

APÉNDICE 4. ESTUDIO DE VIBRACIONES

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1	4. INVENTARIO DE FUENTES DE VIBRACIÓN Y ZONAS SENSIBLES	8
1.1. OBJETO	1	4.1. FUENTES DE RUIDO ACTUALES	8
1.2. DESCRIPCIÓN DE LA ACTUACIÓN.....	1	4.2. FUENTES DE VIBRACIÓN FUTURAS	8
1.2.1. <i>Variante exterior provisional</i>	1	4.3. ZONAS SENSIBLES A LAS VIBRACIONES.....	8
1.2.2. <i>Soterramiento</i>	1	4.3.1. <i>Variante exterior</i>	9
2. NORMATIVA DE APLICACIÓN.....	2	4.3.2. <i>Soterramiento</i>	9
2.1. DISPOSICIONES GENERALES	2	5. CAMPAÑA DE MEDICIONES DE VIBRACIONES	11
2.2. ANÁLISIS DE NORMATIVA DE APLICACIÓN	2	5.1. INSTRUMENTACION UTILIZADA	11
2.2.1. <i>Normativa europea</i>	2	5.2. PUNTOS DE MEDICIÓN.....	11
2.2.2. <i>Normativa estatal</i>	2	5.2.1. <i>Punto nº1 de medida de vibraciones</i>	12
2.2.3. <i>Normativa autonómica</i>	3	5.2.2. <i>Punto nº 2 de medida de vibraciones</i>	13
2.2.4. <i>Normativa local</i>	3	5.2.3. <i>Punto nº 3 de medida de vibraciones</i>	15
2.2.5. <i>Valores límites de inmisión de vibraciones aplicables</i>	4	5.2.4. <i>Punto nº 4 de medida de vibraciones</i>	17
3. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO DE VIBRACIONES.....	5	5.3. RESULTADOS DE LAS MEDIDAS DE VIBRACIONES	18
3.1. ESCENARIO ACTUAL	5	5.3.1. <i>Punto nº1 de medida de vibraciones</i>	18
3.2. VALIDACIÓN DEL MODELO.....	5	6. VIBRACIONES ESPERADAS A DIFERENTES DISTANCIAS DEL EJE DEL TRAZADO	19
3.3. ESCENARIO FUTURO.....	6	6.1. MODELO DE PREDICCIÓN DE VIBRACIONES	19
3.4. MEDIDAS CORRECTORAS	7	6.2. VALIDACIÓN DEL MODELO	19
		6.2.1. <i>Vibraciones esperadas en el interior de los edificios</i>	20

7. ANALISIS DE LOS RESULTADOS.....	22
7.1. SOTERRAMIENTO	23
7.2. VARIANTE	24
8. NIVELES PREVISIBLES.....	25
9. MEDIDAS CORRECTORAS.....	27
10. CONCLUSIONES.....	27
 PLANOS	 28
ANEXO 1. CERTIFICADOS DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDIDA.....	30

1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETO

El objeto del presente documento es estudiar la afección vibratoria que se producirá en los receptores cercanos a la línea ferroviaria objeto de estudio como consecuencia del funcionamiento de la misma, así como del desvío exterior provisional planteado durante la fase de obra.

1.2. DESCRIPCIÓN DE LA ACTUACIÓN

1.2.1. Variante exterior provisional

Con objeto de facilitar el desarrollo de las obras asociadas al trazado principal del soterramiento de Torrelavega, se plantea el desarrollo de un desvío ferroviario provisional que permita mantener la circulación de los servicios ferroviarios durante el plazo que duren las mismas.

Dicha variante provisional presenta una longitud total aproximada de 1.465 metros, discurriendo por la zona norte de la ciudad, en paralelo a la ronda exterior de circunvalación que conforman las calles Lucio Marcos y Antonio Bartolomé Suárez, y coincidiendo en gran parte de su trazado con un tramo del actual recorrido del paseo peatonal y vía ciclista que transita por esta zona.

Este desvío tiene un carácter exclusivamente provisional, previendo la completa restitución de las zonas por las que discurre a su estado original una vez pueda encaminarse de nuevo el tráfico por el corredor principal soterrado.

1.2.2. Soterramiento

La actuación principal del estudio consiste en la supresión de la barrera ferroviaria de la línea de ancho métrico Santander – Cabezón de la Sal en la localidad de Torrelavega, mediante el soterramiento de la misma a su paso por el centro de la localidad.

Actualmente, la línea de ADIF - RAM que llega a la Estación de Torrelavega desde Cabezón de la Sal es una vía única electrificada, teniendo a partir de dicha

localidad doble vía, también electrificada, hasta Santander. Dicha línea está configurada para tráfico mixto viajeros-mercancías, lo que provoca que las composiciones de mercancías recorran las vías del interior de la localidad. Este hecho dificulta por un lado la explotación de la línea de cercanías de ancho métrico, y por otro crea inconvenientes para los ciudadanos debido a la existencia de dos pasos a nivel en el centro de la ciudad, creando todo ello la barrera ferroviaria.

La actuación que se ha de realizar abarca desde el Río Besaya al oeste, hasta la c/ Antonio Bartolomé Suárez al este de la localidad, y ocupa el actual corredor ferroviario, estando el tramo soterrado entre el Paseo del Niño y la c/ Pablo Garnica, de forma que ambos pasos a nivel se eliminan.

El esquema de la nueva estación estará formado por dos vías generales de ancho métrico para el tráfico de viajeros, que contarán con sendos andenes laterales de 200 m útiles; más una vía pasante y exclusiva de 400 m útiles para mercancías, que no tendrá servicio asociado de andén. Se hace necesario construir una nueva estación, cuya situación está determinada por el trazado de las vías soterradas y la ubicación de los andenes, y que estará cercana a la actual.

2. NORMATIVA DE APLICACIÓN

2.1. DISPOSICIONES GENERALES

Se han analizado las disposiciones legales de aplicación en materia de vibraciones, analizando tanto la existente en el ámbito europeo como la legislación nacional, autonómica y local. Las disposiciones legales analizadas son las que se relacionan a continuación:

- Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.
- Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.
- Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.
- Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- Ordenanza de protección del medio ambiente contra la emisión de Ruidos y Vibraciones. Normas particulares relativas a la protección de la atmósfera frente a la contaminación por formas de la energía del Ayuntamiento de Torrelavega, del 24 de octubre de 1995.

2.2. ANÁLISIS DE NORMATIVA DE APLICACIÓN

2.2.1. Normativa europea

Directiva 2002/49/CE del parlamento europeo y del consejo de 25 de junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental

La Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo no establece límites reglamentarios autorizados de emisión de vibraciones en el ambiente exterior y por tanto no podrá ser aplicado en este caso hasta la existencia de reglamentos

que desarrollen y cuantifiquen los niveles de emisión e inmisión máximos permitidos.

2.2.2. Normativa estatal

Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido

La Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido tampoco establece límites reglamentarios autorizados de emisión de vibraciones y por tanto no podrá ser aplicado en este caso hasta la existencia de reglamentos que desarrollen y cuantifiquen los niveles de emisión e inmisión máximos permitidos.

Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental

La Ley del Ruido fue parcialmente desarrollada por el Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental. Aunque en esta norma no se especifican umbrales para la emisión de vibraciones, por lo que no podrá ser de aplicación en este estudio.

Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas

En lo que respecta a vibraciones, será de aplicación la delimitación de los distintos tipos de áreas acústicas definida en el Artículo 5 de este Real Decreto. También serán aplicables los objetivos de calidad acústica, establecidos en el Artículo 16.

En el Anexo II, tabla C, se definen los límites denominados como “Objetivos de calidad acústica para vibraciones aplicables al espacio interior habitable de edificaciones destinadas a vivienda, usos residenciales, hospitalarios, educativos o culturales”.

La siguiente tabla muestra los valores límite para la inmisión de vibraciones.

OBJETIVOS DE CALIDAD ACÚSTICA PARA VIBRACIONES REAL DECRETO 1367/2007	
Uso del edificio	Índice de vibración Law
Vivienda o uso residencial	75
Hospitalario	72
Educativo o cultural	72

Fuente: Tabla C del Anexo II del Real Decreto 1367/2007

En el Anexo I del documento de desarrollo de la Ley del Ruido, el *Real Decreto 1367/2007*, se define el índice de vibración de esta forma:

$$L_{aw} = 20 \log \left(a_w / a_0 \right)$$

Siendo:

- a_w : el máximo valor eficaz (RMS) de la señal de aceleración, con ponderación W_m , en el tiempo t , $a_w(t)$, en m/s^2 .
- a_0 : la aceleración de referencia (10^{-6}) m/s^2

Los instrumentos de medida para vibraciones deberán cumplir lo establecido en el Artículo 30 del *Real Decreto 1367/2007*, en el que se establece que “deberán cumplir las disposiciones establecidas en la Orden del Ministerio de Fomento, de 25 de septiembre de 2007, por la que se regula el control metrológico del Estado de los instrumentos destinados a la medición de sonido audible y de los calibradores acústicos”.

En el Artículo 17.1.b.ii del *Real Decreto 1367/2007* se detallan las consideraciones para eventos transitorios, como puede considerarse el paso de trenes en circulación:

“ii) Vibraciones transitorias.

Los valores fijados en la tabla C, del anexo II podrán superarse para un número de eventos determinado de conformidad con el procedimiento siguiente:

1º. Se consideran los dos períodos temporales de evaluación siguientes: periodo día, comprendido entre las 07:00-23:00 horas y periodo noche, comprendido entre las 23:00-07:00 horas.

2º. En el periodo nocturno no se permite ningún exceso.

3º. En ningún caso se permiten excesos superiores a 5 dB.

4º. El conjunto de superaciones no debe ser mayor de 9. A estos efectos cada evento cuyo exceso no supere los 3 dB será contabilizado como 1 y si los supera como 3.”.

2.2.3. Normativa autonómica

En Cantabria, la calidad acústica está regulada a través de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, el *Real Decreto 1513/2005*, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental y el *Real Decreto 1367/2007*, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas. A esta legislación, hay que sumar las ordenanzas municipales que se establezcan.

2.2.4. Normativa local

Ordenanza de protección del medio ambiente contra la emisión de Ruidos y Vibraciones. Normas particulares relativas a la protección de la atmósfera frente a la contaminación por formas de la energía del Ayuntamiento de Torrelavega, del 24 de octubre de 1995.

La presente Ordenanza regula la actuación municipal para la protección del ambiente contra las perturbaciones por ruidos y vibraciones dentro del Término Municipal de Torrelavega.

Quedan sujetas a sus prescripciones, de obligatoria observancia dentro del término municipal, todas las instalaciones, aparatos, construcciones, obras,

vehículos, medios de transporte y, en general, todos los elementos, actividades, actos y comportamientos que produzcan ruidos y vibraciones que puedan ocasionar molestias al vecindario o que modifiquen el estado natural del ambiente circundante, cualquiera que sea su titular, promotor o responsable y lugar público o privado, abierto o cerrado en el que esté situado.

Esta normativa hace referencia a las vibraciones producidas por aparatos mecánicos, que no podrán transmitir a los elementos sólidos que componen la compartimentación del recinto receptor niveles de vibración superiores a los señalados en el Anexo "A" de la norma ISO-2631-2.

No podrán transmitir vibraciones cuyo coeficiente K supere los límites señalados en la tabla siguiente:

OBJETIVOS DE CALIDAD ACÚSTICA PARA VIBRACIONES PARA ESPACIOS INTERIORES ORDENANZA AYUNTAMIENTO DE TORRELAVEGA		
Situación	Coeficiente K	
	Horario	Vibraciones continuas curva base
Hospitales, quirófanos y áreas críticas	Día Noche	1 1
Viviendas y residenciales	Día Noche	2 1,4
Oficinas	Día Noche	4 4
Almacenes y comercios	Día Noche	8 8

Fuente: Ordenanza de protección del medio ambiente contra la emisión de Ruidos y Vibraciones del Ayuntamiento de Torrelavega, del 24 de octubre de 1995

Las vibraciones se medirán en aceleración (m/s^2).

Esta normativa no hace referencia a las vibraciones producidas por las infraestructuras, como es el ferrocarril que nos ocupa.

2.2.5. Valores límites de inmisión de vibraciones aplicables

Dentro de este marco legislativo y tras analizar las diferentes normas vigentes, se ha determinado efectuar el análisis tanto de la situación vibratoria actual como de la futura, en base a las especificaciones establecidas en el Real Decreto 1367/2007, dado que experimentalmente se ha constatado que, para un valor dado de vibraciones, los límites aplicables con el índice de vibración L_{aw} son más restrictivos respecto a los límites aplicados para el índice K. Además, las diferentes normativas locales no hacen referencia a las vibraciones producidas por las infraestructuras, como es el ferrocarril que nos ocupa, sino a vibraciones producidas por maquinaria, por lo que no serían de aplicación en este trabajo.

La siguiente tabla se muestra los valores límite de inmisión de vibraciones, en dB, originados por la infraestructura durante toda su vida útil, expuestos en el Real Decreto 1367/2007.

OBJETIVOS DE CALIDAD ACÚSTICA PARA VIBRACIONES REAL DECRETO 1367/2007	
Uso del edificio	Índice de vibración Law
Vivienda o uso residencial	75
Hospitalario	72
Educativo o cultural	72

Fuente: Tabla C del Anexo II del Real Decreto 1367/2007

Además, tendremos en cuenta el Artículo 17.1.b.ii del Real Decreto 1367/2007 en el que se detallan las consideraciones para eventos transitorios, como puede considerarse el paso de trenes en circulación:

"ii) Vibraciones transitorias.

Los valores fijados en la tabla C, del anexo II podrán superarse para un número de eventos determinado de conformidad con el procedimiento siguiente:

1º. Se consideran los dos períodos temporales de evaluación siguientes: periodo día, comprendido entre las 07:00-23:00 horas y periodo noche, comprendido entre las 23:00-07:00 horas.

2º. En el periodo nocturno no se permite ningún exceso.

3º. En ningún caso se permiten excesos superiores a 5 dB.

4º. El conjunto de superaciones no debe ser mayor de 9. A estos efectos cada evento cuyo exceso no supere los 3 dB será contabilizado como 1 y si los supera como 3.”.

Por lo tanto, el objetivo de calidad aplicable en este estudio será el valor límite de inmisión de vibraciones L_{aw} para el ámbito de actuación producido por la nueva infraestructura. Un $L_{aw} = 75$ dB para los edificios de uso residencial, y $L_{aw} = 72$ dB para aquellos edificios cuyo uso sea hospitalario o educativo o cultural.

3. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO DE VIBRACIONES

El objeto del presente Estudio de Vibraciones es realizar una predicción de los niveles de vibraciones previstos en la fase de explotación.

