



PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

CONTINUACIÓN DE LAS INVESTIGACIONES PARA REGULAR LA VELOCIDAD DE CRUCE ENTRE UN TREN DE VIAJEROS QUE CIRCULA A MÁS DE 200 km/h Y UN TREN DE MERCANCÍAS (EN LÍNEAS FERROVIARIAS CON EXPLOTACIÓN MIXTA DOTADAS DE ANCHO 1.435 mm)

Ref. JADPIDi/PPTP/CRUCE2

La autenticidad de este documento puede ser comprobada mediante el código seguro de verificación: 5A0YYQHRKKR8Y5VZW840P2RV6G

Verificable en <https://sede.adif.gob.es/csv/valida.jsp>



DG DE PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA Y PROYECTOS
DIRECCIÓN DE ESTRATEGIA
Subdirección de Innovación Estratégica
Jefatura de Área de Desarrollo de Proyectos de I+D+i

Relación de contenido

1.	PRESCRIPCIONES GENERALES	3
1.1.	INTRODUCCIÓN	3
1.2.	DOCUMENTACIÓN	3
1.3.	PERFILES PROFESIONALES DEL CONTRATO	3
1.4.	RECEPCIÓN	3
1.5.	PROPIEDAD INTELECTUAL	3
2.	ANTECEDENTES	5
2.1.	ANTECEDENTES	5
2.1.1.	PRIMER PROYECTO DE INVESTIGACIÓN (PROYECTO DE I+D+I CRUCE)	5
2.1.2.	SEGUNDO PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	6
2.2.	PRINCIPALES CONCLUSIONES DE LOS PROYECTOS REALIZADOS HASTA LA FECHA Y SIGUIENTES PASOS	6
3.	OBJETO	7
4.	ALCANCE Y DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS	8
4.1.	PLANTEAMIENTO GENERAL	8
4.1.1.	MATERIAL RODANTE A CONSIDERAR (EN MODELOS CFD)	8
4.1.2.	ENSAYOS REALES DE CRUCE	9
4.2.	AGRUPACIÓN Y DETALLE DE LAS ACTIVIDADES	10
4.2.1.	NUEVAS ACTIVIDADES EN EL ESCENARIO DE TÚNEL	10
4.2.2.	NUEVAS ACTIVIDADES EN EL ESCENARIO A CIELO ABIERTO	13
4.2.3.	REDACCIÓN DE UN DOSSIER TÉCNICO	14
5.	PLAZO DE EJECUCIÓN	15
6.	PRESUPUESTO	16



1. Prescripciones Generales

1.1. Introducción

Este Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares (en adelante PPTP) establece los requisitos técnicos y funcionales que deben ser considerados en la continuación de las investigaciones que permitan regular la velocidad de cruce entre un tren de viajeros que circula a más de 200 km/h y un tren de mercancías, en líneas ferroviarias con explotación mixta dotadas de ancho 1.435 mm.

El presente PPTP se considera integrado en su totalidad en el de Cláusulas Administrativas Particulares del contrato y en el resto de la normativa vigente de aplicación.

Es importante destacar que este PPTP está asociado a una actuación recogida en el nuevo Plan de Innovación para el Transporte y las Infraestructuras del Ministerio de Fomento, concretamente en la iniciativa E3L1-4 (Nuevos sistemas de seguridad en la infraestructura ferroviaria). Esta iniciativa pertenece al Eje E3 (Rutas inteligentes) y a la Línea Estratégica E3L1 (Digitalización de la Carretera y del ferrocarril).

1.2. Documentación

Los documentos que se redacten para la presentación de la oferta así como los que recojan la totalidad de los trabajos a realizar, responderán en contenido y en forma a lo expresado en el presente PPTP.

Esta documentación no será divulgada ni utilizada con otros fines sin permiso escrito de Adif. Debido a ello, este personal firmará un documento de confidencialidad con respecto a las actividades realizadas.

Toda la información generada durante el desarrollo del contrato será propiedad final de Adif.

1.3. Perfiles profesionales del Contrato

Se considerarán los siguientes perfiles profesionales:

1. El Director de Contrato de Adif es el responsable, designado al efecto por Adif, para la dirección y coordinación de las actividades objeto del presente Contrato.
2. El Adjudicatario es el Licitador que resulte adjudicatario.
3. El Director de Proyecto del Adjudicatario es el responsable, por su parte, de que se desarrollen adecuadamente los contactos con el personal de Adif para la buena marcha del contrato. Le corresponde la gestión y coordinación técnica y administrativa del Contrato.

1.4. Recepción

Una vez concluidos los trabajos contemplados, se procederá a la recepción de los mismos por parte de Adif.

