



Gerencia Municipal de Urbanismo,  
Obras e Infraestructuras

# RECOMENDACIONES PARA LA REDACCIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE FIRMES Y PAVIMENTOS SOSTENIBLES EN LA CIUDAD DE MÁLAGA


Septiembre 2023

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	1/111
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	6
1.1.	ÁMBITO DE APLICACIÓN .....	8
2	DEFINICIONES .....	9
3	SOSTENIBILIDAD DE LAS VÍAS URBANAS .....	13
3.1.	INTRODUCCIÓN .....	14
3.2.	PRÁCTICAS SOSTENIBLES RECOMENDADAS .....	14
3.3.	METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE LAS VÍAS URBANAS .....	17
4	FIRMES SOSTENIBLES EN CALZADAS URBANAS .....	30
4.1.	INTRODUCCIÓN .....	31
4.2.	CRITERIOS DE PROYECTO. OBRA NUEVA .....	31
4.3.	CLASIFICACIÓN DEL TRÁFICO .....	34
4.4.	EXPLANADA .....	37
4.5.	SECCIONES DE FIRME SOSTENIBLES EN CALZADAS URBANAS .....	39
4.6.	ASPECTOS CONSTRUCTIVOS .....	49
4.7.	REURBANIZACIÓN, REHABILITACIÓN Y/O REFUERZO DE VÍAS EXISTENTES .....	49
5	ACERADOS Y VIAS PEATONALES SOSTENIBLES .....	51
5.1.	INTRODUCCIÓN .....	52
5.2.	CRITERIOS DE PROYECTO .....	52
5.3.	SECCIONES TIPO EN ACERADOS Y VÍAS PEATONALES .....	52
5.4.	SECCIÓN TIPO PAVIMENTO PERMEABLE EN VÍAS PEATONALES .....	56
5.5.	ASPECTOS CONSTRUCTIVOS .....	56
6	FIRMES SOSTENIBLES EN VIAS CICLISTAS .....	57
6.1.	INTRODUCCIÓN .....	58
6.2.	CRITERIOS DE PROYECTO .....	59
6.3.	EXPLANADA .....	62
6.4.	SECCIONES TIPO EN FIRMES DE VÍAS CICLISTAS .....	64
6.5.	ASPECTOS CONSTRUCTIVOS .....	66
7	FIRMES SOSTENIBLES EN CAMINOS RURALES .....	67
7.1.	INTRODUCCIÓN .....	68
7.2.	CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO .....	69

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	2/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

7.3.	CRITERIOS DE PROYECTO .....	69
7.4.	EXPLANADA .....	69
7.5.	SECCIONES TIPO EN FIRMES DE CAMINOS RURALES.....	70
7.6.	ASPECTOS CONSTRUCTIVOS .....	72
8	ZANJAS URBANAS.....	73
8.1.	INTRODUCCIÓN .....	74
8.2.	CRITERIOS DE PROYECTO .....	74
8.3.	SECCIONES TIPO DE ZANJAS URBANAS.....	74
8.4.	ASPECTOS CONSTRUCTIVOS .....	74
ANEXO I. GLOSARIO DE TÉRMINOS .....		76
ANEXO II. ANÁLISIS DE TRÁFICO .....		78
ANEXO III. CARACTERÍSTICAS EXIGIBLES A LOS ÁRIDOS RCD.....		95
	Características exigibles a las zahorras recicladas de RCD.....	96
	Características exigibles a los suelos reciclados de RCD .....	99
	Características exigibles al suelocemento reciclado de RCD.....	101
	Características exigibles al hormigón seco compactado reciclado de RCD.....	103
	Características exigibles a la gravacemento reciclada de RCD.....	104
	Características exigibles a la grava reciclada de RCD .....	106
	Características exigibles al material reciclado de RCD para cama de tubería.....	108
	Características exigibles al árido reciclado de RCD para material drenante .....	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Esquema del cimiento del firme.....	10
Figura 2.	Indicadores y categorías para la evaluación de la sostenibilidad de firmes de carreteras .....	18
Figura 3.	Tipo de secciones estructurales recomendadas en la ciudad de Málaga .....	32
Figura 4.	Diagrama para la clasificación del tráfico en la ciudad de Málaga.....	35
Figura 5.	Formación de explanada.....	38
Figura 6.	Secciones de firme sostenibles recomendadas para las categorías de tráfico pesado (A) y T1 en función de la categoría de explanada.....	42
Figura 7.	Secciones de firme sostenibles recomendadas para las categorías de tráfico medio (B) y T2 en función de la categoría de explanada.....	44
Figura 8.	Secciones de firme sostenibles recomendadas para las categorías de tráfico ligero (C), T31 y T32 en función de la categoría de explanada .....	46

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	3/111
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



Figura 9. Secciones de firme sostenibles recomendadas para las categorías de tráfico muy ligero (D), T41 y T42 en función de la categoría de explanada.....	48
Figura 10. Sección tipo de pavimento con adoquines para vía peatonal.....	53
Figura 11. Secciones de firme sostenibles recomendadas para Acerados y vías peatonales sobre explanada categoría baja.....	54
Figura 12. Secciones de firme sostenibles recomendadas para Acerados y vías peatonales sobre explanada categoría media.....	55
Figura 13. Sección tipo de pavimento permeable para vía peatonal.....	56
Figura 14. Definición de explanada en vías ciclistas.....	62
Figura 15. Formación de explanada en vías ciclistas.....	63
Figura 16. Secciones de firme sostenibles recomendadas para vías ciclistas en función de la categoría de explanada.....	65
Figura 17. Secciones de firme sostenibles recomendadas para caminos rurales en función de la categoría de explanada.....	71
Figura 18. Secciones tipo de zanjas en ámbito urbano.....	75


## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Puntuación indicador DU-1: Extensión de la vida útil.....	19
Tabla 2. Puntuación indicador DU-2: Tipología de pavimento.....	19
Tabla 3. Indicador MA-1: Contenido de reciclados: capas asfálticas.....	20
Tabla 4. Indicador MA-1: Contenido de reciclados: capas de hormigón/tratadas con cemento.....	21
Tabla 5. Indicador MA-1: Contenido de reciclados: capas granulares.....	21
Tabla 6. Puntuación indicador MA-2: Consumo energético: capas asfálticas.....	22
Tabla 7. Puntuación indicador MA-2: Consumo energético: capas de hormigón y tratadas con cemento.....	23
Tabla 8. Indicador MA-2: Consumo energético: capas granulares.....	23
Tabla 9. Puntuación indicador MA-3: Emisiones de CO <sub>2</sub> : capas asfálticas.....	24
Tabla 10. Puntuación indicador MA-3: Emisiones de CO <sub>2</sub> : capas de hormigón y tratadas con cemento.....	24
Tabla 11. Puntuación indicador MA-3: Emisiones de CO <sub>2</sub> : capas granulares.....	25
Tabla 12. Puntuación indicador MA-4: Mitigación del ruido.....	25
Tabla 13. Descripción secciones Alternativa A y Alternativa B.....	26
Tabla 14. Ejemplo cálculo del Índice de Durabilidad: Alternativas A y B.....	27
Tabla 15. Ejemplo cálculo indicadores MA-1, MA-2, MA-3. Alternativa A.....	27
Tabla 16. Ejemplo cálculo Índice Medioambiental: Alternativa A.....	27
Tabla 17. Ejemplo cálculo indicadores MA-1, MA-2, MA-3. Alternativa B.....	28
Tabla 18. Ejemplo cálculo Índice Medioambiental: Alternativa B.....	28

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	4/111
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



Tabla 19. Resumen Índice Durabilidad: Alternativas A y B.....	29
Tabla 20. Resumen Índice Medioambiental: Alternativas A y B .....	29
Tabla 21. Características de los materiales .....	32
Tabla 22. Coeficientes de proporcionalidad .....	33
Tabla 23. Leyes de fatiga usadas para mezclas bituminosas en caliente.....	34
Tabla 24. Leyes de fatiga usadas para los materiales tratados con cemento.....	34
Tabla 25. Categorías de tráfico de pesado según IMD <sub>p</sub> .....	36
Tabla 26. Equivalencia de categorías de tráfico .....	36
Tabla 27. Categoría de Explanada .....	37
Tabla 28. Espesores de capas .....	49
Tabla 29. Espesores de fresado y reposición según tipo de mezcla .....	50
Tabla 30. Asignación de cada tipología de vía ciclista a la red de carreteras .....	59
Tabla 31. Anchuras mínimas y resguardos .....	60
Tabla 32. Anchuras recomendadas en función del tipo de red y del sentido de circulación .....	60
Tabla 33. Tipología de firme según los tipos de vías ciclistas adoptados.....	61
Tabla 34. Categorías de explanada – caminos agrícolas .....	70

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	5/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

## EQUIPO DE TRABAJO REDACTOR DE LAS RECOMENDACIONES

María Pilar Vila Herrero (Gerencia Municipal de Urbanismo, Obras e Infraestructuras. Excmo. Ayuntamiento de Málaga). Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos. Jefa de Servicio de Proyectos y Dirección de Obras de Infraestructuras.


Ramsés Vidal Sánchez (Gerencia Municipal de Urbanismo, Obras e Infraestructuras. Excmo. Ayuntamiento de Málaga). Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Manuel Salas Casanova (CEMOSA). Licenciado en Ciencias Químicas

Concepción Toribio Díaz (CEMOSA). Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos


Noemi Jiménez Redondo (CEMOSA). Dra. Ingeniera Industrial

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	6/111
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



# 1 INTRODUCCIÓN

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	7/111
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



La sostenibilidad en la construcción requiere una continua búsqueda de los mejores y más eficientes métodos de construcción que permitan alcanzar los siguientes objetivos de desarrollo sostenible:

1. Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar el balance energético en la ejecución de las obras.
2. Minimizar el consumo de recursos naturales fomentando el uso de productos elaborados con materiales reutilizados o reciclados.
3. Incrementar la durabilidad y el ciclo de vida de las infraestructuras.

Es por ello que la Gerencia Municipal de Urbanismo de Málaga (en adelante, GMU) ha iniciado una estrategia para incorporar materiales, técnicas y/o procedimientos que aumenten la sostenibilidad de los proyectos y ejecución de las obras. En una primera fase de esta estrategia, se llevó a cabo la redacción de las siguientes recomendaciones técnicas:

- Recomendaciones para la utilización de materiales procedentes de residuos de construcción y demolición (RCD) en firmes de viales en Málaga.
- Recomendaciones para la utilización de mezclas bituminosas tratadas con polvo de caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU) en firmes de viales en Málaga.
- Recomendaciones para la utilización de conglomerantes hidráulicos (HRB) para carreteras en firmes de viales en Málaga.
- Recomendaciones para la utilización de pavimentos de asfaltos percolados en firmes de viales en Málaga.


Posteriormente, se llevó a cabo la ejecución de obras con tramos experimentales que incorporaban materiales y procedimientos indicados en las recomendaciones anteriormente citadas, así como otros materiales y procedimientos adicionales no contemplados en dichas recomendaciones pero que también contribuyen a la sostenibilidad. Tras el seguimiento de estas obras se redactó el *Informe de Inspección sobre los tramos experimentales ejecutados en la ciudad de Málaga*.

Finalmente, teniendo en cuenta las recomendaciones previas, así como el informe de inspección sobre los tramos experimentales, se redactan estas *Recomendaciones para la redacción de proyectos de construcción de firmes y pavimentos sostenibles en la ciudad de Málaga*, con el fin de crear un marco de referencia que permita a los proyectistas dimensionar las infraestructuras viarias de Málaga de forma sostenible, incorporando diferentes tipos de residuos, como pueden ser los áridos procedentes de los residuos de construcción y demolición y los neumáticos fuera de su vida útil, así como reduciendo el consumo energético y las emisiones de gases de efecto invernadero.

Estas Recomendaciones establecen, en primer lugar, una serie de prácticas sostenibles a tener en cuenta a la hora de proyectar y ejecutar las secciones de firmes y pavimentos en la ciudad de Málaga, con el fin de maximizar la sostenibilidad de estas obras.

Asimismo, se incluye una metodología para la evaluación de la sostenibilidad de los firmes mediante el análisis de un conjunto de indicadores organizados en dos categorías: Durabilidad y Medioambiente. Esta metodología permite que los proyectistas pueden realizar una comparación homogénea entre diferentes secciones de firme y elegir la sección más adecuada desde el punto de vista de la sostenibilidad.

Finalmente, estas Recomendaciones proponen diferentes secciones de firme y pavimentos sostenibles, así como de formaciones de explanada para la ciudad de Málaga. Las secciones aquí propuestas tienen su origen en las que se proyectan actualmente en los Servicios del Ayuntamiento, añadiendo secciones

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	8/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			



equivalentes que incorporan materiales y/o procedimientos que contribuyen a la sostenibilidad, tales como:

- Incorporación de áridos RCD en capas de terraplén, explanada y capas granulares de firme.
- Estabilización de suelos in-situ.
- Incorporación de áridos RCD y fibras poliméricas en capas de hormigón.
- Incorporación de polvo de caucho en las mezclas bituminosas.
- Disminución de la temperatura de las mezclas bituminosas.
- Selección de mezclas tipo SMA de reducido espesor y mayor durabilidad en capas de rodadura.


Se asegura en todo momento que el comportamiento estructural del paquete de firme con materiales reciclados sea idéntico al construido con sus equivalentes convencionales.

Las secciones propuestas en estas Recomendaciones van acompañadas de un Índice de Durabilidad y un Índice Medioambiental. El Proyectista deberá elegir entre las secciones aquí propuestas, aquellas que tengan un mayor índice de durabilidad y/o medioambiental según las necesidades de proyecto. En caso de proponer una sección de firme diferente a las incluidas en estas Recomendaciones, el Proyectista deberá calcular el Índice de Durabilidad y el Índice Medioambiental correspondiente y justificar el cambio.

## 1.1. ÁMBITO DE APLICACIÓN


El ámbito de aplicación de estas Recomendaciones son las diferentes unidades de obra que forman parte de la infraestructura viaria de la ciudad de Málaga, como son:

1. Firmes de calzadas urbanas (Capítulo 4).
2. Acerado y vías peatonales (Capítulo 5).
3. Vías ciclistas (Capítulo 6).
4. Caminos rurales (Capítulo 7).
5. Obras de drenaje y zanjas (Capítulo 8).

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	9/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

## 2 DEFINICIONES

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	10/111
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



**Capa de base,** capa del firme situada debajo del pavimento cuya misión es eminentemente estructural.

**Capa de rodadura,** capa superior o única de un pavimento de mezcla bituminosa.

**Capa intermedia,** capa de un pavimento de mezcla bituminosa situada debajo de la capa de rodadura.

**Capacidad de soporte,** aptitud de un suelo, terraplén, desmonte o capa de firme para soportar las cargas de tráfico con deformaciones volumétricas, tensiones y alterabilidad climática dentro de unos límites fijados experimentalmente o analíticamente.

**Capas de asiento del firme,** capas formadas por suelos o materiales de aportación, por la estabilización de los existentes, o por materiales procedentes de residuos de construcción (RCD), cuya finalidad es mejorar y homogeneizar la capacidad soporte del cimiento del firme, proteger los suelos susceptibles al agua mediante impermeabilización o evacuación, facilitar las labores de construcción, y obtener las superficies geométricas precisas.

**Cimiento del firme,** (ver Figura 1) conjunto de capas de suelos u otros materiales que se encuentran bajo el plano de explanada y comprende las capas de asiento y el terraplén o el terreno natural subyacente (TNS).

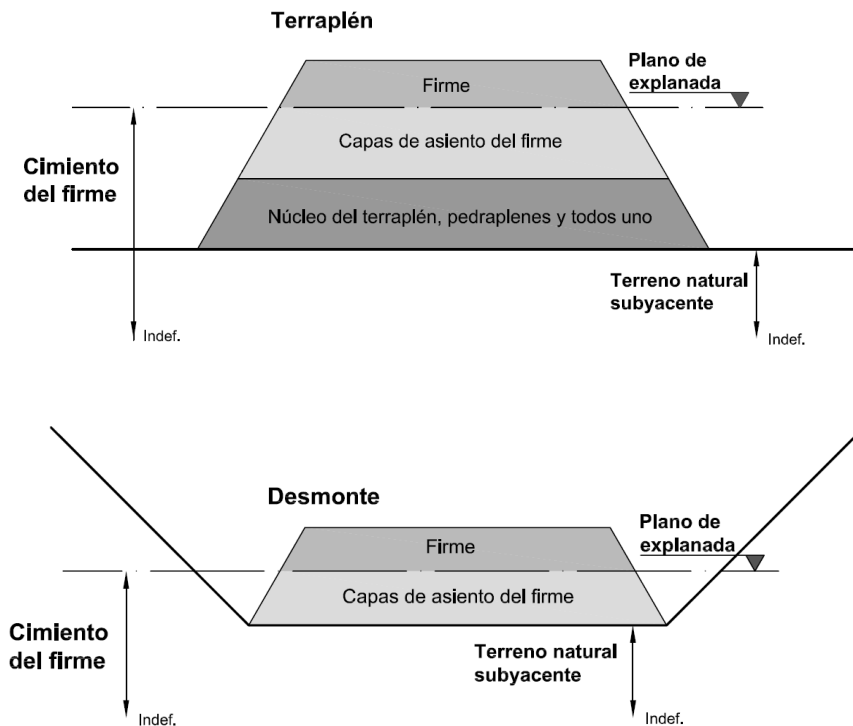


Figura 1. Esquema del cimiento del firme

**Coficiente de equivalencia,** número de ejes tipo a que equivale un conjunto de ejes de un vehículo cualquiera, a efectos de dimensionamiento de la estructura del firme.

**Explanada,** superficie sobre la que se apoya el firme, no perteneciente a su estructura.

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	11/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

**Firme**, conjunto de capas ejecutadas con materiales seleccionados colocado sobre el cimientado del firme, que sirven para soportar las cargas del tráfico y permitir la circulación en condiciones de seguridad y comodidad. Constituye la estructura resistente de la calzada o arcén y comprende en general, de abajo arriba, las capas de subbase, base y pavimento.

**Gravacemento (GC)**, mezcla homogénea de áridos, cemento, agua y excepcionalmente aditivos, realizada en central, que convenientemente compactada se utiliza como capa estructural en firmes de carreteras.

**Hormigón magro vibrado**, mezcla homogénea de áridos, cemento, agua y aditivos, empleada en capas de base bajo pavimentos de hormigón, que se pone en obra con una consistencia tal que requiere el empleo de vibradores internos para su compactación.

**Ley de fatiga**, expresión matemática que permite estimar el número de aplicaciones de carga que un material puede soportar hasta su agotamiento, en función de un determinado parámetro característico de su comportamiento estructural.

**Mezcla bituminosa**, mezcla homogénea empleada en la construcción de firmes compuesta habitualmente por áridos gruesos, áridos finos, polvo mineral y ligante bituminoso.

**Mezcla bituminosa con polvo de caucho**, en el ámbito de estas Recomendaciones, se define como mezcla bituminosa en caliente tratada con polvo de Neumáticos Fuera de Vida Útil (NFVU) la combinación de un ligante hidrocarbonado, polvo de neumático (contenido mínimo de 0,3% sobre el peso total de mezcla bituminosa), áridos (incluido el polvo mineral) y, en su caso, aditivos, de manera que todas las partículas del árido queden recubiertas por una película homogénea y gruesa de mástico filler-betún modificado con polvo de NFVU. Su proceso de fabricación implica calentar el ligante, el NFVU y los áridos (excepto, eventualmente, el polvo mineral de aportación) y su puesta en obra debe realizarse a una temperatura muy superior a la temperatura ambiente.

**Mezclas bituminosas mejoradas con polvo de caucho**, mezcla bituminosa con dotaciones de polvo de NFVU del 0,3% al 0,5% (en porcentaje sobre el peso total de mezcla).

**Mezclas bituminosas modificadas con polvo de caucho**, mezcla bituminosa con dotaciones de polvo de NFVU del 0,5 al 0,8% (en porcentaje sobre el peso total de mezcla).


**Mezclas bituminosas (altamente) modificadas con polvo de caucho**, mezcla bituminosa con dotaciones de polvo de NFVU superiores al 0,8% (en porcentaje sobre el peso total de mezcla).

**Mezcla bituminosa semicaliente (MBS)**, (o warm mix asphalt, WMA) mezcla en la que, mediante el empleo de betunes especiales, aditivos u otros procedimientos, se logra disminuir la temperatura mínima de mezclado en torno a 25-50°C respecto a la mezcla equivalente, de tal forma que su temperatura de fabricación se sitúa entre 100 y 140°C.

**Mezcla bituminosa templada (MBT)**, (o half-warm mix asphalt, HWMA) mezcla fabricada generalmente a temperatura inferior a 100°C y utilizando una emulsión bituminosa como ligante.

**Mezcla bituminosa tipo AC (hormigón bituminoso)**, combinación de un ligante hidrocarbonado, áridos (incluido el polvo mineral) con granulometría continua y, eventualmente, aditivos, de manera que todas las partículas del árido queden recubiertas por una película homogénea de ligante.

**Mezcla bituminosa tipo SMA**, mezcla bituminosa de granulometría discontinua con betún como ligante, compuesta de áridos gruesos triturados y un mortero de mastique.

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora	
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
Observaciones		Página	12/111	
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

**Pavimento**, parte superior de un firme, que debe resistir los esfuerzos producidos por la circulación, proporcionando a ésta una superficie de rodadura cómoda y segura.

**Pavimento de hormigón**, pavimento constituido por losas de hormigón en masa, separadas por juntas, o por una losa continua de hormigón armado; el hormigón se pone en obra con una consistencia tal que requiere el empleo de vibradores internos para su compactación y maquinaria específica para su extensión y acabado superficial.

**Pavimentos percolados**, pavimentos constituidos por una capa de 40 mm de espesor mínimo de mezcla bituminosa drenante, en la que posteriormente a su extensión, compactación y enfriamiento, se introduce una lechada base cemento y se espera a que adquiera la resistencia necesaria.

**Polvo de caucho de neumáticos fuera de vida útil (NFVU)**, producto pulverulento obtenido por trituración de neumáticos fuera de su vida útil. Para la fabricación de mezclas bituminosas el tamaño máximo de este polvo se encuentra entre los 0.5 y 0.8 mm.

**RAP (asfalto recuperado)**, (por sus siglas en inglés Reclaimed Asphalt Pavement) material asfáltico procedente del fresado y retirada de capas existentes, empleado para la fabricación de mezclas nuevas.

**Residuo de la Construcción y demolición (RCD)**, cualquier sustancia u objeto que se genere en una actividad de construcción y demolición, cumpliendo la definición de «Residuo» incluida en el artículo 2.a) de la 7/2022 de 8 de abril.

**Suelo granular**, suelo constituido por arenas y gravas en su mayor parte.

**Suelo**, formación natural de estructura blanda resultado de la alteración de las rocas o de la evolución de las sustancias vegetales.

**Suelocemento (SC)**, mezcla homogénea de materiales granulares (zahorra, o suelo granular), cemento, agua y eventualmente aditivos, fabricada generalmente en central, que convenientemente compactada se utiliza como capa estructural en firmes de carretera en central. Si se fabrica in situ con equipos de reciclado o estabilizadoras se denomina suelo-cemento in situ.

**Terraplenes, pedraplenes y todos-uno**, capas de materiales sueltos situadas entre el terreno natural subyacente y las capas de asiento, necesarias para rellenar las depresiones hasta conseguir la cota adecuada. En general las referencias del texto al núcleo de terraplenes serán aplicables a pedraplenes y todos-uno, salvo que se especifique lo contrario.

**Terreno natural subyacente (TNS)** (ver Figura 1) terreno natural sobre el que se apoyan los distintos elementos constructivos de la carretera, tales como las capas de asiento del firme en los desmontes, terraplenes, pedraplenes, estructuras, obras de fábrica, drenajes y cualquier otro elemento constructivo.


**Vida útil**, periodo de tiempo en el que el firme (o la capa del firme considerada) no presenta una degradación estructural generalizada.

**Zahorra (ZA)**, material granular, de granulometría continua, utilizada como capa de firme. Se denomina zahorra artificial al constituido por partículas total o parcialmente trituradas. Zahorra natural es el material formado básicamente por partículas no trituradas.

**Zahorra artificial reciclada de hormigón (ZARHor)**, material granular, de granulometría continua, utilizada como capa de firme y procedente de la trituración exclusiva de residuos de hormigones.


**Zahorra artificial reciclada mixta de RCD (ZARM)**, material granular, de granulometría continua, utilizada como capa de firme y procedente de la trituración controlada de RCD.

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==		Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente		Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero		Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez		Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	13/111	
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			



### 3 SOSTENIBILIDAD DE LAS VÍAS URBANAS

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	14/111
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



### 3.1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo sostenible es aquel que satisface las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas, garantizando el equilibrio entre crecimiento económico, cuidado del medio ambiente y bienestar social. El desarrollo sostenible, por tanto, se apoya en tres pilares fundamentales: sostenibilidad ambiental, sostenibilidad económica y sostenibilidad social.

El sector de la construcción, y en especial el sector de las obras viarias, es uno de los sectores con mayor potencial para contribuir al desarrollo sostenible. Una construcción sostenible es aquella que se caracteriza por:

- Ser respetuosa con el entorno y estar adaptada a sus condiciones.
- Ahorrar recursos naturales mediante la utilización de materiales de bajo impacto ambiental y social a lo largo de su ciclo de vida.
- Ahorrar consumo energético gracias al uso de técnicas y materiales respetuosos con el medioambiente, así como el uso de energías renovables y la eficiencia energética.
- Garantizar el bienestar de sus usuarios.

En el siguiente capítulo (capítulo 3.2) se establecen una serie de recomendaciones para aumentar la sostenibilidad de los proyectos y ejecuciones de firmes y pavimentos en la ciudad de Málaga. Las prácticas sostenibles que aquí se establecen buscan alcanzar los siguientes objetivos de desarrollo sostenible:


1. **Reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y el consumo energético**, reduciendo así las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorando el balance energético en la ejecución de firmes y pavimentos.
2. **Aplicar principios de economía circular en el diseño de firmes**, minimizando el consumo de materias primas y fomentando el uso de productos elaborados con materiales reutilizados o reciclados (p. ej., material de fresado, áridos reciclados, polvo de neumáticos, plásticos, etc.).
3. **Aumentar la sostenibilidad económica** incrementando la durabilidad y ciclo de vida de los firmes, y por tanto reduciendo el consumo de material y costes en todo el ciclo de vida.