3.1. ESCENARIO ACTUAL

Se ha realizado una campaña de recogida de información referente a legislación vigente de la zona de estudio, desde legislación a nivel europeo hasta el ámbito local. También se ha recopilado documentación referente a cartografía, ejes de trazado, tipologías y velocidades del tráfico, así como clasificación de edificaciones que por normativa pueden ser receptores potenciales.

Se ha realizado una estimación de los niveles de vibración en el estado preoperacional como consecuencia de las actividades y fuentes actuales más significativas en la zona de interés, valorándose así los niveles de vibración en el estado actual. Para ello se ha valorado la transmisibilidad de vibraciones del terreno, teniendo en cuenta la zona y la geología del terreno, basado en la información obtenida de los ensayos realizados en la zona de estudio.

3.2. VALIDACIÓN DEL MODELO

En base al modelo propuesto se trata de validarla mediante un ejemplo de cálculo de la transmisibilidad calculada a partir de los valores de vibración de partida de paso de trenes.

En primer lugar, se calcula la amplitud de la vibración, teniendo en cuenta la atenuación empírica obtenida en la campaña de mediciones y la transmisibilidad del terreno, obtenida como la diferencia de valores de vibraciones entre dos puntos del terreno determinados a una distancia determinada de la vía, obteniendo finalmente el valor de la transmisibilidad como el cociente entre ambos términos.

Mediante gráficas se muestra una comparativa entre el espectro de vibración calculado por el modelo BARKAN a una determinada distancia (distancia que variará en función de las características encontradas en el terreno y la posición

relativa de los edificios respecto de la línea férrea a estudiar) y el espectro calculado a partir del ensayo empírico de la atenuación del terreno, a esta misma distancia del eje de la vía. Este espectro se verá decrementado o aumentado en función de la atenuación medida del terreno, a partir de los datos medidos de paso real de trenes, calculando así la vibración en un punto situado a la distancia medida real respecto del eje de la vía más cercana.

De esta forma compararemos el espectro de vibración calculado por el modelo de BARKAN con los resultados empíricos obtenidos, y se comprobará si existe una cierta similitud entre ambos espectros, para poder considerar como válido el modelo utilizado.

3.3. ESCENARIO FUTURO

Para el análisis del escenario futuro definido en el estudio, se estiman los niveles de vibración de emisión del conjunto de fuentes, tanto actuales como futuras, con objeto de determinar el campo vibratorio resultante.

En base a las campañas de mediciones “in situ” realizadas en la zona de estudio para conocer la situación actual o preoperacional, y conociendo la proximidad entre la infraestructura ferroviaria y las paredes/cimentaciones de los edificios más próximos, así como la transmisibilidad del terreno y considerando sus características geológicas, se determinarán los niveles de vibración previsibles percibidos en las zonas de afección más significativas.

Se tiene en cuenta un inventario de edificios en los que potencialmente se pueden percibir las vibraciones para una distancia de hasta 70 m desde el trazado ferroviario, indicando, para los edificios afectados, el valor de inmisión de vibraciones.

En el caso que nos ocupa, en el que en el estado preoperacional, ya existe circulación de trenes, y el trazado ferroviario en su estado preoperacional ya discurre prácticamente por el mismo trazado y velocidad que el proyectado, la vibración actual evaluada “in situ” nos permitirá conocer con una gran aproximación, cuáles serán los niveles de vibración reales a ciertas distancias del

trazado, debido al paso de trenes. Complementariamente se recurre a la predicción mediante el modelo de simulación propuesto, para conocer los niveles de vibración a las diferentes distancias entre el trazado ferroviario y cada uno de los edificios afectados.

Para la valoración de la amplitud de vibraciones, en el dominio de la frecuencia, previsible en la base de los edificios, causadas por el paso de los trenes, emplearemos el modelo de propagación de vibraciones en el terreno formulado por BARKAN, caracterizando la propagación de vibraciones según la siguiente expresión.

$$V_b = V_a \cdot (r_a/r_b)^{\gamma} \cdot e^{-\alpha(r_a-r_b)}$$

Dónde:

- V_b y V_a son la amplitud de vibración en los puntos situados a las distancias r_a y r_b de la fuente (eje de la vía férrea).
- γ : es el coeficiente de atenuación geométrica debido a la expansión del frente de onda.
- α : es el coeficiente de atenuación del material debido a la disipación de energía en el interior del terreno.

Los valores típicos de γ y α que ajustan la expresión teórica de BARKAN, se basarán en los resultados de atenuación del terreno (en el dominio de la frecuencia), obtenidos durante los ensayos “in situ” realizados.

Para determinar el campo vibratorio resultante, y que este se aproxime lo más posible a la situación postoperacional, se tendrán en cuenta una serie de factores concretos para este estudio como son:

- El tipo de trenes considerados para este estudio es el siguiente:

TIPO DE TRENES	
Tipología	Composición
Cercanías	Unidades autopropulsadas 3800 formadas por 3 coches
Regionales	Unidades autopropulsadas 2700 formadas por 2 coches
Transcantábrico Gran Lujo	Remolcado por locomotora de la serie 1900 formadas por 14 coches
Transcantábrico Clásico	Remolcado por locomotora de la serie 1900 formadas por 13 coches
Mercancías	Composición variable

Fuente: Dirección del EI

A la hora de los cálculos reales, se considerará como fuente principal de vibraciones las producidas por la circulación de trenes que son el objeto de estudio y la fuente principal de vibraciones, puesto que las vibraciones producidas por el tráfico rodado no son significativas comparadas con las vibraciones producidas por la circulación de los trenes.

Una vez analizada la proximidad entre la infraestructura ferroviaria y los edificios analizados, la tipología de vía, tipo de material rodante que circule, la velocidad de paso, la transmisibilidad del terreno, las características geológicas, etc., y mediante el modelo, se calculará el índice global previsto de la vibración Law conforme a las definiciones recogidas en el *Real Decreto 1367/2007* que desarrolla la *Ley del Ruido*, considerando la atenuación de las vibraciones para cada banda de tercio de octava a una distancia dada del eje de la vía.

3.4. MEDIDAS CORRECTORAS

Tras el estudio del escenario vibratorio, y conociendo la distancia más corta existente entre el eje de vía del trazado ferroviario y los edificios colindantes, se identificarán los posibles edificios afectados y se determinará si es necesario

desarrollar medidas correctoras para alcanzar los objetivos de calidad expresados en el presente documento en estos edificios.

En el apartado 8 se define la necesidad o no necesidad de desarrollar medidas correctoras.

En el caso de que fueran necesarias las medidas correctoras, estas deberán ir enfocadas hacia sistemas de atenuación de las vibraciones capaces de obtener atenuaciones a partir de una determinada frecuencia que resulta del cálculo del modelo, y para el resto de frecuencias superiores a ésta. Las medidas correctoras que podrían ejecutarse se basarán en elementos que consigan un sistema con atenuaciones a la frecuencia de interés y frecuencias superiores que asegure que a esta frecuencia su amplificación sea próxima a 0 dB.

Si fuera necesario, se presentará el resultado de la atenuación obtenida con las medidas correctoras implantadas y de una gráfica donde se muestre la atenuación prevista para el sistema de corrección escogido. Se calcularán los niveles de vibración previstos en los edificios afectados, una vez aplicadas las medidas correctoras.

4. INVENTARIO DE FUENTES DE VIBRACIÓN Y ZONAS SENSIBLES

4.1. FUENTES DE RUIDO ACTUALES

Las principales fuentes de vibración presentes en la zona analizada son las vías existentes de ferrocarril. Asimismo, en menor cuantía con nula afección, encontramos como fuente vibratoria el tráfico rodado de las carreteras colindantes a la misma.

En la **situación actual**, las fuentes lineales de vibración encontradas en la zona de estudio son las siguientes:

TRÁFICO FERROVIARIO: Fuentes ligadas al tráfico ferroviario son las producidas por la circulación de trenes actuales de cercanías, regionales, transcantábricos y mercancías por la línea existente que atraviesa la localidad.

4.2. FUENTES DE VIBRACIÓN FUTURAS

En la situación futura las fuentes lineales de vibraciones encontradas en la zona de estudio son las siguientes:

TRÁFICO FERROVIARIO: Fuentes ligadas al tráfico ferroviario son las producidas por la circulación de trenes de cercanías, regionales, transcantábricos y mercancías. En la situación futura circularán el mismo tipo de trenes que en la situación actual. Se prevé un incremento de la frecuencia de paso de un 10%.

La velocidad del ferrocarril a considerar se divide en los siguientes tramos:

- **Velocidades en la Variante:** las velocidades máximas de trenes circulantes por la variante serán de 25Km/h como máximo.
- **Velocidades en tramo de soterramiento:** las velocidades de trenes circulantes por el tramo soterrado aparecen en la siguiente tabla:

Velocidad	PK inicio	PK final
100	0+000	0+300
80	0+300	0+620
40	0+620	0+700
25	0+700	0+950
10	0+950	1+000
10	1+000	1+050
25	1+050	1+300
40	1+300	1+370
80	1+370	1+700
100	1+700	1+800

Fuente: dirección de EI

4.3. ZONAS SENSIBLES A LAS VIBRACIONES

Se van a clasificar las zonas sensibles en dos tramos: por una parte, el tramo de la variante exterior y por otra parte el tramo de soterramiento.

Como zonas sensibles se han considerado las edificaciones que se encuentran a una distancia menor de 70 metros del eje de las vías ferroviarias. Encontrando a menos de 70 metros edificios educativos/culturales y residenciales, que por su mayor proximidad a la futura traza se pueden ver afectados por niveles vibratorios mayores de los permitidos.

Se han recogido las siguientes características en las tablas de inventario de edificaciones que son necesarias para estudiar la afección vibratoria:

- ID: número identificador de las edificaciones estudiadas.
- USO: tipología de uso clasificada según: residencial, educativo, sanitario, recreativo, infraestructura, industrial y otra tipología.
- Estado: estado en el que se encuentra la edificación, en uso o abandonado.
- Núm. Plantas: Número de plantas de la edificación.
- Margen: Margen en el que se encuentra la edificación respecto del eje.
- Distancia: Distancia desde la fachada de la edificación al eje de la vía.

- PPKK: Punto kilométrico en el que se encuentra la edificación.
- Trazado: Tipología de trazado en cuestión, en superficie o soterrado.
- Actuación: Tipo de actuación a la que pertenece la edificación. En nuestro caso podrá clasificarse por *Variante Exterior*, *Soterrado*, o tramo perteneciente tanto a *Variante Exterior* como *Soterrado*. Este último tipo de tramo se corresponde con el tramo inicial y final de los ejes.

4.3.1. Variante exterior

La siguiente tabla muestra un resumen de las edificaciones sensibles encontradas a menos de 70 m de la zona de estudio en el tramo correspondiente a la variante.

ID	USO	ESTADO	PPKK	MARGEN	NºPLANTAS	DISTANCIA (m)
10	Residencial	Uso	0+100	D	4	57,8
41	Residencial	Uso	0+400	D	3	55,7
550	Residencial	Uso	0+900	D	1	50,8
551	Residencial	Uso	0+900	D	1	47,7
554	Residencial	Uso	0+900	D	1	42
555	Residencial	Uso	0+800	D	1	39,6
606	Residencial	Uso	0+400	D	3	51,7

Fuente: *Inventario de edificaciones*

4.3.2. Soterramiento

La siguiente tabla muestra un resumen de las edificaciones sensibles encontradas a menos de 70 m de la zona de estudio en el tramo correspondiente al soterramiento.

ID	USO	ESTADO	Nº PLANTAS	MARGEN	DISTANCIA	PPKK
6	Residencial	En Uso	4	D	69,3	0+080
8	Residencial	En Uso	4	D	46,9	0+090
10	Residencial	En Uso	4	D	24,8	0+110
17	Residencial	En Uso	4	D	30,4	0+140
26	Residencial	En Uso	3	I	55,1	0+170
38	Residencial	En Uso	3	I	61	0+200
48	Residencial	En Uso	2	I	32,5	0+240
54	Residencial	En Uso	3	D	13,4	0+270
56	Residencial	En Uso	2	I	19,7	0+270
60	Residencial	En Uso	2	I	25	0+280
66	Residencial	En Uso	1	I	27,9	0+300
71	Residencial	En Uso	1	I	29,8	0+310
74	Residencial	En Uso	3	D	19,9	0+320
75	Residencial	En Uso	2	I	29	0+330
76	Residencial	En Uso	1	D	43,6	0+330
77	Residencial	En Uso	1	D	52,9	0+330
78	Residencial	En Uso	2	D	58,4	0+330
82	Residencial	En Uso	2	D	10,5	0+340
83	Residencial	En Uso	5	I	52,8	0+340
84	Residencial	En Uso	2	D	58,3	0+340
87	Residencial	En Uso	3	I	20,5	0+350
90	Residencial	En Uso	4	D	24,6	0+370

ID	USO	ESTADO	Nº PLANTAS	MARGEN	DISTANCIA	PPKK
91	Residencial	En Uso	3	D	54,3	0+370
97	Residencial	En Uso	1	I	39,3	0+390
98	Residencial	En Uso	1	I	51,9	0+390
105	Residencial	En Uso	1	I	64,1	0+410
136	Residencial	En Uso	2	I	22	0+510
137	Residencial	En Uso	1	I	42,2	0+510
151	Residencial	En Uso	2	I	11,8	0+560
155	Residencial	En Uso	2	I	16,6	0+570
159	Residencial	En Uso	2	I	18	0+580
194	Residencial	En Uso	2	D	16,1	0+700
209	Residencial	En Uso	2	D	26,5	0+740
215	Residencial	En Uso	6	D	45,7	0+760
216	Residencial	En Uso	6	D	65	0+760
218	Residencial	En Uso	5	D	30,1	0+770
221	Residencial	En Uso	6	D	30,4	0+790
229	Residencial	En Uso	6	D	42,4	0+810
264	Residencial	En Uso	6	D	65,2	0+880
270	Residencial	En Uso	1	D	46,6	0+890
273	Residencial	En Uso	4	D	43,1	0+900
274	Residencial	En Uso	4	D	68,9	0+900
280	Residencial	En Uso	6	D	48,4	0+910
294	Residencial	En Uso	6	D	43,5	0+930
311	Residencial	En Uso	1	I	56,1	0+960
312	Residencial	En Uso	1	I	66,8	0+960
315	Residencial	En Uso	1	I	57,1	0+970
316	Residencial	En Uso	9	D	69,1	0+970

ID	USO	ESTADO	Nº PLANTAS	MARGEN	DISTANCIA	PPKK
334	Residencial	En Uso	5	I	21,9	1+010
336	Residencial	En Uso	2	I	57,4	1+010
341	Residencial	En Uso	5	I	21,7	1+020
355	Residencial	En Uso	3	I	59,9	1+050
367	Residencial	En Uso	3	I	64,5	1+090
390	Residencial	En Uso	5	D	65,7	1+140
423	Residencial	En Uso	7	D	43,4	1+210
428	Residencial	En Uso	6	D	41,7	1+230
447	Residencial	En Uso	6	D	37,6	1+300
454	Residencial	En Uso	8	D	25,3	1+330
462	Residencial	En Uso	8	D	22,8	1+350
469	Residencial	En Uso	5	D	22,1	1+380
471	Residencial	En Uso	5	D	22,1	1+390
477	Residencial	En Uso	6	D	56,2	1+420
480	Residencial	En Uso	7	D	21,5	1+430
485	Residencial	En Uso	4	D	44,1	1+450
490	Residencial	En Uso	4	D	63,8	1+460
492	Residencial	En Uso	6	D	23,2	1+470
542	Residencial	En Uso	6	D	65,2	1+680

Fuente: inventario de edificaciones

5. CAMPAÑA DE MEDICIONES DE VIBRACIONES

Para la valoración de la amplitud de las vibraciones en la situación actual y la transmisibilidad de las vibraciones del terreno, para su uso en el estudio de predicción (situación futura), se realizó una campaña de mediciones de vibraciones (La_w) en cuatro puntos distribuidos a lo largo del trazado, en edificios próximos a las vías actuales y por tanto a las futuras vías de tren.

