

4.3.

Modelado de recintos industriales

Josep Martí Carceller

Director de Ingeniería - dBplus consultores acústicos

jmarti@dBplusacoustics.com



Documentación:

Josep Martí Carceller



Recintos industriales vs. Modelos ordinarios

- Recintos ya construidos y problemáticos en materia de ruido.
- Fuentes muy numerosas. Necesidad de un modelo de predicción.
- Dificultad en obtener datos acústicos completos de las fuentes de maquinaria (espectros de potencia, directividad, etc.).
- Muchas fuentes caracterizables sólo a partir de medidas in situ.
- Materiales muy heterogéneos (cintas de transporte, maquinaria, etc.).
- Medidas influenciadas por varias fuentes simultáneamente (caracterización compleja de focos de ruido).
- Recintos muy grandes, con muchos obstáculos y muy ruidosos (ruido de fondo > 70dBA).



Ref [1]: dBplus consultores acústicos

Procedimiento general

- Recabar información
 - Sistema de producción, funcionamiento, datasheets, carga y rendimiento, horarios, posiciones de trabajo y desplazamientos de operarios, etc.
- Campaña exhaustiva de medidas
 - TR, potencia acústica, verificación y exposición / evaluación.
- Modelización 3D del recinto
 - Modelado arquitectónico (geometría 3D CAD)
 - Modelado físico (absorción, scattering, TL, T°, Hr...)
- Verificación del modelo de predicción
 - Calibración del tiempo de reverberación.
 - Calibración de la potencia y directividad de los focos de ruido.
- Ensayo de soluciones
 - Fonoabsorbentes, cerramientos, etc.

Recopilación de información

- Tipo y modelos de maquinaria en el recinto, datasheets, sistema de funcionamiento habitual, carga y rendimiento, T°, Hr, etc.
- Situación a modelar (generalmente “caso crítico”)
- Fuentes de ruido “no parametrizables”, tipología de ruido emitido: (periodicidad, espectro, variabilidad, duplicados, etc.).
- Memoria de calidades constructivas de la planta, materiales presentes en la maquinaria, transportes, estructuras, obstáculos etc.
- Planos completos en formato digital (planta y sección). Obtención manual de cotas de altura de maquinaria y cinta (habitualmente).
- Puesto de trabajo de los operarios, turnos, descansos, protección (en caso de evaluar la exposición al ruido del trabajador).
- Fotografías identificativas.

Campaña de medidas

- **Medidas de caracterización** de focos de ruido (obtención de potencia acústica).
- **Medidas de tiempo de reverberación** (calibración de comportamiento de materiales).
- **Medidas de verificación** (calibración de la potencia y directividad de los focos).
- **Medidas de exposición del trabajador al ruido** (evaluación).



Ref [1]: dBplus consultores acústicos



Ref [1]: dBplus consultores acústicos

Campaña de medidas – caracterización focos de ruido

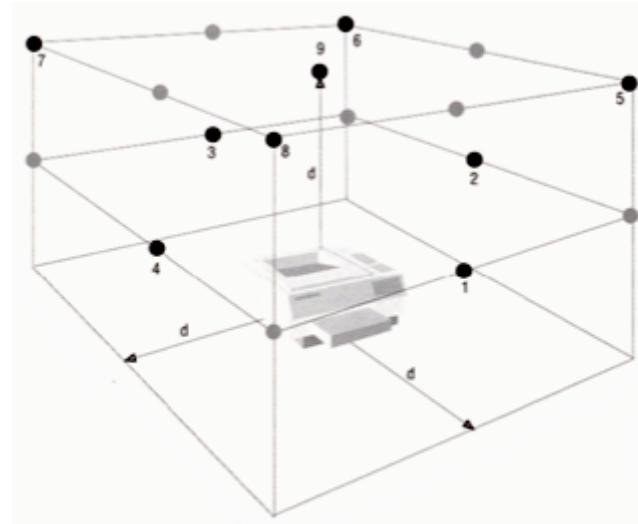
- Tienen como objetivo obtener los espectros de potencia acústica de los focos en el modelo.
- Dos métodos principales:
 - Obtención de la potencia a partir de la presión.
 - Obtención de la potencia a partir de la intensidad.
- Dificultades de la medida:
 - No podemos independizar completamente los focos (si funciona la industria, radian todas las fuentes).
 - La maquinaria de gran tamaño puede tener varios focos diferenciados, pero difíciles de medir por separado.
 - Si nos alejamos demasiado de la fuente, podemos estar influenciados por otros focos y por el campo reverberante.
 - Puede ser necesario realizar correcciones a posteriori.
 - Deben tomarse en las condiciones de producción que se requiere modelar.

Campaña de medidas – caracterización focos de ruido

- Obtención de Lw a partir de la presión:
 - ISO 3744 – Cámara anecoica
 - ISO 3741 – Cámara Reverberante
 - ISO 3746 – Medidas in situ



Ref [1]: dBplus consultores acústicos



Ref [2]: UNE EN ISO 3744

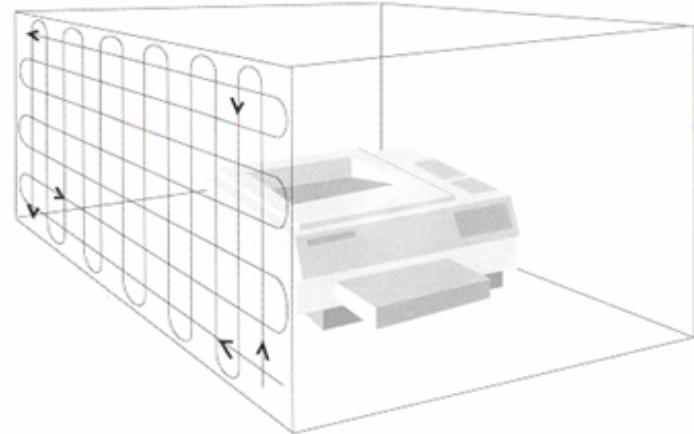
- Fácilmente afectadas por fuentes parásitas
- Correcciones requeridas:
 - Ruido de fondo
 - Tiempo de reverberación

Campaña de medidas – caracterización focos de ruido

- Obtención de Lw a partir de la intensidad:
 - ISO 9614-1 – Puntos discretos
 - ISO 9614-2 – Scaneado



