

Expediente número: **T 334.200 / 2021****MAYO 2021**

**PLIEGO de PRESCRIPCIONES TÉCNICAS
PARTICULARES para la LICITACIÓN del
CONTRATO de SERVICIOS para
“REDACCIÓN de PROYECTO y DIRECCIÓN
de OBRA de JUNTAS para MITIGACIÓN DE
EFECTOS DINÁMICOS en las ESTRUCTURAS
de CUBRIMIENTO del FFCC en la CONEXIÓN
FUNCIONAL de la AVENIDA del TENOR
FLETA con RONDA HISPANIDAD”**

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>
Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



MTE5LZ10NjUyNTUvVDE\$

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 1 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

ÍNDICE.

I. NECESIDAD, OBJETO y PROBLEMÁTICA

I.1. NECESIDAD del CONTRATO y PROBLEMÁTICA A RESOLVER

I.2. OBJETO del PLIEGO

II DESARROLLO de los TRABAJOS

II.1. DIRECCIÓN de los TRABAJOS

II.2. ÁMBITO de PROYECTO y OBRA

II.3. ALCANCE de los TRABAJOS a REALIZAR

III. CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS PARTICULARES

III.1. PRESUPUESTO del CONTRATO de SERVICIOS

III.2. PLAZO de EJECUCIÓN del CONTRATO

III.3. FÓRMULA de REVISIÓN de PRECIOS

III.4. CONDICIONES PARTICULARES de SOLVENCIA TÉCNICA o PROFESIONAL

III.5. JUSTIFICACIÓN de la ELECCIÓN del PROCEDIMIENTO

III.6. INFORMACIÓN a DISPOSICIÓN de los LICITADORES

III.7. CRITERIOS y BAREMOS de VALORACIÓN.

III.8. DOCUMENTACIÓN NECESARIA para la VALORACIÓN de las OFERTAS

III.9. PLAZO y LUGAR para PRESENTACIÓN las OFERTAS

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>

Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



MTESLZ10NjUyNTUvVDE\$

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 2 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

Expediente número: **T 334.200 / 2021**

I. NECESIDAD, OBJETO y PROBLEMÁTICA

I.1. NECESIDAD del CONTRATO y PROBLEMÁTICA A RESOLVER

Con fecha 28 de noviembre de 2018 se notificó formalmente la resolución de 13 de noviembre de 2018 de las Entidades Públicas Empresariales ADIF y ADIF Alta Velocidad de la "Autorización a favor de Ayuntamiento de Zaragoza. Consejería de urbanismo y sostenibilidad, Servicio de ingeniería de desarrollo urbano, Dirección de servicios de planificación y diseño urbano, para realizar las "OBRAS de CONEXIÓN FUNCIONAL de la AVENIDA del TENOR FLETA con la RONDA de la HISPANIDAD (Z-30), y que afecta a la zona de protección ferroviaria sobre el cubrimiento existente con ocupación del vuelo entre los PP.KK. 311/150 a 311/900 de vías 3 y 4 de la línea de alta velocidad Madrid - Zaragoza - Barcelona - Frontera Francesa y los correspondientes PP.KK. 343/670 a 344/230 de la línea de red convencional Zaragoza - Barcelona por Caspe, Término Municipal de Zaragoza".

Entre las prescripciones técnicas de la autorización se establece que previamente al inicio de las obras se realice una nueva prueba de carga que verifique la adecuada respuesta de las estructuras a las hipótesis de diseño.

En marzo de 2019 se redactó el Proyecto de prueba de carga de dos secciones del cubrimiento existente sobre el FFCC en la prolongación de la Avenida Tenor Fleta en Zaragoza, la primera de ellas en el tramo 1 del cubrimiento situado al noroeste del Camino de Cabaldós y la segunda en el tramo 2 del cubrimiento situado al sureste del citado Camino, ambas en estructuras de un único vano.

El 10 de mayo de 2019 se realizó la prueba de carga de ambas estructuras, señalando el informe técnico de la misma que tanto durante los trabajos previos a su realización como durante la misma se observaron vibraciones de cierta importancia al paso de pequeños equipos de aproximadamente 2 toneladas de peso en la primera estructura, la más cercana al final de la actual avenida, de 265 m de longitud y 15,20 de anchura.

Asimismo, el acta de la prueba de carga recomendaba la realización de un nuevo estudio teórico de análisis dinámico de la estructura de cubrimiento del ferrocarril previamente a la ejecución de obras en dicha zona para comprobar que cumple los "Criterios funcionales relativos a vibraciones" de la Orden FOM/2842/2011, de 29 de septiembre, por la que se aprueba la Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP-11).

En diciembre de 2020 Tyspa ingenieros consultores y arquitectos redactó por encargo del Ayuntamiento de Zaragoza el "Estudio teórico de análisis dinámico de la estructura de cubrimiento del FFCC en la conexión funcional de la avenida de Tenor Fleta con Ronda Hispanidad (Zaragoza)", en el que se analizaba la problemática existente y se proponían posibles soluciones a desarrollar posteriormente a través de un proyecto específico de juntas para la mitigación de los efectos dinámicos.

En febrero de 2021 desde el Área de mantenimiento de ADIF Alta Velocidad se señalan un conjunto de observaciones a tener en cuenta en la solución que finalmente se proyecte para las juntas entre las estructuras existentes en el cubrimiento del ferrocarril en Tenor Fleta.

Las obras de conexión funcional de la avenida del Tenor Fleta con Ronda Hispanidad están en fase de ejecución, por lo que resulta urgente y necesaria la redacción del proyecto el presente pliego para acometer su ejecución, coordinadamente con el resto de la obra, lo antes posible.

 Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>

 Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>


MTE5L3IONJyNTUVDE\$

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 3 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

I.2. OBJETO del PLIEGO

El objeto de las presentes condiciones técnicas particulares es precisar los requisitos técnicos del servicio a realizar y las condiciones de la licitación del contrato de servicios para la "REDACCIÓN de PROYECTO y DIRECCIÓN de OBRA de JUNTAS para MITIGACIÓN de EFECTOS DINÁMICOS en las ESTRUCTURAS de CUBRIMIENTO del FFCC en la CONEXIÓN FUNCIONAL de la AVENIDA del TENOR FLETA con RONDA HISPANIDAD".

Para los trabajos objeto del presente contrato son de aplicación todas las normas, instrucciones, recomendaciones y pliegos oficiales vigentes, y en especial las instrucciones y recomendaciones que establezcan, por razón de su competencia, los Servicios Técnicos del Ayuntamiento de Zaragoza.

II. DESARROLLO de los TRABAJOS

II.1. DIRECCIÓN de los TRABAJOS

La unidad encargada del seguimiento y ejecución ordinaria del contrato objeto del presente pliego es el Servicio de ingeniería de desarrollo urbano de la Dirección de servicios de planificación y diseño urbano. Su misión es la supervisión del desarrollo del contrato y la adopción de las decisiones e instrucciones necesarias con el fin de asegurar la correcta redacción del "REDACCIÓN de PROYECTO y DIRECCIÓN de OBRA de JUNTAS para MITIGACIÓN DE EFECTOS DINÁMICOS en las ESTRUCTURAS de CUBRIMIENTO del FFCC en la CONEXIÓN FUNCIONAL de la AVENIDA del TENOR FLETA con RONDA HISPANIDAD".

El adjudicatario estará a disposición de la Dirección de los trabajos para facilitar los datos o celebrar las consultas que resulten necesarias durante la redacción del proyecto y dirección de obra.

Durante el período de prestación del servicio el adjudicatario celebrará reuniones periódicas con dicho personal técnico en las que dará cuenta de la marcha de los trabajos, y levantará acta de todas ellas, así mismo, atenderá a las indicaciones y orientaciones que realice la Dirección de los trabajos. También estará a disposición para la asistencia a las reuniones de coordinación con el ADIF y la Dirección de obra de la Conexión que fueran precisas.

II.2. ÁMBITO del PROYECTO y OBRA

El ámbito del proyecto y de la dirección de las correspondientes obras abarca dos ámbitos:

- Por una parte las juntas existentes entre las estructuras de cubrimiento del ferrocarril entre los PP.KK. 311/150 a 311/415 de vías 3 y 4 de la línea de alta velocidad Madrid - Zaragoza - Barcelona - Frontera Francesa y los correspondientes PP.KK. 343/670 a 344/835 de la línea de red convencional Zaragoza - Barcelona por Caspe, Término Municipal de Zaragoza, entre el final actual de la avenida del Tenos Fleta y el camino de Cabaldós, donde se han puesto de manifiesto los problemas dinámicos.
- Por otra parte las juntas en el cubrimiento ferrocarril entre los PP.KK. 311/450 a 311/900 de vías 3 y 4 de la línea de alta velocidad Madrid - Zaragoza - Barcelona - Frontera Francesa y los correspondientes PP.KK. 343/835 a 344/230 de la línea de red convencional Zaragoza - Barcelona por Caspe, Término Municipal de Zaragoza, entre el camino de Cabaldós y la Ronda de la Hispanidad, donde debe realizarse una memoria valorada de la solución constructiva a ejecutar sobre las juntas estructurales del cubrimiento a los efectos de evitar su propagación a la superficie de la urbanización en ejecución.

4 de 12

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>

Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



MTESLZJUNYNTUVDES

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 4 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

Expediente número: **T 334.200 / 2021**
II.3. ALCANCE de los TRABAJOS a REALIZAR

En relación con la REDACCIÓN del PROYECTO:

El objeto del contrato es la redacción del proyecto de juntas para mitigación de efectos dinámicos en las estructuras de cubrimiento del ferrocarril entre los PP.KK. 311/150 a 311/415 de vías 3 y 4 de la línea de alta velocidad Madrid - Zaragoza - Barcelona - Frontera Francesa y los correspondientes PP.KK. 343/670 a 344/835 de la línea de red convencional Zaragoza - Barcelona por Caspe, Término Municipal de Zaragoza, entre el final actual de la avenida del Tenos Fleta y el camino de Cabaldós, donde se han puesto de manifiesto los problemas dinámicos.

Para el proyecto de las soluciones de mitigación de vibraciones deberá tenerse en cuenta:

- Los "Criterios funcionales relativos a vibraciones" de la Orden FOM/2842/2011, de 29 de septiembre, por la que se aprueba la Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP-11).
- Las soluciones propuestas en el "Estudio teórico de análisis dinámico de la estructura de cubrimiento del FFCC en la conexión funcional de la avenida de Tenor Fleta con Ronda Hispanidad (Zaragoza)" de diciembre de 2020.
- Se dará cumplimiento a las observaciones realizadas en febrero de 2021 desde el Área de mantenimiento de ADIF Alta Velocidad

También se debe realizar una memoria valorada con la solución constructiva a ejecutar sobre las juntas estructurales del cubrimiento del ferrocarril entre los PP.KK. 311/450 a 311/900 de vías 3 y 4 de la línea de alta velocidad Madrid - Zaragoza - Barcelona - Frontera Francesa y los correspondientes PP.KK. 343/835 a 344/230 de la línea de red convencional Zaragoza - Barcelona por Caspe, Término Municipal de Zaragoza, entre el camino de Cabaldós y la Ronda de la Hispanidad a los efectos de evitar su propagación a la superficie de la urbanización en ejecución.

Por último se establecerá el protocolo para la ejecución de la prueba de carga dinámica una vez finalizada las obras: instrumentación necesaria para el registro continuo de la estructura, realización de la prueba de carga dinámica, contenido del informe de resultados, ...

En relación con la DIRECCIÓN de OBRA:

Los trabajos a realizar por el Consultor a lo largo del contrato de dirección de obra se enmarcan dentro de los previstos al caso en la legislación de contratos del estado y a lo indicado en el presente pliego, e incluye todas las actuaciones necesarias para asegurar la correcta ejecución de las obras.

Los trabajos y actividades principales que se llevarán a cabo dentro del contrato de servicios son:

- Trabajos previos durante la ejecución de las obras.
- Estudio y coordinación con el proyecto de "Conexión funcional de la avenida del Tenor Fleta con Ronda Hispanidad Fase 1" actualmente en ejecución.
- Análisis y estudio de los condicionantes técnicos derivados de la autorización de Adif y Adif-Alta Velocidad para la ejecución de las obras.
- De acuerdo con el Reglamento de ejecución (UE) N° 402/2013 de la Comisión de 30 de abril de 2013, relativo a la adopción de un método común para la evaluación y valoración del riesgo, el consultor deberá verificar que en el proyecto de "Conexión Funcional" existe un Anejo de Evaluación y Valoración de Riesgos o, alternativamente, que en el proyecto existe un acta de equipo de técnicos

5 de 12

 Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>

 Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>


MTE5LZ10N1JyNTUVDES\$

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 5 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

especializados que ratifica la no significatividad de la actuación planteada y expresada previamente por el proyectista.

- En el caso de existencia del anejo de Evaluación de riesgos mencionado, se habrán de extraer del mismo los riesgos exportados a fase de construcción que pudieran existir, de forma que pueda procederse a su verificación durante la fase de ejecución de las obras.
- Trabajos durante la ejecución de las obras.
 - Dirección técnica de las obras y seguimiento de su ejecución.
 - Análisis de riesgos. Se procederá al seguimiento de los riesgos exportados desde fase de proyecto a fase de construcción si los hubiera, de forma que estén convenientemente mitigados.
 - Relaciones con otros organismos y administraciones: coordinación con la obra general y con ADIF.
- Trabajos previos a la recepción de las obras.
 - Redacción de un informe final sobre la ejecución de las juntas proyectadas.
 - Seguimiento e informe final de la prueba de carga dinámica que se proyecte.
- Trabajos durante la garantía y liquidación de las obras.
 - Informe en el caso que durante el período de garantía de las obras se detecte algún fallo o efecto no previsto en la solución proyectada.

III. CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS PARTICULARES

Para la licitación del contrato de servicios de "REDACCIÓN de PROYECTO y DIRECCIÓN de OBRA de JUNTAS para MITIGACIÓN de EFECTOS DINÁMICOS en las ESTRUCTURAS de CUBRIMIENTO del FFCC en la CONEXIÓN FUNCIONAL de la AVENIDA del TENOR FLETA con RONDA HISPANIDAD". se tendrán en cuenta las siguientes cláusulas, de acuerdo con el artículo 116.4 de la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de contratos del sector público.

III.1. PRESUPUESTO del CONTRATO de SERVICIOS

El presupuesto de licitación sin IVA asciende a la cantidad de CATORCE MIL NOVECIENTOS EUROS (14.900 €).

El IVA del proyecto asciende a la cantidad de TRES MIL CIENTO VEINTINUEVE EUROS (3.129 €).

Por lo tanto, el presupuesto total para la licitación del contrato de servicios para la "REDACCIÓN de PROYECTO y DIRECCIÓN de OBRA de JUNTAS para MITIGACIÓN de EFECTOS DINÁMICOS en las ESTRUCTURAS de CUBRIMIENTO del FFCC en la CONEXIÓN FUNCIONAL de la AVENIDA del TENOR FLETA con RONDA HISPANIDAD", asciende a la cantidad de DIECIOCHO MIL VEINTINUEVE EUROS (18.029 €) IVA incluido.

El presupuesto del contrato, es decir, la cantidad por la cual el Consultor se compromete a realizar los trabajos de acuerdo con el presente pliego, es el que se establezca en el procedimiento de adjudicación, y corresponderá a la oferta del consultor adjudicatario. El presupuesto se entiende totalmente cerrado, y no habrá lugar a revisión del mismo por ningún concepto.

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>

Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



MTESLZ10NjUyNTUVDES

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 6 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

Expediente número: **T 334.200 / 2021**

III.2. PLAZO de EJECUCIÓN del CONTRATO

El plazo para la ejecución del contrato de servicios es de 3 MESES divididos en tres períodos:

- 1 mes para la redacción del proyecto contado desde la notificación de la adjudicación.
- 1 mes para la dirección de obra que se coordinará con la ejecución de la obra general.
- 1 mes para la preparación e informe final de la prueba dinámica.

III.3. FÓRMULA de REVISIÓN de PRECIOS

No procede.

III.4. CONDICIONES PARTICULARES de SOLVENCIA TÉCNICA o PROFESIONAL

La naturaleza del servicio a desarrollar, en el que resulta fundamental la modelización estructural, exige la presencia en el equipo redactor de técnicos con probada experiencia en la realización de proyectos de análisis dinámico de estructuras.

Por lo indicado en el párrafo anterior en los requisitos de solvencia técnica es necesario garantizar que el licitador proponga la adscripción a la ejecución del contrato de un técnico con la experiencia que se indica, que se señalan a continuación.

- 1 ingeniero de caminos, canales y puertos con experiencia mínima de 5 años en estudios similares.

La solvencia técnica de la empresa o profesionales licitadores se acreditará de acuerdo con el artículo 90 de la LCSP/2017, presentando específicamente para este caso la documentación acreditativa de la titulación exigida y de la correspondiente colegiación profesional del técnico que actuarán en calidad de redactores del estudio, con breve indicación de su currículum, trabajos profesionales más significativos en relación con el objeto del contrato, especialidad curricular, y tiempo de dedicación al desarrollo del mismo.

III.5. JUSTIFICACIÓN de la ELECCIÓN del PROCEDIMIENTO

Se propone licitar el contrato a través de un procedimiento abierto, por tratarse del sistema ordinario más comúnmente empleado, no presentando el objeto del contrato ninguna singularidad que motive la elección de otro procedimiento.