Las mediciones se realizaron posicionando los sensores de vibraciones (acelerómetros triaxiales) en elementos sólidos.

Mediante el análisis en 1/3 de octava, entre 1 Hz y 80 Hz, de las señales de vibraciones para cada posición del acelerómetro se evalúan las amplitudes de las vibraciones en el terreno, siendo la fuente vibratoria el paso de los trenes por las vías existentes en la actualidad.

Estas mediciones se han realizado con el objeto de conocer las vibraciones actuales en el terreno de los edificios más próximos al trazado.

Antes y después de la campaña de mediciones se realizó una verificación de cada una de las cadenas de medición, mediante el uso del calibrador de vibraciones de la firma RION, modelo VE-10.

Cada acelerómetro se fijó al terreno de la forma más apropiada según la tipología de suelo encontrada en cada caso.

5.1. INSTRUMENTACION UTILIZADA

La instrumentación empleada para la realización de las mediciones de vibraciones fue la siguiente:

- SVAN 948 (analizador de vibraciones de 4 canales en tiempo real), marca SVANTEK, con número de serie 9026.
- SVAN 958A (analizador de vibraciones de 4 canales en tiempo real), marca SVANTEK, con número de serie 59533

- Acelerómetro triaxial de alta sensibilidad marca PCB modelo 356B18, con número de serie 88826.
- Acelerómetro triaxial de alta sensibilidad marca PCB modelo 356B18, con número de serie 78172
- Calibrador de vibraciones marca RION Modelo VE-10 nº de serie 33071634.

En el Anexo 1 del presente estudio se muestran los certificados de los instrumentos de medida.

5.2. PUNTOS DE MEDICIÓN

Se efectuaron mediciones en cuatro puntos, a lo largo del trazado, correspondiente a la traza por la que se realizará el soterramiento y teniendo siempre en cuenta la localización que podría resultar más afectada por la recepción de vibraciones ocasionadas por las fuentes.

En relación a los puntos de medición en el tramo de la variante, que corresponde con la traza de la misma y su área de afección, se ha realizado una estimación basada en la campaña de mediciones de puntos del tramo soterrado. Los puntos del tramo de soterramiento muestran unos resultados, que pueden ser representativos para ambos tramos, dado que las cualidades geotécnicas y geológicas del ámbito de estudio no varían entre sí.

Se midieron las vibraciones mediante un acelerómetro triaxial, midiendo simultáneamente en los ejes ortogonales X, Y y Z. Se tomó como referencia el posicionado del eje X en dirección horizontal y perpendicular al trazado ferroviario

La siguiente tabla muestra la ubicación de los puntos de medida de vibraciones y las coordenadas U.T.M.:

RESUMEN PUNTOS DE MEDIDA DE VIBRACIONES							
Nº	PPKK	ID VIVIENDA	DISTANCIA A LA VIA (m)	FUTURO TRAZADO	SOLUCIÓN VIA	COORDENADAS U.T.M.	
						X	Y
1	0+340 MD	82	10,5	En superficie	Balasto	414190	4800536
2	0+700 MD	194	11,6	Túnel	Placa	414481	4800323
3	0+950 MD	294	16,5	Túnel	Placa	414742	4800290
4	1+505 MD	492	19,7	Túnel	Placa	415088	4800739

A continuación, se detallan los puntos de medida de las vibraciones realizados.

5.2.1. Punto nº1 de medida de vibraciones

Se realizaron mediciones a la altura del P.K. 0+340 Margen Derecho.

El acelerómetro triaxial se fijó a la superficie de la terraza de la vivienda (ID nº 82) mediante cera de abeja y se situó a 10,5 m del eje de la vía única.

Durante el periodo de medición la temperatura osciló entre los 15 y los 17°C, la humedad relativa fue del 70% y la velocidad del viento fue inferior de 0,1 m/s.

Las siguientes fotografías muestran la ubicación del acelerómetro empleado en las mediciones y los alrededores del punto de medición:



Acelerómetro triaxial a 10,5 m del eje



Vista de la vía del tren desde la terraza de la vivienda



Vista de la vía del tren desde la terraza de la vivienda



Vista de la vivienda desde el otro lado de la vía



Vista de la terraza de la vivienda donde se ubicó el acelerómetro

5.2.2. Punto nº 2 de medida de vibraciones

Se realizaron mediciones a la altura del P.K. 0+700 Margen Derecho.

El acelerómetro triaxial se fijó a la superficie del suelo de la planta baja, en la puerta que da acceso a la vivienda (ID nº 194) mediante cera de abeja y se situó a 11,6 m del eje de la vía única.

Durante el periodo de medición la temperatura osciló entre los 15 y los 17°C, la humedad relativa fue del 70% y la velocidad del viento fue inferior de 0,1 m/s.

Las siguientes fotografías muestran la ubicación del acelerómetro empleado en las mediciones y los alrededores del punto de medición:



Acelerómetro triaxial a 11,6 m del eje (dentro del círculo amarillo)



Vista general de la vivienda donde se ubicó el acelerómetro respecto a la línea del tren.



Paso de un tren FEVE por el punto de medición.



Vista del jardín de la vivienda y el muro de separación de la vía del tren.

5.2.3. Punto nº 3 de medida de vibraciones

Se realizaron mediciones a la altura del P. K. 0+950 Margen Derecho.

El acelerómetro triaxial se fijó a la superficie del suelo, junto a las ventanas del garaje de la vivienda (ID nº 294) mediante cera de abeja y se situó a 16,5 m del eje de la vía más próxima y a 20 m del eje de la vía más alejada.

Durante el periodo de medición la temperatura osciló entre los 10 y los 13ºC, la humedad relativa fue del 77% y la velocidad del viento fue inferior de 0,1 m/s.

Las siguientes fotografías muestran la ubicación del acelerómetro empleado en las mediciones y los alrededores del punto de medición:



Acelerómetro triaxial a 16,5 m del eje de la vía más cercano y a 20 m del eje de la vía más lejana



Detalle del acelerómetro triaxial a 16,5 m del eje (dentro del círculo amarillo)



Paso de un tren FEVE por el punto de medición, donde se pueden observar el cambio de vía.



Vista de la vivienda donde se ubicó el acelerómetro



Paso de un tren mercancías FEVE por el punto de medición.

5.2.4. Punto nº 4 de medida de vibraciones

Se realizaron mediciones a la altura del P. K. 1+505 Margen Derecho.

El acelerómetro triaxial se fijó a la superficie de la valla del parking cercano a la vivienda ID nº 492 mediante cera de abeja y se situó a 19,7 m del eje de la vía más próxima y a 23,9 m de eje de la vía más alejada.

Durante el periodo de medición la temperatura osciló entre los 10 y los 13°C, la humedad relativa fue del 77% y la velocidad del viento fue inferior de 0,1 m/s.

Las siguientes fotografías muestran la ubicación del acelerómetro empleado en las mediciones y los alrededores del punto de medición:



Acelerómetro triaxial a 19,7 m del eje de la vía más cercano y a 23,9 m del eje de la vía más lejana



Detalle del acelerómetro triaxial a 16,5 m del eje (dentro del círculo amarillo)



Vista de la vivienda más cercana al punto de medición.

5.3. RESULTADOS DE LAS MEDIDAS DE VIBRACIONES

A continuación, se muestran los resultados de los niveles de vibraciones evaluados al paso de los trenes en cada uno de los puntos de medida.

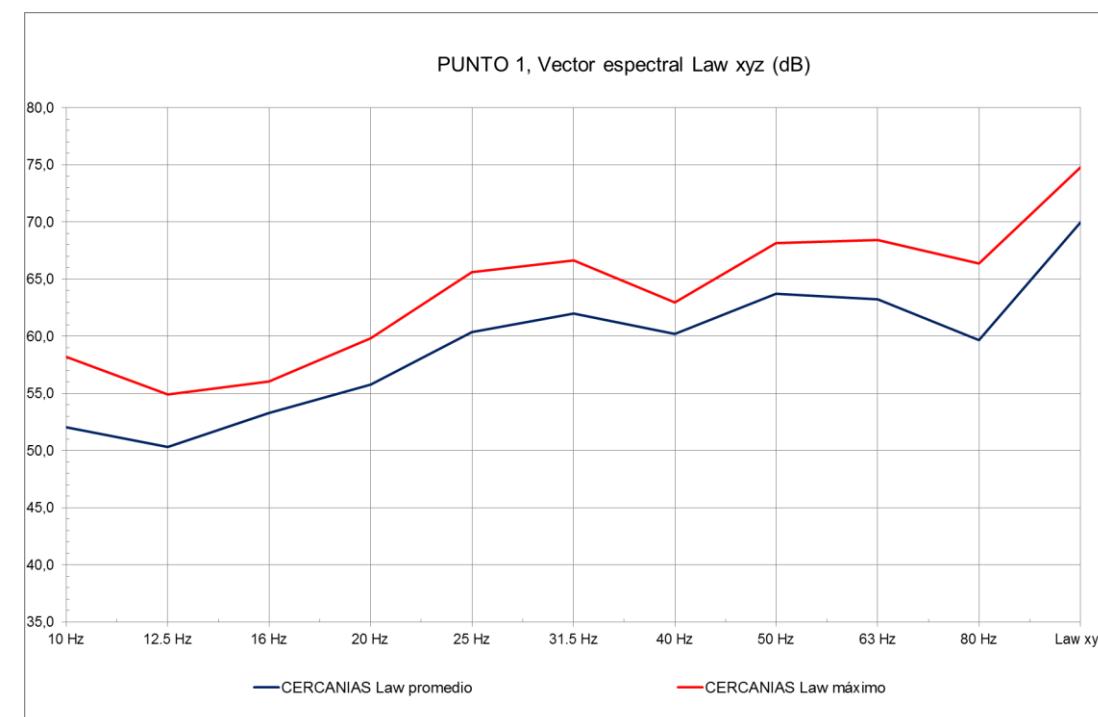
5.3.1. Punto nº1 de medida de vibraciones

Se procedió a realizar un registro temporal de los niveles de vibraciones en el dominio de la frecuencia (filtros digitales en bandas de 1/3 de octava de 1 Hz a 80 Hz), habiéndose observado el paso de 13 trenes de cercanías (FEVE), un tren Regional, un tren Transcantábrico y un tren de mercancías.

El resumen de los resultados obtenidos para el paso de los diferentes trenes se muestra en la siguiente tabla:

RESULTADO DE LAS VIBRACIONES OBTENIDAS. PUNTO N° 1. A 10,5 m DE LA VÍA					
Hora	Tipo de tren	Law X	Law Y	Law Z	Law vector
15:53:16	Cercanías	58.7	59.8	66.6	67.9
16:03:06	Cercanías	61.8	63.9	72.9	73.7
16:07:32	Cercanías	59.5	60.2	70	70.8
16:18:21	Cercanías	58	58.7	72.9	73.2
16:39:20	Regional	59.1	60.9	68.7	69.8
16:55:15	Cercanías	56.8	59.4	66.5	67.6
17:04:39	Cercanías	57.8	61.2	69.6	70.4
17:19:13	Cercanías	58.5	60.1	69.7	70.4
17:28:21	Cercanías	58.6	60.7	71	71.6
17:52:29	Transcantábrico	57.8	59.7	67	68.9
18:04:57	Cercanías	58.4	63.1	70.2	71.2
18:28:03	Cercanías	59.4	61.1	68.7	69.8
18:38:45	Mercancías	58.8	60.8	69.3	70.2
18:43:56	Cercanías	50.5	56.3	62.7	63.8
18:53:59	Cercanías	56.6	59.6	66.2	67.4
19:03:55	Cercanías	61.8	64.5	70	71.6

A continuación, se presentan los resultados gráficos de los niveles de vibración en el dominio de la frecuencia para trenes de cercanías.



6. VIBRACIONES ESPERADAS A DIFERENTES DISTANCIAS DEL EJE DEL TRAZADO

6.1. MODELO DE PREDICCIÓN DE VIBRACIONES

Para la valoración de la amplitud de vibraciones, en el dominio de la frecuencia, previsible en la base de los edificios y causadas por el paso de los trenes, se emplea el modelo de propagación de vibraciones en el terreno formulado por BARKAN, caracterizando la propagación de vibraciones según la siguiente expresión:

$$V_b = V_a \cdot (r_a/r_b)^y \cdot e^{\alpha(r_a-r_b)}$$

Dónde:

- V_b y V_a son la amplitud de vibración en los puntos situados a las distancias r_a y r_b de la fuente (eje de la vía férrea).
- y : es el coeficiente de atenuación geométrica debido a la expansión del frente de onda.
- α : es el coeficiente de atenuación del material debido a la disipación de energía en el interior del terreno.

Como se ha comprobado en las medidas experimentales, el comportamiento de la atenuación vibratoria no es uniforme en el dominio de la frecuencia y dado que en la formulación de Barkan, no se detalla el comportamiento en dicho dominio, se ha considerado la necesidad de ahondar en la hipótesis de cálculo del modelo de Barkan individualizada para cada una de las bandas de tercio de octava, donde, para cada frecuencia disponemos de dos variables que podremos ajustar, los valores de y y de α .

De estas dos variables a ajustar, se parte de la hipótesis de que la variable y , correspondiente a la expansión del frente de onda es constante para todas las frecuencias. Sin embargo, como fenómeno físico esperable, la disipación de la energía de los materiales no siempre es constante en el dominio de la frecuencia.

Por tanto, ante la constatación empírica de que la atenuación de la vibración en el dominio de la frecuencia no es constante, se procederá a ajustar el modelo a través de variaciones de los valores de la variable α correspondiente al coeficiente de atenuación del material debido a la disipación de energía en el interior del terreno.

