Detalle zonas de conflicto acústico M-616 con medidas correctoras.

Posteriormente se han vuelto a calcular los conflictos acústicos (Plano 6 del Anexo). Se puede observar como la pantalla acústica situada más al norte que protege a las parcelas terciarias, reduce totalmente el problema y ya no se presenta ningún conflicto en estas parcelas.

En el caso de la parcela RCP.PL-3 el área de conflicto se reduce drásticamente. En este caso se debería hacer un pequeño retranqueo (menor de 15 metros) del edificio para evitar esta zona, que tendrá que tenerse en cuenta en los proyectos de edificación.

No se estima conveniente aumentar la altura de las pantallas para mejorar esta distancia de retranqueo, debido al elevado coste asociado.



Figura 19. Área de conflicto frente a ordenamiento de usos con y sin medidas correctoras.

En la tabla siguiente se muestran las características de las pantallas acústicas proyectadas, que han sido optimizadas en longitud y altura para optimizar su relación efectividad/coste, así como en su ubicación, para conseguir la máxima efectividad y el menor impacto visual y económico en el proyecto:

ID	Parcelas protegidas	Altura (m)	Longitud (m)	Presupuesto	Aislamiento (DL _R)	Absorción (DL _α)
1	EQG.1 - EQG.2	3,0	431,0	258.600 €	24 dB (B-3)	11 dB (A-4)
2	EQG.3 - TC.2	2,5	423,0	211.500 €		
3	RCP.PL.3	2,5	304,0	152.000 €		
TOTAL			1.158,0	622.100 €		

Tabla 10: Pantallas acústicas, costes y características.

En lo que respecta a aislamiento se recomienda exigir el máximo a todas ellas, que es superior a 24 dB (Clase B3). En absorción acústica el máximo es superior a 11 dB (Clase A-4), que corresponde a una pantalla completamente absorbente. La absorción siempre se refiere a la cara de la pantalla expuesta al tráfico. Es recomendable utilizar este tipo de pantallas cuando el efecto reflectante puede afectar a viviendas en el lado

contrario de la vía, o cuando se instalan pantallas enfrentadas, para evitar efectos de resonancia por múltiple reflexión.

El coste total de las pantallas ha sido calculado a partir de un coste fijo de 200 €/m², que es el que se ha utilizado como referencia en la elaboración de la segunda fase de los Mapas Estratégicos de carreteras del Estado (Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento). Este coste se considera un techo de gasto, ya que es factible reducirlo en cada caso específico.

Respecto a la velocidad de circulación en los viales interiores del Sector, se ha planteado una velocidad de circulación de 40 km/h, la cual ha sido optimizada para reducir al máximo el nivel de emisión acústica de los vehículos teniendo en cuenta, para las IMDs consideradas, la situación de compromiso entre el ruido motor y ruido de rodadura.

Así pues, respetando la velocidad de circulación indicada tanto en vehículos ligeros como con los vehículos pesados, la colocación de un asfalto fonoreductor se descarta por su baja eficacia. No obstante, en el supuesto caso en el cual no se pueda garantizar dicha velocidad de circulación, y ésta sea superior en algún vial, si se recomienda la colocación de asfalto fonoreductor.

En la carretera M-616, se plantea la reducción de velocidad de 90 Km/h a 70 Km/h en el tramo que linda con el Sector por el norte.

Finalmente se propone la restricción de la circulación de vehículos pesados (a excepción del transporte público) en horario nocturno.

A continuación, se resumen las medidas correctoras propuestas para el Sector S-1 “Los Carriles”:

- Limitación de la velocidad en los viarios interiores a 40 km/h.
- Limitación de la velocidad en el tramo de la M-616 que delimita el Sector por el Norte a 70 km/h.
- Restricción de la circulación de vehículos pesados (a excepción del transporte público) en horario nocturno.
- Pantallas acústicas o cualquier otra medida acústicamente equivalente que garantice el cumplimiento de los OCAs en las parcelas enfrentadas a la M-616.
- Pantallas acústicas, caballones o cualquier otra medida acústicamente equivalente que garantice el cumplimiento de los OCAs en las parcelas enfrentadas a la Avda. de Valdelaparra.
- Los proyectos de edificación de las manzanas del interior del Sector en los que exista conflicto acústico deberán garantizar un adecuado aislamiento acústico en sus fachadas de manera que se garantice el cumplimiento de los OCAs al espacio interior de los edificios en función del uso.
- Distribución de las estancias de las viviendas de modo que las menos sensibles al ruido se sitúen en las fachadas más ruidosas.

9.2. Contaminación vibratoria

Los proyectos de urbanización y edificación deben prever las medidas correctoras necesarias de forma que se garantice el cumplimiento de los niveles de percepción vibratoria legalmente establecidos para el ambiente interior de los edificios.

Igualmente, todos los proyectos de urbanización y de los edificios, en los casos en que se encuentren total o parcialmente a menos de 70 m de la arista exterior más próxima de la plataforma ferroviaria, tal como la define la Ley 39/2003, de 17 de noviembre, del Sector Ferroviario, deben incluir un estudio específico de nivel vibraciones producidas por el ferrocarril, en el ambiente interior de dichos edificios, así como de las medidas adoptadas por el proyecto que aseguren que el índice de percepción vibratoria dentro de la edificación, no supera el permitido por la normativa sectorial vigente.

Ante la carencia de modelos de predicción técnicamente viables se recomienda la realización de monitoreos de vibraciones y ruido en la fase de proyecto y construcción, de forma que se puedan anticipar los problemas y que puedan solucionarse antes de la finalización de los edificios. Además, será preceptivo realizar

mediciones vibratorias y acústicas previas a la ocupación en los edificios más cercanos al área de afección vibratoria.

Aparte de las citadas, no se contemplan otras medidas correctoras de protección contra las vibraciones, debido a que no se esperan superaciones en los niveles máximos permitidos.

10. CONCLUSIONES

El presente estudio acústico y de vibraciones para el Plan Parcial del Sector S-1 “Los Carriles” se ha elaborado de acuerdo con lo estipulado en la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, los Reales Decretos de desarrollo y la Ordenanza de Protección contra la Contaminación Acústica y Térmica de Alcobendas, de 27 de noviembre de 2014, considerando alcanzados los objetivos planteados inicialmente, así como los establecidos en la legislación vigente.

El estudio acústico se ha realizado mediante modelos de predicción acústica analizando dos escenarios: uno preoperacional que contempla la situación acústica actual y otro postoperacional, que contempla las modificaciones topográficas y funcionales del ámbito, y que refleja los niveles de emisión de ruido previstos para la situación de urbanización prevista.

El estudio de vibraciones se ha realizado mediante métodos de predicción semiempíricos que, aunque no se reflejan en la normativa, sí están mayoritariamente aceptados.

Los usos considerados para el Sector han sido residencial y terciario (tipo de área acústica a y d, respectivamente). Los límites que marcan los Objetivos de Calidad Acústica en las parcelas de uso residencial son 60 dB(A) para día y tarde y 50 dB(A) para el periodo de noche. En las parcelas de uso terciario son 65 dB(A) para día y tarde y 60 dB(A) para el periodo de noche.

El límite de vibraciones según el parámetro L_{aw} es de 75 dB para áreas residenciales.

Tras analizar los Mapas de Ruido resultantes para los periodos día, tarde y noche, así como los mapas de conflicto, se ha comprobado que existen ligeras superaciones de los OCAs en las parcelas próximas a las vías de alta capacidad de tráfico rodado, en las que deberían contemplarse las siguientes medidas correctoras durante el proyecto de urbanización:

- Limitación de la velocidad en los viarios interiores a 40 km/h.
- Limitación de la velocidad en el tramo de la M-616 que delimita el Sector por el Norte a 70 km/h.
- Restricción de la circulación de vehículos pesados (a excepción del transporte público) en horario nocturno.
- Pantallas acústicas o cualquier otra medida acústicamente equivalente que garantice el cumplimiento de los OCAs en las parcelas enfrentadas a la M-616.
- Pantallas acústicas, caballones o cualquier otra medida acústicamente equivalente que garantice el cumplimiento de los OCAs en las parcelas enfrentadas a la Avda. de Valdelaparra.
- Los proyectos de edificación de las manzanas del interior del Sector en los que exista conflicto acústico deberán garantizar un adecuado aislamiento acústico en sus fachadas de manera que se garantice el cumplimiento de los OCAs al espacio interior de los edificios en función del uso.
- Distribución de las estancias de las viviendas de modo que las menos sensibles al ruido se sitúen en las fachadas más ruidosas.

En caso de superación de los OCAs en la fachada de los edificios, se deberá garantizar que en el ambiente interior de la vivienda se cumplen dichos objetivos en todo momento. Los proyectos de edificación deben garantizar que se cumplen los OCAs incluyendo un aislamiento acústico de fachadas suficiente, dando cumplimiento al código técnico de la edificación en su documento HR (CTE-DB-HR). Este nivel de aislamiento será función del nivel de ruido esperado en la fachada para el periodo día.