Ref [1]: dBplus consultores acústicos

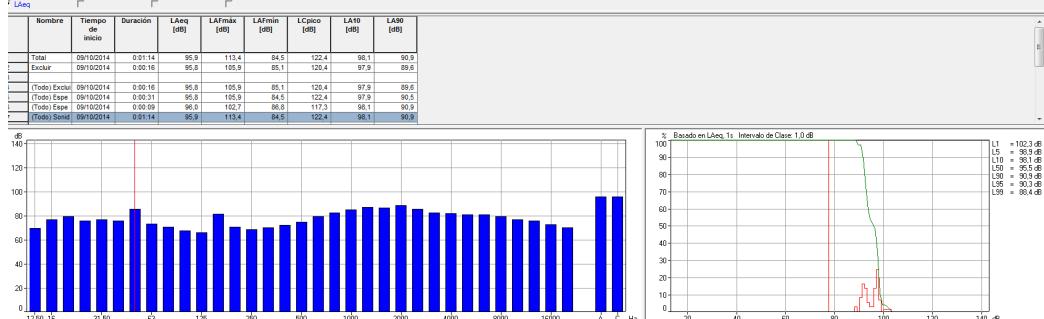
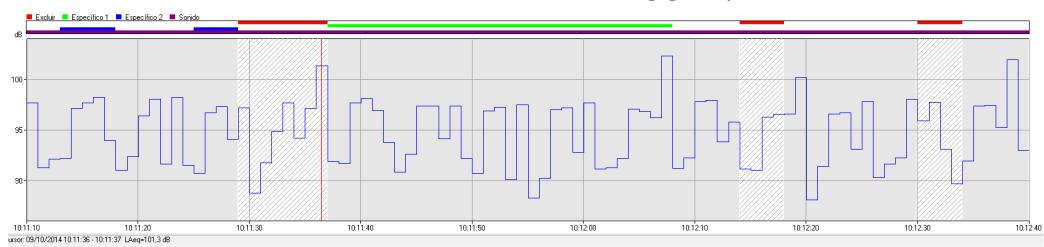


Ref [3]: UNE EN ISO 9614-2

- Difícilmente afectada por fuentes parásitas.
- Proceso largo y exhaustivo.
- No requiere correcciones.

Campaña de medidas – caracterización focos de ruido

- Puede ser necesario procesar los datos a posteriori:
 - Eventos cíclicos
 - Percentiles y estadística
 - Grabación de audio.
 - Ruido de fondo.
 - Incertidumbre.
 - Cálculo de Lw.



Ref [1]: dBplus consultores acústicos

Campaña de medidas – tiempo de reverberación

- Tienen como objetivo calibrar en el modelo el comportamiento acústico del recinto.
- Métodos principales:
 - Fuente interrumpida: Poca dinámica para medir un T20 y dificultad en excitar todo el volumen del recinto. Se debe parar la producción.
 - Ruido impulsivo: SNR alto, puede llegar a excitar todo el volumen pero hay más dificultad a baja frecuencia. Se debe parar la producción.
 - MLS: Podemos aumentar el SNR en máximo 15dB sobre la fuente interrumpida, aunque a veces no es suficiente. No siempre se tiene que parar la producción.



Ref [1]: dBplus consultores acústicos

Campaña de medidas – medidas de verificación y evaluación

Medidas de verificación (SPL):

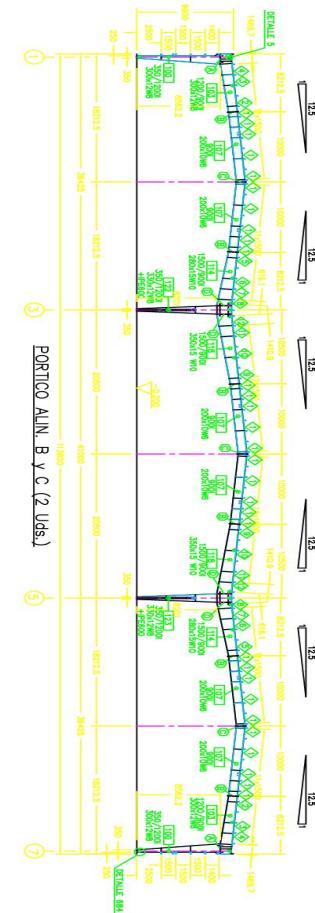
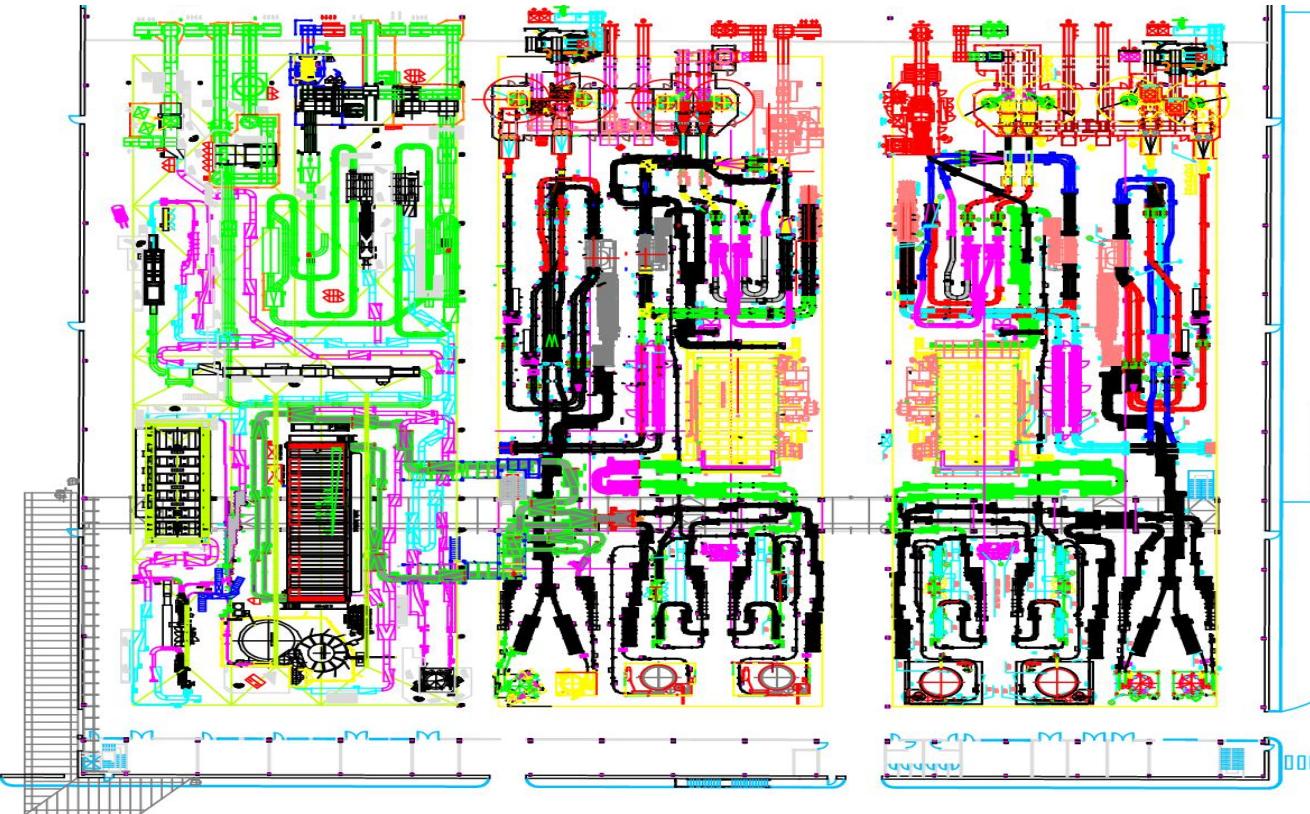
- Tienen como objetivo calibrar en el modelo la potencia acústica de las fuentes definidas en las medidas de caracterización.
- Posiciones de medida distribuidas uniformemente en todo el recinto que estén afectadas simultáneamente por distintos focos de ruido.

