# APÉNDICE 2. ESTUDIO DE VIBRACIONES

# **INDICE**

1.	INTRODU	CCIÓN Y OBJETO	2
2.	ÁMBITO D	DE ESTUDIO Y ALTERNATIVAS DEL PROYECTO	2
3.	NORMATI	VA DE APLICACIÓN	3
	3.1. LEGIS	LACIÓN EUROPEA	3
	3.2. LEGIS	LACIÓN ESTATAL	3
	3.2.1.	LEY 37/2003	3
	3.2.2.	REAL DECRETO 1513/2005	3
	3.2.3.	REAL DECRETO 1367/2007	3
	3.3. LEGIS	LACIÓN AUTONÓMICA	4
	3.4. LEGIS	LACIÓN LOCAL	4
	3.5. OBJET	TIVOS DE CALIDAD	4
4.	METODOL	LOGÍA Y MODELO DE CÁLCULO	5
	4.1. ESCEN	NARIO ACTUAL	5
	4.2. VALID	DACIÓN DEL MODELO	5
	4.3. ESCEN	NARIO FUTURO	5
	4.4. MEDI	DAS CORRECTORAS	6
5.	FUENTES I	DE VIBRACIÓN	7
	5.1. FUEN	TES DE VIBRACIÓN ACTUALES	7
	5.2. FUEN	TES DE VIBRACIÓN FUTURAS	7
6.	INVENTAR	RIO DE ZONAS SENSIBLES A LAS VIBRACIONES	8
7.	CAMPAÑA	A DE MEDICIONES DE VIBRACIONES	13
	7.1. INSTR	RUMENTACIÓN UTILIZADA	13
	7.2. PUNT	OS DE MEDIDA	13
	7.2.1.	PUNTO № 1 DE MEDIDA DE VIBRACIONES	15
	7.2.2.	PUNTO № 2 DE MEDIDA DE VIBRACIONES	16
	7.2.3.	PUNTO № 3 DE MEDIDA DE VIBRACIONES	18
	7.2.4.	PUNTO № 4 DE MEDIDA DE VIBRACIONES	19
8.	RESULTAD	OOS DE LAS MEDIDAS DE VIBRACIONES	20
	8.1. PUNT	O № 1 DE MEDIDA DE VIBRACIONES	23
	8.2. PUNT	O № 2 DE MEDIDA DE VIBRACIONES	24
	8.3. PUNT	O № 3 DE MEDIDA DE VIBRACIONES	26

8.4. PUNT	O № 4 DE MEDIDA DE VIBRACIONES	27
VIBRACIO	NES ESPERADAS A DIFERENTES DISTANCIAS DEL EJE DEL TRAZADO	28
9.1. MODE	ELO DE PREDICCIÓN DE VIBRACIONES	28
9.2. ANÁLI	SIS DE LOS RESULTADOS	29
9.3. ÁMBI	TO NOGALES DE PISUERGA - MATAPORQUERA	32
9.3.1.	BYPASS	32
9.3.2.	ALTERNATIVA ESTE	32
9.3.3.	ALTERNATIVA OESTE	32
9.3.4.	ALTERNATIVA CENTRAL	32
9.4. ÁMBI	TO MATAPORQUERA	32
9.4.1.	ALTERNATIVA ESTE	32
9.4.2.	ALTERNATIVA OESTE	32
9.5. ÁMBI	TO MATAPORQUERA – REINOSA	32
9.5.1.	ALTERNATIVA ESTE	32
9.5.2.	ALTERNATIVA OESTE	32
CONCLUSI	ONES	32
	9.1. MODE 9.2. ANÁLI 9.3. ÁMBI 9.3.1. 9.3.2. 9.3.3. 9.3.4. 9.4. ÁMBI 9.4.1. 9.4.2. 9.5. ÁMBI 9.5.1.	9.3.2. ALTERNATIVA ESTE

**ANEXO 1.** CERTIFICADOS DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN **ANEXO 2.** PLANOS

# 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

El presente estudio tiene por objeto analizar y comparar las posibles alternativas para la configuración de la futura línea de alta velocidad entre Nogales de Pisuerga – Reinosa, en cuanto a las vibraciones previstas tras la puesta en servicio de dicha línea, y comprobar si en el área de estudio se supera el correspondiente valor de alguno de los índices de vibración establecidos en la legislación vigente.

Este estudio pretende sentar las bases para el análisis vibratorio de la zona objeto de estudio. En él se representa toda la zona próxima a la actuación para cada alternativa estudiada, así como las posibles edificaciones que pudieran resultar expuestas a niveles de vibraciones no deseables.

Se tendrá especial atención a las edificaciones de uso residencial y a las edificaciones dedicadas a usos de especial sensibilidad (como son los centros docentes, sanitarios y culturales).

Este análisis es necesario para verificar que se cumplen los criterios de calidad exigidos por la legislación vigente y si fuera preciso, determinar la necesidad de desarrollar medidas correctoras para la situación futura del Proyecto (fase de funcionamiento de las instalaciones proyectadas), de forma que se pueda comprobar que alternativa resulta más ventajosa.

# 2. ÁMBITO DE ESTUDIO Y ALTERNATIVAS DEL PROYECTO

El presente estudio está incluido en la Fase B a escala 1:5.000, en la que se ha procedido a desarrollar las alternativas seleccionadas en la Fase anterior a una mayor escala de detalle.

El presente estudio contempla una delimitación entre la localidad de Nogales de Pisuerga, enlazando con la L.A.V. de Alar – Palencia, hasta Reinosa.

El área de estudio se ha dividido en tres ámbitos geográficos, atendiendo a los diferentes condicionantes que deben cumplirse en el diseño de cada uno de ellos:

- Nogales Mataporquera.
- Ámbito de Mataporquera.
- Ámbito Mataporquera Reinosa (Conexiones con la red convencional).

El <u>ámbito de Nogales - Mataporquera</u>: Este ámbito comprende el trazado del tronco de la nueva infraestructura y el baipás de Aguilar. En este ámbito se han definido dos alternativas:

- Alternativa Oeste. El trazado bordea la zona industrial de Aguilar de Campoo y cruza las localidades de Camesa de Valdivia y Porquera de los Infantes mediante un túnel, posicionándose posteriormente al oeste de la carretera A-67.
- Alternativa Este. La Alternativa Este comparte vía con la anterior alternativa, y bordea el trazado de la zona industrial de Aguilar de Campoo pasando al este de la localidad de Porquera de los infantes.
- Alternativa Central. La Alternativa Central comparte vía con la anterior alternativa y circula entre las alternativas este y oeste.

El <u>ámbito de Mataporquera</u>: Este ámbito comprende el tramo central del estudio. Se disponen dos alternativas:

- Alternativa Oeste. La alternativa oeste se mantiene sensiblemente paralela a la Nacional N611 hasta las proximidades del acceso a la población de Mataporquera. En este punto el trazado se aproxima a la Autovía A67 adosándose a su terraplén para evitar la afección a las viviendas existentes y al nudo con la carretera CA284.
- Alternativa Este. La alternativa se inicia en el punto común del ámbito anterior. El trazado cruza la autovía A67, y mediante una sucesión de estructuras tras el nudo de la salida de Mataporquera, cruza la Nacional N611, los ramales de entrada y salida de la autopista A67 y el tronco principal de la misma.

El <u>ámbito de Mataporquera – Reinosa</u> arranca en las proximidades del apeadero del Pozazal y finalizará una vez realizada la conexión con la línea convencional.

 Alternativa Oeste: La alternativa discurre mayormente por el Oeste de la A-67, mediante una combinación de desmontes y viaductos.  Alternativa Este: la alternativa discurre inicialmente al Oeste de la A-67, posteriormente cruza la autovía, la nacional y el ferrocarril mediante un viaducto, para posteriormente cruzar un túnel que sitúa la vía entre la N611 y el ferrocarril.
 Finalmente comparte vía con la Alternativa Oeste.

# 3. NORMATIVA DE APLICACIÓN

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 Decreto1513/2005, 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.
- Ley 5/2009, de 4 de junio, del Ruido de Castilla y León.
- Ordenanza reguladora sobre protección del medio ambiente contra la emisión de ruidos y vibraciones del Ayuntamiento de Aguilar de Campoo, modificada de 31 de diciembre de 2001.

# 3.1. LEGISLACIÓN EUROPEA

La Directiva 2002/49/CE, 25 de junio, del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la evaluación y gestión del ruido ambiental 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.

#### 3.2. LEGISLACIÓN ESTATAL

# 3.2.1. Ley 37/2003

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 aplicada en este caso hasta la existencia de reglamentos que desarrollen y cuantifiquen los niveles de emisión e inmisión máximos permitidos. El ámbito de aplicación se delimita por referencia a todos los emisores que, a los efectos de la Ley se refiere a cualquier actividad, infraestructura, equipo, maquinaria o comportamiento que genere contaminación acústica.

#### 3.2.2. Real Decreto 1513/2005

La Ley del Ruido fue parcialmente desarrollada por el *Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre,* por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la

evaluación y gestión del ruido ambiental. No obstante, en esta norma no se especifican umbrales para la emisión de vibraciones, por lo que no podrá ser de aplicación en este proyecto.

# 3.2.3. Real Decreto 1367/2007

El desarrollo completo de la *Ley del Ruido* se da con 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,* donde se definen índices de ruido y de vibraciones, sus aplicaciones, efectos y molestias sobre la población y su repercusión en el medio ambiente. Se delimitan, además, los distintos tipos de servidumbres y áreas acústicas definidas en la Ley del Ruido y se establecen los objetivos de calidad acústica para cada área, incluyéndose el espacio interior de determinadas edificaciones. Por último, se regulan los emisores acústicos, fijándose valores límite de emisión o de inmisión así como los procedimientos y los métodos de evaluación de ruido y vibraciones.

En lo que respecta a vibraciones, será de aplicación la delimitación de los distintos tipos de áreas acústicas definidas 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:

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

Siendo:

- a<sub>w</sub>: el máximo valor eficaz (RMS) de la señal de aceleración, con ponderación Wm, en el tiempo t, a<sub>w</sub> (t), en m/s<sup>2</sup>.
- a<sub>0</sub>: la aceleración de referencia (10<sup>-6</sup>) m/s<sup>2</sup>.

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 es 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 siquiente:

- 1º. Se consideran los dos periodos 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.".

# 3.3. LEGISLACIÓN AUTONÓMICA

La Comunidad Autónoma Castilla y León, desarrolló su propia legislación en materia de contaminación acústica a través de la *Ley 5/2009, de 4 de junio, del Ruido de Castilla y León*.

Esta ley tiene por objeto prevenir, reducir y vigilar la contaminación acústica, para evitar y reducir los daños y molestias que de ésta se pudieran derivar para la salud humana, los bienes o el medio ambiente, así como establecer los mecanismos para mejorar la calidad ambiental desde el punto de vista acústico, en la Comunidad de Castilla y León

En esta Ley se determina que los objetivos de calidad acústica para el ruido ambiental y para las vibraciones aplicables a áreas acústicas interiores, serán los establecidos en el artículo 16 del *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*.

Según el artículo 12 "Determinación de los índices acústicos y evaluación acústica" ningún foco vibratorio podrá superar los valores límite de vibraciones establecidos en el Anexo IV.

La siguiente tabla muestra los valores límite de vibraciones establecidos en el Anexo IV de esta Ley.

OBJETIVOS DE CALIDAD ACÚSTICA PARA VIBRACIONES LEY 5/2009		
AREA RECEPTORA INTERIOR	L <sub>AW</sub>	
Uso de viviendas y uso de hospedaje	75	
Uso sanitario y bienestar social	72	
Uso docente -Aulas, salas de lectura y conferencias	72	

Fuente: Anexo IV de la Ley 5/2009 de Castilla y León

En este Anexo se define el índice de vibración de esta forma:

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

#### Siendo:

- a<sub>w</sub>: el máximo valor eficaz (RMS) de la señal de aceleración, con ponderación Wm, en el tiempo t, a<sub>w</sub> (t), en m/s<sup>2</sup>.
- a<sub>0</sub>: la aceleración de referencia (10<sup>-6</sup>) m/s<sup>2</sup>.

# 3.4. LEGISLACIÓN LOCAL

La Ordenanza Municipal de protección del medio ambiente en materia de ruidos y vibraciones de 2017 del Ayuntamiento de Reinosa no está adaptada a la Ley 37/2003 de Ruido, pero cumple con los requisitos de dicha ley.

La Ordenanza reguladora sobre protección del medio ambiente contra la emisión de ruidos y vibraciones del Ayuntamiento de Aguilar de Campoo, modificada el 31 de diciembre de 2001, tampoco establece valores límite de vibraciones para infraestructura del transporte, sino que establece valores límite para maquinaria o instalaciones de los edificios.

El resto de municipios por los que discurre el trazado, no tienen publicada ninguna normativa específica sobre ruido y vibraciones.

#### 3.5. OBJETIVOS DE CALIDAD

Tras el análisis de la normativa de referencia se ha verificado que no existe una diferencia entre los límites admisibles establecidos en la normativa estatal y en la autonómica, pero la *Ley 5/2009 de Castilla y León* incluye el uso de hospedaje en la determinación de los valores límite de afección por vibraciones, por lo que es más completa que la tabla expuesta en el *Real Decreto 1367/2007*.