Finalmente, en el capítulo 3.3 se incluye una metodología para la evaluación de la sostenibilidad de los pavimentos mediante indicadores con el fin de que los Proyectistas puedan evaluar la sostenibilidad de las diferentes secciones de firme consideradas para una misma categoría de tráfico y explanada. Asimismo, en dicho capítulo se incluye un ejemplo de aplicación de la metodología propuesta.

### 3.2. PRÁCTICAS SOSTENIBLES RECOMENDADAS

Con carácter general, se recomiendan las siguientes prácticas sostenibles a la hora de proyectar y ejecutar las secciones de firme, con el fin de maximizar la sostenibilidad de los proyectos de vías urbanas:

- Priorizar el uso de materiales disponibles localmente y el reciclaje in situ, siempre que sea viable, con el fin de reducir el impacto asociado al transporte de materiales.
- Priorizar el uso de firmes con gastos de conservación y mantenimiento mínimos, con el fin de favorecer la sostenibilidad económica de las carreteras. En este sentido, se recomienda el uso de firmes de hormigón, en sus diversas tipologías, para aumentar la sostenibilidad. Para capas de

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	15/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

rodadura, se recomienda el uso de mezclas tipo SMA con alto contenido en caucho debido a su alta durabilidad.

- En el paquete de firme, se recomienda emplear materiales granulares tratados con cemento o HRB, que actúan como conglomerantes del conjunto, para obtener las prestaciones mecánicas requeridas y una mayor resistencia frente al agua y, en consecuencia, mayor durabilidad.
- Optimizar el proceso de ejecución de las obras desde el punto de vista económico y la elección de maquinaria y medios auxiliares que minimicen el consumo de energía no renovable y el consumo de combustible.

A continuación, se establecen una serie de prácticas sostenibles específicas para el uso de áridos y mezclas asfálticas.

### 3.2.1. PRÁCTICAS SOSTENIBLES: ÁRIDOS

Los áridos constituyen la mayor parte de la masa y el volumen de una estructura de pavimento. Aunque los áridos tienen una huella de carbono relativamente por unidad de masa, tienen un impacto alto en la sostenibilidad de los pavimentos porque se consumen en grandes cantidades, son un recurso natural no renovable, y cada vez es más difícil extraerlos cerca de las obras (por lo que aumentan las distancias recorridas para su transporte). Además, la adquisición y el procesamiento de los áridos afectan al medio ambiente local.


Las prácticas sostenibles recomendadas para los áridos incluyen:

- Estudiar el mejor aprovechamiento de los productos de las excavaciones en la propia traza, evitando aumentar las actividades de extracción necesarias para la obtención de préstamos. En este sentido, se recomienda priorizar la estabilización de suelos mediante cemento, cal y conglomerantes hidráulicos para carreteras HRB (según serie normativa UNE-EN 13282), en función del tipo de suelo a tratar, ya que mejora las propiedades del terraplén y de su coronación y permite el empleo de suelos más accesibles y una mejor compensación de los volúmenes de desmonte y terraplén en el ámbito de la propia carretera.
- Reducir el uso de áridos naturales aumentando el uso de áridos procedentes de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD).
- Teniendo en cuenta lo anterior, para los firmes y pavimentos de la ciudad de Málaga se priorizará el uso de zahorra artificial reciclada de hormigón y zahorra artificial reciclada mixta Tipo I de RCD frente a la zahorra artificial de cantera, así como el uso de suelocemento reciclado de RCD y el hormigón con áridos RCD frente a sus equivalentes sin áridos reciclados.

### 3.2.2. PRÁCTICAS SOSTENIBLES: MEZCLAS ASFÁLTICAS

Las mezclas asfálticas han evolucionado significativamente en los últimos años con el fin de aumentar la vida útil de los pavimentos, así como la sostenibilidad. Dentro de los diferentes procedimientos actuales que mejoran la sostenibilidad de las mezclas asfálticas destacan los siguientes:

1. Reducción de las temperaturas de fabricación y puesta en obra. Al bajar las temperaturas de trabajo de las mezclas asfálticas, se consiguen las siguientes ventajas que contribuyen a la sostenibilidad:
  - Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> durante la fabricación y puesta en obra de la mezcla.

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	16/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			



- Reducción del consumo de combustible necesario para la fabricación de la mezcla.
  - Mejora de la seguridad y salud del personal de obra debido a la disminución de humos y olores, además de un menor riesgo de quemaduras.
  - Reducción del envejecimiento del betún al rebajar la temperatura de la mezcla.
  - Aumento del tiempo de trabajabilidad.
2. Incorporación de diferentes tasas de asfalto recuperado (RAP, por sus siglas en inglés *Reclaimed Asphalt Pavement*), procedente del fresado y retirada de capas existentes, para la fabricación de mezclas nuevas. Con este procedimiento se consiguen las siguientes ventajas que contribuyen a la sostenibilidad.
- Reducción del consumo de materias primas.
  - Aprovechamiento de residuos existentes en la propia obra.
  - Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> emitidas durante la obtención y el transporte de material nuevo.
3. Incorporación de polvo de caucho procedente de neumáticos al final de su vida útil (NFVU). El aporte de este procedimiento a la mejora de la sostenibilidad radica en las siguientes ventajas:
- Reciclado de los neumáticos al final de su vida útil para crear un nuevo producto.
  - Aumento de la durabilidad de las mezclas.

Teniendo en cuenta estas técnicas, para los pavimentos de la ciudad de Málaga se recomienda el empleo de los siguientes tipos de mezclas asfálticas:

#### **Mezclas tipo SMA (Stone Mastic Asphalt) con alto contenido en caucho.**

Se trata de una mezcla bituminosa de granulometría discontinua con betún más caucho como ligante, compuesta de áridos gruesos triturados y un mortero de mastic. Las mezclas bituminosas tipo SMA están reguladas por la Orden Circular 3/2019 de la Dirección General de Carreteras (art. 544, PG-3).

Este tipo de mezclas destacan por su mayor durabilidad, así como su buen comportamiento frente a la reflexión de fisuras. En función de la temperatura necesaria para su fabricación y puesta en obra, las mezclas bituminosas tipo SMA se clasifican en templadas y semicalientes. Se recomienda su aplicación en capas de rodadura, con un contenido mínimo de 1% de caucho sobre peso de mezcla.


#### **Mezclas bituminosas semicalientes (MBS) o warm mix asphalt (WMA).**

Se trata de mezclas en las que, mediante el empleo de betunes especiales, aditivos u otros procedimientos, se logra disminuir la temperatura mínima de mezclado en torno a 25-50°C respecto a la mezcla equivalente, de tal forma que sus temperaturas de fabricación se sitúan entre 100 y 140°C.

Se recomienda su aplicación en capas de base, intermedia y rodadura.

Las especificaciones técnicas de estas mezclas se ajustarán a las prescripciones indicadas en los artículos 542, 543, y 544 del PG-3. Su uso para categorías de tráfico T1 e inferiores es el mismo que en las mezclas bituminosas en caliente. Para categorías de tráfico T00 y T0, también se admitirán mezclas bituminosas semicalientes, pero la reducción de la temperatura se conseguirá exclusivamente mediante el uso de ligantes aditivados con el correspondiente marcado CE.

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==		Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente		Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero		Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez		Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	17/111	
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			



### Mezclas bituminosas templadas (MBT) o half-warm mix asphalt (HWMA).

Se trata de mezclas fabricadas a temperaturas por debajo de 100°C.

Se recomienda su aplicación en capas de base, intermedia y rodadura.

### Mezclas bituminosas con incorporación de material bituminoso reciclado (RAP).

Se define como material bituminoso recuperado, el material procedente de la disgregación de capas de mezclas bituminosas (rodadura, intermedia o base), obtenido mediante fresado o demolición, o procedente de rechazos o sobrantes de producción, eventual trituración y posterior tratamiento y clasificación, adecuado y preparado para ser utilizado como material constituyente de mezclas bituminosas. Este material debe estar compuesto por áridos de buena calidad y granulometría continua, cubiertos por betún asfáltico envejecido.

La aplicación de mezclas bituminosas recicladas en central está regulada por la Orden Circular 40/2017 sobre reciclado de firmes y pavimentos bituminosos y la serie normativa UNE-EN 13108. De acuerdo con lo establecido en la normativa de referencia, se establecen las siguientes recomendaciones para su aplicación:

- En capas de rodadura: para las categorías de tráfico T00 a T1, no se permitirá el uso de RAP según lo establecido en la Orden Circular 40/2017 sobre reciclado de firmes y pavimentos bituminosos. Para categorías de tráfico T2 a T4, se podrá utilizar mezclas bituminosas recicladas en central con un contenido de RAP menor al 10% sobre la masa total de mezcla de acuerdo con la serie normativa UNE-EN 13108.
- En capas de base e intermedias: se podrá utilizar mezclas bituminosas recicladas en central con un contenido de RAP de hasta el 20%, para cualquier categoría de tráfico de acuerdo con la serie normativa UNE-EN 13108.
- Para proporciones de RAP superiores al 20% será preceptiva la autorización expresa del órgano administrativo correspondiente.


## 3.3. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE LAS VÍAS URBANAS

La sostenibilidad es un parámetro relativo que se emplea siempre para comparar. No existen actividades sostenibles en términos absolutos, si no que existen actividades más o menos sostenibles en comparación con otras. Cuando se cuantifica la sostenibilidad de dos productos o actividades diferentes, se pretende compararlos entre sí y, por tanto, dicha cuantificación debe realizarse con un procedimiento homogéneo.

En el presente capítulo se define una metodología para la evaluación de la sostenibilidad de los pavimentos de manera que los Proyectistas puedan realizar una comparación homogénea entre las diferentes secciones de firme propuestas para una misma categoría de tráfico y explanada.

La metodología desarrollada se basa en la evaluación de seis indicadores organizados en dos categorías: Durabilidad y Medioambiente, tal y como se muestra en la Figura 2. El Proyectista asignará una puntuación a cada indicador según las características de la sección de firme considerada y siguiendo el sistema de calificación que se expone en el presente capítulo.

Finalmente, para cada sección de firme analizada, se obtiene un **Índice de Durabilidad** y un **Índice Medioambiental** como suma de las puntuaciones de los indicadores de cada categoría. Estos índices

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	18/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

tendrán un valor entre 0 y 10 puntos, siendo 10 la puntuación más favorable desde el punto de vista de la sostenibilidad.

DURABILIDAD 10 puntos		MEDIOAMBIENTE 10 puntos	
DU-1. Extensión de la vida útil	(6 puntos)	MA-1. Contenido de reciclados	(5 puntos)
DU-2. Tipología de sección	(4 puntos)	MA-2. Consumo energético	(2 puntos)
		MA-3. Emisiones de CO <sub>2</sub>	(2 puntos)
		MA-4. Mitigación del ruido	(1 punto)

Figura 2. Indicadores y categorías para la evaluación de la sostenibilidad de firmes de carreteras

Para todas las secciones de firme propuestas en el Capítulo 4 de estas Recomendaciones se ha llevado a cabo la evaluación de la sostenibilidad siguiendo la metodología propuesta y se ha obtenido el índice de durabilidad y el índice medioambiental de cada una de ellas.

Cabe destacar que un aspecto importante de la sostenibilidad es el aspecto económico. Sin embargo, dado que el importe económico total de la construcción de cada sección de firme dependerá de las características y circunstancias propias de cada proyecto, este aspecto no se ha valorado en estas Recomendaciones. Será, por tanto, labor del Proyectista realizar una valoración económica de las diferentes secciones propuestas.

### 3.3.1. DURABILIDAD

Los indicadores de esta categoría pretenden fomentar el diseño de pavimentos que tenga una larga vida útil. Dentro de esta categoría, se evalúan los siguientes indicadores:

- DU-1: Extensión de la vida útil.
- DU-2: Tipología de sección.


A continuación, se describe el sistema de puntuación de estos indicadores.

#### DU-1: Extensión de la vida útil

Este indicador evalúa la vida útil teórica de la sección de firme propuesta, asignando mayores puntuaciones a medida que la vida útil teórica de las secciones es superior a los mínimos establecidos.

Para la valoración de este indicador es necesario obtener el valor de la vida útil teórica de la sección de firme propuesta. Este valor resulta de la comparación entre el tráfico equivalente de proyecto (TEP) y el número admisible de aplicaciones de carga (N) que admite la sección hasta su deterioro, según el dimensionamiento analítico de firmes.

- Tráfico equivalente de proyecto (TEP): se define como el número acumulado de ejes equivalentes de 13 t que se prevé que circularán por el carril de proyecto durante el periodo de proyecto. En este caso se considera un periodo de proyecto de 20 años.
- Número admisible de aplicaciones de carga (N): el número admisible de aplicaciones de carga (N) que admite la sección hasta su deterioro se obtiene empleando métodos analíticos de cálculo de firmes. A partir del modelo de la sección de firme como un modelo elástico multicapa se obtiene la respuesta estructural (tensiones, deformaciones unitarias y deflexiones) de la sección

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora	
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
Observaciones		Página	19/111	
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

de firme sometida a una carga tipo. Las tensiones y deformaciones críticas obtenidas por el modelo de respuesta se introducen en las leyes de fatiga definidas para cada material, obteniendo el número máximo admisible de aplicaciones de carga (N). Este valor representa el número de aplicaciones de carga que agotaría el firme por fatiga.

Una vez obtenido el número máximo admisible de aplicaciones de carga (N), éstos se comparan con el tráfico equivalente de proyecto, es decir, con el número acumulado de ejes equivalentes de 13 t que se prevé que circularán durante el periodo de proyecto, obteniendo así la vida útil teórica de la sección. Posteriormente, se calcula el parámetro VU, definido como la relación entre el incremento de vida útil y un valor mínimo establecido en 20 años, según la expresión [1].

$$VU = \frac{\text{Vida teórica (años)} - 20}{20} \times 100 \quad [1]$$

Finalmente, la puntuación de este indicador se realiza de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 1. Puntuación indicador DU-1: Extensión de la vida útil

Extensión de la vida útil por encima de 20 años (VU)	Puntos
$VU \geq 40 \%$	6
$25 \% \leq VU < 40 \%$	5
$15 \% \leq VU < 25 \%$	4
$5 \% \leq VU < 15 \%$	3
$0 < VU < 5 \%$	2
Cumple vida útil (20 años)	1


## DU-2: Tipología de pavimento

Este indicador evalúa la tipología de estructura de pavimento a utilizar. La elección de una estructura de pavimento que proporcione una vida útil más larga y requiera menos mantenimiento se considera una práctica sostenible. Por ello, para los firmes de la ciudad de Málaga, se prioriza el uso de pavimentos semirrígidos con capas de rodadura con mezcla bituminosa tipo SMA con alto contenido en caucho (mayor durabilidad, menor espesor y menor impacto en el mantenimiento).

La puntuación de este indicador se realiza de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 2. Puntuación indicador DU-2: Tipología de pavimento

Estructura de pavimento	Puntos
Pavimentos rígidos	4
Pavimentos semirrígidos, capa de rodadura con alto contenido en caucho (tipo SMA o similar)	3
Pavimentos semirrígidos, capa de rodadura de mezcla bituminosa convencional	2
Pavimentos flexibles, capa de rodadura con alto contenido en caucho (tipo SMA o similar)	1
Otras tipologías	0

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora	
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
Observaciones		Página	20/111	
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

## Índice de Durabilidad

Finalmente, el Índice de Durabilidad se obtiene como la suma de las puntuaciones obtenidas en los indicadores DU-1 y DU-2.

$$\text{Índice de Durabilidad} = P_{DU.1} + P_{DU.2} \quad [2]$$

### 3.3.2. MEDIOAMBIENTE

Los indicadores de esta categoría pretenden minimizar el impacto ambiental de los pavimentos fomentando el uso de materiales reciclados y minimizando el consumo energético y las emisiones de gases de efecto invernadero. Dentro de esta categoría, se evalúan los siguientes indicadores:

- MA-1: Contenido de reciclados.
- MA-2: Consumo energético.
- MA-3: Emisiones de CO<sub>2</sub>.
- MA-4: Mitigación del ruido.

A continuación, se describe el sistema de puntuación de estos indicadores.

#### MA-1: Contenido de reciclados

Este indicador evalúa el contenido de materiales reciclados en la estructura del firme.

La puntuación de este indicador se realiza en función de la cantidad de material reciclado empleado en cada una de las capas que componen el firme. Cada capa se evalúa individualmente, asignando una puntuación según las Tabla 3 a Tabla 5 a continuación. Los puntos son acumulables y se asignan a cada capa al cumplir alguna de las condiciones que se establecen en dichas tablas.

#### Capas asfálticas

Se valorará positivamente la reutilización de asfalto recuperado (RAP) y el uso de polvo de caucho de neumáticos fuera de su vida útil (NFVU).

Tabla 3. Indicador MA-1: Contenido de reciclados: capas asfálticas

Capas asfálticas	Puntos
Tasa de asfalto recuperado (RAP): $\geq 15$ y $\leq 20\%$ <sup>1</sup> sobre el total de mezcla. (Aplicable en capas base e intermedias)	2
Aportación de polvo de caucho NFVU $\geq 0.8\%$ sobre el total de mezcla.	2
Aportación de polvo de caucho NFVU: $\geq 0.5$ y $< 0.8\%$ sobre el total de mezcla.	1,5
Tasa de asfalto recuperado (RAP): $\geq 10$ y $< 15\%$ <sup>1</sup> sobre el total de mezcla. (Aplicable en capas base e intermedias).	1

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==		Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente		Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero		Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez		Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	21/111	
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			



Capas asfálticas	Puntos
Aportación de polvo de caucho NFVU: $\geq 0.3$ y $< 0.5\%$ sobre el total de mezcla.	1
Tasa de asfalto recuperado (RAP): $\geq 5$ y $< 10\%$ <sup>1</sup> sobre el total de mezcla.	0,5
Ninguna de las anteriores	0

<sup>1</sup>En capas de rodadura se permitirá una proporción máxima de RAP del 10% sobre el total de mezcla, mientras que en capas de base e intermedias se permitirá hasta un 20%. Ver apartado 3.2.2.

### Capas de hormigón o tratadas con cemento

En el caso de capas de hormigón, suelocementos (SC) y gravacimientos (GC) se valorará el contenido de áridos reciclados, así como el uso de cementos con adiciones que utilicen subproductos para reemplazar la dotación de Clinker, como por ejemplo cenizas votantes y escoria siderúrgica.

Tabla 4. Indicador MA-1: Contenido de reciclados: capas de hormigón/tratadas con cemento

Capas de hormigón/tratadas con cemento	Puntos
Hormigones: contenido de áridos reciclados $\geq 50\%$ sobre la masa total de áridos gruesos.	3
SC y GC: contenido de áridos reciclados $\geq 50\%$ sobre la masa total de áridos utilizados.	3
Uso de conglomerantes hidráulicos HRB/cementos con altas cantidades de adiciones ( $\geq 40\%$ ).	3
Hormigones: contenido de áridos reciclados: 30 – 49% sobre la masa total de áridos gruesos.	2
SC y GC: contenido de áridos reciclados: 30 – 49% sobre la masa total de áridos utilizados.	2
Hormigones, contenido de áridos reciclados: 10 – 29% sobre la masa total de áridos gruesos.	1
SC y GC, contenido de áridos reciclados: 10 – 29% sobre la masa total de áridos utilizados.	1
Ninguna de las anteriores	0

### Capas granulares

En capas granulares se valorará el uso de áridos reciclados.

Tabla 5. Indicador MA-1: Contenido de reciclados: capas granulares

Capas granulares	Puntos
Contenido de áridos reciclados $\geq 75\%$ sobre la masa total.	4
Contenido de áridos reciclados: 50 – 74% sobre la masa total.	3
Contenido de áridos reciclados: 30 – 49% sobre la masa total.	2
Contenido de áridos reciclados: 10 – 29% sobre la masa total.	1
Ninguna de las anteriores	0

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==		Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente		Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero		Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez		Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	22/111	
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			



La puntuación total de la sección de firme se calcula en función del espesor de cada capa, la puntuación obtenida en cada una y el espesor total de la sección, empleando la siguiente expresión:

$$\text{Puntuación Indicador MA} - 1 = \frac{\sum_{i=1}^n (e_i \times p_i)}{\sum_{i=1}^n e_i} \quad [3]$$

Donde:

- n = número total de capas.
- e<sub>i</sub> = espesor de la capa i, en mm.
- p<sub>i</sub> = puntuación asignada a la capa i.

## MA-2: Consumo energético

Con este indicador se busca minimizar el consumo de energía seleccionando materiales, procesos de producción de materiales y métodos de construcción que consuman menos energía.

La puntuación de este indicador se realiza en función del consumo energético asociado a cada capa de la estructura del pavimento. Cada capa se evalúa individualmente, asignando una puntuación según las Tabla 6 a Tabla 8 a continuación. Los puntos son acumulables y se asignan a cada capa al cumplir alguna de las condiciones que se establecen en dichas tablas.

### Capas asfálticas

Se valorará la reutilización de asfalto recuperado (RAP) y la reducción de la temperatura de fabricación de la mezcla asfáltica.


Tabla 6. Puntuación indicador MA-2: Consumo energético: capas asfálticas

Capas asfálticas	Puntos
Reducción temperatura fabricación ≤ 100°C. (Mezclas templadas)	3
Reducción temperatura fabricación: > 100 y ≤ 120°C (Mezclas semicalientes)	1
Tasa de asfalto recuperado (RAP): ≥ 10 y ≤ 20% <sup>1</sup> . (Aplicable únicamente en capas base e intermedias).	1
Reducción temperatura fabricación: > 120 y ≤ 140°C (Mezclas semicalientes)	0,5
Tasa de asfalto recuperado (RAP): ≥ 5 y < 10% <sup>1</sup>	0,5
Ninguna de las anteriores	0

<sup>1</sup>En capas de rodadura se permitirá una proporción máxima de RAP del 10% sobre el total de mezcla, mientras que en capas de base e intermedias se permitirá hasta un 20%. Ver apartado 3.2.2.

### Capas de hormigón y tratadas con cemento

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==		Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente		Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero		Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez		Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	23/111	
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			



En el caso de capas de hormigón, suelocementos (SC) y gravacimientos (GC) se valorará el contenido de áridos reciclados.

Tabla 7. Puntuación indicador MA-2: Consumo energético: capas de hormigón y tratadas con cemento

Capas de hormigón/tratadas con cemento	Puntos
Hormigones: contenido de áridos reciclados $\geq 50\%$ sobre la masa total de áridos gruesos.	2
SC y GC: contenido de áridos reciclados $\geq 50\%$ sobre la masa total de áridos utilizados.	2
Hormigones: contenido de áridos reciclados: 10 – 49% sobre la masa total de áridos gruesos.	1
SC y GC: contenido de áridos reciclados: 10 – 49% sobre la masa total de áridos utilizados.	1
Ninguna de las anteriores	0

### Capas granulares

En capas granulares se valorará el uso de áridos reciclados.

Tabla 8. Indicador MA-2: Consumo energético: capas granulares

Capas granulares	Puntos
Contenido de áridos reciclados $\geq 75\%$ sobre la masa total.	3
Contenido de áridos reciclados: 50 – 74% sobre la masa total.	2
Contenido de áridos reciclados: 10 – 49% sobre la masa total.	1
Ninguna de las anteriores.	0

La puntuación total de la sección de firme se calcula en función del espesor de cada capa, la puntuación obtenida en cada una y el espesor total de la sección, empleando la siguiente expresión:

$$Puntuación\ Indicador\ MA - 2 = \frac{\sum_{i=1}^n (e_i \times p_i)}{\sum_{i=1}^n e_i} \quad [4]$$

Donde:

- n = número total de capas.
- $e_i$  = espesor de la capa i, en mm.
- $p_i$  = puntuación asignada a la capa i.

### MA-3: Emisiones de CO<sub>2</sub>

Con este indicador se busca minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero mediante la selección de materiales, procesos de producción de materiales y métodos de construcción con bajas emisiones de CO<sub>2</sub>.

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Firmado	Fecha y hora	20/09/2023 13:31:45
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado		20/09/2023 13:27:03	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado		20/09/2023 12:47:52	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado			
Observaciones		Página	24/111		
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>				





Los métodos de procesamiento de material in situ (por ejemplo, la estabilización de suelos o el reciclado de pavimentos asfálticos) utilizan menos recursos naturales y reducen las distancias de transporte por lo que producen menos emisiones de CO<sub>2</sub>. En cuanto a las capas asfálticas, el empleo de bajas temperaturas es la práctica que más reduce las emisiones.

La puntuación de este indicador se realiza en función de las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a cada capa de la estructura del pavimento. Cada capa se evalúa individualmente, asignando una puntuación según la Tabla 9 a Tabla 11 a continuación. Los puntos son acumulables y se asignan a cada capa al cumplir algunas de las condiciones que se establecen en dichas tablas.

### Capas asfálticas

Se valorará la reutilización de asfalto recuperado (RAP) y la reducción de la temperatura de fabricación de la mezcla asfáltica.

Tabla 9. Puntuación indicador MA-3: Emisiones de CO<sub>2</sub>: capas asfálticas

Capas asfálticas	Puntos
Reducción temperatura fabricación ≤ 100°C. (Mezclas templadas)	3
Reducción temperatura fabricación: ≥ 100 y ≤ 120°C (Mezclas semicalientes)	1
Tasa de asfalto recuperado (RAP): ≥ 10 y ≤ 20% <sup>1</sup> . (Aplicable únicamente en capas base e intermedias)	1
Reducción temperatura fabricación: > 120 y ≤ 140°C (Mezclas semicalientes)	0,5
Tasa de asfalto recuperado (RAP): ≥ 5 y < 10% <sup>1</sup>	0,5
Ninguna de las anteriores	0

<sup>1</sup>En capas de rodadura se permitirá una proporción máxima de RAP del 10% sobre el total de mezcla, mientras que en capas de base e intermedias se permitirá hasta un 20%. Ver apartado 3.2.2.

### Capas de hormigón y tratadas con cemento

En el caso de hormigón, suelocementos (SC) y gravacimientos (GC) se valorará el contenido de áridos reciclados.

Tabla 10. Puntuación indicador MA-3: Emisiones de CO<sub>2</sub>: capas de hormigón y tratadas con cemento

Capas de hormigón/tratadas con cemento	Puntos
Hormigones: contenido de áridos reciclados ≥ 50% sobre la masa total de áridos gruesos.	2
SC y GC: contenido de áridos reciclados ≥ 50% sobre la masa total de áridos utilizados.	2
Hormigones: contenido de áridos reciclados: 10 – 49% sobre la masa total de áridos gruesos.	1
SC y GC: contenido de áridos reciclados: 10 – 49% sobre la masa total de áridos utilizados.	1
Ninguna de las anteriores	0

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	25/111
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



## Capas granulares

En capas granulares se valorará el uso de áridos.