Medidas de evaluación (LAeq,d,...):

- Necesarias sólo cuando se evalúa la protección del trabajador frente al ruido.
- Posiciones de medida escogidas según el RD 286/2006 y Guía Técnica INSHT, para poder evaluar sobre el modelo la mejora en la exposición al ruido.
- En algunos casos, pueden utilizarse para realizar la verificación del modelo.
- Dos métodos principales:
 - Larga duración: Dosímetro en turno completo.
 - Corta duración : Posiciones de trabajo representativas.

Modelización 3D – Modelo arquitectónico

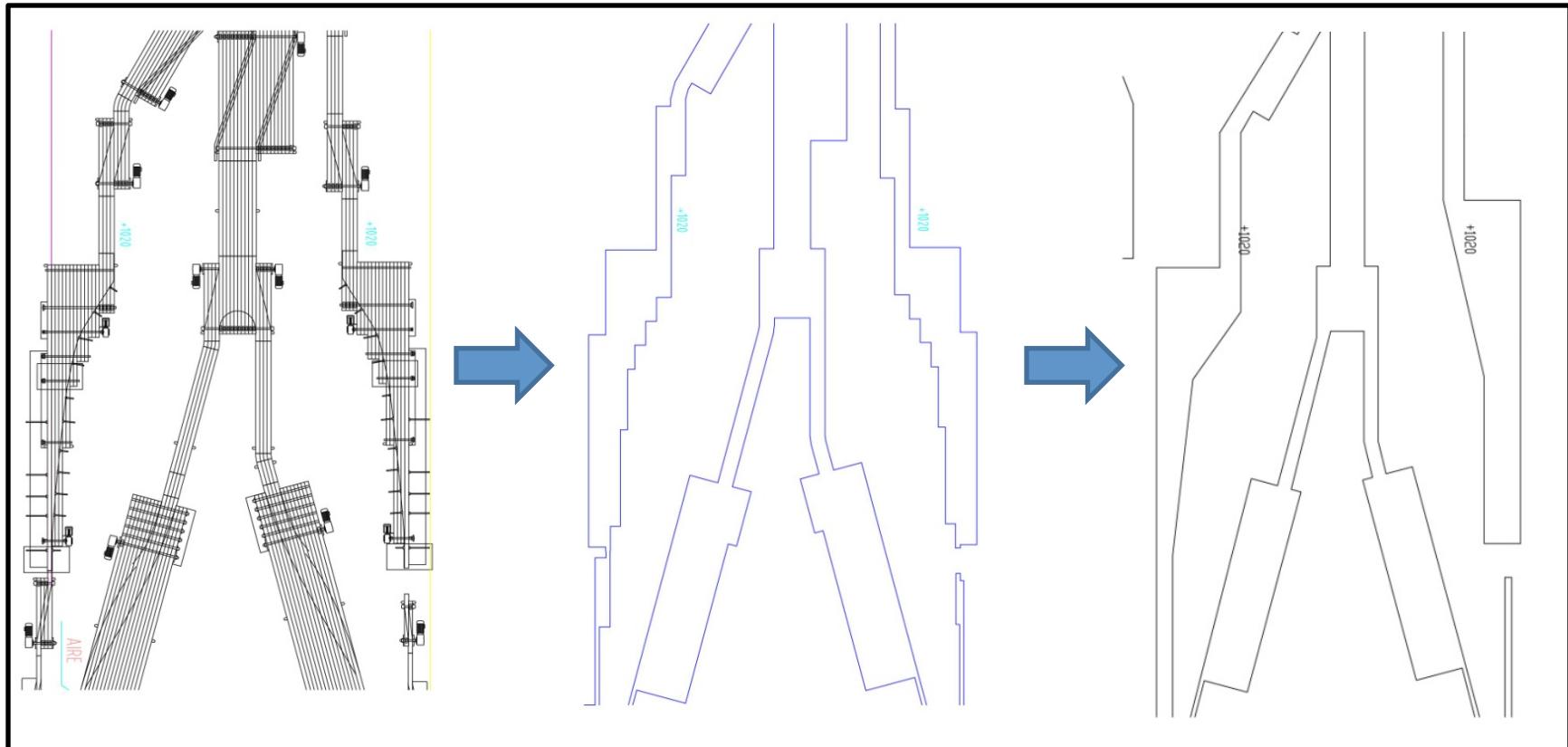
- Modelo 3D a partir de la planta y sección en CAD.