1.5. Propiedad Intelectual

Adif será titular de todos los derechos de propiedad intelectual e industrial de la totalidad de los trabajos y de sus resultados con las limitaciones previstas en el Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, aprobado por RDL 1/1996, de 12 de abril y la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes de Invención y Modelos de Utilidad, y su normativa complementaria y de desarrollo. Tanto la documentación final como toda aquella que haya sido generada a lo largo del desarrollo del contrato tienen la consideración de propiedad de Adif y no podrá ser difundida ni entregada para uso de terceros sin su previa autorización.





PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

REF.	Ref. JADPIDI/PPTI/CRUCE2
FECHA	Septiembre 2018
PÁGS.	4/18

Los integrantes del equipo del adjudicatario que hayan participado en el contrato se comprometerán expresamente mediante documento escrito a no divulgar información relacionada con el mismo durante su duración.

La autenticidad de este documento puede ser comprobada mediante el código seguro de verificación: 5A0YYQHRKKR8Y5VZW840P2RV6G

Verificable en <https://sede.adif.gob.es/csv/valida.jsp>



2. Antecedentes

2.1. Antecedentes

En 2012 Adif comenzó a analizar los efectos operativos que se producen en el cruce entre un tren de alta velocidad (considerando aquí, aquél tren de viajeros que circula a más de 200 km/h) y un tren de mercancías. Este hecho, que se da en líneas de vía doble con operación mixta, es un escenario operativo poco estudiado y sin normativa técnica específica que lo regule de una manera específica.

Puede afirmarse que este análisis es complicado debido principalmente a la gran cantidad de variables involucradas, muy especialmente la variabilidad asociada al tipo de vagón de mercancías que circula, la de su carga (incluidos los correspondientes herrajes de sujeción) y la distribución que ocupa en la composición de mercancías.

En estas condiciones, actualmente la velocidad máxima a la que puede circular el tren de viajeros en la red de Adif y Adif Alta Velocidad es de 200 km/h, por lo que se hace necesario analizar la posibilidad de incrementar esta velocidad de circulación en aquellas líneas donde este tipo de trenes pueden circular a más velocidad.

2.1.1. Primer proyecto de investigación (Proyecto de I+D+i CRUCE)

Con fecha 25 de octubre de 2012, Adif inició (a través de la entonces Dirección de *Ingeniería e Innovación*), los trabajos para analizar el escenario operativo de cruce y poder concluir, en su caso, el incremento de velocidad del tren de viajeros. Se trató de un primer proyecto de investigación (al que se denominó Proyecto de I+D+i CRUCE), circunscrito al ámbito *Aerodinámico*. En él se consiguió generar toda la información relativa a las presiones, fuerzas y momentos que se producen durante el cruce con diferentes tipos de vagones de mercancías, tanto a cielo abierto como en túnel. Estos cálculos fueron desarrollados mediante un modelo CFD (*Computational Fluid Dynamics*) que fue previamente calibrado mediante ensayos en circulación reales (Figura 1).

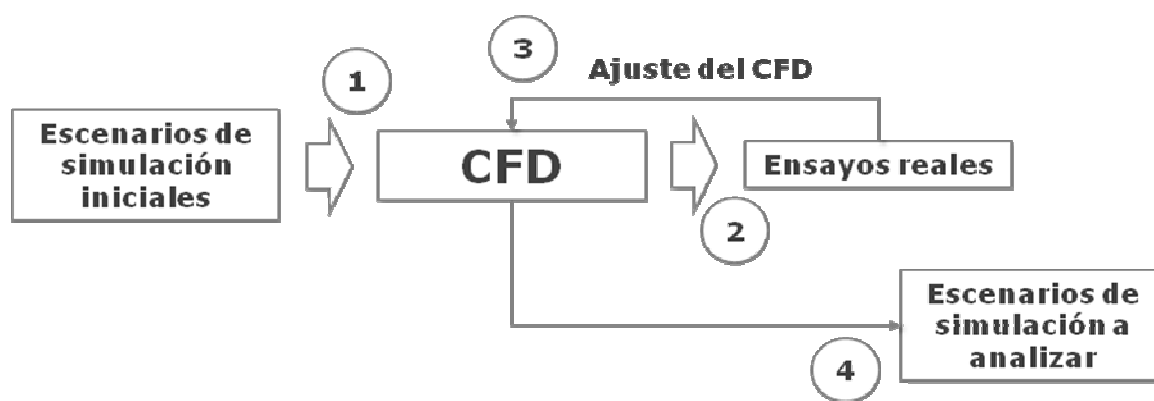


Figura 1. Estructura funcional del Proyecto de I+D+i CRUCE.