Por tanto, serán objeto de aplicación al presente estudio los valores límite establecidos en el Anexo IV de la *Ley 5/2009, de 4 de junio del Ruido de Castilla y León* que se reflejan en la siguiente tabla muestra los valores límite de vibraciones que tendremos en cuenta en este estudio:

OBJETIVOS DE CALIDAD ACÚSTICA PARA VIBRACIONES LEY 5/2009			
AREA RECEPTORA INTERIOR	L <sub>AW</sub>		
Uso de viviendas y uso de hospedaje	75		
Uso sanitario y bienestar social	72		
Uso docente -Aulas, salas de lectura y conferencias	72		

Fuente: Anexo IV de la Ley 5/2009 de Castilla y León

Por otro lado, tendremos en cuenta las indicaciones para vibraciones transitorias (vibraciones producidas por la circulación de trenes) expuestas en el *Real Decreto 1367/2007*, en los siguientes términos:

- En el periodo nocturno no se permite ningún exceso.
- En ningún caso se permiten excesos superiores a 5 dB.
- 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.

Se considerarán los dos periodos temporales de evaluación siguientes:

- Periodo día, comprendido entre las 07:00-23:00 horas
- Periodo noche, comprendido entre las 23:00-07:00 horas.

En Cantabria, la calidad acústica, ruido ambiental, zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas, se regulan a través de la Ley 37/2003 del 17 de noviembre, Real Decreto 1513/2005 del 16 de diciembre y Real Decreto 1367/2007 del 19 de octubre. Los valores que habrán de cumplirse habrán de ser aquellos que dicte la normativa más restrictiva, por lo que los valores y requisitos especificados en la comunidad de Cantabria serán los recogidos en el Real Decreto 1367/2007.

# 4. METODOLOGÍA Y MODELO DE CÁLCULO

El objeto del presente estudio de vibraciones es realizar una predicción de los niveles de vibraciones previstos en la fase de explotación para cada una de las alternativas estudiadas.

#### 4.1. ESCENARIO ACTUAL

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.

#### 4.2. VALIDACIÓN DEL MODELO

En base al modelo propuesto se trata de validarlo 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 valido el modelo utilizado.

# 4.3. ESCENARIO FUTURO

Para el análisis del escenario futuro definido en el Proyecto, 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 tendrán en cuenta los edificios en los que potencialmente se pueden percibir las vibraciones para una distancia de hasta 70 m desde el trazado ferroviario, en función de su uso e indicando en cada edificio el valor de inmisión de vibraciones.

En el caso que nos ocupa, en el que en el estado preoperacional existe circulación de trenes en varios tramos del trazado ferroviario proyectado, con la composición de trenes similares a los que circularán por la nueva infraestructura y la misma velocidad, la vibración actual evaluada "in situ" nos permitirá conocer con certeza, cuáles serán los niveles de vibración reales a ciertas distancias del trazado, del 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.

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.

Vb = Va . (ra/rb) 
$$^{\gamma}$$
. e  $^{\alpha}$  (ra-rb)

#### Donde:

- Vb y Va son la amplitud de vibración en los puntos situados a las distancias ra y rb 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, normalmente considerado nulo.

Los valores típicos de  $\gamma$  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 proyecto como son:

- El tipo de trenes considerados para este estudio será los trenes de mercancías y los trenes autopropulsados de la serie 130 y de la serie 470.
- Se tendrá en cuenta la sección tipo de la plataforma e infraestructura de vía, que podrá variar entre vía en superficie y vía en viaducto.

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 por el que se 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.

#### 4.4. 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 "10. Medidas correctoras" se define la necesidad o no necesidad de desarrollar medidas correctoras para cada alternativa analizada.

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.

# 5. FUENTES DE VIBRACIÓN

# 5.1. FUENTES DE VIBRACIÓN ACTUALES

Las principales fuentes de vibración presentes en la zona analizada es la vía existente de ferrocarril. Asimismo, en menor cuantía con nula afección, se encuentra 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 por la vía actual. El tráfico circulante se reparte entre las siguientes composiciones:
  - o Serie 130 (autopropulsado M 11 R M
  - Serie 470 (Autopropulsado M + R + R)Er
  - Loco 253 + 18 vagones portacoches LAERSK 552
  - Loco 253 + 20 vagones portacoches LAERSK 552
  - o Loco 333 + 8 vagones cisterna Zans RR96
  - o Loco 333 + 20 vagones cisterna Zans RR96
  - Loco 253 +16 vagones portacoches LAERSK 552
  - o Loco 253 +17 vagones portacoches LAERSK 552
  - Loco 253 +18 vagones portacoches LAERSK 552
  - Loco 253 +20 vagones portacoches LAERSK 552
- TRÁFICO VIARIO: Por su nula afección vibratoria demostrable por la baja amplitud del Índice Law a las personas que moran en los edificios cercanos, los niveles de vibración que surgen de la infraestructura viaria no serán consideradas en el presente estudio y por lo tanto se omitirá su valoración.

# 5.2. FUENTES DE VIBRACIÓN FUTURAS

#### **TRÁFICOS**

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

• TRÁFICO FERROVIARIO: las fuentes ligadas al tráfico ferroviario son las producidas por la circulación de trenes de media distancia y mercancías, y que no forman parte del presente estudio. Las fuentes son las comentadas en el anterior apartado y que se han mantenido y se mantendrán en la situación futura.

Por otra parte, los tráficos de alta velocidad, que se han tenido en cuenta en el presente estudio se muestran en la siguiente tabla:

	CIRCULACIÓN DE TRENES SITUACION FUTURA LINEA ANCHO ESTÁNDAR						
PERIODO (al paso por Palencia)	Nº TRENES	TIPOLOGÍA	COMPOSICIÓN				
DÍA (7:00 a 23:00)	14	LD	Serie 130 (Autopropulsado M -11 R - M)				
NOCHE (23:00 a 7:00)	0	LD	Serie 130 (Autopropulsado M -11 R - M)				

Fuente: Dirección del proyecto

Cabe destacar que para el estudio de vibraciones se han considerado los datos de demanda que se corresponden con un escenario a largo plazo (máximos) y que, en un posible escenario de puesta en servicio en vía única, se realizará un nuevo estudio vibratorio en los proyectos constructivos con los datos de demanda correspondiente a la vía única (los recogidos en el anejo de rentabilidad).

 TRÁFICO VIARIO: Por su nula afección vibratoria demostrable por la baja amplitud del Índice Law a las personas que moran en los edificios cercanos, los niveles de vibración que surgen de la infraestructura viaria no serán consideradas en el presente estudio y por lo tanto se omitirá su valoración.

#### **VELOCIDADES**

Se ha considerado una velocidad máxima de circulación de 260 Km/h para los trenes de alta velocidad. Además, se considera que los trenes realizan parada en la Estación de Aguilar de Campoo y Reinosa.

En este sentido, se ha considerado la tramificación de velocidades en estaciones de Adif. La tramificación se ha realizado teniendo en cuenta el incremento y reducción de velocidad en la proximidad de estaciones recogidas en el documento "Caracterización de la emisión acústica de

los trenes utilizados en el sistema ferroviario español", de ADIF, y que se refleja en la tabla siguiente.

Tramo	Velocidades (Km/h)	Longitud (m)	Distancia del punto más alejado del tramo al inicio del tramo de estación (m)
Circulación	160		
Tramo 1	140	310	1.580
Tramo 2	110	310	1.270
Tramo 3	80	310	960
Tramo 4	50	400	650
Tramo 5	25	250	250
Tramo 6:	10	100	
Estación	25	250	250
Tramo 7	50	400	550
Tramo 8	80	310	950
Tramo 9	110	310	1.265
Tramo 10	140	225	1.575

Fuente: Caracterización de la emisión acústica de los trenes utilizados en el sistema ferroviario español.

ADIF

#### 6. INVENTARIO DE ZONAS SENSIBLES A LAS VIBRACIONES

Para determinar las edificaciones susceptibles de sufrir molestias por vibraciones, para este estudio, se ha tenido en cuenta una banda de afección de 70 metros para cada alternativa estudiada.

Como edificaciones sensibles se han considerado las edificaciones de uso residencial, docente o sanitario que por su mayor proximidad a futura infraestructura se puedan ver afectados por niveles de vibraciones mayores de los permitidos, tal y como indica el *Real Decreto 1367/2007*. Adicionalmente, también se tendrán en cuenta los edificios de uso de hospedaje tal y como indica la *Ley 5/2009 de Castilla y León*.

En cuanto al inventario de receptores sensibles, en la zona de estudio existen varias construcciones de varios usos. Para la relación de edificios que por su mayor proximidad a la futura traza se puedan ver afectadas por mayores niveles, se tienen en cuenta los edificios que se encuentran a 70 metros o menos del eje de la traza.

En las siguientes tablas se expone el inventario separado por tramos y alternativas propuestas, con aquellos edificios que se encuentran dentro de la banda de afección, y que por lo tanto son susceptibles de ser afectados por las vibraciones. En las tablas se han dispuesto los parámetros ID, uso, estado, distancia al eje y velocidad.

- ID: número de identificador de la edificación.
- Uso: uso determinado para la edificación considerado objeto de estudio de vibraciones según la legislación vigente.
- Estado: estado en el que se encuentra la edificación (en uso, abandonado ó en ruinas).
- Distancia al eje: distancia geométrica a la que se encuentra la edificación.
- Velocidad: parámetro de velocidad por la que los trenes circulan al paso de la edificación (km/h)

Las edificaciones representadas son aquellas que se encuentran en actualmente en uso, dejando fuera de estudio aquellas en construcción o que están en situación de abandono o ruina.

TRAMO 1. BYPASS

ID	<b>ESTADO</b>	USO	Distancia (m)	Vmax (km/h)
39	uso	Otros	9,2	10
52	uso	Residencial	67,3	10
53	uso	Residencial	43,8	10
54	uso	Residencial	37,6	10
55	uso	Otros	58,3	10
56	uso	Residencial	28,3	10
57	uso	Otros	34,5	10
58	uso	Residencial	8,4	10
59	uso	Otros	52,4	10
61	uso	Residencial	44,9	10
62	en uso	Industrial	58,4	10
63	uso	Educativo-Cultural	56,0	10

ID	<b>ESTADO</b>	USO	Distancia (m)	Vmax (km/h)
67	uso	Infraestructura	2,2	10
68	uso	Infraestructura	5,0	10
69	en uso	Industrial	37,9	10
70	uso	Infraestructura	5,8	10
71	uso	Residencial	65,8	25
77	uso	Infraestructura	4,2	25
78	uso	Infraestructura	19,5	25
79	uso	Infraestructura	21,2	25
85	uso	Terciario	38,5	25
86	uso	Otros	35,3	25
87	uso	Residencial	45,6	25
90	uso	Residencial	15,8	25
36	uso	Otros	16,8	25
37	uso	Otros	20,6	10
37	uso	Otros	20,5	10
50	uso	Otros	56,6	10
50	uso	Otros	57,3	10

#### TRAMO 1. ALTERNATIVA ESTE

ID	<b>ESTADO</b>	USO	Distancia (m)	Vmax (km/h)
1	en uso	Industrial	49,1	330
30	uso	Otros	0	280
131	uso	Otros	27,435792	250
25	en uso	Industrial	30,818988	250
25	en uso	Industrial	41,570779	250

# TRAMO 1. ALTERNATIVA OESTE

ID	<b>ESTADO</b>	USO	Distancia (m)	Vmax (km/h)
1	en uso	Industrial	49,5	330
9	uso	Otros	2,7	295
81	en uso	Industrial	68,3	250
127	uso	Otros	4,7	250
82	en uso	Industrial	47,6	250
82	en uso	Industrial	47,5	250
93	uso	Otros	9,8	250
93	uso	Otros	0,1	250
93	uso	Otros	9,9	250
93	uso	Otros	23,1	250

# TRAMO 1. ALTERNATIVA CENTRAL

ID	<b>ESTADO</b>	USO	Distancia (m)	Vmax (km/h)
1	en uso	Industrial	49,1	330
9	uso	Otros	2,7	250
131	USO	Otros	27.2	250

# TRAMO 2. ALTERNATIVA ESTE

La alternativa Este del Tramo 2 no dispone de edificaciones sujetas a estudio en materia de vibraciones por no encontrarse dentro de la banda de afección dispuesta por la normativa.