Ref [1]: dBplus consultores acústicos

Modelización 3D – Modelo arquitectónico

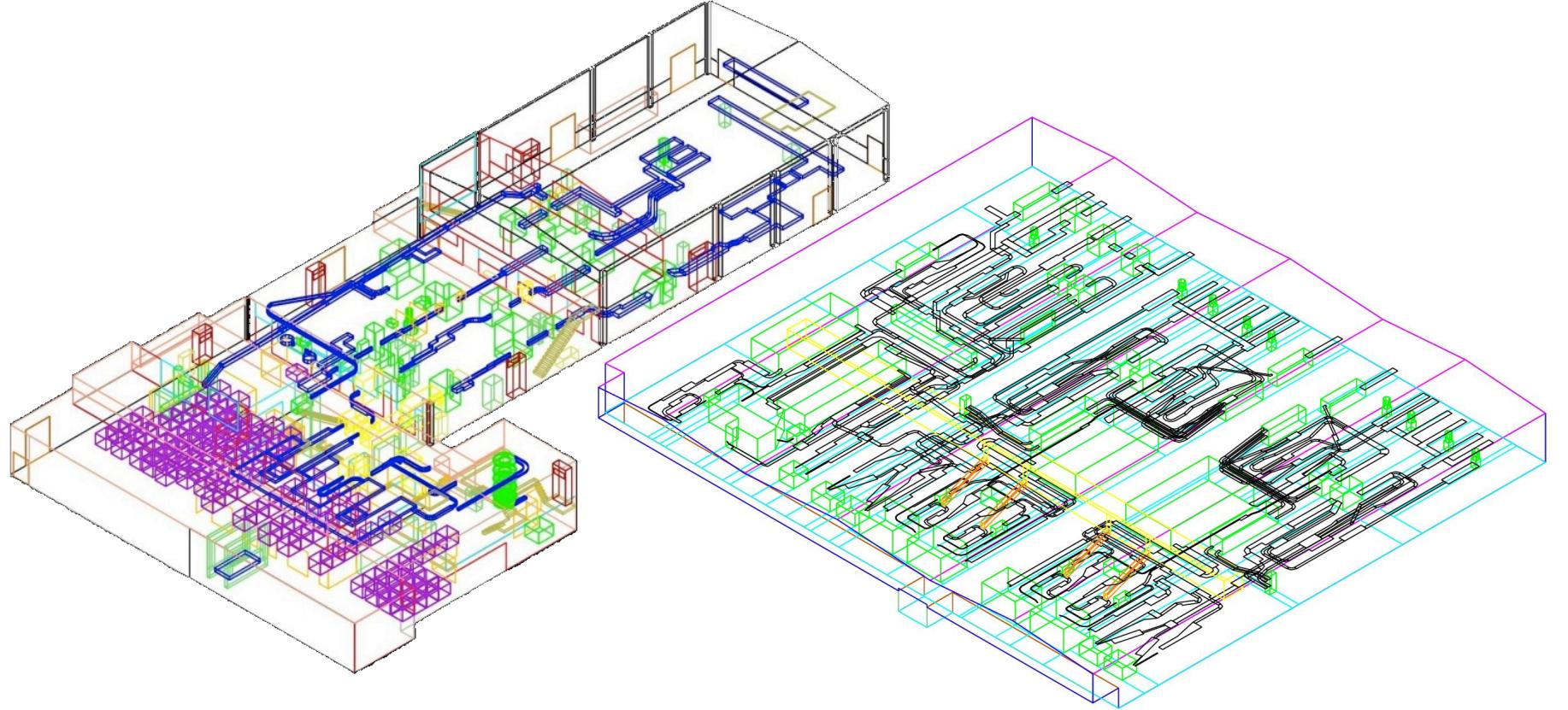
- Simplificación de elementos en función del comportamiento acústico de los mismos:



Ref [1]: dBplus consultores acústicos

Modelización 3D – Modelo arquitectónico

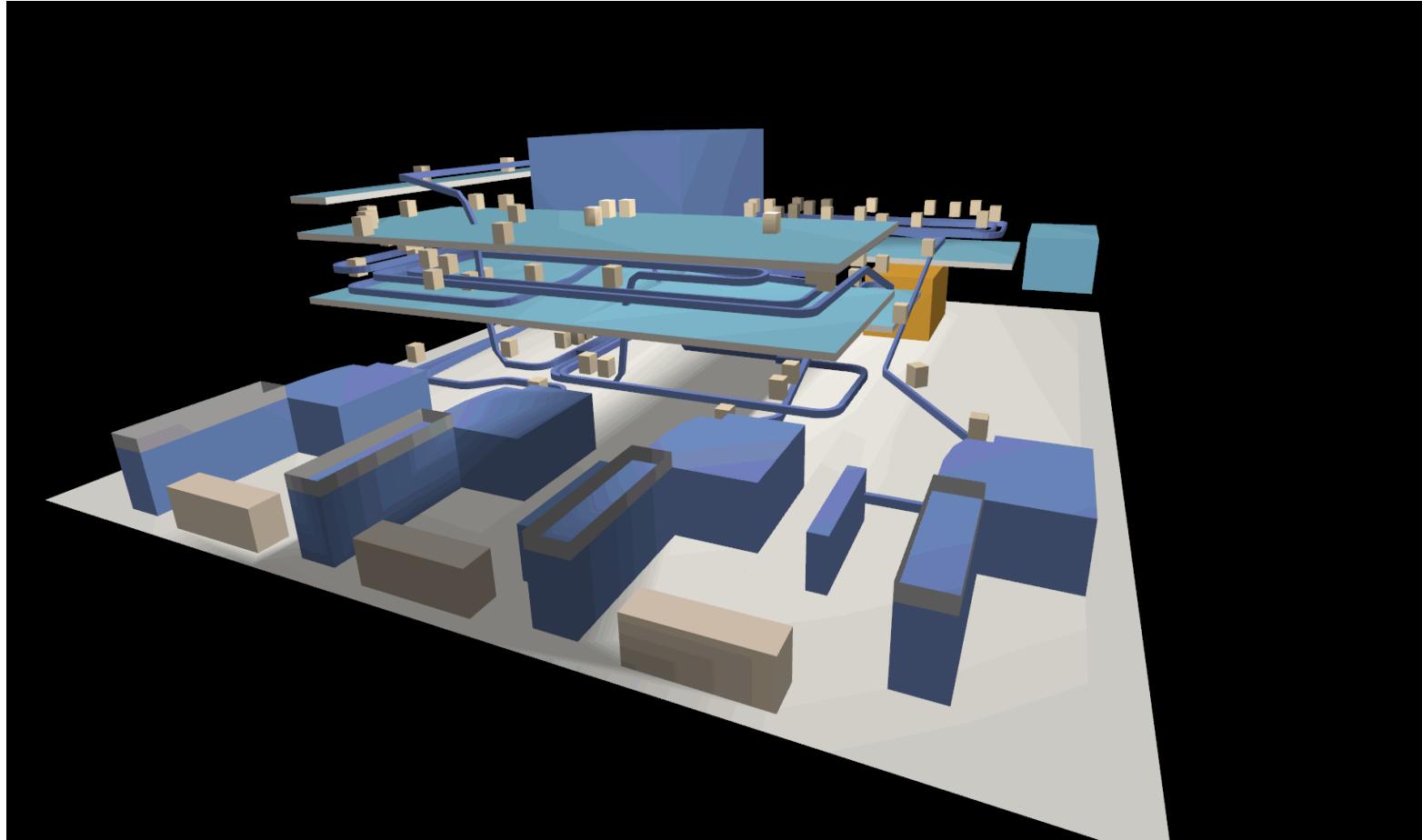
- Modelo 3D construido de acuerdo a las propiedades acústicas de cada material, superficie, obstáculo,...



