



Ingeniería para el Control del Ruido

Proyectos

ICR, Ingeniería para el Control del Ruido,
especialistas en vibro-acústica



Empresa



Francesc Xavier Magrans

Fundador y Director

Licenciado en ciencias físicas y

Doctor en ingeniería civil

ICR, Ingeniería para el Control del Ruido, S.L. nació en Barcelona en el año 1995 creada por expertos en el campo de la vibro-acústica procedentes el sector del automóvil.

Desde su inicio adoptó como lema “La ciencia del silencio”, entendiendo la acústica y las vibraciones como campos de la ciencia en plena evolución.

ICR, a lo largo de su historia, ha centrado su actividad en el desarrollo de soluciones de ensayo y de cálculo en la frontera tecnológica, siempre con el objetivo de resolver problemas reales con soluciones prácticas.

Desde nuestros inicios, hemos tenido la oportunidad de participar en numerosos proyectos de gran envergadura y alcance tecnológico, tanto a nivel nacional como internacional.

Los conocimientos adquiridos a lo largo de los años se han traducido en el desarrollo de nuevos métodos predictivos.

El equilibrio profesional entre los miembros del equipo facilita que en el momento de abordar un problema exista una perfecta simbiosis entre el conocimiento teórico y el punto de vista más práctico en la obtención y análisis de los datos experimentales.

Sus contratos con multinacionales, a las que transfiere sus métodos de ensayo y cálculo, suponen el reconocimiento de su éxito. CAF en España, Alstom en Francia, Hyundai-Rotem en Corea del sur o CSR en China son testimonio de ello.

Misión

Resolvemos problemas vibro-acústicos complejos aplicando tecnología y métodos de análisis avanzados que nos permiten comprender cada problema y proponer soluciones óptimas, prácticas y fiables.



Nuestra filosofía

Investigación y Innovación como fuente de conocimiento y tecnología.

Servicios de Ingeniería para su transformación en valor tangible para nuestros clientes.

Formación para hacer posible una interacción más fluida y una comprensión más profunda de nuestro trabajo.

Sectores:



Automoción





Estudio de caracterización de ruidos tipo Squeak and Rattle en furgonetas de alta gama

Desarrollo de una metodología para el estudio de ruidos en automóviles junto con formación técnica a medida

La empresa Mercedes-Benz Vitoria solicita en el año 2017 la realización de diferentes formaciones al departamento Técnico sobre los conocimientos básicos (teóricos y prácticos) para abordar las problemáticas relacionadas con la acústica y los ensayos en acústica.

El contenido de estas formaciones está especialmente diseñado para las necesidades concretas del cliente, en este caso, en el sector de la automoción. La formación se estructura en diferentes bloques dónde se tratan los fundamentos básicos de la acústica y las vibraciones juntamente con los fundamentos de mediciones vibro-acústicas. También se imparten conceptos de acústica aplicada a la automoción, desglosando diferentes técnicas de mediciones, análisis, métodos de cálculo y soluciones.

En todas las formaciones que imparte ICR se prevé la realización de aplicaciones prácticas en la que se utiliza equipo de medición de ruido y vibraciones (acelerómetros, micrófonos y analizador de espectros multicanal). De esta manera se realizan mediciones reales en las que se demuestran y aplican los conceptos expuestos durante el curso, animando a los asistentes a participar activamente durante toda la formación.

A raíz de estas formaciones, Mercedes-Benz Vitoria vuelve a confiar en la experiencia de ICR para realizar un estudio de caracterización de ruidos tipo Squeak and Rattle en furgonetas de alta gama. Para llevar a cabo este estudio, se realizaron tres campañas de medida en la sala acústica de la fábrica de Mercedes en Vitoria.



En las campañas se realizaron varios tipos de mediciones, con el objetivo de recopilar el máximo de datos posibles con los que definir posteriormente una técnica de identificación de los ruidos. Después de analizar diferentes metodologías se optó por utilizar la técnica basada en la correlación cruzada, que permitió detectar e identificar de manera consistente ruidos a partir de las señales de presión de los micrófonos colocados cerca de los defectos.

Gracias a este proyecto se ha podido desarrollar una técnica prometedora y relativamente simple de implementar para detectar e identificar ruidos de tipo Squeak and Rattle.

FICHA TÉCNICA:

Cliente: Mercedes - Benz

Ubicación: Vitoria (España)

Año: 2017-2019

Sector: Automoción, Formación

Servicio: Vibro-acústica computacional, Control de ruido y vibraciones de un producto, Mediciones acústicas y certificación, Cursos y formación



Caracterización acústica de dos vehículos pesados industriales

Estudio de una carretilla elevadora y un motovolquete

La empresa AUSA, fabricante de vehículos industriales compactos para el movimiento de materiales y mantenimiento vial, que opera en el mercado global, contactó con ICR en el año 2000 para realizar varios estudios de caracterización acústica de dos de sus vehículos: una carretilla elevadora modelo C150H y un motovolquete del modelo D350AHG.

Entre los estudios realizados se encontraban, el análisis de vías de transmisión de ruido y vibraciones del vehículo, que se aplicó en ambos modelos de vehículo, y la caracterización vibratoria del motor y el diseño de un silenciador acústico para el tubo de escape, estudios aplicados únicamente en el modelo C150H.

La tecnología utilizada para el análisis de vías de transmisión vibro-acústicas fue el método ATPA, desarrollado por ICR, que permitió determinar las distintas contribuciones, tanto por vía aérea como estructural, del ruido recibido en la posición del conductor y otros puntos alrededor del vehículo. La aplicación del método permitió conocer cuánto ruido procedía directamente de la vibración de los distintos elementos de la carrocería y cuánto por vía aérea. El objetivo de este estudio era tanto el de disminuir el nivel de presión sonora en los puntos definidos, como el de determinar las modificaciones necesarias a realizar en el vehículo para conseguir la reducción esperada.

Para la caracterización vibratoria del motor se aplicaron el método de las moviidades y del descriptor de la fuente. La aplicación del método de las moviidades permitió conocer la potencia vibratoria transmitida por el motor al vehículo, a través de los puntos de sujeción motor-carrocería. Por otro lado, el método llamado descriptor de la fuente, permitió estudiar cómo se modificaba la potencia transmitida por el motor a la carrocería a



través de los soportes elásticos, cuando estos últimos se modificaban. El estudio también proporcionó la capacidad de poder predecir cuál sería la potencia vibratoria que transmitiría el motor, junto con los soportes elásticos, a un receptor diferente, es decir, en una carrocería distinta. El estudio se realizó en un vehículo C150H, que presentaba una excesiva vibración cuando trabajaba en ralentí, debido a que la bomba hidráulica que mueve las horquillas, entraba en funcionamiento. La entrada en funcionamiento de dicha bomba provocaba una reducción de las vueltas del motor, traduciéndose en un aumento de la vibración de la carrocería. Aplicando el método de las Movilidades y del Descriptor de la Fuente se pudo encontrar una solución para reducir dichos niveles de vibración.

El diseño de un nuevo silenciador acústico para el tubo de escape del vehículo contribuyó también a la reducción del ruido emitido.

FICHA TÉCNICA:

Cliente: AUSA

Ubicación: España

Año: 2000-2001

Sector: Automoción

Servicio: Vibro-acústica computacional,
Advanced Transfer Path Analysis (ATPA)



Proyecto de investigación en el Ferrari 456

Estudio para la caracterización acústica del vehículo

La compañía Italiana Ferrari, dedicada a la fabricación de automóviles de competición y deportivos de altas prestaciones, financió un proyecto de investigación privado llamado: "Cabin noise reconstruction at the mid-high frequency range", para aplicarlo a su nuevo modelo de coche, el Ferrari 456.

El objetivo del proyecto fue la caracterización acústica del vehículo calculando la potencia acústica de todos los paneles interiores de un coche, en el rango de la media y alta frecuencia, aplicando la tecnología de Inversión de Modelos.

La metodología de Inversión de modelos tiene como finalidad la identificación y caracterización acústica de cada una de las superficies interiores (fuentes sonoras) y la determinación de su contribución a cada punto del campo sonoro del habitáculo. El método de Inversión de Modelos es una técnica no intrusiva que permite una interferencia mínima en el objeto de estudio, en un lapso de tiempo muy razonable.

La propuesta de ICR permitió a la empresa Ferrari reducir el proceso de obtención de las potencias acústicas de las superficies interiores del habitáculo de 30 días a 2-3 días.

ICR lleva 25 años desarrollando herramientas computacionales propias para el estudio del problema inverso, y que incluyen técnicas de optimización, resampling y análisis de estabilidad para asegurar la validez de las soluciones obtenidas.

A raíz de este estudio de investigación aplicado al sector automovilístico, se publicó un artículo en el Congreso Europeo Euronoise '98, titulado: "An



innovative approach for the noise reconstruction and analysis at the medium-high frequencies." O. Guasch, F.X. Magrans, P.V. Rodriguez & G. Manacorda, Proceedings of Euro-Noise, Munich, Germany, October, Vol. I, pp.503-509 (1998).

FICHA TÉCNICA:

Cliente: Ferrari

Ubicación: Barcelona
(España)

Año: 1998

Sector: Automoción,
I+D+i

Servicio: Vibro-acústica
computacional

Ferrocarril





Predicción del nivel de ruido interior del tren prototipo AVRIL, tras modificaciones en el diseño interior

Evaluación del aislamiento tras implementar una mejora en el piso del coche mediante metamateriales acústicos

En el marco de la asesoría acústica que ICR realiza conjuntamente con la empresa española Talgo, se ha realizado un estudio de la predicción del nivel de ruido del interior del vehículo de pasajeros del prototipo de tren AVRIL. Este estudio pretende cuantificar la mejora del aislamiento del piso del prototipo a raíz de la modificación del diseño, mediante metamateriales.

¿Qué son los metamateriales?

Los metamateriales son materiales artificiales estructurados, en los que la presencia de resonancias da lugar a propiedades que no se encuentran de forma natural en los materiales. Los metamateriales permiten controlar la propagación y lograr propiedades físicas de absorción y aislamiento imposibles de conseguir con materiales convencionales.

Se ha estudiado el ruido del interior del vehículo de pasajero, en función de las fuentes de ruido generadoras: se ha analizado el ruido interior debido a la rodadura, a la excitación aeroacústica (a 320 kph) y a los equipos auxiliares.

Estos cálculos se han realizado para distintas velocidades de circulación del tren (160 kph y 320 kph).

FICHA TÉCNICA:

Cliente: Talgo

Ubicación: España

Año: 2021

Sector: Ferroviario

Servicio: Vibro-acústica computacional



ICR participa en el ambicioso proyecto europeo TRANSIT en el marco del H2020 Shift2Rail

Aplicación del método ATPA para la identificación del ruido procedente de la vía o las ruedas

ICR participa en el proyecto europeo TRANSIT (TRAIn pass-by Noise Source characterization and separation Tools for cost-effective vehicle certification) aportando sus conocimientos en el método de GTDT-ATPA.

El proyecto TRANSIT quiere proporcionar a la comunidad ferroviaria un conjunto de herramientas y metodologías innovadoras probadas, para reducir el impacto ambiental y mejorar el confort acústico interior de los vehículos ferroviarios.

El transporte ferroviario produce menos CO₂ y consume menos energía que otros modos de transporte terrestre, así como también del transporte aéreo; aparte, también requiere menos espacio que el transporte por carretera. Sin embargo, los niveles de ruido y vibraciones (R&V) en las proximidades de la infraestructura ferroviaria son un gran desafío ambiental para el sector.

Para lograr una mayor aceptación en el transporte ferroviario es necesario poder tener una nueva generación de vehículos con un perfil de ruido bajo, lo que redundará en un menor impacto ambiental y por consiguiente, una mayor comodidad para el usuario.

El objetivo del proyecto europeo TRANSIT es lograr un gran avance en las pruebas virtuales y la certificación virtual mediante el desarrollo de la caracterización de fuentes validadas, modelos de simulación de ruido exterior y técnicas de separación de fuentes de ruido basadas en la



medición, que puedan ser incorporadas a los estándares de test actuales, como por ejemplo las especificaciones TSI.

La participación de ICR en este ambicioso proyecto consiste en aportar todo el conocimiento tecnológico respecto los métodos de análisis de las vías de transmisión. El método específico de análisis de GTDT-ATPA permite obtener la contribución de cada subsistema como un elemento desacoplado del resto del conjunto.

La aplicación del método permite identificar qué parte del ruido total procede de la vía y qué parte procede de las ruedas para poder priorizar las intervenciones sobre componentes particulares para reducir los niveles de impacto acústico ambiental. El método puede también aplicarse con el fin de evaluar la contribución individual de cada subsistema a la vibración propagada al terreno.

El proyecto también pretende estudiar y proponer soluciones acústicas avanzadas, entre las cuales aquellas basadas en metamateriales, con el objetivo de mejorar tanto los niveles de confort acústico interior como el impacto acústico ferroviario en el entorno de la infraestructura.

Entre los resultados esperados de este proyecto figuran la reducción de los costes y del esfuerzo necesario para las pruebas de certificación, una mayor comparabilidad y reproducción de los resultados de las pruebas, una más profunda comprensión de la contribución de las diferentes fuentes de ruido de paso total, una mejora de los índices de calidad acústica de los trenes, así como el impulso a la competitividad de la industria ferroviaria de la Unión Europea (UE) y su aceptación social.

FICHA TÉCNICA:

Cliente: Shift2Rail

Ubicación: Unión Europea

Año: 2020-2022

Sector: Ferrocarril, I+D+i

Servicio: Advanced Transfer Path Analysis (ATPA)



Estudio de localización de fuentes de ruido en el interior de una cabina de pasajeros de un tren

Análisis realizado en una unidad de metro de Bruselas mediante la técnica "Scan&Paint"

La empresa española CAF (Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles), dedicada al sector ferroviario, con sede en el País Vasco, solicita a ICR un estudio de localización de las fuentes de ruido sobre una unidad de metro de Bruselas.

Este estudio acústico tiene el objetivo de evaluar, identificar el origen y proponer una solución para reducir el ruido existente en el interior de la cubierta del coche y de la cabina.