TRAMO 2. ALTERNATIVA OESTE

ID	<b>ESTADO</b>	USO	Distancia (m)	Vmax (km/h)
141	uso	Residencial	42,0	250
144	uso	Otros	50,1	250
144	uso	Otros	50,1	250

TRAMO 3. ALTERNATIVA ESTE

ID	<b>ESTADO</b>	USO	Distancia (m)	Velocidad
159	uso	Otros	40,6	250
163	uso	Terciario	45,9	125
166	uso	Otros	31,7	110
168	uso	Industrial	46,2	100
171	uso	Residencial	29,3	100
173	construccion	Residencial	47,3	100
174	uso	Residencial	20,1	100
176	uso	Residencial	55,7	100
177	uso	Otros	19,2	100
180	uso	Terciario	44,2	100
184	uso	Residencial	57,4	80
187	uso	Otros	62,1	80
190	uso	Residencial	26,2	80
191	uso	Residencial	34,6	80
193	uso	Residencial	37,2	80
194	uso	Terciario	55,8	80
197	uso	Otros	27,3	80
204	uso	Residencial	42,2	80
210	uso	Residencial	25,0	80
223	uso	Residencial	59,2	60
233	uso	Residencial	62,1	60
244	uso	Otros	18,7	60
250	uso	Otros	15,5	60
267	uso	Residencial	38,5	60
268	uso	Otros	41,0	60
270	uso	Residencial	41,9	60
271	uso	Residencial	27,9	60
272	uso	Residencial	46,1	40
274	uso	Residencial	23,3	40
275	uso	Otros	47,4	40
277	uso	Residencial	47,2	40
279	uso	Residencial	17,2	40
283	uso	Residencial	21,1	40
284	uso	Residencial	47,8	40
286	uso	Residencial	50,8	40
287	uso	Residencial	52,7	40

ID	<b>ESTADO</b>	USO	Distancia (m)	Velocidad
288	uso	Terciario	23,7	40
290		Residencial	56,4	40
294	USO	Otros	40,2	40
294	USO		42,3	40
	uso	Otros	· · ·	
297	uso	Residencial	44,1	40
298	USO	Residencial	44,7	40
299	USO	Residencial	46,8	40
301	uso	Residencial	68,4	40
302	uso	Residencial	69,6	40
309	uso	Residencial	24,5	40
315	uso	Residencial	36,9	40
334	USO	Residencial	24,7	40
335	uso	Otros	66,0	40
344	uso	Residencial	49,3	40
349	uso	Residencial	54,1	40
351	uso	Residencial	33,6	40
360	uso	Residencial	37,0	40
364	uso	Otros	61,0	40
367	uso	Residencial	39,9	40
371	uso	Industrial	32,3	40
375	uso	Residencial	65,7	20
380	uso	Residencial	66,9	20
383	uso	Residencial	66,6	20
384	uso	Industrial	35,3	20
386	uso	Industrial	47,2	20
389	uso	Residencial	64,8	20
394	uso	Industrial	34,9	20
396	uso	Industrial	54,9	20
398	uso	Industrial	37,0	20
405	uso	Industrial	33,8	20
411	uso	Industrial	26,5	20
413	uso	Industrial	52,1	20
419	uso	Industrial	49,2	20
422	uso	Residencial	45,6	20
426	uso	Industrial	25,3	20
428	uso	Residencial	32,3	20
164	uso	Otros	69,9	110
164	uso	Otros	69,9	110
169	uso	Otros	14,8	100
169	uso	Otros	14,8	100
178	uso	Residencial	57,5	100
178	uso	Residencial	57,5	100
181	1	Otros	18,3	80
181	USO	Otros	18,3	80
182	USO		· ·	100
	USO	Residencial	57,1	
182	USO	Residencial	57,1	100
183	USO	Residencial	57,8	80
183	USO	Residencial	57,8	80
185	uso	Residencial	60,2	80
185	uso	Residencial	60,2	80
186	uso	Residencial	63,5	80

ID	ESTADO	USO	Distancia (m)	Velocidad
186	uso	Residencial	63,5	80
186	uso	Residencial	63,5	80
186	uso	Residencial	63,5	80
192	uso	Residencial	23,9	80
192	uso	Residencial	23,9	80
195	uso	Residencial	38,6	80
195	uso	Residencial	38,6	80
198	uso	Residencial	27,3	80
198	uso	Residencial	27,3	80
198	uso	Residencial	27,3	80
198	uso	Residencial	27,3	80
198	uso	Residencial	27,3	80
203	uso	Residencial	22,4	80
203	uso	Residencial	22,4	80
207	uso	Terciario	60,3	60
207	uso	Terciario	60,3	60
207	uso	Terciario	60,3	60
213	uso	Residencial	23,4	60
213	uso	Residencial	23,4	60
218	uso	Residencial	14,2	60
218	uso	Residencial	14,2	60
220	uso	Residencial	59,9	60
220	uso	Residencial	59,9	60
221	uso	Residencial	12,8	60
221	uso	Residencial	12,8	60
221	uso	Residencial	12,8	60
227	uso	Residencial	59,2	60
227	uso	Residencial	59,2	60
231	uso	Residencial	15,5	60
231	uso	Residencial	15,5	60
255	uso	Residencial	20,1	60
255	uso	Residencial	20,1	60
265	uso	Otros	16,1	60
265	uso	Otros	16,1	60
269	uso	Residencial	17,5	60
269	uso	Residencial	17,5	60
276	uso	Residencial	17,4	40
276	uso	Residencial	17,4	40
280	uso	Residencial	46,4	40
280	uso	Residencial	46,4	40
282	uso	Residencial	46,5	40
282	uso	Residencial	46,5	40
282	uso	Residencial	46,5	40
285	uso	Residencial	61,1	40
285	uso	Residencial	61,1	40
289	uso	Residencial	69,5	40
289	uso	Residencial	69,5	40
291	uso	Residencial	58,9	40
291	uso	Residencial	58,9	40
292	uso	Residencial	60,6	40
292	uso	Residencial	60,6	40

ID	<b>ESTADO</b>	USO	Distancia (m)	Velocidad
292	uso	Residencial	60,6	40
296	uso	Industrial	67,5	40
296	uso	Industrial	67,5	40
303	uso	Residencial	22,5	40
303	uso	Residencial	22,5	40
306	uso	Residencial	22,5	40
306	uso	Residencial	22,5	40
306	uso	Residencial	22,5	40
314	uso	Residencial	64,4	40
314	uso	Residencial	64,4	40
319	uso	Educativo-Cultural	26,0	40
319	uso	Educativo-Cultural	26,0	40
340	uso	Residencial	35,3	40
340	uso	Residencial	35,3	40

TRAMO 3. OESTE

ID	<b>ESTADO</b>	USO	Distancia (m)	Vmax (km/h)
166	uso	Otros	31,7	110
168	uso	Industrial	46,2	100
171	uso	Residencial	29,3	100
173	construccion	Residencial	47,3	100
174	uso	Residencial	20,1	100
176	uso	Residencial	55,7	100
177	uso	Otros	19,2	100
180	uso	Terciario	44,2	100
184	uso	Residencial	57,4	80
187	uso	Otros	62,1	80
190	uso	Residencial	26,2	80
191	uso	Residencial	34,6	80
193	uso	Residencial	37,2	80
194	uso	Terciario	55,8	80
197	uso	Otros	27,3	80
204	uso	Residencial	42,2	80
210	uso	Residencial	25,0	80
223	uso	Residencial	59,2	60
233	uso	Residencial	62,1	60
244	uso	Otros	18,7	60
250	uso	Otros	15,5	60
267	uso	Residencial	38,5	60
268	uso	Otros	41,0	60
270	uso	Residencial	41,9	60
271	uso	Residencial	27,9	60
272	uso	Residencial	46,1	60
274	uso	Residencial	23,3	40
275	uso	Otros	47,4	40
277	uso	Residencial	47,2	40
279	uso	Residencial	17,2	40
283	uso	Residencial	21,1	40
284	uso	Residencial	47,8	40

ID	ESTADO	USO	Distancia (m)	Vmax (km/h)
286	uso	Residencial	50,8	40
287	uso	Residencial	52,7	40
288	uso	Terciario	23,7	40
290	uso	Residencial	56,4	40
294		Otros	40,2	40
295	uso		42,3	40
297	USO	Otros	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	40
	USO	Residencial	44,1	
298	uso	Residencial	44,7	40
299	uso	Residencial	46,8	40
301	uso	Residencial	68,4	40
302	uso	Residencial	69,6	40
309	uso	Residencial	24,5	40
315	uso	Residencial	36,9	40
334	uso	Residencial	24,7	40
335	uso	Otros	66,0	40
344	uso	Residencial	49,3	40
349	uso	Residencial	54,1	40
351	uso	Residencial	33,6	40
360	uso	Residencial	37,0	40
364	uso	Otros	61,0	40
367	uso	Residencial	39,9	40
371	uso	Industrial	32,3	40
375	uso	Residencial	65,7	40
380	uso	Residencial	66,9	20
383	uso	Residencial	66,6	20
384	uso	Industrial	35,3	20
386	uso	Industrial	47,2	20
389	uso	Residencial	64,8	20
394	uso	Industrial	34,9	20
396	uso	Industrial	54,9	20
398	uso	Industrial	37,0	20
405	uso	Industrial	33,8	20
411	uso	Industrial	26,5	20
413	uso	Industrial	52,1	20
419	uso	Industrial	49,2	20
422	uso	Residencial	45,6	20
426	uso	Industrial	25,3	20
428	uso	Residencial	32,3	20
164	uso	Otros	69,9	110
164	uso	Otros	69,9	110
169	uso	Otros	14,8	100
169	uso	Otros	14,8	100
178	uso	Residencial	57,5	100
178	uso	Residencial	57,5	100
181	uso	Otros	18,3	80
181	uso	Otros	18,3	80
182	uso	Residencial	57,1	100
182	uso	Residencial	57,1	100
183	uso	Residencial	57,8	80
183		Residencial	57,8	80
	USO	Residencial		80
185	uso	Vegineling	60,2	00

ID	<b>ESTADO</b>	USO	Distancia (m)	Vmax (km/h)
185	uso	Residencial	60,2	80
186	uso	Residencial	63,5	80
186	uso	Residencial	63,5	80
186	uso	Residencial	63,5	80
186	uso	Residencial	63,5	80
192	uso	Residencial	23,9	80
192	uso	Residencial	23,9	80
195	+	Residencial	38,6	80
195	uso	Residencial		80
	uso		38,6	80
198	USO	Residencial	27,3	
198	USO	Residencial	27,3	80
198	uso	Residencial	27,3	80
198	uso	Residencial	27,3	80
198	uso	Residencial	27,3	80
203	uso	Residencial	22,4	80
203	uso	Residencial	22,4	80
207	uso	Terciario	60,3	80
207	uso	Terciario	60,3	80
207	uso	Terciario	60,3	80
213	uso	Residencial	23,4	80
213	uso	Residencial	23,4	80
218	uso	Residencial	14,2	60
218	uso	Residencial	14,2	60
220	uso	Residencial	59,9	60
220	uso	Residencial	59,9	60
221	uso	Residencial	12,8	60
221	uso	Residencial	12,8	60
221	uso	Residencial	12,8	60
227	uso	Residencial	59,2	60
227	uso	Residencial	59,2	60
231	uso	Residencial	15,5	60
231	uso	Residencial	15,5	60
255	uso	Residencial	20,1	60
255	uso	Residencial	20,1	60
265	uso	Otros	16,1	60
265	uso	Otros	16,1	60
269	uso	Residencial	17,5	60
269	uso	Residencial	17,5	60
276	uso	Residencial	17,4	40
276	uso	Residencial	17,4	40
280	uso	Residencial	46,4	40
280	+	Residencial	46,4	40
282	USO		46,5	40
282	USO	Residencial	46,5	40
	uso	Residencial	·	
282	USO	Residencial	46,5	40
285	USO	Residencial	61,1	40
285	uso	Residencial	61,1	40
289	uso	Residencial	69,5	40
289	uso	Residencial	69,5	40
291	uso	Residencial	58,9	40
291	uso	Residencial	58,9	40

ID	<b>ESTADO</b>	USO	Distancia (m)	Vmax (km/h)
292	uso	Residencial	60,6	40
292	uso	Residencial	60,6	40
292	uso	Residencial	60,6	40
296	uso	Industrial	67,5	40
296	uso	Industrial	67,5	40
303	uso	Residencial	22,5	40
303	uso	Residencial	22,5	40
306	uso	Residencial	22,5	40
306	uso	Residencial	22,5	40
306	uso	Residencial	22,5	40
314	uso	Residencial	64,4	40
314	uso	Residencial	64,4	40
319	uso	Educativo-Cultural	26,0	40
319	uso	Educativo-Cultural	26,0	40
340	uso	Residencial	35,3	40
340	uso	Residencial	35,3	40

# 7. 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 (Law) en cuatro puntos distribuidos a lo largo del trazado. En cada punto de medición se ubicaron dos acelerómetros de forma que además de los valores de vibración Law se obtuvo la transmisibilidad del terreno. Se procedió a medir los niveles de vibraciones que se producen como consecuencia de la circulación de trenes en las zonas donde hay circulación de ferrocarril en la actualidad. Esta campaña de mediciones se ha desarrollado durante el mes de enero del año 2017.

Las mediciones se realizaron posicionando los sensores de vibraciones (acelerómetros triaxiales y monoaxiales) 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.

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.

Durante el muestreo de paso de varios trenes de media distancia, larga distancia y mercancías se ha distinguido composición del tren, distancia al punto de medida (vía por la que circula), velocidad estimada, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, etc.

# 7.1. INSTRUMENTACIÓN 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.
- Analizador de vibraciones de 2 canales de la marca 01dB, modelo SYMPHONIE, con número de serie 607.
- Acelerómetro monoaxial de alta sensibilidad marca PCB modelo 356B08, con número de serie 25325.
- Acelerómetro monoaxial de alta sensibilidad marca PCB modelo 356B08, con número de serie 23437.
- Acelerómetro triaxial de alta sensibilidad marca PCB modelo 356B18, con número de serie
   88826
- Acelerómetro triaxial de alta sensibilidad marca PCB modelo 333B50, con número de serie 30652.

Calibrador de vibraciones marca RION Modelo VE-10 nº de serie 33071634.

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

A continuación, se muestran las fotografías del analizador de vibraciones y el calibrador empleados.





Analizador Svan 948 y calibrador de vibraciones



Analizador SYMPHONIE

# 7.2. PUNTOS DE MEDIDA

Los puntos de medida seleccionados para el informe se han tenido en cuenta estudiando unos datos de Ineco correspondientes al tramo anterior de Alar – Palencia. Tanto la geotecnia y transmisibilidad del terreno del tramo Aguilar - Reinosa se han considerado similares al tramo anterior, por lo que se dan como válidos al cumplirse los parámetros establecidos por la

normativa. Se efectuaron mediciones en cuatro puntos, con dos sensores de vibraciones en cada punto.