En lo que respecta a las vibraciones, la zona de afección de la línea de ferrocarril al norte del ámbito, no interactúa con el ámbito. En todo caso se recomienda la realización de estudios y mediciones específicas en los proyectos de edificación y durante la construcción en las parcelas residenciales más al norte del ámbito.

En Alcobendas, septiembre de 2017

Por ARNAIZ Arquitectos, S.L.P.



Fdo.: D. Leopoldo Arnaiz Eguren
Colegiado COAM N° 3.208

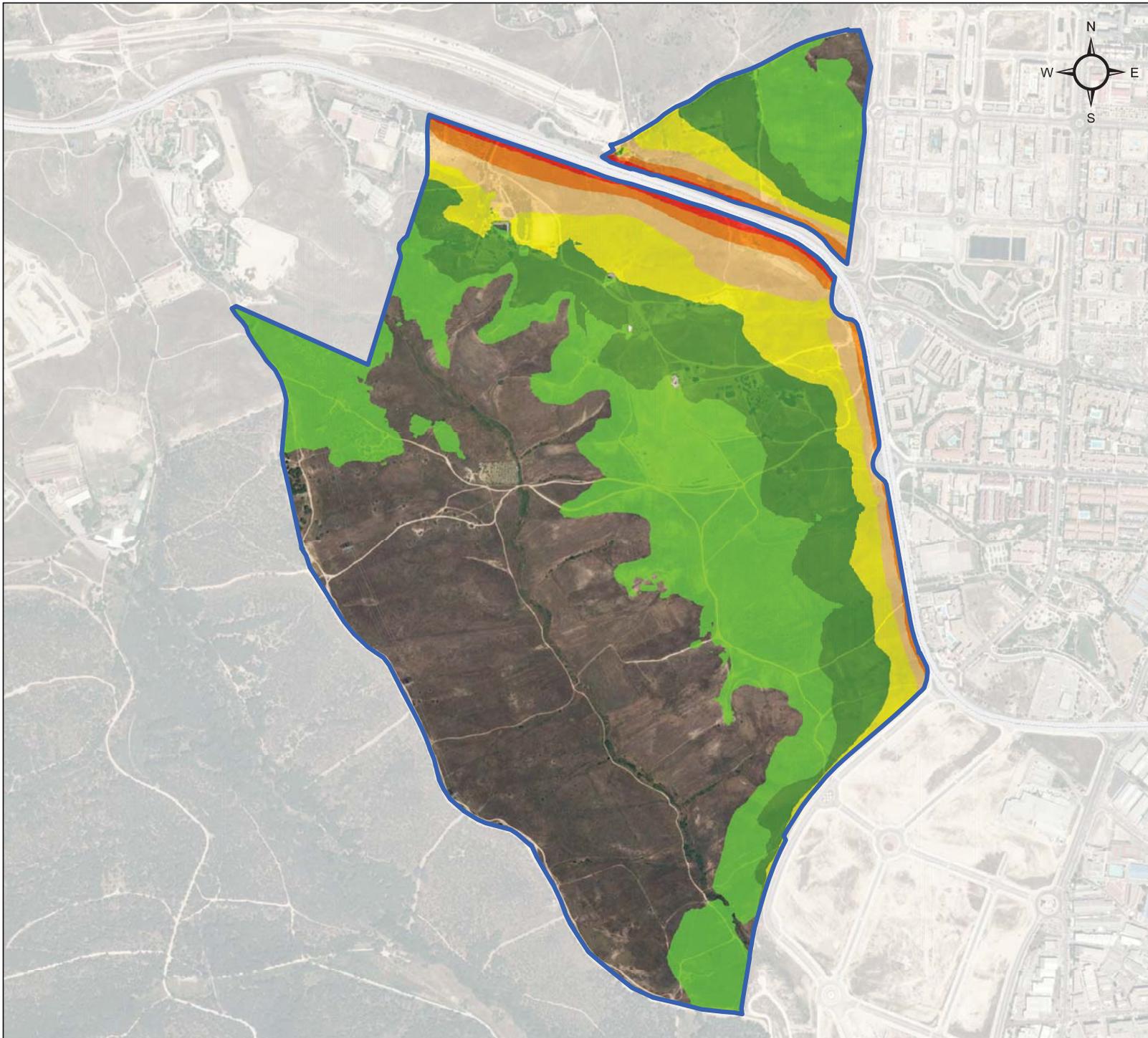
Fdo.: D. Luis Arnaiz Rebollo
Colegiado COAM N° 18.940

Por CECOR, S.L.

Alberto Hernández Martín
Ingeniero Industrial
DNI.: 52414326V

ANEXO. PLANOS:

- Mapas de exposición acústica ambiental preoperacional día, tarde y noche.
- Mapas de zonificación acústica.
- Mapas de exposición acústica ambiental postoperacional día, tarde y noche.
- Mapa de conflicto acústico postoperacional con líneas de isófonas máxima día, tarde y noche.
- Mapas de exposición acústica ambiental postoperacional con medidas correctoras día, tarde y noche.
- Mapa de conflicto acústico postoperacional con medidas correctoras con líneas de isófonas máxima día, tarde y noche.
- Mapa de afección vibratoria.



Legenda

Proyecto	Ld	
	Nivel sonoro (dB(A))	
		<math><45</math>
		45-50
		50-55
		55-60
		60-65
		65-70
		70-75
		>75
		Límite de ámbito de estudio
		Pantalla acústica

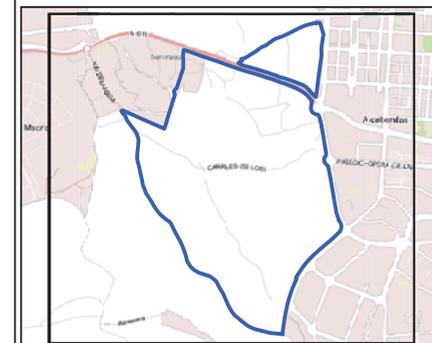
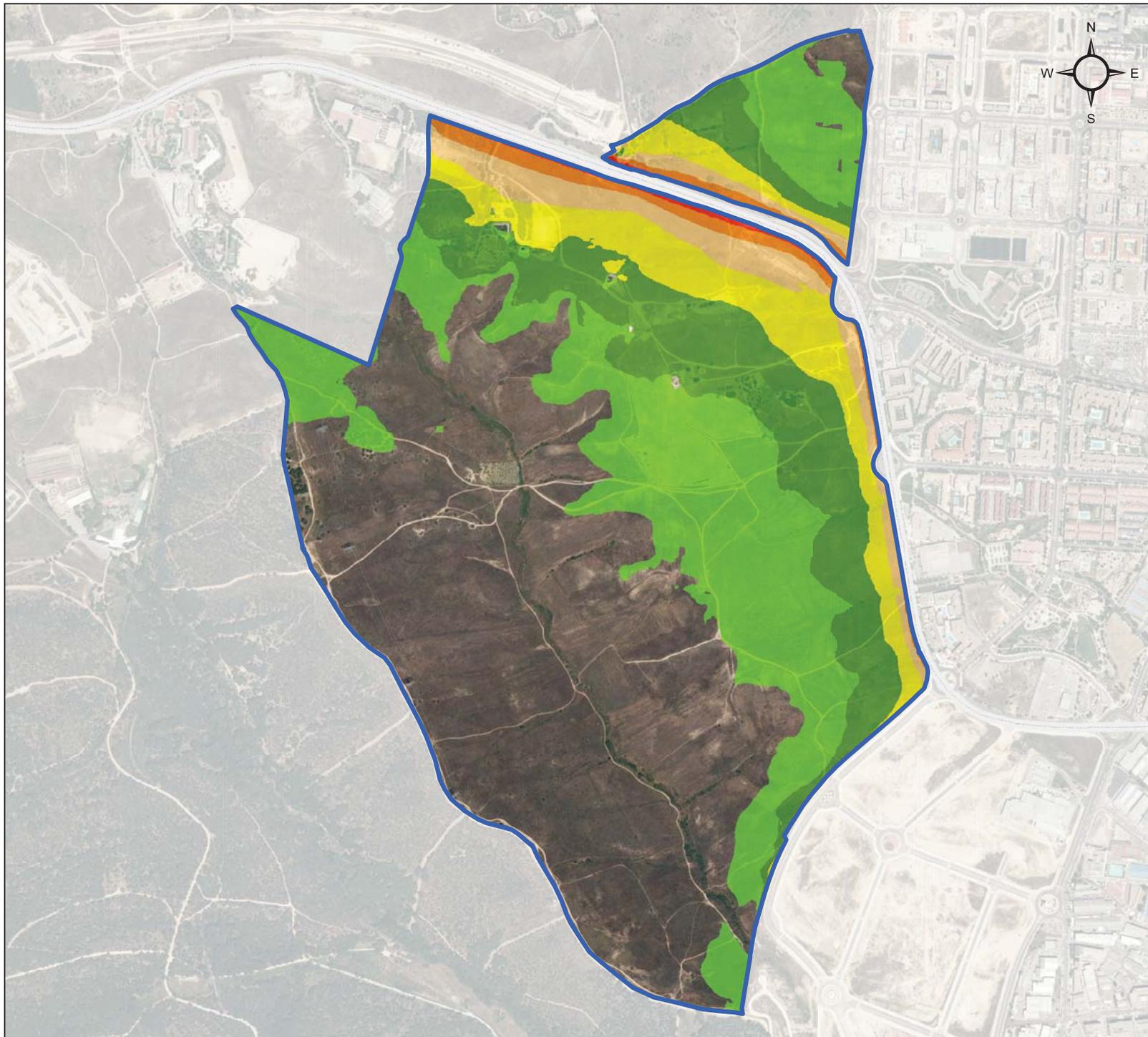
Título del Proyecto: Estudio acústico para el sector "Los Carriles" Alcobendas