Cabe destacar que, derivado de este proyecto, se creó entre Adif y Renfe Operadora un grupo de trabajo permanente con los departamentos afectados de ambas empresas.

El Proyecto de I+D+i CRUCE concluyó que los esfuerzos aerodinámicos son considerables a ciertas velocidades del tren de viajeros, aconsejando orientar el análisis desde ese momento a un ámbito *Dinámico*, esto



es, interpretando el comportamiento del vagón teniendo en cuenta los efectos producidos a nivel de la rodadura.

2.1.2. Segundo proyecto de investigación

Considerando las conclusiones anteriores en el marco del grupo de trabajo creado, se decidió iniciar un segundo proyecto de investigación orientado, por tanto, a analizar las condiciones dinámicas del vagón en presencia de las fuerzas aerodinámicas calculadas por Adif en el Proyecto de I+D+i CRUCE. Este proyecto de cálculo dinámico fue desarrollado por la Dirección de *Seguridad en la Circulación de Renfe Operadora*.

Este proyecto permitió relacionar, en términos generales, la descarga de rueda que se produce en el vagón de mercancías más desfavorable en presencia de un tren de viajeros circulando a distintas velocidades. Cabe destacar que esta situación siempre se produce en un escenario a cielo abierto y no en túnel, según se explicará a continuación.

2.2. Principales conclusiones de los proyectos realizados hasta la fecha y siguientes pasos

Las conclusiones obtenidas deben ser clasificadas atendiendo a si el cruce se realiza en túnel o a cielo abierto:

1. *Cruce a cielo abierto.* En este escenario se producen una serie de acciones y momentos sobre los vagones del tren de mercancías producidos por el efecto del paso de la cabeza y la cola del tren de alta velocidad. Este efecto fue perfectamente modelado en el Proyecto I+D+i CRUCE.
2. *Cruce en túnel.* En el caso de un escenario de cruce en túnel, se concluyó que dicho escenario es más restrictivo que el anterior, principalmente debido a la afección que producen las ondas de presión sobre la carga del vagón de mercancías. En efecto, en un túnel, además del efecto que se produce a cielo abierto, también se produce un efecto adicional producido por estas ondas que se desplazan longitudinalmente y que son generadas por el movimiento de los trenes en el interior del túnel.

Al ser la presión inducida dentro del túnel uniforme, la contribución neta a las fuerzas producidas sobre los vagones y sus cargas es teóricamente nula (o al menos pequeña). Al ser las variaciones de presiones rápidas y con valores de sobrepresión y depresión altos, es importante considerar la presión interna en dichas cargas, pues se van a ver sometidas a pulsos de compresión y expansión importantes. Es por ello que este escenario es particularmente crítico para la integridad de la carga del vagón.

Tras poner en común todos los resultados obtenidos, Adif, junto a Renfe Operadora, concluyó en la necesidad de profundizar en ciertos aspectos del problema, potenciando el desarrollo de nuevos análisis teóricos y, sobre todo, potenciando el desarrollo de ensayos a escala real de manera que se puedan caracterizar de manera definitiva las posibles limitaciones a imponer. Estas nuevas actividades son objeto del presente Contrato.



3. Objeto

Es objeto del presente Contrato es desarrollar las siguientes actividades principales:

1. Con relación al escenario de *cruce en túnel*, escenario más restrictivo para la operación, **ampliar los análisis desarrollados hasta el momento**. Concretamente se deberán realizar nuevas simulaciones de cruce y un análisis comparativo de los cruces que se producirían en líneas de alta velocidad y los que se producen en puntos determinados de la red convencional de Adif.

Adicionalmente se precisará aplicar el cálculo CFD a este escenario (no realizado hasta el momento) para analizar en detalle la distribución de presiones y esfuerzos que se producen sobre la carga del vagón de mercancías.

2. En el escenario de *cruce a cielo abierto* **analizar el impacto producido por el viento lateral**.

Nota: Se tendrán en cuenta en los dos apartados anteriores diferentes cargas sobre vagones: contenedores, automóviles, etc., incluso configuraciones y gálibos de autopista ferroviaria.

3. Desarrollar **ensayos reales con ambos trenes en movimiento**, en diferentes condiciones operativas considerando los resultados obtenidos en las anteriores actividades. *Nota: Debe reseñarse de nuevo que los ensayos realizados en 2012 se llevaron a cabo para ajustar la herramienta CFD posteriormente empleada. En esos ensayos, el tren de mercancías permanecía parado en todo momento.*

4. **Redacción de un dossier técnico** con las conclusiones obtenidas, las cuales deberán identificar de manera clara cuál es la velocidad máxima de cruce en una línea de estas características, siendo indicada expresamente.