Ref [1]: dBplus consultores acústicos

Modelización 3D – Modelo físico

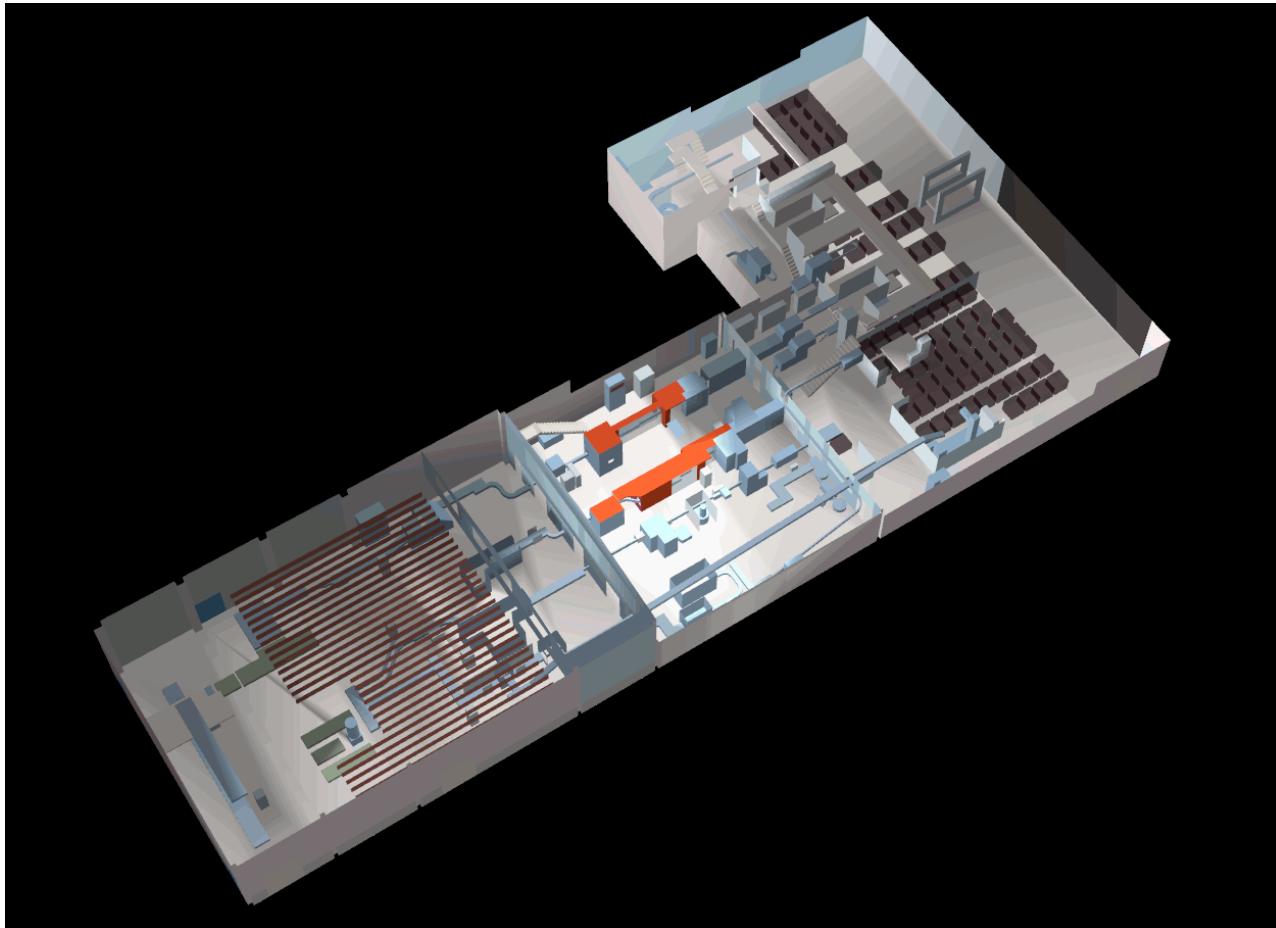
- Incorpora al modelo arquitectónico las propiedades de absorción, scattering, transmisión, transparencia...