Título del Plano: Escenario preoperacional para el período día

Plano nº: EA15/015-1.1	Escala: 1:9.000	Fecha: Septiembre 2017	Código Proyecto: EA15/015		
Hoja: 1	Coordenadas: UTM ETRS 1989				
Rev:	Fecha:	Descripción:	Dibujado:	Comprobado:	Aprobado:
1	05/05/2015		PB	AH	GC
2	09/06/2016		JR	AH	GC
3	07/09/2017		JR	AH	GC

Promotor:
Asociación Administrativa de Cooperación "Los Carriles"





Legenda

Proyecto	Le	
	Nivel sonoro (dB(A))	
		<math>< 45</math>
		45-50
		50-55
		55-60
		60-65
		65-70
		70-75
		>75
		Límite de ámbito de estudio
		Pantalla acústica

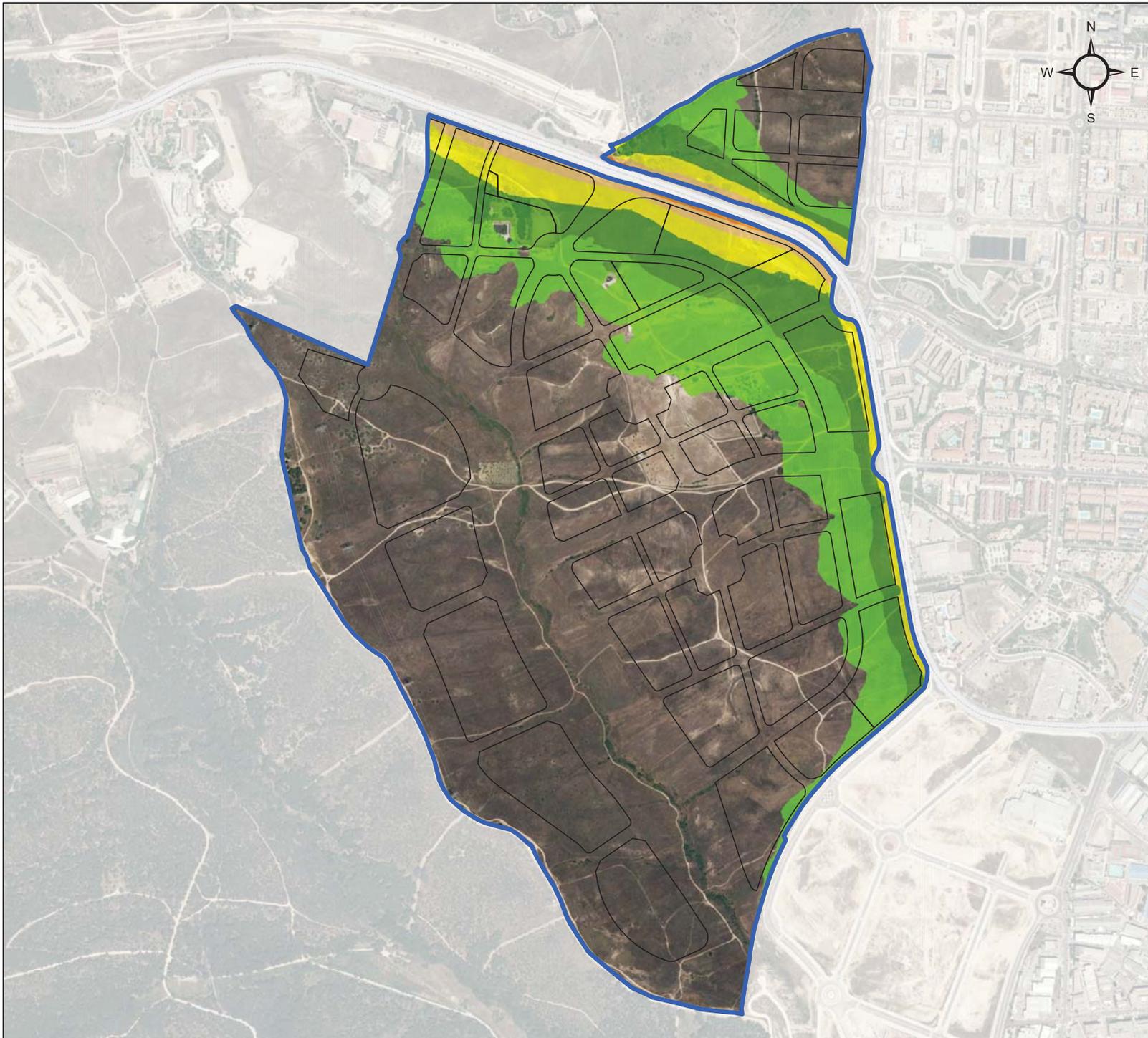
Título del Proyecto: Estudio acústico para el sector "Los Carriles" Alcobendas

Título del Plano: Escenario preoperacional para el período tarde

Plano nº: EA15/015-1.2	Escala: 1:9.000	Fecha: Septiembre 2017	Código Proyecto: EA15/015		
Hoja: 1	Coordenadas: UTM ETRS 1989				
Rev:	Fecha:	Descripción:	Dibujado:	Comprobado:	Aprobado:
1	05/05/2015		PB	AH	GC
2	09/06/2016		JR	AH	GC
3	07/09/2017		JR	AH	GC

Promotor:
Asociación Administrativa de
Cooperación "Los Carriles"





Legenda

Proyecto	Ln	
	Nivel sonoro (dB(A))	
		<45
		45-50
		50-55
		55-60
		60-65
		65-70
		70-75
		>75
		Límite de ámbito de estudio
		Pantalla acústica

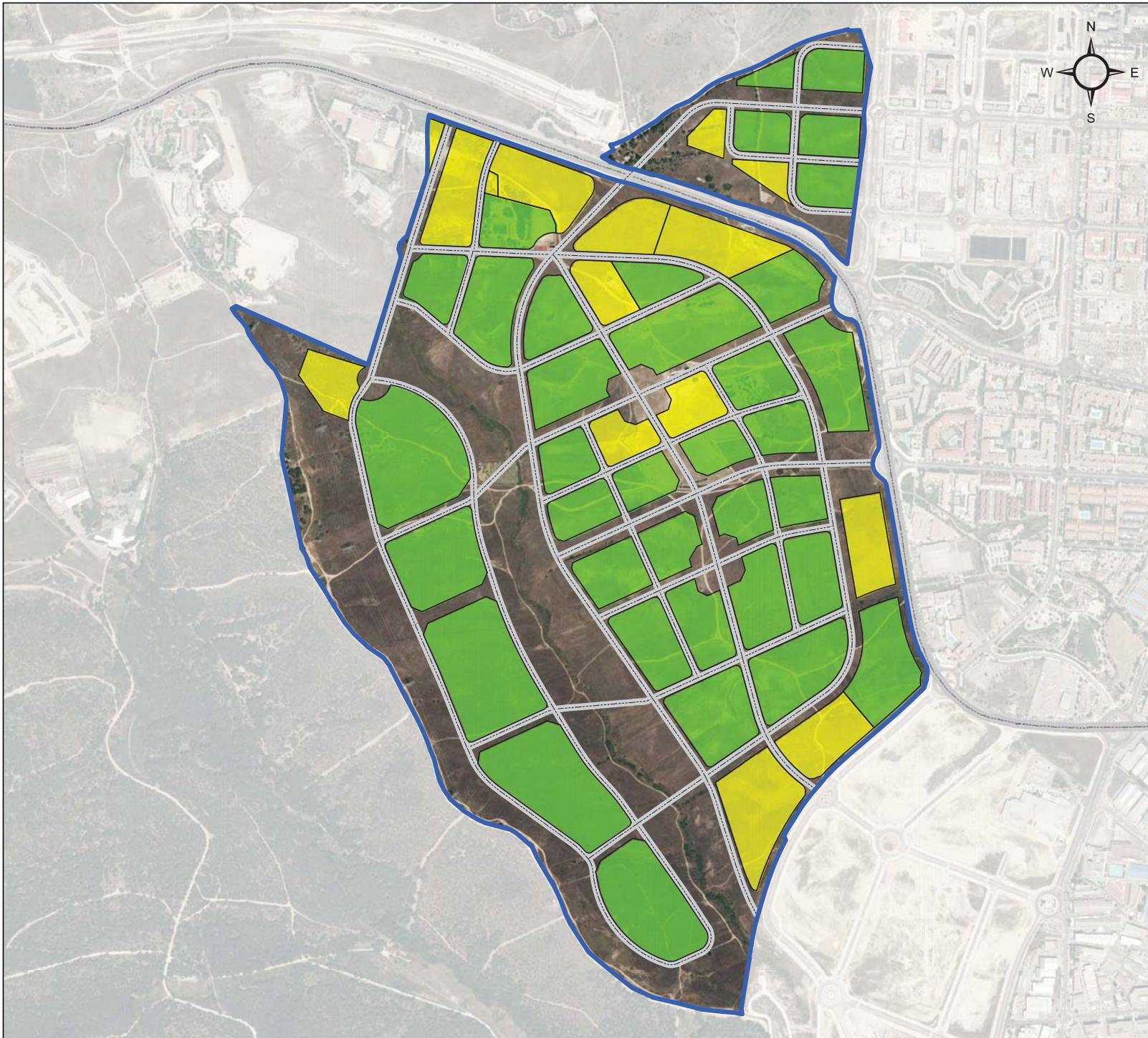
Título del Proyecto: Estudio acústico para el sector "Los Carriles" Alcobendas