Se midieron las vibraciones mediante acelerómetros triaxiales, midiendo simultáneamente en los ejes X, Y y Z. y con acelerómetros monoaxiales midiendo en el eje Z.

La siguiente tabla, muestra la localización de los puntos de medida de vibraciones realizados en el tramo de Alar – Palencia y adoptados para el tramo de Aguilar – Reinosa y la distancia a la vía más cercana. Estos puntos de medida se han elegido por su proximidad a la vía actual de ferrocarril y a la futura:

PUNTOS DE MEDICIÓN DE VIBRACIONES				
PUNTO Nº	COORDENADA X ETRS89 UTM_HUSO 30N	COORDENADA Y ETRS89 UTM_ HUSO 30N	DISTANCIA EJE MÁS CERCANO	
1.0	371993	4653784	8,5 m	
1.1	371999	4653789	16,5 m	
2.0	372356	4653391	14 m	
2.1	372362	4653396	26 m	
3.0	399087	4737658	4,8 m	
3.1	399095	4737655	13,9 m	
4.0	398196	4736158	6,4 m	
4.1	398202	4736154	12,8 m	

Fuente: Elaboración propia

Las siguientes fotografías muestran los diferentes tipos de trenes que circularon durante la campaña de medición.



Tren de mercancías de 27 vagones portacoches



Tren de mercancías de 20 vagones cisterna



Tren de mercancías



Tren de mercancías



Tren de larga distancia



Tren de media distancia

#### 7.2.1. Punto nº 1 de medida de vibraciones

Se realizaron mediciones en dos puntos diferentes en las cercanías de la vía actual, en el municipio de Palencia. De esta forma se obtuvieron las amplitudes de las vibraciones en un escenario real de circulación de trenes. Durante el periodo de medición pasaron trenes de larga distancia, trenes de media distancia y trenes de mercancías de diferentes tipologías.

Las velocidades de paso de trenes oscilaron entre los 20 y los 40 km/h.

En el punto 1.0 se ubicó el acelerómetro triaxial a 8,5 m de la vía actual, se fijó el acelerómetro a una superficie sólida mediante cera de abeja, sobre la base de un vallado existente.

En el punto 1.1 el acelerómetro triaxial se situó a 16,5 m del eje de la vía actual, fijando el acelerómetro mediante cera de abeja sobre la base de un vallado existente.

La distancia entre los dos acelerómetros fue de 8 m. Los resultados de las medidas obtenidas en estos dos puntos se emplearon para realizar el cálculo de la transmisibilidad del terreno.

Durante el periodo de medición la temperatura osciló entre de 10°C y 16°C, la humedad relativa osciló entre 60% y el 64% y la velocidad del viento fue inferior de 0,1 m/s.

Las siguientes fotografías muestran la ubicación del acelerómetro empleado en el punto 1.0 y del acelerómetro empleado en el punto 1.1, donde se puede observar que se ubicaron sobre la base de la valla.



Ubicación del acelerómetro en el punto nº 1.0 a 8 m del eje de la vía



Ubicación del acelerómetro en el punto nº 1.1 a 16,5 m del eje de la vía.



Vivienda cercana al punto de medición nº 1.0



Vivienda cercana al punto de medición nº 1.1



Vista general de la ubicación de los dos acelerómetros a 8,5 m y a 16,5 m del eje de la vía más cercana

# 7.2.2. Punto nº 2 de medida de vibraciones

Se realizaron mediciones en dos puntos diferentes en las cercanías de la vía actual, en el municipio de Palencia. De esta forma se obtuvieron las amplitudes de las vibraciones en un escenario real de circulación de trenes. Durante el periodo de medición pasaron trenes de larga distancia, trenes de media distancia y trenes de mercancías de diferentes tipologías.

Las velocidades de paso de trenes oscilaron entre los 20 y los 40 km/h.

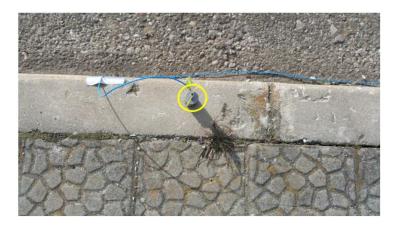
En el punto 2.0 se ubicó el acelerómetro triaxial a 14 m de la vía actual, se fijó el acelerómetro a una superficie sólida mediante cera de abeja, sobre la base de la acera existente.

En el punto 2.1 el acelerómetro triaxial se situó a 26 m del eje de la vía actual, fijando el acelerómetro mediante cera de abeja sobre la base de una estaca clavada en el terreno.

La distancia entre los dos acelerómetros fue de 12 m. Los resultados de las medidas obtenidas en estos dos puntos se emplearon para realizar el cálculo de la transmisibilidad del terreno.

Durante el periodo de medición la temperatura osciló entre de 10°C y 14°C, la humedad relativa osciló entre 60% y el 64% y la velocidad del viento fue inferior de 0,1 m/s.

Las siguientes fotografías muestran la ubicación del acelerómetro empleado en el punto 2.0 y del acelerómetro empleado en el punto 2.1, donde se puede observar que se ubicaron sobre la acera de la calle y sobre una estaca clavada en el terreno.



Ubicación del acelerómetro en el punto nº 2.0 a 14 m del eje de la vía



Ubicación del acelerómetro en el punto nº 2.1 a 26 m del eje de la vía. Posicionado sobre una estaca clavada en el terreno



Vivienda cercana al punto de medición 2.1



Vista de las vías del tren desde los puntos de medición2.0 y 2.1



Vista general de la ubicación de los dos acelerómetros a 14 m y a 26 m del eje de la vía más cercana



Viviendas cercanas al punto de medición nº 2



Viviendas cercanas al punto de medición nº 2

# 7.2.3. Punto nº 3 de medida de vibraciones

Se realizaron mediciones en dos puntos diferentes en las cercanías de la vía actual, en el municipio de Aguilar de Campoo. De esta forma se obtuvieron las amplitudes de las vibraciones en un escenario real de circulación de trenes. Durante el periodo de medición pasaron trenes de larga distancia, trenes de media distancia y trenes de mercancías de diferentes tipologías.

Las velocidades de paso de trenes oscilaron entre los 20 y los 30 km/h.

En el punto 3.0 se ubicó el acelerómetro triaxial a 4,8 m de la vía actual, se fijó el acelerómetro a una superficie sólida mediante cera de abeja, sobre un poste anclado al terreno.

En el punto 3.1 el acelerómetro triaxial se situó a 13,9 m del eje de la vía actual, fijando el acelerómetro mediante cera de abeja, sobre una estaca clavada en el terreno.

La distancia entre los dos acelerómetros fue de 9,1 m. Los resultados de las medidas obtenidas en estos dos puntos se emplearon para realizar el cálculo de la transmisibilidad del terreno.

Durante el periodo de medición la temperatura osciló entre de 4ºC y 9ºC, la humedad relativa osciló entre 69% y el 80% y la velocidad del viento fue inferior de 0,2 m/s.

Las siguientes fotografías muestran la ubicación del acelerómetro empleado en el punto 3.0 y del acelerómetro empleado en el punto 3.1, donde se puede observar que se ubicaron sobre un poste sólido y sobre una estaca clavada en el terreno.



Ubicación del acelerómetro en el punto nº 3.0 a 4,8 m del eje de la vía



Ubicación del acelerómetro en el punto nº 3.1 a 13,9 m del eje de la vía. Posicionado sobre una estaca clavada en el terreno



Viviendas cercanas al punto de medición nº 3



Vista general de la ubicación de los dos acelerómetros a 4,8 m y a 13,9 m del eje de la vía más cercana

# 7.2.4. Punto nº 4 de medida de vibraciones

Se realizaron mediciones en dos puntos diferentes en las cercanías de la vía actual, en el municipio de Aguilar de Campoo. De esta forma se obtuvieron las amplitudes de las vibraciones en un escenario real de circulación de trenes. Durante el periodo de medición pasaron trenes de larga distancia, trenes de media distancia y trenes de mercancías de diferentes tipologías.

Las velocidades de paso de trenes oscilaron entre los 60 y los 70 km/h.

En el punto 4.0 se ubicó el acelerómetro triaxial a 6,4 m de la vía actual, se fijó el acelerómetro a una superficie sólida mediante cera de abeja, sobre una estaca clavada al terreno.

En el punto 3.1 el acelerómetro triaxial se situó a 12,8 m del eje de la vía actual, fijando el acelerómetro mediante cera de abeja, sobre una estaca clavada en el terreno.

La distancia entre los dos acelerómetros fue de 6,4 m. Los resultados de las medidas obtenidas en estos dos puntos se emplearon para realizar el cálculo de la transmisibilidad del terreno.

Durante el periodo de medición la temperatura osciló entre de 4ºC y 9ºC, la humedad relativa osciló entre 69% y el 80% y la velocidad del viento fue inferior de 0,2 m/s.

Las siguientes fotografías muestran la ubicación del acelerómetro empleado en el punto 4.0 y del acelerómetro empleado en el punto 4.1, donde se puede observar que se ubicaron sobre una estaca clavada en el terreno.



Ubicación del acelerómetro en el punto nº 4.0 a 6,4 m del eje de la vía. Posicionado sobre una estaca clavada en el terreno



Ubicación del acelerómetro en el punto nº 4.1 a 12,8 m del eje de la vía. Posicionado sobre una estaca clavada en el terreno



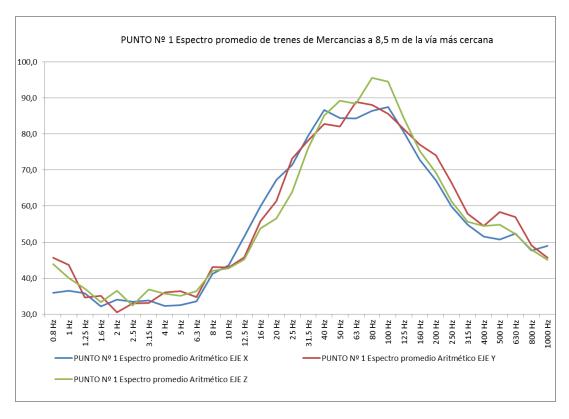
Vía del tren vista desde el punto de medición nº 4

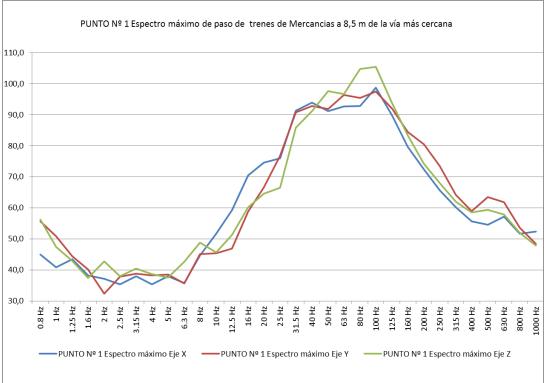


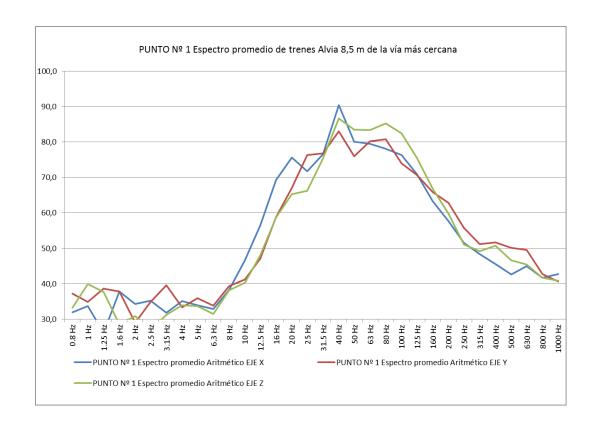
Vista general de la ubicación de los dos acelerómetros a 6,4 m y a 12,8 m del eje de la vía más cercana

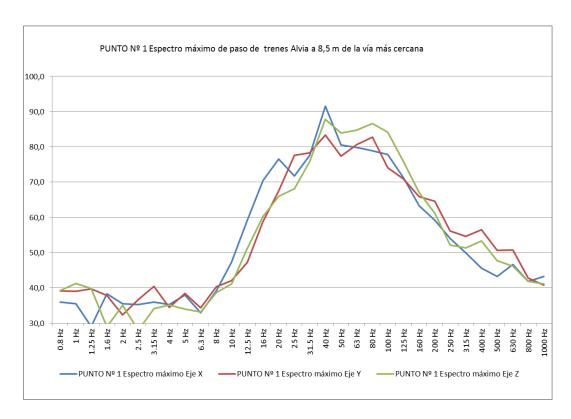
# 8. RESULTADOS DE LAS MEDIDAS DE VIBRACIONES

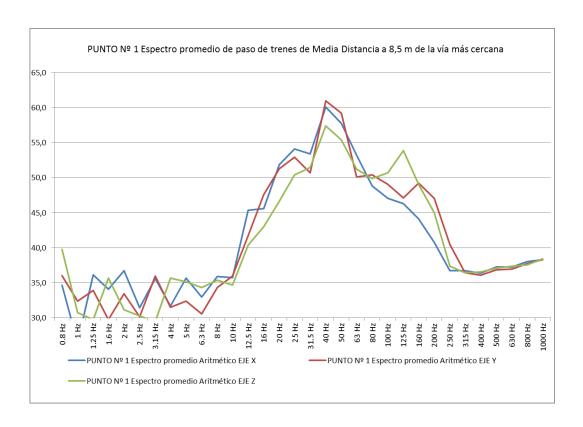
A modo de ejemplo se presentan los resultados gráficos de los niveles de la aceleración vibratoria (La), sin aplicar la ponderación "Wm", en el dominio de la frecuencia, para cada uno de los ejes ortogonales X, Y y Z, producidos por la circulación de los trenes de Mercancías, Alvia y Media Distancia en algunos de puntos evaluados.