Los valores típicos de y y α que ajustan la expresión teórica de BARKAN, basadas en los resultados de atenuación del terreno (en el dominio de la frecuencia), obtenidos durante los ensayos “*in situ*” realizados, son los presentados en la siguiente tabla:

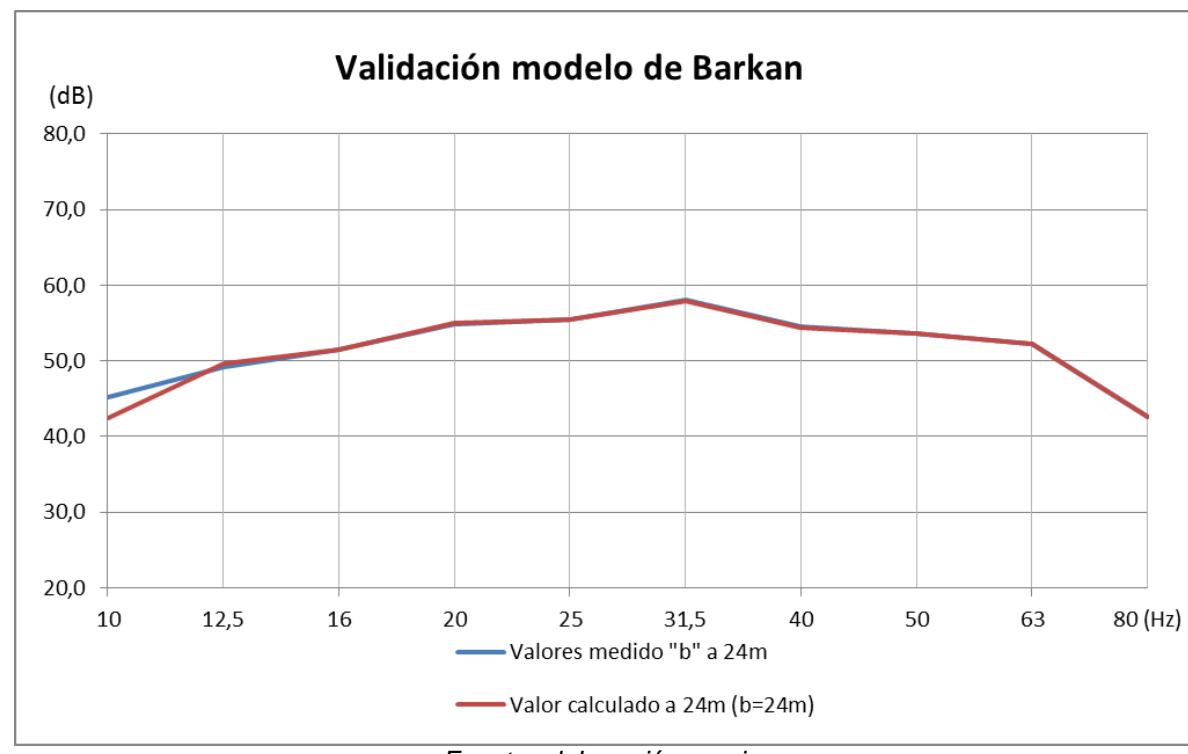
VÍA EN SUPERFICIE	VÍA EN SUPERFICIE	VÍA EN SUPERFICIE
FREC (Hz)	FREC (Hz)	FREC (Hz)
1	0,1	0,11
1,25	0,1	0,11
1,6	0,1	0,11
2	0,1	0,11
2,5	0,1	0,11
3,15	0,1	0,11
4	0,1	0,11
5	0,1	0,11
6,3	0,1	0,11
8	0,1	0,11
10	0,1	0,01
12,5	0,1	0,11
16	0,1	0,16
20	0,1	0,19
25	0,1	0,1
31,5	0,1	0,05
40	0,1	0,17
50	0,1	0,16
63	0,1	0,04
80	0,1	0,26

Fuente: elaboración propia

6.2. VALIDACIÓN DEL MODELO

El modelo propuesto se valida mediante un ejemplo de cálculo de los niveles de vibración, en el dominio de la frecuencia, calculada a partir de los valores de vibración de partida de paso de trenes.

La siguiente gráfica muestra una comparativa entre el espectro de vibración calculado por el modelo BARKAN a 24 m de distancia (gráfico con trazo en color rojo) y el espectro obtenido en el ensayo empírico evaluado a 24 m de distancia (trazo en color azul), a esta misma distancia del eje de la vía.



Fuente: elaboración propia

El trazo rojo se corresponde al espectro de vibración calculado por el método de BARKAN a 24 m de distancia de la vía (misma distancia que la del ensayo empírico) y se ha obtenido tomando como espectro de referencia el valor espectral medido a 20 m de distancia.

Si comparamos el espectro de vibración calculado por el modelo de BARKAN con los resultados empíricos, se observa que existe una cierta similitud entre ambos espectros, considerando válido el modelo utilizado.

Asimismo, se observa que los niveles de vibración obtenidos al paso de diferentes tipos de tren, mercancías, cercanías, regional, son muy similares y por tanto no se

realiza una discriminación o análisis por separado entre las diferentes tipologías de tren.

6.2.1. Vibraciones esperadas en el interior de los edificios

Una vez obtenida, mediante el modelo de Barkan, la atenuación de las vibraciones en función de la distancia al eje de vía y de su tipología, para cada banda de tercio de octava, se calcula el índice global previsto de la vibración Law conforme a las definiciones recogidas en el *Real Decreto 1367/2007* que desarrolla la *Ley del Ruido*.

La siguiente tabla muestra los resultados de la previsión de los niveles de vibraciones, índice La_w , en el interior de los edificios, al paso de trenes, válido para todas las tipologías de tren, para el trazado proyectado, en función de la distancia al eje del trazado ferroviario más próximo al edificio. Marcado en amarillo se resaltan las superaciones del *Real Decreto 1367/2007* para el máximo de velocidad actual:

Niveles de vibraciones, La_w , esperados en los edificios en función de la distancia y según tipología de vía a velocidad menor de 40 km/h		
Distancia eje vía-edificio (m)	Vibraciones vía en balasto (dB)	Vibraciones vía en Túnel (vía en placa) (dB)
5	75	77
6	74	76
7	73	75
8	73	75
9	72	74
10	71	73
11	71	73
12	70	72
13	70	72
14	70	72
15	69	71
16	69	71

Distancia eje vía-edificio (m)	Vibraciones vía en balasto (dB)	Vibraciones vía en Túnel (vía en placa) (dB)
17	68	70
18	68	70
19	68	70
20	67	69
21	67	69
22	67	69
23	67	69
24	66	68
25	66	68
26	66	68
27	66	68
28	66	68
30	65	67
35	64	66
40	64	66
45	63	65
50	63	65
55	62	64
60	62	64
65	61	63
70	61	63

La siguiente tabla muestra los resultados de la previsión de los niveles de vibraciones, índice La_w , en el interior de los edificios, al paso de trenes, para el futuro escenario proyectado, válido para:

- todas las tipologías de tren.
- tipologías de vía en placa o balasto.
- velocidades máximas de circulación de trenes, para el trazado proyectado: menores de 40Km/h, 80Km/h y 100Km/h.

Todo ello en función de la distancia al eje del trazado ferroviario más próximo al edificio. Marcado en amarillo se resaltan las superaciones del *Real Decreto 1367/2007*.

Distancia eje vía-edificio (m)	Vibraciones vía en balasto (dB) ≤ 40 Km/h	Vibraciones vía en Túnel (vía en placa) (dB) ≤ 40 Km/h	Vibraciones vía en balasto (dB) 80 Km/h	Vibraciones vía en Túnel (vía en placa) (dB) 80 Km/h	Vibraciones vía en balasto (dB) 100 Km/h	Vibraciones vía en Túnel (vía en placa) (dB) 100 Km/h
5	75	77	77	79	78	80
6	74	76	76	78	77	80
7	73	75	75	77	76	79
8	73	75	75	77	76	79
9	72	74	74	76	75	78
10	71	73	73	75	74	77
11	71	73	73	75	74	77
12	70	72	72	74	73	76
13	70	72	72	74	73	76
14	70	72	72	74	73	76
15	69	71	71	73	72	75
16	69	71	71	73	72	75
17	68	70	70	72	71	74
18	68	70	70	72	71	74
19	68	70	70	72	71	74
20	67	69	69	71	70	73
21	67	69	69	71	70	73
22	67	69	69	71	70	73
23	67	69	69	71	70	73
24	66	68	68	70	69	72
25	66	68	68	70	69	72
26	66	68	68	70	69	72
27	66	68	68	70	69	72
28	66	68	68	70	69	72
30	65	67	67	69	68	71
35	64	66	66	68	67	70
40	64	66	66	68	67	70

Distancia eje vía-edificio (m)	Vibraciones vía en balasto (dB) ≤ 40 Km/h	Vibraciones vía en Túnel (vía en placa) (dB) ≤ 40 Km/h	Vibraciones vía en balasto (dB) 80 Km/h	Vibraciones vía en Túnel (vía en placa) (dB) 80 Km/h	Vibraciones vía en balasto (dB) 100 Km/h	Vibraciones vía en Túnel (vía en placa) (dB) 100 Km/h
45	63	65	65	67	66	69
50	63	65	65	67	66	69
55	62	64	64	66	65	68
60	62	64	64	66	65	68
65	61	63	63	65	64	67
70	61	63	63	65	64	67

Fuente: elaboración propia

En la siguiente tabla se muestran las distancias entre vía y edificio para las cuales se superan los valores máximos autorizados de vibraciones Law (dB) en el interior de los edificios en función de la tipología de los mismos:

Tipología de edificios	Distancia a vía en balasto (dB) ≤ 40 Km/h	Distancia a vía en Túnel (vía en placa) (dB) ≤ 40 Km/h	Distancia a vía en balasto (dB) 80 Km/h	Distancia a vía en Túnel (vía en placa) (dB) 80 Km/h	Vibraciones vía en balasto (dB) 100 Km/h	Distancia a vía en Túnel (vía en placa) (dB) 100 Km/h
Residencial	5m	7m	7m	10m	9m	15m
Educativo Cultural Hospitalario	9m	12m	12m	17m	15m	24m

Fuente: elaboración propia

7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Tras el estudio del escenario vibratorio, y conociendo la distancia más corta existente entre el eje de vía del trazado ferroviario y los edificios colindantes, se identifica su posible afectación.

La siguiente tabla se muestra los valores límite de inmisión de vibraciones, en dB, originados por la infraestructura durante toda su vida útil, expuestos en el *Real Decreto 1367/2007*.

OBJETIVOS DE CALIDAD ACÚSTICA PARA VIBRACIONES REAL DECRETO 1367/2007	
USO DEL EDIFICIO	ÍNDICE DE VIBRACIÓN La_w
Vivienda o uso residencial	75
Hospitalario	72
Educativo o cultural	72

En el periodo nocturno no se permite ningún exceso del nivel de vibraciones, salvo para el uso educativo para el que se supone que no presenta actividad durante el periodo nocturno, y en este caso hay circulación nocturna de cercanías, de larga distancia y de mercancías, por lo que en cuanto exista una superación de los niveles de La_w habría que proponer medidas correctoras. En ningún caso se permiten excesos superiores a 5 dB. Por otro lado, el conjunto de superaciones no debe ser mayor de 9. A estos efectos cada evento cuyo exceso no supere los 3 dB será contabilizado como 1 y si los supera como 3.

A la hora de calcular la afección por vibraciones en los edificios sensibles más cercanos al trazado se contempla la circulación ferroviaria en el periodo nocturno y, como ya se ha explicado, en este periodo no se permite ningún exceso del nivel de vibraciones, salvo para el uso educativo (que se supone no tiene actividad en

este periodo). Esto quiere decir que basta que circule un único tren en periodo nocturno para que sobrepasen los niveles de inmisión de vibraciones calculados en los edificios, y por tanto para que haya que aplicar medidas correctoras.

7.1. SOTERRAMIENTO

Al tratarse de un soterramiento, hay que tener en cuenta la distancia real de los edificios al túnel, para ello se ha de calcular la distancia efectiva entre la fuente de vibraciones y el eje estudiado. La siguiente tabla muestra los edificios sensibles que podrían verse afectados por ser de uso residencial, docente o cultural y encontrarse a una distancia efectiva de menos de 70 metros.

ID	USO	ESTADO	NºPLANTAS	MARGEN	DISTANCIA	PPKK	TRAZADO
6	Residencial	En Uso	4	D	69,3	0+080	En superficie
8	Residencial	En Uso	4	D	46,9	0+090	En superficie
10	Residencial	En Uso	4	D	24,8	0+110	En superficie
17	Residencial	En Uso	4	D	30,4	0+140	En superficie
26	Residencial	En Uso	3	I	55,1	0+170	En superficie
38	Residencial	En Uso	3	I	61	0+200	En superficie
48	Residencial	En Uso	2	I	32,5	0+240	En superficie
54	Residencial	En Uso	3	D	13,4	0+270	En superficie
56	Residencial	En Uso	2	I	19,7	0+270	En superficie
60	Residencial	En Uso	2	I	25	0+280	En superficie
66	Residencial	En Uso	1	I	27,9	0+300	En superficie
71	Residencial	En Uso	1	I	29,8	0+310	En superficie

ID	USO	ESTADO	NºPLANTAS	MARGEN	DISTANCIA	PPKK	TRAZADO
74	Residencial	En Uso	3	D	19,9	0+320	En superficie
75	Residencial	En Uso	2	I	29	0+330	En superficie
76	Residencial	En Uso	1	D	43,6	0+330	En superficie
77	Residencial	En Uso	1	D	52,9	0+330	En superficie
78	Residencial	En Uso	2	D	58,4	0+330	En superficie
82	Residencial	En Uso	2	D	10,5	0+340	En superficie
83	Residencial	En Uso	5	I	52,8	0+340	En superficie
84	Residencial	En Uso	2	D	58,3	0+340	En superficie
87	Residencial	En Uso	3	I	20,5	0+350	En superficie
90	Residencial	En Uso	4	D	24,6	0+370	Entre muros
91	Residencial	En Uso	3	D	54,3	0+370	Entre muros
97	Residencial	En Uso	1	I	39,3	0+390	Entre muros
98	Residencial	En Uso	1	I	51,9	0+390	Entre muros
105	Residencial	En Uso	1	I	64,1	0+410	Entre muros
136	Residencial	En Uso	2	I	22	0+510	Entre muros
137	Residencial	En Uso	1	I	42,2	0+510	Entre muros
151	Residencial	En Uso	2	I	11,8	0+560	Entre muros
155	Residencial	En Uso	2	I	16,6	0+570	Entre muros
159	Residencial	En Uso	2	I	18	0+580	Entre muros
194	Residencial	En Uso	2	D	16,1	0+700	Túnel
209	Residencial	En Uso	2	D	26,5	0+740	Túnel
215	Residencial	En Uso	6	D	45,7	0+760	Túnel
216	Residencial	En Uso	6	D	65	0+760	Túnel
218	Residencial	En Uso	5	D	30,1	0+770	Túnel
221	Residencial	En Uso	6	D	30,4	0+790	Túnel
229	Residencial	En Uso	6	D	42,4	0+810	Túnel