Título del Plano: Escenario preoperacional para el período noche

Plano nº: EA15/015-1.3	Escala: 1:9.000	Fecha: Septiembre 2017	Código Proyecto: EA15/015		
Hoja: 1	Coordenadas: UTM ETRS 1989				
Rev:	Fecha:	Descripción:	Dibujado:	Comprobado:	Aprobado:
1	05/05/2015		PB	AH	GC
2	09/06/2016		JR	AH	GC
3	07/09/2017		JR	AH	GC

Promotor:
Asociación Administrativa de Cooperación "Los Carriles"





Legenda

Proyecto	Zonificación Acústica	
		Tipo a) Sector del territorio con predominio de suelo de uso residencial
	Tipo d) Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario, excluyendo recreativos y de espectáculos	
	Límite de ámbito de estudio	

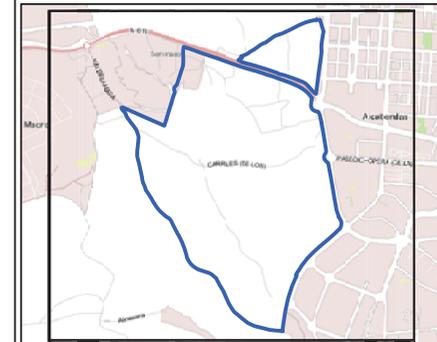
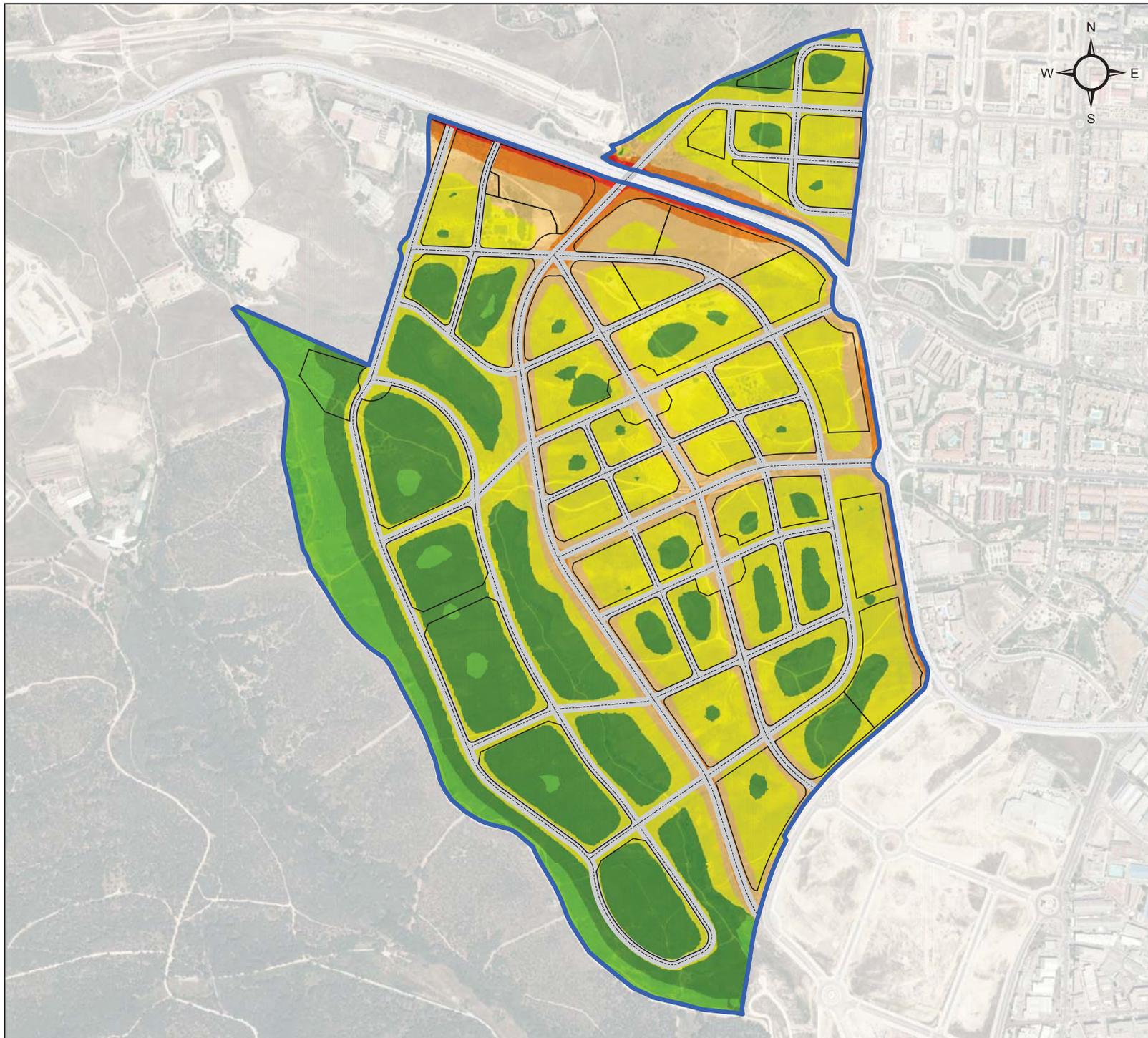
Título del Proyecto: Estudio acústico para el sector "Los Carriles" Alcobendas

Título del Plano: Mapa Zonificación Acústica

Plano nº: EA15/015-2.1	Escala: 1:9.000	Fecha: Septiembre 2017	Código Proyecto: EA15/015		
Hoja: 1	Coordenadas: UTM ETRS 1989				
Rev:	Fecha:	Descripción:	Dibujado:	Comprobado:	Aprobado:
1	05/05/2016		PB	AH	GC
2	09/06/2016		JR	AH	GC
3	07/09/2017		JR	AH	GC

Promotor:
Asociación Administrativa de Cooperación "Los Carriles"





Legenda

Proyecto	Ld	
	Nivel sonoro (dB(A))	
	<45	60-65
	45-50	65-70
	50-55	70-75
	55-60	>75
	Límite de ámbito de estudio	
	Pantalla acústica	