ICR plantea este estudio en dos fases de análisis: la primera fase de diagnóstico y la segunda de soluciones acústicas.

En la primera fase se diagnostica el problema por métodos experimentales permitiendo establecer una clasificación de las diferentes partes que intervienen en el problema. ICR usa la técnica de digitalización de "Scan & Paint" para obtener la visualización directa de la presión sonora, la velocidad acústica y los campos de intensidad sonora. El método se basa en desplazar por encima de la superficie bajo estudio una sonda que mide presión y velocidad de las partículas, a la vez que se graba la imagen. Con esto, se obtiene una descripción detallada de la distribución espacial del sonido y la identificación de las principales zonas problema, además de las características espectrales del ruido.

Una vez analizados los resultados e identificado el ruido tonal que genera molestia, ICR diseña una propuesta para la reducción de este, dentro de la fase dos del estudio. La solución es un resonador de Helmholtz con unas



dimensiones y características acústicas determinadas. CAF realiza un prototipo de este diseño del resonador de ICR y comprueba la eficacia insitu. Así pues, el cliente obtiene una solución a su problema pudiendo comprobar los resultados de la propuesta de soluciones ofrecida por ICR.

FICHA TÉCNICA:

Cliente: CAF
(Construcciones y
Auxiliar de Ferrocarriles)

Ubicación: Beasáin
(País Vasco)

Año: 2020

Sector: Ferrocarril

Servicio: Vibro-acústica
computacional,
Ingeniería - Consultoría
acústica



Afectación de la línea L1 (Bilbao) sobre un edificio en fase de proyecto

Medición, predicción y evaluación de las vibraciones inducidas por el metro sobre una vivienda unifamiliar

El paso de trenes genera vibraciones que se propagan por el terreno hasta los cimientos de los edificios construidos cerca de infraestructuras ferroviarias.

En el caso que nos ocupa, un cliente interesado en construir una vivienda unifamiliar cerca de la línea L1 del metro de Bilbao en su paso por Getxo (Bizkaia), contactó con ICR, a través de PREDYCSA, con la intención de realizar un estudio para determinar la afectación vibratoria causada por el paso del metro a nivel de suelo sobre la vivienda unifamiliar proyectada.

El objetivo del estudio fue prever si el edificio proyectado cumpliría con el real decreto 1367/2007 y con el decreto 213/2012, de contaminación acústica del País Vasco, en materia de vibraciones.

Para ello, se realizaron mediciones de vibración in situ, previas a la construcción del edificio, para su posterior cálculo y evaluación. Se midió el nivel de vibración en los tres ejes de coordenadas, X, Y y Z, en todos los puntos ubicados en el solar objeto de estudio, conjuntamente con un punto de referencia ubicado cerca de la infraestructura ferroviaria para validar que las vibraciones recibidas en el solar correspondían a los pasos del metro.

FICHA TÉCNICA:

Cliente: PREDYCSA

Ubicación: Getxo,
Bizkaia

Año: 2019

Sector: Ferrocarril

Servicio: Afectación de
las vibraciones por
infraestructura ferroviaria



Estudio del Tranvía de Amberes

Análisis y caracterización de la vía y del terreno

Un equipo técnico se ha desplazado hasta Amberes para realizar un conjunto de ensayos sobre una unidad de tranvía local. Todas las mediciones se han realizado en el Ambers Deune Tram Dépot con el objetivo de poder generar un modelo numérico de cálculo que con los resultados obtenidos de estas mediciones permita determinar la fuerza que una unidad de tranvía trasmite al terreno, durante su paso.

Se han realizado diferentes tipos de mediciones en el anillo de pruebas del Dépot, tales como la caracterización de la vía mediante ensayos de rugosidad y movilidad, caracterización del terreno mediante medidas de función de transferencia de vibración y finalmente mediciones del paso del tranvía en dinámico.

Las mediciones de rugosidad consisten en definir la irregularidad de la vía por la cual se desplaza el tranvía. Esta medición permite valorar la influencia de la rugosidad del carril sobre el nivel de vibración en el tranvía. Por otro lado, la caracterización del terreno permite definir los niveles de vibración que se transmiten por el suelo en el paso del tranvía.

Juntamente con estas mediciones se ha realizado una caracterización de la unidad del tranvía utilizado, mediante un ensayo de movilidad en las ruedas del bogie tráiler y del bogie motor. Estas pruebas se han realizado en el interior del Dépot, en la zona de mantenimiento, permitiendo a los técnicos acceder a la parte inferior del tranvía.

FICHA TÉCNICA:

Cliente: CAF
(Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles)
Ubicación: Amberes
(Bruselas)
Año: 2018
Sector: Ferrocarril
Servicio: Mediciones acústicas y certificación



Caracterización vibroacústica para un nuevo tren de alta velocidad

Modelización del tren AVRIL

El confort acústico interior de cualquier vehículo se está convirtiendo en un elemento de imprescindible valor para las compañías del sector ferroviario. Por este motivo, realizar un estudio exhaustivo del nivel de ruido interior de los nuevos trenes de alta velocidad, se ha convertido en un elemento diferenciador para la empresa española Talgo.

Para este proyecto, se ha realizado una caracterización completa de los coches de pasajeros y de la cabina del conductor del prototipo de tren AVRIL, para exportarlo al nuevo tren de alta velocidad F070. A partir del diseño del tren AVRIL se realizaran las mediciones necesarias que servirán posteriormente para validar los modelos media-alta frecuencia así como obtener los datos que no se pueden obtener mediante modelización.

A continuación se listan todos los trabajos realizados para el estudio completo del tren AVRIL:

- Caracterización de las fuentes de ruido transmitidas por vía aérea y estructural
- Desarrollo de un modelo vibratorio, mediante el método de elementos finitos (FEM) para baja frecuencia
- Desarrollo de un modelo acústico FEM del interior del coche y cabina para bajas frecuencias
- Predicción de los niveles de ruido parietales alrededor del tren.
- Caracterización del aislamiento (TL) de los paneles del tren:



- Desarrollo de un modelo numérico de ruido interior, para altas frecuencias, mediante el método Sound Particle Tracing:

- Campaña extensiva de mediciones sobre el prototipo AVRIL

Una vez realizados todos los cálculos y mediciones, y con los resultados obtenidos, ICR ha propuesto soluciones viables para minimizar el ruido interior del tren, y así mejorar el confort acústico de los pasajeros.

FICHA TÉCNICA:

Cliente: Talgo

Ubicación: España

Año: 2017

Sector: Ferrocarril

Servicio: Advanced Transfer Path Analysis (ATPA), Vibro-acústica computacional, Ingeniería - Consultoría acústica



Transferencia de tecnología del método de cálculo de vías de transmisión ATPA

Aplicación demostrativa en el metro KORAIL 31795

ICR desarrolla desde hace más de 15 años, el método de cálculo de vías de transmisión ATPA (Advanced Transfer Path Analysis). Este método creado íntegramente en ICR permite separar y cuantificar las vías de transmisión entre una fuente vibro-acústica y un receptor, e igualmente conocer la contribución de ruido de cada elemento involucrado en un sistema mecánico. La información que se desprende del análisis permite detectar cuáles son los elementos que más contribuyen al problema y priorizar las intervenciones sobre componentes específicos para reducir la emisión de ruido de los componentes críticos identificados.

En este proyecto, la empresa surcoreana Hyundai-Rotem precisa diferenciar y separar la contribución de ruido de origen aéreo del de origen estructural existente en el interior de un vagón de tren, para obtener así las distintas contribuciones y poder aplicar soluciones de forma específica.

Por este motivo, ICR ofrece a Hyundai-Rotem una transferencia de tecnología del método ATPA. La transferencia de tecnología permite a la empresa conocer el funcionamiento del método tanto a nivel teórico como práctico y disponer del software, para así poder aplicarlo directamente en sus actividades diarias. Esta transferencia consta de:

- Formación teórica sobre el método ATPA.
- Formación experimental, sobre cómo aplicar el método en mediciones reales de trenes.
- Subministro del software de cálculo ATPA adaptado al equipo de instrumentación del cliente.



- Formación sobre el uso del software de cálculo del ATPA para analizar los resultados obtenidos en mediciones reales.

Dos técnicos expertos de ICR se desplazan a las instalaciones del cliente, en Corea del Sur, durante un periodo de 15 días, para impartir el curso teórico y proceder a la formación práctica para la aplicación de la tecnología en un caso real. En este caso el cliente solicita realizar las pruebas de formación, en una unidad de metro KORAIL 31795.

FICHA TÉCNICA:

Cliente: Hyundai-Rotem

Ubicación: Corea del Sur

Año: 2016

Sector: Ferrocarril

Servicio: Transferencia de Tecnología, Advanced Transfer Path Analysis (ATPA), Desarrollo de software a medida, Cursos y formación



Proyecto Europeo - Roll2Rail

Investigación y desarrollo tecnológico en vibroacústica ferroviaria

El Proyecto Europeo Roll2Rail surge de la necesidad de desarrollar tecnologías innovadoras en el ámbito del sector ferroviario, como parte de una estrategia, a largo plazo, para revolucionar este mercado. Los principales objetivos son tanto influir en el rendimiento del material rodante mediante la introducción de tecnologías de vanguardia como plantear cambios radicales para revolucionar el concepto de tren para el futuro.

Uno de los bloques de estudio se ha dedicado a la mejora del confort acústico de los pasajeros, dónde ICR colabora con las empresas del sector ferroviario, Alstom Transport y CAF. Para poder plantear soluciones innovadoras a dicho confort acústico, es imprescindible conocer el origen del ruido radiado por la operativa ferroviaria, y de esta forma focalizar los esfuerzos en reducción de ruido.

La contribución de ICR al proyecto se enmarca en la separación del ruido radiado por la infraestructura ferroviaria del ruido radiado por el vehículo. En este estudio, se ha aplicado la tecnología desarrollada por ICR de análisis de las vías de transmisión del ruido y las vibraciones, llamada ATPA (Advanced Transfer Path Analysis).

Esta tecnología permite establecer las relaciones de conectividad entre los diferentes subsistemas de una red que representa un determinado modelo físico a analizar. A partir de la vibración de cada uno de los subsistemas en que se discretiza el sistema de vía, puede determinarse su contribución relativa recibida en un punto de control de ruido exterior. De esta forma, el método permite obtener la contribución de cada subsistema como un elemento desacoplado del resto del conjunto.



La aplicación del método permite prever cuáles son los elementos que más contribuyen al ruido en el punto de control receptor (por ejemplo, un micrófono situado a cierta distancia del eje de vía) y poder así priorizar las intervenciones sobre componentes particulares para reducir la emisión de ruido al exterior.

Este proyecto cuenta con el apoyo del programa Horizon 2020 de la Comisión Europea, siendo Roll2Rail uno de los proyectos insignia del programa Shift2Rail.

FICHA TÉCNICA:

Cliente: Shift2Rail

Ubicación: Unión
Europea

Año: 2015-2017

Sector: Ferrocarril, I+D+i

Servicio:



Diseño de mejora de confort acústico interior del tren Caledonian Sleepers

Estudio realizado según los protocolos del cliente

Caledonian Sleeper es el nombre colectivo de los servicios de trenes nocturnos entre Londres y Escocia, en el Reino Unido. Este tren dispone de diferentes tipologías de vagón para pasajeros: vagones para pasajeros en butaca y vagones coche cama para pasajeros pueden descansar en una habitación propia con camas.

El estudio realizado en este tren tiene como objetivo asegurar el cumplimiento del pliego de condiciones del cliente para la mejora del confort acústico interior. Para ello se ha analizado el nivel de presión sonora (SPL) interior y se ha estudiado tanto el índice de aislamiento acústico del vagón como el nivel de ruido interior debido al sistema de aire acondicionado y ventilación. Paralelamente se han estudiado los revestimientos interiores para tener en consideración el efecto del tratamiento acústico interior que afecta al tiempo de reverberación en el resultado final.

Para la realización del cálculo del aislamiento de paneles y la caracterización del sistema de ventilación se emplean los programas de cálculo dBKAisla y dBKDuct, desarrollados íntegramente por ICR. Una vez obtenidos los resultados se elabora un modelo numérico en 3D del tren donde se modela toda la geometría, analizando todos los materiales usados para la construcción del vehículo. Gracias a los resultados del cálculo, se rediseña el interior de los vehículos para garantizar que cumplen con los requisitos de confort acústico fijados por el cliente. ICR ha asesorado al cliente en las modificaciones a realizar para obtener estas mejoras.

FICHA TÉCNICA:

Cliente: CAF
(Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles)
Ubicación: España
Año: 2015
Sector: Ferrocarril
Servicio: Vibro-acústica computacional, Consultoría acústica



Evaluación de la calidad acústica en el interior de un tren

Análisis de la inteligibilidad de la palabra del tren Civity Bari

Con el fin de evaluar la calidad acústica interior del tren Civity Bari, en lo que se refiere a los mensajes reproducidos a través del sistema de megafonía, se ha realizado un estudio de la inteligibilidad de la palabra. Existen diferentes procedimientos para determinar dicho parámetro acústico.

En este estudio se ha aplicado el índice de RaSTI (Rapid Speech Transmission Index), valor del cual puede variar entre 0 y 1, siendo 0 una inteligibilidad mala y 1 una inteligibilidad excelente.

Las mediciones han tenido lugar en el interior del tren Civity Bari ETR452. Para la realización de las mediciones se han seleccionado varios puntos de medición en cada uno de los 4 vehículos que conforman el tren, aplicando la normativa IEC 60268 – 16:2011, conjuntamente con la TSI PRM 2008/164/EU, que definen los mínimos requerimientos permitidos, así como las especificaciones técnicas del procedimiento de medición en trenes europeos.

FICHA TÉCNICA:

Cliente: CAF,
Contrucciones y Auxiliar
de Ferrocarril
Ubicación: Bari (Italia)
Año: 2015
Sector: Ferrocarril
Servicio: Mediciones
acústicas y certificación



Asesoría acústica para el desarrollo de un nuevo tranvía

Tren interurbano México-Toluca

En este proyecto se ha estudiado el nivel de ruido interno y externo del nuevo tren eléctrico interurbano de Toluca, México.