ID	USO	ESTADO	NºPLANTAS	MARGEN	DISTANCIA	PPKK	TRAZADO
264	Residencial	En Uso	6	D	65,2	0+880	Túnel
270	Residencial	En Uso	1	D	46,6	0+890	Túnel
273	Residencial	En Uso	4	D	43,1	0+900	Túnel
274	Residencial	En Uso	4	D	68,9	0+900	Túnel
280	Residencial	En Uso	6	D	48,4	0+910	Túnel
294	Residencial	En Uso	6	D	43,5	0+930	Túnel
311	Residencial	En Uso	1	I	56,1	0+960	Túnel
312	Residencial	En Uso	1	I	66,8	0+960	Túnel
315	Residencial	En Uso	1	I	57,1	0+970	Túnel
316	Residencial	En Uso	9	D	69,1	0+970	Túnel
334	Residencial	En Uso	5	I	21,9	1+010	Túnel
336	Residencial	En Uso	2	I	57,4	1+010	Túnel
341	Residencial	En Uso	5	I	21,7	1+020	Túnel
355	Residencial	En Uso	3	I	59,9	1+050	Túnel
367	Residencial	En Uso	3	I	64,5	1+090	Túnel
390	Residencial	En Uso	5	D	65,7	1+140	Túnel
423	Residencial	En Uso	7	D	43,4	1+210	Entre muros
428	Residencial	En Uso	6	D	41,7	1+230	Entre muros
447	Residencial	En Uso	6	D	37,6	1+300	Entre muros
454	Residencial	En Uso	8	D	25,3	1+330	Entre muros
462	Residencial	En Uso	8	D	22,8	1+350	Entre muros
469	Residencial	En Uso	5	D	22,1	1+380	Entre muros
471	Residencial	En Uso	5	D	22,1	1+390	Entre muros
477	Residencial	En Uso	6	D	56,2	1+420	Entre muros
480	Residencial	En Uso	7	D	21,5	1+430	Entre muros
485	Residencial	En Uso	4	D	44,1	1+450	Entre muros

ID	USO	ESTADO	NºPLANTAS	MARGEN	DISTANCIA	PPKK	TRAZADO
490	Residencial	En Uso	4	D	63,8	1+460	Entre muros
492	Residencial	En Uso	6	D	23,2	1+470	Entre muros
542	Residencial	En Uso	6	D	65,2	1+680	En superficie

Fuente: elaboración propia

Por otro lado, se tendrá en consideración las velocidades de paso tramificadas, conforme al siguiente detalle:

Velocidades por tramos		
VELOCIDADES (Km/h)	PK inicio	PK final
100	0+000	0+300
80	0+300	0+620
40	0+620	0+700
25	0+700	0+950
10	0+950	1+000
10	1+000	1+050
25	1+050	1+300
40	1+300	1+370
80	1+370	1+700
100	1+700	1+800

Fuente: Dirección de EI

7.2. VARIANTE

La siguiente tabla muestra los edificios del inventario que han sido estudiados para comprobar la inmisión de vibraciones producidas por las fuentes, y que pueden ser receptores potencialmente perjudicados a causa de dicha inmisión vibratoria.

ID	USO	ESTADO	PPKK	MARGEN	NºPLANTAS	DISTANCIA (m)
10	Residencial	Uso	0+100	D	4	57,8
41	Residencial	Uso	0+400	D	3	55,7
550	Residencial	Uso	0+900	D	1	50,8
551	Residencial	Uso	0+900	D	1	47,7
554	Residencial	Uso	0+900	D	1	42
555	Residencial	Uso	0+800	D	1	39,6
606	Residencial	Uso	0+400	D	3	51,7

Por otro lado, se tendrá en consideración las velocidades de paso tramificadas. Para el caso de la variante, se ha tenido en cuenta que las velocidades máximas adoptadas en el estudio no superan los 25Km/h.

8. NIVELES PREVISIBLES

Las siguientes tablas muestran los valores de inmisión de vibraciones calculados en este estudio para cada edificio afectado, considerando la velocidad de paso de trenes y tipología de vía (placa o balasto) para su comparación con los valores límite permitidos por la legislación.

Valores de vibraciones calculados y límites en SOTERRAMIENTO								
ID	USO	PPKK	MARGEN	NºPLANTAS	DISTANCIA (m)	TRAZADO/TIPOLOGÍA	Law Calculado (dB)	Límite Law (dB)
6	Residencial	0+080	D	4	69	En superficie/Balasto	64	75
10	Residencial	0+110	D	4	25	En superficie/Balasto	69	75
17	Residencial	0+140	D	4	30	En superficie/Balasto	68	75
26	Residencial	0+170	I	3	55	En superficie/Balasto	65	75
38	Residencial	0+200	I	3	61	En superficie/Balasto	65	75
48	Residencial	0+240	I	2	32	En superficie/Balasto	68	75
54	Residencial	0+270	D	3	13	En superficie/Balasto	73	75
66	Residencial	0+300	I	1	28	En superficie/Balasto	69	75
71	Residencial	0+310	I	1	30	En superficie/Balasto	67	75
74	Residencial	0+320	D	3	20	En superficie/Balasto	69	75
76	Residencial	0+330	D	1	44	En superficie/Balasto	65	75
77	Residencial	0+330	D	1	53	En superficie/Balasto	64	75
78	Residencial	0+330	D	2	58	En superficie/Balasto	64	75
84	Residencial	0+340	D	2	58	En superficie/Balasto	64	75
87	Residencial	0+350	I	3	21	En superficie/Balasto	69	75
98	Residencial	0+390	I	1	52	Entre muros/Placa	66	75
105	Residencial	0+410	I	1	64	Entre muros/Placa	65	75
137	Residencial	0+510	I	1	42	Entre muros/Placa	68	75
155	Residencial	0+570	I	2	17	Entre muros/Placa	72	75
159	Residencial	0+580	I	2	18	Entre muros/Placa	72	75

Valores de vibraciones calculados y límites en SOTERRAMIENTO								
ID	USO	PPKK	MARGEN	NºPLANTAS	DISTANCIA (m)	TRAZADO/TIPOLOGÍA	Law Calculado (dB)	Límite Law (dB)
194	Residencial	0+700	D	2	16	Túnel/Placa	70	75
215	Residencial	0+760	D	6	46	Túnel/Placa	65	75
216	Residencial	0+760	D	6	65	Túnel/Placa	63	75
218	Residencial	0+770	D	5	30	Túnel/Placa	67	75
221	Residencial	0+790	D	6	30	Túnel/Placa	67	75
229	Residencial	0+810	D	6	42	Túnel/Placa	65	75
270	Residencial	0+890	D	1	47	Túnel/Placa	65	75
273	Residencial	0+900	D	4	43	Túnel/Placa	65	75
274	Residencial	0+900	D	4	69	Túnel/Placa	63	75
280	Residencial	0+910	D	6	48	Túnel/Placa	65	75
294	Residencial	0+930	D	6	43	Túnel/Placa	65	75
311	Residencial	0+960	I	1	56	Túnel/Placa	64	75
312	Residencial	0+960	I	1	67	Túnel/Placa	63	75
315	Residencial	0+970	I	1	57	Túnel/Placa	64	75
316	Residencial	0+970	D	9	69	Túnel/Placa	63	75
336	Residencial	1+010	I	2	57	Túnel/Placa	64	75
367	Residencial	1+090	I	3	64	Túnel/Placa	63	75
378	Sanitario	1+120	I	1	69	Túnel/Placa	63	72
428	Residencial	1+230	D	6	42	Entre muros/Placa	65	75
480	Residencial	1+430	D	7	21	Entre muros/Placa	71	75
485	Residencial	1+450	D	4	44	Entre muros/Placa	67	75
542	Residencial	1+680	D	6	65	En superficie/Balasto	63	75

Valores de vibraciones calculados y límites en VARIANTES								
ID	USO	PPKK	MARGEN	NºPLANTAS	DISTANCIA (m)	TRAZADO/TIPOLOGÍA	Law Calculado (dB)	Límite Law (dB)
10	Residencial	0+100	D	4	57,8	En superficie	71,7	75
41	Residencial	0+400	D	3	55,7	En superficie	71,7	75
550	Residencial	0+900	D	1	50,8	En superficie	74	75
551	Residencial	0+900	D	1	47,7	En superficie	74	75
554	Residencial	0+900	D	1	42	En superficie	74	75
555	Residencial	0+800	D	1	39,6	En superficie	74	75
606	Residencial	0+400	D	3	51,7	En superficie	71,7	75

En la tabla anterior no se localizan edificios donde se superen los niveles de vibración Law según la legislación vigente, encontrándose los niveles de inmisión de vibraciones previsibles por debajo de los niveles máximos permitidos según la tipología del edificio.

9. MEDIDAS CORRECTORAS

De las previsiones realizadas y el análisis de los resultados de vibración obtenidos se desprende que, debido a la circulación de trenes en la zona de estudio, es previsible que no exista superación de los niveles de vibraciones en los edificios descritos en el apartado anterior por lo que no se considera necesario acometer medidas correctoras.

Por otro lado, se observa que los aparatos de vía, actualmente instalados, en su interacción con las ruedas de cada tren producen fuertes niveles de vibración, debido, probablemente, a la discontinuidad del carril. Los valores de amplitud de vibraciones Law, que se pueden alcanzar en el interior de los edificios residenciales, educativos o culturales, más próximos a estos, son impredecibles, pues depende de una serie de factores no controlados. Esto es aplicable tanto al tramo de soterramiento como al tramo que corresponde a la variante.

Es por ello que, en la ejecución de las actuaciones a desarrollar, y en la medida de lo posible, se preste especial atención a la ubicación de los aparatos de vía, procurando que se encuentren en las zonas más alejadas de las edificaciones residenciales más próximas al trazado ferroviario. Asimismo, será necesario, durante la explotación de la infraestructura, mantener los aparatos de vía en condiciones óptimas de operatividad minimizando la amplitud de la discontinuidad del carril, entre otras actuaciones.

10. CONCLUSIONES

De las previsiones realizadas y el análisis de los resultados de vibración obtenidos se desprende que, debido a la circulación de trenes en la zona de estudio, es previsible que no exista superación de los niveles de vibraciones indicados en el *Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas*, en los edificios descritos en el apartado anterior por lo que no se considera necesario acometer medidas correctoras.

Por otro lado, se observa que los aparatos de vía, actualmente instalados, en su interacción con las ruedas de cada tren producen fuertes niveles de vibración, debido a la discontinuidad del carril.

Es por ello que, en la medida de lo posible, se preste especial atención a la ubicación de los aparatos de vía, procurando que se encuentren en las zonas más alejadas de las edificaciones residenciales más próximas al trazado ferroviario.

Asimismo, será necesario, mantener los aparatos de vía en condiciones óptimas de operatividad, minimizando la amplitud de la discontinuidad del carril, entre otras actuaciones.

Planos

ÍNDICE DE PLANOS

Nº Plano	Nombre
AP4.1	Ámbito de estudio
AP4.2	Inventario de edificaciones
AP4.3	Ubicación de los puntos de medida



SECRETARÍA DE ESTADO DE
INFRAESTRUCTURAS, TRANSPORTE
Y VIVIENDA
SECRETARÍA GENERAL DE
INFRAESTRUCTURAS

TÍTULO PROYECTO:

ESTUDIO INFORMATIVO DEL SOTERRAMIENTO DEL FERROCARRIL
EN TORRELAVEGA
DOCUMENTO Nº4. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

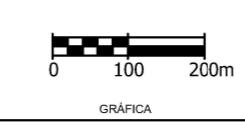
AUTOR DEL ESTUDIO:

D. ALBERTO JAVIER GONZÁLEZ SAN JOSÉ



ESCALA ORIGINAL A3

1:10.000



FECHA:

JUNIO
2019

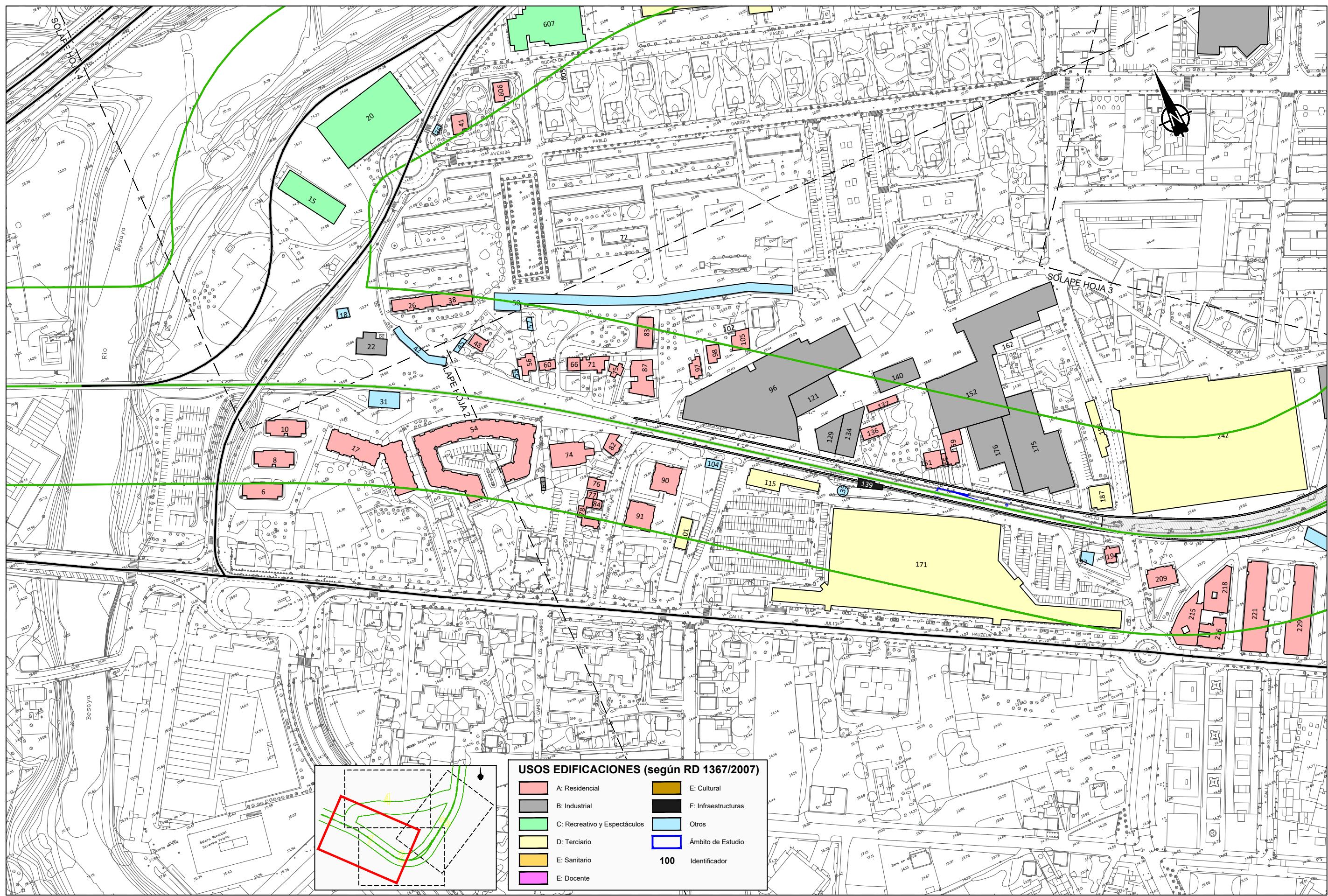
Nº DE PLANO:

AP4.1.