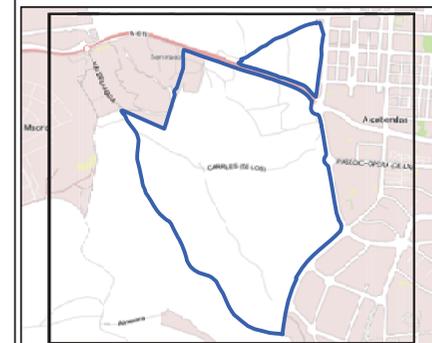
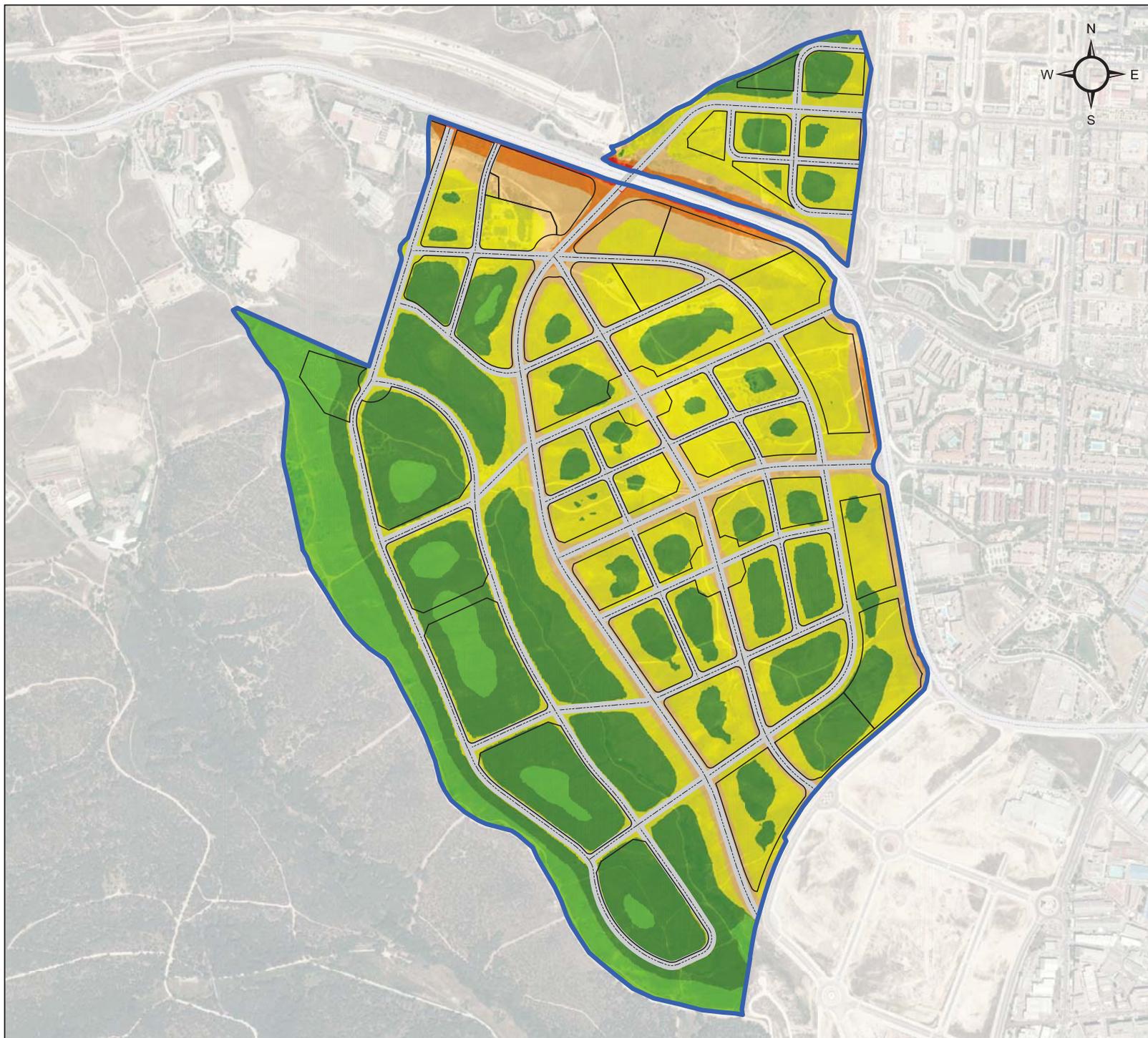
Título del Proyecto:
Estudio acústico para el sector "Los Carriles"
Alcobendas

Título del Plano:
Escenario operacional para el período día

Plano nº: EA15/015-3.1	Escala: 1:9.000	Fecha: Septiembre 2017	Código Proyecto: EA15/015		
Hoja: 1	Coordenadas: UTM ETRS 1989				
Rev:	Fecha:	Descripción:	Dibujado:	Comprobado:	Aprobado:
1	05/05/2015		PB	AH	GC
2	09/06/2016		JR	AH	GC
3	07/09/2017		JR	AH	GC

Promotor:
Asociación Administrativa de
Cooperación "Los Carriles"





Legenda

Proyecto	Le	
	Nivel sonoro (dB(A))	
	<45	60-65
	45-50	65-70
	50-55	70-75
	55-60	>75
	Límite de ámbito de estudio	
	Pantalla acústica	

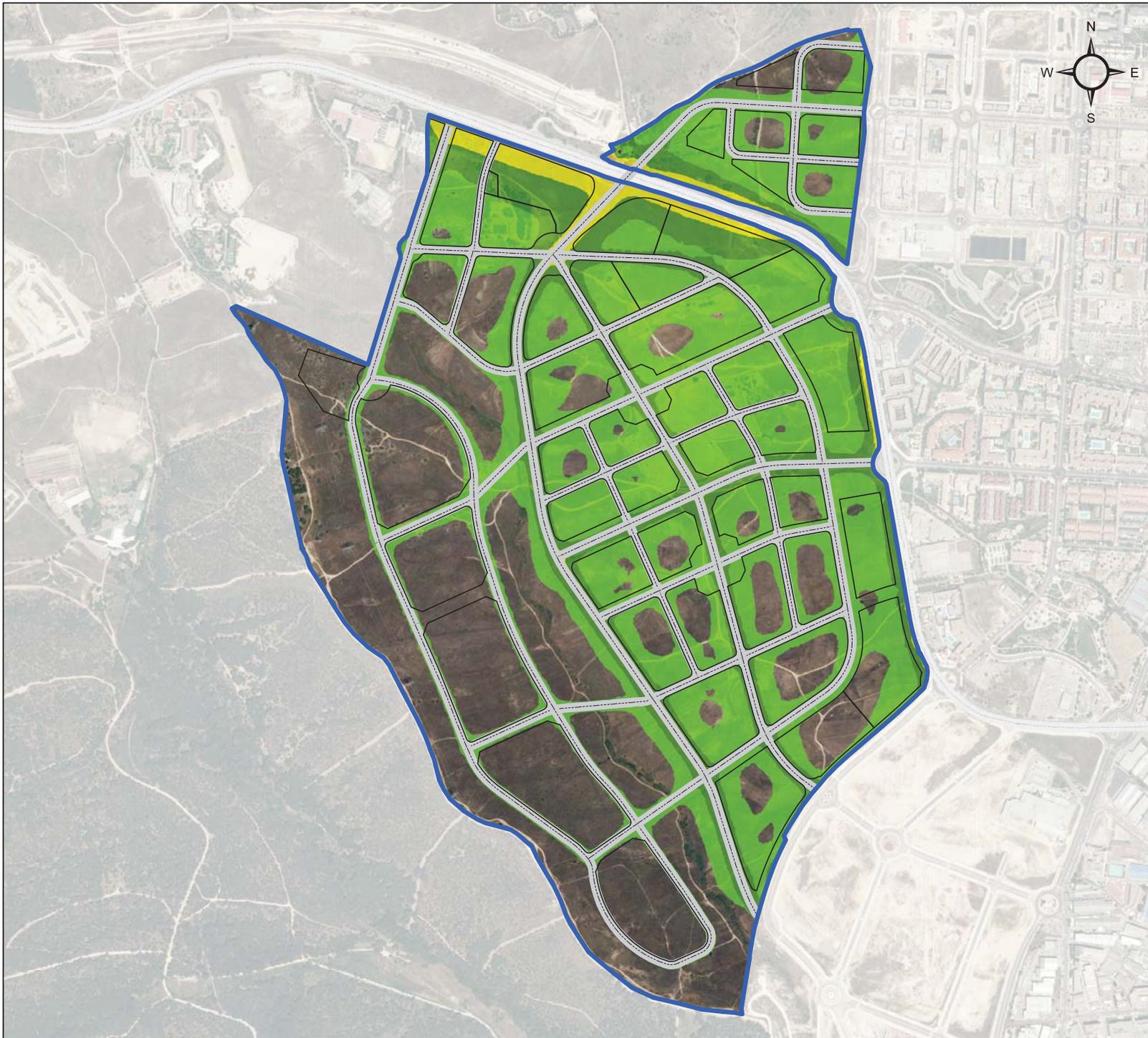
Título del Proyecto:
Estudio acústico para el sector "Los Carriles"
Alcobendas

Título del Plano:
Escenario operacional para el período tarde

Plano nº: EA15/015-3.2	Escala: 1:9.000	Fecha: Septiembre 2017	Código Proyecto: EA15/015		
Hoja: 1	Coordenadas: UTM ETRS 1989				
Rev:	Fecha:	Descripción:	Dibujado:	Comprobado:	Aprobado:
1	05/05/2015		PB	AH	GC
2	09/06/2016		JR	AH	GC
3	07/09/2017		JR	AH	GC

Promotor:
Asociación Administrativa de
Cooperación "Los Carriles"





Legenda

Proyecto	Ln	
	Nivel sonoro (dB(A))	
		<45
		45-50
		50-55
		55-60
		>75
		60-65
		65-70
		70-75
		Límite de ámbito de estudio
		Pantalla acústica