Para este estudio se ha realizado un modelo numérico del tren completo para predecir los niveles de ruido interno y externo. Para la modelización del nuevo tren se ha utilizado las características acústicas de los materiales y equipos a instalar, definidos por el cliente. La metodología utilizada para este cálculo ha sido SPPS (Simulación de la Propagación de las Partículas Sonoras) que permite hacer una previsión acústica dentro de dominios de propagación de formas complejas, en tres dimensiones.

Los modelos numéricos acústicos permiten al cliente conocer el nivel de ruido interior, exterior, el aislamiento de los materiales instalados, así como el ruido que generará un tren, en este caso, en su paso por un viaducto o por el interior de un túnel. Al realizar este tipo de estudio previo a la construcción del tren, el cliente puede modificar dicho diseño para acercarse más a las condiciones vibro-acústicas deseadas.

Para la realización del cálculo del tren de Toluca se ha generado un modelo numérico tridimensional con la geometría del tren en el interior de un túnel. También se ha realizado un estudio del aislamiento acústico de los elementos constituyentes del tren. Se ha utilizado el software comercial dBKAisla, desarrollado por ICR.

Obtenidos los resultados de la modelización, se ofrece asesoramiento acústico para mejorar los niveles de ruido interior y exterior del nuevo tren.

FICHA TÉCNICA:

Cliente: CAF
(Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles)
Ubicación: España
Año: 2015
Sector: Ferrocarril
Servicio: Vibro-acústica computacional,
Consultoría acústica



Análisis del ruido interior y exterior para la caracterización de un tranvía

Estudio del tranvía de Estocolmo

La empresa CAF, suministradora de los tranvías Urbos para Storstockholms Lokaltrafik (SL AB), empresa responsable de la red de transporte de la ciudad de Estocolmo, precisa realizar un estudio para determinar el ruido interior y exterior sobre una unidad de Tranvía de Estocolmo.

Debido a las condiciones climatológicas extremas del país nórdico es necesario realizar un estudio completo del confort acústico del tren. Los ensayos acústicos se han llevado a cabo en el Centro de Ensayos Ferroviarios de Valenciennes, en Francia.

El objetivo de los ensayos pretende determinar el ruido interior del vehículo, así como el emitido hacia el exterior, tanto con el tren parado como en circulación. Juntamente con las mediciones de ruido pertinentes se han analizado los siguientes parámetros:

- Índice de inteligibilidad de la palabra RASTI
- Tiempo de reverberación de la sala de viajeros y de la cabina del maquinista
- Rugosidad de la vía según la normativa EN 1561
- Tasa de atenuación de la vía (TDR), que permite cuantificar la atenuación de la vibración del carril en función de la distancia a lo largo de la vía.

Los resultados obtenidos han permitido verificar si el tranvía cumple con los requerimientos especificados según el pliego de condiciones del cliente.

FICHA TÉCNICA:

Cliente: CAF
(Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles)
Ubicación:
Valenciennes (Francia)
Año: 2013
Sector: Ferrocarril
Servicio: Mediciones acústicas y certificación



Desarrollo de software para el control de vibraciones de infraestructuras civiles

Programa específico para el análisis modal operacional (OMA) semi-automatizado para puentes y viaductos

En el sector de la ingeniería vibro-acústica es muy común la realización del análisis de las vibraciones generadas por diferentes equipos industriales (grupos electrógenos, bombas, etc), en vehículos (trenes, automóviles, aviones, ...) e incluso es una práctica habitual el estudio de las vibraciones generadas por el funcionamiento de aerogeneradores de grandes dimensiones. Pero, ¿qué sucede cuando hay que analizar las vibraciones de una infraestructura civil, como por ejemplo de un puente?

El diseño, construcción, puesta en servicio y mantenimiento de grandes viaductos son uno de los proyectos de ingeniería de más complejidad técnica y logística en el ámbito de la ingeniería civil. Es común que, durante los ciclos de gestión de la vida útil de éstas infraestructuras, los propietarios de las infraestructuras, gestores, grandes ingenierías encargadas de garantizar su correcta operativa, así como empresas de mantenimiento suelen necesitar el apoyo de especialistas en el ámbito de la monitorización estructural, tanto estática como vibroacústico.

Es en el ámbito de la vibroacústica, dónde ICR ejerce como ingeniería especialista para el estudio y análisis de dichas estructuras una vez construidas y en servicio mediante la monitorización dinámica.

En el año 2010, la empresa TIFSA (Tecnología e Investigación Ferroviaria, S.A) contactó con ICR para solicitar el desarrollo de un software específico para el análisis modal operacional (OMA) semi-automatizado en infraestructuras civiles. Concretamente, este proyecto se desarrolló entre los años 2010 y 2012, para el estudio del Viaducto de Contreras, que se encuentra entre las provincias de Valencia y Cuenca, y por el cual transcurre la línea de alta velocidad entre Madrid y la Región de Murcia.



El software desarrollado se implementó para cumplir con dos requisitos principales: el primero, poder ser utilizado directamente durante las mediciones de campo y el segundo, reducir el número de sensores necesarios utilizando una estrategia de medición sectorizada, conservando unos puntos de medida de referencia comunes. El programa obtiene posteriormente los resultados globales procesando estos resultados parciales.

Dado que el software debía utilizarse durante las mediciones in situ, fue importante poder obtener resultados fiables de forma rápida tras la adquisición de una medición, para así determinar si ésta contenía la información deseada.

Estas mediciones requieren un gran número de variables a tener en cuenta durante el cálculo del análisis modal operacional (OMA) por lo que el software se diseñó expresamente para poder gestionar la organización de las mediciones, así como para soportar una gran cantidad de datos.

El algoritmo para el estudio del OMA que se utilizó para desarrollar este software se basó en el método Auto-FDD, un método no paramétrico en el dominio de la frecuencia.

El programa genera informes de forma automática y dispone de una versión simplificada para obtener resultados rápidos en campo.

Este programa fue adquirido posteriormente por la empresa Ofiteco, una ingeniería internacional con más de 45 años de experiencia, dedicada a la consultoría en obras de ingeniería hidráulica, medioambiental y de transporte.

FICHA TÉCNICA:

Cliente: TIFSA- Ofiteco

Ubicación: España

Año: 2010-2012

Sector: Ferrocarril, I+D+i

Servicio: Desarrollo de software a medida, Análisis modal



Análisis vibro-acústico de trenes con motor Diésel

Estudio de ruido y vibraciones

La empresa vasca CAF (Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles), con sede central en Beasáin, lleva confiando en ICR para colaboraciones técnicas en materia de ruido y vibraciones desde hace más de 20 años.

Uno de los proyectos más relevantes que ICR ha realizado junto a CAF empezó el año 2004 y se extendió hasta el 2007. En este proyecto se estudiaron los trenes Northern Ireland Railways (NIR) tipo S/3000, junto con los trenes ADR S/598 de Renfe.

El proyecto consistió en el análisis del ruido y las vibraciones generadas en los diferentes tipos de trenes citados anteriormente (S/3000 y el ADR S/598) estudiando principalmente el sistema del motor diésel.

Las mediciones realizadas permitieron analizar el comportamiento dinámico de los motores, a través de la realización de ensayos de ruido y vibraciones en diferentes puntos del tren de forma simultánea. Se aplicaron técnicas experimentales tipo EMA (Experimental Modal Analysis) y ODS (Operational Deflection Shape) y se cuantificaron con métodos propios de ICR las fuerzas libres del motor. A partir de estas mediciones se generó un modelo numérico que permitió estudiar en profundidad el comportamiento vibro-acústico del tren y sus componentes, minimizando así la necesidad de disponer del tren.

FICHA TÉCNICA:

Cliente: CAF
(Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles)
Ubicación: Beasáin
(España)
Año: 2004-2007
Sector: Ferrocarril
Servicio: Análisis modal



Proyecto de investigación META-X y META-W

ALSTOM

Diseño y desarrollo de una herramienta de caracterización vibro-acústica

I+D+i en trenes - META-X y META-W

La multinacional francesa Alstom Transport, confió en el bagaje tecnológico de ICR, en el año 2001, para la realización de un proyecto de I+D con el objetivo de diseñar una metodología y desarrollar una herramienta avanzada para la caracterización vibro-acústica de un tren.

Este proyecto, que duró 5 años, se desarrolló en dos fases: META-X y META-W.

La primera fase del estudio, el proyecto META-X, se llevó a cabo entre los años 2001 y 2004. El objetivo de esta fase inicial era el de proporcionar un procedimiento de medición que fuera capaz de identificar y cuantificar las contribuciones vibro-acústicas de los diferentes subsistemas del tren en el interior y en el exterior, así como las distintas vías de transmisión existentes. Para ello, se realizaron mediciones experimentales en diferentes trenes, en Inglaterra y Alemania. También se desarrollaron diferentes procedimientos de ensayo para poder separar y cuantificar el ruido de origen aéreo y el de origen estructural.

El procedimiento desarrollado se aplicaba en dos fases: la primera fase con el vehículo parado, para caracterizar la estructura física, utilizando el método de las vías de transmisión GTDT (Global Transfer Direct Transfer); y la segunda fase con el vehículo en funcionamiento normal, para cuantificar las distintas contribuciones de cada parte del tren al ruido total, a partir del análisis de las vibraciones y el ruido medidos en cada subsistema. Este método de caracterización es el conocido método ATPA (Advanced Transfer Path Analysis), desarrollado por ICR.

Este método permite al cliente optimizar costes, ya que ofrecen al cliente resultados útiles para la toma de decisiones en un tiempo razonable.



Para finalizar el proyecto, ICR diseñó una herramienta de software a medida llamada VARSALAB para la organización y manejo de los datos experimentales, así como el post-proceso mediante la tecnología ATPA.

En una segunda fase, el proyecto META-W, permitió el desarrollo de una nueva metodología de diagnóstico y previsión vibro-acústica, que preveía unos resultados muy superiores al método inicial META-X o a cualquier otro método en uso en ese momento.

El proyecto META-W pretendía conseguir lograr los mismos resultados que en el proyecto META-X, pero sin la necesidad de realizar la medición inicial con el vehículo parado. Esto permitiría ahorrar un mínimo del 70% del tiempo de ensayo, que, valorado en términos de días de trabajo y tiempo de inmovilización de un tren completo, tiene una importancia económica muy notable para el cliente.

Otro de los objetivos del proyecto META-W fue la adaptación del software VARSALAB (implementado en el proyecto META-X) a la nueva plataforma TestLab, sustituta de SCADA-X, implementando así la nueva herramienta de post-proceso VARSALAB.

Gracias a la investigación desarrollada en el proyecto META-W, se desarrolló un nuevo método de análisis de las vías de transmisión, que también fue incluido en la nueva herramienta de post-proceso VARSALAB.

El proyecto META-X y META-W son un ejemplo más de la capacidad técnica diferenciadora y altamente focalizada en el cliente de ICR, haciendo posible la provisión de soluciones de gran valor añadido a sus necesidades específicas.

FICHA TÉCNICA:

Cliente: Alstom
Transport

Ubicación: Barcelona
(España)

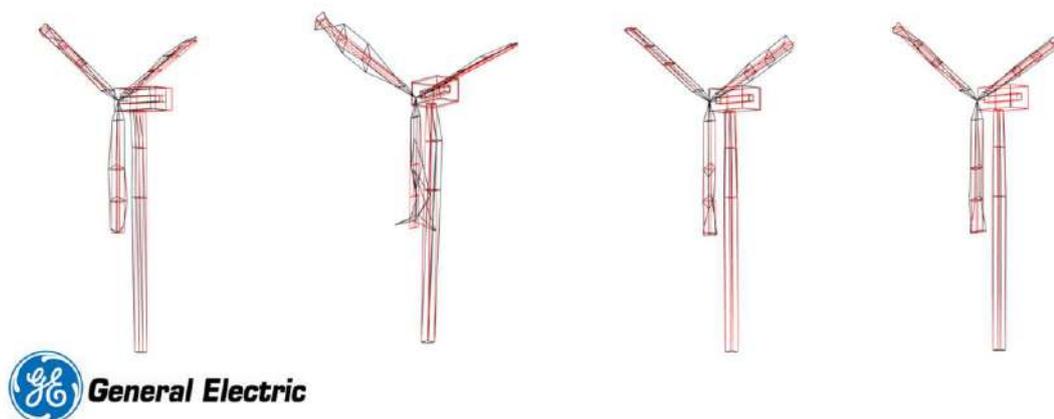
Año: 2001-2006

Sector: Ferrocarril, I+D+i

Servicio: Desarrollo de
software a medida,
Acuerdos de desarrollo
tecnológico

Energía Eólica





Análisis modal operacional (OMA) de un aerogenerador modelo Hal-X

Identificación de la frecuencia y la amortiguación de los modos de la torre y las palas en condiciones de operación

Con el objetivo de monitorizar los aerogeneradores, conocer su comportamiento vibratorio y detectar posibles fallos, los aerogeneradores se equipan con sensores tanto en la torre como las palas. General Electric (GE) dispone de estos equipos de medida instalados en sus aerogeneradores y almacena los datos que proporcionan los sensores.

A partir de estos datos se puede caracterizar los modos de vibración en operación de la estructura del aerogenerador, tanto en condiciones de parada como en funcionamiento. Así pues, utilizando el software "Invent", desarrollado por ICR, para la realización de un análisis modal operacional (OMA) se identifican los modos de vibración del aerogenerador a partir de la información de los sensores de aceleración y deformación que proporciona la empresa.

El objetivo del proyecto es analizar 5 condiciones en operación a diferentes velocidades del viento e identificar los modos de vibración del aerogenerador para extraer la información relevante que contenga la frecuencia de vibración de cada modo en función de la velocidad del viento.

El primer paso de la metodología aplicada consiste en realizar un filtraje de todos los datos que ofrecen los sensores, las cuales se encuentran organizadas en series temporales. Se escogen aquellas series que muestran estabilidad en los parámetros de funcionamiento y que tienen correspondencia con las curvas nominales del aerogenerador.