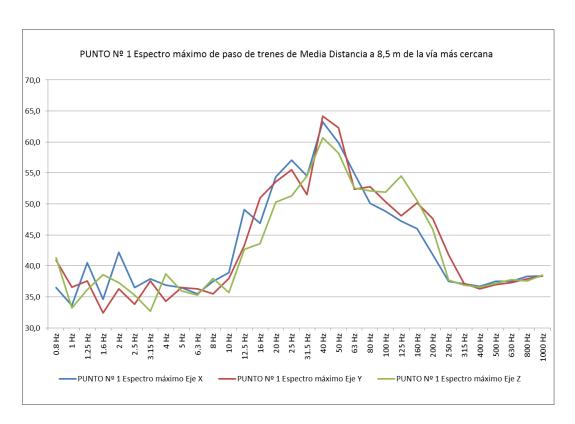


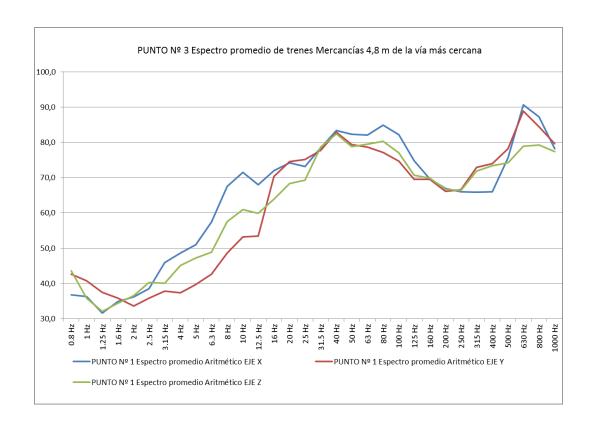


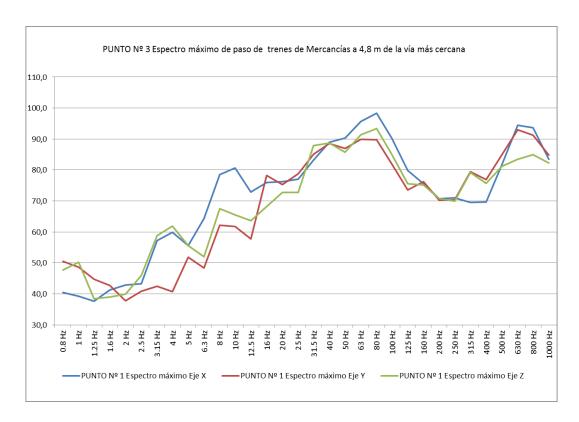


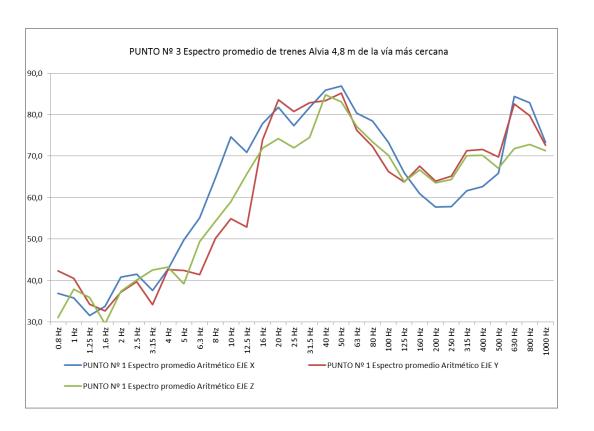


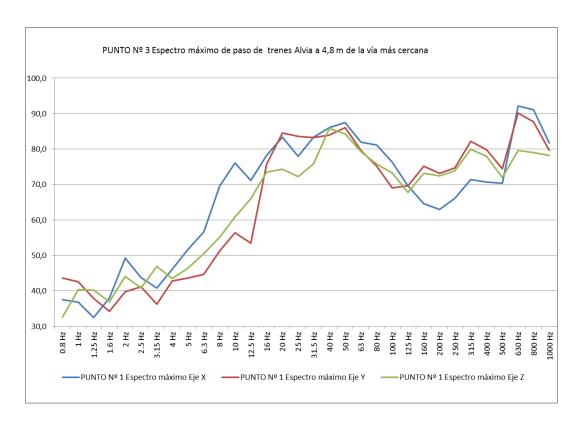












# 8.1. PUNTO Nº 1 DE MEDIDA DE VIBRACIONES

En el punto nº 1 de medida de vibraciones se midió a 8,5 y 16,5 metros del eje de vía más próximo, trazado ferroviario existente (con dos acelerómetros).

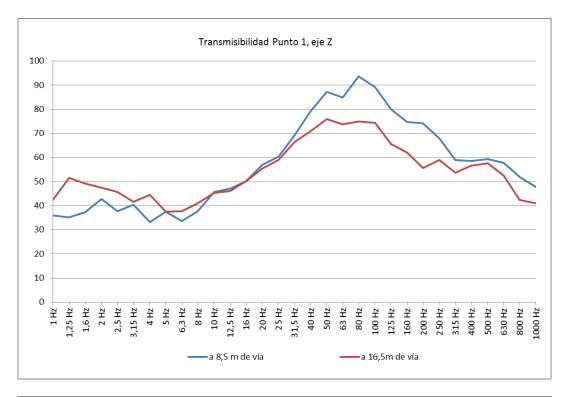
Se procedió a realizar un registro temporal de los niveles de vibraciones en el dominio de la frecuencia (filtros digitales en bandas de 1/3 de octava de 1 Hz a 80 Hz), habiéndose observado el paso de varias tipologías de trenes a velocidades que oscilaron entre 20 Km/h y 40 Km/h.

El resumen de los resultados obtenidos para el paso de los diferentes trenes se muestra en las siguientes tablas.

RESULTA	RESULTADO DE LAS VIBRACIONES OBTENIDAS. PUNTO № 1.0 A 8,5 m DE LA VÍA					
Hora	Tipo de tren	Eje X (Law)	Eje Y (Law)	Eje Z (Law)	Ejes X,Y,Z (Vector Law)	Vía
11/01/2016 13:48	Mercancías	80,70	81,10	84,90	87,00	vía 1
11/01/2016 13:54	Mercancías	70,20	70,10	74,50	76,40	vía 1
11/01/2016 16:06	Media Distancia	54,7	51,90	54,00	57,60	vía 2
11/01/2016 16:11	Alvia	46,20	47,40	48,40	51,40	vía 2
11/01/2016 16:19	Alvia	54,90	51,30	52,90	57,20	vía 2
11/01/2016 14:08	Alvia	65,30	59,60	63,40	67,10	vía 2
11/01/2016 14:21	Alvia	61,60	56,80	59,60	63,10	vía 2
11/01/2016 14:34	Mercancías	74,80	74,10	82,00	82,30	vía 1
11/01/2016 14:41	Mercancías	59,80	60,30	60,50	64,10	vía 2
11/01/2016 15:57	Alvia	74,60	68,70	72,00	76,50	vía 1
11/01/2016 16:19	Alvia	58,00	58,10	56,00	61,70	vía 2
11/01/2016 16:25	Alvia	74,90	71,20	72,00	77,20	vía 1
11/01/2016 16:36	Media Distancia	54,10	51,80	52,30	57,00	vía 1
11/01/2016 16:47	Media Distancia	51,50	50,70	49,70	55,00	vía 1
11/01/2016 16:55	Media Distancia	50,40	50,30	49,50	54,20	vía 1
11/01/2016 16:57	Mercancías	67,00	67,00	71,10	73,20	vía 1
11/01/2016 17:11	Mercancías	55,80	52,90	51,90	58,10	vía 2
11/01/2016 17:28	Mercancías	56,20	50,40	55,60	58,90	vía 2
11/01/2016 17:39	Alvia	57,50	52,00	55,40	59,70	vía 2

La siguiente gráfica muestra la transmisibilidad del terreno evaluada.

RESULTADO DE LAS VIBRACIONES OBTENIDAS. PUNTO № 1.1 A 16,5 m DE LA VÍA				
Hora	Tipo de tren	Eje Z (Law)	Vía	
11/01/2016 13:48	Mercancías	72,70	vía 1	
11/01/2016 13:54	Mercancías	62,70	vía 1	
11/01/2016 16:06	Media Distancia	53,50	vía 2	
11/01/2016 16:11	Alvia	53,90	vía 2	
11/01/2016 16:19	Alvia	49,80	vía 2	
11/01/2016 14:08	Alvia	57,70	vía 2	
11/01/2016 14:21	Alvia	57,50	vía 2	
11/01/2016 14:34	Mercancías	68,20	vía 1	
11/01/2016 14:41	Mercancías	57,50	vía 2	
11/01/2016 15:57	Alvia	63,50	vía 1	
11/01/2016 16:19	Alvia	56,10	vía 2	
11/01/2016 16:25	Alvia	64,80	vía 1	
11/01/2016 16:36	Media Distancia	51,40	vía 1	
11/01/2016 16:47	Media Distancia	51,00	vía 1	
11/01/2016 16:55	Media Distancia	48,60	vía 1	
11/01/2016 16:57	Mercancías	59,30	vía 1	
11/01/2016 17:11	Mercancías	49,70	vía 2	
11/01/2016 17:28	Mercancías	48,90	vía 2	
11/01/2016 17:39	Alvia	49,70	vía 2	





# 8.2. PUNTO Nº 2 DE MEDIDA DE VIBRACIONES

En el punto nº 2 de medida de vibraciones se midió a 14 y a 26 metros del eje de vía más próximo, trazado ferroviario existente (con dos acelerómetros).

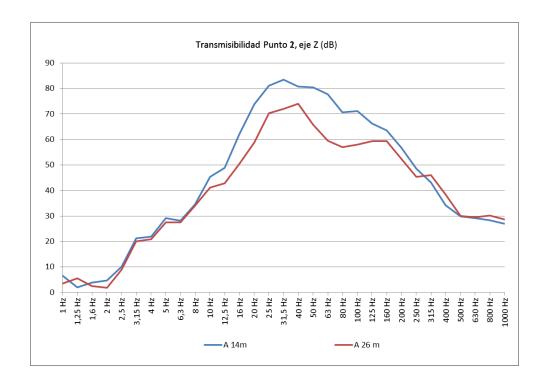
Se procedió a realizar un registro temporal de los niveles de vibraciones en el dominio de la frecuencia (filtros digitales en bandas de 1/3 de octava de 1 Hz a 80 Hz), habiéndose observado el paso de varias tipologías de trenes a velocidades que oscilaron entre 20 Km/h y 40 Km/h.

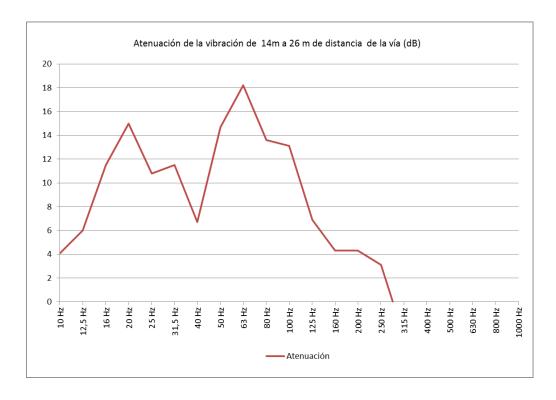
El resumen de los resultados obtenidos para el paso de los diferentes trenes se muestra en las siguientes tablas.

RESULTADO DE LAS VIBRACIONES OBTENIDAS. PUNTO № 2.0 A 14 m DE LA VÍA						
Hora	Tipo de tren	Eje Z (Law)	Vía			
11/01/2017 14:34	Mercancías	70,5	1			
11/01/2017 14:41	Mercancías	62,7	3			
11/01/2017 15:58	Alvia	75,1	1			
11/01/2017 16:14	MD	68,7	1			
11/01/2017 16:19	Alvia	67,2	3			
11/01/2017 16:30	MD	68,7	1			
11/01/2017 16:57	MD	59,7	1			
11/01/2017 16:59	Mercancías	73,6	1			
11/01/2017 17:11	Mercancías	63,3	3			
11/01/2017 14:10	Alvia	63,9	3			
11/01/2017 14:23	Alvia	56,7	3			
11/01/2017 16:06	MD	42,5	3			
11/01/2017 16:20	Alvia	57,4	3			
11/01/2017 16:27	Alvia	72,1	1			
11/01/2017 16:36	MD	59,9	1			
11/01/2017 16:49	MD	60,2	1			
11/01/2017 16:59	Mercancías	73,6	1			

RESULTADO DE LAS VIBRACIONES OBTENIDAS. PUNTO № 2.1 A 26 m DE LA VÍA				
Hora	Tipo de tren	Eje Z (Law)	Vía	
11/01/2017 14:34	Mercancías	62,4	1	
11/01/2017 14:41	Mercancías	54,7	3	
11/01/2017 15:58	Alvia	67,3	1	
11/01/2017 16:14	MD	60,3	1	
11/01/2017 16:19	Alvia	57	3	
11/01/2017 16:30	MD	61,7	1	
11/01/2017 16:57	MD	47,3	1	
11/01/2017 16:59	Mercancías	62,7	1	
11/01/2017 17:11	Mercancías	54,6	3	
11/01/2017 14:10	Alvia	56,2	3	
11/01/2017 14:23	Alvia	45,6	3	
11/01/2017 16:06	MD	42,5	3	
11/01/2017 16:20	Alvia	52	3	
11/01/2017 16:27	Alvia	63,1	1	
11/01/2017 16:36	MD	53,8	1	
11/01/2017 16:49	MD	52	1	

La siguiente gráfica muestra la transmisibilidad del terreno evaluada.