III.6. INFORMACIÓN A DISPOSICIÓN de los LICITADORES

Para la licitación se pone a disposición de los concursantes en formato digital la aprobación definitiva del proyecto de "Estudio teórico de análisis dinámico de la estructura de cubrimiento del FFCC en la conexión funcional de la avenida de Tenor Fleta con Ronda Hispanidad (Zaragoza)" que se incluye como anejo a este pliego.

Por otra parte, se incluyen a continuación las observaciones realizadas al estudio por ADIF que deben cumplimentarse en el desarrollo del proyecto:

- En la primera parte del documento se estudia el comportamiento dinámico del tablero actual (sin capa de firme y con futura capa de firme) con un barrido de velocidades desde 10km/h hasta 80km/h con incrementos de 10km/h. Sin embargo en los casos con las soluciones propuestas de recrado de la losa y de los vanos conectados solo se realiza el análisis a la velocidad de 80km/h. Creemos que aunque puede no haber muchas diferencias, 80km/h no tiene por qué ser la velocidad más desfavorable, de hecho las aceleraciones máximas y mínimas absolutas con la situación actual del tablero ocurren a velocidades de 30km/h.



NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 7 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

- En el estudio realizado tampoco se especifica la geometría del vehículo tipo utilizado en los cálculos. La distancia entre ejes, el número de ejes del vehículo puede afectar a la respuesta de la estructura. También dependerá de la geometría del vehículo la velocidad a la que se puedan ver incrementadas las vibraciones del tablero.
- Tampoco se indican las frecuencias naturales y los modos de vibración asociados obtenidos para las diferentes propuestas:
 - Frecuencias naturales y modos de vibración asociados cuando se conectan dos tramos.
 - Frecuencias naturales y modos de vibración asociados cuando se realiza el recrado del tablero en los extremos.

Lo normal es que la frecuencia fundamental sea mayor que en la situación inicial, incluso podría darse el caso que el primer modo de vibración que inicialmente era de torsión, ahora con las propuestas planteadas podría haber cambiado.

- Para el estudio dinámico del tablero con las propuestas planteadas se siguen utilizando los mismos puntos de estudio 1588, 2353 y 3135. Estos puntos inicialmente correspondían con los dos extremos y el centro del vano (0, L/2 y L). Con las nuevas propuestas (dos tramos conectados) corresponden con 0, L/4 y L/2. Como se explica en el informe, el comportamiento de los extremos del tablero es peor que en el interior, principalmente por el efecto del borde libre, por lo tanto para las propuestas realizadas sería lógico estudiar los puntos correspondientes a 0, L/2 y L correspondientes a la longitud de dos tramos conectados.

III.7. CRITERIOS y BAREMOS de VALORACIÓN.

Se estima conveniente emplear más de un criterio de valoración para la adjudicación del contrato (artículo 145.3 de la LCSP/2017) debido tanto a su carácter intelectual y complejidad, como a las especiales características de las obras a proyectar y dirigir, por lo que se concretan a continuación los baremos que se proponen como criterios de valoración de las ofertas.

En la tabla siguiente se resume las puntuaciones máximas para cada uno de los criterios de valoración.

CRITERIOS de VALORACIÓN	PUNTUACIÓN MÁXIMA
A. CRITERIOS que REQUIEREN un JUICIO de VALOR	
A.1 MEMORIA TÉCNICA	45
B CRITERIOS VALORABLES MEDIANTE la APLICACIÓN de FÓRMULAS	
B.1 OFERTA ECONÓMICA	55
TOTAL	100

A	CRITERIOS que REQUIEREN un JUICIO de VALOR
A.1	MEMORIA TÉCNICA Hasta 45 puntos

JUSTIFICACIÓN

Al tratarse de un contrato de proyecto y dirección de obra cuya ejecución está condicionada por la coordinación con el proyecto y obra general en ejecución, se justifica la aplicación de más de un criterio de valoración conforme al artículo 145.3.d de la LCSP/2017.

PUNTUACIÓN MÁXIMA

La máxima puntuación para este criterio será de hasta 45 puntos.

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>

Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



MTESLZJUNYNTUVDES

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 8 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

Expediente número: **T 334.200 / 2021**
CRITERIO de VALORACIÓN

Se adoptará como criterio de asignación de puntos los siguientes parámetros:

MEMORIA TÉCNICA.	Puntuación máxima 45 puntos
Parámetros de valoración	Puntuación Máxima
Organización de la asistencia técnica y medios a emplear	30
Calidad de la propuesta técnica	15
TOTAL	45

A.2.1 ORGANIZACIÓN de la ASISTENCIA TÉCNICA y MEDIOS a EMPLEAR Hasta 30 puntos

La máxima puntuación para este apartado será de 30 puntos.

Se valora el enfoque global del trabajo, la metodología a emplear, el grado de adecuación de los programas y medios previstos a los trabajos a realizar y el cumplimiento de los requisitos del pliego técnico descritos en la Memoria general.

Se describirá el planteamiento global de los trabajos a realizar y la metodología a emplear en la redacción del proyecto y dirección de obra concreto objeto de licitación. Se valorará, entre otros, la identificación de los principales fases de los trabajos y los puntos críticos, de acuerdo con el objeto del contrato, definiendo un programa justificado de ejecución (etapas, plazos parciales y totales, ...) con base en las principales actividades a desarrollar y sus correspondientes estimaciones de tiempos.

Se justificará la programación de la asistencia técnica para dar cumplimiento a los objetivos descritos en el pliego, indicando el organigrama con los medios humanos y materiales que se pondrán a disposición para la prestación del servicio, exposición de currículos y tareas a asumir por cada uno, colaboradores especialistas, etc., siendo objeto de valoración los medios que superen los establecidos como mínimos en el apartado de solvencia técnica o profesional. En la justificación podrán tenerse en cuenta referencias propias, debidamente acreditadas. También será objeto de valoración el grado de análisis previo del estudio que se obtenga del análisis de la documentación puesta a disposición de los licitadores.

A.2.2 CALIDAD de la PROPUESTA TÉCNICA Hasta 15 puntos

La máxima puntuación para este apartado será de 15 puntos.

Se describirán los planteamientos técnicos que se proponen para el proyecto referidos a la calidad de los resultados: planteamiento general, programas de cálculo de estructuras a emplear, secciones y tramos a estudiar, referencias propias, condicionantes normativos, ... que demuestren la viabilidad de un estudio teórico de calidad.

Se valorará la propuesta de calidad descrita en la Memoria técnica.

En un máximo de 5.000 palabras (equivalente a 10 folios a una cara) se expondrá todos los aspectos relativos a este criterio técnico y que se valora dentro de los criterios que requieren un juicio de valor. En ella se explicarán las características de la oferta.

 Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>
 Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>


NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 9 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

B	CRITERIOS VALORABLES MEDIANTE la APLICACIÓN de FÓRMULAS
---	---

B.1	OFERTA ECONÓMICA	Hasta 55 puntos
-----	------------------	-----------------

CRITERIO de VALORACIÓN

Conforme a la resolución 794/2019 del Tribunal Administrativo Central de Recursos Contractuales, la fórmula matemática para valorar la oferta económica de cada licitador (P económica oferta i) es:

$$P_{\text{económica oferta i}} = 55 \times \left\{ K_1 \times \left[\left(\frac{B_i}{B_1} \right) \right] \right\} \quad \text{si } B_i \leq B_1$$

$$P_{\text{económica oferta i}} = 55 \times \left\{ K_1 + \left[(K_2 - K_1) \times \frac{B_i - B_1}{B_2 - B_1} \right] \right\} \quad \text{si } B_1 < B_i \leq B_2$$

$$P_{\text{económica oferta i}} = 55 \times \left\{ K_2 + \left[(K_3 - K_2) \times \frac{B_i - B_2}{B_3 - B_2} \right] \right\} \quad \text{si } B_2 < B_i \leq B_3$$

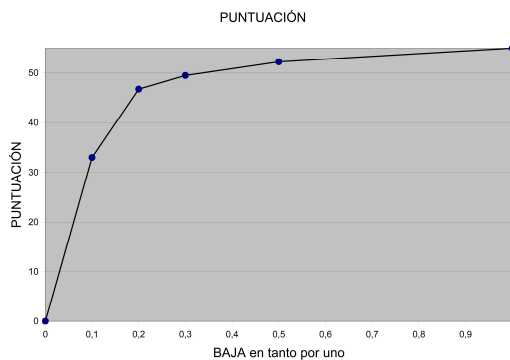
$$P_{\text{económica oferta i}} = 55 \times \left\{ K_3 + \left[(K_4 - K_3) \times \frac{B_i - B_3}{B_4 - B_3} \right] \right\} \quad \text{si } B_3 < B_i \leq B_4$$

$$P_{\text{económica oferta i}} = 55 \times \left\{ K_4 + \left[(1 - K_4) \times \frac{B_i - B_4}{1 - B_4} \right] \right\} \quad \text{si } B_i > B_4$$

donde: $B_i = \frac{\text{Precio de licitación} - \text{Precio de la oferta i}}{\text{Precio de licitación}}$

$P_{\text{económica oferta i}}$	Puntuación obtenida por la oferta i	B_i es la baja de la oferta i en tanto por uno
$K_1 = 0,60$		$B_1 = 0,10$
$K_2 = 0,85$		$B_2 = 0,20$
$K_3 = 0,90$		$B_3 = 0,30$
$K_4 = 0,95$		$B_4 = 0,50$

En el gráfico siguiente se representa la fórmula de la valoración de la oferta económica para una mejor comprensión.



NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 10 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

Expediente número: **T 334.200 / 2021**

III.8. DOCUMENTACIÓN NECESARIA para la VALORACIÓN de las OFERTAS

Para la valoración técnica de las ofertas es necesario que cada licitador aporte la documentación que se indica a continuación en relación con los criterios de valoración.

Todos los aspectos que aparezcan recogidos en la oferta tendrán carácter contractual, siendo exigibles sin contraprestación económica alguna por encima de la oferta económica presentada.

Deberán presentarse 2 sobres cerrados y enumerados con la documentación que se indica a continuación, indicando en cada uno el nombre y apellidos de quien firme la proposición y el carácter con el que lo hace, es decir, si se efectúa en nombre propio o en representación de otra persona o entidad, todo ello de forma legible, el CIF, el domicilio a efectos de notificaciones, teléfono, fax y correo electrónico. Asimismo se especificará en los sobre el objeto del contrato.

SOBRE Nº 1:

La oferta incluirá aquellos documentos que sean precisos para la valoración de los criterios que dependen de un juicio de valor.

MEMORIA GENERAL

En un máximo de 5.000 palabras (equivalente a 10 folios a una cara) se expondrá la propuesta técnica que se valora dentro de los criterios que requieren un juicio de valor, en la que se incluirá la descripción y justificación de las características técnicas de la oferta, incluidas las relacionadas con los criterios de valoración:

- Organización de la asistencia técnica y medios a emplear.
- Calidad de la propuesta técnica.

RELACIÓN de PERSONAL

El contenido de esta memoria incluirá además, la relación y currículos del personal propuesto para cada una de las tareas con indicación del organigrama y la dedicación prevista en cada caso. Este apartado es independiente de la Memoria General, y por tanto de la limitación de extensión.

DATOS de CONTACTO

Se incluirán los datos de contacto (dirección, teléfono y correo electrónico) del licitador.

SOBRE Nº 2:

Incluirá la oferta económica que no podrá superar el tipo de licitación, que para este contrato de servicios es de CATORCE MIL NOVECIENTOS EUROS (14.900,00 €) sin IVA.

Esta cantidad se corresponde con un presupuesto de DIECIOCHO MIL VEINTINUEVE EUROS (18.029,00 €) IVA incluido.

III.9. PLAZO y LUGAR para PRESENTACIÓN las OFERTAS

El plazo para la presentación de ofertas finaliza a las 14:00 del quinto día natural contado desde la publicación en el perfil del contratante de la licitación.

Las ofertas se presentarán en el Servicio de ingeniería de desarrollo urbano del Ayuntamiento de Zaragoza (Horario de oficina de 9:00 a 14:00).

Servicio de ingeniería de desarrollo urbano Teléfono de contacto: 976 721700
 Edificio Seminario
 Vía Hispanidad, 20, planta 2ª - 50009 Zaragoza

I.C. de Zaragoza, a 6 de mayo de 2021

El INGENIERO de CAMINOS, JEFE del
 SERVICIO de INGENIERIA de DESARROLLO URBANO

Fdo.: Jose Angel Navamuel Aparicio

11 de 12

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>
 Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



MTESLZJUNYNTUVDES

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 11 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

ANEJO 1

“Estudio teórico de análisis dinámico de la estructura de cubrimiento del FFCC en la conexión funcional de la avenida de Tenor Fleta con Ronda Hispanidad (Zaragoza)”

**PLIEGO de PRESCRIPCIONES TÉCNICAS
PARTICULARES para la LICITACIÓN del
CONTRATO de SERVICIOS para
“REDACCIÓN de PROYECTO y DIRECCIÓN
de OBRA de JUNTAS para MITIGACIÓN DE
EFECTOS DINÁMICOS en las ESTRUCTURAS
de CUBRIMIENTO del FFCC en la CONEXIÓN
FUNCIONAL de la AVENIDA del TENOR
FLETA con RONDA HISPANIDAD”**

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>
Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



MTESLZ10NjUyNTUvDE\$

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 12 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

ESTUDIO TEÓRICO DE ANÁLISIS DINÁMICO DE LA ESTRUCTURA DE CUBRIMIENTO DEL FFCC EN LA CONEXIÓN FUNCIONAL DE LA AVENIDA DE TENOR FLETA CON RONDA HISPANIDAD (ZARAGOZA)

INFORME ESPECÍFICO



Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>
Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



MTESLZ10JyNTUVDE\$



Grupo TYPESA
C/ Allúe Salvador, 5
50001 Zaragoza
Tel.: (34) 976 484 993 - Fax: (34) 976 228 711
www.typsa.com

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 13 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>
Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



ESTUDIO TEÓRICO DE ANÁLISIS DINÁMICO DE LA ESTRUCTURA DE CUBRIMIENTO DEL FFCC EN LA CONEXIÓN FUNCIONAL DE LA AVENIDA
DE TENOR FLETA CON RONDA HISPANIDAD (ZARAGOZA)

INFORME ESPECÍFICO
Página 2 de 36

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 14 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

Hoja de control de calidad

Documento	INFORME ESPECÍFICO		
Proyecto	ESTUDIO DINÁMICO ESTRUCTURA AVDA. TENOR FLETA (ZARAGOZA)		
Código	SE6781_Estudio_Dinámico_Tenor_Fleta_D01.docx		
Autores:	Firma:	ASC	
	Fecha:	15/01/2021	
Verificado	Firma:	JMV	
	Fecha:	15/01/2021	
Destinatario	AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA		
Notas	Informe Definitivo, tras un primer Informe de Borrador / Avance		

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>
 Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



MTESLZ10NjUyNTUvVDE\$

ESTUDIO TEÓRICO DE ANÁLISIS DINÁMICO DE LA ESTRUCTURA DE CUBRIMIENTO DEL FFCC EN LA CONEXIÓN FUNCIONAL DE LA AVENIDA DE TENOR FLETA CON RONDA HISPANIDAD (ZARAGOZA)

INFORME ESPECÍFICO
 Página 3 de 36

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 15 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>
Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



ESTUDIO TEÓRICO DE ANÁLISIS DINÁMICO DE LA ESTRUCTURA DE CUBRIMIENTO DEL FFCC EN LA CONEXIÓN FUNCIONAL DE LA AVENIDA
DE TENOR FLETA CON RONDA HISPANIDAD (ZARAGOZA)

INFORME ESPECÍFICO
Página 4 de 36

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 16 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

Índice

1. INTRODUCCIÓN	7
2. ANTECEDENTES	7
3. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA	8
4. NORMATIVA APLICABLE	8
5. ALCANCE Y OBJETO DEL ESTUDIO	8
6. PROGRAMAS INFORMÁTICOS UTILIZADOS	9
7. METODOLOGÍA DE LA MODELIZACIÓN DINÁMICA	9
8. CALIBRACIÓN DE LA MODELIZACIÓN	10
8.1. Calibración estática	10
8.2. Calibración de la base de soluciones modal	11
8.3. Calibración del paso de tiempo	12
9. RESULTADOS OBTENIDOS	13
9.1. Estructura actual sin capa de firme	14
9.2. Estructura con futura capa de firme	17
10. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	20
11. PROPUESTA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN	24
11.1. Estructura con futura capa de firme y dos tramos de cubrimiento conectados	24
11.2. Estructura con futura capa de firme y dos tramos de cubrimiento conectados, considerando recrecidos de la losa existente en los extremos de los tableros	29
11.3. Consideraciones funcionales de la junta y posibles soluciones a implementar	31
12. RECOMENDACIONES PARA LA REALIZACIÓN DE LA PRUEBA DE CARGA DINÁMICA	33
13. CONCLUSIONES	33
ANEJO DE RESULTADOS	35
PLANOS	36

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>
 Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



MTE5LZ10NJuYNTUVDE\$

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 17 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>
Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



ESTUDIO TEÓRICO DE ANÁLISIS DINÁMICO DE LA ESTRUCTURA DE CUBRIMIENTO DEL FFCC EN LA CONEXIÓN FUNCIONAL DE LA AVENIDA
DE TENOR FLETA CON RONDA HISPANIDAD (ZARAGOZA)

INFORME ESPECÍFICO
Página 6 de 36

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 18 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento tiene por objeto exponer el desarrollo de los trabajos relativos a la redacción del *“Estudio teórico de análisis dinámico de la estructura de cubrimiento del FFCC en la conexión funcional de la Avenida Tenor Fleta con Ronda Hispanidad”* en Zaragoza.