A partir de los datos extraídos de los acelerómetros y de las galgas se realiza el análisis modal operacional (OMA) del aerogenerador, tal y como



ya se ha especificado anteriormente utilizando el programa de desarrollo propio "Invent". Este análisis consiste en la medición de la respuesta de la estructura al funcionamiento de la máquina y al impacto del viento, comparando los sensores entre ellos para obtener la frecuencia y el amortiguamiento de los modos de vibración natural de la estructura en condiciones de operación.

Para mejorar la identificación de los modos, se procede a animar el movimiento del aerogenerador, hecho que facilita la clasificación de los modos de vibración.

FICHA TÉCNICA:

Cliente: General Electric (GE)

Ubicación: Barcelona

Año: 2021

Sector: Energía Eólica

Servicio: Análisis modal



Estudio del amortiguamiento estructural de un aerogenerador

Utilización del método de análisis modal operacional (OMA)

ICR realiza un exhaustivo estudio sobre las características de amortiguamiento de un aerogenerador relacionadas con los dos primeros modos de flexión de su torre mediante procedimientos estadísticos sobre una base de datos de varios miles de identificaciones modales operacionales. El aerogenerador integra un amortiguador de masa sintonizado a la frecuencia natural de estos dos primeros modos. Se determina el amortiguamiento estructural base del sistema, la contribución adicional al amortiguamiento introducida por el amortiguador sintonizado y el amortiguamiento aerodinámico que experimenta el sistema en condiciones de producción. Por estas identificaciones se realiza una correlación con parámetros ambientales de operación como son la velocidad del viento, el ángulo de orientación y la dirección principal de vibración. El estudio se basa en una campaña de mes de 2000 casos de identificación mediante análisis modal operacional, procesando más de 350 horas de señales adquiridas en campo.

Se implementa una nueva metodología de análisis estadístico basado en distribuciones de probabilidad e identificación estadística de acontecimientos independientes.

FICHA TÉCNICA:

Cliente: General Electric (GE)

Ubicación: Barcelona (España)

Año: 2020

Sector: Energía Eólica

Servicio: Analisis Modal



Proyecto de investigación INVENT



Proyecto de investigación en el sector eólico - INVENT

Software automático de análisis modal operacional (OMA) para aerogeneradores

El año 2009 la empresa Ecotecnia Energías Renovables (posteriormente Alstom Wind y actualmente GE Renewables) confió en ICR para desarrollar un proyecto de investigación con el objetivo de automatizar el proceso de análisis de los modos de vibración de sus aerogeneradores, aplicando la tecnología OMA (Operational Modal Analysis). Este trabajo se desarrolló dentro del marco de un proyecto de investigación, financiado por ACCIÓ, denominado "Proyecto InVent".

Ecotecnia estaba interesada en la utilización de técnicas de identificación de las respuestas vibratorias de los aerogeneradores, para poder correlacionar sus modelos numéricos y ajustarlos a los resultados experimentales, siendo capaces de prever la respuesta en condiciones de funcionamiento específicas.

El objetivo de la empresa era definir una metodología capaz de determinar los modos propios de los aerogeneradores de forma automatizada, a partir de mediciones reales realizadas en aerogeneradores en operación, y poder así optimizar el diseño de futuros prototipos.

ICR se encargó de diseñar y definir el protocolo para la realización del análisis modal operacional, concretamente en dos prototipos de aerogeneradores: el ECO100 y el ECO110. Junto con la definición de los protocolos de medidas para la realización del análisis modal operacional, se desarrolló un software específico que incorporaba la posibilidad de automatizar el proceso OMA a partir de registros temporales a diferentes condiciones de funcionamiento, generando de forma automática diagramas de evolución de las frecuencias propias del aerogenerador, en



función de la velocidad del viento. Este software se realizó a medida del cliente.

Una vez validada y comprobada la funcionalidad del software, para realizar cálculos según la tecnología OMA (Operational Modal Analysis), se implementó una extensión para la aplicación del método ODS (Operational Deflection Shape) en aerogeneradores. Esta integración al software InVent permitió poder realizar cálculos en el dominio temporal y frecuencial, así como visualizar las formas de deflexión operacionales.

Finalmente, una vez definido el procedimiento de realización del análisis modal e implementados los protocolos de validación, se realizó un curso a medida para la formación del equipo de ingenieros de Ecotecnia en los protocolos implementados y en el uso del software.

FICHA TÉCNICA:

Cliente: Ecotenia - GE
(General Electric)

Ubicación: Barcelona
(España)

Año: 2009-2021

Sector: Energía Eólica,
I+D+i

Servicio: Desarrollo de
software a medida,
Acuerdos de desarrollo
tecnológico, Análisis
modal

Indústria





Estudio de vibraciones, durante la fase de construcción, de una planta desalinizadora en Omán

Previsión del nivel de vibraciones a partir de un modelo semi-empírico Barkan

A través de la empresa APPLUS+, compañía líder en el sector de la inspección, ensayos y certificación a nivel mundial, ICR realiza un estudio de previsión de las vibraciones provocadas durante los trabajos de construcción, de una planta de energía y desalinización AL Ghubrah III, ubicada en el paseo marítimo de la ciudad de Mascate en Omán.

El estudio se ha centrado en la predicción de las vibraciones transmitidas desde dos áreas de la obra a los edificios adyacentes durante la excavación, así como también su evaluación.

En primer lugar, se han definido las normativas vigentes a aplicar, tanto locales como internacionales, para determinar los indicadores y valores límite admisibles, en materia de vibraciones, para el desarrollo del estudio.

En segundo lugar, para la previsión del nivel de vibraciones provocados por los trabajos de construcción se ha realizado un modelo de vibraciones basado en un modelo Barkan.

¿Qué es un modelo numérico Barkan?

Se trata de un modelo semi-empírico, que caracteriza la propagación de las vibraciones a través del suelo, y sus parámetros suelen ajustarse a partir de mediciones experimentales. Este tipo de modelo permite determinar la influencia de la frecuencia en el proceso de atenuación durante la propagación de las vibraciones por el terreno.



Para este proyecto en concreto, en primer lugar, se ha caracterizado la fuente de vibraciones, basándose en la bibliografía científica internacional y en la experiencia previa. Posteriormente, se ha generado un modelo Barkan en cada emplazamiento, para propagar las vibraciones a través del terreno, y finalmente se ha aplicado al modelo curvas de inserción, basadas en normas internacionales, para cuantificar la vibración recibida en los receptores sensibles más afectados, tanto en la zona residencial como en la zona de edificios de oficinas.

Finalmente, el último paso ha sido el de evaluar los niveles de vibración obtenidos según las normas seleccionadas y los valores límite propuestos.

FICHA TÉCNICA:

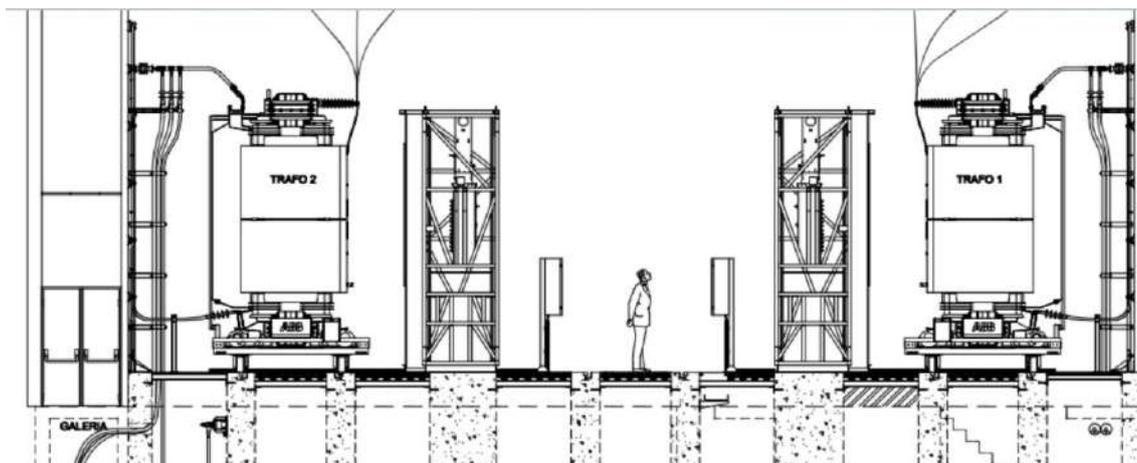
Cliente: APPLUS

Ubicación: Sultanato de Omán

Año: 2021

Sector: Industria, Medio Ambiente, Infraestructuras

Servicio: Control de ruido y vibración industrial (exterior), Acústica medioambiental



Estudio vibroacústico en una subestación transformadora de energía eléctrica en Sevilla

Análisis, diagnóstico y propuesta de soluciones para un problema de transmisión de ruido a un edificio de viviendas colindante a la subestación

La empresa ELECNOR, S.A contacta con Ingeniería para el Control del Ruido, S.L, con el objetivo de realizar un estudio vibroacústico que diagnostique y proponga medidas correctoras para un problema de transmisión de ruido a una de las estancias de una vivienda contigua a la subestación transformadora de energía eléctrica SE-Osario en Sevilla, España.

Los habitantes de la vivienda contigua manifiestan la percepción de un ruido molesto, que podría corresponderse con el funcionamiento normal de la subestación transformadora.

La metodología del estudio se inicia con una campaña de mediciones vibroacústicas sobre la estación transformadora y la vivienda contigua, con el fin de determinar las características de aislamiento acústico por vía aérea, las características de transmisión estructural entre la subestación y la vivienda, así como también la determinación de los niveles vibroacústicos del sistema.

Este estudio se evalúa según la normativa expuesta en el Boletín Oficial de la Provincia de Sevilla. Número 229, a Lunes 3 de octubre de 2005: "Ordenanza de protección del medio ambiente en materia de ruidos y vibraciones."

Una vez obtenidos los resultados de la campaña de mediciones, se proponen una serie de soluciones vibroacústicas de aplicación en



diferentes puntos de la subestación, para poder minimizar el impacto de ruido y así cumplir con la normativa vigente.

Debido a complejidad de aplicación de estas soluciones, se realiza un seguimiento de la instalación de las medidas correctoras culminando en otra campaña de mediciones, para monitorizar durante tres semanas el ruido recibido en el edificio de viviendas colindante. Esta monitorización permite registrar si las soluciones aplicadas funcionan correctamente.

Finalmente, gracias a todas las aportaciones técnicas ofrecidas por ICR al cliente, así como asesoramiento constante, Elecnor ha podido hacer frente al grave problema de ruido y vibraciones que tenían en esta subestación de Sevilla.

FICHA TÉCNICA:

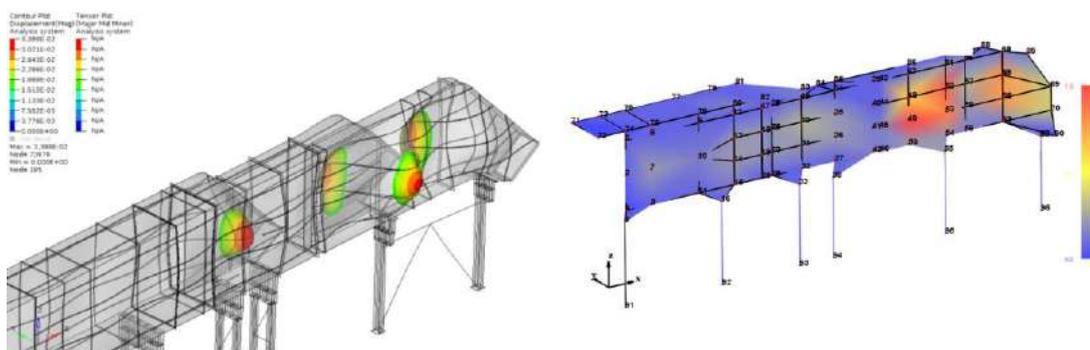
Cliente: Elecnor

Ubicación: Sevilla
(España)

Año: 2018-2020

Sector: Industria

Servicio: Control de ruido y vibración industrial (interior y exterior), Mediciones acústicas y certificación, Ingeniería - Consultoría acústica



Análisis de un sistema de depuración de gas en una planta petroquímica de Arabia Saudí

Identificación de la respuesta vibratoria, modelización numérica y propuesta de soluciones para reducir los niveles de vibración

La empresa INTECSA Industrial, dedicada al diseño y ejecución de instalaciones industriales a nivel mundial, contacta con ICR para realizar un estudio del comportamiento dinámico de dos sistemas de depuración de gas. Los trabajos propuestos se realizarán sobre una instalación de conductos con ventiladores en una planta petroquímica en Ras Al-Khair, Arabia Saudí.

El sistema a monitorizar consiste en un sistema de conductos con ventiladores, que experimenta fisuración en los rigidizadores exteriores de las conducciones debido al entorno vibratorio operacional del sistema.

En el estudio se plantea con un análisis inicial de la problemática del cliente sobre vibraciones, una campaña de mediciones de vibraciones con el posterior análisis, el desarrollo de un modelo matemático creado con el método de elementos finitos (FEM) junto con una propuesta de contramedidas en base al modelo generado.

En la primera fase del estudio, se realiza una campaña experimental de medición de vibraciones en el conducto de interés para obtener la respuesta vibratoria del sistema en una serie de puntos que permita describir con suficiente precisión las deformaciones vibratorias del sistema en funcionamiento.



Mediante un análisis de los resultados obtenidos, utilizando el método ODS (Operational Deflection Shape), se determinan qué regiones del ancho de banda están más excitadas y cómo se deforma la estructura, destacando los modos que responden a la excitación operativa. Además, las adquisiciones realizadas en cada punto de la estructura permiten determinar el nivel global de vibración en cada uno de ellos.

A continuación, se elabora un modelo de elementos finitos (FEM) de dos sistemas de conductos, obteniendo la respuesta dinámica del sistema incluyendo el conjunto de tres ventiladores, conductos y suportación. Este modelo se realiza como una validación cualitativa del mecanismo de excitación hipotetizado a partir de la inspección visual de la planta.