Ref [1]: dBplus consultores acústicos

Modelización 3D – Modelo físico

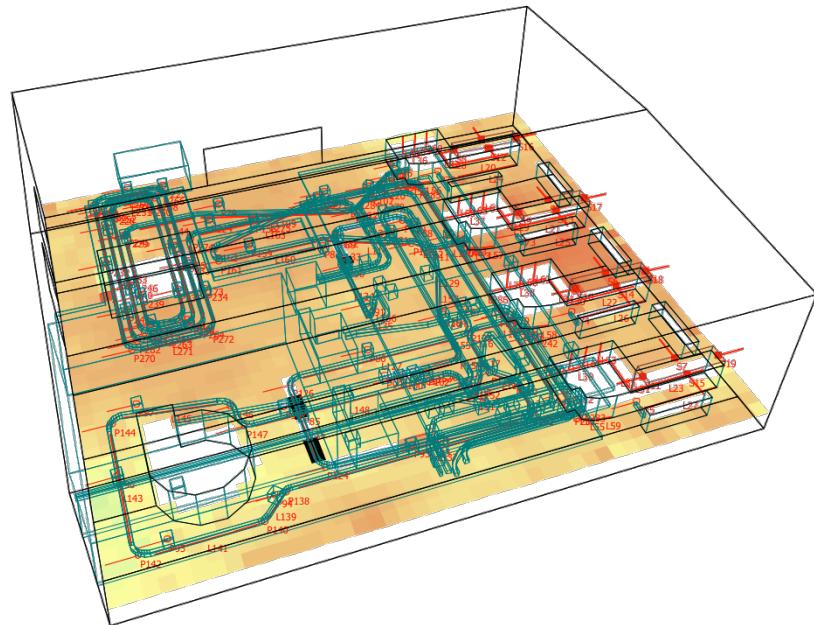
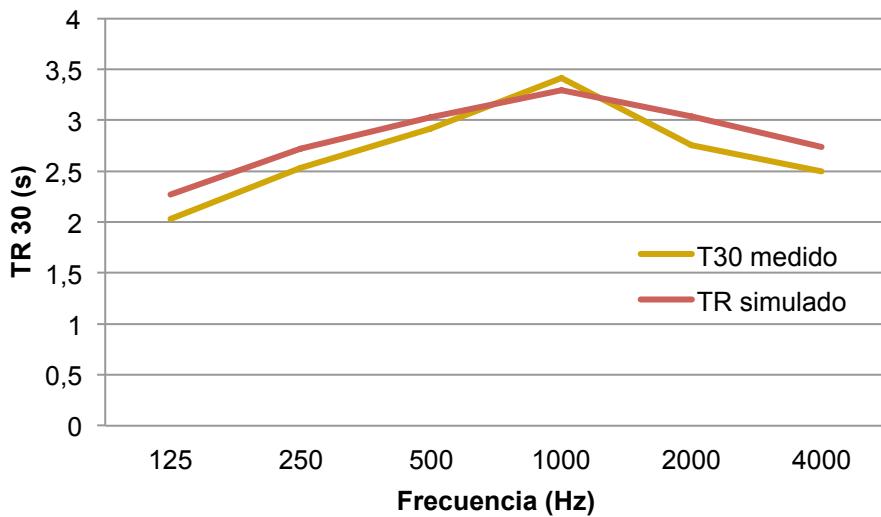
- Incorpora al modelo arquitectónico las propiedades de absorción, scattering, transmisión, transparencia...



Ref [1]: dBplus consultores acústicos

Verificación del modelo – Tiempo de reverberación

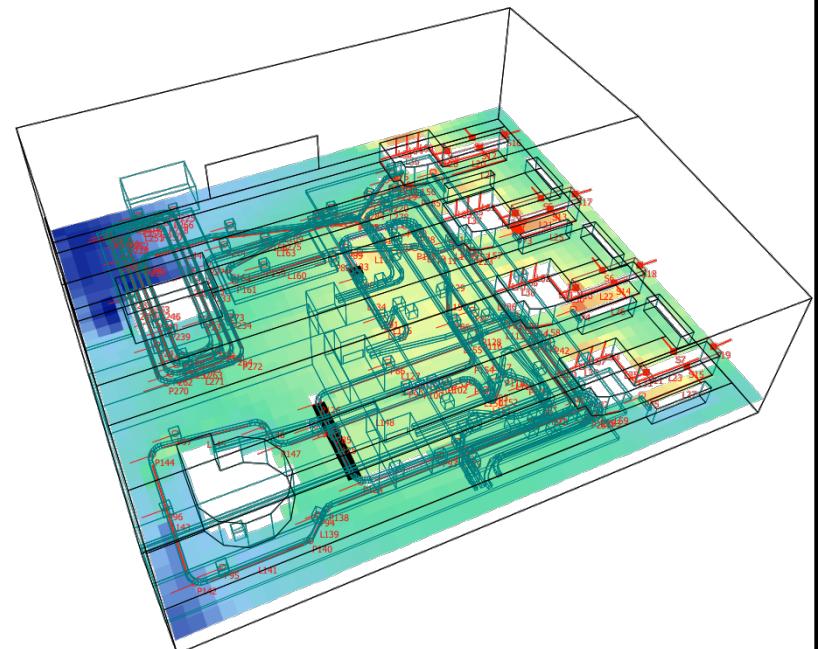
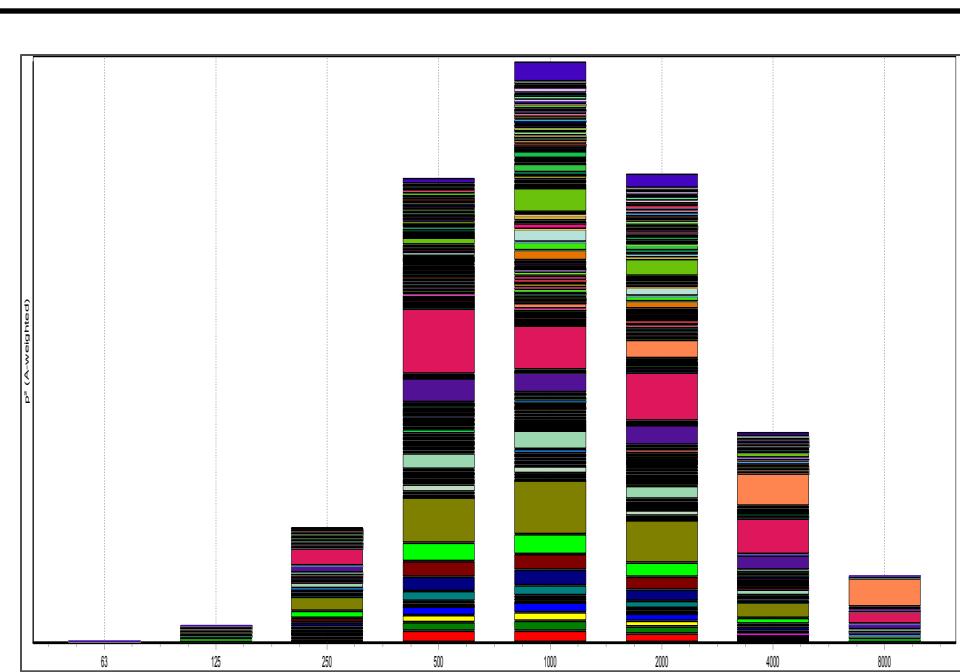
- Ajuste de la absorción / difusión de materiales a partir del TR medido.
 - Elementos caracterizables: Datos de bibliografía. No se modifican.
 - Elementos heterogéneos: Ajustados con “criterio técnico”.
 - Desviación aceptable: $\pm 10\%$ sobre el Tmid. Hasta $\pm 15\%$ en cada octava.