5. **Propuestas para el incremento de las velocidades obtenidas en los puntos anteriores** (entre-eje recomendable en función de la velocidad, secciones de túneles, etc.).

Como es de esperar, el desarrollo de estas nuevas actividades tendrá en cuenta todos los planteamientos, cálculos y resultados obtenidos en los proyectos de investigación anteriormente citados.

Además debe destacarse que estos nuevos trabajos continuarán siendo aplicados en el trayecto de alta velocidad Barcelona-Límite TP FERRO (perteneciente a la línea 050 de Adif Alta Velocidad), si bien en su desarrollo deberá tenerse en cuenta su aplicabilidad a otros trayectos futuros con explotación mixta.



4. Alcance y descripción de los trabajos

4.1. Planteamiento general

Habiendo ya concluido que la velocidad máxima a la que podrá circular el tren de viajeros va a depender principalmente de la máxima velocidad de circulación en túnel, el planteamiento general a considerar constará de las siguientes acciones:

- Ya que dicho escenario en túnel es más restrictivo, se realizarán nuevas simulaciones operativas mediante programa software.
- De lo anterior y con objeto de disponer de más de un escenario analítico, se identificarán los dos (2) túneles más críticos para la operación.
- En esos túneles se aplicará una simulación CFD en lo relativo a la distribución de presiones que se produce en las cargas de los vagones de mercancías considerados.
- De lo anterior se concluirá cuáles son las velocidades máximas de cruce en esos túneles.
- Se realizarán ensayos reales en túnel a las velocidades del tren de viajeros y mercancías que se estimen, que permitan validar los resultados obtenidos.
- Partiendo de las velocidades máximas de cruce obtenidas en túnel, y ya considerando el escenario a cielo abierto, se calculará el impacto del viento lateral sobre esas velocidades máximas (de cruce obtenidas en túnel).
- Se realizarán ensayos reales a cielo abierto a las velocidades del tren de viajeros y mercancías que se estimen, y que de nuevo permitan validar los resultados obtenidos.

4.1.1. Material rodante a considerar (en modelos CFD)

Se ha fijado una serie de material rodante tipo a considerar en los análisis actuales. Aunque podrá variar su tipología a medida que se vaya desarrollando el Contrato, está previsto emplear el siguiente material:

- Automotor Eléctrico de Alta Velocidad: Serie 103 (de Renfe Operadora). Cabe destacar que este automotor ya fue modelizado en el Proyecto de I+D+i CRUCE.
- Locomotora de Mercancías: Serie 319 ó Serie 252 (de Renfe Operadora). La locomotora Serie 319 ya fue modelizada en el Proyecto de I+D+i CRUCE.
- Vagones de Mercancías:
 - Vagón portacontenedores MMC3. Los contenedores a considerar serán de 20' y 40'. Ya modelizado en el Proyecto de I+D+i CRUCE.
 - Vagón porta-automóviles MA7. Ya modelizado en el Proyecto de I+D+i CRUCE.
 - Vagón de puertas deslizantes JJ4. Ya modelizado en el Proyecto de I+D+i CRUCE.
 - Semivagón portacontenedores MC5. Los contenedores a considerar serán de 40'. Cabe destacar que este tipo de vagón no fue modelizado en el Proyecto de I+D+i CRUCE si bien fue identificado en las investigaciones de Renfe Operadora como el más restrictivo para la operación.



	PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS	REF.	Ref. JADPIDI/PPTI/CRUCE2
		FECHA	Septiembre 2018
		PÁGS.	9/18

- Vagón (no definido en este momento) especialmente destinado para el transporte de camiones (autopista ferroviaria).

4.1.2. Ensayos reales de cruce

Se realizarán ensayos reales, con ambos tipos de trenes en movimiento. Cabe destacar las siguientes observaciones previas:

- Los ensayos se realizarán en el trayecto de alta velocidad Barcelona – Límite TP FERRO, en el ámbito de los dos (2) túneles más restrictivos.
- Los ensayos se realizarán en horario nocturno, normalmente durante los fines de semana.
- El material rodante y el personal de conducción sí está contemplado en el presupuesto del presente Contrato.
- La composición de ensayos de alta velocidad será un tren de la serie 103 de Renfe Operadora.
- La composición de ensayos de mercancías, en función de los diferentes resultados obtenidos en los apartados anteriores, se definirá entre el Adjudicatario y Adif. En todo caso constará del material indicado en el apartado 4.1.1.
- Sí será alcance del presente contrato la adquisición e instalación de todo el equipamiento y dispositivos de medida necesarios para la adquisición de los distintos parámetros a medir.
- La campaña de ensayos, tanto en túnel como a cielo abierto, se desarrollará de manera independiente pero en el mismo espacio temporal.