Una vez obtenidos los resultados de ambos modelos (ODS y FEM) se realiza una validación sencilla del mecanismo de excitación para definir si la causa de la excitación operativa en las paredes del conducto es la turbulencia generada en el interior del mismo debido al cambio de sección. Se realiza una simulación implementando un modelo de fluido simple tipo partícula de Boltzmann en una malla 2D.

Finalmente, gracias a los resultados obtenidos de todo el estudio, se plantean diferentes medidas correctoras en todo el sistema para mejorar los niveles vibratorios y evitar la fisurización.

FICHA TÉCNICA:

Cliente: INTECSA
Industrial

Ubicación: Ras Al-Khair
(Arabia Saudí)

Año: 2017

Sector: Industria

Servicio: Vibro-acústica
computacional, Análisis
modal, Mediciones
acústicas y certificación,
Ingeniería - Consultoría
acústica



Estudio de vibraciones para el Sincrotrón de partículas ALBA

Mediciones de comprobación y verificación de las soluciones definidas

¿Sabes lo que es un Sincrotrón?

Un Sincrotrón es una infraestructura científica que utiliza campos electromagnéticos para acelerar electrones a altas velocidades muy próximas a la de la luz y así producir luz de sincrotrón. Esta luz permite visualizar la estructura interna de los materiales y estudiar sus propiedades.

ICR participó con diversos estudios en el diseño del Sincrotrón ALBA, el acelerador de partículas circular más importante de la zona del Mediterráneo, ubicado en Cerdanyola del Vallés (Barcelona).

El primer trabajo se realizó en el año 2005, antes de la construcción del Sincrotrón ALBA. Se obtuvieron de forma experimental los parámetros físicos dinámicos del terreno que albergaría el sincrotrón ALBA, para posteriormente generar un modelo de elementos finitos con el que modelar la propagación de las ondas de vibración de superficie en el área crítica.

Con este objetivo se aplicaron tanto el método SASW (Spectral Analysis of Surface Waves) para determinar los parámetros dinámicos del terreno como el método de Nakamura para determinar la profundidad a la que se encuentra la superficie de roca.

Una vez determinados dichos parámetros se generó un modelo numérico que permitió diseñar un sistema de losa de hormigón masivo para aislar la zona crítica de sincrotrón de las vibraciones procedentes del exterior (industria cercana, tráfico rodado, equipos auxiliares de las instalaciones de los edificios del complejo que forma el Sincrotrón, etc.).



También se realizó una predicción de los niveles de ruido en el interior del área crítica, debido al ruido producido por los distintos equipos auxiliares. El cálculo se realizó utilizando el método de trazado de rayos en base a un modelo acústico tridimensional del espacio. A partir de los resultados obtenidos y siguiendo los criterios acústicos de diseño marcados previamente, se propusieron una serie de soluciones para dar cumplimiento a todos y cada uno de los objetivos de diseño.

Una vez toda la infraestructura del Sincrotrón ALBA estuvo en fase de construcción, ICR realizó mediciones de comprobación y de verificación del correcto montaje y funcionamiento de la losa diseñada. Estos trabajos se realizaron en el 2008.

Finalmente, entre los años 2009 y 2010, se estudiaron los niveles de ruido y vibración de los equipos auxiliares instalados en el Sincrotrón. Asimismo, se diseñaron diferentes soluciones anti-vibratorias y se realizó el seguimiento de obra para su correcta instalación.

A día de hoy, tras cumplir su décimo aniversario el Sincrotrón de partículas ALBA sigue funcionando a pleno rendimiento.

FICHA TÉCNICA:

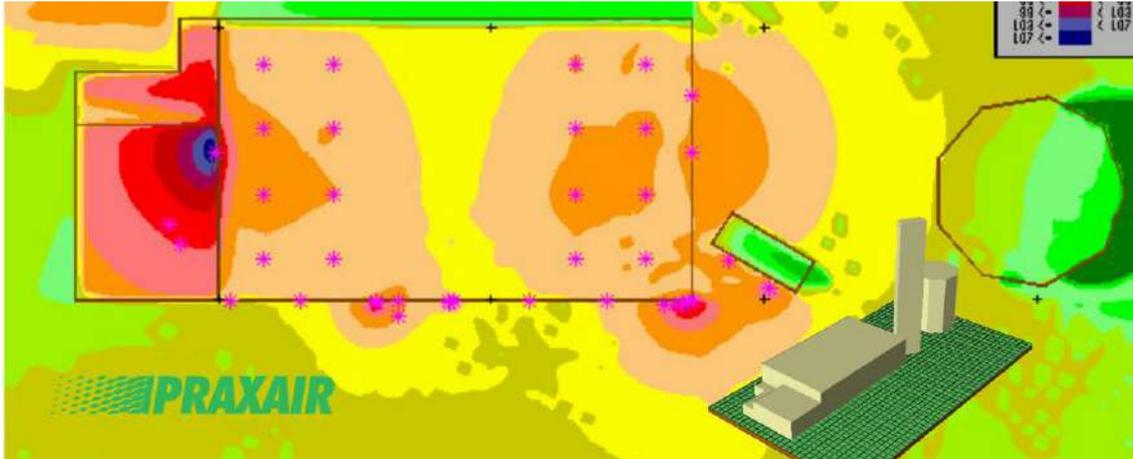
Cliente: CELLS - Master de Ingeniería, S.A.

Ubicación: Cerdanyola del Vallés (Barcelona)

Año: 2005-2010

Sector: Indústria, Medio Ambiente

Servicio: Control de ruido y vibración industrial (exterior e interior), Vibro-acústica computacional





tenían que silenciar y qué tratamiento realizar en cada una de ellas, de forma óptima.

Los conocimientos adquiridos en este proyecto, sirvieron para la publicación de un artículo en la revista científica Applied Acoustics: O. Guasch, F.X. Magrans & P.V. Rodriguez. An inversion modelling method to obtain the acoustic power of the noise sources in a large factory. Applied Acoustics 63, pp.401-417 (2002).

FICHA TÉCNICA:

Cliente: AGA Praxair

Ubicación: Toulouse
(Francia)

Año: 1998

Sector: Industria

Servicio: Vibroacústica
computacional, Métodos
de inversión de modelos

Asesoría acústica en impresoras de gran formato



Análisis de ruido en impresoras de gran formato

Estudio y asesoría acústica para plotters en HP

¿Has pensado alguna vez en el ruido que hace una impresora? Quizás te has dado cuenta cuando estaba funcionando, o quizás cuando estaba en reposo. A menudo es cuando se apaga que notamos que algo nos estaba molestando.

A veces no somos conscientes del ruido que generan los equipos que nos rodean, pero en la mayoría de empresas del sector industrial se tiene cura de generar cuanto menos ruido posible para molestar el mínimo a sus usuarios.

Este es el caso de la empresa HP, dedicada al sector de la impresión de pequeño y gran formato. El centro de investigación europeo de HP con sede en Sant Cugat del Vallés, han confiado durante más de 25 años en ICR para asesorarlos en materia de vibro-acústica en referencia a sus plotters de gran formato.

El primer estudio de ruido y vibraciones que ICR realizó para HP fue en el año 1996, donde se analizó el ruido que generaba el prototipo de impresora que estaban a punto de sacar al mercado. En este estudio inicial se analizó el ruido que realizaba este prototipo, y se diseñaron diferentes silenciadores para minimizar el ruido emitido.

A partir de aquí se fueron sucediendo diferentes proyectos donde se trató la reducción del ruido en diferentes prototipos. Se aplicaron técnicas de análisis como el ATPA (Advanced Transfer Path Analysis), la metodología ODS (Operational Deflection Shape) o la fotografía acústica para localización de fuentes sonoras, entre otros métodos experimentales desarrollados por ICR.



ICR ha trabajado en más de 10 proyectos de análisis del ruido de plotters por HP, entre los años 1996 y la actualidad, donde a parte del estudio del acústico se han diseñado e implementado diferentes soluciones para minimizar los niveles sonoros emitidos.

En el año 2002, a raíz de un de los proyectos de estudio, ICR realizó una patentó una de las soluciones ofrecidas a HP. Esta patente llevó el nombre de "Holddown Device for Hardcopy Apparatus", con el número US 2002/0097311 A1, y publicada el 25 de Julio de 2002.

El caso de HP es extensible a cualquier otra industria que persiga una mejora acústica de sus productos, sean automóviles, trenes, productos de electrónica de consumo u otros productos industriales.

FICHA TÉCNICA:

Cliente: HP

Ubicación: Sant Cugat del Vallés (Barcelona, España)

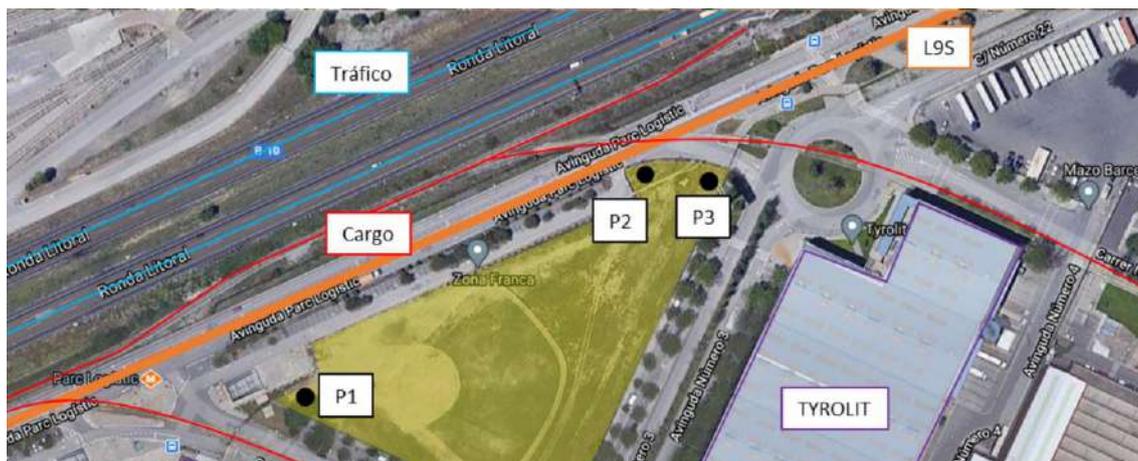
Año: 1996-2021

Sector: Indústria

Servicio: Control de ruido y vibraciones de un producto, Advanced Transfer Path Analysis (ATPA), Análisis modal, Vibro-acústica computacional

Edificación e Infraestructuras





Afectación de diferentes infraestructuras ferroviarias, viarias y actividades industriales sobre un edificio en fase de proyecto

Medición, predicción y evaluación de las vibraciones inducidas por el tráfico ferroviario, tráfico rodado e industrias en edificio de oficinas de la Zona Franca

Durante la fase de desarrollo e implementación de un nuevo edificio se tienen en cuenta muchos factores que pueden influenciar en los acabados finales del edificio. En los últimos años se está priorizando también el confort acústico y vibratorio del interior del edificio.

Es por este motivo que proyectos en los cuales coexisten muchas infraestructuras que aportan diferentes tipos de vibraciones al estudio, siempre son un reto.

En este caso, el estudio se realizó en un solar de la Zona Franca (Barcelona) dónde el origen de las vibraciones percibidas en el estudio provenía de:

- Infraestructura ferroviaria subterránea correspondiente a la línea 9 Sud (L9S) de metro de Transports Metropolitans de Barcelona (TMB), en las inmediaciones de la estación de "Parc Logístic".
- Infraestructura ferroviaria en superficie correspondiente a las líneas de entrada y salida de material, concretamente entre las calles 24 (T4) y 25 (T3).
- Infraestructura viaria (tráfico rodado) correspondiente a la Avenida Parc Logistic y la Ronda Litoral.



- Actividad de las industrias cercanas al solar bajo estudio (SEAT y TYROLIT).

El estudio de vibraciones se realiza a partir de las mediciones de vibraciones en el solar. Para la evaluación de las vibraciones en el interior de una vivienda se utiliza el procedimiento descrito en los Anexos de la Llei 16/2002, modificados según el Decreto 176/2009, concretamente el Anexo 7 "Immissió de les vibracions als interiors dels edificis".

Una vez obtenidos los resultados de las mediciones realizadas en dicho solar, se extraen y clasifican los valores de vibraciones provenientes de cada una de las infraestructuras citadas anteriormente. A partir de los niveles de vibraciones obtenidos se estiman los niveles de vibración en la futura edificación, teniendo en cuenta la atenuación debida al acoplamiento del terreno con el edificio, y la amplificación por resonancias de los elementos estructurales.

En ICR, nuestro compromiso con el cliente siempre va más allá, y en los proyectos de estudio de vibraciones para nuevas edificaciones siempre adjuntamos un análisis de previsión de riesgos para ilustrar de manera cualitativa los impactos de cada una de las partes del proyecto en materia de vibraciones. Así el cliente puede valorar la importancia y la severidad de los niveles previsto de vibraciones de forma genérica.