Ref [1]: dBplus consultores acústicos

Verificación del modelo – Potencia acústica

- Ajuste de Lw / Lw(f) / DI a partir de las medidas de verificación.
 - Cada foco debe aportar la energía correcta en cada posición de verificación y para cada banda frecuencial de interés.
 - Desviación aceptable: $\pm 2,5$ dB sobre el valor global. Hasta ± 3 dB en 1/1 octava.



Ref [1]: dBplus consultores acústicos

Ensayo de soluciones

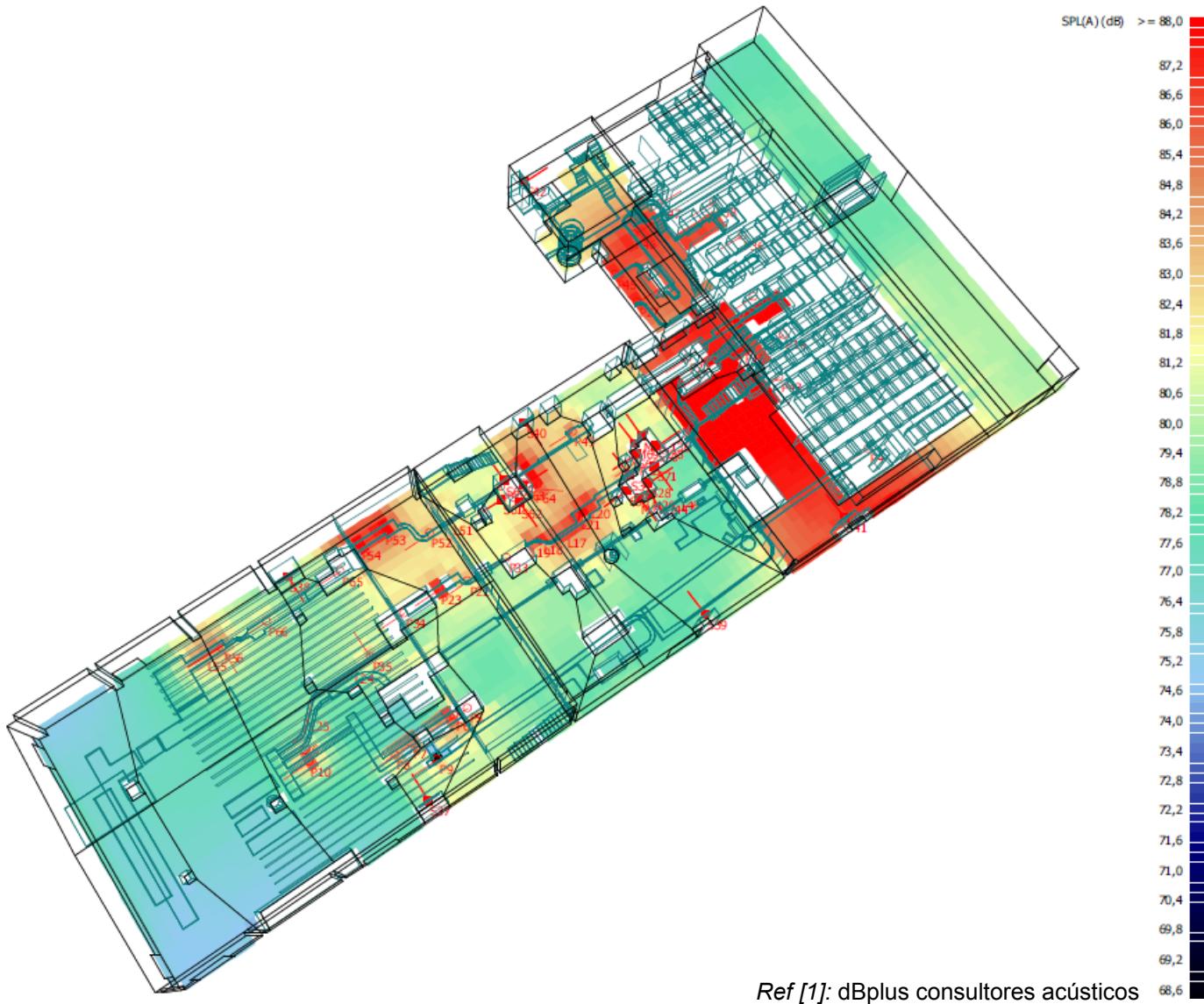
- Sobre el modelo calibrado se pueden ensayar distintos tipos de soluciones por separado y con sus múltiples combinaciones:
 - Mantenimiento: Ciertos focos son provocados por un estado deficiente en su mantenimiento. Se puede evaluar la eficiencia de la reparación.
 - Absorción: actúa en campo reverberante. Tienen un coste elevado pero reduce drásticamente el nº de cerramientos necesarios.
 - Cerramientos: Dependen de las necesidades de accesibilidad al foco. Su simulación en el modelo es crítica y debe realizarse con un criterio acertado. Si no se diseñan correctamente, pueden aumentar la exposición del trabajador
 - Otros: focos particulares donde se permite soluciones basadas en silenciadores de descarga, silenciadores absorbentes,...