Tabla 11. Puntuación indicador MA-3: Emisiones de CO<sub>2</sub>: capas granulares

Capas granulares	Puntos
Contenido de áridos reciclados ≥ 75% sobre la masa total.	3
Contenido de áridos reciclados: 50 – 74% sobre la masa total.	2
Contenido de áridos reciclados: 10 – 49% sobre la masa total.	1
Ninguna de las anteriores	0

La puntuación total de la sección de firme se calcula en función del espesor de cada capa, la puntuación obtenida en cada una y el espesor total de la sección, empleando la siguiente expresión:

$$Puntuación\ Indicador\ MA - 3 = \frac{\sum_{i=1}^n (e_i \times p_i)}{\sum_{i=1}^n e_i} \quad [5]$$

Donde:

- n = número total de capas.
- e<sub>i</sub> = espesor de la capa i, en mm.
- p<sub>i</sub> = puntuación asignada a la capa i.

## MA-4: Mitigación del ruido

Algunos pavimentos reducen los niveles de ruido en la interfaz pavimento-neumático. Este indicador evalúa la capacidad de mitigación del ruido del tráfico de la capa de rodadura propuesta. La puntuación se realiza en función del tipo de capa de rodadura utilizada, según la Tabla 12 a continuación:


Tabla 12. Puntuación indicador MA-4: Mitigación del ruido

Capa de rodadura	Puntos
Uso de mezclas tipo SMA o pavimentos sono-reductores	1
Otros	0

## Índice Medioambiental

Finalmente, el Índice Medioambiental se obtiene como la suma de las puntuaciones obtenidas en los indicadores MA-1, MA-2, MA-3 y MA-4.

$$\text{Índice Medioambiental} = P_{MA.1} + P_{MA.2} + P_{MA.3} + P_{MA.4} \quad [6]$$

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora	
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
Observaciones		Página	26/111	
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

### 3.3.3. EJEMPLO DE CÁLCULO DE LA SOSTENIBILIDAD

A continuación, se muestra un ejemplo de evaluación de la sostenibilidad de dos secciones de firme diferentes siguiendo la metodología descrita anteriormente (capítulo 3.3).

Para el desarrollo de este ejemplo, se han considerado dos secciones de firme equivalentes, con la misma capacidad estructural y durabilidad. En el caso de la Alternativa A no se considera el uso de material reciclado en ninguna de las capas ni el uso de mezclas bituminosas semicalientes mientras que en la Alternativa B sí se han contemplado estas prácticas sostenibles. A continuación, la Tabla 13 muestra las principales características de las dos secciones de firme consideradas.

Tabla 13. Descripción secciones Alternativa A y Alternativa B

	Alternativa A	Alternativa B
<b>Tipo de sección</b>	Firme semirrígido	Firme semirrígido
<b>Vida útil teórica</b>	27.9 años	27.9 años
<b>Composición de capas</b>	<p><u>Rodadura (e: 30 mm):</u> Mezcla SMA con 1% contenido en caucho.</p> <p><u>Intermedia (e: 40 mm):</u> Mezcla bituminosa convencional.</p> <p><u>Base (e: 200 mm):</u> Hormigón seco compactado.</p> <p><u>Subbase (e: 250 mm):</u> Zahorra artificial.</p>	<p><u>Rodadura (e: 30 mm):</u> Mezcla SMA con 1% contenido en caucho, 10% RAP, y baja temperatura (120 °C).</p> <p><u>Intermedia (e: 40 mm):</u> Mezcla bituminosa con 20% RAP y baja temperatura (120 °C).</p> <p><u>Base (e: 200 mm):</u> Hormigón seco compactado, con árido grueso de RCD.</p> <p><u>Subbase (e: 250 mm):</u> Zahorra artificial reciclada de hormigón.</p>
<b>Esquema de la sección</b>		

#### Cálculo del Índice de Durabilidad

Dado que las dos secciones de firme tienen la misma vida útil teórica y la misma tipología de sección, en este caso ambas secciones tendrán el mismo índice de durabilidad tal y como se muestra en la Tabla 14.

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	27/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

Tabla 14. Ejemplo cálculo del Índice de Durabilidad: Alternativas A y B

Indicadores Durabilidad	Alternativa A	Alternativa B
<b>DU-1 Extensión vida útil</b>		
Parámetro VU	39.50 %	39.50 %
Puntuación DU-1	5.00	5.00
<b>DU-2: Tipología de sección</b>		
Tipología	Semirrígido, capa de rodadura con alto contenido en caucho	Semirrígido, capa de rodadura con alto contenido en caucho
Puntuación DU-2	4.00	4.00
<b>ÍNDICE DE DURABILIDAD</b>	<b>9.00</b>	<b>9.00</b>

### Cálculo del Índice Medioambiental

En el caso del Índice Medioambiental, éste será diferente para cada sección puesto que los materiales que las componen difieren en contenido de reciclados y temperaturas de elaboración. A continuación, las Tabla 15 y Tabla 16 muestran el cálculo del Índice Medioambiental de la sección Alternativa A, mientras que las


Tabla 17 y Tabla 18 muestran el cálculo del Índice Medioambiental de la sección Alternativa B.

Tabla 15. Ejemplo cálculo indicadores MA-1, MA-2, MA-3. Alternativa A

Capas Sección (a)	Espesor e (mm)	Indicador MA-1		Indicador MA-2		Indicador MA-3	
		P <sub>MA-1</sub>	e x P <sub>MA-1</sub>	P <sub>MA-2</sub>	e x P <sub>MA-2</sub>	P <sub>MA-3</sub>	e x P <sub>MA-3</sub>
MB: SMA 11 AVC	30	2	60	0	0	0	0
MB: AC 16 S	40	0	0	0	0	0	0
Hormigón HC	200	0	0	0	0	0	0
Zahorra Artificial	250	0	0	0	0	0	0
<i>SUMA</i>	<i>520</i>		<i>60</i>		<i>0</i>		<i>0</i>

Tabla 16. Ejemplo cálculo Índice Medioambiental: Alternativa A

Indicadores Medioambiente	Alternativa A
<b>MA-1: Contenido de reciclado</b>	
$\Sigma e \times P_{MA-1}$	60
Puntuación MA-1	0.12

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	28/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			


Indicadores Medioambiente	Alternativa A
<b>MA-2: Consumo energético</b>	
$\Sigma e \times P_{MA-2}$	0
Puntuación MA-2	0.00
<b>MA-3: Emisiones de CO2</b>	
$\Sigma e \times P_{MA-3}$	0
Puntuación MA-3	0.00
<b>MA-4: Mitigación del ruido</b>	
Tipo de rodadura	Mezcla tipo SMA
Puntuación MA-4	1.00
<b>ÍNDICE MEDIOAMBIENTAL</b>	<b>1.12</b>

Tabla 17. Ejemplo cálculo indicadores MA-1, MA-2, MA-3. Alternativa B

Capas Sección (b)	Espesor e (mm)	Indicador MA-1		Indicador MA-2		Indicador MA-3	
		$P_{MA-1}$	$e \times P_{MA-1}$	$P_{MA-2}$	$e \times P_{MA-2}$	$P_{MA-3}$	$e \times P_{MA-3}$
MB: SMA 11 AVC, BT	30	3	90	2	60	2	60
MB: AC 16 S, 20% RAP, BT	40	4	160	2	80	2	80
Hormigón HRC	200	3	600	2	400	2	400
ZA reciclada de hormigón	250	4	1000	3	750	3	750
<i>SUMA</i>	<i>520</i>		<i>1850</i>		<i>1290</i>		<i>1290</i>

Tabla 18. Ejemplo cálculo Índice Medioambiental: Alternativa B

Indicadores Medioambiente	Alternativa B
<b>MA-1: Contenido de reciclado</b>	
$\Sigma e \times P_{MA-1}$	1850
Puntuación MA-1	3.56
<b>MA-2: Consumo energético</b>	
$\Sigma e \times P_{MA-2}$	1290
Puntuación MA-2	2.50
<b>MA-3: Emisiones de CO2</b>	
$\Sigma e \times P_{MA-3}$	1290
Puntuación MA-3	2.50

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora	
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
Observaciones		Página	29/111	
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

Indicadores Medioambiente	Alternativa B
<b>MA-4: Mitigación del ruido</b>	
Tipo de rodadura	Mezcla tipo SMA
Puntuación MA-4	1
<b>ÍNDICE MEDIOAMBIENTAL</b>	<b>9.56</b>


Finalmente, se resumen a continuación los resultados obtenidos en la evaluación de la sostenibilidad de las dos alternativas de firme consideradas. Como se observa en la Tabla 19, ambas secciones tienen el mismo Índice de Durabilidad puesto que las secciones estudiadas son equivalentes en capacidad portante y durabilidad. Sin embargo, el Índice Medioambiental de la Alternativa B es muy superior al índice obtenido en la Alternativa A, puesto que en la Alternativa B se han aplicado prácticas sostenibles tales como: uso de áridos reciclados, uso de mezclas bituminosas de baja temperatura y contenido RAP en capas intermedias. Por tanto, en este ejemplo, la sección de firme elegida por el Proyectista sería la Alternativa B.

Tabla 19. Resumen Índice Durabilidad: Alternativas A y B

INDICADORES DURABILIDAD	Alternativa A	Alternativa B
DU-1: Extensión de la vida útil	5.00	5.00
DU-2: Tipología de sección	4.00	4.00
<b>ÍNDICE DE DURABILIDAD</b>	<b>9.00</b>	<b>9.00</b>


Tabla 20. Resumen Índice Medioambiental: Alternativas A y B

INDICADORES MEDIOAMBIENTE	Alternativa A	Alternativa B
MA-1: Contenido de reciclados	0.12	3.56
MA-2: Consumo energético	0.00	2.50
MA-3: Emisiones de CO2	0.00	2.50
MA-4: Mitigación del ruido	1.00	1.00
<b>ÍNDICE MEDIOAMBIENTAL</b>	<b>1.12</b>	<b>9.56</b>

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	30/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

## 4 FIRMES SOSTENIBLES EN CALZADAS URBANAS

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	31/111
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



## 4.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se definen los criterios de proyecto, categorías de tráfico y explanada y las secciones de firme sostenibles propuestas para las calzadas urbanas de la ciudad de Málaga.

Para dimensionar una sección de firme, es necesario tener en cuenta los siguientes factores de diseño:

- Categoría de tráfico.
- Categoría de explanada.

En primer lugar, es necesario definir el tipo de **tráfico pesado** para el cual se va a dimensionar la sección de firme, garantizando su durabilidad y buen funcionamiento durante su vida en servicio. En el capítulo 4.3 del presente documento, se definen tres categorías de tráfico pesado denominadas: pesado, medio y ligero según el tipo de vía y el tráfico circulante. Para la definición de estas categorías, se ha llevado a cabo un análisis del tráfico de la ciudad (ver Anexo II) según los datos de Intensidad Media Diaria (IMD) disponibles y teniendo en cuenta la jerarquización actual de la red urbana.

Tras caracterizar el tráfico, el siguiente paso consiste en definir la **explanada** (superficie del cimiento del firme), teniendo en cuenta los tipos de suelos existentes en el área de la ciudad y en función de una posible aportación de suelos de mejor calidad o de estabilización de los existentes. Para la explanada, se definen tres categorías en función del suelo natural, del tipo de materiales, y de los espesores empleados en el cimiento del firme. Cada categoría de explanada tiene asignada un valor mínimo de capacidad de soporte, de acuerdo con la instrucción ICAFIR: la categoría de explanada E1, con  $E_e \geq 60$  MPa, la categoría de explanada E2, con  $E_e \geq 100$  MPa, y la categoría de explanada E3, con  $E_e \geq 160$  MPa.

Las secciones de firme a considerar dependen tanto de la categoría de explanada establecida, como del tráfico pesado de proyecto que tendrá que soportar. En el capítulo 4.5 se proponen para cada conjunto categoría de explanada-tráfico, secciones de firme sostenibles equivalentes a las secciones que habitualmente se proyectan en las vías urbanas de Málaga.

Cada una de las secciones de firme propuestas van acompañada de los índices de Durabilidad y Medioambiente estimados según la metodología descrita en el capítulo anterior. El Proyectista deberá elegir entre las secciones aquí propuestas, aquellas que tengan un mayor índice de durabilidad y/o medioambiental según las necesidades de proyecto. En caso de proponer una sección de firme diferente a las incluidas en estas Recomendaciones, el Proyectista deberá calcular el Índice de Durabilidad y el Índice Medioambiental correspondiente y justificar el cambio.


## 4.2. CRITERIOS DE PROYECTO. OBRA NUEVA

A continuación, se definen los criterios de proyecto que deben ser considerados en los proyectos de los firmes y pavimentos de nueva construcción.

### 4.2.1. CRITERIOS GENERALES

Teniendo en cuenta las prácticas sostenibles descritas en el apartado 4 de estas Recomendaciones, así como las conclusiones extraídas del *Informe de Inspección sobre los tramos experimentales ejecutados en la ciudad de Málaga* realizado por CEMOSA, se establece lo siguiente:

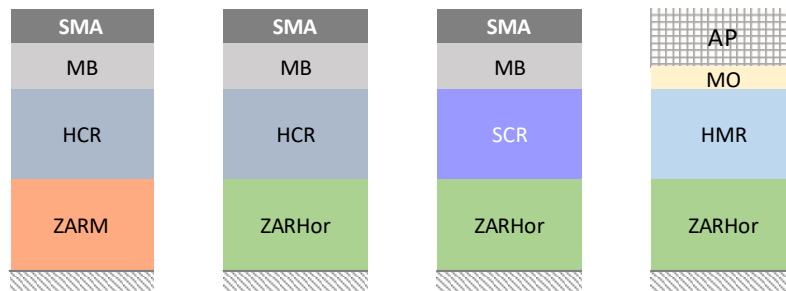
- Existe una equivalencia total entre una zahorra artificial reciclada de hormigón (ZARHor) y una zahorra artificial (ZA) según PG-3 Art.512 en cuanto a su comportamiento mecánico en firmes de obras viarias. Por tanto, los espesores de estas capas no se modifican al sustituir material convencional por reciclado.

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	32/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			



- Similarmente, existe una equivalencia total entre el suelo cemento reciclado de RCD (SCR) y suelo cemento (SC) según PG-3 Art. 513. Por tanto, los espesores de estas capas no se modifican al sustituir material convencional por reciclado.
- Las zahorras artificiales recicladas mixtas de RCD (ZARM I) presentan unas características resistentes inferiores a su equivalente convencional, lo cual conducirá a espesores mayores de capa al sustituir material convencional por reciclado.
- Se introduce el uso de hormigón seco compactado con árido reciclado de RCD (HCR) donde se aplicarán las prescripciones de uso establecidas en ICAFIR para materiales de capas de firme tratadas con cemento.
- En cuanto a la capa de rodadura, se introduce el uso de mezclas tipo SMA con alto contenido en caucho, debido a su mayor durabilidad y buen comportamiento frente a la reflexión de fisuras, tal y como se deduce de los estudios realizados en tramos experimentales en la ciudad de Málaga.
- Se recomienda para los firmes de la red urbana de Málaga el empleo de pavimentos semirrígidos. El empleo del hormigón como capa de firme aporta importantes ventajas tales como elevada capacidad estructural, elevada durabilidad y facilidad de actuación en la reparación o incorporación de redes de servicios.

Por tanto, los tipos de secciones estructurales de firme sostenible recomendadas para la ciudad de Málaga, son los que se presentan a continuación (Figura 3).



SMA: Mezcla bituminosa tipo SMA; MB: Mezcla bituminosa; HCR: Hormigón seco compactado reciclado de RCD; ZARM: Zahorra artificial reciclada mixta Tipo I de RCD; ZARHor: Zahorra artificial reciclada de hormigón; Suelocemento reciclado de RCD; HMR: Hormigón magro reciclado de RCD; AP: Adoquín prefabricado; MO: Mortero de cemento >20 MPa.

Figura 3. Tipo de secciones estructurales recomendadas en la ciudad de Málaga

#### 4.2.2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LOS MATERIALES

En lo que respecta al diseño de firmes para vías urbanas puede establecerse la siguiente equivalencia de características mecánicas mínimas exigibles entre materiales convencionales y reciclados:

Tabla 21. Características de los materiales

Material	Árido Natural	Árido reciclado equivalente	Módulo de elasticidad (E)	Coefficiente de Poisson (ν)
Zahorra	ZA	ZARHor	500 MPa	0,35
	ZA	ZARM I	400 MPa	0,35
Suelocemento	SC	SCR	8.000 MPa	0,25
Hormigón compactado	HC	HCR	13.000 MPa	0,25

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora	
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
Observaciones		Página	33/111	
Url De Verificación	https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==			

#### 4.2.3. LIMITACIÓN DE MÓDULOS ELÁSTICOS EN FUNCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CAPA SUBYACENTE

La asignación de los módulos elásticos para el material se ha realizado siguiendo el procedimiento que establece la ICAFIR. De esta forma se ha considerado que el módulo de elasticidad de cada tongada de suelo o material granular aumenta proporcionalmente al módulo de la capa o tongada sobre la que se apoya hasta alcanzar su máxima capacidad de soporte. En consecuencia, el módulo elástico de cada tongada vendrá dado por la expresión de la ecuación [7], recogida en ICAFIR.

$$E_i = c_i \times E_{i-1} \quad [7]$$

Dónde:

$E_i$ : módulo de la tongada.

$E_{i-1}$ : módulo de la tongada subyacente a "i".

$c_i$ : coeficiente de proporcionalidad entre módulos de tongadas sucesivas (Tabla 22).

Tabla 22. Coeficientes de proporcionalidad

Material de la tongada superior	Coeficiente $c_i$
Suelos S1 y S2	2.0
Suelos S3, S4 y zahorra natural	2.5
Zahorra artificial	3.0

#### 4.2.4. CRITERIOS DE FALLO

##### ➤ Fallo del cimiento del firme

El parámetro crítico que determina el fallo del cimiento del firme es la deformación vertical unitaria en la cara superior del cimiento,  $\varepsilon_z$ . A partir de este valor y utilizando el modelo de deterioro adoptado se halla el número admisible de aplicaciones de carga (N) que tendrá que ser superior al tráfico equivalente de proyecto (TP).

En los cálculos realizados, se ha tomado como referencia la ley de fatiga propuesta en ICAFIR y recogida en la ecuación [8].


$$\varepsilon_z = 2.16 \cdot 10^{-2} \cdot N^{-0.28} \quad [8]$$

Donde:

$\varepsilon_z$  Deformación vertical unitaria en la cara superior del cimiento

N Número admisible de aplicaciones de carga

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==		Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente		Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero		Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez		Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	34/111	
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			



### ➤ Fallo de las capas de la estructura del firme

En el análisis del fallo de las capas de la estructura del firme se han considerado como parámetros críticos

- La máxima tensión de tracción ( $\sigma_r$ ) en materiales tratados con cemento.
- La máxima deformación de tracción ( $\varepsilon_r$ ) en mezclas bituminosas en caliente.

Se han considerado separadamente cada uno de los materiales seleccionando la tensión o deformación crítica dada por el modelo de respuesta, la cual se introduce en la ley de fatiga, que proporciona el número admisible de aplicaciones de carga (N). El menor valor de N entre los obtenidos para todas las capas del firme representará el número de aplicaciones de carga que agotaría el firme por fatiga.

En las Tabla 23 y Tabla 24 a continuación, se definen las leyes propuestas en ICAFIR para mezclas bituminosas en caliente y materiales tratados con cemento respectivamente.

Tabla 23. Leyes de fatiga usadas para mezclas bituminosas en caliente

Tipo de Mezcla	Ley de fatiga
Gruesa o abierta	$\varepsilon_r = 6,443 \cdot 10^{-3} \cdot N^{-0,27243}$
Semidensa o densa	$\varepsilon_r = 6,920 \cdot 10^{-3} \cdot N^{-0,27243}$
Mezcla de alto módulo	$\varepsilon_r = 6,612 \cdot 10^{-3} \cdot N^{-0,27243}$

Tabla 24. Leyes de fatiga usadas para los materiales tratados con cemento


Tipo de Mezcla	Ley de fatiga
Suelocemento SC-3	$\sigma_r(MPa) = 0,43 \cdot (1 - 0,065 \cdot \log N)$
Suelocemento SC-4	$\sigma_r(MPa) = 0,72 \cdot (1 - 0,065 \cdot \log N)$
Gravacemento	$\sigma_r(MPa) = 1,30 \cdot (1 - 0,065 \cdot \log N)$

En el caso del Hormigón seco compactado reciclado (HCR) se ha usado también la ley de fatiga de la Gravacemento. Al estar basadas estas leyes en la resistencia a máxima flexotracción del material y al ser presumiblemente ésta mayor en el HCR que en la gravacemento, se considera que esta hipótesis deja las secciones calculadas del lado de la seguridad.

### 4.3. CLASIFICACIÓN DEL TRÁFICO

El Tráfico de Proyecto se define como el número acumulado de vehículos pesados que se prevé que circularán por el carril de proyecto durante el periodo de proyecto.

La clasificación del tráfico se realizará de acuerdo a los siguientes procedimientos, según la información disponible:

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora	
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
Observaciones		Página	35/111	
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

### a) Intensidad Media Diaria de vehículos pesados (IMD<sub>p</sub>) desconocida

Para aquellos casos en los que no se disponga la IMD<sub>p</sub> de la vía, se han definido tres categorías de tráfico pesado denominadas: pesado, medio y ligero según las características y el tipo de vía.

Para la definición de estas categorías, se ha llevado a cabo un análisis del tráfico (ver Anexo II) de la ciudad según los datos de Intensidad Media Diaria (IMD) disponibles en la web del Área de Movilidad del Ayuntamiento de Málaga y teniendo en cuenta la jerarquización actual de la red urbana.

Tras el análisis realizado, se extrajeron las siguientes conclusiones:

- La categoría de tráfico más alta de las vías analizadas es la categoría T1.
- Las vías clasificadas como "Arteria Urbana" o "Principal de 1º orden" tienen unas categorías de tráfico T1 y T2, según los datos analizados de IMD.
- Las vías clasificadas como "Distribuidora-Colectora de 2º orden y 1ª categoría" tienen una categoría de tráfico T2, según los datos analizados de IMD.
- Las vías clasificadas como "Distribuidora-Colectora de 2º orden y 2ª categoría" tienen una categoría de tráfico T2, según los datos analizados de IMD.

Teniendo en cuenta lo anterior, se propone el siguiente diagrama para la clasificación del tráfico en aquellos casos en los que no se cuenta con datos de IMD<sub>p</sub>:

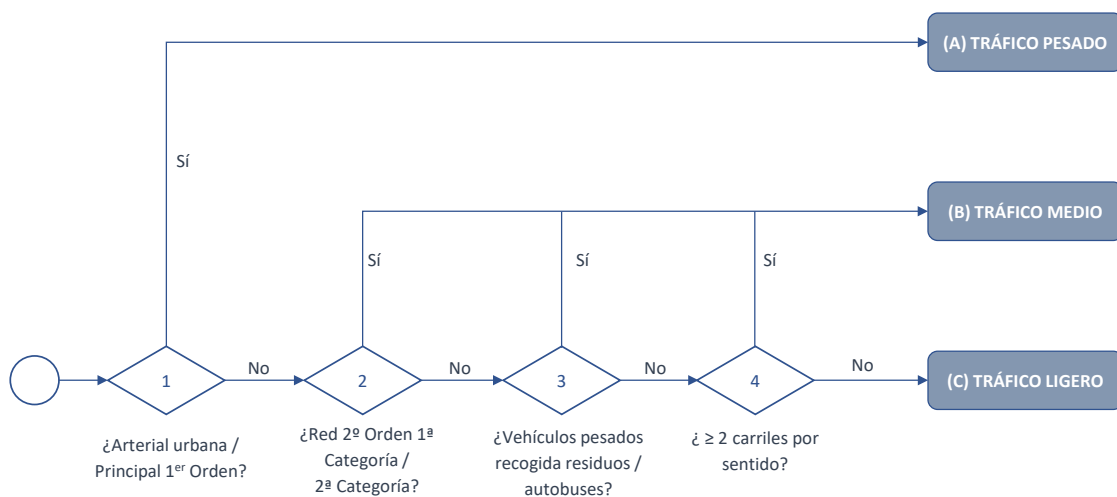


Figura 4. Diagrama para la clasificación del tráfico en la ciudad de Málaga

Donde:

- **(A) Tráfico pesado:** equivale a un tráfico T1. Dentro de esta categoría se considerarán las siguientes vías
  - Vías pertenecientes a la categoría "Arteria Urbana"
  - Vías pertenecientes a la categoría "Principal de 1º orden".
- **(B) Tráfico medio:** corresponde a un tráfico T2. Dentro de esta categoría de tráfico se considerarán las siguientes vías:

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	36/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

- Vías pertenecientes a la categoría "Distribuidora-Colectora de 2º orden y 1ª categoría".
- Vías pertenecientes a la categoría "Distribuidora-Colectora de 2º orden y 2ª categoría".
- Vías con vehículos pesados de recogida de residuos.
- Vías con más de 2 carriles por sentido.
- **(C) Tráfico ligero:** corresponde a un tráfico T3A. Dentro de esta categoría se considerarán las siguientes vías:
  - Vías pertenecientes a la categoría "viario de tercer orden".
  - Vías que no clasifican en ninguno de los criterios de las categorías anteriores.

### b) Intensidad Media Diaria de vehículos pesados (IMDP) conocida

Para aquellos casos en los que se disponga la Intensidad Media Diaria de vehículos pesados que se prevea en el carril de proyecto en el año de apertura al tráfico (IMD<sub>p</sub>), se clasificará el tráfico de acuerdo a las categorías establecidas en la ICAFIR, según la siguiente tabla a continuación:


Tabla 25. Categorías de tráfico de pesado según IMD<sub>p</sub>

Categoría	IMD <sub>p</sub>
T1	≥ 800 y < 2.000
T2	≥ 200 y < 800
T3A	≥ 100 y < 200
T3B	≥ 50 y < 100
T4A	≥ 25 y < 50
T4B	< 25

Finalmente, se establece la siguiente relación entre las categorías de tráfico establecidas en la ICAFIR (Tabla 25) y el diagrama propuesto (Figura 4). Se añade la categoría de tráfico "(D) Muy Ligero" que agrupa los tráficos T4A y T4B. No obstante, en aquellos casos en los que no se disponga de la IMD, la categoría mínima a considerar será (C) Ligero, según el diagrama de la Figura 4.