2. ANTECEDENTES

De forma inminente, comenzarán las obras que prolongarán la Avenida de Tenor Fleta hasta el tercer cinturón (Z-30) de la capital aragonesa, tras el convenio firmado en 2020 por el consistorio municipal y el ADIF. Fundamentalmente, la actuación incluye la creación de la plataforma de los viales y la urbanización por encima de la estructura de cubrimiento del FFCC existente, propiedad de esta última administración.

En este contexto, durante el año 2019, a petición de ADIF, se realizó una prueba de carga estática en la estructura del cubrimiento con el objeto de verificar el comportamiento y la integridad estructural de los tableros como paso previo a cualquier tipo de actuación posterior sobre el cajón. Es necesario apuntar que existen dos tramos de estructura que, pese a compartir la misma tipología (tablero de vigas prefabricadas pretensadas de hormigón), son geométricamente distintos (desde Tenor Fleta hasta el cruce con Camino de Cabaldós y del mismo punto al enlace con la Z-30). Pues bien, durante el desarrollo de las mencionadas pruebas de carga, los tableros de la primera parte del cubrimiento experimentaron una excitación significativa, de carácter dinámico, al paso de los distintos vehículos que transitaron sobre la estructura. De esta circunstancia, nace la necesidad de este estudio.

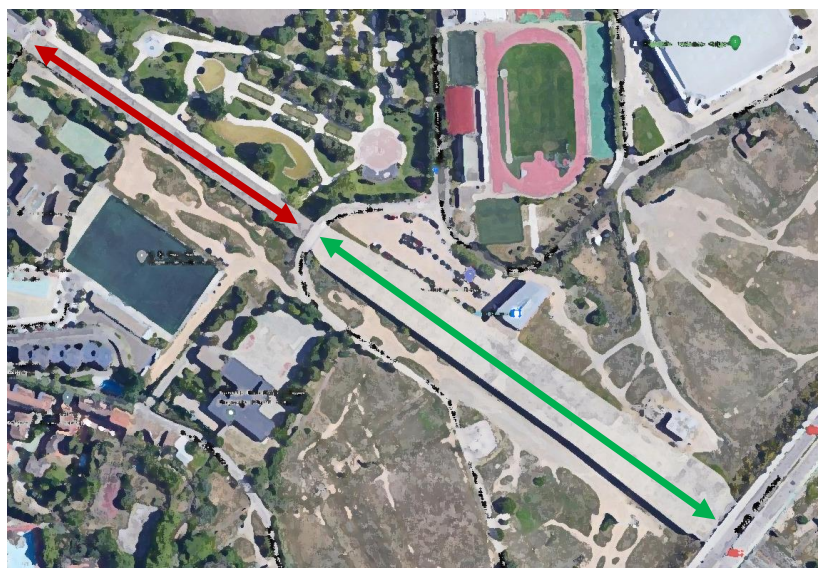


Figura 1. Estructura cubrimiento FFCC (tramo hasta camino Cabaldós en rojo; tramo hasta Z-30 en verde)

A priori, las razones que podrían explicar este fenómeno podrían proceder tanto de la propia esbeltez de este tramo de tableros (con una relación canto/luz que apura la tecnología existente para tableros de vigas prefabricadas) como del sentido del tráfico (en dirección ortogonal al eje de inercia principal del tablero).

ESTUDIO TEÓRICO DE ANÁLISIS DINÁMICO DE LA ESTRUCTURA DE CUBRIMIENTO DEL FFCC EN LA CONEXIÓN FUNCIONAL DE LA AVENIDA DE TENOR FLETA CON RONDA HISPANIDAD (ZARAGOZA)

INFORME ESPECÍFICO
Página 7 de 36

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>
Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



MTESLZ10JyNTUVDES

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 19 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

3. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

El cubrimiento de FFCC afectado se extiende desde el final de la Avenida Tenor Fleta hasta el cruce con el Camino de Cabaldós. Se trataría de un tramo de alrededor de 260 metros de longitud formado por una sucesión de 4 tableros compuestos por vigas prefabricadas de hormigón.

El tablero tipo tiene una anchura aproximada de unos 65 m entre juntas (paralelos a la futura dirección del tráfico) y una luz entre apoyos de poco más de 15 metros (perpendiculares a la futura dirección del tráfico). La estructura consta de vigas prefabricadas de hormigón pretensado de canto 60 cm, separadas algo menos de 1,5 metros y una capa de compresión de hormigón armado de unos 20 cm. Se trata, por tanto, de una relación canto/luz de aproximadamente L/20.

La plataforma pretende rematarse con una pavimentación compuesta por un paquete de firme de grava-cemento de espesor variable entre 22,5 y 15 cm, más 2 capas de mezcla bituminosa en caliente de 5 cm de espesor cada una. Se tendría, por tanto, un peso de la capa de firme comprendido entre 7,35 y 5,70 kN/m², teniendo en cuenta unos pesos específicos de 22 kN/m³ y 24 kN/m³ para la grava-cemento y la mezcla bituminosa en caliente, respectivamente.

4. NORMATIVA APLICABLE

Se propone la siguiente normativa de referencia para llevar a cabo el estudio:

- IAP-11. Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera. Dirección General de Carreteras.
- Recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción de puentes de carretera. Dirección General de Carreteras.
- EHE-08. Instrucción de hormigón estructural.

Si bien podrá utilizarse de forma complementaria para la versión final alguna otra norma como los Eurocódigos, la IAPF-07, notas técnicas publicadas con relevancia en la materia o catálogos específicos de fabricantes para las soluciones propuestas.

5. ALCANCE Y OBJETO DEL ESTUDIO

De acuerdo a lo contenido en el Pliego de Condiciones Técnicas Particulares que rigen el contrato, se toma como referencia lo expuesto en los puntos 7.2.2. y 7.2.2. de la norma IAP-11. Así, se realizará como mínimo un cálculo dinámico con un vehículo tipo cercano a las 40 toneladas a distintas velocidades, examinando las aceleraciones experimentadas por el tablero y comparándolas con los grados de confort presentados en la tabla 7.2.4-a de la IAP-11.

Nótese que el objetivo del estudio teórico no es dar unos valores precisos del campo de desplazamientos y/o aceleraciones en los tableros, ya que los resultados pueden quedar en cierta manera condicionados por inputs que debieran calibrarse in situ (por ejemplo, el amortiguamiento) y por las propias simplificaciones necesarias en los cálculos para reproducir fenómenos tan complejos; así, se tiene que entender como un primer análisis que permita entender el comportamiento estructural de forma global, obtener resultados en órdenes de magnitud y, sobre todo, como una herramienta para valorar diferentes propuestas de actuación que pudieran mitigar el problema y la sensibilidad del mismo frente a éstas.

ESTUDIO TEÓRICO DE ANÁLISIS DINÁMICO DE LA ESTRUCTURA DE CUBRIMIENTO DEL FFCC EN LA CONEXIÓN FUNCIONAL DE LA AVENIDA DE TENOR FLETA CON RONDA HISPANIDAD (ZARAGOZA)



NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 20 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

6. PROGRAMAS INFORMÁTICOS UTILIZADOS

Para la modelización de la estructura, se construirá un modelo de elementos finitos mediante el software comercial de reconocido prestigio SAP2000 versión 22. Las vigas prefabricadas del tablero se modelizarán como elementos tipo *Frame*, mientras que la losa superior se modelizará con elementos tipo *Shell*.

El software empleado permite modelizar todo tipo de trenes de carga y realizar los cálculos en un entorno *Time History*, dependiente del tiempo.

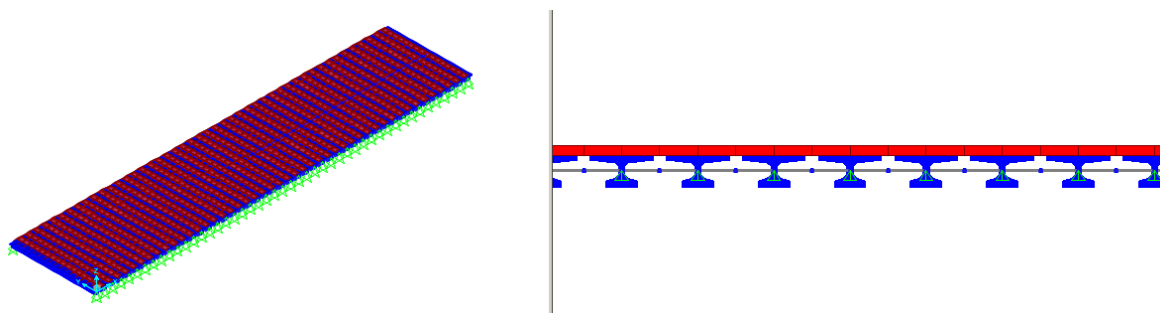


Figura 2. Vista 3D y vista lateral del modelo con elementos tipo *Frame* y *Shell* extruidos.

7. METODOLOGÍA DE LA MODELIZACIÓN DINÁMICA

El objetivo final del cálculo es obtener la respuesta estructural del tramo de estructura frente a las acciones dinámicas. En este caso, se tendrán en cuenta las siguientes particularidades:

- La modelización un único tramo de tablero entre juntas de dilatación.
- Al ser un elemento fundamentalmente de hormigón pretensado, se considerará la inercia bruta de las secciones de la estructura. Además, se realizará un ajuste del módulo de deformación de los materiales de acuerdo con la edad del hormigón y los resultados de la prueba de carga estática realizada con anterioridad.
- En las masas de algunos de los casos modelizados, se considerarán las cargas muertas en un principio previstas para cuando finalice la conexión.
- Se realizará un recorrido perpendicular al eje del tablero con el vehículo tipo en el intervalo de velocidades de 20 a 80 km/h, en escalones de 10 km/h en 10 km/h (7 simulaciones). Del lado de la seguridad, el tren de carga reproducirá una única rueda por eje y las cargas se tratarán como puntuales.
- El método de resolución de las ecuaciones se basará en una integración paso a paso en el tiempo a través de una base de soluciones modal sin tener en cuenta efectos de interacción plataforma-vehículo. La interacción plataforma-vehículo incluye fenómenos demasiado complejos de modelar que atenúan las vibraciones y, por lo tanto, nuestro procedimiento queda del lado de la seguridad.
- Se utilizarán los modos con frecuencias naturales menores de 30 Hz, de forma que la respuesta como combinación de la base de soluciones modales no sea excesivamente limitada. Además, los modos de vibración deben tener un ratio de movilización de masa apreciable y una "forma" admisible para con el fenómeno.

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>

Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 21 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

- Es necesario tener en cuenta el amortiguamiento de la estructura. En este tipo de estructuras, los valores de amortiguamiento críticos suelen estar en el 0% y el 5%. El amortiguamiento se supondrá constante para toda la base de modos empleada como solución y, por tanto, se debe considerar, en todo caso, cotas inferiores de amortiguación crítica en función de la tipología estructural. El valor escogido es de 2%, típica de tableros pretensados (*Instrucción de acciones a considerar en puentes de ferrocarril IAPF-07. Cuadro B.1 Valores de amortiguamiento para diversas tipologías de puentes en función de la luz*).
- La elección del paso de tiempo es de suma importancia para obtener resultados fiables. El paso de tiempo debe ser mucho menor a los intervalos de tiempo entre pulsaciones provocadas por el paso de los ejes del vehículo, de lo contrario, perderíamos información en cada paso de tiempo. El caso más desfavorable para estimar el orden del paso de tiempo resulta de la distancia mínima entre ejes del carro de carga y la velocidad máxima de paso.
- Los resultados se analizarán en 3 nodos de control del tablero coincidentes con los centros de luz en los siguientes intervalos del recorrido: 0, L/2 y L.
- Adicionalmente, se realizará un cálculo estático MultiStep con el vehículo tipo, de forma que se obtendrá la envolvente de los desplazamientos estáticos del tablero (de utilidad para comparar desplazamientos estáticos vs. desplazamientos dinámicos en los nodos de control).

8. CALIBRACIÓN DE LA MODELIZACIÓN

8.1. Calibración estática

Sacando el máximo provecho de la información disponible, el objetivo es contrastar la adecuación de la modelización con los resultados obtenidos en la prueba de carga estática realizada en su día. En este sentido, se han posicionado los mismos vehículos utilizados en la prueba y se han obtenido los desplazamientos teóricos, que se comparan con los resultados reales para asegurar la bondad del modelo de partida previo al estudio dinámico (tipo de modelización, geometría, características de los materiales...).

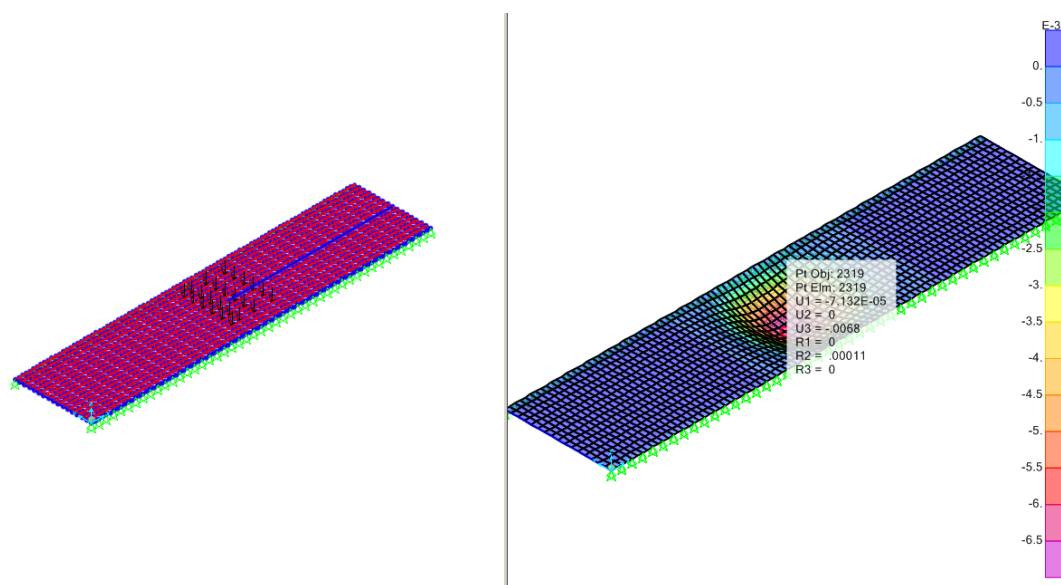


Figura 3. Vista 3D de las cargas y deformaciones correspondientes a la Prueba de Carga Real

ESTUDIO TEÓRICO DE ANÁLISIS DINÁMICO DE LA ESTRUCTURA DE CUBRIMIENTO DEL FFCC EN LA CONEXIÓN FUNCIONAL DE LA AVENIDA DE TENOR FLETA CON RONDA HISPANIDAD (ZARAGOZA)



NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 22 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

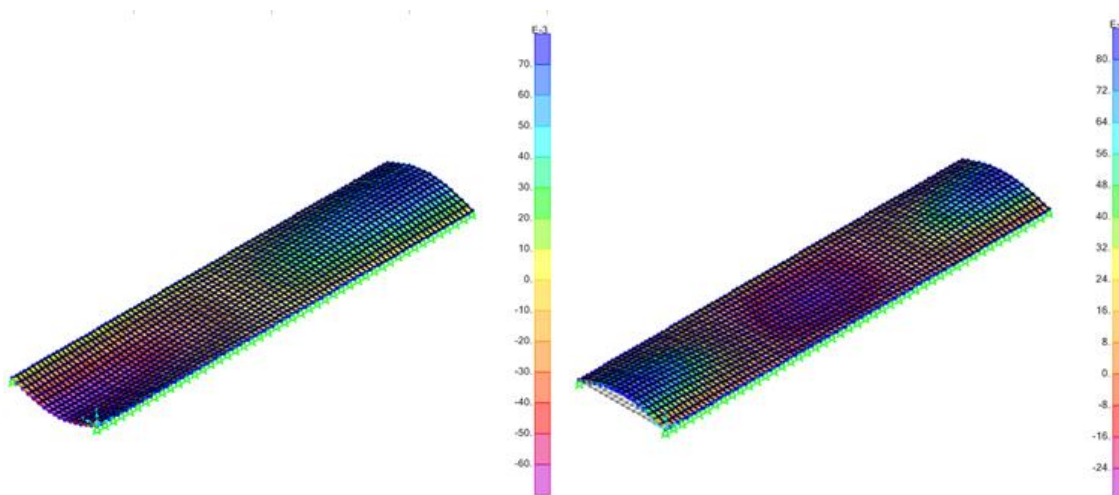
Como puede observarse, los 3 camiones de 380 kN cada uno que se utilizaron en su momento para la Prueba de Carga Estática del cubrimiento provocan una deformación en el modelo de 6,8 mm para la sección de centro luz, muy similar a los 6.5-7 mm que deberían haberse obtenido en la citada prueba (realmente, se midieron 5,9 y 6,4 mm en los puntos 1-2 situados entre camiones central y laterales, desplazados ligeramente de la sección de centro luz).