TÍTULO DE PLANO:

ÁMBITO DE ESTUDIO

Nº DE HOJA:
HOJA 1 DE 1



SERVICIO DE ESTADO DE
INFRAESTRUCTURAS, TRANSPORTE
Y VIVIENDA
SECRETARÍA GENERAL DE
INFRAESTRUCTURAS

TÍTULO PROYECTO:
ESTUDIO INFORMATIVO DEL SOTERRAMIENTO DEL FERROCARRIL
EN TORRELAVEGA
DOCUMENTO N°4. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

AUTOR DEL ESTUDIO:
D. ALBERTO JAVIER GONZÁLEZ SAN JOSÉ



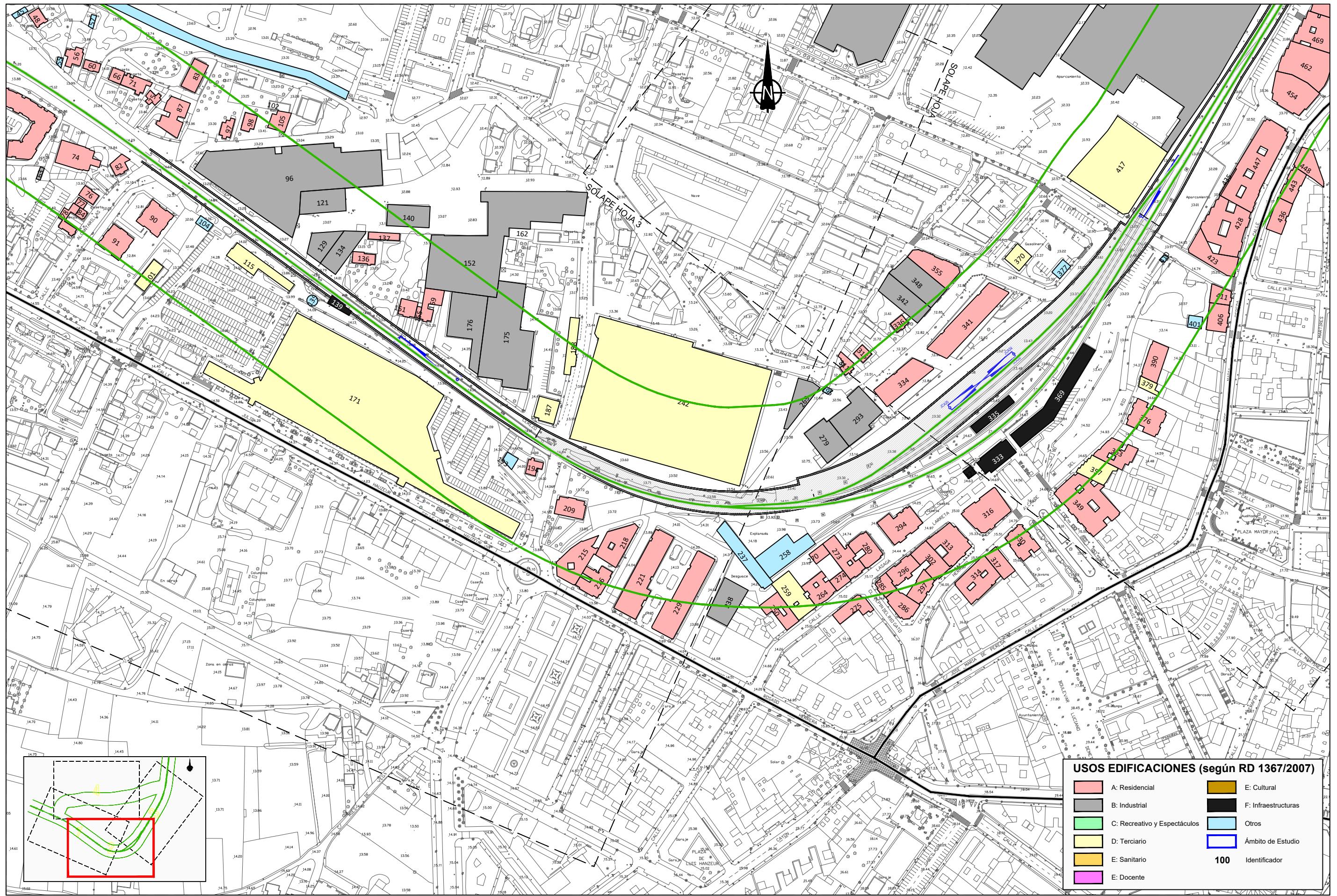
ESCALA ORIGINAL A3
1:2.500
NUMÉRICA

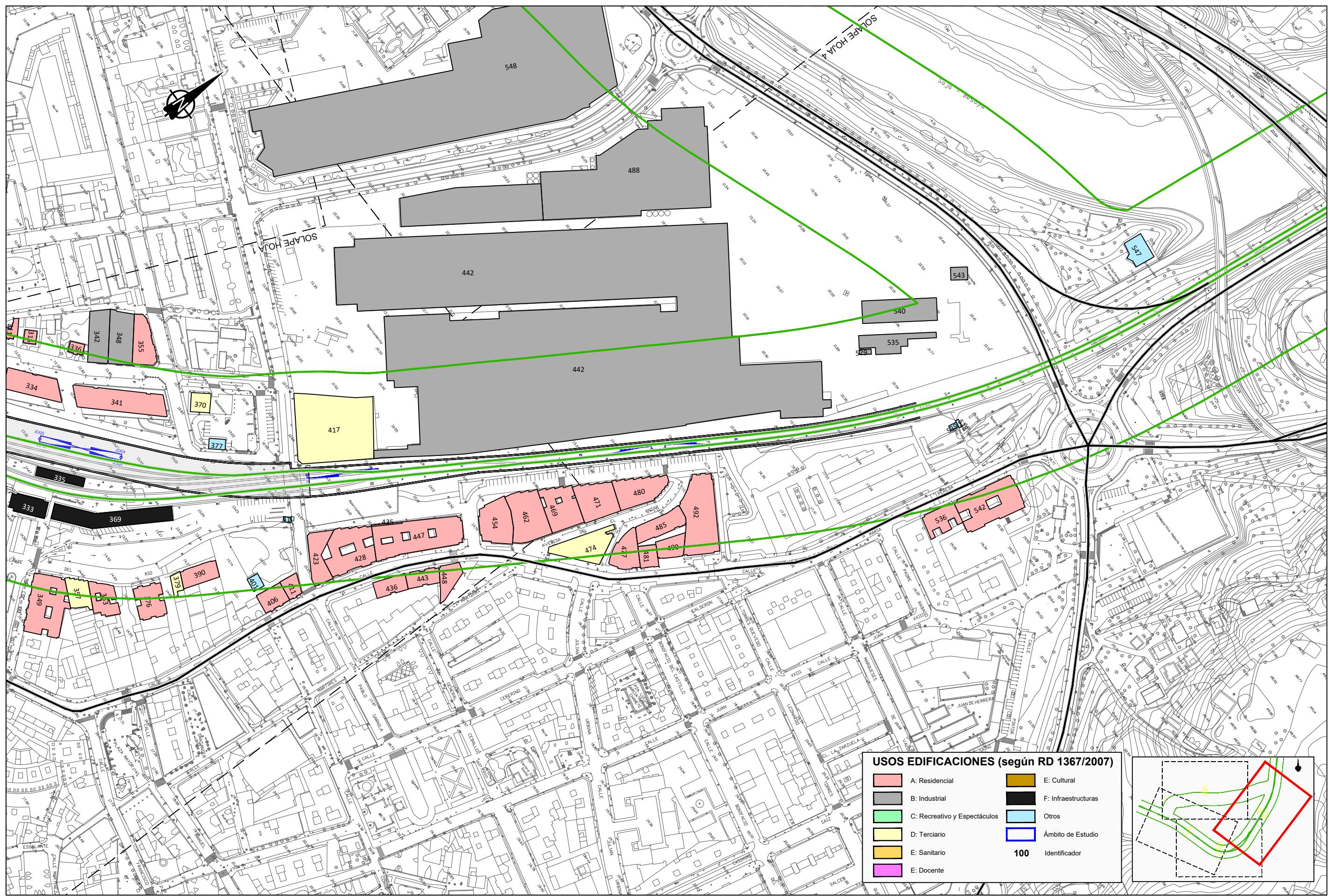
0 25 50m
GRÁFICA

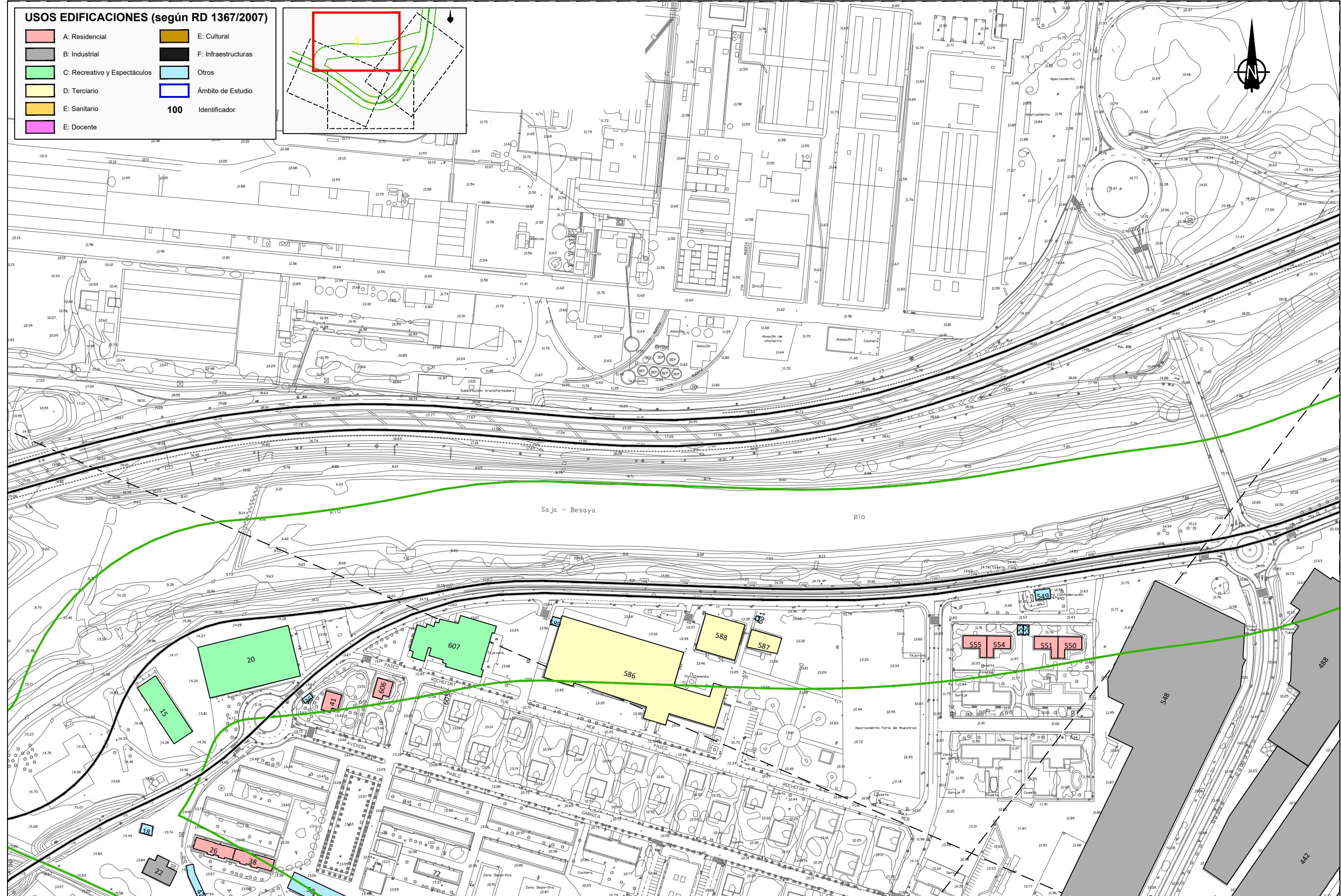
FECHA:
JUNIO
2019

Nº DE PLANO:
AP4.2
Nº DE HOJA:
HOJA 1 DE 4

TÍTULO DE PLANO:
ESTUDIO DE RUIDO
INVENTARIO DE EDIFICACIONES







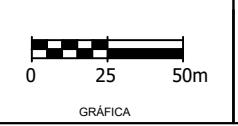
SERVICIO DE ESTADO DE
INFRAESTRUCTURAS, TRANSPORTE
Y VIVIENDA
SECRETARÍA GENERAL DE
INFRAESTRUCTURAS

TÍTULO PROYECTO:
ESTUDIO INFORMATIVO DEL SOTERRAMIENTO DEL FERROCARRIL
EN TORRELAVEGA
DOCUMENTO N°4. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