Tabla 26. Equivalencia de categorías de tráfico

Categoría de tráfico según Diagrama	Categoría de tráfico según ICAFIR	IMD <sub>p</sub>
(A) PESADO	T1	≥ 800 y < 2.000
(B) MEDIO	T2	≥ 200 y < 800
(C) LIGERO	T3A	≥ 100 y < 200
	T3B	≥ 50 y < 100
(D) MUY LIGERO	T4A	≥ 25 y < 50
	T4B	< 25

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora	
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
Observaciones		Página	37/111	
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

#### 4.4. EXPLANADA

El cimiento del firme o explanada estará constituido por el terreno natural subyacente en fondo de desmonte, los suelos o materiales de aportación en núcleo de terraplenes o pedraplenes sobre los que se apoyan, y las capas de asiento del firme.

Se definen tres categorías de cimiento del firme, de acuerdo con ICAFIR, en función de su capacidad de soporte la cual se definirá mediante el módulo equivalente  $E_e$  calculado de acuerdo al procedimiento descrito en la ICAFIR (apartado 4.7.3). Cuando el núcleo de terraplén o terreno natural subyacente no cumplan los criterios señalados para cada categoría de cimiento se proyectarán las correspondientes capas de asiento.


Tabla 27. Categoría de Explanada

Categoría de explanada	Módulo equivalente, $E_e$ (MPa)
<b>BAJA (E1)</b>	$\geq 60$
<b>MEDIA (E2)</b>	$\geq 100$
<b>ALTA (E3)</b>	$\geq 160$

La explanada se seleccionará de entre las predefinidas en la Figura 5, en función del terreno subyacente, el tráfico esperado, el firme previsto, la experiencia existente y los suelos presentes en la zona.

Respecto al uso de áridos reciclados procedentes de RCD en la formación de la explanada, el suelo seleccionado reciclado y el suelo tolerable reciclado estudiados en estas Recomendaciones se considerarán análogos a sus equivalentes sin reciclar debido a las características presentadas por los mismos. De esta forma podrán ser utilizados con las mismas consideraciones a nivel de espesores que los suelos seleccionados y tolerables en la formación de explanadas o cimientos del firme.

A continuación, se presenta para cada categoría de explanada y en función del tipo de suelo de la explanación o de la tierra, algunas de las soluciones propuestas incluyendo el suelo tolerable reciclado y el suelo seleccionado reciclado.

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	38/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

TIPO DE SUELO DE LA EXPLANACIÓN O DE LA OBRA DE TIERRA SUBYACENTE					
CATEGORÍA DE EXPLANADA	Suelos inadecuados y marginales	Suelos tolerables	Suelos adecuados	Suelos seleccionados	Roca
<b>E1</b>	<p>100 SR-Ad IN</p> <p>30 S-EST1 50 SR-Ad IN</p> <p>35 SR-Sel 50 SR-Ad IN</p> <p>30 S-EST1 60 SR-Tol IN</p> <p>30 S-EST1 30 S-EST1 IN</p> <p>50 SR-Sel 50 SR-Tol IN</p>	<p>45 SR-Sel S-TOL</p> <p>60 S-AD S-TOL</p> <p>25 S-EST1 S-TOL</p>	<p>S-AD Espesor mínimo 100</p>		
<b>E2</b>	<p>100 SR-Sel S-TOL</p> <p>30 S-EST2 60 SR-AD IN</p> <p>40 SR-Sel 60 S-AD IN</p> <p>30 S-EST2 70 SR-Tol IN</p> <p>50 S-EST1 IN</p> <p>30 S-EST2 40 SR-Sel IN</p> <p>80 SR-Tol IN</p>	<p>75 SR-Sel S-TOL</p> <p>25 S-EST2 25 S-EST1 S-TOL</p> <p>40 SR-Sel 60 SR-AD S-TOL</p> <p>25 SR-Sel 25 S-EST1 S-TOL</p>	<p>55 SR-Sel S-AD</p> <p>25 S-EST2 S-AD</p>	<p>S-Sel Espesor mínimo 100</p>	<p>25 SR-Sel R</p>
<b>E3</b>	<p>30 S-EST3 50 S-EST1 IN</p> <p>30 S-EST3 30 S-EST3 IN</p> <p>30 S-EST3 80 S-AD IN</p> <p>30 S-EST3 50 SR-Sel IN</p>	<p>30 S-EST3 30 SR-Sel S-TOL</p> <p>30 S-EST3 50 SR-Ad S-TOL</p>	<p>30 S-EST3 S-AD</p>	<p>30 S-EST3 S-Sel</p>	<p>15 SCR R</p> <p>15 ZARHor R</p>

IN: Suelo inadecuado; S-TOL: Suelo tolerable; S-AD: Suelo adecuado; SR-Tol: Suelo reciclado tolerable de RCD; SR-Ad: Suelo reciclado adecuado de RCD; S-Sel: Suelo seleccionado; SR-Sel: Suelo reciclado seleccionado de RCD; S-EST1: suelo estabilizado tipo 1; S-EST2: suelo estabilizado tipo 2; S-EST3: suelo estabilizado tipo 3; ZARHor: Zahorra artificial reciclada de hormigón; SCR: Suelo reciclado de RCD.

Figura 5. Formación de explanada

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	39/111
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



#### 4.4.1. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DE LA EXPLANADA

En la realización de las explanadas que se presentan en la Figura 5 deben tenerse en cuenta los siguientes criterios:

- Los espesores indicados son los mínimos en cualquier punto de una sección transversal. En ningún caso se podrá reducir el espesor establecido mediante el empleo de materiales de calidad superior a la especificada.
- El espesor total de los suelos y materiales incluidos dentro de las secciones de Explanada se colocará en tongadas de espesor no superior a 30 cm.
- Los suelos de la Explanada se compactarán en obra con una densidad igual o superior a la utilizada para su caracterización.

#### 4.5. SECCIONES DE FIRME SOSTENIBLES EN CALZADAS URBANAS


A continuación, se muestra para cada conjunto "categoría de tráfico-explanada", las diferentes secciones de firme sostenibles diseñadas para las vías urbanas de la ciudad de Málaga. Estas secciones se han elaborado tomando como referencia la norma 6.1 I-C y la Instrucción ICAFIR, así como las recomendaciones de prácticas sostenibles en el diseño de firmes (ver Capítulo 3) y la experiencia acumulada en el diseño y construcción de firmes con materiales reciclados de RCD y mezclas asfálticas tipo SMA con alto contenido en caucho en capas de rodadura.

Cada sección se designa con un código de tres o cuatro caracteres, según la sección:

- El primero indica la categoría de tráfico: pesado (A), medio (B), ligero (C), muy ligero (D).
- El segundo indica la categoría de explanada: 1 (E1), 2 (E2) y 3 (E3).
- El tercero hace referencia al tipo de sección:
  - 1: mezcla bituminosa sobre base de hormigón seco compactado y subbase granular.
  - 2: mezcla bituminosa sobre base de suelocemento y subbase granular.
  - 3: pavimento de adoquín prefabricado de hormigón sobre base de hormigón magro y subbase granular.
- El cuarto, una S, indica que se trata de una sección sostenible.

Las prácticas sostenibles consideradas en las secciones cuya nomenclatura termina en S, son:

- Reemplazo de la capa de subbase de zahorra artificial (ZA) por zahorra reciclada de hormigón (ZARHor) ó zahorra artificial reciclada mixta tipo I (ZARM), según el croquis de la sección.
- Reemplazo de la capa de base de hormigón seco compactado (HC) por hormigón seco compactado con árido grueso reciclado de RCD (HCR).
- Reemplazo de la capa de base de suelocemento (SC) por suelocemento reciclado de RCD (SCR).
- Reemplazo de las capas bituminosas convencionales por mezclas bituminosas sostenibles (reducción de temperatura, contenido de caucho superior al 0.8%, contenido de RAP 10% en capas de rodadura y 20% en capas base e intermedias)


<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	40/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			




Para cada una de estas secciones, se ha obtenido el **Índice de Durabilidad** y el **Índice Medioambiental** siguiendo la metodología descrita en el Capítulo 3 del presente documento. A la hora de elegir una sección, el Proyectista deberá priorizar aquellas secciones con un mayor Índice de Durabilidad y/o Índice Medioambiental según las necesidades de proyecto. En caso de elegir la sección con menor Índice Medioambiental deberá justificarse. Asimismo, en caso de proponer una sección diferente a las incluidas en estas Recomendaciones, el Proyectista deberá calcular ambos índices y justificar su elección.

En aquellas secciones que contengan una capa de base de hormigón seco compactado reciclado, en caso de no existir disponibilidad de este material, se reemplazará por hormigón seco compactado disminuyendo el Índice Medioambiental de la sección en 3 puntos.

A continuación, se muestra la leyenda de las secciones presentadas en las Figura 6 a Figura 9.

<b>SMA</b> Mezcla bituminosa tipo SMA	<b>SMA Sost</b> Mezcla bituminosa tipo SMA sostenible	 <b>AP</b> Adoquín prefabricado de hormigón
<b>MB</b> Mezcla bituminosa convencional	<b>MB Sost</b> Mezcla bituminosa sostenible	<b>MO</b> Mortero (>20 MPa)
<b>HC</b> Hormigón Seco compactado	<b>HCR</b> Hormigón Seco compactado, árido grueso reciclado, 3kg/m <sup>3</sup> fibras poliméricas	<b>HM</b> Hormigón magro
<b>ZA</b> Zahorra artificial	<b>ZARHor</b> Zahorra artificial reciclada de hormigón	<b>HMR</b> Hormigón magro reciclado RCD
<b>SC</b> Suelocemento SC-4	<b>ZARM</b> Zahorra artificial reciclada mixta Tipo I de RCD	<b>SCR</b> Suelo-cemento reciclado de RCD

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	41/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

**CATEGORÍA DE TRÁFICO: (A) PESADO / T1**

	A31		A31 - S1		A31 - S2		A32		A32 - S	
<b>EXPLANADA E3</b>	<b>A31</b>		<b>A31 - S1</b>		<b>A31 - S2</b>		<b>A32</b>		<b>A32 - S</b>	
	<b>A31</b>		<b>A31 - S1</b>		<b>A31 - S2</b>		<b>A32</b>		<b>A32 - S</b>	
<b>EXPLANADA E2</b>	<b>A21</b>		<b>A21 - S1</b>		<b>A21 - S2</b>		<b>A22</b>		<b>A22 - S</b>	
	<b>A21</b>		<b>A21 - S1</b>		<b>A21 - S2</b>		<b>A22</b>		<b>A22 - S</b>	

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	42/111
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



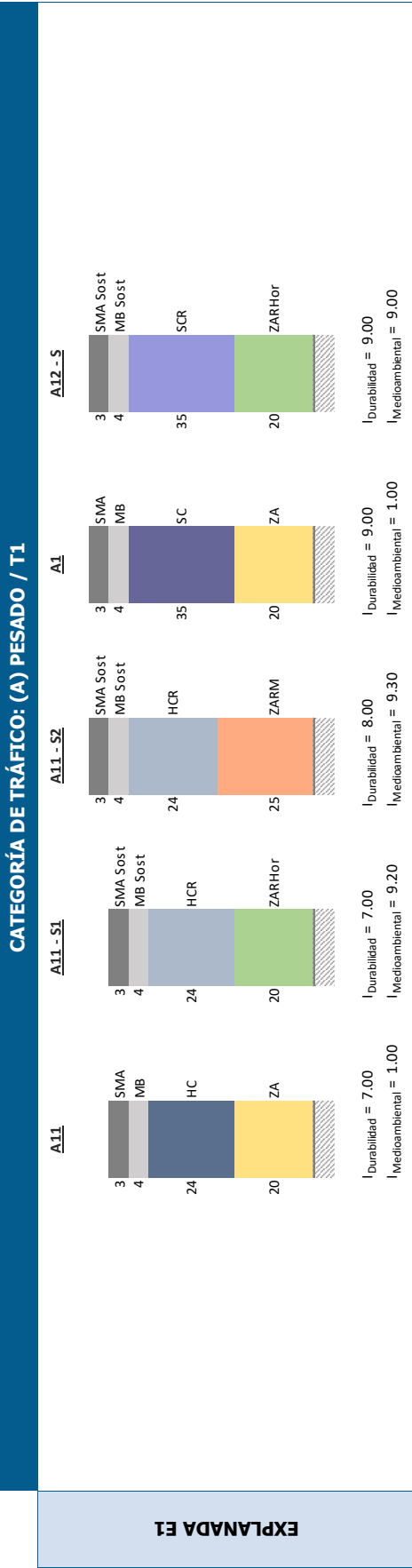


Figura 6. Secciones de firme sostenibles recomendadas para las categorías de tráfico pesado (A) y T1 en función de la categoría de explanada

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	43/111
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		

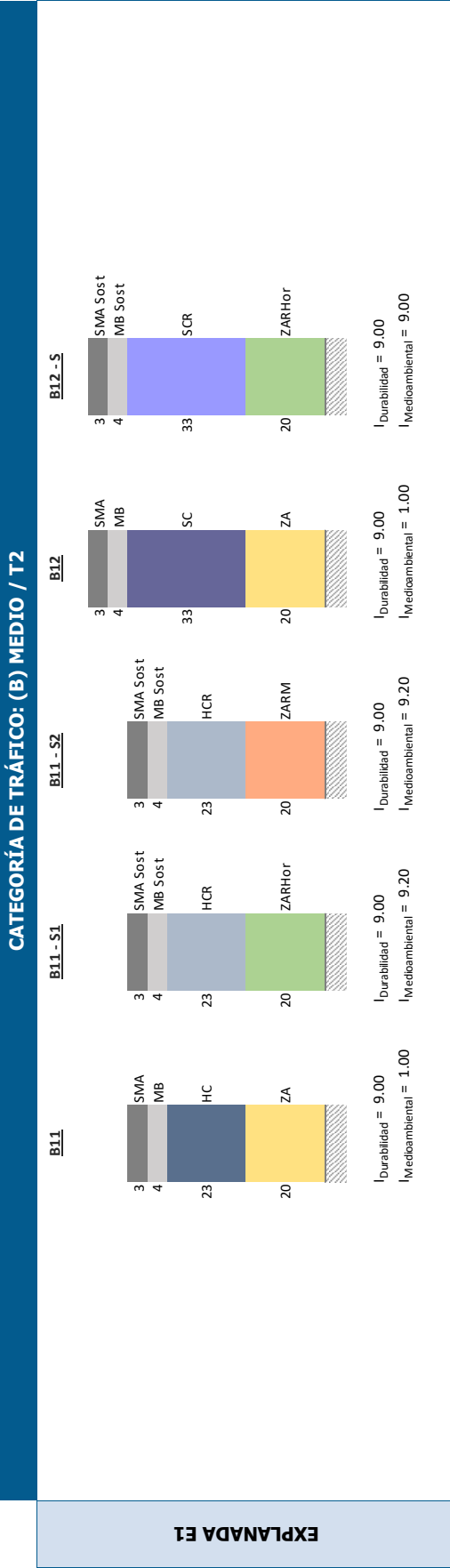


**CATEGORÍA DE TRÁFICO: (B) MEDIO / T2**

	B31	B31 - S1	B31 - S2	B32	B32 - S	B33	B33 - S
<b>EXPLANADA E3</b>	<p><b>B31</b> I<sub>Durabilidad</sub> = 9.00 I<sub>Medioambiental</sub> = 1.00</p>	<p><b>B31 - S1</b> I<sub>Durabilidad</sub> = 9.00 I<sub>Medioambiental</sub> = 9.10</p>	<p><b>B31 - S2</b> I<sub>Durabilidad</sub> = 9.00 I<sub>Medioambiental</sub> = 9.10</p>	<p><b>B32</b> I<sub>Durabilidad</sub> = 9.00 I<sub>Medioambiental</sub> = 1.00</p>	<p><b>B32 - S</b> I<sub>Durabilidad</sub> = 9.00 I<sub>Medioambiental</sub> = 8.90</p>	<p><b>B33</b> I<sub>Durabilidad</sub> = 9.00 I<sub>Medioambiental</sub> = 0.00</p>	<p><b>B33 - S</b> I<sub>Durabilidad</sub> = 9.00 I<sub>Medioambiental</sub> = 6.10</p>
	<b>EXPLANADA E2</b>	<p><b>B21</b> I<sub>Durabilidad</sub> = 9.00 I<sub>Medioambiental</sub> = 1.00</p>	<p><b>B21 - S1</b> I<sub>Durabilidad</sub> = 9.00 I<sub>Medioambiental</sub> = 9.30</p>	<p><b>B21 - S2</b> I<sub>Durabilidad</sub> = 9.00 I<sub>Medioambiental</sub> = 9.30</p>	<p><b>B22</b> I<sub>Durabilidad</sub> = 9.00 I<sub>Medioambiental</sub> = 1.00</p>	<p><b>B22 - S</b> I<sub>Durabilidad</sub> = 9.00 I<sub>Medioambiental</sub> = 9.10</p>	<p><b>B23</b> I<sub>Durabilidad</sub> = 9.00 I<sub>Medioambiental</sub> = 0.00</p>

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	44/111
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		





**CATEGORÍA DE TRÁFICO: (C) LIGERO / T3A / T3B**

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	45/111
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		

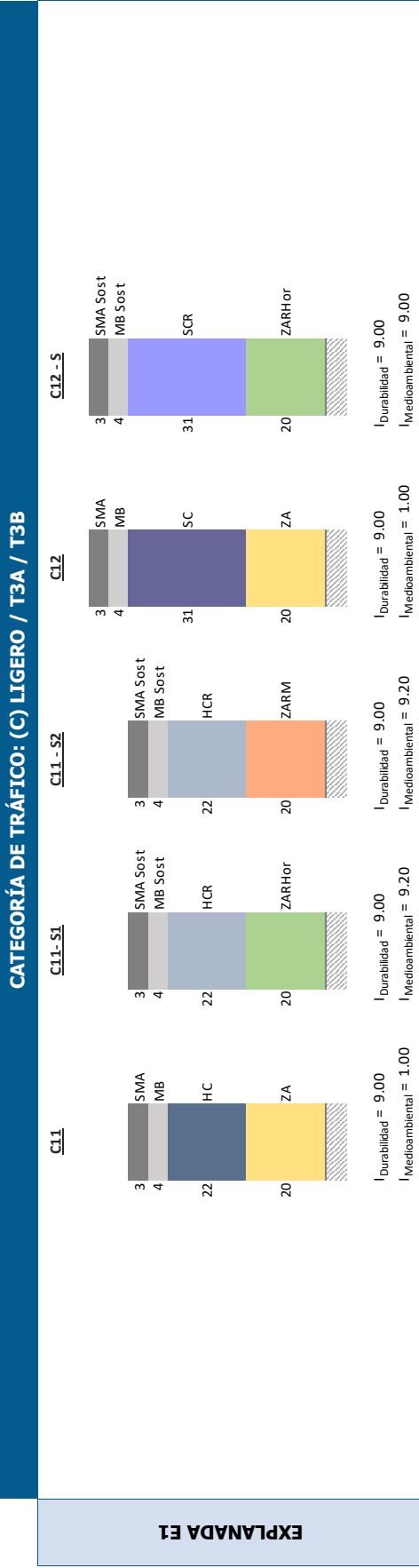


**CATEGORÍA DE TRÁFICO: (C) LIGERO / T3A / T3B**

	C31	C31-S1	C31-S2	C32	C32-S	C33	C33-S
<b>EXPLANADA E3</b>	<p><math>I_{Durabilidad} = 9.00</math> <math>I_{Medioambiental} = 1.00</math></p>	<p><math>I_{Durabilidad} = 9.00</math> <math>I_{Medioambiental} = 9.10</math></p>	<p><math>I_{Durabilidad} = 9.00</math> <math>I_{Medioambiental} = 9.10</math></p>	<p><math>I_{Durabilidad} = 9.00</math> <math>I_{Medioambiental} = 1.00</math></p>	<p><math>I_{Durabilidad} = 9.00</math> <math>I_{Medioambiental} = 9.10</math></p>	<p><math>I_{Durabilidad} = 9.00</math> <math>I_{Medioambiental} = 0.00</math></p>	<p><math>I_{Durabilidad} = 9.00</math> <math>I_{Medioambiental} = 5.90</math></p>
	<b>EXPLANADA E2</b>	<p><math>I_{Durabilidad} = 9.00</math> <math>I_{Medioambiental} = 1.00</math></p>	<p><math>I_{Durabilidad} = 9.00</math> <math>I_{Medioambiental} = 9.30</math></p>	<p><math>I_{Durabilidad} = 9.00</math> <math>I_{Medioambiental} = 9.30</math></p>	<p><math>I_{Durabilidad} = 9.00</math> <math>I_{Medioambiental} = 1.00</math></p>	<p><math>I_{Durabilidad} = 9.00</math> <math>I_{Medioambiental} = 9.10</math></p>	<p><math>I_{Durabilidad} = 9.00</math> <math>I_{Medioambiental} = 0.00</math></p>

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	46/111
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		





NOTA: Todos los espesores son en cm.

Figura 8. Secciones de firme sostenibles recomendadas para las categorías de tráfico ligero (C), T31 y T32 en función de la categoría de explanada

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	47/111
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



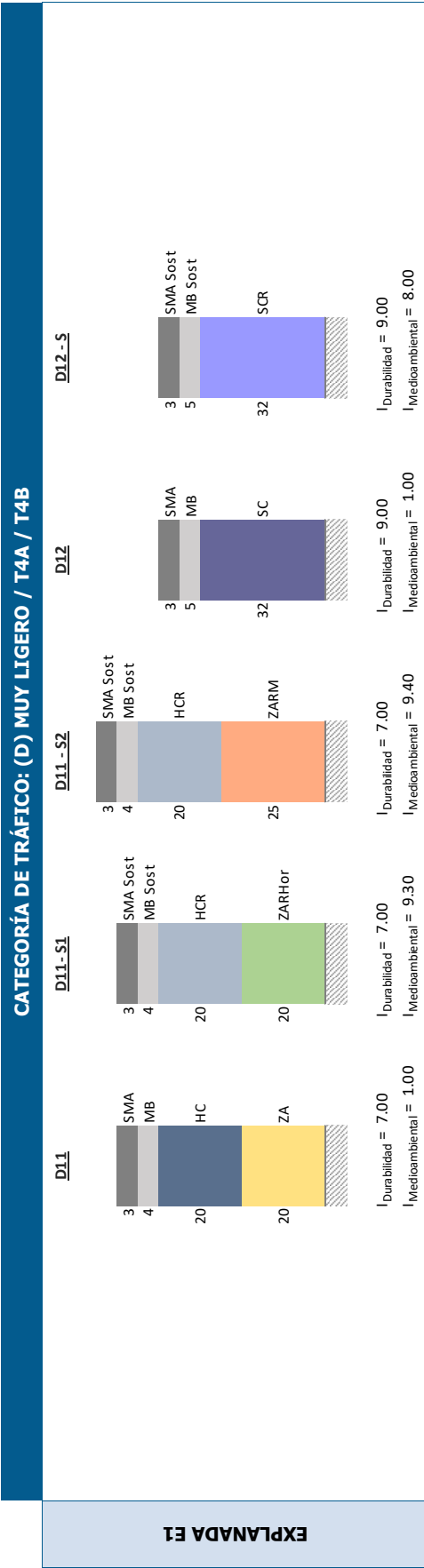
**CATEGORÍA DE TRÁFICO: (D) MUY LIGERO / T4A / T4B**

	D31	D31 - S1	D31 - S2	D32	D32 - S	D33	D33 - S
<b>EXPLANADA E3</b>	<p>Durabilidad = 9.00 Medioambiental = 1.00</p>	<p>Durabilidad = 9.00 Medioambiental = 9.20</p>	<p>Durabilidad = 9.00 Medioambiental = 9.20</p>	<p>Durabilidad = 9.00 Medioambiental = 1.00</p>	<p>Durabilidad = 9.00 Medioambiental = 8.00</p>	<p>Durabilidad = 9.00 Medioambiental = 0.00</p>	<p>Durabilidad = 9.00 Medioambiental = 6.20</p>
	<b>EXPLANADA E2</b>	<p>Durabilidad = 9.00 Medioambiental = 1.00</p>	<p>Durabilidad = 9.00 Medioambiental = 9.10</p>	<p>Durabilidad = 9.00 Medioambiental = 9.10</p>	<p>Durabilidad = 9.00 Medioambiental = 1.00</p>	<p>Durabilidad = 9.00 Medioambiental = 8.00</p>	<p>Durabilidad = 9.00 Medioambiental = 0.00</p>

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	48/111
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		







**NOTA:** Todos los espesores son en cm.

Figura 9. Secciones de firme sostenibles recomendadas para las categorías de tráfico muy ligero (D), T41 y T42 en función de la categoría de explanada

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	49/111
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



## 4.6. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

### 4.6.1. ESPESOR DE CAPAS Y TONGADAS

En las secciones tipo presentadas anteriormente se ha tenido en cuenta las limitaciones respecto a los espesores máximos y mínimos de cada tongada y capa, según se recoge en la Instrucción ICAFIR y la Norma 6.1-I.C:

Tabla 28. Espesores de capas

Material	Espesor mínimo de capa	Espesor máximo de capa
Gravacemento	20 cm	25 cm
Suelocemento	20 cm	30 cm

### 4.6.2. RESTRICCIONES DE USO

Las capas de Hormigón compactado procedente de reciclado (HCR) que estén en contacto directamente con la explanada, requerirán que la capa superior de la explanada esté tratada con cemento.

## 4.7. REURBANIZACIÓN, REHABILITACIÓN Y/O REFUERZO DE VÍAS EXISTENTES

En el caso de reurbanización, rehabilitación y/o refuerzos de vías existentes, el proyecto de la obra ha de definir el alcance de la actuación necesaria. El alcance de la actuación puede limitarse a la extensión sobre la calzada de una capa de refuerzo, o bien incluir el fresado y reposición de la capa de rodadura (actuaciones habituales de los planes de asfaltos), o bien incluir intervenciones de mayor entidad que pueden afectar a todo el paquete de firme o incluso modificar las capas de asiento de firme (explanada).

En cualquier caso, será de aplicación lo expuesto en estas Recomendaciones, tanto en relación a los materiales que componen el paquete de firme como los procedimientos empleados.

### 4.7.1. DEFINICIÓN DE LA CATEGORÍA DE EXPLANADA EXISTENTE

En caso de que sea necesario categorizar la explanada existente en las obras de reurbanización, rehabilitación y/o refuerzo de firmes, se realizarán los siguientes ensayos a fin de identificar los materiales existentes, así como los espesores de las capas:

- Campaña de testigos efectuada para determinar los espesores reales de las capas existentes en el tramo objeto de estudio. Hasta 1.5 m de profundidad.
- Ensayo de carga con placa (Presión de contacto 0.5 MPa; diámetro de placa: 300 mm).