FICHA TÉCNICA:

Cliente: PGI Engineering

Ubicación: Barcelona

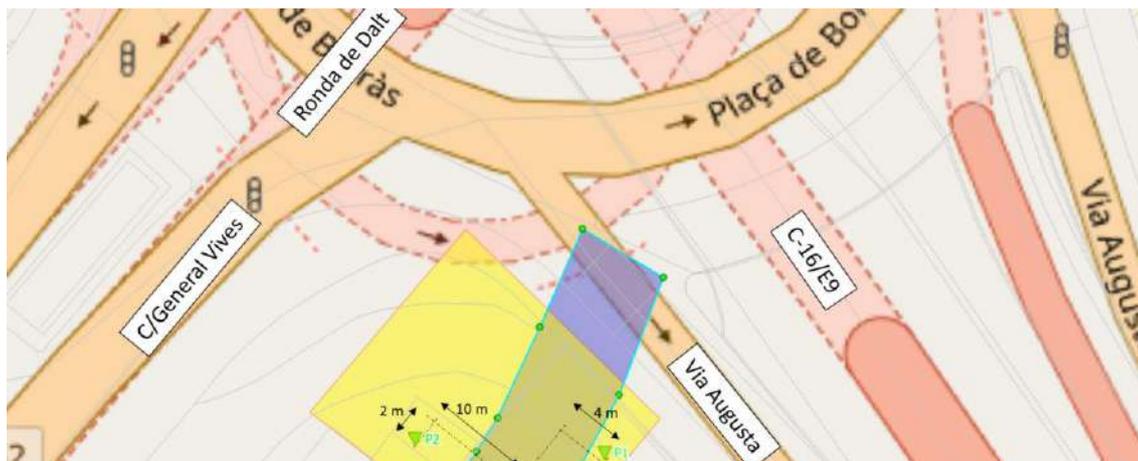
Año: 2021

Sector: Edificación,
Infraestructuras

Servicio: Medición de
vibraciones,

predicción y evaluación
de futura

afectación



Estudio de vibraciones por infraestructura viaria en la Vía Augusta de Barcelona

Futura construcción de un edificio de 6 plantas cercano al túnel de la Ronda de Dalt

La empresa "Edificio Can Valls S.L.", a través del estudio de arquitectura A12, requiere a ICR la realización de un estudio para determinar la afección vibratoria causada por el tráfico rodado sobre el nuevo proyecto de edificación situado en un solar de la Vía Augusta de Barcelona.

Gracias a los más de 20 años de experiencia en la realización de estudios de acústicos, mediciones de vibraciones y estudios de afectación sobre los edificios debido a las vibraciones generadas por infraestructuras, en ICR tenemos un amplio conocimiento sobre las necesidades de resolución de nuestros clientes.

En este caso, la estructura del futuro edificio de 6 plantas, alcanzaba una profundidad de 15 metros, por debajo de la superficie, y estaba soportado sobre micropilotos. La profundidad del edificio coincidía con la misma capa de sustrato donde también se sostienen los fundamentos del túnel del ramal de la Ronda de Dalt.

Es por este motivo, que ICR propone al cliente un estudio predictivo de vibraciones, que requiere medidas de vibraciones a nivel de terreno actual y a la estructura prevista de micropilotos, además de un control de vibraciones durante la obra y la posibilidad de realizar un estudio preciso a partir de un modelo predictivo de elementos finitos. El estudio se evalúa según la normativa vigente en materia de vibraciones (Ordenanza de Medio Ambiente de Barcelona, OMA 2014).

La campaña de mediciones permite obtener el nivel de vibraciones existente en el terreno y en la estructura prevista del nuevo edificio. Se



plantea realizar dos micropilotajes para poder registrar el valor de las vibraciones en dos puntos de la estructura.

Para el estudio predictivo se requiere conocer el tipo de fundamentación del edificio, así como también información general del terreno.

Debido a las características constructivas del futuro edificio, así como la proximidad al túnel de la Ronda de Dalt, ICR ofrece al cliente la posibilidad de realizar un estudio predictivo a partir de una simulación mediante elementos finitos. Este tipo de estudio es muy práctico para el cliente ya que en el caso de que en el estudio preliminar se obtengan valores muy próximos a los límites marcados por la normativa, la simulación por elementos finitos permite conocer con más exactitud los valores de vibraciones que se producirán en todo el futuro edificio.

Esta simulación genera un modelo de elementos finitos (FEM) en 3D que incluye todas las fuentes a tener en cuenta, en este caso serían: la geometría del túnel e infraestructura viaria, una estratificación representativa de la geotecnia de la zona y la geometría cuidadosa del proyecto constructivo mediante elementos de sólidos, placas y vigas que permitirá obtener los niveles provisionales de vibraciones a las diferentes localizaciones del edificio.

FICHA TÉCNICA:

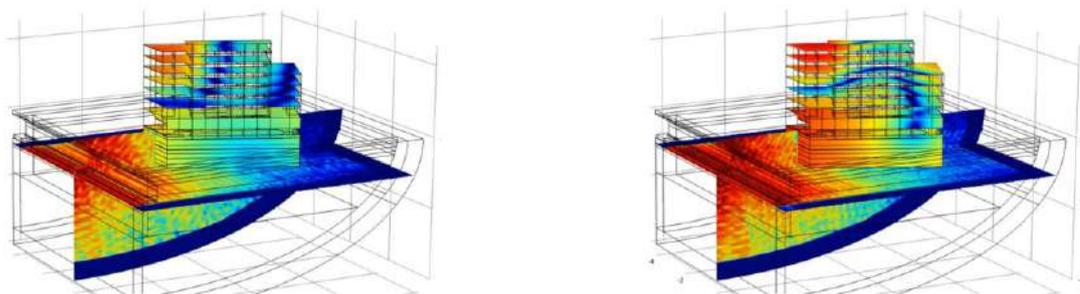
Cliente: A12 Arquitectes

Ubicación: Barcelona
(España)

Año: 2020

Sector: Edificación,
Infraestructuras

Servicio: Afectación de
las vibraciones por
infraestructura ferroviaria



Afectación de un túnel de FGC sobre un hotel en fase de proyecto

Medición, predicción y evaluación de las vibraciones inducidas por tráfico ferroviario sobre un hotel

Carlos Bassó arquitectura, en nombre de su cliente Compras y Alquileres TransUnion S.L., solicitó a ICR la realización de un modelo computacional de previsión de los niveles de inmisión de vibraciones basado en el método de los elementos finitos, con el fin de determinar si los niveles de vibración recibidos en el futuro edificio cumplirían con la legislación vigente (Decreto 176/2009, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley 16/2002 de 28 de junio), en cuanto a vibraciones generadas por el paso de trenes de pasajeros en infraestructuras ferroviarias de proximidad, sin necesidad de medidas correctoras.

La infraestructura ferroviaria a analizar era el túnel de Ferrocarriles de la Generalidad de Cataluña, Línea Llobregat-Anoia, entre las estaciones de Ildefons Cerdà y Europa | Feria. En el momento del análisis el solar estaba sin edificar y se modeló la infraestructura, el terreno y el edificio.

Los modelos de elementos finitos se generaron a partir de la información del proyecto arquitectónico y fueron ajustados con resultados de mediciones de vibración en el terreno.

FICHA TÉCNICA:

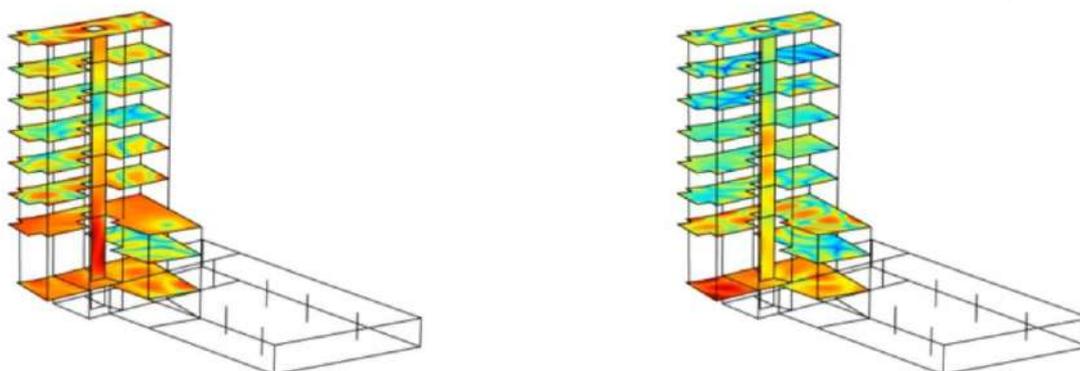
Cliente: Carlos Bassó
Arquitectura

Ubicación: L'Hospitalet
de Llobregat

Año: 2019

Sector: Edificación,
Infraestructuras

Servicio: Medición de
vibraciones, predicción
de vibraciones mediante
modelo computacionales
vibro-acústicos



Estudio de afectación por infraestructura ferroviaria en dos edificios del barrio de Gràcia, Barcelona

Mediciones de vibración, estudio predictivo mediante simulación estructural del edificio y mediciones de comprobación en obra

La circulación de material móvil a través de las infraestructuras ferroviarias genera vibraciones que se propagan a través del terreno a los edificios próximos. Es común que, en la ciudad, dichas infraestructuras se sitúen a muy poca distancia de las edificaciones actuales o proyectadas.

Las vibraciones propagadas por el terreno penetran a través de los cimientos en las edificaciones, pudiendo provocar vibraciones estructurales que comprometan el confort vibro-acústico de sus habitantes o incluso lleguen a sobrepasar el umbral máximo establecido por el regulador competente (Ley16/2002, DOGC3675, de 28 de junio, de protección contra la contaminación acústica, y anexos modificados según Decreto 176/2009, de 10 de noviembre).

En el año 2017, la empresa ELIX, requiere a ICR una previsión de los niveles de vibraciones transmitidos a los forjados de las viviendas de dos edificios proyectados, causados por la operación normal de las líneas de FGC Barcelona-Vallés a su paso más próximo por el solar situado cerca de la estación de Gràcia en Barcelona.

Este estudio se inicia con la medición del nivel de vibraciones en diferentes posiciones del solar donde se ubicará el proyecto constructivo a partir de las cuales se realiza un estudio estimativo provisional de los niveles de vibración basados en procedimientos semi-empíricos. Las conclusiones de dicha estimación no son favorables y es por este motivo que se decide realizar un cálculo más complejo que tenga en cuenta la estructura real del

edificio y su respuesta dinámica. Se decide realizar un modelo en elementos finitos, únicamente el edificio más próximo a la fuente vibratoria.

La predicción de los niveles de vibraciones se realiza en base a los resultados de una simulación de dinámica estructural sobre un modelo del edificio construido en el software de análisis mecánico CodeAster 2017.

Se desarrolla un modelo simplificado del edificio, con el objetivo de reducir los requerimientos computacionales, para permitir la realización de múltiples simulaciones paramétricas que permitan minimizar la incertidumbre en los resultados obtenidos. Dicho estudio paramétrico incluye un barrido de resultados para diferentes valores de amortiguamiento estructural, parámetro que solo puede conocerse experimentalmente tras construcción de la estructura. El modelo estructural se excita mediante una serie de señales de aceleración medidas en campo, en el emplazamiento real del edificio y se calcula mediante un esquema de resolución del problema dinámico armónico.

Los niveles de predicción obtenidos tras la simulación no superan el límite definido por la normativa aplicable (Decreto 176/2009) en el ámbito de vibraciones en viviendas. Aun así, ICR recomienda el seguimiento de los niveles de vibración durante la obra, después de excavación, tras construcción de cimientos, tras coronación de sótano-parking y tras coronación de primera planta, para verificación y ajuste de modelo si fuera necesario.

En el año 2020, se realizan las mediciones de comprobación insitu, en diferentes plantas del edificio completado, bajo las especificaciones del "Anexo 7 de la Ley 16/2002, modificados según el Decreto 176/2009, concretamente el Anexo 7 "Inmisión de las vibraciones al interior de los edificios". Los resultados obtenidos concordaron con los niveles de predicción obtenidos en la simulación previa.

FICHA TÉCNICA:

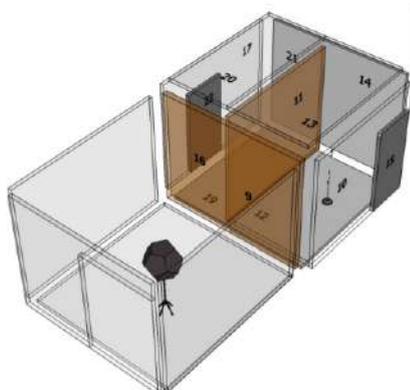
Cliente: ELIX

Ubicación: Barcelona
(España)

Año: 2017-2020

Sector: Edificación,
Infraestructuras

Servicio: Afectación de
las vibraciones por
infraestructura ferroviaria,
Vibro-acústica
computacional,
Mediciones acústicas y
certificación



Proyecto de investigación VITRASO

Colaboradores:



Proyecto de investigación en el sector de la construcción - VITRASO

Análisis y predicción de las vías de transmisión del ruido y vibraciones en el sector de la edificación

El proyecto VITRASO, realizado en 2009, se enmarca en la filosofía ICR de estar en constante evolución y crecimiento tecnológico ya que es en los proyectos de investigación donde encontramos la fuente de conocimientos que nos permite ser más competitivos, creciendo empresarialmente y dotando a los clientes de las herramientas más avanzadas para la solución de sus problemas particulares

El proyecto parte de la necesidad de mejorar y desarrollar métodos experimentales y de cálculo numérico para el análisis y predicción de las vías de transmisión del ruido y vibraciones en el sector de la edificación.

Los métodos propuestos en el marco de VITRASO permite, por un lado, identificar y cuantificar problemas de aislamiento acústico existentes en edificios ya construidos, y por otro, mejorar las predicciones de la transmisión vibro-acústica entre recintos en la fase de diseño de edificios de nueva construcción, haciendo posible unos diseños más óptimos.

ICR participó en el proyecto conjuntamente con diferentes entidades como LGAI (APPLUS technological center), La Salle Ingeniería (Universitat Ramon Llull), Servià Cantó, S.A., FCC (Fomento de Construcciones y Contratas) y el Centro Tecnológico de la Construcción (Imat).

ICR definió y participó activamente en los protocolos de mediciones de los diferentes ensayos llevados a cabo en las cámaras de transmisión de las instalaciones de APPLUS para localizar y cuantificar las vías de transmisión principales y secundarias, entre el recinto emisor y el recinto receptor en diferentes configuraciones, y así poderlos contrastar con los resultados obtenidos de los modelos de cálculo.



En este proyecto, se utilizaron métodos de cálculo de tipo SEA (Statistical Energy Analysis), métodos híbridos para el rango de media frecuencia, y modelos de elementos finitos (FEM) y de elementos de contorno (BEM) a baja frecuencia. También se realizaron predicciones de aislamiento acústico, incluyendo el análisis de las vías de transmisión laterales según la norma UNE-EN12354, usando el software propio de cálculo de aislamiento dBKAisla.

Finalmente, se aplicaron tanto los métodos de cálculo como los procedimientos experimentales, desarrollados en el proyecto, a dos proyectos constructivos reales, una vivienda particular y una escuela, dando como resultado una adaptación de la metodología al sector de la edificación.