# 8.3. PUNTO Nº 3 DE MEDIDA DE VIBRACIONES

En el punto nº 3 de medida de vibraciones se midió a 4,8 y a 13,9 metros del eje de vía más próximo, trazado ferroviario existente (con dos acelerómetros).

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 diversas tipologías de trenes a velocidades que oscilaron entre 20 Km/h y 30 Km/h.

El resumen de los resultados obtenidos para el paso de los diferentes trenes se muestra en las siguientes tablas.

RESULTADO DE LAS VIBRACIONES OBTENIDAS. PUNTO № 3.0 A 4,8 m DE LA VÍA						
Hora	Tipo de tren	Eje X (Law)	Eje Y (Law)	Eje Z (Law)	Ejes X,Y,Z (Vector Law)	Vía
12/01/2016 13:24	Mercancías	78,10	74,40	74,10	79,80	vía 1
12/01/2016 13:47	Mercancías	76,40	74,70	74,20	79,20	vía 1
12/01/2016 15:32	Alvia	76,20	74,30	71,20	78,70	vía 1
12/01/2016 15:46	Mercancías	78,40	73,10	73,60	79,50	vía 1
12/01/2016 16:19	Mercancías	74,30	73,00	71,90	77,30	vía 1
12/01/2016 16:26	Mercancías	78,00	75,30	72,30	79,20	vía 1
12/01/2016 16:47	Alvia	76,50	76,30	70,90	78,80	vía 1
12/01/2016 17:14	Mercancías	79,20	71,80	70,40	80,00	vía 1

RESULTADO DE LAS VIBRACIONES OBTENIDAS. PUNTO № 3.1 A 13,9 m DE LA VÍA				
Hora	Tipo de tren	Eje Z (Law)	Vía	
12/01/2016 13:24	Mercancías	72,70	vía 1	
12/01/2016 13:47	Mercancías	73,10	vía 1	
12/01/2016 15:32	Alvia	72,80	vía 1	
12/01/2016 15:46	Mercancías	73,50	vía 1	
12/01/2016 16:19	Mercancías	71,30	vía 1	
12/01/2016 16:26	Mercancías	73,90	vía 1	
12/01/2016 16:47	Alvia	72,60	vía 1	
12/01/2016 17:14	Mercancías	70,80	vía 1	

# 8.4. PUNTO Nº 4 DE MEDIDA DE VIBRACIONES

En el punto nº 4 de medida de vibraciones se midió a 6,4 m y a 12,8 metros del eje de vía más próximo, trazado ferroviario existente (con dos acelerómetros).

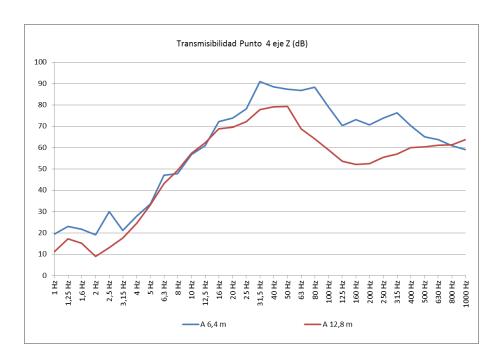
Se procedió a realizar un registro temporal de los niveles de vibraciones en el dominio de la frecuencia (filtros digitales en bandas de 1/3 de octava de 1 Hz a 80 Hz), habiéndose observado el paso de diversas tipologías de trenes a velocidades que oscilaron entre 60 Km/h y 70 Km/h.

El resumen de los resultados obtenidos para el paso de los diferentes trenes se muestra en las siguientes tablas.

RESULTADO DE LAS VIBRACIONES OBTENIDAS. PUNTO № 4.0 A 6,4 m DE LA VÍA					
Hora	Tipo de tren	Eje Z (Law)	Vía		
12/01/2017 13:26	Mercancías	78,7	1		
12/01/2017 13:50	Mercancías	79	1		
12/01/2017 15:35	Alvia	77,2	1		
12/01/2017 15:49	Mercancías	77,1	1		
12/01/2017 16:19	Mercancías	77,6	1		
12/01/2017 16:26	Mercancías	79,3	1		
12/01/2017 16:47	Alvia	77,5	1		
12/01/2017 17:16	Mercancías	80,1	1		
12/01/2017 17:35	Media Distancia	75,1	1		

RESULTADO DE LAS VIBRACIONES OBTENIDAS. PUNTO № 4.1 A 12,8 m DE LA VÍA					
Hora	Tipo de tren	Eje Z (Law)	Vía		
12/01/2017 13:26	Mercancías	69,1	1		
12/01/2017 13:50	Mercancías	69,5	1		
12/01/2017 15:35	Alvia	67,9	1		
12/01/2017 15:49	Mercancías	66,1	1		
12/01/2017 16:19	Mercancías	67,8	1		
12/01/2017 16:26	Mercancías	69,2	1		
12/01/2017 16:47	Alvia	69,1	1		
12/01/2017 17:16	Mercancías	71	1		
12/01/2017 17:35	Media Distancia	65,2	1		

La siguiente gráfica muestra la transmisibilidad del terreno evaluada.





# 9. VIBRACIONES ESPERADAS A DIFERENTES DISTANCIAS DEL EJE DEL TRAZADO

# 9.1. 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:

Vb = Va . 
$$(ra/rb)^{\gamma}$$
.  $e^{\alpha (ra-rb)}$ 

#### Donde:

- Vb y Va son la amplitud de vibración en los puntos situados a las distancias ra y rb 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, considerado normalmente nulo.

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 se dispone de dos variables que se podrán ajustar en el modelo, los valores de " $\gamma$ ".

De estas dos variables a ajustar, se parte de la hipótesis de que la variable " $\gamma$ ", 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 uniforme ni constante en dicho dominio, se procederá a ajustar el modelo a través de ajustes en los valores de la variable " $\alpha$ " correspondiente al coeficiente de atenuación del material debido a la disipación de energía en el interior del terreno.

Los valores típicos de "\gamma" 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 las siguientes tablas.

Los valores típicos de " $\gamma$ " y " $\alpha$ " que se muestran en las tablas se ajustan la expresión teórica de BARKAN para el ámbito Aguilar de Campoo – Mataporquera, Mataporquera, y Mataporquera – Reinosa.

# 9.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Tras el análisis de la normativa de referencia se ha verificado que no existe una diferencia entre los límites admisibles establecidos en la normativa estatal y en la autonómica, pero la *Ley 5/2009 de Castilla y León* incluye el uso de hospedaje en la determinación de los valores límite de afección por vibraciones, por lo que es más completa que la tabla expuesta en el *Real Decreto 1367/2007*.

La siguiente tabla muestra los valores límite de vibraciones que tendremos en cuenta en este estudio.

OBJETIVOS DE CALIDAD ACÚSTICA PARA VIBRACIONES LEY 5/2009				
AREA RECEPTORA INTERIOR	L <sub>AW</sub> (dB)			
Uso de viviendas y uso de hospedaje	75			
Uso sanitario y bienestar social	72			
Uso docente -Aulas, salas de lectura y conferencias	72			

Fuente: Anexo IV. Ley 5/2009 de Castilla y León

Por otro lado, tendremos en cuenta las indicaciones para vibraciones transitorias (vibraciones producidas por la circulación de trenes) expuestas en el *Real Decreto 1367/2007*, según los siguientes términos:

- En el periodo nocturno no se permite ningún exceso.
- En ningún caso se permiten excesos superiores a 5 dB.
- 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.

Se considerarán los dos periodos temporales de evaluación siguientes:

- Periodo día, comprendido entre las 07:00-23:00 horas
- Periodo noche, comprendido entre las 23:00-07:00 horas.

A continuación, se muestran las tablas con los resultados obtenidos de aplicar el modelo de Barkan a las edificaciones cercanas a las fuentes vibratorias, divididas por tramos.

#### Resultados en el tramo 1 (BYPASS)

ID	Distancia (m)	velocidad (km/h)	Law (dB)	LIMITE (dB)	Resultados
52	67,3	10	47,9	75	CUMPLE
53	43,8	10	49,4	75	CUMPLE
54	37,6	10	49,6	75	CUMPLE
56	28,3	10	50,2	75	CUMPLE
58	8,4	10	55,2	75	CUMPLE
61	44,9	10	48,4	75	CUMPLE
63	56,0	10	49,1	72	CUMPLE
71	65,8	25	56,9	75	CUMPLE
87	45,6	25	57,3	75	CUMPLE
90	15,8	25	60,0	75	CUMPLE

#### Resultados en el tramo 1 – Este

No se han hallado edificaciones que, según su uso, deban ser objeto de cálculo según las especificaciones del Real Decreto 1367/2007.

#### Resultados en el tramo 1 - Oeste

No se han hallado edificaciones que, según su uso, deban ser objeto de cálculo según las especificaciones del Real Decreto 1367/2007.

# Resultados en el tramo 1 - Central

No se han hallado edificaciones que, según su uso, deban ser objeto de cálculo según las especificaciones del Real Decreto 1367/2007.

#### Resultados en el tramo 2 - Oeste

ID	Distancia (m)	velocidad (km/h)	Law (dB)	LIMITE (dB)	Resultados
141	42,0	250	73,5	75	CUMPLE

#### Resultados en el tramo 2 – Este

No se han hallado edificaciones que, según su uso, deban ser objeto de cálculo según las especificaciones del Real Decreto 1367/2007.

# Resultados en el tramo 3 – Este.

ID	Distancia (m)	velocidad (km/h)	Law (dB)	LIMITE (dB)	Resultados
171	29,3	100	67,0	75	CUMPLE
173	47,3	100	65,2	75	CUMPLE
174	20,1	100	69,0	75	CUMPLE
176	55,7	100	64,1	75	CUMPLE
184	57,4	80	62,7	75	CUMPLE
190	26,2	80	65,6	75	CUMPLE
191	34,6	80	63,9	75	CUMPLE
193	37,2	80	63,6	75	CUMPLE
204	42,2	80	63,6	75	CUMPLE
210	25,0	80	65,9	75	CUMPLE
223	59,2	60	59,5	75	CUMPLE
233	62,1	60	59,4	75	CUMPLE
267	38,5	60	61,5	75	CUMPLE
270	41,9	60	60,6	75	CUMPLE
271	27,9	60	62,8	75	CUMPLE
272	46,1	40	56,7	75	CUMPLE
274	23,3	40	60,2	75	CUMPLE
277	47,2	40	57,2	75	CUMPLE
279	17,2	40	61,9	75	CUMPLE
283	21,1	40	60,7	75	CUMPLE
284	47,8	40	56,6	75	CUMPLE
286	50,8	40	57,0	75	CUMPLE
287	52,7	40	56,9	75	CUMPLE
290	56,4	40	56,7	75	CUMPLE
297	44,1	40	57,5	75	CUMPLE
298	44,7	40	57,4	75	CUMPLE
299	46,8	40	57,3	75	CUMPLE
301	68,4	40	56,2	75	CUMPLE
302	69,6	40	56,2	75	CUMPLE
309	24,5	40	59,2	75	CUMPLE
315	36,9	40	58,1	75	CUMPLE
334	24,7	40	59,2	75	CUMPLE
344	49,3	40	56,6	75	CUMPLE
349	54,1	40	56,2	75	CUMPLE
351	33,6	40	58,5	75	CUMPLE
360	37,0	40	58,1	75	CUMPLE
367	39,9	40	57,8	75	CUMPLE

ID	Distancia (m)	velocidad (km/h)	Law (dB)	LIMITE (dB)	Resultados
375	65,7	20	49,7	75	CUMPLE
380	66,9	20	49,9	75	CUMPLE
383	66,6	20	49,7	75	CUMPLE
389	64,8	20	49,7	75	CUMPLE
422	45,6	20	50,8	75	CUMPLE
428	32,3	20	52,6	75	CUMPLE
178	57,5	100	64,6	75	CUMPLE
182	57,1	100	64,6	75	CUMPLE
183	57,8	80	62,7	75	CUMPLE
185	60,2	80	62,5	75	CUMPLE
186	63,5	80	62,4	75	CUMPLE
192	23,9	80	66,1	75	CUMPLE
195	38,6	80	63,9	75	CUMPLE
198	27,3	80	65,0	75	CUMPLE
203	22,4	80	66,4	75	CUMPLE
213	23,4	60	63,3	75	CUMPLE
218	14,2	60	66,7	75	CUMPLE
220	59,9	60	59,5	75	CUMPLE
221	12,8	60	67,5	75	CUMPLE
227	59,2	60	59,5	75	CUMPLE
231	15,5	60	66,1	75	CUMPLE
255	20,1	60	64,2	75	CUMPLE
269	17,5	60	65,3	75	CUMPLE
276	17,4	40	61,6	75	CUMPLE
280	46,4	40	57,3	75	CUMPLE
282	46,5	40	57,3	75	CUMPLE
285	61,1	40	55,9	75	CUMPLE
289	69,5	40	55,6	75	CUMPLE
291	58,9	40	56,6	75	CUMPLE
292	60,6	40	55,9	75	CUMPLE
303	22,5	40	60,4	75	CUMPLE
306	22,5	40	60,0	75	CUMPLE
314	64,4	40	55,8	75	CUMPLE
319	26,0	40	59,2	72	CUMPLE
340	35,3	40	58,3	75	CUMPLE