Por tanto, teniendo en cuenta que las diferencias obtenidas no son significativas, se concluye que la finura del modelo respecto de la realidad observada con las cargas estáticas es más que notable.

8.2. Calibración de la base de soluciones modal

En los cálculos se han utilizado los primeros 20 modos, ya que como se ha comentado anteriormente, son éstos los que tienen la “forma” adecuada, es decir, con movimientos oscilatorios a lo largo de la directriz longitudinal del tablero.

A continuación, se muestran la tabla con las características de los 20 primeros modos y unas imágenes con las deformaciones de los 3 primeros modos, que son los que tienen mayor importancia en el cálculo de las soluciones. Los periodos de estos 20 primeros modos se encuentran comprendidos entre los 0,15 y 0,05 segundos (frecuencias 6,79-20,54 ciclos/segundo), y con los 3 primeros modos se llega a desarrollar un 83% de la masa para el desplazamiento vertical en dirección Z y la rotación sobre el eje Y (perpendicular a la futura dirección del tráfico), frente a un total del 84% desarrollado en ambos casos para los 20 primeros modos.



Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>

Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



MTESLZJUNYNTUVDES

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 23 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

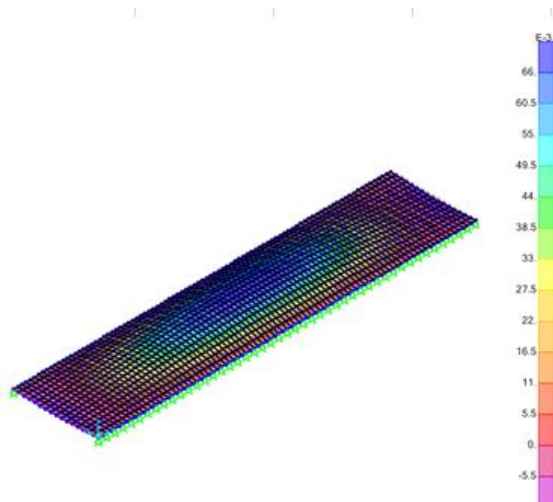


Figura 4. Vista 3D de las deformaciones correspondientes a los 3 primeros modos de vibración

TABLE: Modal Participating Mass Ratios															
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.83	0.00	0.00	0.83	0.00
MODAL	Mode	2	0.15	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.83	0.00
MODAL	Mode	3	0.15	0.00	0.00	0.57	0.00	0.00	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.83	0.00
MODAL	Mode	4	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.83	0.00	0.01	0.00	0.00	0.83	0.00
MODAL	Mode	5	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.83	0.00
MODAL	Mode	6	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.83	0.00
MODAL	Mode	7	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.83	0.00
MODAL	Mode	8	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.00
MODAL	Mode	9	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.00
MODAL	Mode	10	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.00
MODAL	Mode	11	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.00
MODAL	Mode	12	0.09	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.00
MODAL	Mode	13	0.08	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.00
MODAL	Mode	14	0.08	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.00
MODAL	Mode	15	0.07	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.00
MODAL	Mode	16	0.07	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.00
MODAL	Mode	17	0.06	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.00
MODAL	Mode	18	0.06	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.00
MODAL	Mode	19	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.00
MODAL	Mode	20	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.00

Tabla 1. Ratios de masas de participación modal

8.3. Calibración del paso de tiempo

Al inicio de los trabajos se ha llevado a cabo un estudio de la sensibilidad de los resultados en función del paso de tiempo empleado. Como se ha comentado anteriormente, la idea es partir de un orden de magnitud inferior al tiempo entre pulsaciones consecutivas, de manera que no se pierda información con la elección de un paso de tiempo alto y tampoco se penalice el coste computacional con la elección de un paso muy pequeño, que proporcionaría un número de pasos totales demasiado elevado (simulaciones que requieren mucho tiempo de cálculo).

En este caso, un paso de 0,005 segundos podría ser razonable; es decir, un tiempo de un orden de magnitud menor que el cociente entre la distancia entre ejes mínima y la velocidad máxima de las simulaciones (1,31 m (distancia mínima entre ejes) / 22,22 m/s (velocidad máxima de paso) * 1/10 ≈ 0,006 segundos).

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>

Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



MTE5LZ10JyNTUVDE\$

ESTUDIO TEÓRICO DE ANÁLISIS DINÁMICO DE LA ESTRUCTURA DE CUBRIMIENTO DEL FFCC EN LA CONEXIÓN FUNCIONAL DE LA AVENIDA DE TENOR FLETA CON RONDA HISPANIDAD (ZARAGOZA)

INFORME ESPECÍFICO
Página 12 de 36

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 24 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE		FECHA FIRMA	ID. FIRMA
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A		06/05/2021	7992024
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A		06/05/2021	7992024
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN		06/05/2021	7992024

La calibración muestra que no se obtienen diferencias apreciables o, en otras palabras, la poca sensibilidad de los resultados si utilizáramos para el paso de tiempo órdenes de magnitud incluso inferiores.

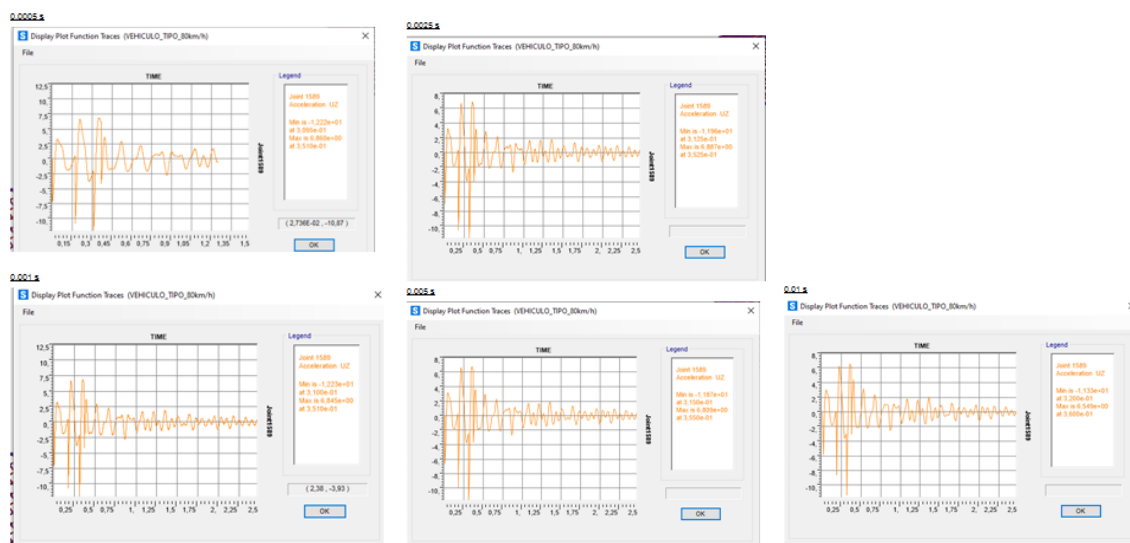


Figura 5. Gráficas de las aceleraciones U_z para un nodo de control a una velocidad de 80 km/h con 5 pasos de tiempo distintos (0,0005-0,001-0,0025-0,005-0,01 segundos)

9. RESULTADOS OBTENIDOS

De acuerdo con lo indicado anteriormente, los 3 puntos de control se corresponden con los nodos 1588, 2353 y 3135, siendo éstos el nodo inicial, el nodo central y el nodo final a lo largo de la directriz longitudinal del tablero en dirección X.

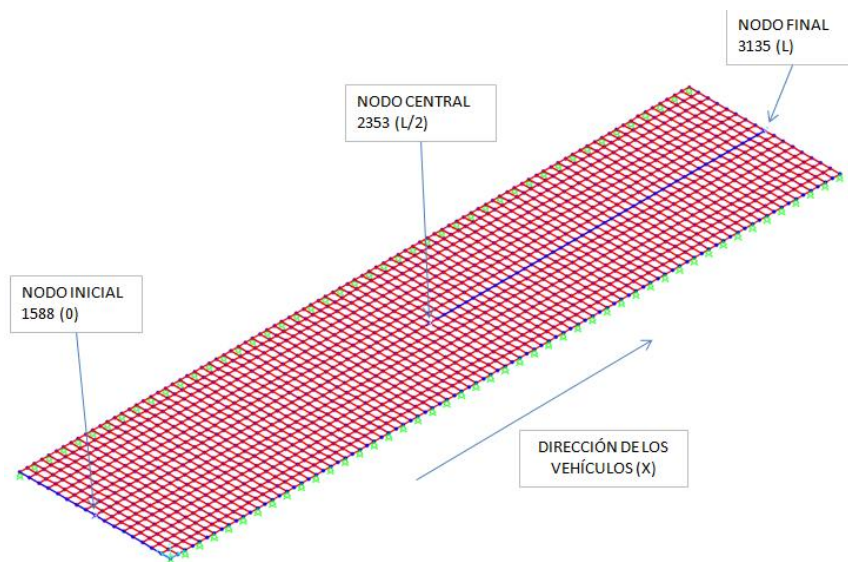


Figura 6. Vista 3D del modelo con la situación de los puntos de control y la dirección de los vehículos

ESTUDIO TEÓRICO DE ANÁLISIS DINÁMICO DE LA ESTRUCTURA DE CUBRIMIENTO DEL FFCC EN LA CONEXIÓN FUNCIONAL DE LA AVENIDA DE TENOR FLETA CON RONDA HISPANIDAD (ZARAGOZA)

INFORME ESPECÍFICO
Página 13 de 36

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>

Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



MTESLZLJUNYUUVDES

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 25 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

Para cada punto de control y simulación asociada a cada una de las 7 velocidades consideradas, se han obtenido las gráficas de desplazamientos y aceleraciones en función del tiempo, teniendo en cuenta 2 casos distintos.

- Estructura actual sin capa de firme.
- Estructura con futura capa de firme.

Por tanto, para cada uno de estos 2 casos se han obtenido un total de 42 series de datos, 21 correspondientes a los desplazamientos de cada uno de los 3 nodos para las 7 velocidades consideradas y otras 21 correspondientes a las aceleraciones, con un total de 84 series de datos en total, los cuales han sido convenientemente tratados en hojas Excel para su correcta interpretación.

9.1. Estructura actual sin capa de firme

Para este primer caso, correspondiente al estado actual de la estructura, sin capa de firme, se han obtenido los siguientes resultados, los cuales se presentan en 6 gráficos, 3 de ellos para desplazamientos y 3 para aceleraciones, con 7 series de velocidades en cada uno de ellos.

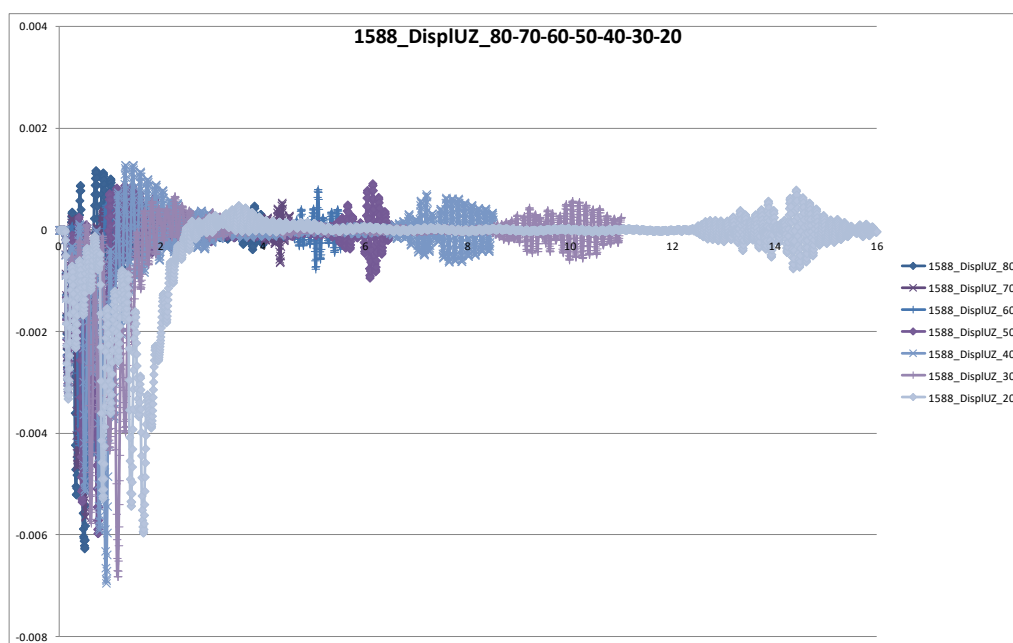


Figura 7. Estructura actual. Nodo inicial 1588. Desplazamientos UZ (m) - T (segundos)

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>
Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



MTESLZJUNYNTUVDES

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 26 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

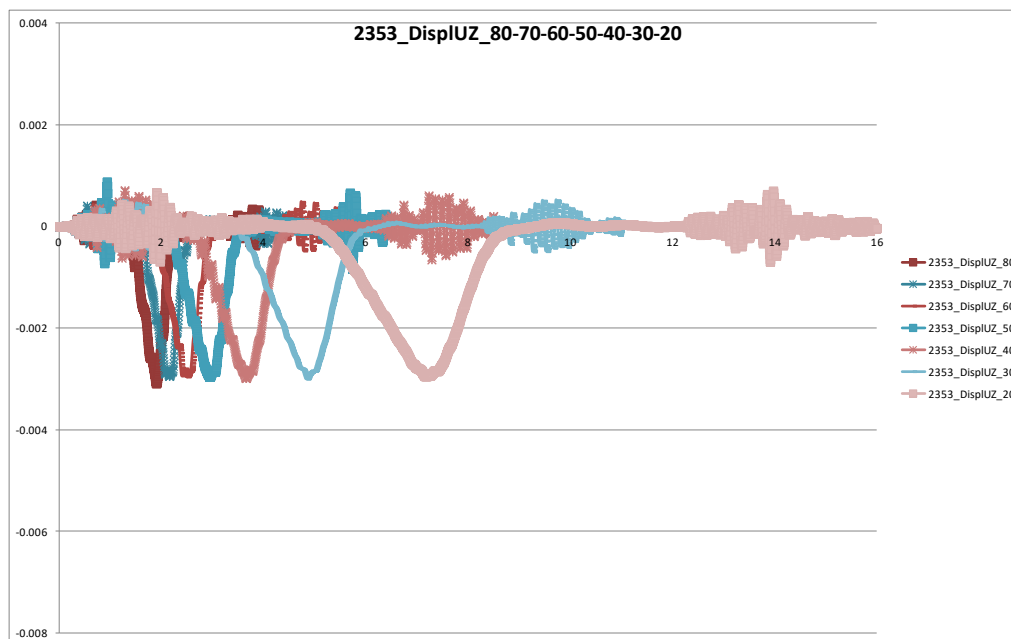


Figura 8. Estructura actual. Nodo central 2353. Desplazamientos UZ (m) - T (segundos)

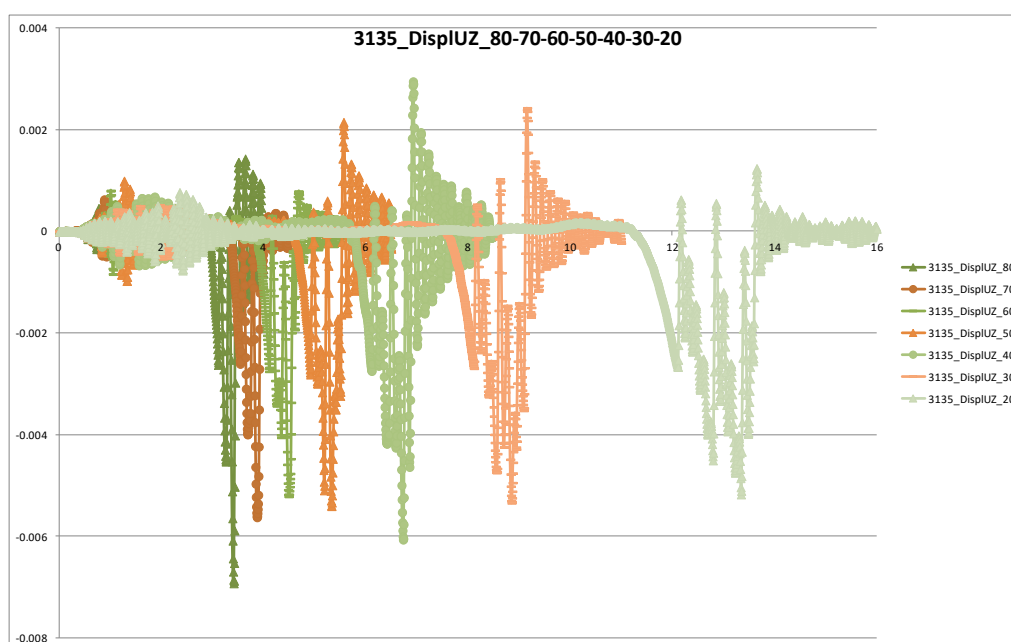


Figura 9. Estructura actual. Nodo final 3135. Desplazamientos UZ (m) - T (segundos)