4.2. Agrupación y detalle de las actividades

Las tareas contempladas en el presente contrato han sido agrupadas en los siguientes grupos:

1. Nuevas actividades en el escenario de túnel.
 - 1.1. Simulación de nuevos escenarios en el trayecto de alta velocidad Barcelona-Límite TP FERRO.
 - 1.2. Simulación de las condiciones de cruce en túneles de la red convencional y comparativa con las condiciones de cruce en el trayecto de alta velocidad Barcelona-Límite TP FERRO.
 - 1.3. Simulación CFD en los dos (2) túneles más críticos para analizar en detalle la afección a la carga de los vagones de mercancías.
 - 1.4. Ensayos de cruce en túnel.
2. Nuevas actividades en el escenario a cielo abierto.
 - 2.1. Simulación de las condiciones de cruce en presencia de viento lateral considerando los resultados obtenidos en los túneles más críticos.
 - 2.2. Revisión del planteamiento dinámico en presencia de viento lateral.
 - 2.3. Ensayos de cruce a cielo abierto.
3. Redacción de documento final.

4.2.1. Nuevas actividades en el escenario de túnel

4.2.1.1. Simulación de nuevos escenarios en el trayecto de alta velocidad Barcelona-Límite TP FERRO

Según se comentó anteriormente, en túnel, el fenómeno aerodinámico debido al cruce de los trenes, tiene dos efectos superpuestos:

- Por una parte el efecto del paso de la cabeza y cola del tren de viajeros sobre el tren de mercancías y que es el mismo que se produce en el cruce a cielo abierto.
- Por otra parte, las ondas de presión que se desplazan longitudinalmente y que son generadas por el movimiento de los trenes dentro del túnel.

Por tanto, las simulaciones a realizar en túnel tienen por objeto analizar este segundo fenómeno de ondas de presión, obteniendo las presiones producidas sobre los vagones del tren de mercancías cuando se cruza con el tren de viajeros.

El fenómeno de propagación de ondas de presión en la dirección del movimiento, es lo que concluyó que existieran mayores restricciones para la circulación de ambos tipos de trenes –en túnel– respecto al escenario de cielo abierto. Puesto que son ondas de presión uniformes, no producen desequilibrio de fuerzas en la dirección perpendicular al movimiento y por lo tanto se puede afirmar que el problema que puede producir la propagación de estas perturbaciones, está más relacionado con la propia integridad de la carga del vagón.

El Adjudicatario deberá realizar la simulación de nuevos escenarios de operación en el interior de los



túneles, concretamente los que están recogidos en la Tabla I. *Nota: Estos escenarios deben ser considerados en estos momentos orientativos, pudiendo variar sus características.*

Para la realización de los cálculos mediante simulación se deberá emplear un programa informático (existen varios actualmente en uso) que suele basarse en un método de las características cuasi unidimensional para flujo compresible. Así, este tipo de programas suelen simular la entrada (simultánea o desfasada) de trenes de diferente sección, longitud y velocidad, proporcionando como datos de salida los valores instantáneos de presión asociados a las ondas de compresión y expansión generadas por el movimiento de los trenes. El Adjudicatario deberá disponer de la licencia de uso correspondiente.

Tipo de tren de alta velocidad	Longitud del tren de alta velocidad (m)	Velocidad del tren de alta velocidad (km/h)	Longitud del tren de mercancías (m)	Velocidad del tren de mercancías (km/h)
S/102	200	250	500 y 750	100 y 120
S/102	200	230		
S/102	200	210		
S/102	400	250		
S/102	400	230		
S/102	400	210		
S/103	200	250		
S/103	200	230		
S/103	200	210		
S/103	400	250		
S/103	400	230		
S/103	400	210		
TGV Dúplex	200	250		
TGV Dúplex	200	230		
TGV Dúplex	200	210		
TGV Dúplex	400	250		
TGV Dúplex	400	230		
TGV Dúplex	400	210		

Tabla I. Simulaciones a realizar en todos los túneles del trayecto de alta velocidad Barcelona-Límite TP FERRO.

4.2.1.2. Simulación de las condiciones de cruce en túneles de la red convencional y comparativa con las condiciones de cruce en el trayecto de alta velocidad Barcelona-Límite TP FERRO

El objetivo de esta tarea es analizar el escenario real de operación que se ha dado (y se continúa dando) en el cruce de un tren a velocidad alta (200 km/h) y un tren de mercancías (100 km/h) en el interior de varios túneles de la red ferroviaria convencional de Adif.