# Resultados en el tramo 3 - Oeste

ID	Distancia (m)	velocidad (km/h)	Law (dB)	LIMITE (dB)	Resultados
171	29,3	100	67,0	75	CUMPLE
173	47,3	100	65,2	75	CUMPLE
174	20,1	100	69,0	75	CUMPLE
176	55,7	100	64,1	75	CUMPLE
184	57,4	80	62,7	75	CUMPLE
190	26,2	80	65,6	75	CUMPLE
191	34,6	80	63,9	75	CUMPLE
193	37,2	80	63,6	75	CUMPLE
204	42,2	80	63,6	75	CUMPLE
210	25,0	80	65,9	75	CUMPLE
223	59,2	60	59,5	75	CUMPLE
233	62,1	60	59,4	75	CUMPLE
267	38,5	60	61,5	75	CUMPLE
270	41,9	60	60,6	75	CUMPLE
271	27,9	60	62,8	75	CUMPLE
272	46,1	60	60,3	75	CUMPLE
274	23,3	40	60,2	75	CUMPLE
277	47,2	40	57,2	75	CUMPLE
279	17,2	40	61,9	75	CUMPLE
283	21,1	40	60,7	75	CUMPLE
284	47,8	40	56,6	75	CUMPLE
286	50,8	40	57,0	75	CUMPLE
287	52,7	40	56,9	75	CUMPLE
290	56,4	40	56,7	75	CUMPLE
297	44,1	40	57,5	75	CUMPLE
298	44,7	40	57,4	75	CUMPLE
299	46,8	40	57,3	75	CUMPLE
301	68,4	40	56,2	75	CUMPLE
302	69,6	40	56,2	75	CUMPLE
309	24,5	40	59,2	75	CUMPLE
315	36,9	40	58,1	75	CUMPLE
334	24,7	40	59,2	75	CUMPLE
344	49,3	40	56,6	75	CUMPLE
349	54,1	40	56,2	75	CUMPLE
351	33,6	40	58,5	75	CUMPLE
360	37,0	40	58,1	75	CUMPLE
367	39,9	40	57,8	75	CUMPLE

ID	Distancia (m)	velocidad (km/h)	Law (dB)	LIMITE (dB)	Resultados
375	65,7	40	55,7	75	CUMPLE
380	66,9	20	49,9	75	CUMPLE
383	66,6	20	49,7	75	CUMPLE
389	64,8	20	49,7	75	CUMPLE
422	45,6	20	50,8	75	CUMPLE
428	32,3	20	52,6	75	CUMPLE
178	57,5	100	64,6	75	CUMPLE
182	57,1	100	64,6	75	CUMPLE
183	57,8	80	62,7	75	CUMPLE
185	60,2	80	62,5	75	CUMPLE
186	63,5	80	62,4	75	CUMPLE
192	23,9	80	66,1	75	CUMPLE
195	38,6	80	63,9	75	CUMPLE
198	27,3	80	65,0	75	CUMPLE
203	22,4	80	66,4	75	CUMPLE
213	23,4	80	65,8	75	CUMPLE
218	14,2	60	66,7	75	CUMPLE
220	59,9	60	59,5	75	CUMPLE
221	12,8	60	67,5	75	CUMPLE
227	59,2	60	59,5	75	CUMPLE
231	15,5	60	66,1	75	CUMPLE
255	20,1	60	64,2	75	CUMPLE
269	17,5	60	65,3	75	CUMPLE
276	17,4	40	61,6	75	CUMPLE
280	46,4	40	57,3	75	CUMPLE
282	46,5	40	57,3	75	CUMPLE
285	61,1	40	55,9	75	CUMPLE
289	69,5	40	55,6	75	CUMPLE
291	58,9	40	56,6	75	CUMPLE
292	60,6	40	55,9	75	CUMPLE
303	22,5	40	60,4	75	CUMPLE
306	22,5	40	60,0	75	CUMPLE
314	64,4	40	55,8	75	CUMPLE
319	26,0	40	59,2	72	CUMPLE
340	35,3	40	58,3	75	CUMPLE

# 9.3. ÁMBITO NOGALES DE PISUERGA - MATAPORQUERA

Habiéndose estudiado el ámbito, se ha determinado que, los pasos de las circulaciones ferroviarias de alta velocidad no llegan a incumplir la normativa.

# 9.3.1. Bypass

En esta alternativa el trazado discurre por una zona en la que hay presentes edificaciones, que en función de su uso han de ser estudiadas y otras que por su uso no han de ser contempladas en el estudio. Tras el análisis realizado en las edificaciones que por el uso que aparece en la normativa de aplicación han de ser estudiadas se estima que no se producirán superaciones del límite normativo.

#### 9.3.2. Alternativa Este

Tras el análisis realizado de esta alternativa se determina que no hay superaciones del nivel Law en edificios próximos al trazado. Por otra parte, los edificios cercanos a la zona son de tipo industrial por lo que quedarían fuera del estudio.

#### 9.3.3. Alternativa Oeste

Tras el análisis realizado de esta alternativa se determina que no hay superaciones del nivel Law en los edificios que debido al uso contemplado en la normativa hayan de estudiarse.

#### 9.3.4. Alternativa Central

Tras el análisis realizado de esta alternativa se determina que no hay superaciones del nivel Law en edificios próximos al trazado. Por otra parte, los edificios cercanos a la zona son de tipo industrial por lo que quedarían fuera del estudio.

# 9.4. ÁMBITO MATAPORQUERA

Habiéndose estudiado el ámbito, se ha determinado que, los pasos de las circulaciones ferroviarias de alta velocidad no llegan a incumplir la normativa.

#### 9.4.1. Alternativa Este

En la Alternativa Este no se encuentra ningún edificio sensible a menos de 70 metros del eje de la vía estudiada.

#### 9.4.2. Alternativa Oeste

Tras el análisis realizado en esta alternativa se determina que no hay superaciones del nivel Law en ningún edificio cercano al trazado de tipología residencial, cultural / educativa o sanitario.

# 9.5. ÁMBITO MATAPORQUERA – REINOSA

Habiéndose estudiado el ámbito, se ha determinado que, los pasos de fuentes vibratorias no llegan a incumplir la normativa.

#### 9.5.1. Alternativa Este

Tras el análisis realizado en esta alternativa se determina que no hay superaciones del nivel Law en ningún edificio cercano al trazado.

#### 9.5.2. Alternativa Oeste

Tras el análisis realizado en esta alternativa se determina que no hay superaciones del nivel Law en ningún edificio cercano al trazado.

# 10. CONCLUSIONES

Se ha procedido a la realización del estudio de vibraciones que se adjunta dentro del Estudio Informativo de la línea de alta velocidad Nogales – Reinosa. En este documento se han estudiado aquellos receptores potencialmente susceptibles de afección vibratoria, y se ha formulado una metodología de cálculo de vibraciones en receptores al paso de trenes.

De las previsiones realizadas sobre el escenario futuro, se estima que, en los edificios de uso residencial, sanitario, educativo y cultural más cercanos a la futura actuación, no se superarán los niveles máximos de vibraciones permitidos por 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.

# Anexo 1. Certificados de los equipos de medición









M005 Calibraçã

# Metrologia Electro-Física Certificado de calibración

Fecha de Emissión 2013-02-19 Certificado nº. CACV237/13 Página 1 de 13

Instrumento SISTEMA DE MEDICIÓN DE VIBRACIÓN

Unidad de Lectura Acelerómetro Triaxial - Cuerpo-Entero

 Marca:
 SVANTEK
 Marca:
 PCB

 Modelo:
 SVAN 948
 Modelo:
 356B18

 Nº série:
 9026
 Nº série:
 88826

 Nº ident.:
 10
 Nº ident.:
 --

Cliente IAG - Ingeniería Acústica García-Calderón, S.L.L.

C/ Soto Hidalgo, 24 28042 Madrid

Fecha de 2013-02-19

Calibración

Condici<mark>ones</mark> Temperatura: 23,3 °C Humedad relativa: 51,4 %hr Presión atmosférica: 99,1 kPa

**Ambientales** 

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, Ka<mark>ssel (Alem</mark>ania - DKD),

Fluke A40/A40A, trazable a través del laboratorio INETI (Portugal).

Tiempo y Frecuencia, Hewlett Packard 58503A, trazable a través del Instituto Português 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.

eterminado comornie ai 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.

Calibrado por

Anidio Jantos

(/m//m

Responsável pela Validação

Emídio Santos

Luís Ferreira (Responsável Técnico)

instituto de soldadura e qualidade\_\_\_\_\_ labmetro@isq.pt

http://metrologia.isq.pt

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 **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



# CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Certificate of calibration

Número Number 14/34537472

Página 1 de páginas pages



GALTechnological Center SA

Campus UAB 08193 Bellaterra T +34 93 567 20 50 F +34 93 567 20 01 metrologia@appluscorp.com

OBJETO CALIBRADOR DE VIBRACIÓN

*ltem* 

MARCA RION

Mark

MODELO VE-10

Model

IDENTIFICACIÓN 33071634

Identification

SOLICITANTE INGENIERIA ACUSTICA GARCIA CALDERON

Applicant C/SOTO HIDALGO 24, LOCAL 8

28042 MADRID

FECHA/S DE CALIBRACIÓN 2014-10-24

Date/s of calibration

SIGNATARIO/S AUTORIZADO/S:

Authorized signatory/ies

Responsable Técnico / Technical Manager Técnico / Technician

GIL DEL RIO JORGE 27/10/2014 09:42:13 Código Seguro de Verificación (CSV): 272404402KGJF

Eusebi Ruiz Solà 27/10/2014 08:10:48

Este 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 e internacionales.

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 (I/AC)

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 transphility to national and international standards

ENAC is one of the signatories of the Multilateral Agreement of the European Cooperation for Accreditation (EA) and the International Laboratories Accreditation Cooperation (LAC).

This Certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of Applus

	~ Cal	libration	Certifi	icate ~							
Model Number:	333B50		J	Per ISO 16063-	21						
Serial Number:	30652										
Description:	ICP® Accelerometer		Method:	Back-to-Back (	`omnariso	n Calibration					
			Middle Co.	Duck to Duck t	Joinp <b>u</b> rise						
Manufacturer: PCB											
Calibration Data											
Sensitivity @ 100.0 Hz	1001	mV/g	Output Bias		11.4	VDC					
	(102.1	mV/m/s²)	Transverse Ser	ısitivity	4.6	%					
Discharge Time Constan	t 1.6	seconds	Resonant Frequ	iency	31.3	kHz					
			Sein-		2						
Sensitivity Plot  Temperature: 70 °F (21 °C)  Relative Humidity: 42 %											
3.0-	3.0-										
1.0-											
dB 0.0-											
-2.0-											
-3.0-\		100.0			1000.0	3000.0					
Hz Data Points											
Frequency (Hz)	Dev. (%)	Frequency (Hz)	Dev. (%)								
10.0	1.8	300.0	-0.8								
15.0	1.3	500.0	-1.2								
30.0	0.9	1000.0	-1.7								
50.0 REF, FREQ.	0.5	3000.0	-2.0								
KEF, FREQ.	0.0										
Acceleration Level (rms) <sup>1</sup> :	.00 g (9.81 ns/s²)#			Fixture Orientation: Vertical state of the value of the v							
= 0.010 x (freq) <sup>2</sup> .	stated displacement from reque	*The gravitational co	nstant used for culculations by	the calibration system is; ! g =	9.80665 m/s <sup>2</sup> .	Accelulation Level (g)					
Condition of Unit  As Found: n/a											
As Left: New Un	it, In Tolerance					25 Control 10 Control					
<b>Notes</b> 1. Calibration is NIST Traceable thru Project 822/271196 and PTB Traceable thru Project 5399.											
<ol><li>This certificate sh</li></ol>	all not be reproduc	ced, except in full, v	vithout written ap	proval from PCB	Piezotroni						
<ol> <li>Calibration is performed in compliance with ISO 9001, ISO 10012-1, ANSI/NCSL Z540-1-1994 and ISO 17025.</li> <li>See Manufacturer's Specification Sheet for a detailed listing of performance specifications.</li> </ol>											
5. Measurement uncertainty (95% confidence level with coverage factor of 2) for frequency ranges tested during calibration are as follows: 5-9 Hz; +/- 2.0%, 10-99 Hz; +/- 1.5%, 100-1999 Hz; +/- 1.0%, 2-10 kHz; +/- 2.5%.											
are as tollows: 5-9 Hz	; +/- 2.0%, 10-99 I	12; +/- 1.5%, 100-1!	ууу Hz; +/- 1.0%,	2-10 kHz; +/- 2.5	1%.						
Technician:	Alan Koetzle			Date:	01/17/	06					
<b>PCB</b> PIEZOTRONICS <sup>™</sup>											
AGGREDITED Gott No. 1882.01  3425 Walden Avenue Depew, NY 14043											
Cart No 1862,01 PAGE   of	TEL: 888	3425 Walden Avenue 3-684-0013 FAX:		www.pcb.com		cal4 - 3220394612.80					



Hoja 1 de 2

# CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN METROLÓGICA

Nº Certificado: VM-10331.00001

#### TRADELAB, S.L.

C/Margarita Salas, 16. Planta Baja, Local D. Parque Leganés Tecnológico. 28919. Leganés. (Madrid) Tel.: 910 851 560



CIF: B50771872

TRADELAB, S.L. es Organismo Autorizado de Verificación Metrológica de instrumentos utilizados para la medición de sonido audible y calibradores acústicos, con el nº 16-OV-1038 designado por la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid, según Resolución de 13/10/2014. Acreditado por ENAC con acreditación Nº OC-I/283.