Título del Proyecto: Estudio acústico para el sector "Los Carriles" Alcobendas

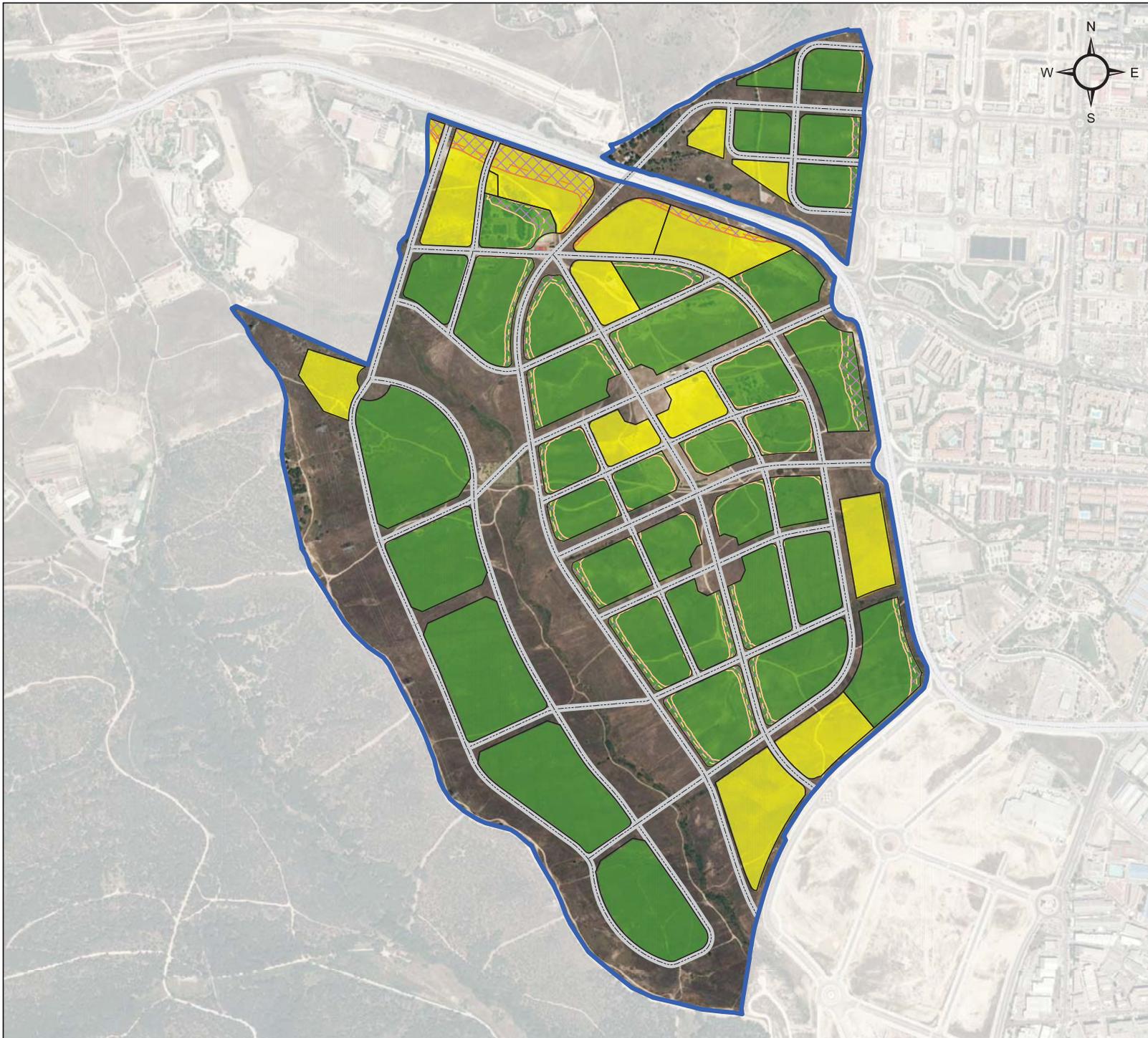
Título del Plano: Escenario operacional para el período noche

Plano nº: EA15/015-3.3	Escala: 1:9.000	Fecha: Septiembre 2017	Código Proyecto: EA15/015
Hoja: 1	Coordenadas: UTM ETRS 1989		

Rev.	Fecha:	Descripción:	Dibujado:	Comprobado:	Aprobado:
1	05/05/2015		PB	AH	GC
2	09/06/2016		JR	AH	GC
3	07/09/2017		JR	AH	GC

Promotor: Asociación Administrativa de Cooperación "Los Carriles"

Consultor: ARNAIZ Arquitectos



Legenda

Proyecto		Límite de ámbito de estudio
	<u>Límites Conflicto (dB(A))</u>	
		Isófona 50 Lnoche
		Isófona 60 Ldía
		Isófona 60 Ltarde
		Isófona 60 Lnoche
		Isófona 65 Ldía
		Isófona 65 Ltarde
		Zonas de Conflicto
	<u>Zonificación Acústica</u>	
	Predominio uso residencial	
	Predominio uso terciario	

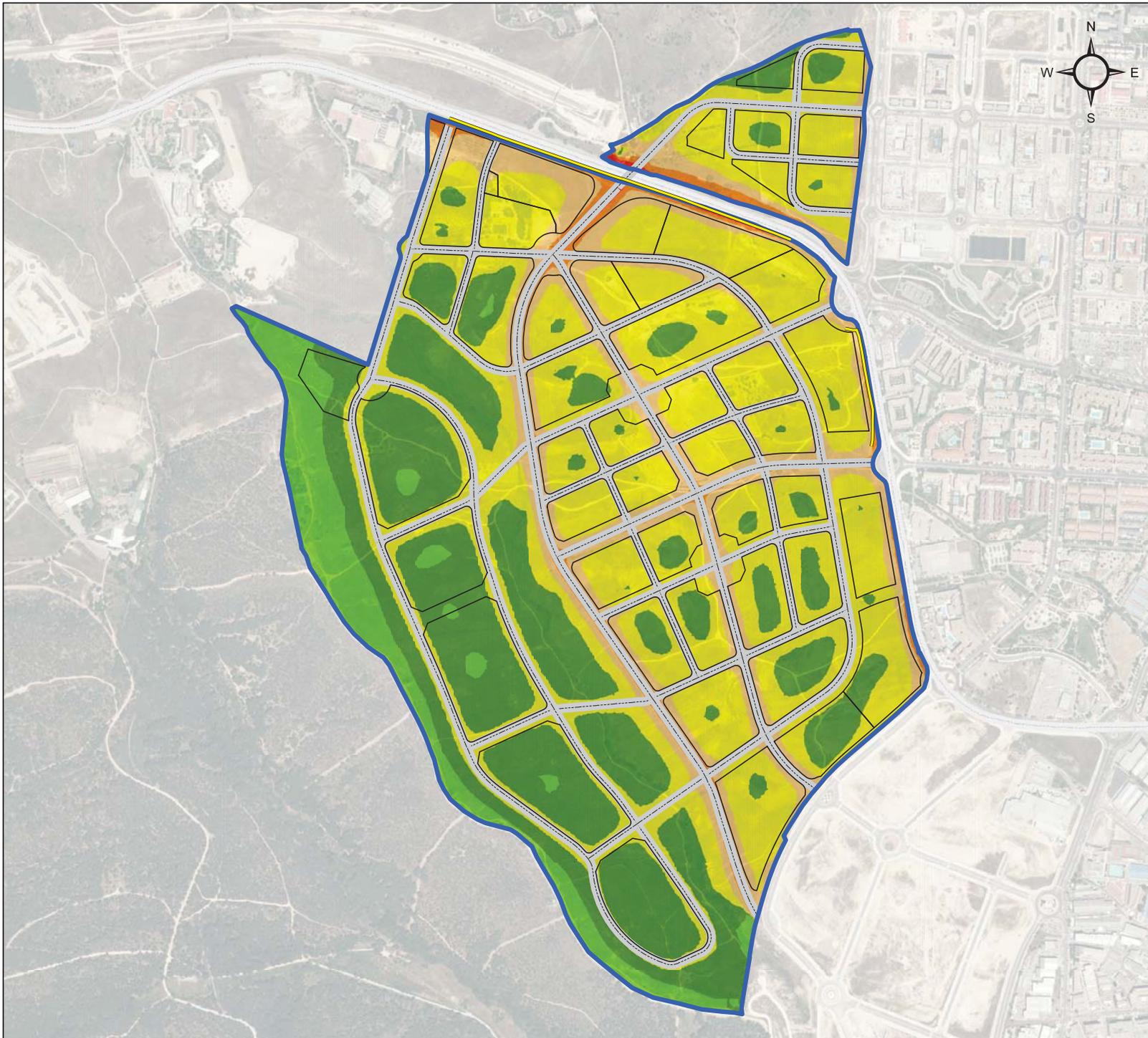
Título del Proyecto: Estudio acústico para el sector "Los Carriles" Alcobendas

Título del Plano: Escenario postoperacional con áreas de conflicto.