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>

Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



MTESLZLJUNYNTUVDE\$

ESTUDIO TEÓRICO DE ANÁLISIS DINÁMICO DE LA ESTRUCTURA DE CUBRIMIENTO DEL FFCC EN LA CONEXIÓN FUNCIONAL DE LA AVENIDA DE TENOR FLETA CON RONDA HISPANIDAD (ZARAGOZA)

INFORME ESPECÍFICO
Página 15 de 36

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 27 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

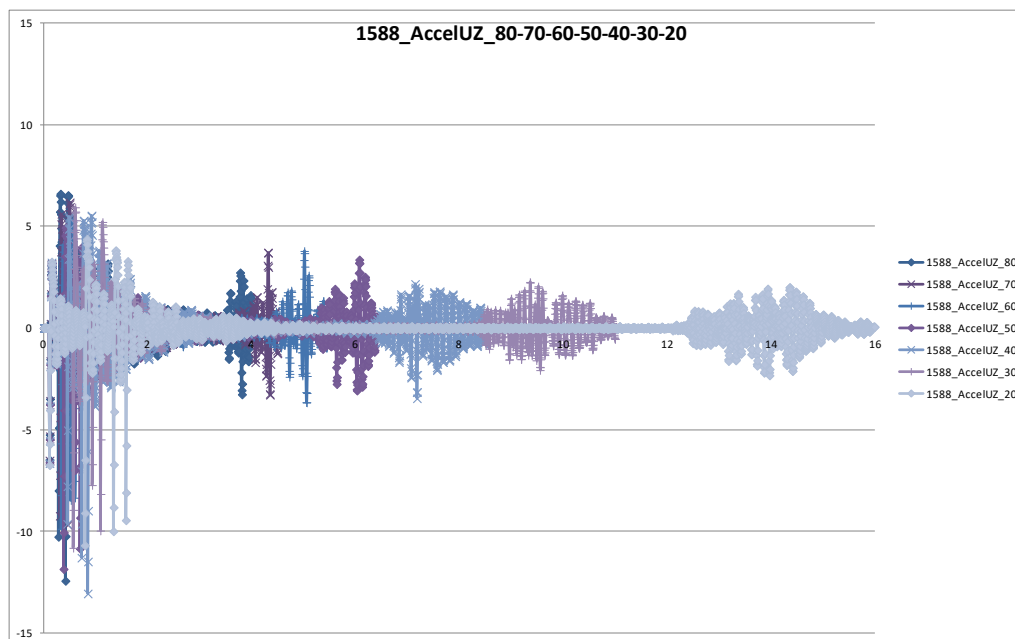


Figura 10. Estructura actual. Nodo inicial 1588. Aceleraciones UZ (m/s^2) - T (segundos)

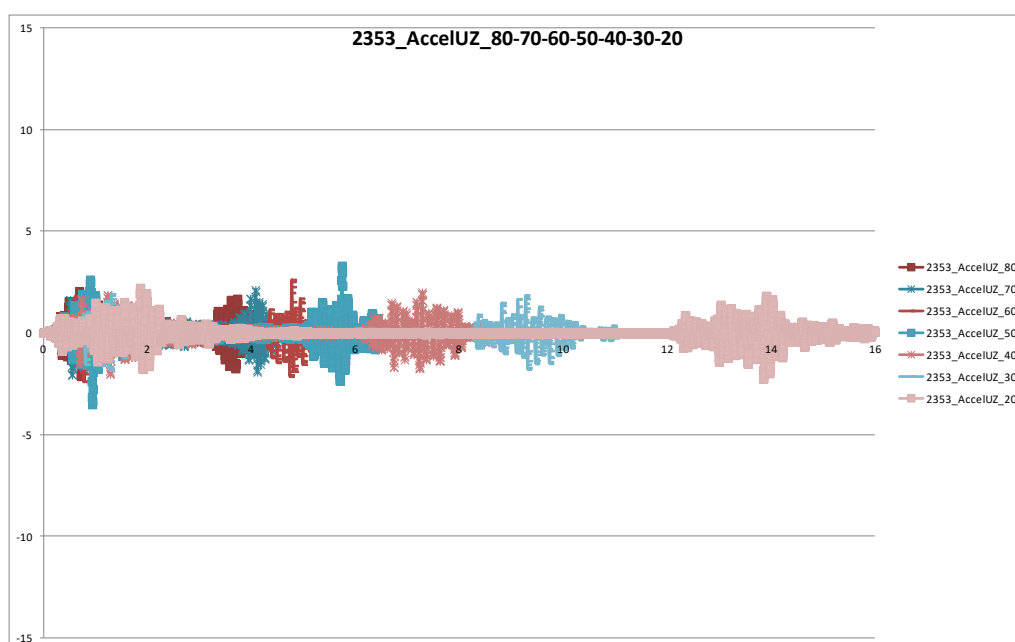


Figura 11. Estructura actual. Nodo central 2353. Aceleraciones UZ (m/s^2) - T (segundos)

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>

Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



MTESLZJUNYNTUVDES

ESTUDIO TEÓRICO DE ANÁLISIS DINÁMICO DE LA ESTRUCTURA DE CUBRIMIENTO DEL FFCC EN LA CONEXIÓN FUNCIONAL DE LA AVENIDA DE TENOR FLETA CON RONDA HISPANIDAD (ZARAGOZA)

INFORME ESPECÍFICO
Página 16 de 36

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 28 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

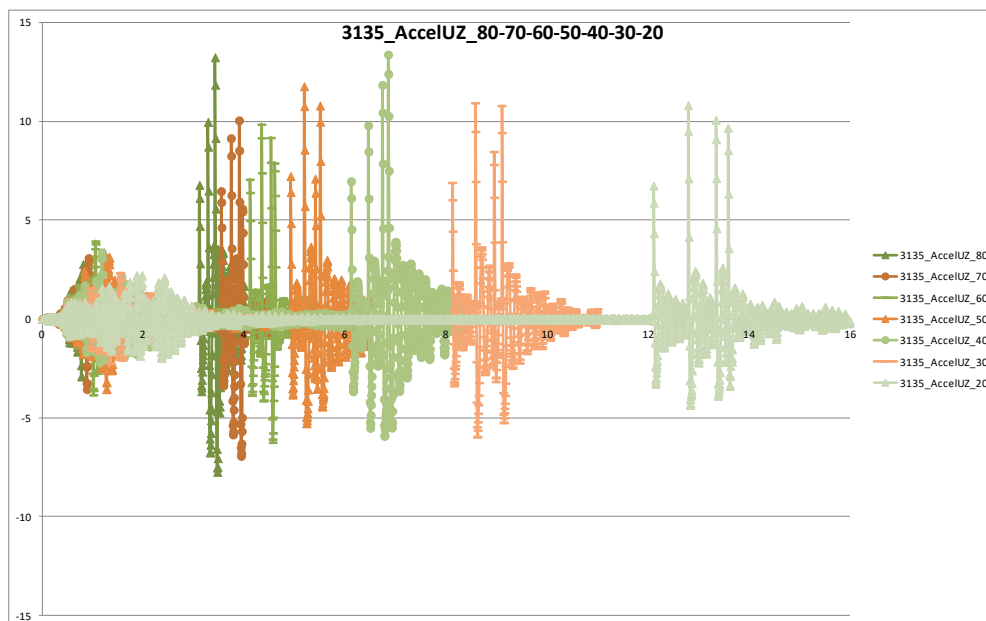


Figura 12. Estructura actual. Nodo final 3135. Aceleraciones UZ (m/s²) - T (segundos)

9.2. Estructura con futura capa de firme

Para este caso, correspondiente al estado futuro de la estructura con capa de firme (nuevo estado de carga muerta con una carga de 8 kN/m² sobre la losa de compresión), se han obtenido igualmente los siguientes resultados, los cuales se presentan de igual manera en 6 gráficos, 3 de ellos para desplazamientos y 3 para aceleraciones, con 7 series de velocidades en cada uno de ellos.

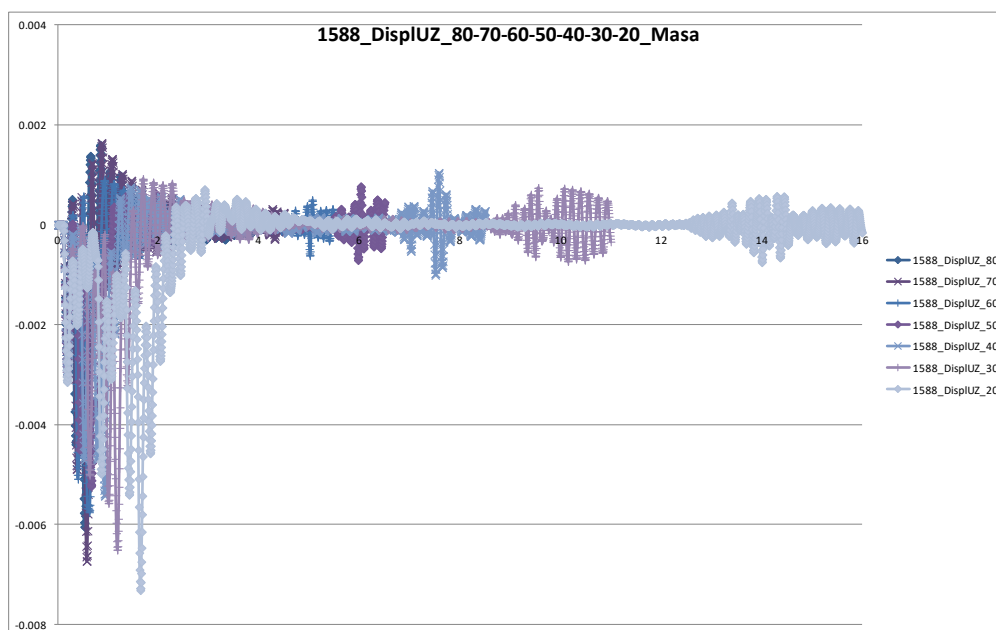


Figura 13. Estructura futura. Nodo inicial 1588. Desplazamientos UZ (m) - T (segundos)

ESTUDIO TEÓRICO DE ANÁLISIS DINÁMICO DE LA ESTRUCTURA DE CUBRIMIENTO DEL FFCC EN LA CONEXIÓN FUNCIONAL DE LA AVENIDA DE TENOR FLETA CON RONDA HISPANIDAD (ZARAGOZA)

INFORME ESPECÍFICO
Página 17 de 36

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>

Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



MTESLZJUNYNTUVDES

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 29 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

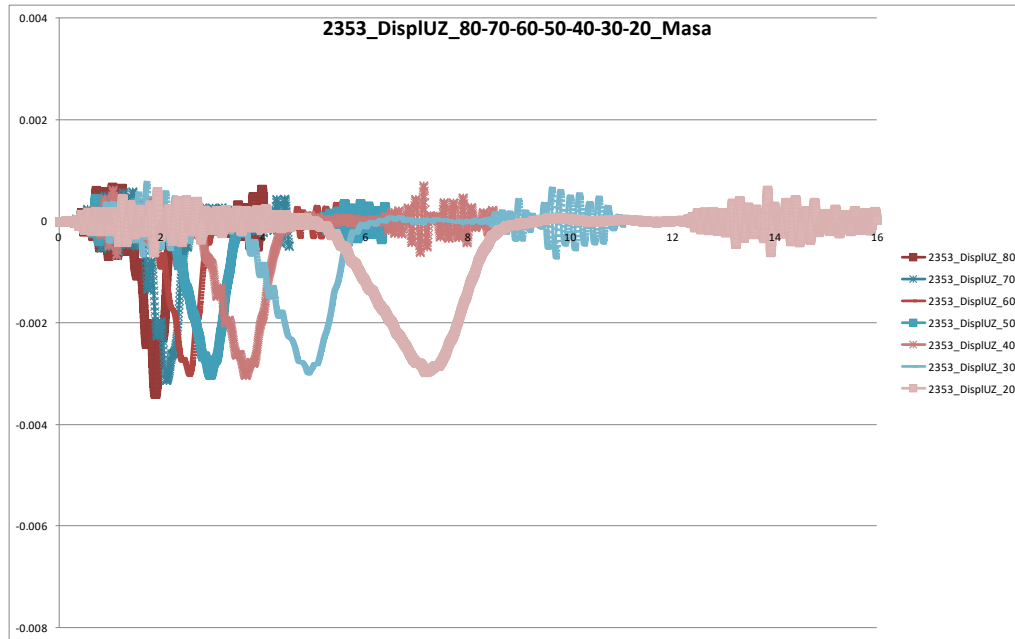


Figura 14. Estructura futura. Nodo central 2353. Desplazamientos UZ (m) - T (segundos)

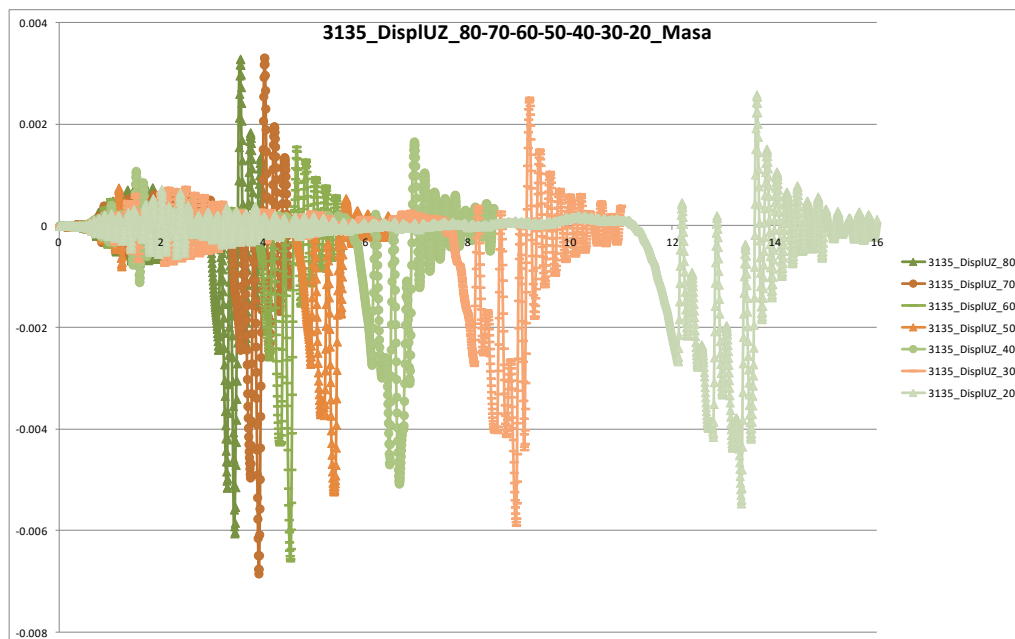


Figura 15. Estructura futura. Nodo final 3135. Desplazamientos UZ (m) - T (segundos)

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>
Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



ESTUDIO TEÓRICO DE ANÁLISIS DINÁMICO DE LA ESTRUCTURA DE CUBRIMIENTO DEL FFCC EN LA CONEXIÓN FUNCIONAL DE LA AVENIDA
DE TENOR FLETA CON RONDA HISPANIDAD (ZARAGOZA)

INFORME ESPECÍFICO
Página 18 de 36

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 30 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

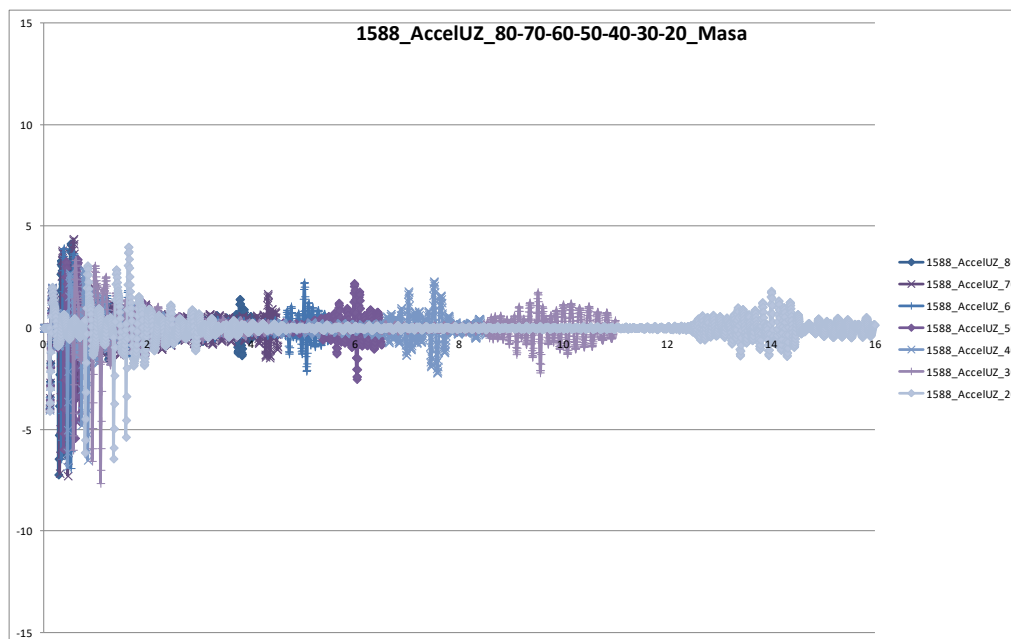


Figura 16. Estructura futura. Nodo inicial 1588. Aceleraciones UZ (m/s^2) - T (segundos)