En efecto, considerando que no se tiene conocimiento de incidentes producidos en los cruces en esos puntos de la red convencional, podrán considerarse como escenarios de referencia estos cruces. Dichos escenarios podrán posteriormente compararse con los datos obtenidos en otros escenarios de cruce en líneas de explotación mixta en las que el tren de viajeros circula a mayor velocidad (como es el caso del trayecto comprendido entre Barcelona y Límite TP FERRO).



Los puntos de la red convencional susceptibles de análisis serán los siguientes:

– **Línea 600 (línea Valencia Estación del Nord – Vandellós).**

En los túneles del tramo comprendido entre Benicasim y Oropesa del Mar, se permite el cruce de trenes de viajeros a 200 km/h y trenes de mercancías. Cabe destacar que hasta hace pocos años prestaba servicio en esta línea los automotores eléctricos de la serie 101 (denominados comercialmente "Euromed"), pertenecientes a la familia de trenes franceses TGV Atlantique. El número diario de este tipo de trenes era abundante, cruzando a 200 km/h con trenes de mercancías. Actualmente estos trenes han sido sustituidos por los automotores eléctricos de la serie 130 (también prestando servicios "Euromed" y "Alvia"), los cuales también circulan a 200 km/h.

– **Línea 300 (Madrid-Chamartín – Valencia Estación del Nord).**

En los túneles del tramo comprendido entre La Encina y Fuente la Higuera, se permite el cruce de trenes de viajeros a 200 km/h y trenes de mercancías. Cabe destacar que hasta hace pocos años prestaba servicio en esta línea los automotores eléctricos de la serie 490 (denominados comercialmente "Alaris"), pertenecientes a la familia de trenes italianos Pendolino ERT 470. El número diario de este tipo de trenes era abundante, cruzando a 200 km/h con trenes de mercancías.

Para las dos líneas (600 y 300) bastará con realizar la simulación en el túnel que se identifique como más crítico.

De esta manera, los resultados obtenidos en las simulaciones de estos escenarios reales serán comparados con los valores de presión que se producen en los túneles del trayecto de alta velocidad Barcelona-Límite TP FERRO. En concreto lo que deberá analizar el Adjudicatario es estimar a qué velocidad del tren de viajeros en el trayecto Barcelona-Límite TP FERRO se produce, sobre el tren de mercancías, una presión máxima del orden a la obtenida en los escenarios calculados en las Líneas 600 y 300.

4.2.1.3. Simulación CFD en los dos (2) túneles más críticos para análisis de la carga

El objetivo de esta tarea será analizar, mediante código CFD, la distribución de presiones que se producen específicamente sobre la carga del vagón de mercancías. El análisis se realizará sobre los dos túneles más restrictivos considerando los resultados de la tarea 4.2.1.1. Nota: En su momento se analizará la configuración del tren de mercancías a considerar (en todo caso, se tratará del material indicado en el apartado 4.1.1. En todo caso la velocidad del tren de mercancías deberá llegar hasta los 120 km/h).

Esta tarea deberá concluir cómo en esos túneles más restrictivos se ve afectada en su caso la carga por efecto de la onda de presión (analizando si se excede sus límites estructurales produciendo deformación, posible desplazamiento, etc.). De esta manera, se podrá concluir una velocidad máxima del tren de viajeros, no solo considerando los resultados del apartado anterior, sino también el propio análisis de afección sobre dicha carga mediante CFD.

El Adjudicatario deberá disponer de la licencia de uso correspondiente de este tipo de programas.

4.2.1.4. Ensayos de cruce real en túnel

Los ensayos de cruce real en túnel permitirán medir los esfuerzos/presiones que se producen sobre las paredes de los contenedores de los vagones de mercancías.

Concretamente se realizarán ensayos reales a las velocidades consideradas en el apartado 4.2.1.1 (al menos las que más interesen en ese momento) y se obtendrán dichas presiones, que a su vez serán comparadas con los resultados obtenidos en los modelos CFD.

También se realizarán ensayos en todos los túneles de la línea de Alta Velocidad Madrid-Barcelona que ya



	PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS	REF.	Ref. JADPID/PTP/CRUCE2
		FECHA	Septiembre 2018
		PÁGS.	13/18

tienen limitaciones de velocidad por efecto aerodinámico y que fueron calculados de forma teórica y se presenta una oportunidad importante para comprobar la validez de estos cálculos y la correspondiente comparación entre la velocidad actual y la que deberían tener una vez que se ha utilizado estos ensayos reales analizando los valores que se obtengan en la campaña.

La velocidad a emplear en el tren de mercancías podrá llegar hasta los 120 km/h.