AUTOR DEL ESTUDIO:
D. ALBERTO JAVIER GONZÁLEZ SAN JOSÉ



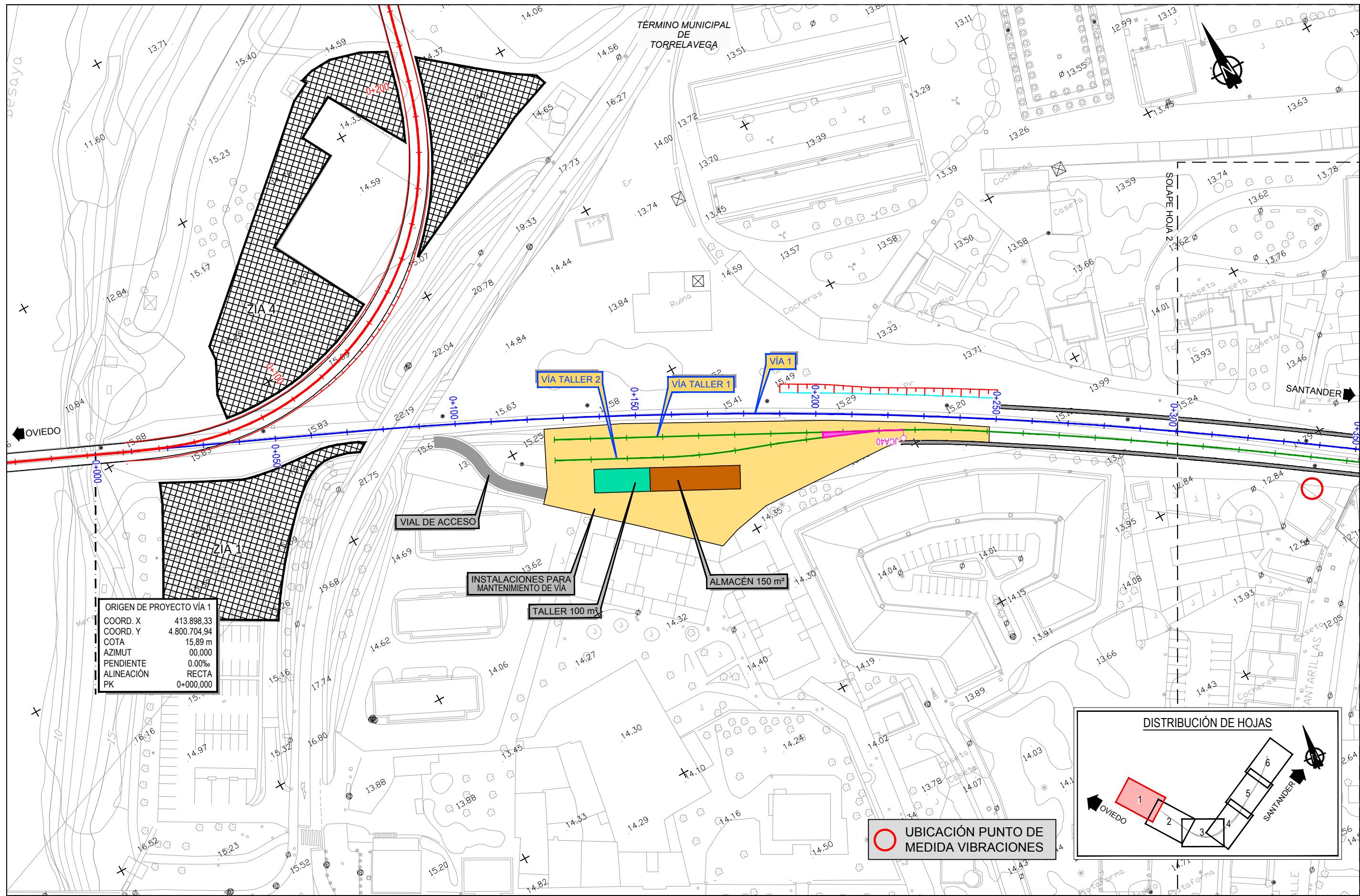
ESCALA ORIGINAL A3
1:2.500
NUMÉRICA

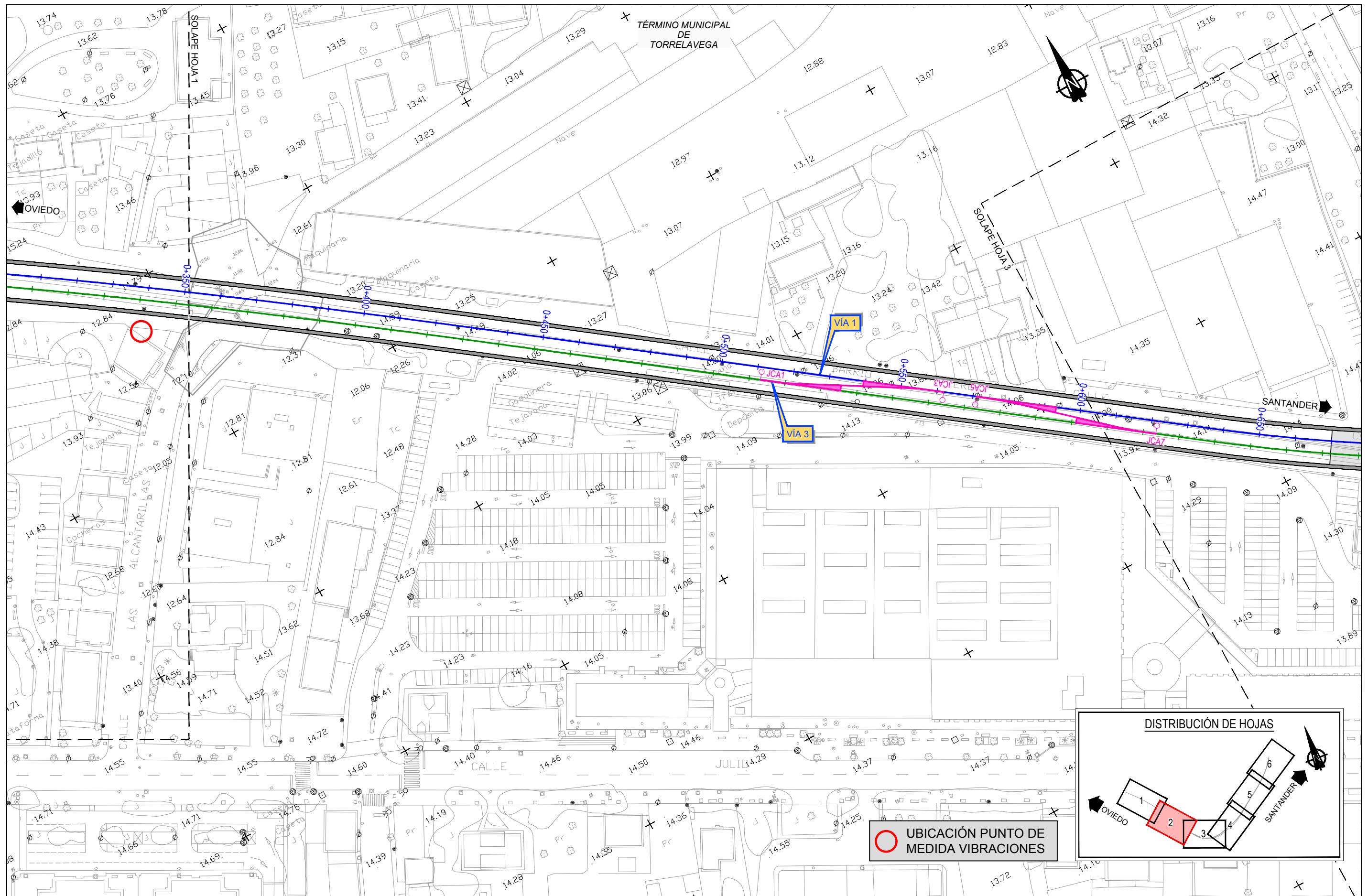


FECHA:
JUNIO
2019

Nº DE PLANO:
AP3.2
Nº DE HOJA:
HOJA 4 DE 4

TÍTULO DE PLANO:
ESTUDIO DE RUIDO
INVENTARIO DE EDIFICACIONES





SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS, TRANSPORTE Y VIVIENDA
SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS

TÍTULO PROYECTO:
ESTUDIO INFORMATIVO DEL SOTERRAMIENTO DEL
FERROCARRIL EN TORRELAVEGA
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

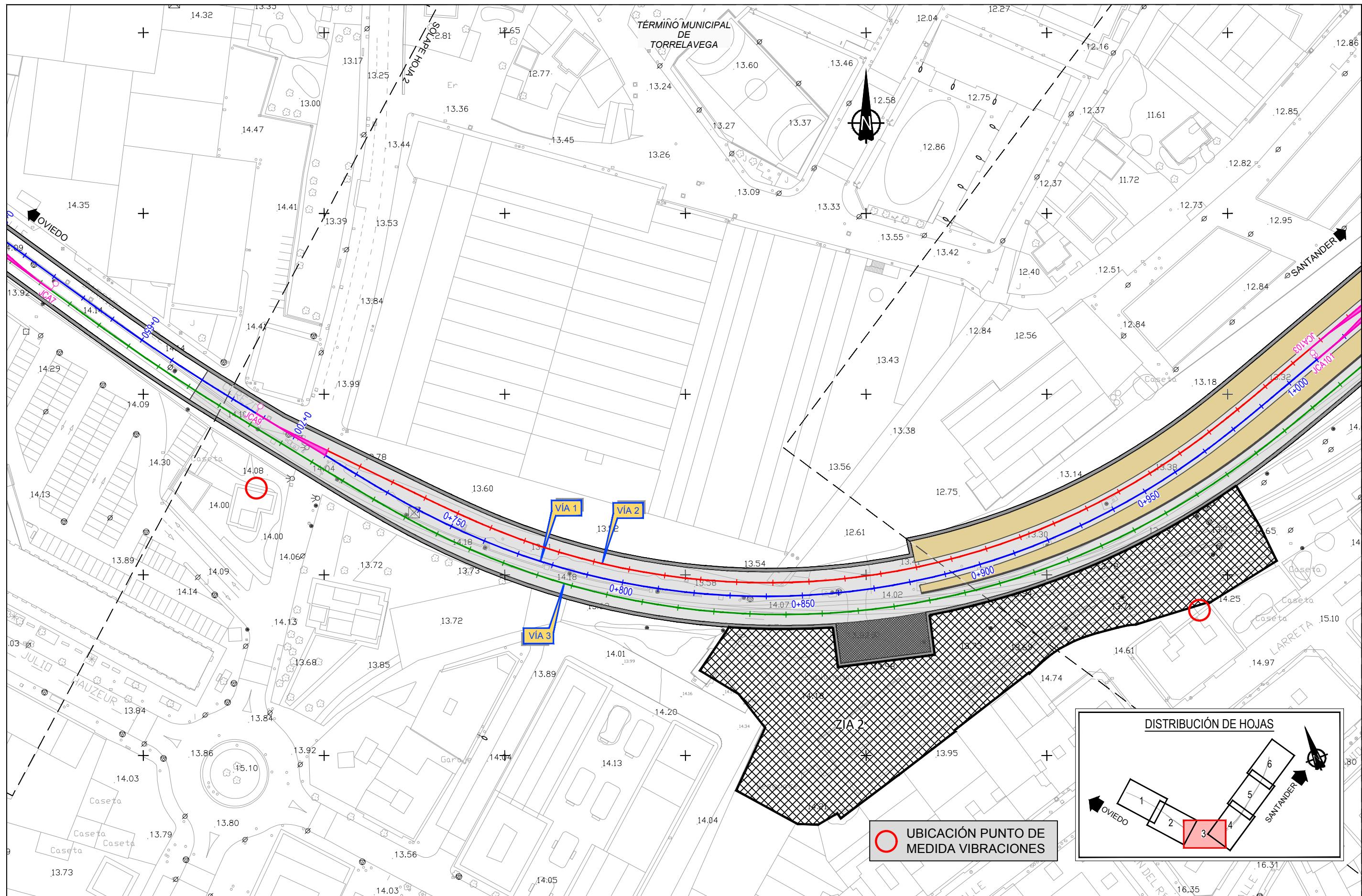
AUTOR DEL ESTUDIO:
Dª. CARMEN TOGORES TORRES