FICHA TÉCNICA:

Cliente: Generalitat de Catalunya

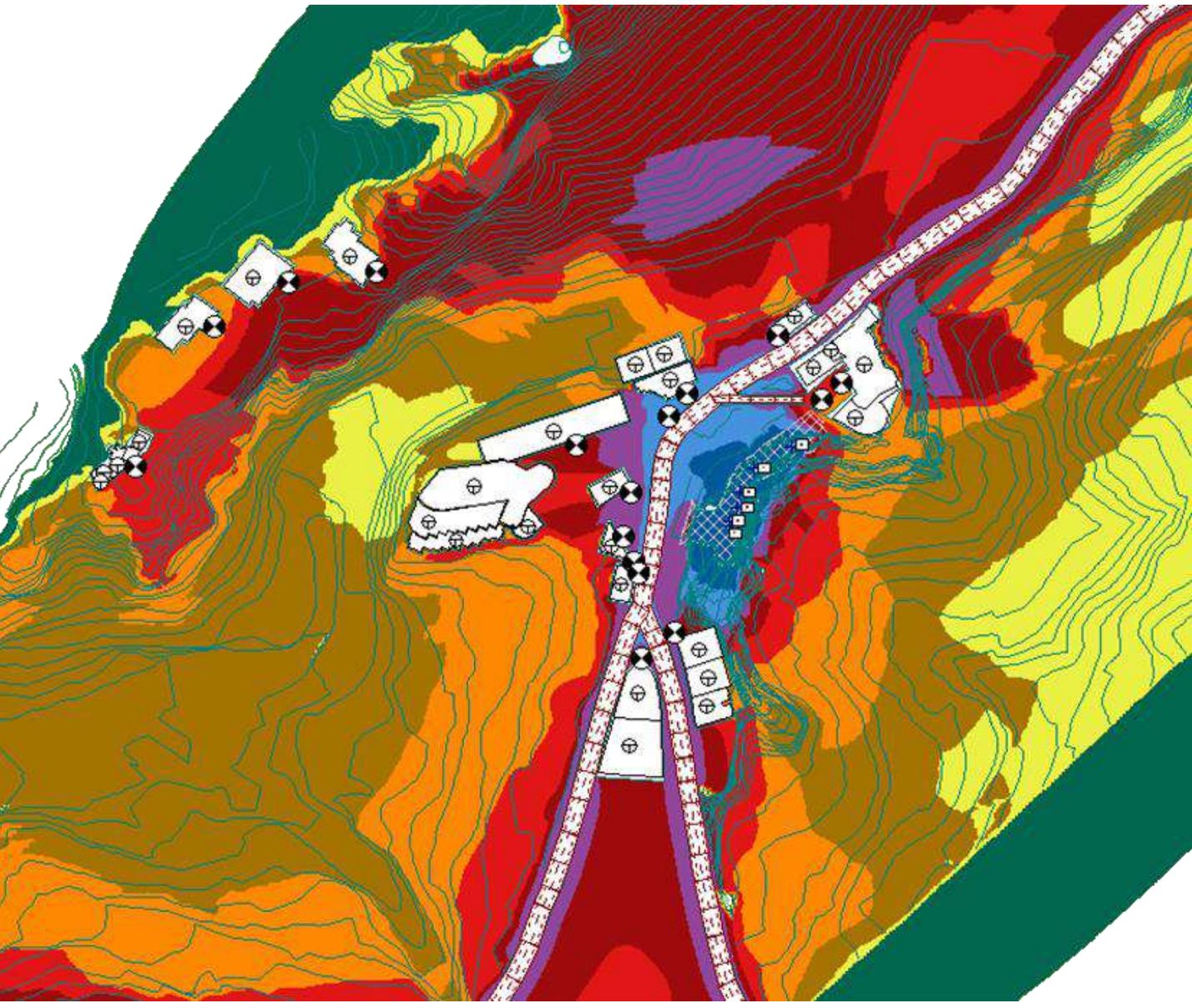
Ubicación: Barcelona (España)

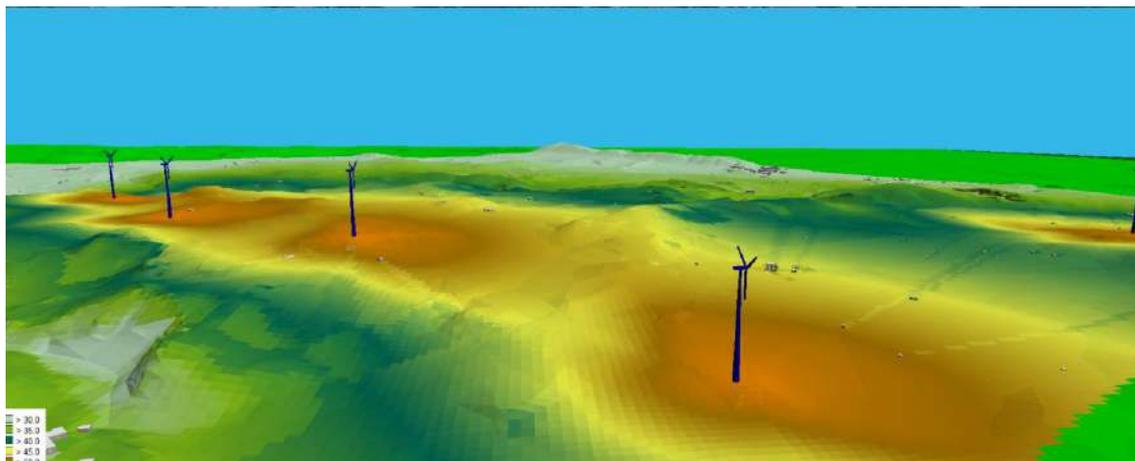
Año: 2009

Sector: Edificación , I+D+i

Servicio: Acústica de la edificación, Vibro-acústica computacional

Medio Ambiente





Impacto acústico de diferentes parques eólicos en las inmediaciones del pueblo de Capmany

Estimación y evaluación de los niveles de ruido producidos por el conjunto de los aerogeneradores de dos parques eólicos previstos

El Ayuntamiento del pueblo de Capmany, ubicado en el Alt Empordà (Catalunya), contacta con ICR para solicitar la realización de un estudio de impacto acústico debido a la futura previsión de construcción de cinco parques eólicos en las inmediaciones del pueblo.

El estudio consiste en la generación de un modelo de cálculo para predecir el nivel de ruido de los aerogeneradores previstos a instalar. Para ello, se necesita conocer la potencia acústica y la directividad de estos aerogeneradores, como también caracterizar el ruido de fondo de la zona de estudio.

Se realiza una campaña de mediciones de ruido acústicas en la zona donde está prevista instalar los aerogeneradores, así como también a su alrededor, en los puntos que pueden considerarse de especial sensibilidad (como pueden ser viviendas cercanas, u otros núcleos rurales, etc).

Todos los estudios de impacto acústico de parques eólicos tienen en cuenta las diferentes franjas horarias, así como la afectación en cada una, permitiendo conocer la molestia causada en los puntos receptores en cada momento del día.

En este proyecto, se han evaluado los resultados obtenidos según la normativa vigente "Decret 176/2009 de la Generalitat de Catalunya i Reglament de la Llei 16/2002 de 28 de juny".

FICHA TÉCNICA:

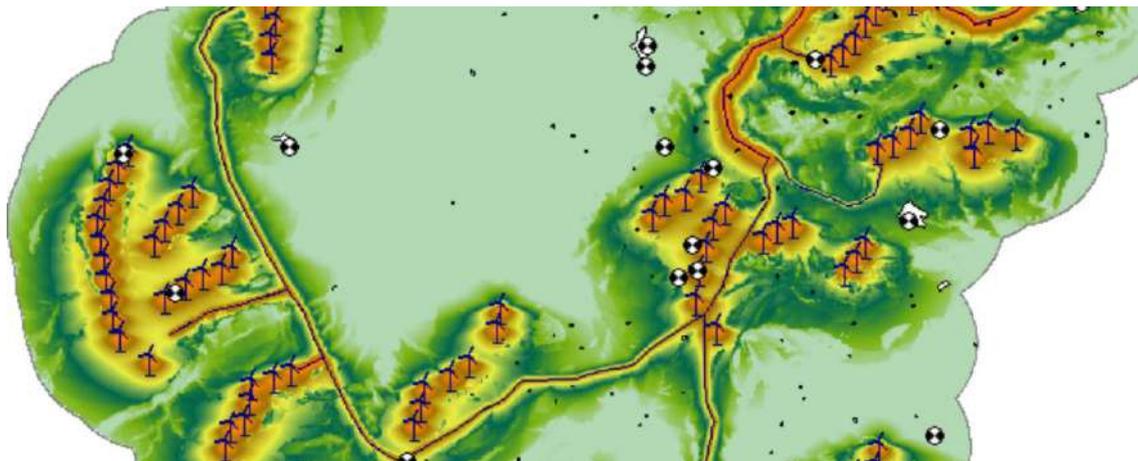
Cliente: Ayuntamiento de Capmany

Ubicación: Capmany (Girona)

Año: 2021

Sector: Energía Eólica, Medio Ambiente

Servicio: Acústica medioambiental



Impacto Acústico ambiental de 22 parques eólicos

Estudio de previsión de la influencia acústica de la instalación de estos parques eólicos

La empresa española Forestalia, dedicada a la promoción y desarrollo energético de parques eólicos, necesitó los servicios de ICR en plena pandemia mundial por coronavirus (SARS-CoVid 2), para la realización de diferentes estudios de impacto acústico ambiental de 22 parques eólicos con 161 aerogeneradores y 3 líneas de alta tensión, ubicados en el Maestrazgo Turolense.

El método que implementó ICR, con el fin de hacer una previsión de la influencia, desde el punto de vista acústico, de la instalación de estos parques eólicos. El proceso de previsión que ICR aplica para estos casos consiste en:

- Realizar una campaña de mediciones acústicas en diversos receptores en el área de influencia de los parques con el fin de caracterizar su situación acústica actual (estudio pre-operacional). Esta campaña debe ser realizada previa a la construcción del conjunto de parques.
- Generación de un modelo numérico de cálculo que permite simular el comportamiento acústico de los aerogeneradores y líneas eléctricas que formarán parte de los 22 parques eólicos. Este estudio tiene como fin la extracción de conclusiones sobre los niveles de ruido causados por el conjunto de instalaciones sobre una serie de receptores sensibles identificados.

En el caso de que los resultados del estudio detectasen el no cumplimiento de la normativa de aplicación vigente, ICR ofrece a sus clientes un estudio complementario que consiste en una propuesta de regímenes de funcionamiento alternativos de cada aerogenerador que garanticen el



cumplimiento de la normativa vigente en los puntos de control definidos en el modelo.

Para la realización de este tipo de estudios ICR utiliza el programa CadnaA, que permite obtener un mapa acústico de los niveles de ruido emitidos por las fuentes de ruido, y conocer los niveles de ruido recibidos en los puntos receptores definidos. Esto permite al cliente obtener una visión clara del impacto de ruido de los equipos instalados, en este caso de aerogeneradores.

FICHA TÉCNICA:

Cliente: Forestalia

Ubicación: Zaragoza
(España)

Año: 2020

Sector: Medio Ambiente,
Energía Eólica

Servicio: Acústica
medioambiental



Control de las vibraciones de la central hidroeléctrica reversible de Sallente

Análisis, diagnóstico y propuesta de soluciones

Los lagos de Cabdella son un conjunto de 27 lagos unidos mediante túneles subterráneos en la cabecera de la Vall Fosca, en el Pirineo de Lleida. Su función es suministrar agua al Estany Gento, desde donde se abastecen dos centrales hidroeléctricas, la Central Hidroeléctrica de Cabdella, y la Central Hidroeléctrica reversible de Sallente, en el embalse de Sallente.

La central hidroeléctrica reversible aprovecha el bajo coste de la electricidad en horario nocturno para bombear el agua del embalse inferior de Sallente al superior Estany Gento y el alto coste de la electricidad en horario diurno para generar energía turbinando el agua desde el embalse superior al inferior.

Tras la construcción de la central de Sallente se detectó una excesiva vibración de las dos tuberías principales que alimentan las cuatro turbinas de la central. Por este motivo la central no podía funcionar con una carga del grupo mayor del 50%, por posible riesgo de rotura de la tubería a causa de la fatiga producida por las vibraciones.

ICR trabajó para diagnosticar el problema y proponer soluciones para su resolución. Se realizaron mediciones de vibraciones, modelos de elementos finitos y visualización ODS (Operational Deflection Shape) para estudiar los modos vibratorios de la conducción tanto en reposo como en régimen forzado bajo el efecto del agua. También se realizaron estudios de fatiga mecánica (con la colaboración de ST mecánica aplicada).

Como resultado del estudio, se detectó que el segundo armónico de las pulsaciones de presión, provocadas por el paso de álabes del rodete frente al distribuidor de la turbina bomba, provocaban la vibración del tramo libre



de la tubería forzada que entraba en resonancia con uno de sus modos propios provocando movimientos excesivos.

Esto fue solucionado modificando los modos propios de vibración con la colocación de unos zunchos en las tuberías forzadas, consiguiendo con ello poder trabajar a pleno rendimiento. Desde entonces se controla periódicamente su posición, apriete y nivel de vibraciones.

FICHA TÉCNICA:

Cliente: ST Mecanica Aplicada

Ubicación: Sallente (Catalunya, España)

Año: 1995

Sector: Medio Ambiente, Industria

Servicio: Análisis modal, Mediciones acústicas y certificación, Vibro-acústica computacional

Aeronáutico





ICR lidera el proyecto europeo Clean Sky 2 - PIANO

Aplicación del método ATPA (Advanced Transfer Path Analysis) en el Control Activo del Ruido (ANC)

La iniciativa Clean Sky 2 del programa H2020 de la Comisión Europea tiene como uno de sus pilares fundamentales el apoyo al desarrollo del prototipo "New Generation Civil Tilt Rotor (NGCTR)" para dar respuesta a las necesidades del sector de la aviación comercial en el segmento de operación entre las rutas explotadas por helicópteros de transporte y aeronaves comerciales regionales. Uno de los principales problemas identificados en este tipo de aeronaves es la falta de confort acústico en el interior de la cabina de pasajeros.