4.2.2. Nuevas actividades en el escenario a cielo abierto

4.2.2.1. Simulación de las condiciones de cruce en presencia de viento lateral considerando los resultados obtenidos en los túneles más críticos

Uno de los aspectos que Adif y Renfe Operadora concluyeron que debería ser analizado con mayor detalle –analítico– en el escenario a cielo abierto, es el impacto que tiene el viento lateral sobre el propio escenario de cruce, interaccionando ambos fenómenos. Cabe destacar que en el Proyecto de I+D+i CRUCE se analizó este efecto de manera general, considerando unas hipótesis de cálculo muy conservadoras. Igualmente también se analizó este efecto en el segundo proyecto de investigación, pero igualmente se trató de un análisis muy conservador.

Si bien la experiencia y literatura técnica en este campo (aerodinámica específica de vagones de mercancías) es muy poca, el objetivo en esta tarea no es tanto introducirse en la aerodinámica en detalle de los vagones, sino plantear con hipótesis de cálculo reales qué esfuerzos adicionales existirían en la circulación del vagón considerando que éste se cruza con el tren de viajeros a la máxima velocidad permitida calculada en túnel.

Realmente las simulaciones aquí contempladas estarán basadas en la metodología ya desarrollada en el Proyecto de I+D+i CRUCE.

En términos generales se deberá:

- Modelizar con CFD el cruce entre ambos trenes en presencia de viento lateral partiendo de las consideraciones anteriores. La distribución de viento lateral a considerar tendrá en cuenta la experiencia existente en el trayecto de análisis.
- Elaborar una metodología general que permita proporcionar una envolvente de cargas aerodinámicas seguras (cruce y viento lateral) para los diversos escenarios representativos considerados.

Aunque se considerará de nuevo el material rodante indicado en el apartado 4.1.1, se deberá considerar la aplicación de estos resultados a otros vagones de mercancías.

4.2.2.2. Revisión del planteamiento dinámico en presencia de viento lateral

Se realizará una nueva comprobación dinámica teniendo en cuenta las hipótesis de viento lateral anteriores. Cabe destacar que el desarrollo de este apartado estará en consonancia con la metodología empleada en el segundo proyecto de investigación. Esta metodología consta de un análisis matemático/numérico cuya finalidad es la estimación de las consecuencias que las presiones, fuerzas y momentos obtenidos en el análisis aerodinámico tienen sobre la seguridad del tren de mercancías. Por tanto los datos de partida para este análisis son, por una parte, las presiones, fuerzas y momentos calculados anteriormente y, por otra parte, las características técnicas de los vehículos objeto de estudio.

De dicho análisis, y para cada tipo de vagón considerado, se deberá analizar:

- Coeficiente de descarrilamiento.



- Fuerza de ripado.
- Coeficiente de vuelco.
- Descarga de rueda.

Para la realización de los cálculos mediante simulación, se deberá emplear un software basado en sistemas multicuerpo (MBS) empleados habitualmente para determinar el comportamiento dinámico de un sistema mecánico.

El Adjudicatario deberá disponer de la licencia de uso correspondiente.

4.2.2.3. Ensayos de cruce real a cielo abierto

Con los ensayos de cruce real a cielo abierto se medirán los diferentes parámetros dinámicos indicados, comparándolos con los resultados obtenidos en el análisis dinámico.

La velocidad a emplear en el tren de mercancías podrá llegar hasta los 120 km/h.

4.2.3. Redacción de un Dossier Técnico

El Adjudicatario deberá redactar un dossier que recoja de manera detallada todos los análisis realizados y los resultados obtenidos. Toda la información contenida se definirá junto a Adif en el momento de comenzar la redacción. Al menos contendrá la siguiente información:

- Una indicación expresa de la velocidad máxima de circulación del tren de viajeros, considerando todas las hipótesis y planteamientos desarrollados en el presente contrato y considerando las conclusiones de los estudios ya realizados.
- Una recopilación y análisis de la normativa vigente en la materia así como normativas específicas de redes europeas que también dispongan de este tipo de operación (trenes de viajeros a más de 200 km/h que se cruzan con trenes de mercancías). En este sentido, el Adjudicatario realizará contactos y reuniones directas en su caso con los responsables de operación de estas redes. Por otro lado, identificará las herramientas empleadas por estos administradores ferroviarios para sus estudios, debiendo alcanzar conclusiones sobre el uso de estas herramientas y la empleada en el presente proyecto.
- Propuestas para el incremento de las velocidades obtenidas. Partiendo de los resultados obtenidos en los diferentes apartados, se analizarán aspectos de diseño que permitan optimizar este escenario operativo, destacando: entre-eje recomendable en función de la velocidad, secciones de túneles y aspectos operativos a considerar (por ejemplo, las condiciones del cargamento entre otros).
- Una extrapolación general de los resultados obtenidos a determinados trayectos constitutivos de la denominada "Y vasca" y que en su momento serán trasladados por Adif.