La explanada se considerará adecuada únicamente cuando, cumpliendo los criterios de proyecto definidos, se logre superar el módulo equivalente mínimo exigido para cada categoría de explanada: alta o E3 ( $E_e \geq 160$  MPa), media o E2 ( $E_e \geq 100$  MPa), y baja o E1 ( $E_e \geq 60$  MPa).

Si la explanada, tanto por calidad de materiales y/o espesores de capas, como por los resultados de los ensayos de carga con placa, es de calidad inferior a la necesaria para la obra proyectada, se modificará la estructura de las capas de asiento, espesores o materiales hasta lograr dicho objetivo. Para ello, se optará prioritariamente por la estabilización in situ del material existente. En caso de que la estabilización

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Firmado <th>Fecha y hora</th> <td>20/09/2023 13:31:45</td>	Fecha y hora	20/09/2023 13:31:45
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado		20/09/2023 13:27:03	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado		20/09/2023 12:47:52	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado			
Observaciones		Página		50/111	
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>				



in situ, por motivos técnicos o de ejecución, no se pueda llevar a cabo se podrá recurrir a la reposición de suelos para la configuración de la nueva explanada. Para ello, se seguirá lo expuesto en el apartado 4.4 de estas Recomendaciones.

#### 4.7.2. FRESADO Y REPOSICIÓN DE LA CAPA DE RODADURA


Para los trabajos de reparación y mantenimiento se recomienda el uso de mezclas asfálticas elaboradas con altos contenidos en betún y caucho, debido a su mayor durabilidad.

Debido a la mayor durabilidad de las mezclas con alto contenido en caucho, en el caso de reparación mediante fresado y reposición, la capa de rodadura existente podrá ser sustituida por una nueva capa de menor espesor de mezcla con alto contenido en caucho. La reducción de espesor de fresado y reposición vendrá determinada por los tipos de mezcla con caucho que se empleen.

Tomando como referencia de obra convencional espesores de fresado y reposición de 4, 5, y 6 cm, y en base a la experiencia, en la siguiente tabla (Tabla 29), se indican las diferentes reducciones de espesor de reparación empleando diferentes tipos de mezclas con caucho.


Tabla 29. Espesores de fresado y reposición según tipo de mezcla

ESPESOR DE FRESADO Y REPOSICIÓN (cm)			
Mezcla Convencional (AC)	Mezcla mejorada con caucho	Mezcla modificada con caucho	Mezcla altamente modificada con caucho
6.00	6.00	5.00	4.00
5.00	5.00	4.00	3.50
4.00	4.00	3.50	3.50

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	51/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

## 5 ACERADOS Y VIAS PEATONALES SOSTENIBLES

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	52/111
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



## 5.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se incluyen recomendaciones para la pavimentación de espacios urbanos empleando material de RCD en alguna de sus capas.

En la mayoría de los Acerados y vías peatonales, tiene importancia primordial la funcionalidad y la morfología del pavimento, más que sus características resistentes. También es importante tener en cuenta el mantenimiento de estos pavimentos y la facilidad requerida para llevar a cabo reparaciones ocasionales de los servicios subterráneos.

Los espacios urbanos considerados en este capítulo corresponden a las siguientes tipologías:

- Acerado, exclusivo para el uso de peatones.
- Vías peatonales, bien restringido a peatones o bien combinado con tráfico ligero.

No se contemplan en este capítulo las vías urbanas con tránsito de vehículos pesados de recogida de residuos. Para este tipo de vías, es de aplicación lo especificado en el *Capítulo 4 Firmes sostenibles en vías urbanas*.

## 5.2. CRITERIOS DE PROYECTO


En la definición de secciones tipo se ha partido de las siguientes hipótesis o criterios de proyecto:

- Tipo de terreno natural
  - Tolerable
- Tipo de explanada
  - Media ( $E_{v2} > 75$  MPa).
  - Baja ( $E_{v2} > 45$  MPa).
- Tipo de firme
  - Rígido
  - Semirrígido
  - Flexible
- Tipo de tránsito
  - Peatonal restringido
  - Uso combinado: peatonal y tráfico ligero
- Acabados superficiales:
  - Pavimentos discontinuos: cerámico, piedra local, baldosa de hormigón prefabricado.

## 5.3. SECCIONES TIPO EN ACERADOS Y VÍAS PEATONALES

En las diferentes normativas autonómicas, Andalucía, Aragón y País Vasco entre otras, se definen secciones tipo en vías peatonales consistentes en un nivel superior de adoquín o baldosas, con una misión eminentemente funcional, y unas capas de soporte, base y subbase, de función estructural. En la Figura 10 se muestra a modo de ejemplo una sección tipo para este tipo de vía:

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	53/111
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



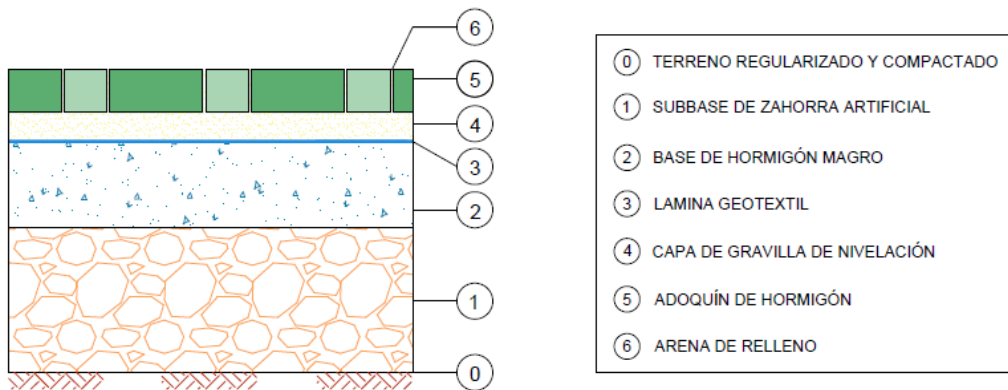


Figura 10. Sección tipo de pavimento con adoquines para vía peatonal

Las secciones tipo que se presentan en estas Recomendaciones (ver Figura 11) contemplan el uso de árido reciclado únicamente en las capas inferiores o estructurales, las cuales pueden combinarse con los habituales adoquines o baldosas en las capas superiores.

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	54/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

		TIPO DE TRÁFICO	
		PEATONAL RESTRINGIDO	USO COMBINADO (PEATONAL + TRÁFICO LIGERO)
CAPA SUPERIOR			
	CAPAS INFERIORES $E_{21} > 45 \text{ MPa}$		

AD: Adoquín; BA: Baldosa; AN: Arena de nivelación; MO: Mortero; HM: Hormigón magro 15 MPa; HMR: Hormigón magro reciclado 15 MPa; ZA: Zahorra artificial; ZARHor: Zahorra artificial reciclado de hormigón; ZARM: Zahorra artificial reciclada mixta Tipo I de RCD; HC: Hormigón seco compactado; HCR: Hormigón de firme 20 MPa; SC: Suelocemento; SCR: Suelocemento reciclado de RCD.

Figura 11. Secciones de firme sostenibles recomendadas para aceras y vías peatonales sobre explanada categoría baja

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	55/111
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



		TIPO DE TRÁFICO	
		PEATONAL RESTRINGIDO	USO COMBINADO (PEATONAL + TRÁFICO LIGERO)
CAPA SUPERIOR			
	CAPAS INFERIORES $E_{v2} > 75 \text{ MPa}$	<p> <math>I_{\text{Medioambiental}} = 0.00</math>  <math>I_{\text{Medioambiental}} = 8.50</math> </p>	<p> <math>I_{\text{Medioambiental}} = 0.00</math>  <math>I_{\text{Medioambiental}} = 5.00</math> </p>
		<p> <math>I_{\text{Medioambiental}} = 0.00</math>  <math>I_{\text{Medioambiental}} = 7.00</math> </p>	<p> <math>I_{\text{Medioambiental}} = 0.00</math>  <math>I_{\text{Medioambiental}} = 3.50</math> </p>
		<p> <math>I_{\text{Medioambiental}} = 0.00</math>  <math>I_{\text{Medioambiental}} = 7.00</math> </p>	<p> <math>I_{\text{Medioambiental}} = 0.00</math>  <math>I_{\text{Medioambiental}} = 4.00</math> </p>
		<p> <math>I_{\text{Medioambiental}} = 0.00</math>  <math>I_{\text{Medioambiental}} = 8.50</math> </p>	<p> <math>I_{\text{Medioambiental}} = 0.00</math>  <math>I_{\text{Medioambiental}} = 5.70</math> </p>

AD: Adoquín; BA: Baldosa; AN: Arena de nivelación; MO: Mortero; HM: Hormigón magro 15 MPa; HMR: Hormigón magro reciclado 15 MPa; ZA: Zahorra artificial; ZARHor: Zahorra artificial reciclado de hormigón; ZARM: Zahorra artificial reciclada mixta Tipo I de RCD; HC: Hormigón seco compactado; HCR: Hormigón seco compactado reciclado de RCD; HF: Hormigón de firme 20 MPa; SC: Suelocemento; SCR: Suelocemento reciclado de RCD.

Figura 12. Secciones de firme sostenibles recomendadas para acerados y vías peatonales sobre explanada categoría media

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	56/111
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		





## 5.4. SECCIÓN TIPO PAVIMENTO PERMEABLE EN VÍAS PEATONALES

Con el fin de favorecer la infiltración del agua de lluvia en entornos urbanos y contribuir a la restitución del ciclo natural del agua, las secciones anteriores para vía peatonal pueden adaptarse a secciones de pavimento permeables siguiendo el esquema que se muestra a continuación (Figura 13).

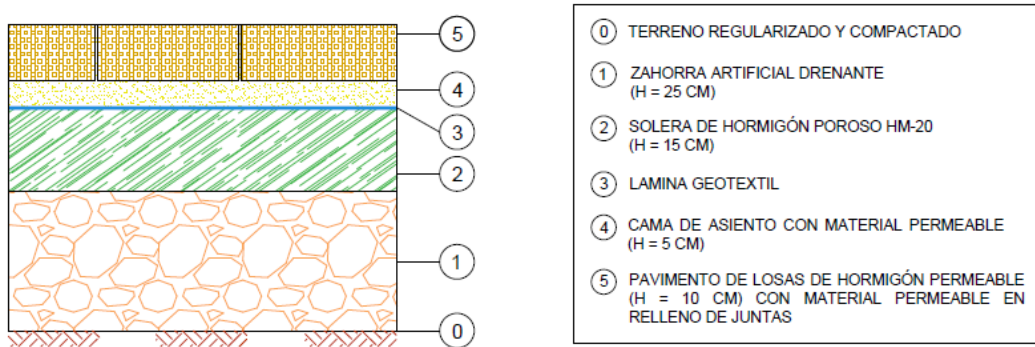


Figura 13. Sección tipo de pavimento permeable para vía peatonal

## 5.5. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS


- El hormigón HF debe poseer una resistencia a flexotracción mínima de 3,5 MPa.
- Para el hormigón HMR se seguirán las prescripciones establecidas en el art. 551 del PG-3.

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==		Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente		Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero		Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez		Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	57/111	
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			



## 6 FIRMES SOSTENIBLES EN VIAS CICLISTAS

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	58/111
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



## 6.1. INTRODUCCIÓN

Las soluciones sostenibles para firmes de vías ciclistas que aquí se presentan están fundamentadas en las "Recomendaciones de diseño para vías ciclistas" elaborado por la Consejería de Fomento y Vivienda de la Junta de Andalucía, en junio de 2013.

### 6.1.1. TIPOLOGÍA DE VÍAS CICLISTAS

Se establecen un total de siete tipos, clasificados en función de la tipología de la red, su uso preferente y de su relación con los otros tráficos, motorizados y no motorizados.

- **Ciclo-senda:** vía para peatones y ciclos, segregada del tráfico motorizado que discurre por espacios abiertos, parques o jardines.
- **Pista bici:** vía ciclista segregada de los peatones y del tráfico motorizado, con trazado independiente de las carreteras.
- **Carril bici protegido:** vía ciclista que discurre adosada a la calzada, señalizada al efecto, en un solo sentido o en doble sentido. Se consideran protegidos cuando están separados del resto de la calzada mediante bordillos o bolardos.
- **Carril bici** (no protegido): vía ciclista que discurre adosada a la calzada, en un solo sentido o en doble sentido.
- **Acera bici:** vía ciclista señalizada sobre la acera, separada del tráfico motorizado pero integrada en la acera o espacio peatonal presentando algún tipo de señalización y/o elemento físico o visual que la segregue del espacio propiamente peatonal.
- **Vía compartida urbana** (Ciclo calle): vía ciclista especialmente acondicionada, destinada en primer lugar a las bicis y en la que los vehículos motorizados deberán circular a una velocidad máxima de 30 km/h, o inferior si así estuviera específicamente señalado.
- **Vía compartida interurbana:** vía donde coexiste el tráfico ocasional motorizado y el no motorizado en zonas rurales (uso compartido de caminos rurales por ciclistas y vehículos de uso agrícola).

En la red Autonómica tendrán cabida las tipologías que mejor se adapten al uso preferente, es decir, al uso lúdico, deportivo, turístico y cultural.

La red Metropolitana estará condicionada por la necesidad de segregación de los tráficos, debido a la importante diferencia entre las velocidades desarrolladas en este ámbito entre el tráfico motorizado y el no motorizado y a las altas intensidades de tráfico que suelen albergar las vías de carácter metropolitano. Por tanto, se adaptarán mejor a su funcionalidad, la pista-bici, el carril-bici protegido y la ciclo-senda.

En las redes urbanas, cuyo uso preferente es el transporte cotidiano, las tipologías recomendadas estarán condicionadas en gran medida por el entramado viario existente. Por tanto, serán de aplicación con carácter general los carriles-bici, protegidos o no, dependiendo de la diferencia de las velocidades desarrolladas y de la intensidad de tráfico y la acera-bici.


<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	59/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

Tabla 30. Asignación de cada tipología de vía ciclista a la red de carreteras

		Red Autónoma	Red Metropolitana	Red Urbana	
Vías ciclistas	Ciclo-senda	X	X		
	Pista-bici	X	X		
	Carril bici	Protegido	X	X	X
		No protegido			X
	Acera-bici			X	
Vías compartidas	Urbana (ciclo-calle)			X	
	Interurbana	X	X		

## 6.2. CRITERIOS DE PROYECTO

### 6.2.1. GEOMETRÍA

Dentro de los criterios de proyecto se seguirá las "Recomendaciones de diseño para las vías ciclista en Andalucía" de la Consejería de Fomento y Vivienda que establece unos criterios geométricos de diseño entre los que destacan:

- Velocidad de proyecto.
- Anchura mínima y resguardo.
- Secciones tipo.

#### Velocidad de proyecto

La velocidad de proyecto se establece en función del tipo de red con las siguientes velocidades genéricas de diseño:

- Velocidad genérica en Red Urbana: 10-20 km/h
- Velocidad genérica en Red Metropolitana: 20-40 km/h
- Velocidad genérica en Red Autónoma: 20-40 km/h

En todo caso, se toma como velocidad mínima: 10 km/h.

#### Anchuras mínimas y resguardos

La Tabla 31 muestra las anchuras mínimas y resguardos de acuerdo a lo establecido por la Dirección General de Tráfico:


Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora	
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
Observaciones		Página	60/111	
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

Tabla 31. Anchuras mínimas y resguardos

	Metros
Anchura mínima sentido único	1,5
Anchura mínima doble sentido sin bordillos	2,5
Anchura mínima doble sentido con bordillos	3,0
Resguardo aparcamiento	0,8

### Secciones transversales tipo

Para las secciones transversales se proponen las anchuras indicadas en la Tabla 32 para las distintas vías anteriormente definidas.

Tabla 32. Anchuras recomendadas en función del tipo de red y del sentido de circulación

		Red Autónoma	Red Metropolitana	Red Urbana	Sentido	Sección tipo (m)	
Vías ciclistas	Ciclo-senda	X	X			2,5-5,0	
	Pista-bici	X	X		Único	1,5-2,0	
					Doble	2,5-3,0	
	Carril bici	Protegido	X	X	X	Único	1,8-2,0
		No protegido			X	Doble	2,5-3,0
		Acera-bici			X		
Vías compartidas	Urbana (ciclocalle)			X			
	Interurbana	X	X				

### 6.2.2. TRÁFICO

La definición del tipo de tráfico pesado, elemento básico para la proyección de carreteras, se elimina en este caso, ya que sería asimilable en todo caso al denominado T-45 (0-1 vehículos pesados/día), que se recoge en el Manual de recomendaciones de diseño, construcción, infraestructura, balizamiento, conservación y mantenimiento de carril bici, de la Dirección General de Tráfico.

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	61/111
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



### 6.2.3. ESTRUCTURA DEL FIRME

Las capas que forman tradicionalmente el firme en la red viaria general se componen de subbase, base y pavimento, pero en el caso de las vías ciclistas algunas de las capas bajo el pavimento pueden suprimirse, por las menores necesidades resistentes.

Así, de esta forma, la estructura de una vía ciclista se configurará en función de la tipología de pavimento que se proponga emplear y el tipo de explanada que se haya conseguido, que vendrá dado por los materiales disponibles, y para el caso de las presentes Recomendaciones, para los materiales reciclados procedentes de RCD.

Los firmes estas Recomendaciones siguen la metodología de las "Recomendaciones de diseño para las vías ciclistas en Andalucía" y por tanto se agrupan según la rigidez de su estructura, en flexibles, compuestos por capas granulares y mezclas bituminosas, rígidos, compuestos de hormigón, baldosas o adoquines, y semirrígidos, donde se combinan parcialmente las características (suelo-cemento y productos bituminosos).

Se incluye la Tabla 33 que relaciona la idoneidad de cada uno de los tipos de firme considerados con los distintos tipos de vía según la clasificación que se ha hecho previamente.

Tabla 33. Tipología de firme según los tipos de vías ciclistas adoptados

Tipo de vía	Situación tipo	FL-1	FL-2	FL-3	SR-1	SR-2	SR-3	RIG-1	RIG-2
<b>Carril bici</b>	Nueva creación	X	X		X	X		X	
<b>Acera bici</b>	Nueva creación	X	X		X	X		X	X
<b>Ciclo-senda</b>	Sobre caminos existentes		X	X		X	X	X	
	Antiguas plataformas de ferrocarril (vías verdes)			X			X		
<b>Pista bici</b>	Nueva creación	X	X		X	X		X	
<b>Cualquier vía</b>	Aprovechamiento plataforma existente	Añadir la capa de rodadura o las capas de firme necesarias en función de la sección existente							

FL-1: firme flexible con mezcla bituminosa; FL-2: firme flexible con tratamiento superficial con gravilla; FL-3: firme flexible con zahorra artificial; SR-1: firme semirrígido con mezcla bituminosa; SR-2: firme semirrígido con tratamiento superficial con gravilla; SR-3: firme semirrígido con suelo-cemento o albero-cal; RIG-1: firme rígido con hormigón; RIG-2: firme rígido con baldosa o adoquín

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	62/111
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



## 6.3. EXPLANADA

### 6.3.1. DEFINICIONES Y TIPOS DE EXPLANADA

Se entiende por explanada el terreno natural o conformado artificialmente sobre el que se apoyan las distintas capas del firme, siendo la que determina en gran medida las características de capacidad de carga y durabilidad.

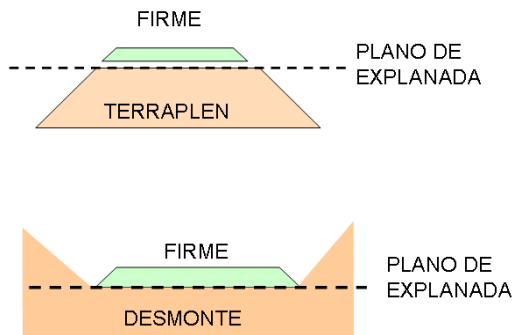


Figura 14. Definición de explanada en vías ciclistas

De acuerdo con las "Recomendaciones de diseño para vías ciclistas en Andalucía" (2013) se establecen dos tipos de explanadas:

- **Explanada E-1, baja**, que es la explanada que ofrece un módulo elástico equivalente E mayor de 45 MPa.
- **Explanada E-2, media**, que es aquella explanada que ofrece un módulo elástico equivalente E mayor de 75 MPa.

### 6.3.2. FORMACIÓN DE LAS EXPLANADAS

Las cargas transmitidas por la bicicleta son prácticamente despreciables, sin embargo, es importante dotar de capacidad de soporte al cimiento del firme para garantizar la durabilidad de estas estructuras.

La Tabla 30 recoge en función de la explanada que se pretenda conseguir, una serie de paquetes los materiales naturales descritos en las "Recomendaciones de diseño para vías ciclistas" (2013) y los materiales reciclados de RCD descritos en el Anexo II. Los espesores de los materiales reciclados dependen del tipo de suelo de la explanación o de la obra de tierra subyacente, y de las características de los áridos reciclados empleados.

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	63/111
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		





CATEGORÍA DE EXPLANADA		Suelos inadecuados y marginales (CBR < 2)	Suelos tolerables	Suelos adecuados	Suelos seleccionados
E1, BAJA		<p>100 SA SUELO INAD</p> <p>100 SR-TOL SUELO INAD-MARGINAL</p> <p>20 SS SUELO INAD</p> <p>25 SA SUELO INAD</p> <p>20 SR-SEL SUELO INAD-MARGINAL</p> <p>25 SR-TOL SUELO INAD-MARGINAL</p>	<p>50 SA SUELO TOL</p> <p>50 SR-TOL SUELO TOL</p> <p>30 SS SUELO TOL</p> <p>30 SR-SEL SUELO TOL</p>	<p>CUMPLE SIEMPRE</p> <p>NO ES NECESARIO SUSTITUIR EL TERRENO</p>	
	E2, MEDIA	<p>7 SS SUELO INAD</p> <p>35 SS SUELO INAD</p> <p>50 SA SUELO INAD</p> <p>75 SR-SEL SUELO INAD-MARGINAL</p> <p>35 SR-SEL SUELO INAD-MARGINAL</p> <p>50 SR-TOL SUELO INAD-MARGINAL</p>	<p>50 SS SUELO TOL</p> <p>50 SR-SEL SUELO TOL</p> <p>35 SS SUELO TOL</p> <p>40 SA SUELO TOL</p> <p>35 SR-SEL SUELO TOL</p> <p>40 SR-TOL SUELO TOL</p>	<p>30 SS SUELO ADECUADO</p> <p>30 SR-SEL SUELO ADECUADO</p>	<p>CUMPLE SIEMPRE</p> <p>NO ES NECESARIO SUSTITUIR TERRENO</p>

SA: Suelo adecuado; SS: Suelo seleccionado; SR-SEL: Suelo seleccionado reciclado de RCD; SR-TOL: Suelo tolerable reciclado de RCD; ZARHor: Zahorra artificial reciclada de hormigón; ZARM I: Zahorra artificial reciclada mixta Tipo I de RCD.

Figura 15. Formación de explanada en vías ciclistas

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	64/111
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		





## 6.4. SECCIONES TIPO EN FIRMES DE VÍAS CICLISTAS

La siguiente Tabla 31 recoge en función de la explanada y tipología de firme (flexible, semirrígido o rígido), las soluciones generales con los materiales descritos en las "Recomendaciones de diseño para vías ciclistas" (2013) y los materiales reciclados de RCD descritos en el Anexo II.

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	65/111
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		





ESQUEMA DE FIRMES PROPUESTOS										
TIPO	FLEXIBLES			SEMIRRÍGIDOS			RÍGIDOS			
	FL-1	FL-2	FL-3	SR-1	SR-2	SR-3	R-1	R-2		
SUBTIPO	CATEGORÍA DE EXPLANADA									
	E1, BAJA			E2, MEDIA						
	5 MB 30 ZA 5 MB 30 ZARHor/ ZARM I	TS 30 ZA TS 30 ZARHor/ ZARM I	30 ZA 30 ZARHor/ ZARM I	5 MB 25 SC 5 MB 25 SCR	TS 25 SC TS 30 SCR	30 SC 30 SCR	14 HF 20 ZA 14 HF 20 ZARHor/ ZARM I	10 HF 20 ZA 10 HF 20 ZARHor/ ZARM I	10 BA 10 HF 20 ZA 10 BA 10 HF 20 ZARHor/ ZARM I	10 BA 10 HF 20 ZA 10 BA 10 HF 20 ZARHor/ ZARM I
	5 MB 20 ZA 5 MB 20 ZARHor/ ZARM I	TS 20 ZA TS 20 ZARHor/ ZARM I	20 ZA 20 ZARHor/ ZARM I	5 MB 20 SC 5 MB 20 SCR	TS 20 SC TS 20 SCR	20 SC 20 SCR	10 HF 15 ZA 10 HF 15 ZARHor/ ZARM I	6 HF 15 ZA 6 HF 15 ZARHor/ ZARM I	6 BA 6 HF 15 ZA 6 BA 6 HF 15 ZARHor/ ZARM I	10 BA 10 HF 10 HCR 10 BA 10 HF

MB: Mezcla bituminosa; ZA: Zahorra artificial; SC: Suelocemento; HM: Hormigón magro; HF: Hormigón de firme; ZARHor: Zahorra artificial reciclada de hormigón; ZARM I: Zahorra artificial reciclada mixta Tipo I de RCD; SCR: Hormigón seco compactado reciclado de RCD; SR: Suelocemento reciclado de RCD; TS: Tratamiento superficial; BA: Baldosa/adoquín

Figura 16. Secciones de firme sostenibles recomendadas para vías ciclistas en función de la categoría de explanada

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	66/111
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



## 6.5. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

Las zahorras de áridos reciclados (ZARHor y ZARM I) se consideran equivalentes a la zahorra artificial. Por ello, cuando se utilicen estos materiales como capa de rodadura, será conveniente una conservación frecuente, debido a la degradación de estos materiales por los agentes climáticos, y por el uso, sobre todo en pendiente.


El suelo-cemento con árido reciclado seguirá las pautas del suelo-cemento original, por tanto, es desaconsejable en entornos muy exigentes con la calidad final del acabado y recomendable en vías ciclistas de parques o zonas naturales.

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==		Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
Observaciones		Página	67/111	
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			



## 7 FIRMES SOSTENIBLES EN CAMINOS RURALES

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	68/111
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



## 7.1. INTRODUCCIÓN

Los caminos rurales son aquellas vías de comunicación que cubren las necesidades del tráfico generado en las zonas rurales. En numerosas ocasiones se les denomina caminos económicos o caminos de escasa circulación.