Plano nº: EA15/015-4.1	Escala: 1:9.000	Fecha: Septiembre 2017	Código Proyecto: EA15/015		
Hoja: 1	Coordenadas: UTM ETRS 1989				
Rev:	Fecha:	Descripción:	Dibujado:	Comprobado:	Aprobado:
1	05/05/2015		PB	AH	GC
2	09/06/2016		JR	AH	GC
3	07/09/2017		JR	AH	GC

Promotor:
Asociación Administrativa de Cooperación "Los Carriles"





Legenda

Proyecto	Ld	
	Nivel sonoro (dB(A))	
		<45
		45-50
		50-55
		55-60
		60-65
		65-70
		70-75
		>75
		Límite de ámbito de estudio
		Pantalla acústica

Título del Proyecto: Estudio acústico para el sector "Los Carriles" Alcobendas

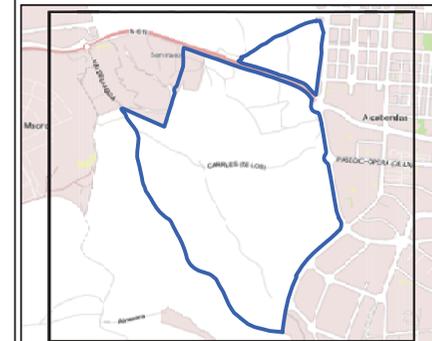
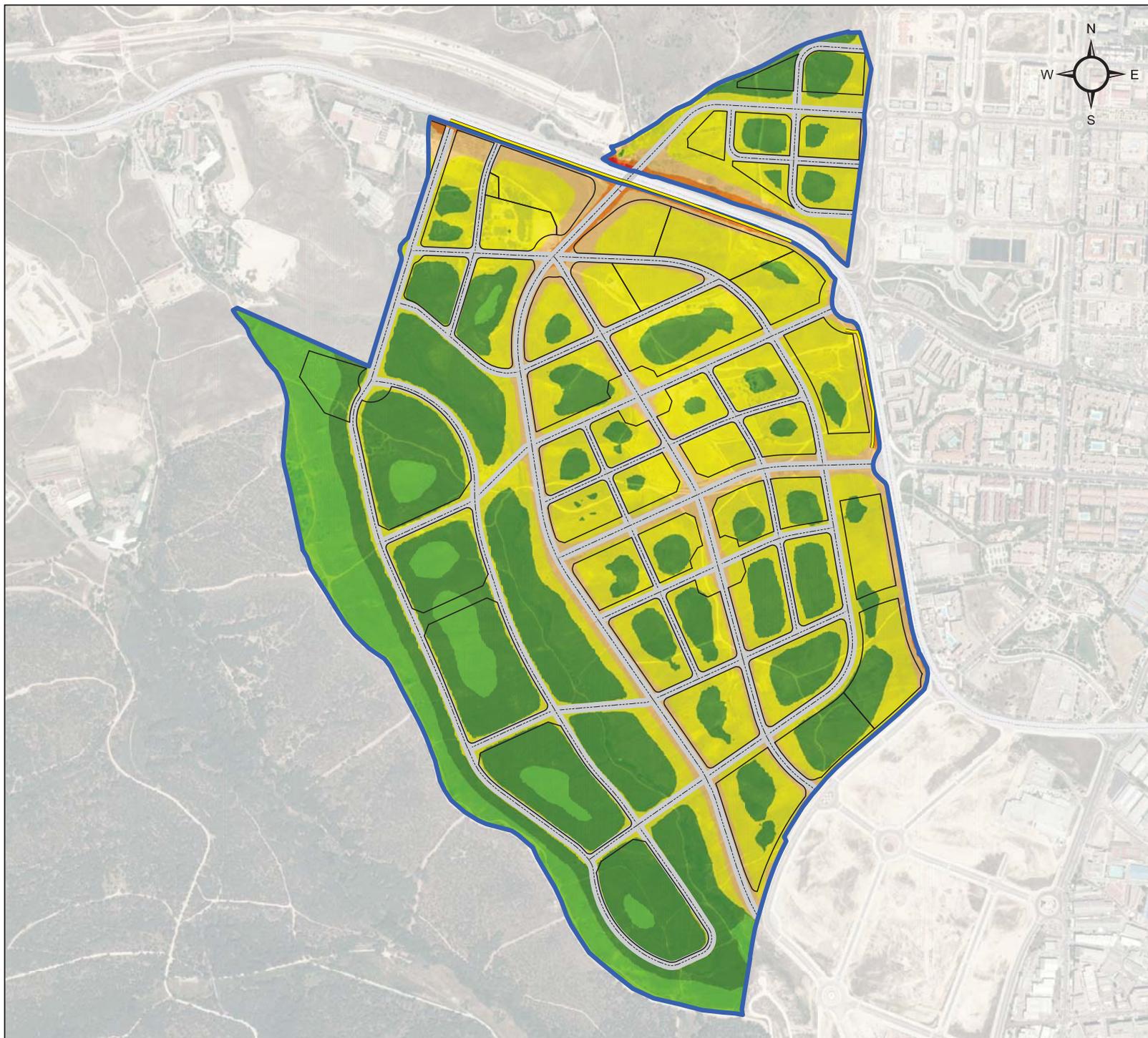
Título del Plano: Escenario operacional con medidas correctoras para el período día

Plano nº: EA15/015-5.1	Escala: 1:9.000	Fecha: Septiembre 2017	Código Proyecto: EA15/015		
Hoja: 1	Coordenadas: UTM ETRS 1989				
Rev:	Fecha:	Descripción:	Dibujado:	Comprobado:	Aprobado:
1	05/05/2015		PB	AH	GC
2	09/06/2016		JR	AH	GC
3	07/09/2017		JR	AH	GC

Promotor: Asociación Administrativa de Cooperación "Los Carriles"

Consultor: ARNAIZ Arquitectos

cecor



Legenda

Le		Nivel sonoro (dB(A))		
Proyecto		<45		60-65
		45-50		65-70
		50-55		70-75
		55-60		>75
		Límite de ámbito de estudio		
		Pantalla acústica		

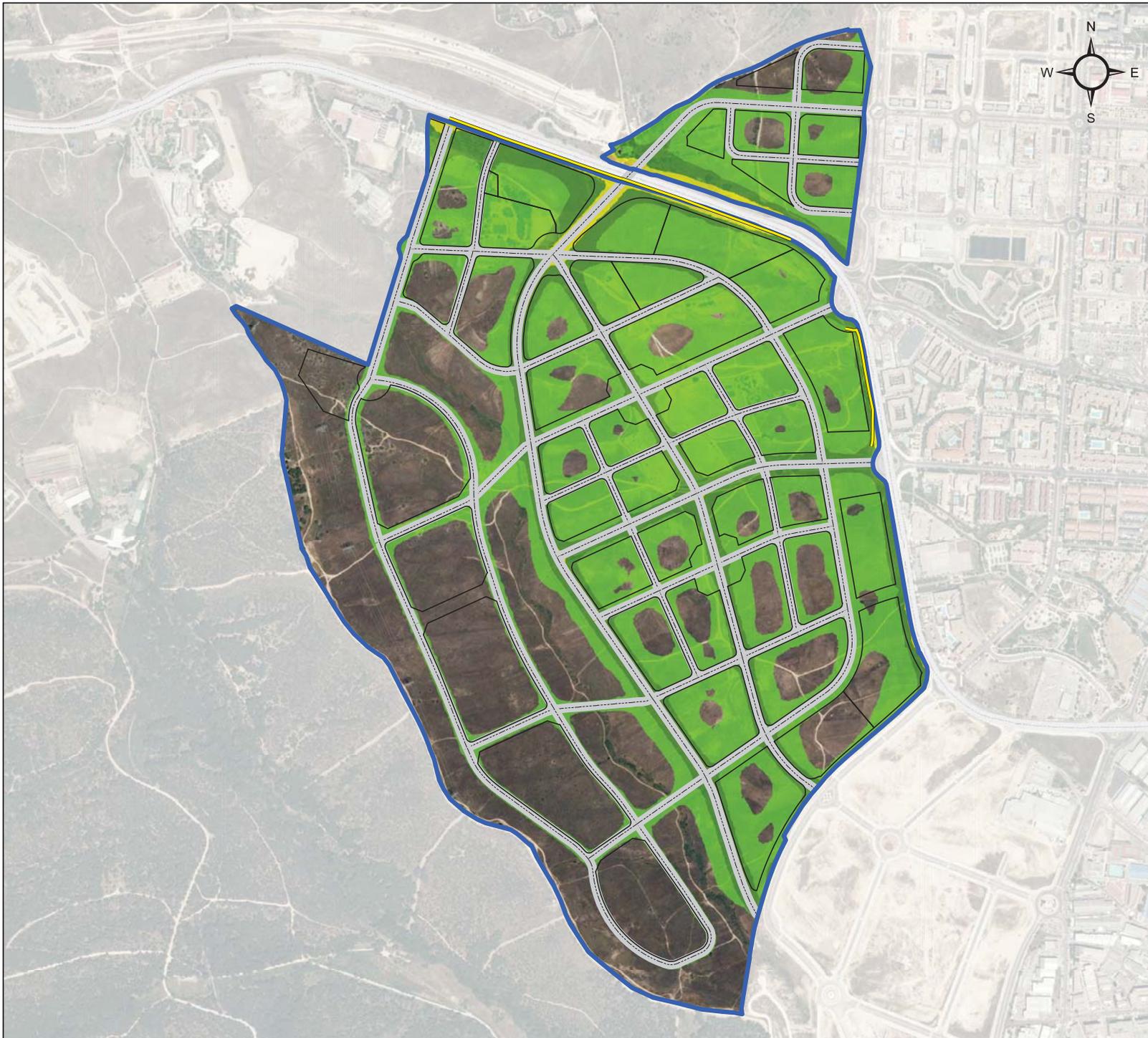
Título del Proyecto: Estudio acústico para el sector "Los Carriles" Alcobendas