TIPO VERIFICACIÓN: PERIÓDICA

> Según los criterios establecidos en la ORDEN de 16 de diciembre de 1998 por la que se regula el control metrológico del Estado sobre los instrumentos destinados a

medir niveles de sonido audible.

SOLICITANTE INGENIERIA ACU. GARCIA CALDERON (IAG)

C/ Soto Hidalgo, 24 local 8 MADRID (Madrid)

# IDENTIFICACIÓN EQUIPO

Sonómetro integrador-promediador 607 Descripción: Nº serie:

Marca: 01dBModelo: Symphonie

Refa cliente: 607

Nº aprobación modelo: 16-I-128 00002 Fecha verificación primitiva: 10/12/2003 Fecha última verificación: 03/12/2015 16-OV-1002 Organismo autorizado:

Utilización: Control sonoro

Lugar de ubicación: -Localidad/Provincia: MADRID (Madrid)

#### **ELEMENTOS ASOCIADOS:**

Nº serie: 38740 Micrófono: Marca: Gras Modelo: 40AF Pre-amplificador: Marca: GRAS Modelo: 26AK Nº serie: 38325

# CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Clase: Nivel de presión acústica de referencia: 94 dB Resolución: 0,1 dB Rango de medida: de 21 dB a 135 dB

1...4



## CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN METROLÓGICA

C/Margarita Salas, 16. Planta Baja, Local D. Parque Leganés Tecnológico. 28919. Leganés. (Madrid) Tel.: 910 851 560

Nº Certificado: VM-10331.00001

Hoja 2 de 2

Fecha verificación: 30 de noviembre de 2016

La validez de esta verificación es hasta el 30/11/2017, salvo que se produzca una modificación o reparación, lo que requerirá una nueva verificación.

RESULTADO DE LA VERIFICACIÓN: FAVORABLE

## **OBSERVACIONES:**

Precintos: 2 EXTERIORES

Se CERTIFICA que, a solicitud del titular del instrumento (sonómetro) objeto de la verificación, se ha realizado con el resultado indicado, el examen administrativo y las pruebas que se describen en la ORDEN ITC/2845/2007 de 25 de septiembre, por la que se regula el control metrológico del Estado de los instrumentos destinados a la medición del nivel de sonido audible.

Firmado por **Juan Monteiro** 

Fecha 13/12/2016 Área Tradelab

CSV 4Q14-H738-415C-C554 Dpto. METROLOGIA LEGAL

Técnico de Inspección: JUAN MONTEIRO YAGO

Firmado por Victor Marín Jimenez

Fecha 13/12/2016 Área Tradelab

CSV 4Q14-H738-415C-C554

La verificación se ha realizado aplicando el procedimiento interno PEV/TDL/004.

El contenido de este documento no debe ser reproducido parcial o totalmente sin la autorización escrita de TRADELAB.

Model Number:	rial Number: 23437						
Serial Number:			Method: Back-to-Back Comparison Calibration				
Description:							
Manufacturer:	PCB						
		Calibra	tion Data				
Sensitivity @ 100.0 Hz	10.39	V/g	Output Bias	11.7	VDC		
Sensitivity @ 10010 122	(1.059	V/m/s <sup>2</sup> )	Transverse Sensitivi	tv 0.6	%		
Discharge Time Constant	0.8	seconds	Resonant Frequency		Hz		
Te	mperature: 71 °F (22		tivity Plot Relative	Humidity: 47 %			
3.0-	imperature. 71 1 (22	C)					
2.0-							
dB 0.0-			×				
-1.0-							
-2.0-							
-3.0-\ 10.0		T T	100.0	7	450.0		
Hz		Date	Points				
Frequency (Hz)	Dev. (%)	Frequency (Hz	Dev. (%)				
10.0	1.6	300.0	-1.2				
15.0	1.0	450.0	-2.0				
30.0	0.7						
50.0	0.6						
REF. FREQ.	0.0						
Mounting Surface: Stainless Steel w/Silic				tation: Vertical			
Acceleration Level (rms)*: 0.1  'The acceleration level may be limited by s  - 0.010 x (freq) <sup>2</sup> .	haker displacement at low freque	encies. If the listed level cannot <sup>2</sup> The gravitation	be obtained, the calibration system uses the followal constant used for calculations by the calib	wing formula to set the vibration amplitud ration system is, $1 \text{ g} = 9.80665 \text{ m/s}^2$ .	e: Acceleration Level (g)		
-		Conditi	ion of Unit				
As Found: n/a	T. T. I						
As Left: New Uni	t, In Tolerance	1	Notes				
Calibration is NIS	T Traceable thru	Project 822/2740	86 and PTB Traceable th	ru Project 1060.			
<ol><li>This certificate sha</li></ol>	Il not be reproduc	ced, except in full	without written approva	from PCB Piezotronic	es, Inc.		
Calibration is perfect     See Manufacturer's	ormed in complia	nce with ISO 900 leet for a detailed	I, ISO 10012-1, ANSI/NO listing of performance spe	ob 2040-1-1994 and 1 ecifications.	DU 17045.		
5 Measurement unce	rtainty (95% cont	fidence level with	coverage factor of 2) for	frequency ranges tested	d during calibrati		
arc as follows: 5-9 Hz;	+/- 2.0%, 10-99	Hz; +/- 1.5%, 10	0-1999 Hz; +/- 1.0%, 2-	10 kHz; +/- 2.5%.			
Technician:	J	ose Ramos	Da	te: 11/28	/07		
	•	PCBP	IEZOTRONICS"				
ACCREDITED		1	VIBRATION DIVISION				
CALIBRATION CERT #1862.01		3425 Walden Aven	ue · Depew, NY 14043				

		~ Cal	ibrati	on Certif	icate	~			
Model Number		393B		,	Per ISO 16	5063-21			
Serial Number:	mber: 23437								
Description:	No. 100 P. Company Co. 100 P. Co		Method:	Back-to-Ba	ck Comparison	Calibration			
Manufacturer:									
			Cali	brution Data					
Sensitivity @ 1	100.0 Hz	Iz 10.39 V/g		Output Bias	Output Bias 11.7 VDC				
24		(1.059	V/m/s <sup>2</sup> )	Transverse Se	ensitivity	0.6	%		
Discharge Time	Constant	0.8	seconds	Resonant Fre	•	3001.7	Hz		
	<b>P</b>	71 00 /00		nsitivity Plot	Palatina Unmidie	- 47 %			
3.0-	Tempe	erature: 71 °F (22	()		Relative Humidity	. 1070	1000		
2.0-									
1.0-									
dB 0.0-				artically (san		214 II 1	ALIA I		
-2.0-									
-3.0-				, , , , , , ,	2.0	r	450.0		
Hz 10.0			7	100 Data Points	J.U		450.0		
Frequency	√ (Hz) □	ev. (%)	Frequency						
10.0	y (112) D	1.6	300.0	-1.2					
15.0		1.0	450.0	-2.0					
30.0		0.7							
50.0		0.6							
REF. FRE	EQ.	0.0							
		irease Coating Fastener: (0.981 m/s <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> displacement at low frequency	ncies. If the listed level o	cannot be obtained, the calibration system vitational constant used for calculations	Fixture Orientation: Vertice uses the following formula to by the calibration system	to set the vibration amplitude	: Acceleration Level (g)		
As Found:	n/a		Con	idition of Unit					
As Found: As Left:	New Unit, I	n Tolerance							
This cer     Calibrat     See Man     Measure	tificate shall r tion is perform nufacturer's Sp ement uncertai ws: 5-9 Hz; +/	not be reproducted in compliant becification Shinty (95% configure 2.0%, 10-99	eed, except in nce with ISO seet for a detail	Avenue · Depew, NY	pproval from P NSI/NCSL Z54 ance specification (2) for frequence (3), 2-10 kHz; Date:	CB Piezotronica 0-1-1994 and Isons. By ranges tested	during calibration		
PAGE 1 of 1		TEL: 88	8-684-0013	FAX: 716-685-3886	www.pcb.com		CAL63 - 32791196		

## **Anexo 2. Planos**

VÍA CONVENCIONAL

RUIDO



ÁMBITO DE ESTUDIO 70m

ZONAS DE SENSIBILIDAD ACÚSTICA Y USOS DEL SUELO



RESIDENCIAL



INDUSTRIAL



TERCIARIO



EDUCATIVO/CULTURAL



INFRAESTRUCTURAS



OTROS

ALTERNATIVA OESTE

HOJA 1 DE 8

HOJA 2 DE 8

/IBRACIONES\1\_INVENTARIO\_EDIF.dwg

HOJA 7 DE 8

ÁMBITO DE ESTUDIO 70m

ZONAS DE SENSIBILIDAD ACÚSTICA Y USOS DEL SUELO

RESIDENCIAL



INDUSTRIAL



TERCIARIO



EDUCATIVO/CULTURAL



INFRAESTRUCTURAS



OTROS



ALTERNATIVA CENTRO

HOJA 2 DE 8

P:2017/17/12/6/02\_doc\_lecnica/02\_03. Ejecución/DELINEACION/03. Est Inf Nogales Reinosa/DOC 4/Ap VIBRACIONES/2\_INVENTARIO\_EDIF

HOJA 5 DE 8

P:2017171276(02\_doc\_tecnica)(02.03. Ejecución/DELINEACIÓN)(03. Est Inf Nogales Reinosa)(DOC 4/Ap VIBRACIÓNES)2\_INVENTARIO\_EDIF

HOJA 6 DE 8

P./2017/1712/6/02\_doc\_teonica/02.03. Ejecudón/DELINEACION/03. Est Inf Nogales Reinosa/DOC 4/Ap VIBRACIONES/2\_INVENTARIO\_EDIF d.

HOJA 7 DE 8

HOJA 8 DE 8

P://2017/1712/6/02\_doc\_lecnica/02.03. Ejecucion/DELINEACION/03. Est Inf Nogales Reinosa/DOC 4/Ap VIBRACIONES/2\_INVENTARIO\_E

ÁMBITO DE ESTUDIO 70m

ZONAS DE SENSIBILIDAD ACÚSTICA Y USOS DEL SUELO

RESIDENCIAL



INDUSTRIAL



TERCIARIO



EDUCATIVO/CULTURAL



INFRAESTRUCTURAS



OTROS



ALTERNATIVA ESTE

NOGALES DE PISUERGA-REINOSA

HOJA 2 DE 8

P:201717127602\_doc\_tecnica/02.03. Ejecudón/DELINEACION/03. Est Inf Nogales Reinosa/DOC 4/Ap VIBRACIONES/3\_INVENTARIO\_EDIF.d

HOJA 5 DE 8

P:\2017/171276\02\_doc\_tecnica\02.03. Ejecución\DELINEACIÓN\03. Est Inf Nogales Reinosa\DOC 4\Ap VIBRACIONES\3\_INVENTAR\

HOJA 6 DE 8

P:2017/171276/02\_doc\_tecnical02.03. EjecuciónIDELINEACIÓNI03. Est Inf Nogales ReinosalDOC 4/Ap VIBRACIONES/3\_INVENTARIO\_E

HOJA 7 DE 8

P:\2017/171276\02\_doc\_tecnica\02.03. Ejecución\DELINEACION\03. Est Inf Nogales Reinosa\DOC 4\Ap VIBRACIONES\3\_INVENT

HOJA 8 DE 8

ÁMBITO DE ESTUDIO 70m

ZONAS DE SENSIBILIDAD ACÚSTICA Y USOS DEL SUELO

RESIDENCIAL



INDUSTRIAL



TERCIARIO



EDUCATIVO/CULTURAL



INFRAESTRUCTURAS

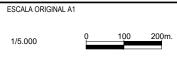


OTROS



DE LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD NOGALES DE PISUERGA-REINOSA





Nº DE PLANO: Nº DE HOJA:

TÍTULO DE PLANO:

ALTERNATIVA OESTE

HOJA 2 DE 3

ÁMBITO DE ESTUDIO 70m

ZONAS DE SENSIBILIDAD ACÚSTICA Y USOS DEL SUELO

RESIDENCIAL



INDUSTRIAL



TERCIARIO



EDUCATIVO/CULTURAL



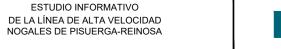
INFRAESTRUCTURAS



OTROS

MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA

ESTUDIO INFORMATIVO







Nº DE PLANO: 5 Nº DE HOJA:

TÍTULO DE PLANO:

ÁMBITO DE ESTUDIO 70m

ZONAS DE SENSIBILIDAD ACÚSTICA Y USOS DEL SUELO

RESIDENCIAL



INDUSTRIAL



TERCIARIO



EDUCATIVO/CULTURAL



INFRAESTRUCTURAS



OTROS

ÁMBITO DE ESTUDIO 70m

ZONAS DE SENSIBILIDAD ACÚSTICA Y USOS DEL SUELO

RESIDENCIAL



INDUSTRIAL



TERCIARIO



EDUCATIVO/CULTURAL



INFRAESTRUCTURAS



OTROS

r.us. EjecudoniDELINEAUIONius. Est inf Nogales KeinosaiDOC 4/Ap VIBKACIONES//\_INVENTAKIO\_EDIF.awg