En los caminos rurales se pueden distinguir dos categorías. En la primera se incluyen aquellos caminos que dan servicio a núcleos de población que se integran dentro de la red de carreteras provinciales dependientes de las Diputaciones. Éstos tienen una capa de rodadura constituida por un pavimento asfáltico o por una losa de hormigón. En la segunda se integran todos aquellos que dan servicio a las explotaciones agrarias, denominándose por ello, caminos agrícolas. La gran mayoría son caminos de carácter público y dependen de los Ayuntamientos. Éstos, como consecuencia del escaso tráfico que circula por ellos tienen en su gran mayoría una capa de rodadura constituida por materiales granulares sueltos.

Los caminos agrícolas presentan una serie de características propias que se relacionan a continuación:

1. Gran variabilidad en cuanto a la distribución de la intensidad del tráfico a lo largo del año. En las épocas de recolección es cuando se produce la mayor intensidad de vehículos todos ellos con grandes cargas por eje, siendo por tanto este periodo el más desfavorable para la vida del camino.
2. Escasa inversión en su conservación y mantenimiento
3. Volumen de tráfico (IMD) muy reducido. El IMD de un camino agrícola va a depender de los siguientes factores:
  - Superficie y número de explotaciones a las que da servicio.
  - Tipo de agricultura de la zona (extensiva o intensiva).


Aforos realizados en este tipo de vías dan valores superiores a 1-2 vehículos pesados/día, pero siempre inferiores a 25 vehículos pesados/día, integrándose dentro de la categoría de tráfico T42 de la Instrucción 6.1 IC Secciones de Firme.

Una red de caminos agrícolas que da servicio a una amplia superficie se puede dividir en tres categorías de caminos:

- Caminos principales: Son aquellos que actúan de eje de la red dando servicio a todas o a la mayoría de las explotaciones. Habitualmente enlazan con una carretera de la red provincial y son los que soportan el mayor volumen de tráfico.
- Caminos secundarios: Generalmente parten del camino principal y distribuyen el tráfico.
- Caminos terciarios: Generalmente parten de los caminos secundarios dando servicio a un número muy reducido de explotaciones, siendo los que soportan el menor volumen de tráfico.

En los caminos agrícolas, al no existir señalización horizontal, no se distinguen carriles para la circulación de los vehículos. La anchura de la calzada está comprendida entre 5 y 6 metros en los principales, entre 4 y 5 metros en los secundarios y entre 3 y 4 metros en los terciarios.

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==		Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente		Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero		Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez		Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	69/111	
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			



## 7.2. CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO

Considerando los datos de aforo y la tipología de caminos agrícolas se van a considerar tres categorías de tráfico englobadas en la categoría T42 de la Instrucción 6.1. IC Secciones de Firme, que se indican a continuación:

1. T421 con un IMD de vehículos pesados en el carril de proyecto en el año de puesta en servicio comprendido entre 15 y 24. Esta categoría se correspondería con los caminos principales. El volumen de tráfico a considerar en el carril de proyecto es el 75% del volumen total de tráfico del camino.
2. T422 con un IMD de vehículos pesados en el carril de proyecto en el año de puesta en servicio comprendido entre 5 y 14.
3. T423 con un IMD de vehículos pesados en el carril de proyecto en el año de puesta en servicio comprendido entre 1 y 4.

En las categorías de tráfico T422 y T423 se considera en el carril de proyecto y en el año de puesta en servicio el 100% del volumen de tráfico pesado del camino.

## 7.3. CRITERIOS DE PROYECTO

Las secciones tipo presentadas en esta guía se han diseñado teniendo en cuenta tanto las recomendaciones recogidas en el Manual de Aspectos Constructivos de Caminos Naturales, editado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, como la experiencia propia en la construcción de este tipo de viarios.

El citado manual ofrece una tabla con el espesor de las distintas capas de los diferentes materiales de aportación a emplear en la ejecución de estos caminos, en función de la categoría de explanada y del tipo de camino (camino peatonal, senda, carril bici). Así mismo, mediante el ábaco de Peltier se ha determinado el espesor total de firme necesario para el tráfico esperado.

A la hora de introducir material reciclado procedente de RCD en las secciones tipo, se ha aumentado el espesor de la capa en cuestión cuando las propiedades resistentes resultaron inferiores a las de los áridos naturales, según se explicó en el apartado 4.2. Las secciones resultantes se han validado mediante un modelo elástico multicapa con el que se han obtenido deformaciones y esfuerzos en las distintas capas de la sección. Aplicando los mismos criterios de fallo usados en el cálculo de firmes de carreteras, apartado 4.2, se ha comprobado la validez de estas secciones equivalentes.

## 7.4. EXPLANADA

En los caminos agrícolas, la calidad de la explanada se evalúa a través del ensayo CBR y no mediante el ensayo de placa con carga como en los firmes de carretera. Por ello, se van a definir tres categorías de explanada que se muestran en la Tabla 34.


<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	70/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			


Tabla 34. Categorías de explanada – caminos agrícolas

Categoría	CBR
E1	$5 \leq \text{CBR} < 10$
E2	$10 \leq \text{CBR} < 20$
E3	$\text{CBR} \geq 20$

En el caso de que la explanación (desmonte) tuviese un CBR inferior a 5, se dispondrá sobre ella, una capa de suelo seleccionado natural o reciclado de RCD de 30 cm de espesor. De esta forma, se considera alcanzada la categoría de explanada E1.

## 7.5. SECCIONES TIPO EN FIRMES DE CAMINOS RURALES

A continuación, se muestra para cada categoría de tráfico y de explanada las secciones de firmes habituales en la actualidad en caminos rurales y su equivalente con árido reciclado.

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	71/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			



CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO			
	T421	T422	T423
CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1		
	E2		
	E3		
ZA: Zahorra artificial; ZN: Zahorra natural; ZARHor: Zahorra artificial reciclada de hormigón; ZARM I: Zahorra artificial reciclada mixta Tipo I de RCD.			

Figura 17. Secciones de firme sostenibles recomendadas para caminos rurales en función de la categoría de explanada

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	72/111
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		






## 7.6. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

### 7.6.1. CALIDAD DE EXPLANADA EN INFRAESTRUCTURAS EXISTENTES


En el caso de que el camino natural discorra por el trazado de una antigua infraestructura, ya sea carretera, camino o vía férrea, se puede suponer a efectos de diseño que la categoría de explanada existente es E3. No obstante, en el caso de que dicha explanada presente signos evidentes de fallos de capacidad portante, habrán de tomarse las medidas de mejora necesarias.

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==		Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
Observaciones		Página	73/111	
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			



## 8 ZANJAS URBANAS

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	74/111
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



## 8.1. INTRODUCCIÓN

Para el empleo de áridos de RCD en zanjas urbanas se sigue la misma metodología establecida a lo largo de toda la guía. De esta manera se proponen secciones en donde se sustituyen total o parcialmente los áridos habitualmente utilizados en este tipo de obras por otros procedentes de residuos de construcción y demolición que cumplen todos los criterios exigibles de resistencia, estabilidad química, etc.

## 8.2. CRITERIOS DE PROYECTO

La instalación de servicios enterrados en ámbito urbano comprende una serie de operaciones, como apertura de zanjas, perforación de túneles, rellenos, terraplenadas, drenaje y compactación del suelo, etc. Todo ello exige un adecuado conocimiento de las condiciones del subsuelo por lo que se debe realizar un estudio para localizar tubos, cables y otros trabajos subterráneos.

Los componentes y los materiales utilizados para la instalación deben ser conformes con las normas nacionales, las ordenanzas municipales o los procedimientos de instalación elaborados por el fabricante de la conducción a enterrar, siempre bajo la aprobación de los técnicos responsables de la obra.

En esta guía, con el objeto de ser lo más general posible, se han aplicado las hipótesis y criterios de proyecto definidos en la norma UNE-EN 1610, en particular los relativos a:


- Anchura de zanja.
- Profundidad de zanja.
- Apoyo de las tuberías.
- Relleno de la zanja.
- Tipo de tuberías.
- Tráfico y cargas temporales.
- Forma de la zanja.
- Nivel freático.

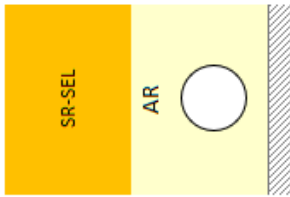
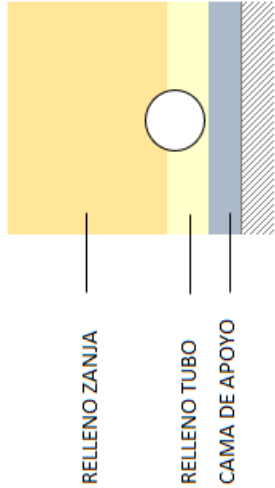
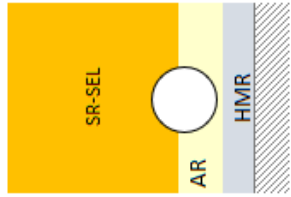
## 8.3. SECCIONES TIPO DE ZANJAS URBANAS

Las secciones tipo presentadas a continuación se han diseñado teniendo en cuenta las propiedades mecánicas y fisicoquímicas de los áridos reciclados procedentes de RCD. Se proponen diferentes secciones tipo según el tipo de tubería (flexible o rígida) y según el tipo de apoyo (base granular o base rígida).

## 8.4. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

Se adoptarán las recomendaciones constructivas indicadas por el fabricante de la tubería o la empresa suministradora del servicio en cuestión. En su defecto será válido el procedimiento general de construcción de elementos enterrados contemplado en la Instrucción 5.2-IC de drenaje superficial del Ministerio de Fomento.

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	75/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

SECCIONES TIPO DE ZANJAS EN ÁMBITO URBANO															
TUBERÍAS FLEXIBLES	TUBERÍAS RÍGIDAS														
															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">RELLENO ZANJA</th> <th colspan="2">TUBO</th> <th rowspan="2">HORMIGÓN</th> </tr> <tr> <th>POLÍMEROS</th> <th>FUNDICIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ZARHor; SR-Tol; ZARM I; SR-SEL; SCR</td> <td>ZARHor; SR-Tol; ZARM I; SR-Sel; SCR</td> <td>ZARHor; SR-Tol*; ZARM I*; SR-Sel*; AR</td> <td>ZARHor; SR-Tol; ZARM I; SR-Sel; SCR</td> </tr> <tr> <td>ZARHor; SR-Tol; ZARM I; SR-Sel; AR</td> <td>ZARHor; SR-Tol; ZARM I*; SR-Sel*; AR</td> <td>ZARHor; SR-Tol*; ZARM I*; SR-Sel*; AR; HMR; HCR; SCR</td> <td>ZARHor; SR-Tol; ZARM I; SR-Sel; HCR; SCR; AR</td> </tr> </tbody> </table>	RELLENO ZANJA	TUBO		HORMIGÓN	POLÍMEROS	FUNDICIÓN	ZARHor; SR-Tol; ZARM I; SR-SEL; SCR	ZARHor; SR-Tol; ZARM I; SR-Sel; SCR	ZARHor; SR-Tol*; ZARM I*; SR-Sel*; AR	ZARHor; SR-Tol; ZARM I; SR-Sel; SCR	ZARHor; SR-Tol; ZARM I; SR-Sel; AR	ZARHor; SR-Tol; ZARM I*; SR-Sel*; AR	ZARHor; SR-Tol*; ZARM I*; SR-Sel*; AR; HMR; HCR; SCR	ZARHor; SR-Tol; ZARM I; SR-Sel; HCR; SCR; AR
RELLENO ZANJA	TUBO		HORMIGÓN												
	POLÍMEROS	FUNDICIÓN													
ZARHor; SR-Tol; ZARM I; SR-SEL; SCR	ZARHor; SR-Tol; ZARM I; SR-Sel; SCR	ZARHor; SR-Tol*; ZARM I*; SR-Sel*; AR	ZARHor; SR-Tol; ZARM I; SR-Sel; SCR												
ZARHor; SR-Tol; ZARM I; SR-Sel; AR	ZARHor; SR-Tol; ZARM I*; SR-Sel*; AR	ZARHor; SR-Tol*; ZARM I*; SR-Sel*; AR; HMR; HCR; SCR	ZARHor; SR-Tol; ZARM I; SR-Sel; HCR; SCR; AR												
SOBRE BASE GRANULAR	SOBRE BASE RÍGIDA														
TIPO DE BASE															

*\*limitado su uso por índice de lajas y tamaño máximo*

ZARHor: Zahorra artificial reciclada de hormigón; ZARM I: Zahorra artificial reciclada mixta Tipo I de RCD; HCR: Hormigón seco compactado reciclado de RCD; SCR: Suelo compactado reciclado de RCD; AR: Arena; SR-Sel: Suelo seleccionado reciclado de RCD; HMR: Hormigón magro reciclado de RCD


Figura 18. Secciones tipo de zanjias en ámbito urbano

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	76/111
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



## ANEXO I. GLOSARIO DE TÉRMINOS

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	77/111
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



**Rc:** componente no flotante de los áridos gruesos reciclados compuesto de hormigón, productos de hormigón mortero y/o unidades de albañilería de hormigón

**Ru:** componente no flotante de los áridos gruesos reciclados compuesto por áridos no tratados, piedra natural, áridos tratados con conglomerantes hidráulicos

**Rb:** componente no flotante de los áridos gruesos reciclados compuesto por unidades de albañilería de arcilla (ladrillos y tejas), unidades de albañilería de silicato cálcico, hormigón aireado no flotante

**Ra:** componente no flotante de los áridos gruesos reciclados compuesto por materiales bituminosos

**Rg:** componente no flotante de los áridos gruesos reciclados compuesto por vidrio

**X:** componentes no flotantes de los áridos reciclados cohesivos (arcilla y/o arena), metálicos (ferrosos y no ferrosos), madera no flotante, plástico y caucho, o yeso.

**FL:** componente de los áridos gruesos reciclados compuesto por partículas flotantes

**CBR:** California bearing ratio

**ZARM I:** zahorra artificial reciclada mixta tipo I de RCD

**ZARM II:** zahorra artificial reciclada mixta tipo II de RCD

**ZARHor:** zahorra artificial reciclada de hormigón

**ZARA:** zahorra reciclada asfáltica

**SR-Sel:** suelo seleccionado reciclado de RCD

**SR-Tol:** suelo tolerable reciclado de RCD


**SCR:** suelocemento reciclado de RCD

**HCR:** hormigón reciclado compactado de RCD

**GCR:** gravacemento reciclada de RCD


**NFVU:** Neumáticos fuera de su vida útil

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==		Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente		Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero		Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez		Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	78/111	
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			



## ANEXO II. ANÁLISIS DE TRÁFICO

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	79/111
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



## 1. ANÁLISIS DE TRÁFICO POR CATEGORÍA DE VEHÍCULOS

En la web del Área de Movilidad del Ayuntamiento de Málaga, se encuentran disponibles los datos de Intensidades Medias Diarias (IMD) por categorías de vehículos para las siguientes avenidas:

- Avenida Blas Infante.
- Avenida Ramón y Cajal.
- Avenida Valle Inclán.

En el caso de las avenidas de Blas Infante y Ramón y Cajal, se encuentran disponibles los datos de tráfico de los años 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022. No obstante, en el análisis de tráfico realizado se han considerado únicamente los años 2018, 2019 y 2022 dado que los datos de los años 2020 y 2021 se ven afectados por la restricciones de movilidad que tuvieron lugar debido a la pandemia COVID.

En el caso de la Avenida Valle Inclán, en la web se encuentra disponibles únicamente los datos de tráfico del año 2022.


A continuación, se resume el análisis realizado para cada avenida.

### 1.1 Tráfico Avenida Blas Infante

A continuación, se muestran los datos disponibles de Intensidades Medias Diarias por categorías de vehículos para la Avenida Blas Infante. Donde:

- IMDL: Intensidad Media Diaria en Laborable.
- IMDS: Intensidad Media Diaria en Sábado.
- IMDD: Intensidad Media Diaria en Domingo.

	2018								
	Q1			Q2			Q3		
	IMDL	IMDS	IMDD	IMDL	IMDS	IMDD	IMDL	IMDS	IMDD
Motocicletas	2,491	1,503	1,018	3,335	2,130	1,521	2,804	1,810	1,262
Vehiculos ligeros	40,631	33,951	23,937	45,470	37,193	29,052	43,844	35,713	26,671
Camiones < 12m	427	178	87	471	194	102	535	194	98
Camiones > 12m	238	64	33	314	96	41	271	85	39
Autobuses	456	376	336	533	474	433	506	435	382
<b>TOTAL</b>	<b>44,243</b>	<b>36,072</b>	<b>25,411</b>	<b>50,123</b>	<b>40,087</b>	<b>31,149</b>	<b>47,960</b>	<b>38,237</b>	<b>28,452</b>

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	80/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			



	2019								
	Q1			Q2			Q3		
	IMDL	IMDS	IMDD	IMDL	IMDS	IMDD	IMDL	IMDS	IMDD
Motocicletas	2,717	1,714	1,186	3,003	1,946	1,444	3,231	2,109	1,633
Vehículos ligeros	42,634	34,771	26,436	43,053	35,924	28,611	41,167	37,494	30,616
Camiones < 12m	559	197	104	572	218	117	572	254	139
Camiones > 12m	268	75	33	339	96	44	323	92	45
Autobuses	492	415	387	572	509	468	624	554	510
<b>TOTAL</b>	<b>46,670</b>	<b>37,172</b>	<b>28,146</b>	<b>47,539</b>	<b>38,693</b>	<b>30,684</b>	<b>45,917</b>	<b>40,503</b>	<b>32,943</b>

	2022								
	Q1			Q2			Q3		
	IMDL	IMDS	IMDD	IMDL	IMDS	IMDD	IMDL	IMDS	IMDD
Motocicletas	8,072	6,376	5,128	3,062	2,339	1,779	7,330	5,662	4,547
Vehículos ligeros	32,506	27,454	22,985	39,695	36,042	28,968	31,669	26,204	20,911
Camiones < 12m	414	167	96	444	212	110	371	144	91
Camiones > 12m	232	60	30	213	65	27	204	53	22
Autobuses	344	292	264	404	393	325	360	307	272
<b>TOTAL</b>	<b>41,568</b>	<b>34,349</b>	<b>28,503</b>	<b>43,818</b>	<b>39,051</b>	<b>31,209</b>	<b>39,934</b>	<b>32,370</b>	<b>25,843</b>

A partir de estos datos se han agrupado los vehículos en ligeros y pesados:

- Vehículos ligeros: motocicletas + vehículos ligeros.
- Vehículos pesados: camiones <12m + camiones >12m + autobuses.


Asimismo, se ha estimado una única Intensidad Media Diaria promediando la IMD en laborables (IMDL), la IMD en sábados (IMDS) y la IMD en domingos (IMDD), mediante la siguiente expresión:

$$IMD = \frac{IMDL \times 5 + IMDS + IMDD}{7}$$

A continuación, se muestra la IMD de vehículos ligeros y pesados por cuatrimestre para los años 2018, 2019, y 2020.

	INTENSIDAD MEDIA DIARIA								
	2018			2019			2022		
	Q1	Q2	Q3	Q1	Q2	Q3	Q1	Q2	Q3
Veh ligeros	39,432	44,846	42,671	41,552	42,601	41,978	37,834	40,417	36,046
Veh pesados	955	1,133	1,114	1,116	1,267	1,313	837	920	795
<b>TOTAL</b>	<b>40,387</b>	<b>45,979</b>	<b>43,785</b>	<b>44,687</b>	<b>43,868</b>	<b>43,291</b>	<b>40,693</b>	<b>41,337</b>	<b>36,841</b>
% Pesados	2.36%	2.46%	2.54%	2.50%	2.89%	3.03%	2.06%	2.23%	2.16%

Finalmente, se ha obtenido la IMD para cada año como el promedio de las IMD de cada cuatrimestre, obteniendo las siguientes IMD:

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	81/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

	INTENSIDAD MEDIA DIARIA		
	2018	2019	2022
Veh ligeros	42,316	42,044	38,099
Veh pesados	1,067	1,232	851
<b>TOTAL</b>	<b>43,384</b>	<b>43,276</b>	<b>38,950</b>
% Pesados	2.46%	2.85%	2.18%

Para estimar la IMD en un horizonte de 20 años, se han considerado las siguientes hipótesis:

- Se ha tomado como año de partida el año 2019. Los datos de 2022 arrojan un crecimiento negativo del tráfico (851 vehículos pesados en 2022 frente a 1,232 vehículos pesados en 2019). A falta de más información es difícil confirmar esta tendencia por lo que se han desestimado los datos de 2022 y se considera el 2019 como año base para estimar el tráfico futuro.
- Respecto a la tasa de crecimiento se ha considerado un 2%. No se dispone de serie histórica para poder estimarla.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos:


Tasa de crecimiento	2.00 %
IMD <sub>pesados</sub> 2019	1,232
IMD <sub>pesados</sub> actual (2023)	1,334
IMD <sub>pesados</sub> horizonte 20 años	1,983
<b>CATEGORÍA DE TRÁFICO</b>	<b>T1</b>

## 1.2 Tráfico Avenida Ramón y Cajal

A continuación, se muestran los datos disponibles de Intensidades Medias Diarias por categorías de vehículos para la Avenida Ramón y Cajal. Donde:

- IMDL: Intensidad Media Diaria en Laborable.
- IMDS: Intensidad Media Diaria en Sábado.
- IMDD: Intensidad Media Diaria en Domingo.

	2018								
	Q1			Q2			Q3		
	IMDL	IMDS	IMDD	IMDL	IMDS	IMDD	IMDL	IMDS	IMDD
Motocicletas	1,114	737	503	1,059	785	524	1,195	826	610
Vehículos ligeros	10,483	8,566	6,909	10,139	8,283	6,677	10,726	8,504	7,663
Camiones < 12m	63	20	12	47	21	5	59	22	11
Camiones > 12m	17	12	3	14	10	3	17	11	4
Autobuses	139	120	98	78	66	56	126	109	95
<b>TOTAL</b>	<b>11,816</b>	<b>9,455</b>	<b>7,525</b>	<b>11,337</b>	<b>9,165</b>	<b>7,265</b>	<b>12,123</b>	<b>9,472</b>	<b>8,383</b>

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	82/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

	2019								
	Q1			Q2			Q3		
	IMDL	IMDS	IMDD	IMDL	IMDS	IMDD	IMDL	IMDS	IMDD
Motocicletas	1,217	853	558	1,355	934	669	1,305	898	736
Vehiculos ligeros	10,383	8,390	6,909	9,757	7,864	6,415	10,331	8,535	7,551
Camiones < 12m	62	20	10	59	19	11	58	19	10
Camiones > 12m	18	13	2	18	11	3	21	10	2
Autobuses	136	123	98	139	125	102	132	118	102
<b>TOTAL</b>	<b>11,816</b>	<b>9,399</b>	<b>7,577</b>	<b>11,328</b>	<b>8,953</b>	<b>7,200</b>	<b>11,847</b>	<b>9,580</b>	<b>8,401</b>

	2022								
	Q1			Q2			Q3		
	IMDL	IMDS	IMDD	IMDL	IMDS	IMDD	IMDL	IMDS	IMDD
Motocicletas	1,491	1,156	901	1,703	1,285	988	1,808	1,380	1,117
Vehiculos ligeros	9,708	7,718	6,775	8,919	7,107	6,102	9,920	7,848	7,097
Camiones < 12m	63	18	8	55	18	9	58	17	10
Camiones > 12m	19	12	3	20	12	2	19	13	4
Autobuses	108	92	91	111	102	97	114	97	99
<b>TOTAL</b>	<b>11,389</b>	<b>8,996</b>	<b>7,778</b>	<b>10,808</b>	<b>8,524</b>	<b>7,198</b>	<b>11,919</b>	<b>9,355</b>	<b>8,327</b>

Siguiendo el mismo procedimiento explicado anteriormente para el caso de la Avenida Blas Infante, se han obtenido las siguientes IMD para cada año:

	INTESIDAD MEDIA DIARIA		
	2018	2019	2022
Veh ligeros	10,675	10,574	10,344
Veh pesados	166	191	169
<b>TOTAL</b>	<b>10,841</b>	<b>10,765</b>	<b>10,513</b>
% Pesados	1.53%	1.78%	1.61%

Para estimar la IMD en un horizonte de 20 años, se han considerado las siguientes hipótesis:

- Se ha tomado como año de partida el año 2019. Al igual que sucedía con la avenida Blas Infante, los datos de 2022 arrojan un crecimiento negativo del tráfico. A falta de más información es difícil confirmar esta tendencia por lo que se han desestimado los datos de 2022 y se considera el 2019 como año base para estimar el tráfico futuro.
- Respecto a la tasa de crecimiento se ha considerado un 2%. No se dispone de serie histórica para poder estimarla.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

Tasa de crecimiento	2.00 %
IMD <sub>pesados</sub> 2019	191
IMD <sub>pesados</sub> actual (2023)	208
IMD <sub>pesados</sub> horizonte 20 años	310
<b>CATEGORÍA DE TRÁFICO</b>	<b>T2</b>

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	83/111
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



### 1.3 Tráfico Avenida Valle Inclán

A continuación, se muestran los datos disponibles de Intensidades Medias Diarias por categorías de vehículos para la Avenida Valle Inclán. Donde:

- IMDL: Intensidad Media Diaria en Laborable.
- IMDS: Intensidad Media Diaria en Sábado.
- IMDD: Intensidad Media Diaria en Domingo.

	2022								
	Q1			Q2			Q3		
	IMDL	IMDS	IMDD	IMDL	IMDS	IMDD	IMDL	IMDS	IMDD
Motocicletas	2,708	2,527	2,233	651	333	371	691	343	263
Vehiculos ligeros	27,877	24,475	20,787	30,205	26,916	22,614	30,533	27,797	24,312
Camiones < 12m	253	89	46	254	75	38	266	82	44
Camiones > 12m	21	7	1	18	7	1	12	7	-
Autobuses	75	54	46	75	59	47	85	58	56
<b>TOTAL</b>	<b>30,934</b>	<b>27,152</b>	<b>23,113</b>	<b>31,203</b>	<b>27,390</b>	<b>23,071</b>	<b>31,587</b>	<b>28,287</b>	<b>24,675</b>

Siguiendo el mismo procedimiento explicado anteriormente para el caso de la Avenida Blas Infante, se obtiene la IMD para el año 2022:


	IMD
Veh ligeros	29,348
Veh pesados	287
<b>TOTAL</b>	<b>29,635</b>
% Pesados	0.97%

Para estimar la IMD en un horizonte de 20 años, se han considerado las siguientes hipótesis:

- Se ha tomado como año de partida el año 2022 por ser el único disponible.
- Respecto a la tasa de crecimiento se ha considerado un 2%. No se dispone de serie histórica para poder estimarla.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

Tasa de crecimiento	2 %
IMD <sub>pesados</sub> 2012	287
IMD <sub>pesados</sub> actual (2023)	292
IMD <sub>pesados</sub> horizonte 20 años	434
<b>CATEGORÍA DE TRÁFICO</b>	<b>T2</b>

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	84/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

## 1.4 CONCLUSIONES

Del análisis realizado se extrae que la avenida Blas Infante es la de mayor tráfico, alcanzando una categoría de tráfico T1, mientras que Ramón y Cajal y Valle Inclán corresponden a una categoría de tráfico T2.