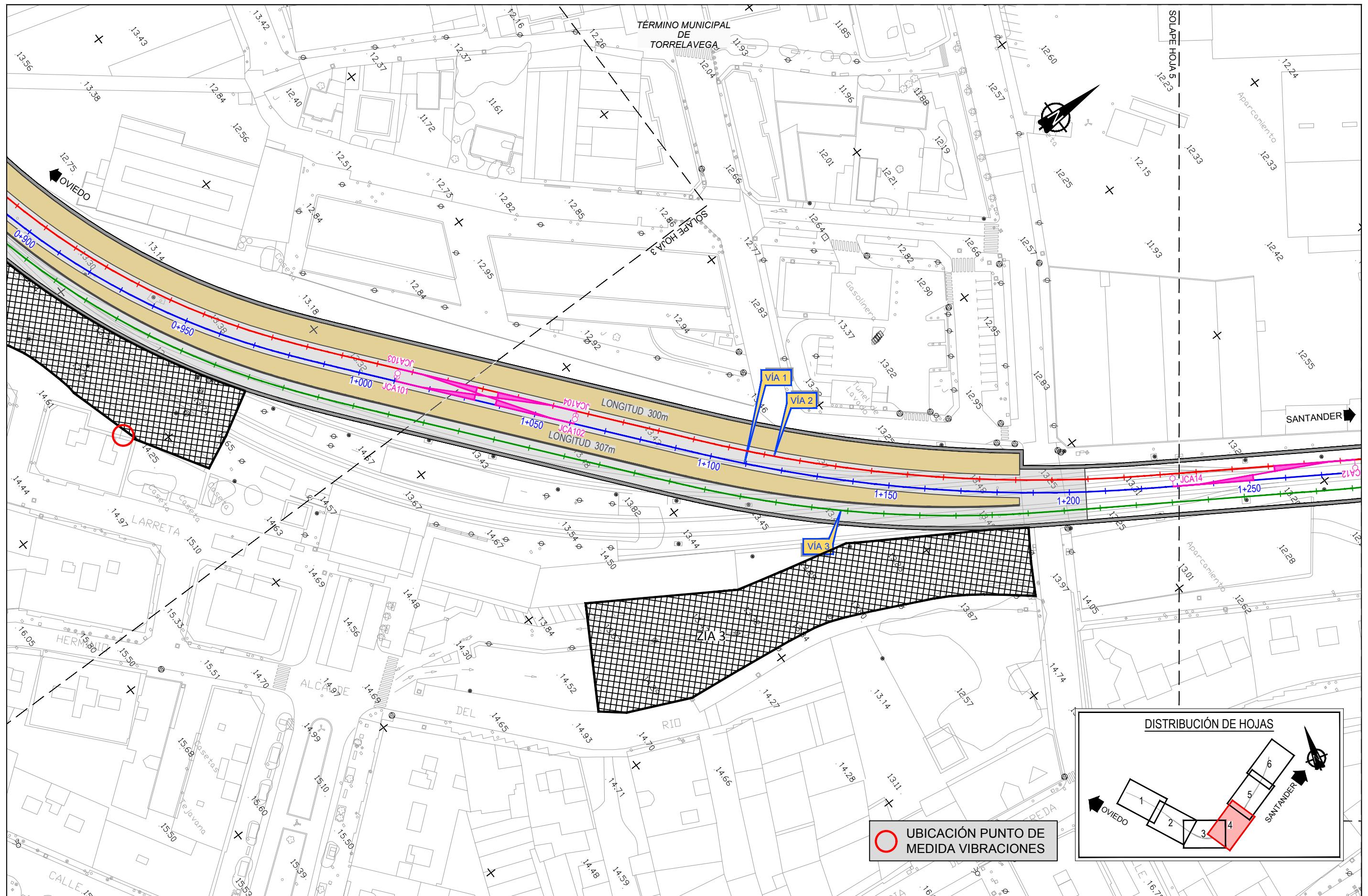


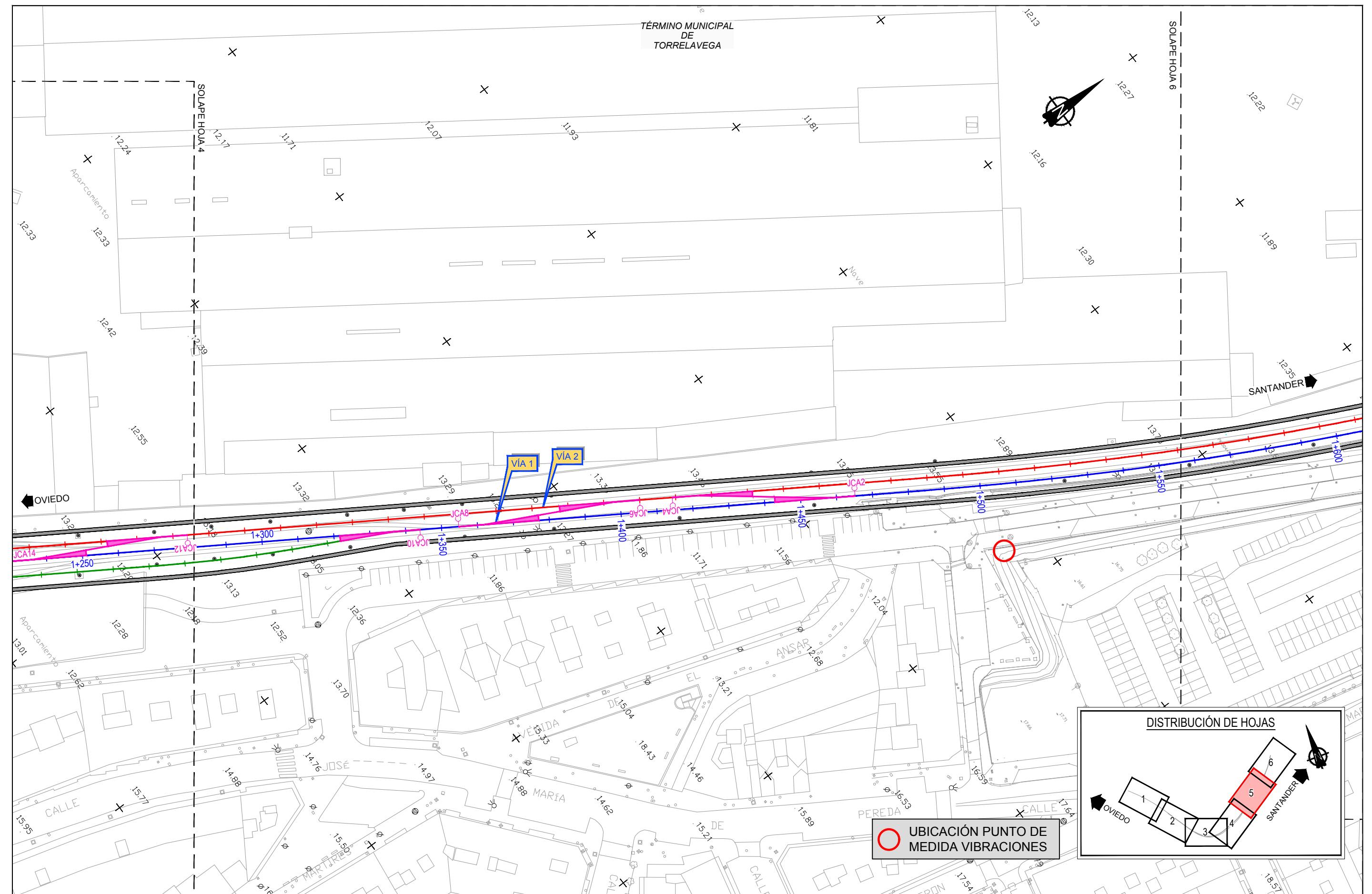
ESCALA ORIGINAL A3
1:1.000
NUMÉRICA GRÁFICA

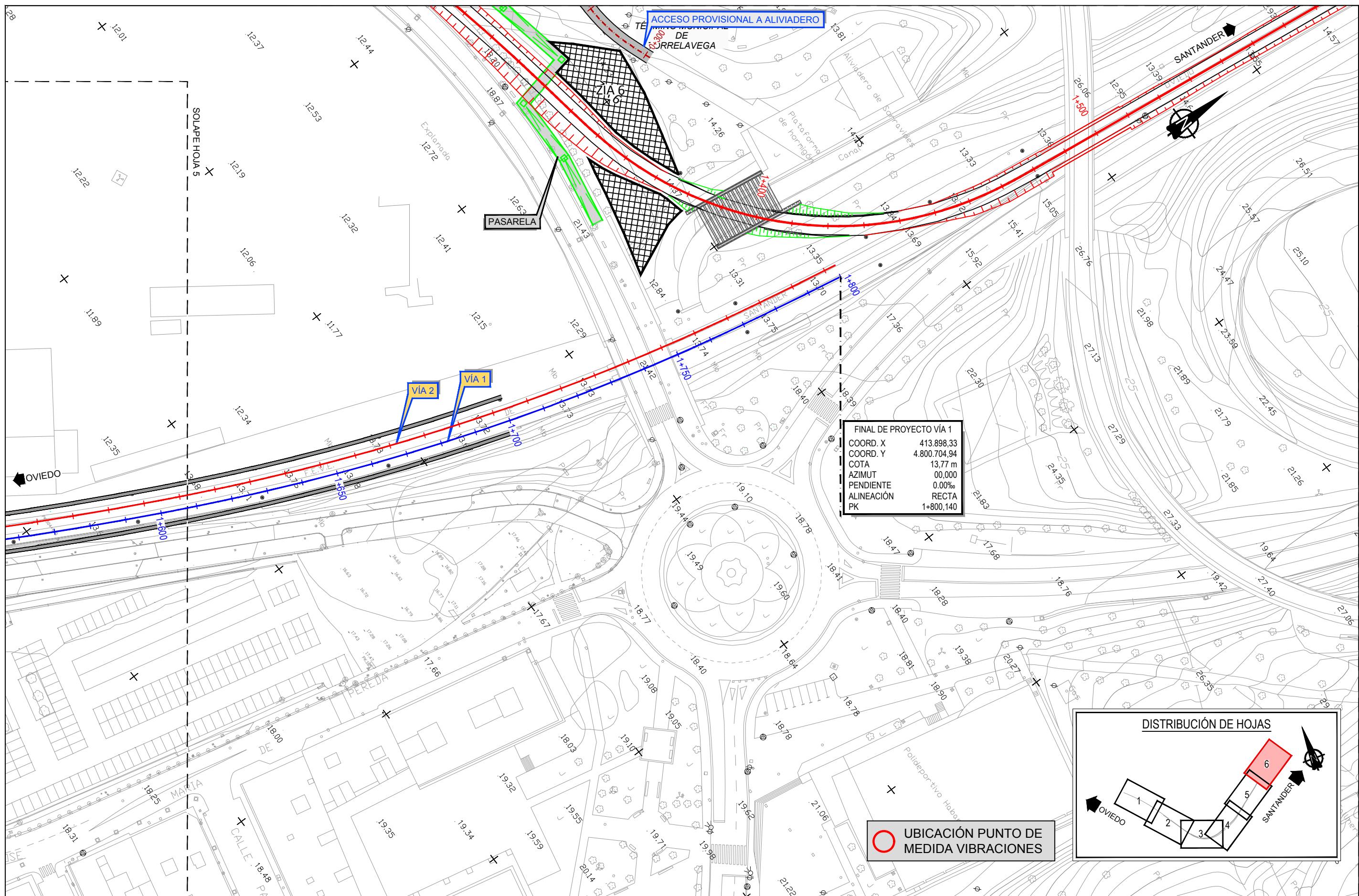
FECHA:
JUNIO 2019
Nº DE PLANO:
Ap.4 1
Nº DE HOJA:
HOJA 2 DE 6

APÉNDICE 4
ESTUDIO DE VIBRACIONES
UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA









Anexo 1. Certificados de los instrumentos de medida



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

*Calibration certificate*Número
Number 17/34554113Página 1 de 2 páginas
Page 1 of 2 pagesOBJETO
Item CALIBRADOR DE VIBRACIÓNMARCA
Mark RIONMODELO
Model VE-10IDENTIFICACIÓN
Identification 33071634
--SOLICITANTE
Applicant INGENIERIA ACUSTICA GARCIA CALDERON, S.L.L.
C/SOTO HIDALGO 24, LOCAL 8
20842 MADRIDFECHA/S DE CALIBRACIÓN
Date/s of calibration 08/11/2017SIGNATARIO/S AUTORIZADO/S
*Authorized signatory/ies*Responsable Técnico / *Technical Manager*Técnico / *Technician*JORDI GIL DEL RIO 09/11/2017 10:04:02
Código Seguro de Verificación (CSV): 305260663C2N4Eusebi Ruiz Solà
08/11/2017 15:11:59Este documento ha sido firmado electrónicamente según la Ley 59/2003 e identificado mediante un Código Seguro de Verificación (CSV). Consulte la validez del documento en el servicio Web de verificación <http://metrosign.appluscorp.com>Este certificado se expide de acuerdo con las condiciones de la acreditación concedida por ENAC, que ha comprobado las capacidades de medida del laboratorio y su trazabilidad a patrones nacionales.
ENAC es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (MLA) de certificados de calibración de European Cooperation for Accreditation (EA) y de International Laboratories Accreditation Cooperation (ILAC).
Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito de Applus.This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by ENAC which has assessed the measurement capability of the laboratory and its traceability to national standards.
ENAC is one of the signatories of the Multilateral Agreement of the European Cooperation for Accreditation (EA) and the International Laboratories Accreditation Cooperation (ILAC).
This Certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of Applus.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

*Certificate of calibration*Número
Number 17/34554112Página 1 de 8 páginas
Page 1 of 8 pagesOBJETO
Item Medidor de vibración en cuerpo completoIDENTIFICACIÓN
Identification Medidor
Marca / Mark SVANTEK
Modelo / Model 958
Nº serie / Serial N° 59533
Acelerómetro
PCB
356B18
78172SOLICITANTE
Applicant INGENIERIA ACUSTICA GARCIA CALDERON, S.L.L.
C/SOTO HIDALGO 24, LOCAL 8
20842 MADRIDFECHA/S DE CALIBRACIÓN
Date/s of calibration 2017-11-07SIGNATARIO/S AUTORIZADO/S
*Authorized signatory/ies*Responsable Técnico / *Technical Manager* Técnico / *Technician*JORDI GIL DEL RIO 09/11/2017 10:05:23
Código Seguro de Verificación (CSV): 753359922DLUK
Eusebi Ruiz Solà
08/11/2017 15:11:00Este documento ha sido firmado electrónicamente según la Ley 59/2003 e identificado mediante un Código Seguro de Verificación (CSV). Consulte la validez del documento en el servicio Web de verificación <http://metrosign.appluscorp.com>Este certificado se expide de acuerdo con las condiciones de la acreditación concedida por ENAC, que ha comprobado las capacidades de medida del laboratorio y su trazabilidad a patrones nacionales.
ENAC es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (MLA) de certificados de calibración de European Cooperation for Accreditation (EA) y de International Laboratories Accreditation Cooperation (ILAC).
Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito de Applus.This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by ENAC which has assessed the measurement capability of the laboratory and its traceability to national standards.
ENAC is one of the signatories of the Multilateral Agreement of the European Cooperation for Accreditation (EA) and the International Laboratories Accreditation Cooperation (ILAC).
This Certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of Applus.



Fecha de Emisión 2013-02-19

Certificado nº. CACV237/13

Página 1 de 13

Instrumento	SISTEMA DE MEDICIÓN DE VIBRACIÓN		
Unidad de Lectura	Acelerómetro Triaxial - Cuerpo-Enterro		
Marca:	SVANTEK	Marca:	PCB
Modelo:	SVAN 948	Modelo:	356B18
Nº serie:	9026	Nº serie:	88826
Nº ident.:	10	Nº ident.:	---
Cliente	IAG - Ingeniería Acústica García-Calderón, S.L.L. C/ Soto Hidalgo, 24 28042 Madrid		
Fecha de Calibración	2013-02-19		
Condiciones Ambientales	Temperatura: 23,3 °C	Humedad relativa: 51,4 %hr	Presión atmosférica: 99,1 kPa
Procedimiento	PO.M-DM/VIB 01 (Ed. C); utilizando por base el documento Norma ISO 8041:2005.		
Trazabilidad	Sensibilidad de Vibración, Acelerómetro patrón PCB 301A11 trazable a través de PTB (Alemania). Tensión alterna, Fluke 5790A, trazable a través del laboratorio Fluke, Kassel (Alemania - DKD), Fluke A40/A40A, trazable a través del laboratorio INETI (Portugal). Tiempo y Frecuencia, Hewlett Packard 58503A, trazable a través del Instituto Portugués da Qualidade (IPQ), Portugal.		
Estado del instrumento	No se identificaron problemas significativos que afectan los resultados.		
Resultados	Se expresan en la(s) hoja(s) en anexo. La Incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95,5%. La Incertidumbre típica de medida se ha determinado conforme al documento EA-4/02. IPAC es uno de los organismos de acreditación del Acuerdo Multilateral EA - Calibración para el reconocimiento mutuo de certificados de calibración.		

DM/064.2/07

Calibrado por

Emídio Santos

Responsável pela Validação

Luís Ferreira (Responsável Técnico)

instituto de soldadura
e qualidade

Lisboa: Av. Prof. Cavaco Silva, 33 • Taguspark • 2740-120 Oeiras • Portugal
Tels.: +351 21 422 90 34/81 86/90 20 • Fax: +351 21 422 81 02

labmetro@isq.pt

http://metrologia.isq.pt

Porto: Rua do Mirante, 258 • 4415-491 Grijó • Portugal
Tels.: +351 22 747 19 10/50 • Fax: +351 22 747 19 19/745 57 78

O IPAC é signatário do Acordo de Reconhecimento Mutuo da EA e do ILAC para ensaios, calibrações e inspeções. IPAC is a signatory to the EA MLA and ILAC MRA for testing, calibration and inspection laboratory.

Este documento só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando autorizado por escrito do ISQ. This document may not be reproduced other than in full, except with the prior written approval of the issuing laboratory.