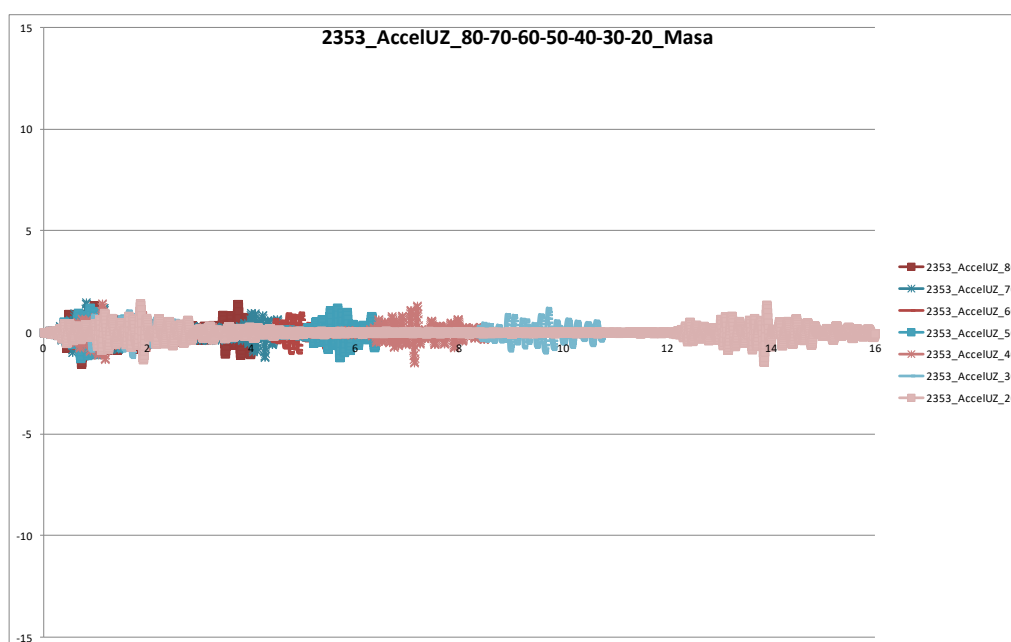


Figura 17. Estructura futura. Nodo central 2353. Aceleraciones UZ (m/s^2) - T (segundos)

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>

Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



MTESLZJUNYUWDE\$

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 31 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

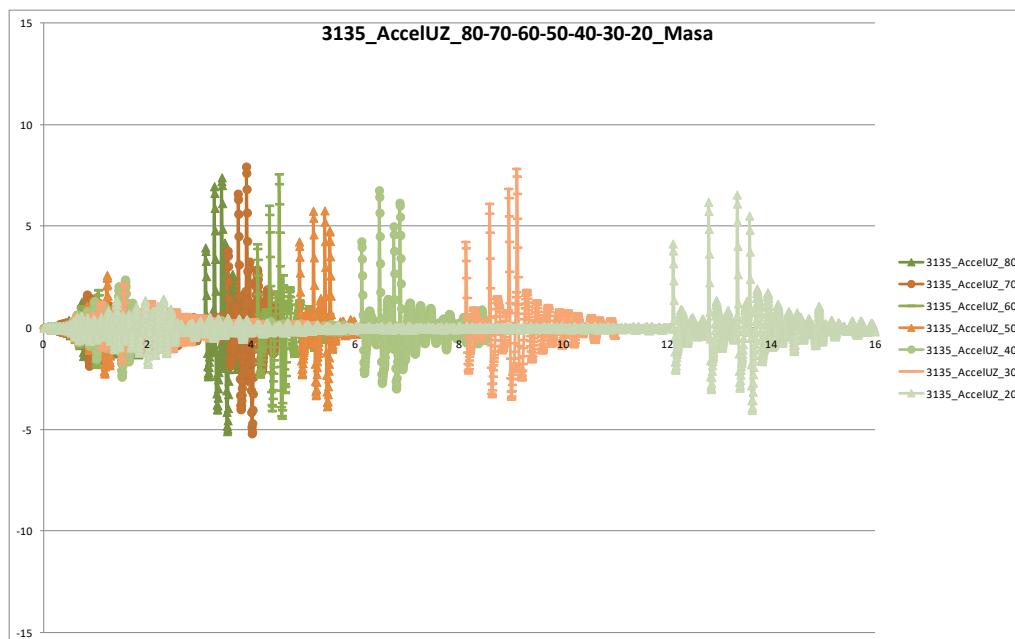


Figura 18. Estructura futura. Nodo final 3135. Aceleraciones UZ (m/s^2) - T (segundos)

10. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

En el presente apartado, se explican pormenorizadamente los resultados obtenidos, incluyendo tablas resumen de los mismos y gráficos adicionales de comparación entre los 2 modelos que se han tenido en cuenta.

En el caso de estructura actual, se observan desplazamientos de 4,00, 3,00 y 3,80 mm para los 3 nodos de control 1588, 2353 y 3135 en el caso estático MultiStep, mientras que en los casos dinámicos dichos desplazamientos pasan a tener unos máximos de 6,95, 3,09 y 6,93 mm, obteniéndose unos coeficientes adimensionales de impacto dinámico de 1,74, 1,03 y 1,82, respectivamente. Se observa, por tanto, que en el nodo central los desplazamientos se mantienen en el mismo orden de magnitud, mientras que en los extremos se observa un incremento significativo de los mismos. Nótese que los esfuerzos esperados por efectos dinámicos podrían verse incrementados en un orden de magnitud similar (inseguridad).

	Vveh (km/h)						
	80	70	60	50	40	30	20
Nodo	U3 min (mm)	U3 min (mm)	U3 min (mm)	U3 min (mm)	U3 min (mm)	U3 min (mm)	U3 min (mm)
1588	-6.27	-5.65	-5.07	-5.97	-6.95	-6.82	-5.96
2353	-3.09	-2.95	-2.96	-2.96	-2.99	-3.00	-2.95
3135	-6.93	-5.63	-5.22	-5.41	-6.07	-5.35	-5.18

Tabla 2. Estructura actual. Tabla resumen de desplazamientos mínimos UZ (inferior) en mm

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>

Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



MTE5LZ10N1JyNTUVDE\$

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 32 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

En cuanto a las aceleraciones, se observan en general valores altos, con mínimos-máximos de -13,07 y +6,60, -3,52 y +3,30, -7,75 y + 13,39 m/s² en los 3 nodos de control 1588, 2353 y 3135, superiores a los 2,50 m/s² indicados por la normativa IAP-11 como no aceptables, incluso en el nodo central por un ligero margen, siendo en los extremos notablemente superiores.

	Vveh (km/h)						
	80	70	60	50	40	30	20
Nodo	A3 min(m/s ²)	A3 min(m/s ²)	A3 min(m/s ²)	A3 min(m/s ²)	A3 min(m/s ²)	A3 min(m/s ²)	A3 min(m/s ²)
1588	-12.44	-9.69	-9.88	-11.86	-13.07	-10.82	-10.70
2353	-2.13	-2.08	-2.39	-3.52	-2.03	-1.83	-2.25
3135	-7.75	-6.94	-6.25	-5.29	-5.93	-5.98	-4.36
	Vveh (km/h)						
	80	70	60	50	40	30	20
Nodo	A3 max(m/s ²)	A3 max(m/s ²)	A3 max(m/s ²)	A3 max(m/s ²)	A3 max(m/s ²)	A3 max(m/s ²)	A3 max(m/s ²)
1588	6.60	6.18	5.30	4.96	5.53	5.94	4.38
2353	2.04	2.12	2.63	3.30	2.00	1.92	2.21
3135	13.25	10.05	9.85	11.78	13.39	10.94	10.82

Tabla 3. Estructura actual. Tabla resumen de aceleraciones máximas y mínimas UZ en m/s²

GRADO DE CONFORT	RANGOS DE ACELERACIONES	
	VERTICALES	LATERALES
Máximo	< 0,50 m/s ²	< 0,10 m/s ²
Medio	0,50 a 1,00 m/s ²	0,10 a 0,30 m/s ²
Mínimo	1,00 a 2,50 m/s ²	0,30 a 0,80 m/s ²
No aceptable	>2,50 m/s ²	> 0,80 m/s ²

Tabla 4. Tabla 7.2-a. Valores de referencia de aceleraciones para el confort de los peatones (IAP-11)

Del estudio de la estructura actual, se desprende que el comportamiento de los extremos del tablero es tremendamente peor que en el interior, principalmente por el efecto del borde libre, observándose en los resultados un cierto efecto "látigo" que hace que las oscilaciones se propaguen rápidamente a lo largo de la directriz del tablero provocando máximos en los citados extremos.

En lo que respecta a la solución futura con la construcción de una nueva capa de firme, se observa que, en general, los desplazamientos se mantienen en el mismo orden de magnitud, si bien con ligeros aumentos en algunos casos (en general son un poco más altos), y disminuye la magnitud de las aceleraciones en mayor cuantía.



NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 33 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

El promedio de ratios de desplazamientos entre la situación futura y la actual se sitúa en 1,03, con máximos del orden del 25 % en casos puntuales de velocidades iguales, tomando por ejemplo el desplazamiento mínimo del nodo 1588 en el caso futuro un valor de -7,32 mm cuando anteriormente en la situación actual éste era de -6,95 mm (5 % superior).

	Vveh (km/h)						
	80	70	60	50	40	30	20
Nodo	U3 min (mm)	U3 min (mm)	U3 min (mm)	U3 min (mm)	U3 min (mm)	U3 min (mm)	U3 min (mm)
1588	-6.05	-6.74	-5.76	-5.24	-5.43	-6.51	-7.32
2353	-3.40	-3.13	-3.03	-3.02	-3.03	-3.00	-2.97
3135	-6.06	-6.85	-6.60	-5.23	-5.08	-5.90	-5.47

Tabla 5. Estructura futura. Tabla resumen de desplazamientos mínimos UZ (inferior) en mm

En cuanto a las aceleraciones de la situación futura, se observa un ratio medio de 0,64, con unas reducciones del orden de casi el 65 % en casos puntuales, y valores máximos y mínimos que pasan aproximadamente de los 13,00 y 7,00 m/s² de la situación actual a los 8,00 y 5,00 m/s² en la situación futura.

	Vveh (km/h)						
	80	70	60	50	40	30	20
Nodo	A3 min(m/s ²)	A3 min(m/s ²)	A3 min(m/s ²)	A3 min(m/s ²)	A3 min(m/s ²)	A3 min(m/s ²)	A3 min(m/s ²)
1588	-7.23	-7.28	-6.91	-5.98	-6.85	-7.65	-6.44
2353	-1.56	-1.23	-1.24	-1.27	-1.50	-1.23	-1.45
3135	-5.09	-5.20	-4.46	-3.87	-3.00	-3.51	-4.05

	Vveh (km/h)						
	80	70	60	50	40	30	20
Nodo	A3 max(m/s ²)	A3 max(m/s ²)	A3 max(m/s ²)	A3 max(m/s ²)	A3 max(m/s ²)	A3 max(m/s ²)	A3 max(m/s ²)
1588	4.15	4.38	3.92	3.37	2.88	3.34	3.99
2353	1.39	1.49	1.13	1.21	1.43	1.21	1.44
3135	7.41	7.94	7.58	5.78	6.77	7.84	6.56

Tabla 6. Estructura futura. Tabla resumen de aceleraciones máximas y mínimas UZ en m/s²

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>

Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



MTESLZ10JyNTUVDE\$

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 34 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE		FECHA FIRMA	ID. FIRMA
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A		06/05/2021	7992024
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A		06/05/2021	7992024
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN		06/05/2021	7992024

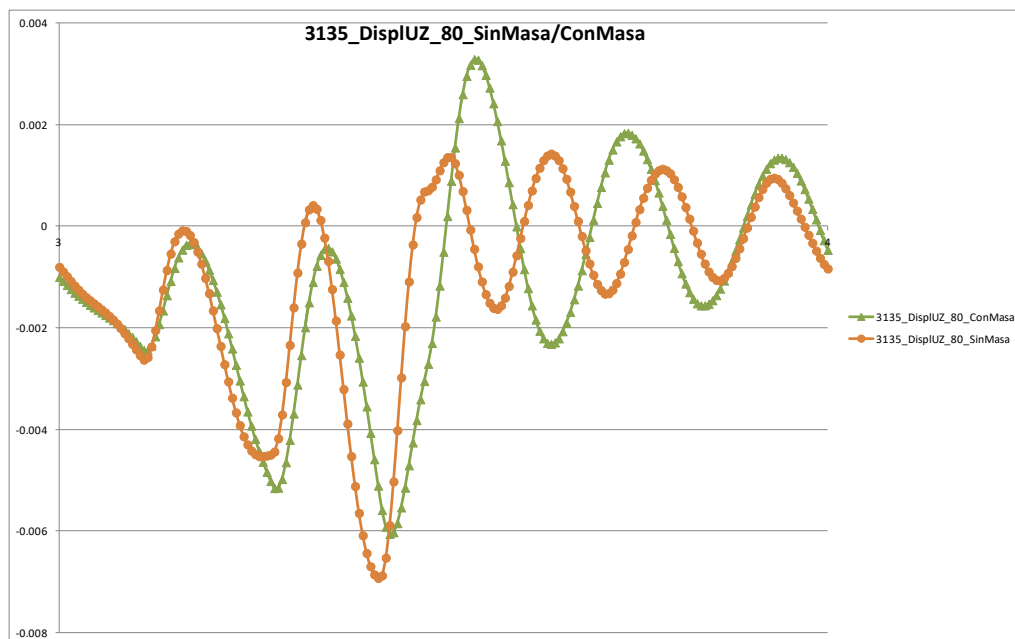


Figura 19. Estructura actual y futura (con masa). Comparativa nodo final 3135. Desplazamientos UZ (m) - T (segundos) para el caso de vehículo a 80 km/h

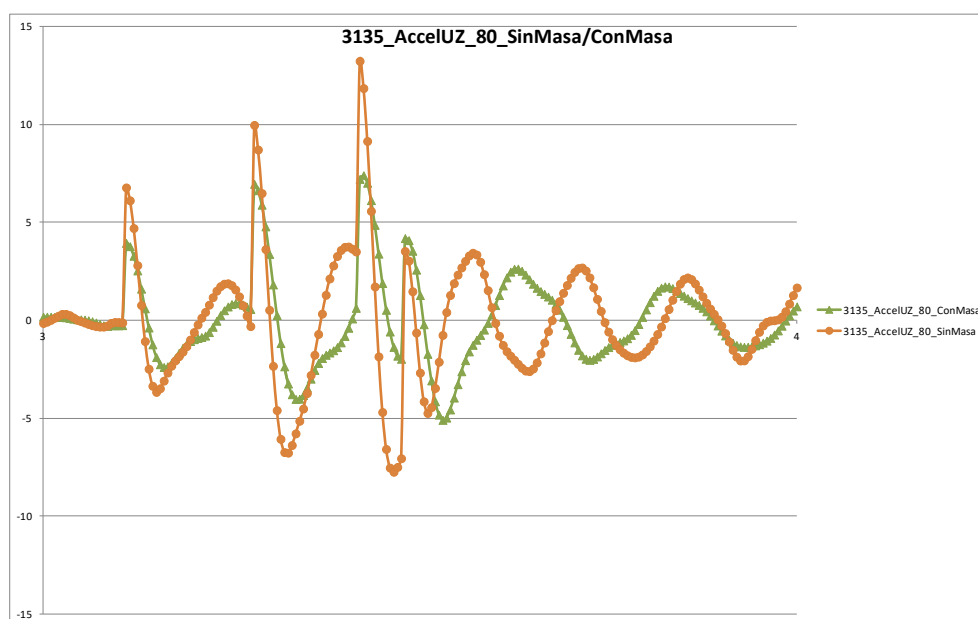


Figura 20. Estructura actual y futura (con masa). Comparativa nodo final 3135. Aceleraciones UZ (m/s^2) - T (segundos) para el caso de vehículo a 80 km/h

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>
Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 35 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

Todo esto anterior encaja razonablemente bien con los fundamentos teóricos relativos a la variación de la masa contenidos en documentos específicos de comportamiento dinámico de tableros.

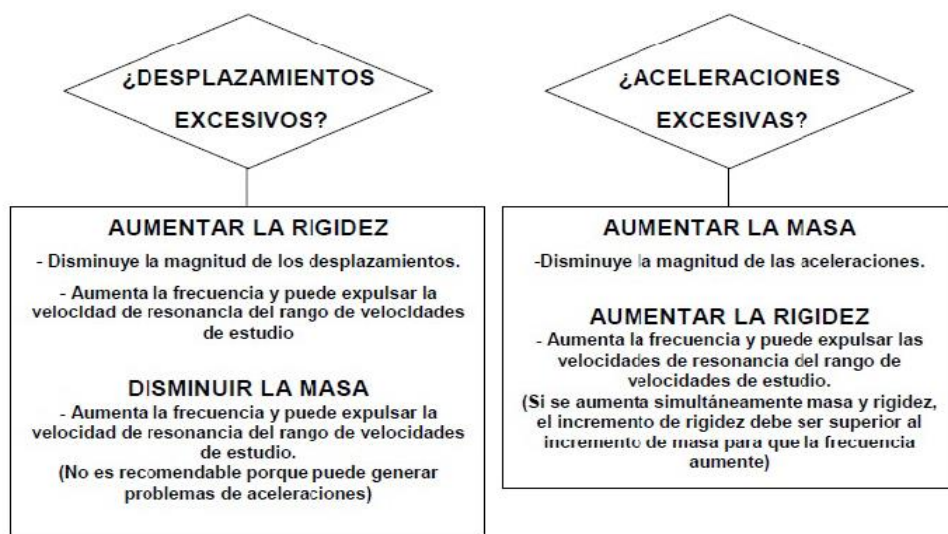


Figura 21. Criterios de diseño en un puente de ferrocarril de alta velocidad. Fuente: (Tesis Doctoral Antonio Carnerero Ruiz, 2007).