Respecto al % de vehículos pesados respecto al total, es diferente en cada avenida:


	% Vehículos pesados		
	2018	2019	2022
Blas Infante	2.46 %	2.85 %	2.18 %
Ramón y Cajal	1.53 %	1.78 %	1.61 %
Valle Inclán	-	-	0.97 %

## 2. ANÁLISIS DE TRÁFICO A PARTIR DE LA IMD

En la web del Área de Movilidad del Ayuntamiento de Málaga se encuentran también disponibles para una serie de vías, los datos de Intensidad Media Diaria (IMD) sin especificar por categoría de vehículo. Estos datos se han analizado con el fin de obtener la categoría de tráfico de estas vías.


A continuación, se muestran las IMD disponibles:

Punto de aforo		IMD Laborables					
		2015	2016	2017	2018	2019	2022
1	Avda. Juan Sebastián Elcano - Este	1,898	1,778	2,013	3,947	5,079	5,059
2	Avda. Juan Sebastián Elcano - Oeste	19,310	19,201	19,360	18,900	18,372	16,440
3	Bolivia - Este	15,888	14,877	14,953	15,076	14,906	12,677
4	P.M. Pablo Ruiz Picasso - Este	18,875	19,972	20,572	20,565	20,224	15,810
5	P.M. Pablo Ruiz Picasso - Oeste	27,765	27,929	28,150	27,560	25,286	22,467
6	Pso. Reding - Este	8,410	7,126	7,220	7,303	7,000	6,333
7	Pso. Reding - Oeste	6,882	7,012	6,771	6,521	6,513	6,264
8	Victoria - Sur	6,189	6,154	5,932	5,450	5,265	5,442
9	Victoria - Norte	6,452	6,337	6,055	5,954	6,170	5,567
10	Túnel Alcazaba - Este	15,652	16,464	14,742	13,833	13,071	12,207
11	Túnel Alcazaba - Oeste	10,150	10,712	9,933	8,373	8,954	6,526
13	Carretería	5,840	6,426	6,023	5,777	5,572	
15	Alameda Principal - Oeste	15,766	15,191	13,907	12,816		25,237
17	Muelle Heredia - Este	22,068	26,972	27,337	27,963	28,752	26,784
18	Muelle Heredia - Oeste	15,177	15,578	18,102	22,690	22,639	14,482
19	P.M. Antonio Machado - Este	14,000	14,619	13,396	13,050	14,943	11,250
20	P.M. Antonio Machado - Oeste	20,490	20,200	21,063	20,827	20,722	15,703
21	Avda. Andalucía - Este	24,432	33,585	30,669		31,210	30,795
22	Avda. Andalucía - Oeste		27,441	29,763	29,841	29,622	24,523
23	Avd. Herrera Oria - Este	8,707	9,213	9,482	9,745	9,719	8,485
24	Avd. Herrera Oria - Oeste	7,954	8,429	8,409	8,116	7,351	6,507


Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora	
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
Observaciones		Página	85/111	
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

Punto de aforo		IMD Laborables					
		2015	2016	2017	2018	2019	2022
25	Avd. Carlos Haya - Este	14,287	14,873	14,723	14,649	14,495	13,236
26	Avd. Carlos Haya - Oeste	10,094	10,366	10,355	10,366	10,207	9,139
27	Héroe Sostoa	10,423	10,957	11,355	10,317	9,903	9,287
28	Ayala	15,068	12,665	13,111	12,297	10,952	10,906
29	Avda. Europa - Este	9,906	8,282	8,500	8,863	9,318	9,083
30	Avda. Europa - Oeste	8,935	10,847	10,965	10,850	10,738	7,402
31	Pacífico - Este	14,484	15,926	14,879	15,603	15,732	12,239
32	Pacífico - Oeste	19,750	21,947	21,249	20,720	21,064	17,002
33	Hilera - Este		8,969	7,745	7,657	7,271	5,158
34	Hilera - Oeste	4,912	6,808	6,503	6,116	4,338	2,642
35	Avda. Simón Bolívar - Sur	6,689	7,421	7,393	7,450	7,626	6,464
36	Blas de Lezo - Norte	13,345	15,726	15,730	15,866	16,054	13,339
37	Martínez de la Rosa	11,432	11,739	11,720	11,557	11,260	12,521
38	Camino Suárez	16,828	17,324	17,834	18,158	18,205	16,656
39	Avda. Valle Inclán - Este	35,387	35,514	31,277	31,325	33,239	31,241
40	Avda. Valle Inclán - Oeste	23,294	25,095	25,738	25,764	26,105	24,188
41	Avda. Jorge Silvela - Norte	10,588	9,982	9,899	9,846	9,801	9,604
42	Avda. Guerrero Strachan - Este	15,480	16,343	16,460	16,686	17,370	17,131
43	Avda. Guerrero Strachan - Oeste	16,236	16,840	16,918	17,189	17,214	13,610
44	Avda. Ramón y Cajal - Norte	17,130	16,775	16,633	16,661	16,446	14,984
45	Avda. Ramón y Cajal - Sur	12,175	11,812	11,769	11,759	11,664	11,372
46	Avda. Sor Teresa Prat - Este	7,074	7,055	7,071	7,524		9,519
47	Luis Barahona de Soto - Oeste	7,060	7,111	7,267	7,380	7,027	6,140
48	Avda. de los Guindos - Norte	4,185	4,060	4,111	4,147	4,464	2,837
49	Avda. de los Guindos - Sur	6,177	6,384	6,575	6,518	6,209	4,695
50	Avda. Velázquez - Este	11,444	12,414	12,961	13,489	13,327	12,521
51	Avda. Juan XXIII - Sur	19,250	20,963	21,225	21,034	21,038	19,260
52	Avda. Juan XXIII - Norte	16,202	16,792	17,609	18,097	18,096	16,315
53	Avda. Ortega y Gasset - Oeste	8,279	7,777	8,048	8,221	8,121	7,204
54	Avda. Ortega y Gasset - Este	11,894	12,787	13,801	13,763	13,461	11,179
55	Cno. San Rafael - Este	5,318	5,419	5,849	5,764	5,926	5,072
56	Cno. San Rafael - Oeste	8,086	7,930	7,609	7,489	7,184	6,445
57	La Unión	5,896	6,629	7,178	7,388	7,526	9,879
58	Avda. Aurora - Este	10,493	10,759	14,169	14,288	14,342	8,191
59	Avda. Aurora - Oeste	6,397	4,192	4,035	4,086	4,144	4,216
60	Pte. Armiñán - Este	15,643	17,682	17,296	16,818	15,541	9,377
61	Pte. Armiñán - Oeste	10,913	8,552	9,320	9,603	9,804	8,231
62	Pso. Martiricos	15,193					11,610
63	Pelayo	8,797	8,691	8,503	8,520	8,424	10,046
64	Avda Velázquez- Avda Moliere- Este	17,123	17,943	18,783		23,673	21,333
65	Avda Velázquez- Avda Moliere- Oeste	19,892	19,841	20,233	20,072	18,612	18,294

Suponiendo un % de vehículos pesados del 3.5%, se ha obtenido la IMD de vehículos pesados (IMD<sub>p</sub>) a partir de la IMD en días laborables. Asimismo, se ha asignado a cada vía la categoría de tráfico correspondiente según su IMD de vehículos pesados., siguiendo la clasificación propuesta en ICAFIR:

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora	
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
Observaciones		Página	86/111	
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

<b>Categoría</b>	<b>IMDp</b>
T00	$\geq 4,000$
T0	$\geq 2,000$ y $< 4,000$
T1	$\geq 800$ y $< 2,000$
T2	$\geq 200$ y $< 800$
T3A	$\geq 100$ y $< 200$
T3B	$\geq 50$ y $< 100$
T4A	$\geq 25$ y $< 50$
T4B	$< 25$

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	87/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

	Punto de aforo	IMD Vehículos Pesados					CATEGORÍAS DE TRÁFICO						
		2015	2016	2017	2018	2019	2022	2015	2016	2017	2018	2019	2022
1	Avda. Juan Sebastián Elcano - Este	67	63	71	139	178	178	T3B	T3B	T3B	T3A	T3A	T3A
2	Avda. Juan Sebastián Elcano - Oeste	676	673	678	662	644	644	T2	T2	T2	T2	T2	T2
3	Bolivia - Este	557	521	524	528	522	522	T2	T2	T2	T2	T2	T2
4	P.M. Pablo Ruiz Picasso - Este	661	700	721	720	708	708	T2	T2	T2	T2	T2	T2
5	P.M. Pablo Ruiz Picasso - Oeste	972	978	986	965	886	886	T1	T1	T1	T1	T1	T2
6	Pso. Reding - Este	295	250	253	256	245	245	T2	T2	T2	T2	T2	T2
7	Pso. Reding - Oeste	241	246	237	229	228	228	T2	T2	T2	T2	T2	T2
8	Victoria - Sur	217	216	208	191	185	185	T2	T2	T2	T3A	T3A	T3A
9	Victoria - Norte	226	222	212	209	216	216	T2	T2	T2	T2	T2	T2
10	Túnel Alcazaba - Este	548	577	516	485	458	458	T2	T2	T2	T2	T2	T2
11	Túnel Alcazaba - Oeste	356	375	348	294	314	314	T2	T2	T2	T2	T2	T2
13	Carretería	205	225	211	203	196	196	T2	T2	T2	T2	T3A	sin datos
15	Alameda Principal - Oeste	552	532	487	449	449	449	T2	T2	T2	T2	sin datos	T1
17	Muelle Heredia - Este	773	945	957	979	1007	1007	T2	T1	T1	T1	T1	T1
18	Muelle Heredia - Oeste	532	546	634	795	793	793	T2	T2	T2	T2	T2	T2
19	P.M. Antonio Machado - Este	491	512	469	457	523	523	T2	T2	T2	T2	T2	T2
20	P.M. Antonio Machado - Oeste	718	707	738	729	726	726	T2	T2	T2	T2	T2	T2
21	Avda. Andalucía - Este	856	1176	1074	1045	1093	1093	T1	T1	T1	sin datos	T1	T1
22	Avda. Andalucía - Oeste	sin datos	961	1042	1045	1037	1037	sin datos	T1	T1	T1	T1	T1
23	Avd. Herrera Oria - Este	305	323	332	342	341	341	T2	T2	T2	T2	T2	T2
24	Avd. Herrera Oria - Oeste	279	296	295	285	258	258	T2	T2	T2	T2	T2	T2
25	Avd. Carlos Haya - Este	501	521	516	513	508	508	T2	T2	T2	T2	T2	T2
26	Avd. Carlos Haya - Oeste	354	363	363	363	358	358	T2	T2	T2	T2	T2	T2
27	Héroe Sostoa	365	384	398	362	347	347	T2	T2	T2	T2	T2	T2
28	Ayala	528	444	459	431	384	384	T2	T2	T2	T2	T2	T2
29	Avda. Europa - Este	347	290	298	311	327	311	T2	T2	T2	T2	T2	T2
30	Avda. Europa - Oeste	313	380	384	380	376	376	T2	T2	T2	T2	T2	T2
31	Pacífico - Este	507	558	521	547	551	547	T2	T2	T2	T2	T2	T2

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	88/111
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		





	Punto de aforo	IMD Vehículos Pesados							CATEGORÍAS DE TRÁFICO					
		2015	2016	2017	2018	2019	2022	2015	2016	2017	2018	2019	2022	
32	Pacífico - Oeste	692	769	744	726	738	596	T2	T2	T2	T2	T2	T2	
33	Hilera - Este	sin datos	314	272	268	255	181	sin datos	T2	T2	T2	T2	T3A	
34	Hilera - Oeste	172	239	228	215	152	93	T3A	T2	T2	T2	T3A	T3B	
35	Avda. Simón Bolívar - Sur	235	260	259	261	267	227	T2	T2	T2	T2	T2	T2	
36	Blas de Lezo - Norte	468	551	551	556	562	467	T2	T2	T2	T2	T2	T2	
37	Martínez de la Rosa	401	411	411	405	395	439	T2	T2	T2	T2	T2	T2	
38	Camino Suárez	589	607	625	636	638	583	T2	T2	T2	T2	T2	T2	
39	Avda. Valle Inclán - Este	1239	1244	1095	1097	1164	1094	T1	T1	T1	T1	T1	T1	
40	Avda. Valle Inclán - Oeste	816	879	901	902	914	847	T1	T1	T1	T1	T1	T1	
41	Avda. Jorge Silvela - Norte	371	350	347	345	344	337	T2	T2	T2	T2	T2	T2	
42	Avda. Guerrero Strachan - Este	542	573	577	585	608	600	T2	T2	T2	T2	T2	T2	
43	Avda. Guerrero Strachan - Oeste	569	590	593	602	603	477	T2	T2	T2	T2	T2	T2	
44	Avda. Ramón y Cajal - Norte	600	588	583	584	576	525	T2	T2	T2	T2	T2	T2	
45	Avda. Ramón y Cajal - Sur	427	414	412	412	409	399	T2	T2	T2	T2	T2	T2	
46	Avda. Sor Teresa Prat - Este	248	247	248	264	246	334	T2	T2	T2	T2	T2	T2	
47	Luis Barahona de Soto - Este	248	249	255	259	246	215	T2	T2	T2	T2	T2	T2	
48	Avda. de los Guindos - Norte	147	143	144	146	157	100	T3A	T3A	T3A	T3A	T3A	T3A	
49	Avda. de los Guindos - Sur	217	224	231	229	218	165	T2	T2	T2	T2	T2	T2	
50	Avda. Velázquez - Este	401	435	454	473	467	439	T2	T2	T2	T2	T2	T2	
51	Avda. Juan XXIII - Sur	674	734	743	737	737	675	T2	T2	T2	T2	T2	T2	
52	Avda. Juan XXIII - Norte	568	588	617	634	634	572	T2	T2	T2	T2	T2	T2	
53	Avda. Ortega y Gasset - Oeste	290	273	282	288	285	253	T2	T2	T2	T2	T2	T2	
54	Avda. Ortega y Gasset - Este	417	448	484	482	472	392	T2	T2	T2	T2	T2	T2	
55	Cno. San Rafael - Este	187	190	205	202	208	178	T3A	T3A	T2	T2	T2	T3A	
56	Cno. San Rafael - Oeste	283	278	267	263	252	226	T2	T2	T2	T2	T2	T2	
57	La Unión	207	233	252	259	264	346	T2	T2	T2	T2	T2	T2	
58	Avda. Aurora - Este	368	377	496	501	502	287	T2	T2	T2	T2	T2	T2	
59	Avda. Aurora - Oeste	224	147	142	143	146	148	T2	T3A	T3A	T3A	T3A	T3A	

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	89/111
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



	Punto de aforo	IMD Vehículos Pesados						CATEGORÍAS DE TRÁFICO					
		2015	2016	2017	2018	2019	2022	2015	2016	2017	2018	2019	2022
60	Pte. Armiñán - Este	548	619	606	589	544	329	T2	T2	T2	T2	T2	T2
61	Pte. Armiñán - Oeste	382	300	327	337	344	289	T2	T2	T2	T2	T2	T2
62	Pso. Martiricos	532	sin datos	sin datos	sin datos	sin datos	407	T2	sin datos	sin datos	sin datos	T2	T2
63	Pelayo	308	305	298	299	295	352	T2	T2	T2	T2	T2	T2
64	Avda Velázquez- Avda Moliere- Este	600	628	658	sin datos	829	747	T2	T2	T2	sin datos	T1	T2
65	Avda Velázquez- Avda Moliere- Oeste	697	695	709	703	652	641	T2	T2	T2	T2	T2	T2

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	90/111
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		




Una vez obtenida la  $IMD_p$  de cada vía, se ha estimado la  $IMD_p$  para un horizonte de 20 años, teniendo en cuenta las mismas hipótesis consideradas anteriormente:

- Se ha tomado como año de partida el año 2019. Al igual que sucedía en las avenidas analizadas anteriormente, los datos de 2022 arrojan un crecimiento negativo del tráfico. A falta de más información es difícil confirmar esta tendencia por lo que se han desestimado los datos de 2022 y se considera el 2019 como año base para la estimación del tráfico a futuro.
- Respecto a la tasa de crecimiento se ha considerado un 2%. No se dispone de serie histórica para poder estimarla.

En la tabla a continuación se muestran:

- $IMD_p$  obtenida para un horizonte de 20 años.
- Categoría de tráfico correspondiente según su  $IMD_p$ .
- Jerarquía de la vía según el *Plan especial de movilidad urbana sostenible de Málaga*.

	Punto de aforo	Horizonte 20 años		Clasificación viaria según jerarquización Plan Especial de Movilidad Urbana de Málaga
		$IMD_p$	CAT	
1	Avda. Juan Sebastián Elcano - Este	270	T2	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
2	Avda. Juan Sebastián Elcano - Oeste	977	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
3	Bolivia - Este	792	T2	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
4	P.M. Pablo Ruiz Picasso - Este	1074	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
5	P.M. Pablo Ruiz Picasso - Oeste	1343	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
6	Pso. Reding - Este	372	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
7	Pso. Reding - Oeste	346	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
8	Victoria - Sur	281	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
9	Victoria - Norte	328	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
10	Túnel Alcazaba - Este	695	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
11	Túnel Alcazaba - Oeste	476	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
13	Carretería	298	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 2ª cat.
15	Alameda Principal - Oeste	s/datos	s/datos	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 2ª cat.
17	Muelle Heredia - Este	1527	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
18	Muelle Heredia - Oeste	1202	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
19	P.M. Antonio Machado - Este	793	T2	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
20	P.M. Antonio Machado - Oeste	1101	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
21	Avda. Andalucía - Este	1657	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
22	Avda. Andalucía - Oeste	1572	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
23	Avd. Herrera Oria - Este	517	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
24	Avd. Herrera Oria - Oeste	392	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
25	Avd. Carlos Haya - Este	770	T2	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
26	Avd. Carlos Haya - Oeste	543	T2	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
27	Héroe Sostoa	526	T2	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
28	Ayala	583	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
29	Avda. Europa - Este	496	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
30	Avda. Europa - Oeste	570	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
31	Pacífico - Este	836	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
32	Pacífico - Oeste	1119	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora	
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
Observaciones		Página	91/111	
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

Punto de aforo	Horizonte 20 años		Clasificación viaria según jerarquización Plan Especial de Movilidad Urbana de Málaga	
	IMDp	CAT		
33	Hilera - Este	387	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
34	Hilera - Oeste	231	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
35	Avda. Simón Bolívar - Sur	405	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
36	Blas de Lezo - Norte	852	T1	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
37	Martínez de la Rosa	599	T2	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
38	Camino Suárez	967	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
39	Avda. Valle Inclán - Este	1765	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
40	Avda. Valle Inclán - Oeste	1386	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
41	Avda. Jorge Silvela - Norte	522	T2	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
42	Avda. Guerrero Strachan - Este	922	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
43	Avda. Guerrero Strachan - Oeste	914	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
44	Avda. Ramón y Cajal - Norte	874	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
45	Avda. Ramón y Cajal - Sur	620	T2	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
46	Avda. Sor Teresa Prat - Este	s/datos	s/datos	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
47	Luis Barahona de Soto - Oeste	373	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
48	Avda. de los Guindos - Norte	238	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
49	Avda. de los Guindos - Sur	331	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
50	Avda. Velázquez - Este	708	T2	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
51	Avda. Juan XXIII - Sur	1118	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
52	Avda. Juan XXIII - Norte	961	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
53	Avda. Ortega y Gasset - Oeste	432	T2	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
54	Avda. Ortega y Gasset - Este	716	T2	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
55	Cno. San Rafael - Este	316	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
56	Cno. San Rafael - Oeste	382	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
57	La Unión	401	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 2ª cat.
58	Avda. Aurora - Este	761	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 2ª cat.
59	Avda. Aurora - Oeste	222	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 2ª cat.
60	Pte. Armiñán - Este	825	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
61	Pte. Armiñán - Oeste	522	T2	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
62	Pso. Martiricos	s/datos	s/datos	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
63	Pelayo	448	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 2ª cat.
64	Avda Velázquez- Avda Moliere- Este	1257	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
65	Avda Velázquez- Avda Moliere- Oeste	989	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para las vías clasificadas como "Arterial Urbana / Principal de 1º orden".

Punto de aforo	Horizonte 20 años		Clasificación de la vía según jerarquización Plan Especial de Movilidad Urbana de Málaga	
	IMDp	CAT		
1	Avda. Juan Sebastián Elcano - Este	270	T2	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
2	Avda. Juan Sebastián Elcano - Oeste	977	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
3	Bolivia - Este	792	T2	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
4	P.M. Pablo Ruiz Picasso - Este	1074	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	92/111
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



Punto de aforo	Horizonte 20 años		Clasificación de la vía según jerarquización Plan Especial de Movilidad Urbana de Málaga	
	IMDp	CAT		
5	P.M. Pablo Ruiz Picasso - Oeste	1343	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
17	Muelle Heredia - Este	1527	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
18	Muelle Heredia - Oeste	1202	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
19	P.M. Antonio Machado - Este	793	T2	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
20	P.M. Antonio Machado - Oeste	1101	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
21	Avda. Andalucía - Este	1657	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
22	Avda. Andalucía - Oeste	1572	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
25	Avd. Carlos Haya - Este	770	T2	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
26	Avd. Carlos Haya - Oeste	543	T2	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
27	Héroe Sostoa	526	T2	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
31	Pacífico - Este	836	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
32	Pacífico - Oeste	1119	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
37	Martínez de la Rosa	599	T2	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
38	Camino Suárez	967	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
39	Avda. Valle Inclán - Este	1765	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
40	Avda. Valle Inclán - Oeste	1386	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
41	Avda. Jorge Silvela - Norte	522	T2	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
42	Avda. Guerrero Strachan - Este	922	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
43	Avda. Guerrero Strachan - Oeste	914	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
44	Avda. Ramón y Cajal - Norte	874	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
45	Avda. Ramón y Cajal - Sur	620	T2	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
50	Avda. Velázquez - Este	708	T2	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
51	Avda. Juan XXIII - Sur	1118	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
52	Avda. Juan XXIII - Norte	961	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
53	Avda. Ortega y Gasset - Oeste	432	T2	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
54	Avda. Ortega y Gasset - Este	716	T2	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
60	Pte. Armiñán - Este	825	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
61	Pte. Armiñán - Oeste	522	T2	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
62	Pso. Martiricos	s/datos	s/datos	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
64	Avda Velázquez- Avda Moliere- Este	1257	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden
65	Avda Velázquez- Avda Moliere- Oeste	989	T1	Arterial Urbana / Principal de 1º orden

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para las vías clasificadas como "Distribuidora-colectora (2º orden) de 1ª categoría".

Punto de aforo	Horizonte 20 años		Clasificación de la vía según jerarquización Plan Especial de Movilidad Urbana de Málaga	
	IMDp	CAT		
6	Pso. Reding - Este	372	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
7	Pso. Reding - Oeste	346	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
8	Victoria - Sur	281	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
9	Victoria - Norte	328	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
10	Túnel Alcazaba - Este	695	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
11	Túnel Alcazaba - Oeste	476	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	93/111
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



Punto de aforo		Horizonte 20 años		Clasificación de la vía según jerarquización Plan Especial de Movilidad Urbana de Málaga
		IMDp	CAT	
23	Avd. Herrera Oria - Este	517	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
24	Avd. Herrera Oria - Oeste	392	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
28	Ayala	583	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
29	Avda. Europa - Este	496	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
30	Avda. Europa - Oeste	570	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
33	Hilera - Este	387	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
34	Hilera - Oeste	231	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
35	Avda. Simón Bolívar - Sur	405	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
36	Blas de Lezo - Norte	852	T1	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
46	Avda. Sor Teresa Prat - Este	s/datos	s/datos	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
47	Luis Barahona de Soto - Oeste	373	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
48	Avda. de los Guindos - Norte	238	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
49	Avda. de los Guindos - Sur	331	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
55	Cno. San Rafael - Este	316	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.
56	Cno. San Rafael - Oeste	382	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 1ª cat.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para las vías clasificadas como "Distribuidora-colectora (2º orden) de 2ª categoría".


Punto de aforo		Horizonte 20 años		Clasificación de la vía según jerarquización Plan Especial de Movilidad Urbana de Málaga
		IMDp	CAT	
13	Carretería	298	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 2ª cat.
15	Alameda Principal - Oeste	s/datos	s/datos	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 2ª cat.
57	La Unión	401	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 2ª cat.
58	Avda. Aurora - Este	761	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 2ª cat.
59	Avda. Aurora - Oeste	222	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 2ª cat.
63	Pelayo	448	T2	Distribuidora-Colectora (2º orden) de 2ª cat.