En el marco de este programa europeo, ICR lidera el proyecto PIANO (Path Identification for Active Noise Control), en el que ejerce como Project Coordinator, y que pretende aunar las tecnologías de Advanced Transfer Path Analysis (ATPA) y control activo de ruido (ANC), con el apoyo de importantes colaboradores del sector ANC, como la francesa Technofirst y el laboratorio DSL de la Universidad Nacional de Atenas (NTUA). ICR aporta su experiencia en gestión de proyectos en vibroacústica industrial y su tecnología propia del análisis de vías de transmisión (ATPA).

La metodología ATPA permitirá conocer y cuantificar las vías de transmisión del ruido en la aeronave, identificando aquellas más críticas para el ruido interior. Esta información será clave, por un lado, para el ajuste de modelos numéricos de tipo SEA y, por otro lado, para la posterior reducción del ruido mediante técnicas de ANC.

Es habitual que para predecir los niveles de ruido interior de la aeronave se realicen modelos de simulación basados en SEA (Statistical Energy Analysis). Una buena elección de los valores asignados a los factores de acoplamiento en dichos modelos es imprescindible para obtener una



buena representación de la realidad. Gracias al método ATPA, se podrán obtener los parámetros de acoplamiento entre los diversos subsistemas del vehículo, permitiendo obtener las conectividades vibro-acústicas entre ellos, y los factores de acoplamiento SEA.

El segundo gran objetivo de este proyecto es la reducción del ruido, tanto tonal, como de banda ancha, mediante técnicas de control activo del ruido (ANC). Las técnicas de control de ruido mediante sistemas de atenuación activa permiten obtener beneficios que las soluciones de aislamiento y absorción clásicas no permiten, como son la atenuación de ruido de baja frecuencia usando aproximaciones ANC globales y la reducción del ruido tonal mediante conceptos ANC locales, como pueden ser las burbujas personales de confort acústico.

Los resultados finales permitirán disponer de una definición completa de la arquitectura de los sistemas de control activo de ruido (ANC) embarcados en la aeronave, así como de los componentes que se deben instalar para reducir el ruido en operación en cabina considerando los restrictivos requerimientos de peso de la aeronave a un coste razonable.

FICHA TÉCNICA:

Cliente: Clean Sky 2

Ubicación: Unión Europea

Año: 2020-2022

Sector: Aeronáutico, I+D+i

Servicio: Advanced Transfer Path Analysis (ATPA)



Estudio acústico de una futura sala de control aéreo en Madrid

Diseño y estudio de soluciones para un aislamiento acústico óptimo y acondicionamiento acústico de la futura sala de control

La consultoría "Loop – New Business Models", con más de 30 años de experiencia, especializada en modelos de negocio y enfocada en la salida al mercado de productos y servicios, precisa de los servicios acústicos de ICR para realizar un estudio acústico para la empresa ENAIRE, empresa pública encargada de la navegación civil aérea y de los aeropuertos civiles de España.

ENAIRE precisa de un estudio acústico para una futura sala de control aéreo en Madrid, con el objetivo de definir las especificaciones técnicas acústicas para obtener un buen aislamiento acústico (del exterior hacia el interior) y un adecuado acondicionamiento acústico (que garantice el confort e inteligibilidad del personal de control aéreo).

El objetivo del estudio acústico es definir y especificar de qué materiales se ha de componer la sala para obtener una buena reducción de ruido respecto al exterior y un buen acondicionamiento acústico en el interior. Para ello, se considera tanto la definición de las dimensiones, ubicación y tipos de materiales acústicos como el diseño y ubicación de las consolas y los receptores.

Para poder realizar el acondicionamiento acústico de la sala de control, el cliente solicita tener en cuenta diferentes requisitos:

- Reducir la reverberación del espacio para disminuir el nivel de amplificación debido al exceso de reflexiones del sonido emitido en el interior de la misma.



- Minimizar los ruidos producidos por el tránsito de personas (pasos, carros, etc.)
- Sectorización acústica de la zona de supervisión respecto a las áreas de consolas, para introducir cierto grado de separación acústica sin reducir la visibilidad.

ICR realiza una campaña de mediciones insitu en una sala de control ya operativa de Madrid, para poder determinar su aislamiento acústico actual. Estas mediciones permiten conocer el nivel de ruido interior/externo con la llegada/salida de los aviones, así como los niveles de ruido residuales sin operaciones aéreas activas. A partir de los resultados obtenidos, se realiza un cálculo del aislamiento de la fachada, utilizando el programa INSUL®.

Por otro lado, para determinar el diseño acústico de la futura sala de control, se realiza una simulación acústica teniendo en cuenta los revestimientos interiores utilizados, su distribución en el espacio, su geometría y el volumen de la sala. Los cálculos se realizan mediante el software de predicción acústica COMSOL® Multiphysics.

Con los resultados de ambos estudios, se realizan diferentes propuestas de soluciones/mejoras para optimizar el confort acústico de las salas de control proyectadas analizadas.

FICHA TÉCNICA:

Cliente: Loop - New Business Models

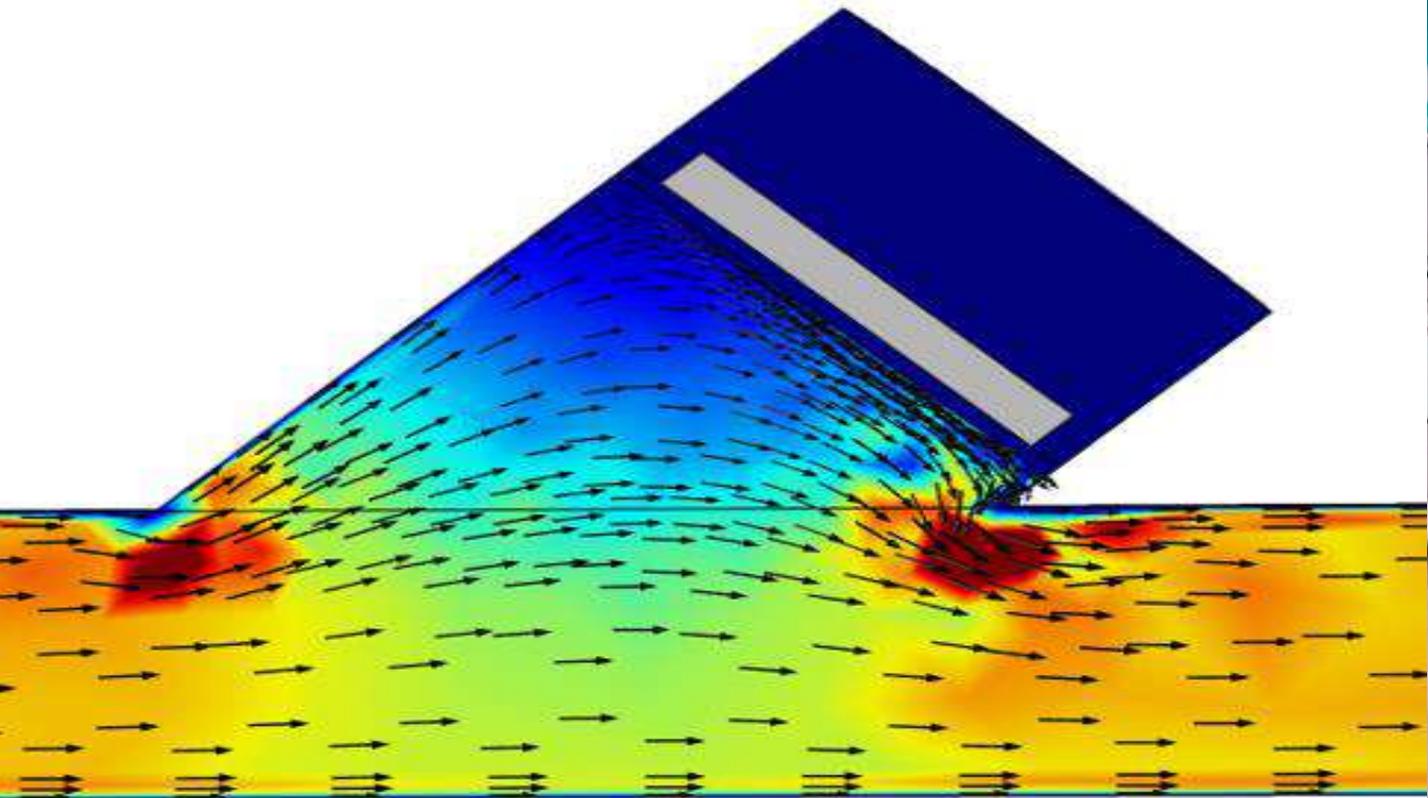
Ubicación: Madrid (España)

Año: 2020

Sector: Aeronáutico

Servicio: Vibro-acústica computacional, Acústica de salas

I+D+i





Desarrollo de un software personalizado para el sector ferroviario

Software de determinación del nivel de ruido estructural en cualquier equipo de un tren

ICR ha desarrollado un programa de cálculo específico para Alstom Transport, que permite calcular los niveles de vibración de los diferentes equipos, sin la necesidad de que estos estén instalados en el tren.

LEViS (Launcher for the Equipment Vibration Specification) permite determinar el nivel de ruido estructural debido a cualquier equipo auxiliar de un tren, así como calcular el nivel máximo de vibración de un equipo en un banco de pruebas, para después poder cumplir con las especificaciones de nivel de ruido máximo estructural del tren. Los equipos sometidos a estos tipos de estudios suelen ser convertidores estáticos, convertidores de tracción, sistemas de ventilación y aire acondicionado (HVAC), compresores, entre otros.

LEViS se estructura en tres diferentes módulos relacionados entre ellos, que permiten seguir el proceso desde la entrada de datos de mediciones de los equipos hasta obtener las especificaciones:

- Módulo de predicción de ruido y vibraciones
- Modo de especificación del equipo, a partir de un nivel de ruido máximo estructural
- Modo de verificación del equipo

LEViS permite al usuario visualizar los gráficos de resultados, exportarlos y almacenarlos en bases de datos, así como obtener un informe final automatizado.

FICHA TÉCNICA:

Cliente: Alstom
Transport

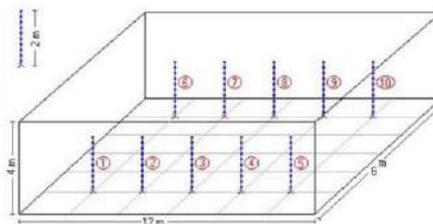
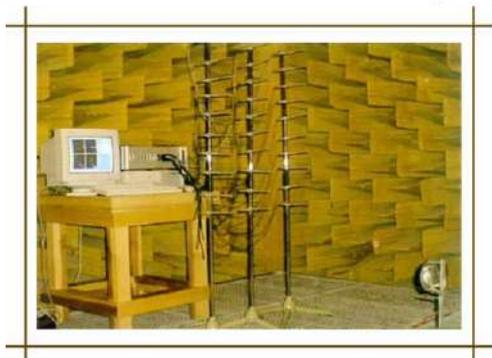
Ubicación: Barcelona
(España)

Año: 2019

Sector: Ferrocarril, I+D+i

Servicio: Desarrollo de software a medida, Acuerdos de desarrollo tecnológico

Proyecto de investigación europeo - EUROPRO



Proyecto Europeo EUROPRO

Desarrollo de un software de mejora de la relación coste/rendimiento para empresas

En el mismo periodo en que ICR participó en el proyecto europeo de reducción de ruido de máquinas tuneladoras (LINK), formó parte de otro proyecto de investigación a nivel europeo sobre nuevas tecnologías de computación, llamado ESPRIT HPCN Project Num 21040 – EUROPRO.

El objetivo de este proyecto era desarrollar una nueva generación de plataformas embebidas HPCN (High Performance Computing and Networking), así como su correspondiente entorno de desarrollo de software. Estas plataformas permitían reducir los costes y mejorar la relación coste/rendimiento para las empresas.

El entorno de desarrollo de software multiprocesador permitiría trabajar con varios modelos computacionales en paralelo, e incluía un conjunto muy completo de herramientas de modelización y simulación.

El consorcio de este proyecto estaba formado por diferentes empresas del sector tecnológico coordinadas por Thomson Marconi Sonar S.A.S.

Intecs Sistemi y Simulog, fueron los encargados de aportar su software, proporcionando herramientas de modelado, simulación y monitorización. El hardware utilizado integraba procesadores de SHARC y PowerPC, la tecnología de Direct Switching corría a cargo de Thomson CSF-SDC y la tecnología de enlace de la empresa Bull S.A. La empresa Cetia fue la encargada explotar el producto resultante al exterior. De forma particular, las empresas Prakla-Seismos, Dicesva, LGAI e ICR utilizaron el sistema en su siguiente generación de sistemas de fotografía acústica.

ICR diseñó un sistema completo de localización de fuentes acústicas en tiempo real, en entorno de campo reverberante, usando el procesado de



datos en paralelo (multiprocesador) y se utilizaron las instalaciones de LGAI (actualmente APPLUS) para validarlo. Dicesva utilizó el método diseñado por ICR para realizar su aplicación física (hardware).

El método creado para lograr este objetivo se llamó "MELF: Método Estadístico de Localización de Fuentes" que consistía en utilizar un array de micrófonos, como captador de sonido, que, a través del retardo entre parejas de micrófonos, obtenido a partir su respuesta impulsional, permitía localizar las fuentes de ruido, en 3 dimensiones, de la zona estudiada.

FICHA TÉCNICA:

Cliente: Unión Europea

Ubicación: Barcelona
(España)

Año: 1994-1998

Sector: I+D+i

Servicio: Desarrollo de
software a medida



Ingeniería para el Control del Ruido

C/ Berruguete, 52 · 08035
Barcelona (Spain)
T. +34 934 286 339
icr@icrsl.com

www.icrsl.com