Este Dossier será entregado a Adif tanto en formato digital como en papel. En este último caso se tratará de un documento encuadernado, tipo libro, del que se harán veinte (20) unidades.



5. Plazo de ejecución

El plazo de ejecución para el desarrollo del presente contrato será de DIECIOCHO (18) MESES.

La autenticidad de este documento puede ser comprobada mediante el código seguro de verificación: 5A0YYQHRKKR8Y5VZW840P2RV6G
Verificable en <https://sede.adif.gob.es/csv/valida.jsp>



6. Presupuesto

El presupuesto máximo de licitación asciende a la cantidad de **409.850,00 €** sin I.V.A (**495.918,50 €** con I.V.A).

Los precios unitarios del contrato se indican a continuación:

Capítulo	Número de partida	Concepto	Precio unitario (€)
1	-	Nuevas tareas a desarrollar en el escenario de túnel	-
-	1.1	Simulación de nuevos escenarios en el trayecto de alta velocidad Barcelona-Límite TP FERRO.	26.400,00
-	1.2	Simulación de las condiciones de cruce en túneles de la red convencional y comparativa con las condiciones de cruce en el trayecto de alta velocidad Barcelona-Límite TP FERRO.	26.400,00
-	1.3	Análisis CFD en túneles más restrictivos	49.500,00
-	1.4	Ensayos de cruce real en túnel	40.900,00
2	-	Nuevas tareas a desarrollar en el escenario de cielo abierto	-
-	2.1	Simulación de las condiciones de cruce en presencia de viento lateral.	52.800,00
-	2.2	Análisis dinámico en presencia de viento lateral.	59.400,00
-	2.3	Ensayos de cruce real a cielo abierto	42.900,00
3	-	Redacción de Dossier Técnico	-
-	3.1	Redacción de Dossier Técnico que recoja todos los análisis desarrollados y todo lo indicado en el presente Pliego	31.550,00
4	-	Alquiler de material rodante	-
-	4.1	Partida alzada a justificar para alquiler de material rodante empleado en las pruebas (incluye el personal de conducción)	80.000,00



El presupuesto del contrato se indica a continuación:

Capítulo	Número de partida	Medición	Concepto	Precio unitario (€)	Precio total (€)
1	-	-	Nuevas tareas a desarrollar en el escenario de túnel	-	143.200,00
-	1.1	1	Simulación de nuevos escenarios en el trayecto de alta velocidad Barcelona-Límite TP FERRO.	26.400,00	26.400,00
-	1.2	1	Simulación de las condiciones de cruce en túneles de la red convencional y comparativa con las condiciones de cruce en el trayecto de alta velocidad Barcelona-Límite TP FERRO.	26.400,00	26.400,00
-	1.3	1	Análisis CFD en túneles más restrictivos	49.500,00	49.500,00
-	1.4	1	Ensayos de cruce real en túnel	40.900,00	40.900,00
2	-	-	Nuevas tareas a desarrollar en el escenario de cielo abierto	-	155.100,00
-	2.1	1	Simulación de las condiciones de cruce en presencia de viento lateral.	52.800,00	52.800,00
-	2.2	1	Análisis dinámico en presencia de viento lateral.	59.400,00	59.400,00
-	2.3	1	Ensayos de cruce real a cielo abierto	42.900,00	42.900,00
3	-	-	Redacción de Dossier Técnico	-	31.550,00
-	3.1	1	Redacción de Dossier Técnico que recoja todos los análisis desarrollados y todo lo indicado en el presente Pliego	31.550,00	31.550,00
4	-	-	Alquiler de material rodante	-	80.000,00
-	4.1	1	Partida alzada a justificar para alquiler de material rodante empleado en las pruebas (incluye el personal de conducción)	80.000,00	80.000,00
TOTAL DE EJECUCIÓN POR CONTRATA					409.850,00
I.V.A (21 %)					86.068,50
TOTAL					495.918,50



	PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS	REF.	Ref. JADPIDI/PPTI/CRUCE2
		FECHA	Septiembre 2018
		PÁGS.	18/18

El abono de los trabajos se realizará mediante certificaciones de acuerdo a la realización y entrega de los trabajos considerados.

Madrid, 11 de septiembre de 2018

Fdo.: José Conrado Martínez Acevedo
Jefe de Área de Desarrollo de Proyectos de I+D+i

La autenticidad de este documento puede ser comprobada mediante el código seguro de verificación: 5A0YYQHRRKR8Y5VZW840P2RV6G
Verificable en <https://sede.adif.gob.es/csv/valida.jsp>