### 3. CONCLUSIONES

Tras el análisis realizado se extraen las siguientes conclusiones:

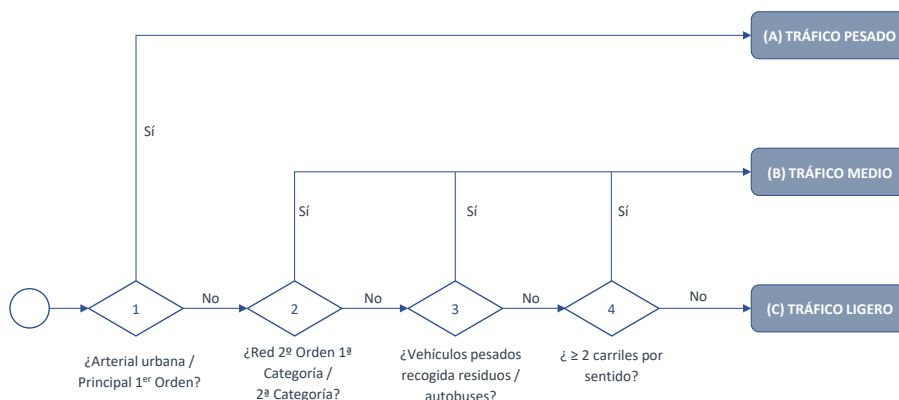
- La categoría de tráfico más alta de las vías analizadas es la categoría T1.
- Las vías clasificadas como "Arteria Urbana" o "Principal de 1º orden" tienen unas categorías de tráfico T1 y T2, según los datos analizados de IMD.
- Las vías clasificadas como "Distribuidora-Colectora de 2º orden y 1ª categoría" tienen una categoría de tráfico T2, según los datos analizados de IMD.
- Las vías clasificadas como "Distribuidora-Colectora de 2º orden y 2ª categoría" tienen una categoría de tráfico T2, según los datos analizados de IMD.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se propone la siguiente clasificación del tráfico para la redacción del Catálogo de Firmes de Sostenibles:

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	94/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

- **Tráfico pesado:** corresponde a un tráfico T1. Por tanto, el dimensionamiento de las secciones de esta categoría se realizará considerando una  $IMD_p$  de 2.000 vehículos. Dentro de esta categoría de tráfico se considerarían las siguientes vías:
  - Vías pertenecientes a la red básica.
  - Vías pertenecientes a la categoría "Arteria Urbana" ó "Principal de 1º orden".
- **Tráfico medio:** corresponde a un tráfico T2. Por tanto, el dimensionamiento de las secciones de esta categoría se realizará considerando una  $IMD_p$  de 800 vehículos. Dentro de esta categoría de tráfico se considerarán las siguientes vías:
  - Vías pertenecientes a la categoría "Distribuidora-Colectora de 2º orden y 1ª categoría".
  - Vías pertenecientes a la categoría "Distribuidora-Colectora de 2º orden y 2ª categoría".
  - Vías con vehículos pesados de recogida de residuos.
  - Vías con más de 2 carriles por sentido.
- **Tráfico ligero:** correspondiente a un tráfico T3A. Por tanto, el dimensionamiento de las secciones de esta categoría se realizará considerando una  $IMD_p$  de 50 vehículos. Dentro de esta categoría se considerarán las siguientes vías:
  - Vías pertenecientes a la categoría "Viario de tercer orden".
  - Vías que no clasifican en ninguno de los criterios de las categorías anteriores.

La clasificación del tráfico se realizará según el siguiente diagrama:




#### 4. CLASIFICACIÓN VIARIA – PLAN ESPECIAL DE MOVILIDAD URBANA SOSTENIBLE DE MÁLAGA

A continuación, se incluye a modo de referencia la clasificación viaria extraída del Plan especial de movilidad urbana sostenible de Málaga.

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	95/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

## ANEXO III. CARACTERÍSTICAS EXIGIBLES A LOS ÁRIDOS RCD

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	96/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			



## Características exigibles a las zahorras recicladas de RCD

En las tablas recogidas entre la Tabla-a 1 y la Tabla-a 5 se recogen los requisitos relativos a composición, geometría, físico-mecánicos y químicos que deben cumplir cada una de las zahorras.

Tabla-a 1. Clasificación de zahorras recicladas de RCD según ensayo de composición.

		ZARHor	ZARM I	ZARM II	ZARA
<b>Composición</b> UNE-EN 933-11	Rc+Ru+Ra	-	≥ 70 %	≥ 70 %	≥ 90 %
	Rc+Ru	≥ 90%	≥ 55 %	≥ 55 %	-
	Rc	-	-	-	-
	Ra	-	-	-	≥ 50 %
	Rb	-	-	-	-
	<b>X</b>	< 1 %		< 2 %	< 1 %
	<b>FL</b>	<1 cm <sup>3</sup> /kg		<2 cm <sup>3</sup> /kg	<1 cm <sup>3</sup> /kg

Tabla-a 2. Requisitos geométricos (I) de las zahorras recicladas de RCD.

		ZARHor - ZARM I - ZARA			ZARM II		
		0/32	0/20	0/20 ZAD	0/40	0/32	0/22
<b>Granulometría</b> UNE EN 933-1	56	-	-	-	100	-	-
	45	-	-	-	85-100	100	-
	40	100	-	-	75-99	87-100	-
	32	88-100	100	100	68-95	75-99	100
	20	65-90	75-100	65-100	56-85	62-91	71-97
	12,5	52-76	60-86	47-78	44-74	50-79	55-84
	8	40-63	45-73	30-58	35-63	40-68	45-75
	4	26-45	31-54	14-37	22-46	27-51	32-61
	2	15-32	20-40	0-15	15-35	20-40	25-50
	0,5	7-21	9-24	0-6	7-23	7-26	10-32
	0,25	4-16	5-18	0-4	4-18	4-20	5-24
0,063	0-9	0-9	0-2	0-9	0-11	0-11	
<b>Índice de lajas</b> UNE-EN 933-3	< 35						


<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	97/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

Tabla-a 3. Requisitos geométricos (II) de las zahorras recicladas de RCD.

Partículas trituradas UNE EN 933-5 y 933-5	Tipo de árido	Categoría de tráfico	
		T2	T3-T4
Partículas total y parcialmente trituradas (%)	ZARHor	>70	>50
	ZARM I		
	ZARM II		
	ZARA	>70	
Partículas totalmente redondeadas (%)	ZARHor	<10	
	ZARM I		
	ZARM II	<50	
	ZARA		

Tabla-a 4. Requisitos físico-mecánicos de las zahorras recicladas de RCD.

		ZARHor	ZARM I	ZARM II	ZARA
Absorción UNE-EN 933-1:2012	< 4 mm	< 10 %	< 12%	< 14 %	< 10 %
	> 4 mm	< 7 %	< 9%	< 11%	< 7%
Equivalente de Arena UNE-EN 933-8		> 35 <sup>1</sup>	> 30 <sup>1</sup>	> 25 <sup>1</sup>	> 35 <sup>1</sup>
CBR UNE 103502		>40		>20	>30
Límites de Atterberg	UNE 103103	N.P.		LL < 25	N.P.
	UNE 103104			IP < 6	
Desgaste los Ángeles UNE-EN 1097-2	Capas granulares de firmes	T2	<35		<35
		T3	<40	<40	<40
		T4			
	Carril bici y vías peatonales urbanas		<45		

Tabla-a 5. Requisitos químicos de las zahorras recicladas de RCD.

ZARHor	ZARM I	ZARM II	ZARA
--------	--------	---------	------

<sup>1</sup> Este valor podrá disminuirse en 5 unidades siempre y cuando el azul de metileno (UNE-EN 933-9) sea inferior a 10

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	98/111
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



<b>Materia Orgánica</b> UNE 103204	< 1%	< 2 % <sup>2</sup>	
<b>Comp. totales de azufre (SO<sub>3</sub>)</b> <sup>3</sup> UNE-EN 1744-1	1,3%	1,8%	1,3%
<b>Sulf. Sol. Agua (SO<sub>4</sub>)</b> UNE-EN 1744-1	< 0,7% (SO <sub>4</sub> ) < 0,5 (SO <sub>4</sub> ) en contacto con materiales ligados con cemento		
<b>Pérdida de masa en el ensayo de estabilidad a los sulfatos</b> UNE-EN 1367-2	≤ 18%		

**NOTA:**

Todas las propiedades de las zahorras recicladas anteriormente mencionadas se deben de incluir en:

- Mercado CE
- Ficha AGRECA o similar

Además, el suministrador deberá hacer constar en declaración responsable que el material cumple con la normativa vigente, especialmente la ambiental.

<sup>2</sup> Siempre que se justifique que la materia orgánica provenga de materiales bituminosos

<sup>3</sup> Siempre que no esté en contacto con cemento u hormigón. Si no fuera así, el contenido de azufre total deberá ser inferior al 0,5% expresado en SO<sub>3</sub>.

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	99/111
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



## Características exigibles a los suelos reciclados de RCD

Si los materiales reciclados de granulometría continua no se clasifican dentro de alguna de las clases de zorra indicadas en el apartado anterior, podrán ser clasificados como suelos reciclados si cumplen los criterios mostrados en las tablas recogidas entre la Tabla-a 6 y la Tabla-a 9.

Tabla-a 6. Clasificación de los suelos reciclados DE RCD según el ensayo de composición.

		SR-SEL	SR-TOL
<b>Composición</b> UNE-EN 933-11	<b>Componentes ppales</b>	-	
	<b>X</b>	< 3%	< 5%
	<b>FL<sup>4</sup></b>	< 2 cm <sup>3</sup> /kg	
	<b>Yeso</b>	< 1 %	< 2 %

Tabla-a 7. Requisitos geométricos de los suelos reciclados de RCD.

		SR-SEL	SR-TOL
<b>Granulometría</b>	UNE-EN 933-1	# 20 > 70 % y # 0,40 < 15% ó #2 < 80%, #0,40 < 75% #0,08 < 25% LL < 30 IP < 10	# 20 > 70 % ó # 0,080 > 35%
<b>Tamaño máximo</b>		D <sub>máx</sub> ≤ 100 mm	-

Tabla-a 8. Requisitos físico-mecánicos de los suelos reciclados de RCD.

		SR-SEL	SR-TOL
<b>Asiento ens. colapso</b>	NLT-254/99	-	< 1%
<b>Hinchamiento libre</b>	UNE 103601	-	< 3%
<b>Límites de Atterberg</b>	UNE 103103	LL < 30 <sup>5</sup>	LL < 65
	UNE 103104	IP < 10 <sup>5</sup>	IP > 0,73 (LL-20) siempre que LL > 40

Tabla-a 9. Requisitos químicos de los suelos reciclados de RCD.

		SR-SEL	SR-TOL
<b>Materia orgánica</b> UNE 103204	<0,2 % si procede de tierras de excavación	< 2 %	< 2 %
	<1% si procede de RCD		
	<2 % si procede de bituminoso		
<b>Sales solubles</b> NLT-114/99	< 2 %	< 4 %	
<b>Contenido en yeso</b> NLT-115	<2%	< 5%	

<sup>4</sup> Se rebajará a 0,5 cm<sup>3</sup>/kg cuando el suelo no vaya a ser cubierto por ninguna otra capa.

<sup>5</sup> Si no se cumple la condición de granulometría #20 > 70 % y #0,40 < 15%

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==		Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente		Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero		Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez		Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	100/111	
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			




**NOTA:**

Todas las propiedades de los suelos reciclados anteriormente mencionadas se deben de incluir en:

- Mercado CE
- Ficha AGRECA o similar

Además, el suministrador deberá hacer constar en declaración responsable que el material cumple con la normativa vigente, especialmente la ambiental.

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	Estado	Fecha y hora	
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
Observaciones		Página	101/111	
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

## Características exigibles al suelocemento reciclado de RCD

Para su uso en la fabricación de suelocemento, los áridos reciclados deberán cumplir los requisitos mostrados en las tablas recogidas entre la Tabla-a 10 y la Tabla-a 14.

Tabla-a 10. Clasificación del árido para suelo-cemento reciclado DE RCD según ensayo de composición

		SCR40	SCR20
<b>Composición</b> UNE-EN 933-11	<b>X</b>	< 1%	
	<b>FL</b>	< 1 cm <sup>3</sup> /kg	

Tabla-a 11. Requisitos geométricos del árido para suelo-cemento reciclado de RCD.

		SCR40	SCR20
<b>Granulometría</b> UNE-EN 933-1	54 mm	100	100
	40 mm	80-100	100
	32 mm	75-100	100
	20 mm	62-100	92-100
	12,5 mm	53-100	76-100
	8 mm	45-89	63-100
	4 mm	30-65	48-100
	2 mm	20-52	36-94
	0,5 mm	5-37	18-65
	0,063 mm	2-20	2-35

Tabla-a 12. Requisitos físicos del árido para suelo-cemento reciclado de RCD.

		SCR40	SCR20
<b>Plasticidad</b>	UNE 103103	LL < 30	
	UNE 103104	IP < 12	

Tabla-a 13. Requisitos químicos del árido para suelo-cemento reciclado de RCD.

	SCR40	SCR20
<b>Materia Orgánica</b> UNE 103204	< 1 % <sup>6</sup>	
<b>Compuestos totales de azufre (SO<sub>3</sub>)</b> UNE-EN 1744-1	< 1 %	
<b>Sulf. sol. ácido (SO<sub>3</sub>)</b> UNE-EN 1744-1 UNE 103201 <sup>7</sup>	< 0,8 %	
<b>Reactividad</b> UNE 146508 EX (áridos silíceos) UNE 146507-2 EX (áridos calizos)	NO REACTIVO	

<sup>6</sup> Siempre que se justifique que la materia orgánica provenga de materiales bituminosos se podrá elevar al 2%

<sup>7</sup> Si Sulf. solubles (UNE 103201) > 0,5% en SO<sub>3</sub>, el uso de cemento SR es OBLIGATORIO


<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	102/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

Tabla-a 14. Resistencia a compresión para suelo-cemento reciclado de RCD.


	Zona	Resistencia media a compresión (MPa) a 7 días	
		Mínima	Máxima
<b>Suelo-cemento</b>	Calzada y arcenes	2,5	4,5

**NOTA:**

Todas las propiedades del suelo-cemento anteriormente mencionadas se deben de incluir en:

- Marcado CE
- Ficha AGRECA o similar

Además, el suministrador deberá hacer constar en declaración responsable que el material cumple con la normativa vigente, especialmente la ambiental.

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	103/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

## Características exigibles al hormigón seco compactado reciclado de RCD

Para su uso en la fabricación de hormigón seco compactado, los áridos reciclados deberán cumplir los requisitos mostrados en las tablas recogidas entre la Tabla-a 15 y la Tabla-a 17.

Tabla-a 15. Clasificación del árido para hormigón seco compactado reciclado de RCD.

<b>Clasificación</b> <sup>8</sup>	ZARHor, ZARM I
-----------------------------------	----------------

Tabla-a 16. Requisitos geométricos del árido para hormigón seco compactado reciclado DE RCD.

Granulometría UNE-EN 933-1	HRC	
	50 mm	100
	40 mm	100
	25 mm	100
	20 mm	100
	12,5 mm	85-100
	8 mm	52-78
	4 mm	36-58
	2 mm	30-47
	0,5 mm	16-27
0,063 mm	9-19	

Tabla-a 17. Requisitos mecánicos del hormigón seco compactado reciclado de RCD.

HCR	
<b>Resistencia a compresión</b> UNE 12390-3	≥ 10MPa


### NOTA:

Todas las propiedades del hormigón seco compactado anteriormente mencionadas se deben de incluir en:

- Marcado CE
- Ficha AGRECA o similar

Además, el suministrador deberá hacer constar en declaración responsable que el material cumple con la normativa vigente, especialmente la ambiental.

<sup>8</sup> Clasificación según el presente Anexo. Los materiales deben cumplir las características relativas a composición y propiedades físico-químicas según lo recogido en el apartado correspondiente.

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	104/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			



## Características exigibles a la gravacemiento reciclada de RCD

Para su uso en la fabricación de grava-cemento, los áridos reciclados deberán cumplir los requisitos mostrados en las tablas recogidas entre la Tabla-a 18 y la Tabla-a 22.

Tabla-a 18. Clasificación del árido reciclado de RCD para gravacemiento.

		Gravacemiento
<b>Composición</b> UNE-EN 933-11	Rc+Ru+Ra	-
	Rc+Ru	≥90 %
	Rb	≤ 5 %
	X	< 1 %
	Ra	≤ 5 %
<b>Equivalente de arena</b> UNE-EN 933-8	FL	< 2 cm <sup>2</sup> /kg
		> 40 <sup>9</sup> > 35 <sup>10</sup>

Tabla-a 19. Requisitos geométricos de la gravacemiento reciclada de RCD.


		GC-32	GC-20
<b>Granulometría</b> UNE-EN 933-1	54 mm	-	-
	40 mm	100	-
	32 mm	88-100	100
	20 mm	67-91	80-100
	12,5 mm	52-77	62-84
	8 mm	38-63	44-68
	4 mm	25-48	28-51
	2 mm	16-37	19-39
	0,5 mm	6-21	7-22
	0,063 mm	1-7	1-7

Tabla-a 20. Requisitos químicos de la gravacemiento reciclada de RCD.

		Gravacemiento
<b>Materia Orgánica</b> UNE 103204	Aumento tiempo de fraguado	<120 min
	Perdida resist. Compresión (28 días)	< 20 %

<sup>9</sup> Para GC-20

<sup>10</sup> Para GC-32

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	105/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

<b>Comp. totales de azufre (SO<sub>3</sub>)</b> UNE-EN 1744-1	< 1 %
<b>Sulf. Sol. Ácido (SO<sub>3</sub>)<sup>11</sup></b> UNE-EN 1744-1	<0.8 %
<b>Reactividad</b> UNE 146508 EX (áridos silíceos) UNE 146507-2 EX (áridos calizos)	NO REACTIVO

Tabla-a 21. Requisitos mecánicos de la gravacemto reciclada de RCD.

			Categoría de tráfico	
			T2	T3-T4
<b>Partículas trituradas</b> UNE EN 933-5 y 933-5	<b>Partículas total y parcialmente trituradas (%)</b>	Calzada	≥ 50	≥ 30
		Arcén	≥ 30	
	<b>Partículas totalmente redondeadas (%)</b>	Calzada	≤ 10	≤ 30
		Arcén	≤ 30	
<b>Plasticidad</b> UNE 103103 y UNE 103103	Límite líquido		NP	< 25
	Índice de plasticidad			< 6
<b>Índice de lajas</b> UNE EN 933-3	Calzada		≤ 30	≤ 35
	Arcén		≤ 40	
<b>Desgaste los Ángeles</b> UNE-EN 1097-2	Calzada		≤ 35	≤ 40
	Arcén		≤ 40	

Tabla-a 22. Resistencia a compresión para la gravacemto reciclada de RCD.


	Zona	Resistencia media a compresión (MPa) a 7 días	
		Mínima	Máxima
<b>Grava-cemento</b>	Calzada	4,5	7,0
	Arcenes	4,5	6,0

**NOTA:**

Todas las propiedades de la grava-cemento anteriormente mencionadas se deben de incluir en:

- Mercado CE
- Ficha AGRECA o similar. Además, el suministrador deberá hacer constar en declaración responsable que el material cumple con la normativa vigente, especialmente la ambiental.

<sup>11</sup> Si Sulfatos solubles en ácido (UNE 103201) > 0,5% en SO<sub>3</sub>, el uso de cemento SR es OBLIGATORIO

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	106/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

## Características exigibles a la grava reciclada de RCD

Para su uso en la fabricación de hormigón, la grava reciclada de RCD deberá cumplir los requisitos mostrados en las tablas recogidas entre la Tabla-a 23 y la Tabla-a 25.

Tabla-a 23. Clasificación del árido para grava reciclada de RCD.

		Hormigón estructural	Hormigón no estructural
<b>Composición</b> UNE-EN 933-11	Rc+Ru+Ra	-	≥ 70 %
	Rc+Ru	-	-
	Rb	≤ 5 %	≤ 5 %
	X	< 1 %	< 1 %
	Ra	≤ 1 %	≤ 5 %
	<b>FL</b>	-	-
<b>Partículas ligeras</b> UNE-EN 1744-1		< 1 %	< 2 %
<b>Absorción</b> UNE-EN 1087-6	≥ 4 mm	< 7 %	< 9 %
<b>Granulometría</b> <b>UNE EN 933-1</b>	< 4 mm	≤ 5 %	
<b>Terrones de arcilla</b> UNE-EN 7133		≤ 0,6 %	

Tabla-a 24. Requisitos químicos para grava reciclada de RCD.

		Hormigón estructural	Hormigón no estructural
<b>Sulfatos solubles en ácido (SO<sub>3</sub>)</b> UNE-EN 1744-1		< 0,80 %	< 1 %
<b>Compuestos totales en azufre (SO<sub>3</sub>)</b> UNE-EN 1744-1		< 1 %	
<b>Materia orgánica</b> UNE-EN 1744-1	Aumento tiempo de fraguado	< 120 min	
	Pérdida resist. Compresión (28 días)	< 20 %	
<b>Reactividad</b> UNE 146508 Ex (áridos silíceos) UNE 146507-2 EX (áridos calizos)		NO REACTIVO	
<b>Cloruros totales (Cl<sup>-</sup>)<sup>12</sup></b> UNE-EN 1744-1		≤ 0,05%	-

<sup>12</sup> Solo para los casos de hormigón armado

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	107/111
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



Tabla-a 25. Requisitos mecánicos para grava reciclada de RCD.

	Hormigón estructural	Hormigón no estructural
<b>Índice de lajas</b> UNE-EN 933-3	< 35	< 40
<b>Desgaste Los Ángeles</b> UNE-EN 1097-2	< 40	< 40
<b>Resistencia a heladas</b> UNE-EN 1367-2	< 18 %	< 18 %

**NOTA:**

Todas las propiedades de la grava anteriormente mencionadas se deben de incluir en:

- Mercado CE
- Ficha AGRECA o similar

Además, el suministrador deberá hacer constar en declaración responsable que el material cumple con la normativa vigente, especialmente la ambiental.

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==		Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente		Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero		Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez		Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	108/111	
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			



## Características exigibles al material reciclado de RCD para cama de tubería

Para su uso como material de cama de tubería, los áridos reciclados deberán cumplir los requisitos mostrados en la Tabla-a 26.

Tabla-a 26. Requisitos exigidos a materiales reciclados de RCD usados en camas de tubería.

		Camas de tubería	
<b>Impurezas máximas (X)</b> UNE-EN 933-11		< 1 %	
<b>Azufre total (SO<sub>3</sub>)</b> UNE-EN 1744-1		< 1,5 %	
<b>Sulfatos solubles en ácido</b> UNE-EN 1774-1 (Ap. 12)		< 1 %	
<b>Cloruros</b> UNE-EN 196-2		< 0,1 % <sup>13</sup>	
<b>Contenido de finos (&lt; 0,063 mm)</b> UNE-EN 933-1		≤ 4 %	
<b>Tamaño nominal máximo</b> UNE-EN 933-1	<b>Diam. Nominal tubería rígida</b>	100	10
		100-150	15
		150-300	-
		300-550	-
		>550	-
	<b>Diam. Nominal tubería flexible</b>	100	10
		100-150	15
		150-300	-
		300-550	-
		>550	-
<b>Plasticidad</b>	<b>Límite líquido</b> UNE 103103	< 30	
	<b>Índice Plasticidad</b> UNE 103104	< 10	


### NOTA:

Todas las propiedades exigidas al material usado como cama de tubería, anteriormente mencionadas se deben de incluir en:

- Mercado CE
- Ficha AGRECA o similar

Además, el suministrador deberá hacer constar en declaración responsable que el material cumple con la normativa vigente, especialmente la ambiental.

<sup>13</sup> Exigible en el caso de que el material esté en contacto con tuberías de hormigón armado o de acero

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>	
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45	
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03	
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52	
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	109/111	
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

## Características exigibles al árido reciclado de RCD para material drenante

Para su uso como material drenante, los áridos reciclados de RCD deberán cumplir los requisitos mostrados en la Tabla-a 27.

Tabla-a 27. Requisitos exigidos a áridos reciclados usados como material drenante.

			Valores
<b>Composición</b>		X	< 1% <sup>14</sup>
UNE-EN 933-11		FL	< 2 cm <sup>3</sup> /kg <sup>14</sup>
<b>Granulometría</b> UNE-EN 933-1		Tamaño máximo	80 mm
		Pasante por el 0,063 mm	< 5%
<b>Condiciones de filtro</b> <sup>15</sup>	Generales	a) F15/d85 (Filtrante/capa a Drenar)	< 5
		b) F15/d15 (Filtrante/capa a Drenar)	> 5
		c) F50/d50 (Filtrante/capa a Drenar)	< 25
	En limos y arenas finas	F15	< 1 mm
	En suelos cohesivos	Las condiciones a) y b) son sustituidas por F15	< 0,4 mm > 0,1 mm
<b>Sistema previsto de evacuación del agua</b>	Uso con tubos perforados	F85/diámetro del orificio	> 1
	Uso con tubos con juntas abiertas	F85/apertura de la junta	> 1,2
	Uso con tubos de hormigón poroso	F85/ d15 del árido del tubo	> 0,2
	En drenaje por mechinales	F85/diámetro del mechinal	> 1
<b>Coefficiente de uniformidad</b>	En rellenos drenantes localizados	Coefficiente de uniformidad (F60/F10)	< 20
	En drenes ciegos	Coefficiente de uniformidad (F60/F10)	< 4
<b>Plasticidad</b> UNE 103103 y UNE 103104			No plástico
<b>Equivalente de arena</b> UNE EN 933-8			> 30

<sup>14</sup> Valores permitidos en la clasificación general

<sup>15</sup> Los materiales drenantes estarán exentos de cumplir las condiciones de filtro en caso de utilizar un geotextil como elemento de separación y filtro

<b>Código Seguro De Verificación</b>	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==	<b>Estado</b>	<b>Fecha y hora</b>
<b>Firmado Por</b>	Francisco Javier Pérez de la Fuente	Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero	Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez	Firmado	20/09/2023 12:47:52
<b>Observaciones</b>		<b>Página</b>	110/111
<b>Url De Verificación</b>	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>		



<b>Índice de lasjas</b> UNE-EN 933-3		< 35 <sup>16</sup>
<b>Azufre total (SO<sub>3</sub>)</b> UNE-EN 1744-1	Materiales en contacto con hormigón	< 0,5% <sup>17</sup>
	En el resto de casos	1.30%
<b>Los Ángeles</b> UNE EN 1097-2	Carga de tráfico igual o inferior a T4	< 50
	Carga de tráfico T2 y T3	< 45

**NOTA:**

Todas las propiedades exigidas al material drenante reciclado de RCD anteriormente mencionadas se deben de incluir en:

- Marcado CE
- Ficha AGRECA o similar

Además, el suministrador deberá hacer constar en declaración responsable que el material cumple con la normativa vigente, especialmente la ambiental.

<sup>16</sup> Valores propuestos para evitar que los materiales cerámicos (con un elevado índice de lasjas) perforen los geotextiles

<sup>17</sup> Límite establecido en el Art. 510 del PG-3

Código Seguro De Verificación	b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==		Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Francisco Javier Pérez de la Fuente		Firmado	20/09/2023 13:31:45
	María Pilar Vila Herrero		Firmado	20/09/2023 13:27:03
	Ramses Vidal Sánchez		Firmado	20/09/2023 12:47:52
Observaciones		Página	111/111	
Url De Verificación	<a href="https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==">https://valida.malaga.eu/verifirma/code/b8GULT+KbcDbkMqa4cMyKg==</a>			