11. PROPUESTA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Tal y como se ha comentado anteriormente, ante el problema detectado en los extremos del tablero y la propia configuración real consistente en una serie de 4 tableros no conectados entre sí, se opta por estudiar el efecto de una posible conexión a cortante entre 2 de ellos y/o una posible rigidización de los bordes.

11.1. Estructura con futura capa de firme y dos tramos de cubrimiento conectados

Para este caso, correspondiente al estado futuro de la estructura con capa de firme y dos tramos de cubrimiento adyacentes conectados únicamente en lo que a fuerzas se refiere (rótula en la arista de unión entre ambos), se han obtenido primeramente los resultados correspondientes al caso de vehículo circulando a una velocidad de 80 km/h, los cuales se presentan en 2 gráficos, uno de ellos para desplazamientos y otro para aceleraciones, para los tres nodos de control, con el objetivo de establecer comparaciones posteriormente.

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>

Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



MTESLZJUNJUTUVDES

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 36 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

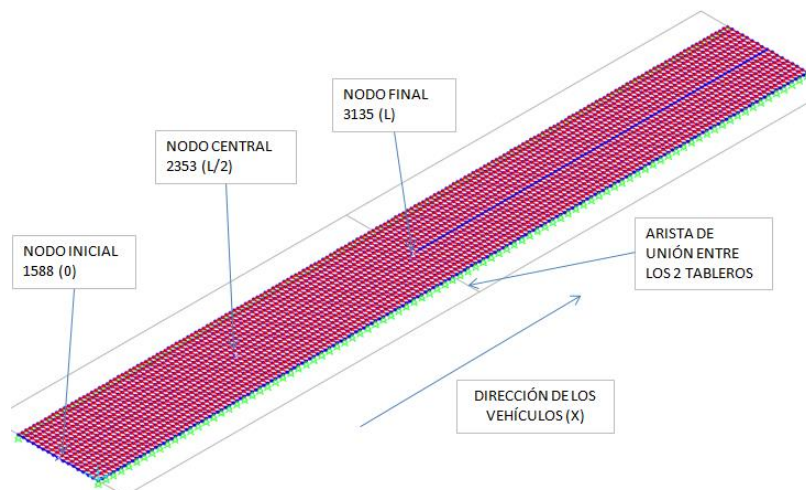


Figura 22. Vista 3D del modelo correspondiente a los 2 Tableros con la situación de los puntos de control, la dirección de los vehículos y la localización de la arista de unión entre ambos

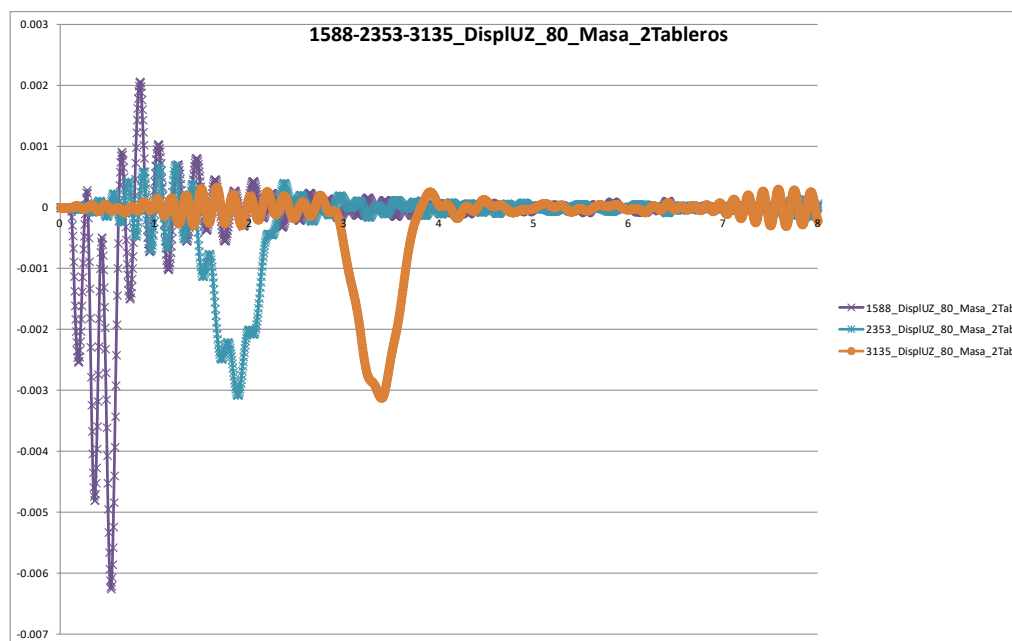


Figura 23. Estructura futura 2 tableros. Nodos inicial, central y final 1588, 2353 y 3135. Desplazamientos UZ (m) - T (segundos)

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>
Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



MTESLZJUNYNTUVDES

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 37 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

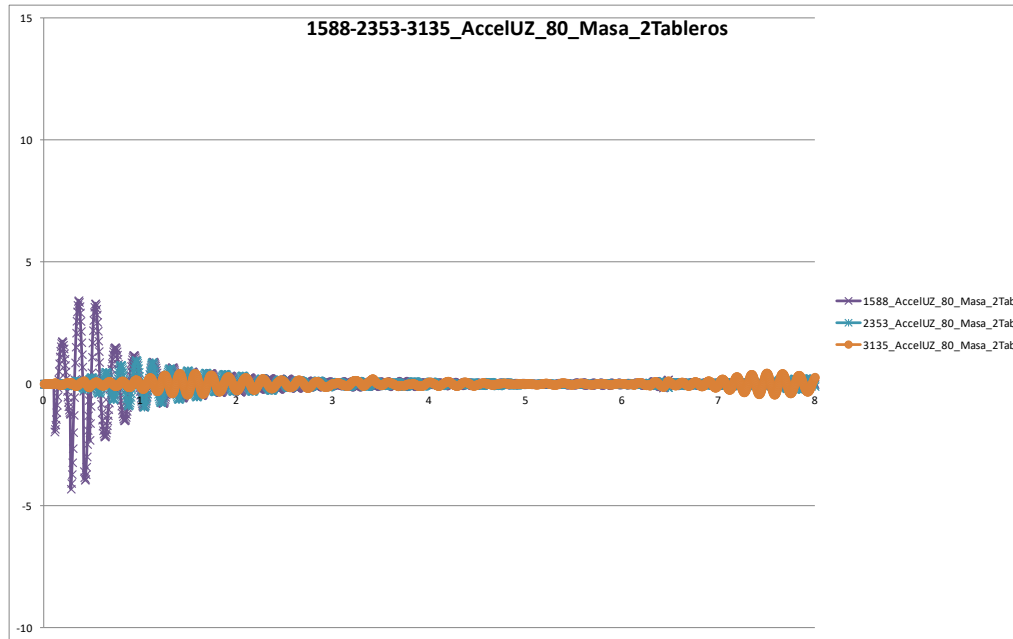


Figura 24. Estructura futura 2 tableros. Nodos inicial, central y final 1588, 2353 y 3135. Aceleraciones UZ (m/s^2) - T (segundos)

En este caso, los resultados mejoran ostensiblemente en el nodo final 3135 (común), y en menor medida en el nodo extremo. El desplazamiento UZ de dicho nodo pasaría de -6,06 a -3,12 mm y las aceleraciones de -5,09 y +7,41 a -0,44 y +0,45 m/s^2 , y por tanto con un desplazamiento similar al del nodo central (también con un coeficiente de impacto dinámico cercano a la unidad) y aceleraciones bastante por debajo del límite máximo de la IAP-11 de 2,50 m/s^2 anteriormente citado.

	Vveh (km/h)
	80
Nodo	U3 min (mm)
1588	-6.26
2353	-3.08
3135	-3.12

Tabla 7. Estructura futura 2 tableros. Tabla resumen de desplazamientos mínimos UZ (inferior) en mm

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>
Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 38 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

	Vveh (km/h)
	80
Nodo	A3 max(m/s ²)
1588	3.42
2353	0.97
3135	0.45
	Vveh (km/h)
	80
Nodo	A3 min(m/s ²)
1588	-4.31
2353	-0.95
3135	-0.44

Tabla 8. Estructura futura 2 tableros. Tabla resumen de aceleraciones máximas y mínimas UZ en m/s²

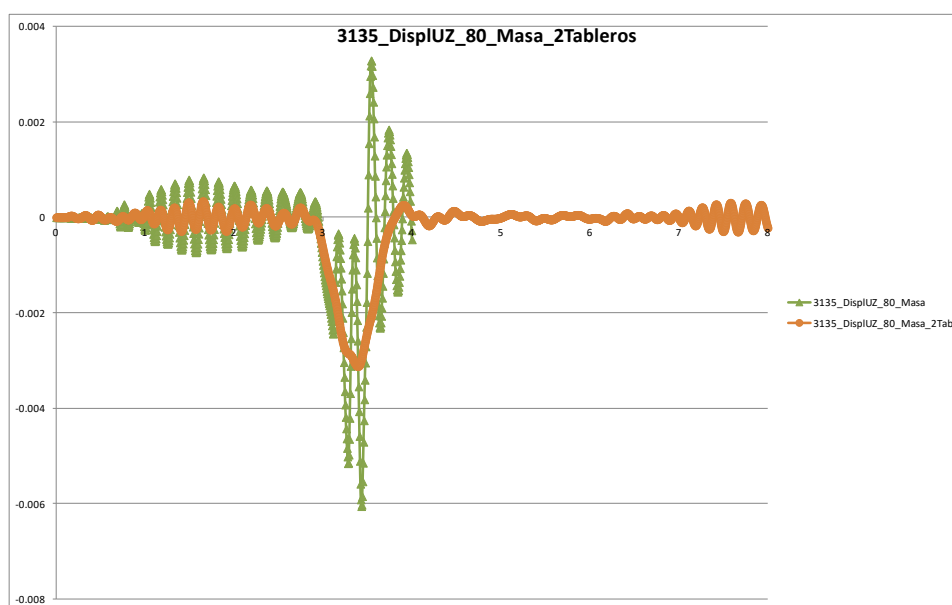


Figura 25. Estructura futura y 2 tableros (con masa). Comparativa nodo final 3135. Desplazamientos UZ (m) - T (segundos) para el caso de vehículo a 80 km/h

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>
Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 39 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

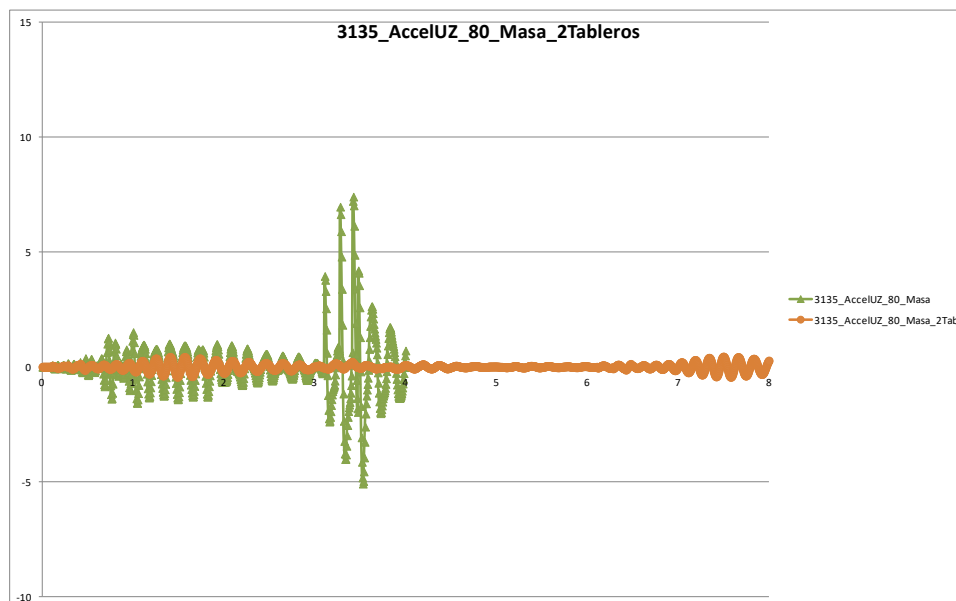


Figura 26. Estructura futura y 2 tableros (con masa). Comparativa nodo final 3135. Aceleraciones UZ (m/s^2) - T (segundos) para el caso de vehículo a 80 km/h

En línea con lo expuesto anteriormente, se estima que la propuesta de conexión de los 4 tableros en las juntas actuales resultaría aconsejable para mejorar el comportamiento de la estructura de cubrimiento, todo ello con una doble motivación enfocada tanto a mitigar las vibraciones como a evitar que se produzca la rotura del paquete de firme de la nueva prolongación de la Avenida.

Es probable que en el momento en el que se proyectó la estructura de cubrimiento no se contemplara en detalle la posibilidad de que en el futuro circularan vehículos por la misma, dado que en dicho caso quizá se hubiera definido una cubierta con un conjunto de viga-losa de algo mayor rigidez y/o se hubieran dispuesto pasadores en las juntas, todo ello analizando el posible paso de los vehículos en la dirección longitudinal y considerando incluso la posibilidad de actuación de 2 vehículos pesados en lugar de 1 (anchura de plataforma en el límite estricto entre las dos opciones según IAP-98), tal y como se apuntaba en el Proyecto redactado por Typsa para ADIF en Noviembre de 2018.

En función de los resultados obtenidos, parece que la opción de conectar los tableros entre sí resolvería en gran medida los problemas existentes y daría lugar a una situación aceptable en lo que respecta a las condiciones de seguridad y comodidad de la circulación de vehículos y peatones por la futura prolongación de la Avenida, por lo que se propone actuar sobre las juntas colocando o bien pasadores de acero o bien chapas de acero estructural en las mismas, para hacer factible la contribución de tableros adyacentes en lo que respecta a la transmisión de fuerzas verticales entre los mismos.

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>

Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



MTE5LZ10JUNTVVDE\$

ESTUDIO TEÓRICO DE ANÁLISIS DINÁMICO DE LA ESTRUCTURA DE CUBRIMIENTO DEL FFCC EN LA CONEXIÓN FUNCIONAL DE LA AVENIDA DE TENOR FLETA CON RONDA HISPANIDAD (ZARAGOZA)

INFORME ESPECÍFICO
Página 28 de 36

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 40 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

11.2. Estructura con futura capa de firme y dos tramos de cubrimiento conectados, considerando recrecidos de la losa existente en los extremos de los tableros

Por otro lado, se considera el estudio del recrecido de la losa de hormigón armado en los extremos de los tableros con el espesor de la capa de base de firme (grava-cemento), dado que se ha comprobado que este aumento de rigidez en los bordes resulta beneficioso en todo caso, y en especial para prácticamente acabar de solventar los problemas existentes en los 2 puntos extremos de los 4 tableros que, en principio, quedarían sin posibilidad de unirse a tableros adyacentes, tal y como se muestra a continuación.