Título del Plano: Escenario operacional con medidas correctoras para el periodo tarde

Plano nº: EA15/015-5.2	Escala: 1:9.000	Fecha: Septiembre 2017	Código Proyecto: EA15/015		
Hoja: 1	Coordenadas: UTM ETRS 1989				
Rev:	Fecha:	Descripción:	Dibujado:	Comprobado:	Aprobado:
1	05/05/2015		PB	AH	GC
2	09/06/2016		JR	AH	GC
3	07/09/2017		JR	AH	GC

Promotor:
Asociación Administrativa de Cooperación "Los Carriles"





Legenda

Proyecto	Ln	
	Nivel sonoro (dB(A))	
	<45	60-65
	45-50	65-70
	50-55	70-75
	55-60	>75
	Límite de ámbito de estudio	
	Pantalla acústica	

Título del Proyecto: Estudio acústico para el sector "Los Carriles" Alcobendas

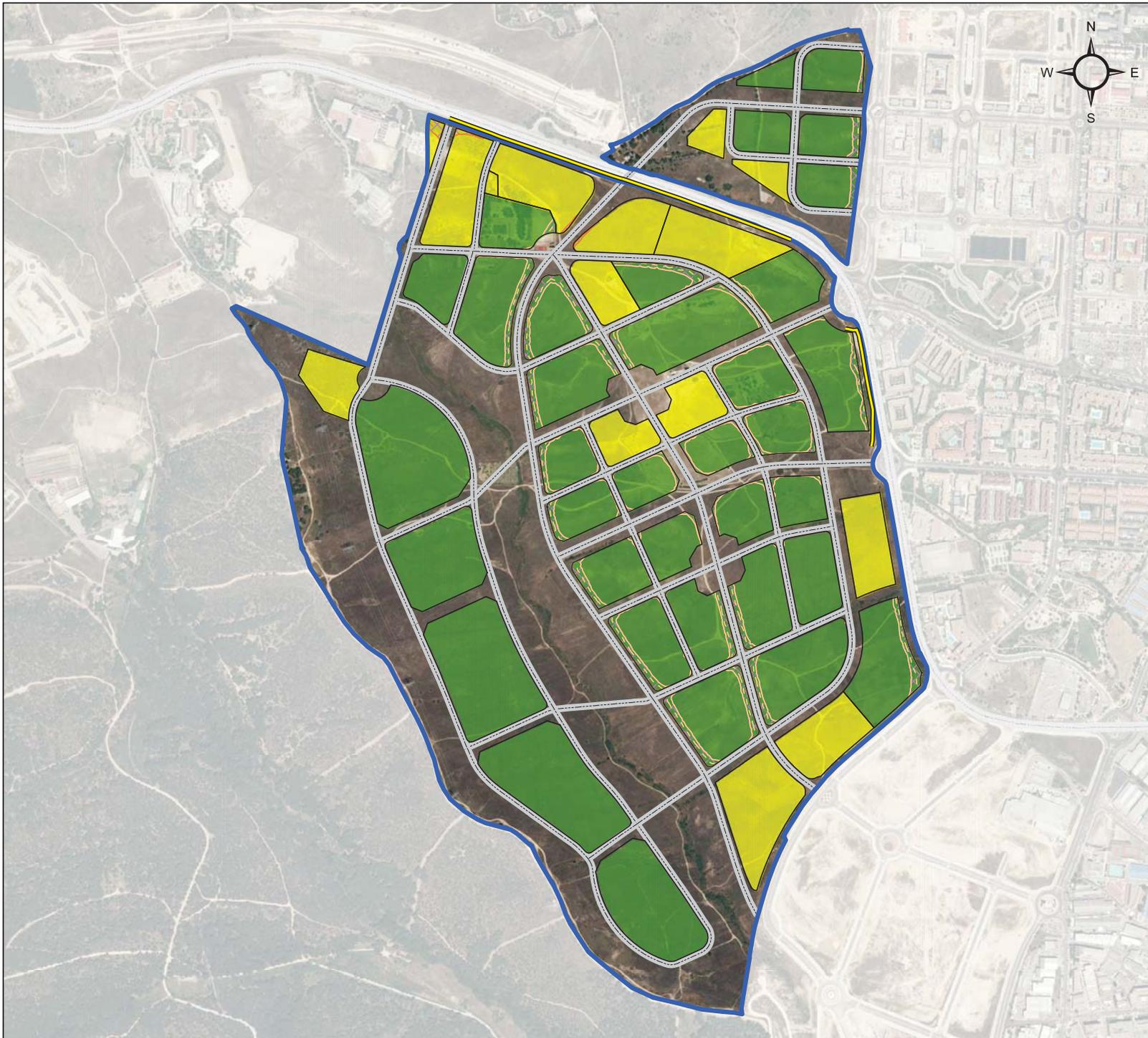
Título del Plano: Escenario operacional con medidas correctoras para el periodo noche

Plano nº: EA15/015-5.3	Escala: 1:9.000	Fecha: Septiembre 2017	Código Proyecto: EA15/015
Hoja: 1 UTM ETRS 1989			

Rev.	Fecha:	Descripción:	Dibujado:	Comprobado:	Aprobado:
1	05/05/2015		PB	AH	GC
2	09/06/2016		JR	AH	GC
3	07/09/2017		JR	AH	GC

Promotor: Asociación Administrativa de Cooperación "Los Carriles"

Consultor: ARNAIZ Arquitectos



Legenda

Proyecto		Límite de ámbito de estudio
	<u>Límites Conflicto (dB(A))</u>	
		Isófona 50 Lnoche
		Isófona 60 Ldía
		Isófona 60 Ltarde
		Isófona 60 Lnoche
		Isófona 65 Ldía
		Isófona 65 Ltarde
		Zonas de Conflicto
	<u>Zonificación Acústica</u>	
	Predominio uso residencial	
	Predominio uso terciario	

Título del Proyecto: Estudio acústico para el sector "Los Carriles" Alcobendas

Título del Plano: Escenario postoperacional con áreas de conflicto con medidas correctoras.

Plano nº: EA15/015-6.1	Escala: 1:9.000	Fecha: Septiembre 2017	Código Proyecto: EA15/015		
Hoja: 1	Coordenadas: UTM ETRS 1989				
Rev:	Fecha:	Descripción:	Dibujado:	Comprobado:	Aprobado:
1	05/05/2015		PB	AH	GC
2	09/06/2016		JR	AH	GC
3	07/09/2017		JR	AH	GC

Promotor: Asociación Administrativa de Cooperación "Los Carriles"

Consultor: ARNAIZ Arquitectos



Legenda

Proyecto	Vibraciones
	Afección de vibraciones en zonas residenciales
	Ferrocarril
	Ferrocarril soterrado
	Límite de ámbito de estudio

Título del Proyecto:
Estudio acústico para el sector "Los Carriles"
Alcobendas

Título del Plano:
Escenario operacional vibraciones ferrocarril

Plano nº: EA15/015-7.1	Escala: 1:9.000	Fecha: Septiembre 2017	Código Proyecto: EA15/015
Hoja: 1	Coordenadas: UTM ETRS 1989		

Rev.	Fecha:	Descripción:	Dibujado:	Comprobado:	Aprobado:
1	05/05/2015		PB	AH	GC
2	09/06/2016		JR	AH	GC
3	07/09/2017		JR	AH	GC

Promotor:
Asociación Administrativa de
Cooperación "Los Carriles"

Consultor:
 ARNAIZ Arquitectos
 cecor