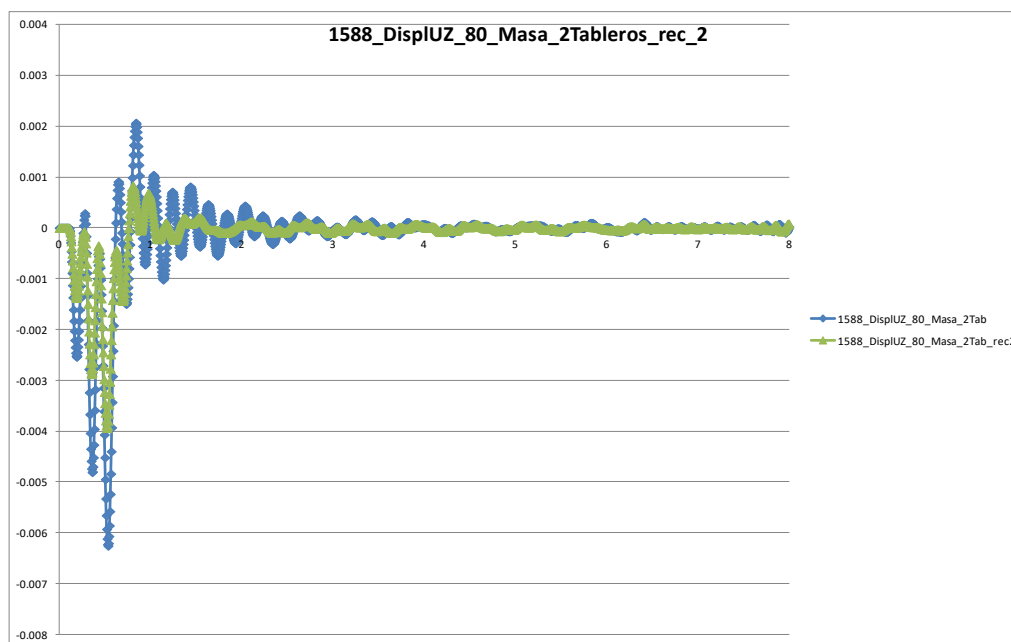


Figura 27. Estructura 2 tableros con y sin recrecido (con masa). Comparativa nodo inicial 1588. Desplazamientos UZ (m) - T (segundos) para el caso de vehículo a 80 km/h. Longitud de recrecido 2,90 m

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>
Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 41 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

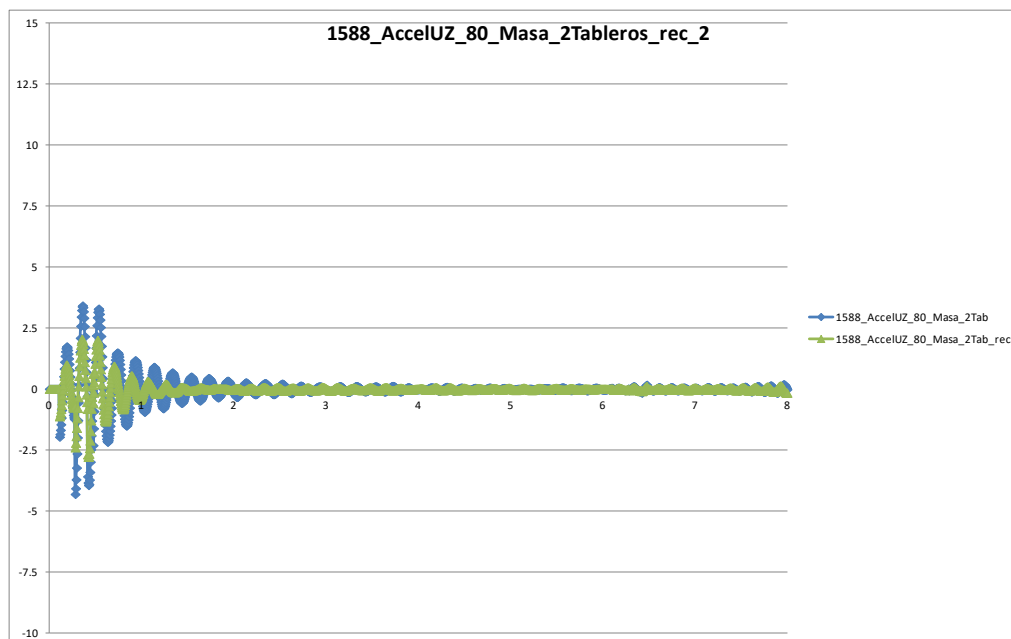


Figura 28. Estructura 2 tableros con y sin recrecido (con masa). Comparativa nodo final 1588. Aceleraciones UZ (m/s^2) - T (segundos) para el caso de vehículo a 80 km/h. Longitud de recrecido 2,90 m

Tal y como se puede observar en los gráficos, el recrecido del orden de 3,00 m en extremos supone pasar de un desplazamiento máximo de 6,26 a 3,94 mm, y de unas aceleraciones máximas de -4,31 y 3,42 a -2,79 y 2,05 m/s^2 , tomando como referencia el modelo de estructura con futura capa de firme y 2 tramos de cubrimiento conectados comentado en apartados anteriores del informe, y considerando en todo caso un recrecido de longitud 1,45 m en la zona de unión entre tableros, el cual mejora igualmente los resultados presentados para el nodo final 3135, pero de forma muy ligera. En este caso, decir que se han realizado pruebas con longitudes de recrecido de 1,45, 2,90 y 5,80 m, obteniendo reducciones de los valores de desplazamientos bastante progresivas y de cuantía suficiente para resolver el problema ya en el segundo escalón (4,64, 3,94, 3,50 mm, respectivamente).

Por tanto, se observa que con esta solución de recrecido de losa se resolvería el problema del desplazamiento en extremos, situando el mismo ligeramente por debajo del máximo desplazamiento en estático del tablero sin recrecido (4,00 mm) y se atenuaría bastante el problema de las aceleraciones, con un máximo situado ligeramente por encima del valor límite de 2,50 m/s^2 marcado por la normativa IAP (siempre en un marco teórico y hablando en órdenes de magnitud). De igual manera, decir que se han realizado pruebas con longitudes de recrecido de 1,45, 2,90 y 5,80 m, obteniendo reducciones de los valores de aceleraciones máximas-mínimas de poca cuantía a partir del segundo escalón (-2,99 y 2,40, -2,79 y 2,05, -2,76 y 1,95 m/s^2 , respectivamente).

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>
Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



MTESLZ10N1UJNTUVDES

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 42 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

11.3. Consideraciones funcionales de la junta y posibles soluciones a implementar

A esto anterior y, cómo se ha comentado anteriormente, debería añadirse la posible disposición de "aparatos de junta tipo puente" que permitan dilataciones/contracciones en la cuantía de los 3 cm de las juntas actuales para evitar la rotura del firme, dado que en caso de disponerse las capas de firme directamente sobre la estructura actual sería bastante probable que se produjeran grietas en la localización de dichas juntas, ya fuera por movimientos longitudinales como verticales si no se dispusiera de conexiones. La citada opción del recrecido de la losa mejoraría además la disposición de las juntas, ya que éstas quedarían ancladas a la losa inmediatamente debajo de las capas de mezcla bituminosa, de forma similar a lo que sucede en los casos típicos de tableros con circulación de vehículos en sentido longitudinal.

En primera aproximación, la opción de los pasadores embebidos en la losa existente requeriría demoler parcialmente los extremos de las losas a ambos lados de la junta, mientras que la opción de las chapas podría resultar más limpia constructivamente hablando, pero sería necesario analizar la misma en detalle para verificar que el comportamiento estructural fuera adecuado con un espesor de chapa razonable y tiene inconvenientes en cuanto a la ejecución de la junta en superficie. La opción del recrecido si bien requiere el consumo de más material, es la que mejores prestaciones ofrece, ya que se evita igualmente la demolición y se facilita una mejor integración de las juntas, sin más que añadir una serie de pernos de conexión entre los nuevos recrecidos y la losa existente, e iría en la línea de la rigidización que sí se requeriría en los extremos, donde no existe tablero adyacente. A continuación, se incluyen 3 figuras con un primer borrador de croquis aproximados de las tres soluciones para una mejor visualización de las mismas.

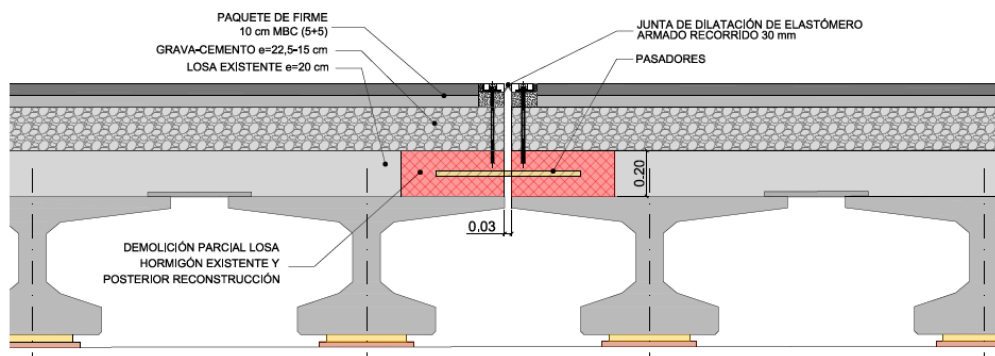


Figura 29. Croquis de posibles soluciones a ejecutar para la conexión de tableros adyacentes. Pasadores de acero corrugado.

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>

Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 43 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

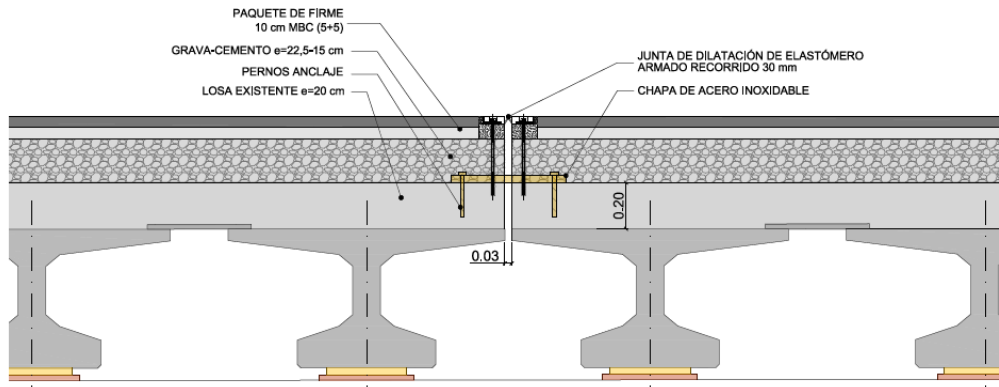


Figura 30. Croquis de posibles soluciones a ejecutar para la conexión de tableros adyacentes. Chapa de acero inoxidable

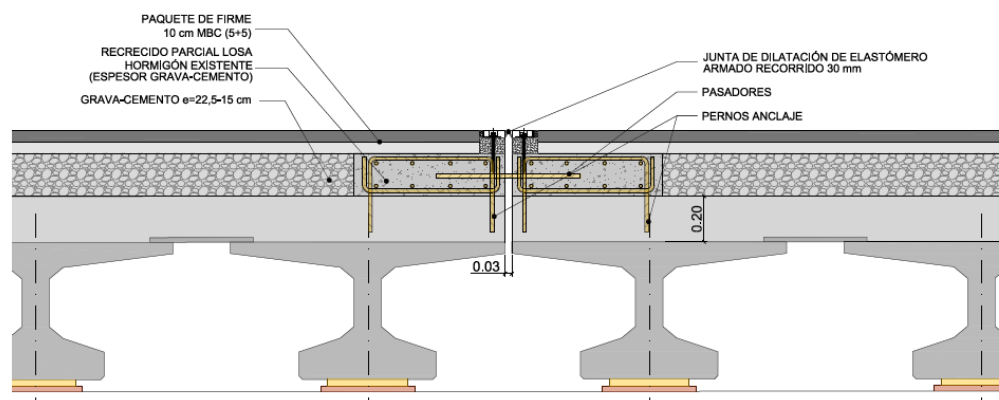


Figura 31. Croquis de posibles soluciones a ejecutar para la conexión de tableros adyacentes. Pasadores de acero corrugado y recrecido de losa. Zonas de unión entre tableros.

Nota relativa a los Croquis de posibles soluciones a ejecutar para la conexión de tableros adyacentes: Nótese que la definición de los pasadores, la chapa y los pernos que se muestran en los croquis son orientativas; estos elementos requerirán de un dimensionamiento de detalle adecuado conforme a las prescripciones de la normativa IAP-11 en caso de que finalmente se decida implementar alguna de las citadas soluciones.

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>
Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 44 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

12. RECOMENDACIONES PARA LA REALIZACIÓN DE LA PRUEBA DE CARGA DINÁMICA

Se incluye en el presente estudio un apartado específico para establecer la coordinación de la posible prueba dinámica a realizar sobre los tableros existentes, de manera que puedan compararse directamente los resultados de los cálculos teóricos aquí expuestos y las futuras medidas tomadas in-situ.

En un principio, parece razonable que la propuesta de prueba de carga a futuro una vez ejecutadas las obras de conexión debiera reproducir unas condiciones similares a las recogidas en el estudio teórico y viceversa (vehículo tipo de 380 kN, posicionamiento a lo largo de la directriz central de los tableros, rango de velocidades de 80 a 20 km/h).

En este caso, la propuesta de parámetros mínimos a controlar con el objeto de establecer comparaciones con el cálculo teórico (y una posible retroalimentación/recalibración en su caso de ciertos inputs del mismo) pasaría por:

- Determinar las frecuencias propias fundamentales y amortiguamiento crítico, intrínsecos a la estructura estudiada (geometría, materiales, vinculaciones).
- Circular, al menos, con un vehículo tipo similar, realizando el barrido de velocidades indicado y monitorizar las aceleraciones y desplazamientos en puntos de control similares a los ya indicados para el estudio teórico (3 puntos con $x=0$, $x=L/2$ y $x=L$ sobre la alineación de centro de luz del tablero).

13. CONCLUSIONES

A continuación, se incluyen las principales conclusiones relativas a los 2 primeros casos estudiados, que se corresponderían con el estudio de la situación actual y a lo que se esperaría en el caso de la Avenida se construyese directamente sobre el cubrimiento sin tomar ninguna medida adicional:

- Estructura actual sin capa de firme. A priori, podrían detectarse problemas de desplazamientos y, sobre todo, de aceleraciones en los nodos extremos del tablero, mientras que en el interior podría decirse que los desplazamientos son correctos y las aceleraciones se encuentran ligeramente por encima del valor límite marcado por la normativa. Este comportamiento explicaría el fenómeno observado durante la ejecución de la prueba de carga estática.
- Estructura con futura capa de firme. Se mantendría el mismo orden de magnitud para el caso de los desplazamientos, que seguiría siendo problemático en los extremos de tablero, y se reduciría notablemente el problema de aceleraciones excesivas; si bien en los extremos se seguirían presentando valores que superan ampliamente el citado límite.

Tal y como se ha expuesto anteriormente, los resultados de los dos casos anteriores han llevado al estudio de 2 casos adicionales con la adopción de ciertas medidas de mitigación, cuyas conclusiones se exponen a continuación:

- Estructura con futura capa de firme y 2 tramos de cubrimiento conectados. Se plantea la posibilidad de conectar los tableros existentes al objeto de mitigar los problemas detectados y prevenir posibles roturas de la capa de firme, con el resultado de que los valores de desplazamientos y aceleraciones mejorarían de forma ostensible y se conseguiría un comportamiento estructural adecuado. De todos

ESTUDIO TEÓRICO DE ANÁLISIS DINÁMICO DE LA ESTRUCTURA DE CUBRIMIENTO DEL FFCC EN LA CONEXIÓN FUNCIONAL DE LA AVENIDA DE TENOR FLETA CON RONDA HISPANIDAD (ZARAGOZA)

INFORME ESPECÍFICO
 Página 33 de 36

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>

Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



MTE5LZ10NjUyNTUvVDE\$

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 45 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

los inputs sobre los que se puede actuar para mitigar la problemática: rigidez, masa, amortiguación... actuar sobre la condición de contorno de borde libre, parece la más razonable para mejorar el comportamiento (también para evitar el agrietamiento de la pavimentación en la junta por desplazamientos diferenciales a ambos lados de la junta).

- Estructura con futura capa de firme y 2 tramos de cubrimiento conectados, considerando la opción del recrecido de la losa en extremos de tableros. La solución de recrecido de la losa duplicando su espesor en extremos (de 20 a 40 cm) y con una longitud de recrecido mayor en los 2 puntos extremos de los 4 tableros se presenta como una opción más que interesante, ya que considerando esta rigidización se consigue mitigar la problemática prácticamente en su totalidad.

Con todo cuanto antecede, se estima suficientemente justificado el presente "Estudio teórico de análisis dinámico de la estructura de cubrimiento del FFCC en la conexión funcional de la Avenida Tenor Fleta con Ronda Hispanidad" en Zaragoza. Por ello, y considerando haber cumplimentado lo establecido en la Orden de Redacción, se eleva a la Superioridad para su aprobación, si lo estima conveniente.

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>

Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



MTESLZ10NjUyNTUVDES\$

ESTUDIO TEÓRICO DE ANÁLISIS DINÁMICO DE LA ESTRUCTURA DE CUBRIMIENTO DEL FFCC EN LA CONEXIÓN FUNCIONAL DE LA AVENIDA DE TENOR FLETA CON RONDA HISPANIDAD (ZARAGOZA)

INFORME ESPECÍFICO
Página 34 de 36

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 46 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	

ANEJO DE RESULTADOS

A continuación, se incluyen los resultados de desplazamientos y aceleraciones del programa SAP2000, ordenadas de acuerdo con el siguiente esquema de casos (18 en total):

- Estructura actual sin capa de firme. 7 casos para las siete velocidades consideradas (80-20 km/h).
- Estructura con futura capa de firme. 7 casos para las siete velocidades consideradas (80-20 km/h).
- Estructura con futura capa de firme y 2 tramos de cubrimiento conectados. 1 caso para la única velocidad considerada (80 km/h).
- Estructura con futura capa de firme y 2 tramos de cubrimiento conectados, considerando la opción del recrecido de la losa en extremos de tableros. 3 casos para la única velocidad considerada (80 km/h), con longitudes de recrecido en extremos de 1,45, 2,90 y 5,80 m.

Documento firmado digitalmente. Para verificar la validez de la firma acceda a <https://www.zaragoza.es/verifica>
Ayuntamiento de Zaragoza - <http://www.zaragoza.es>



MTE5LZ10NjUyNTUwVDE\$

NOMBRE DOC.	Memoria descriptiva			PÁGINA 47 / 47
FIRMADO POR	CARGO FIRMANTE	FECHA FIRMA	ID. FIRMA	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
JOSE ANGEL NAVAMUEL APARICIO	EL/LA TÉCNICO/A	06/05/2021	7992024	
MIGUEL A ABADIA IGUACEN	RESPONSABLE DEL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN	06/05/2021	7992024	