Ensayo de soluciones – Situación inicial

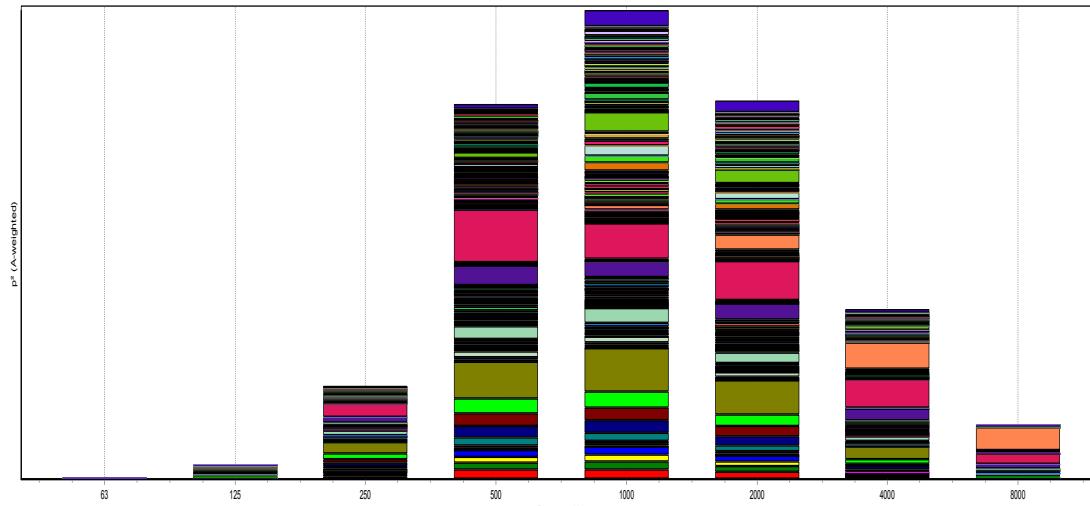


Ref [1]: dBplus consultores acústicos

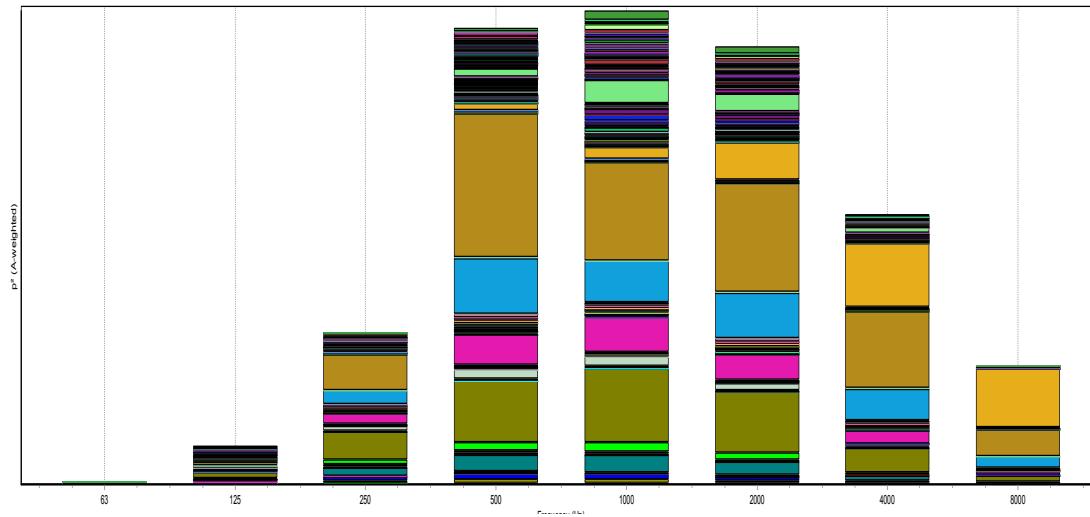
Ensayo de soluciones – Soluciones fonoabsorbentes



Ensayo de soluciones – Soluciones fonoabsorbentes



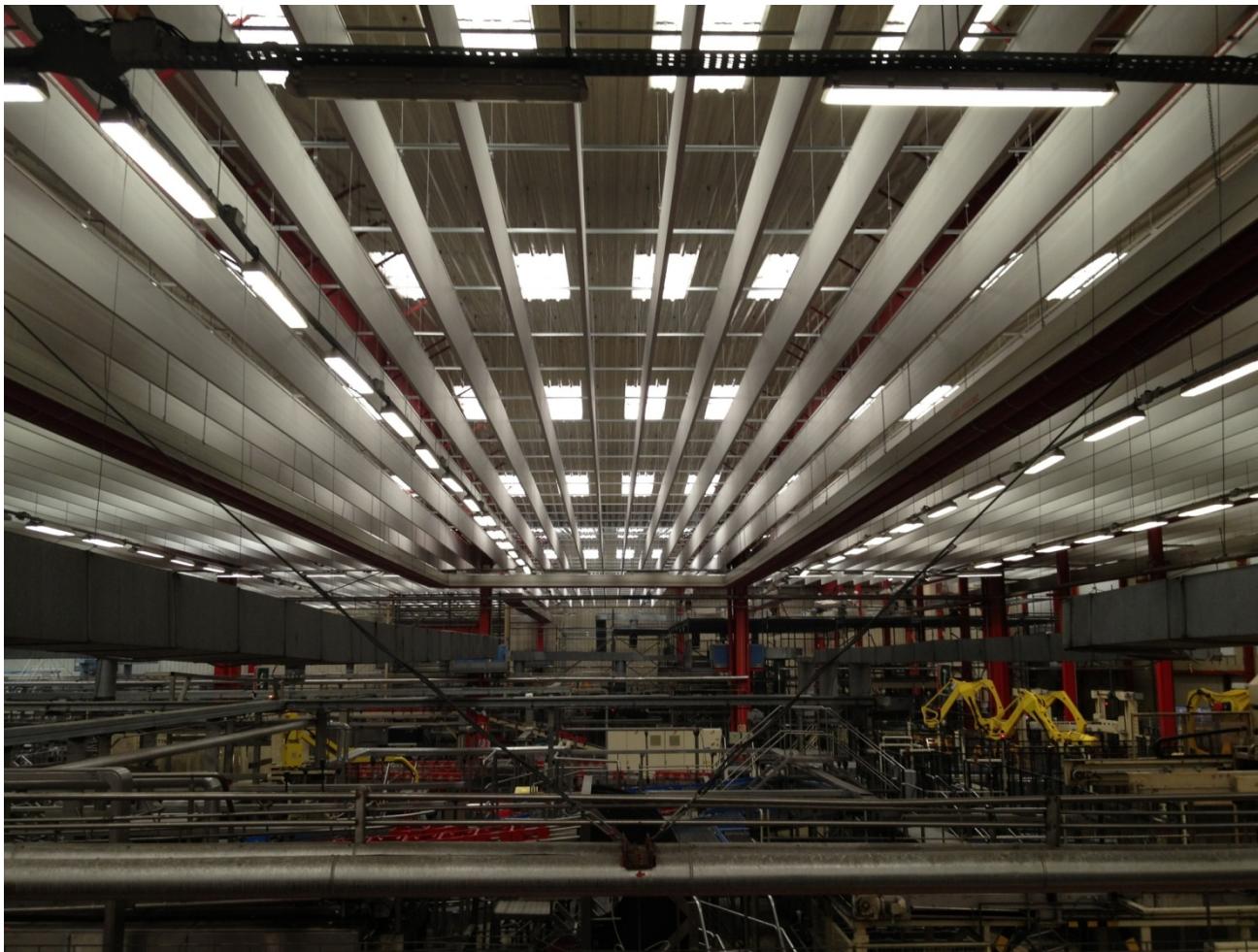
Situación inicial



Situación con absorción

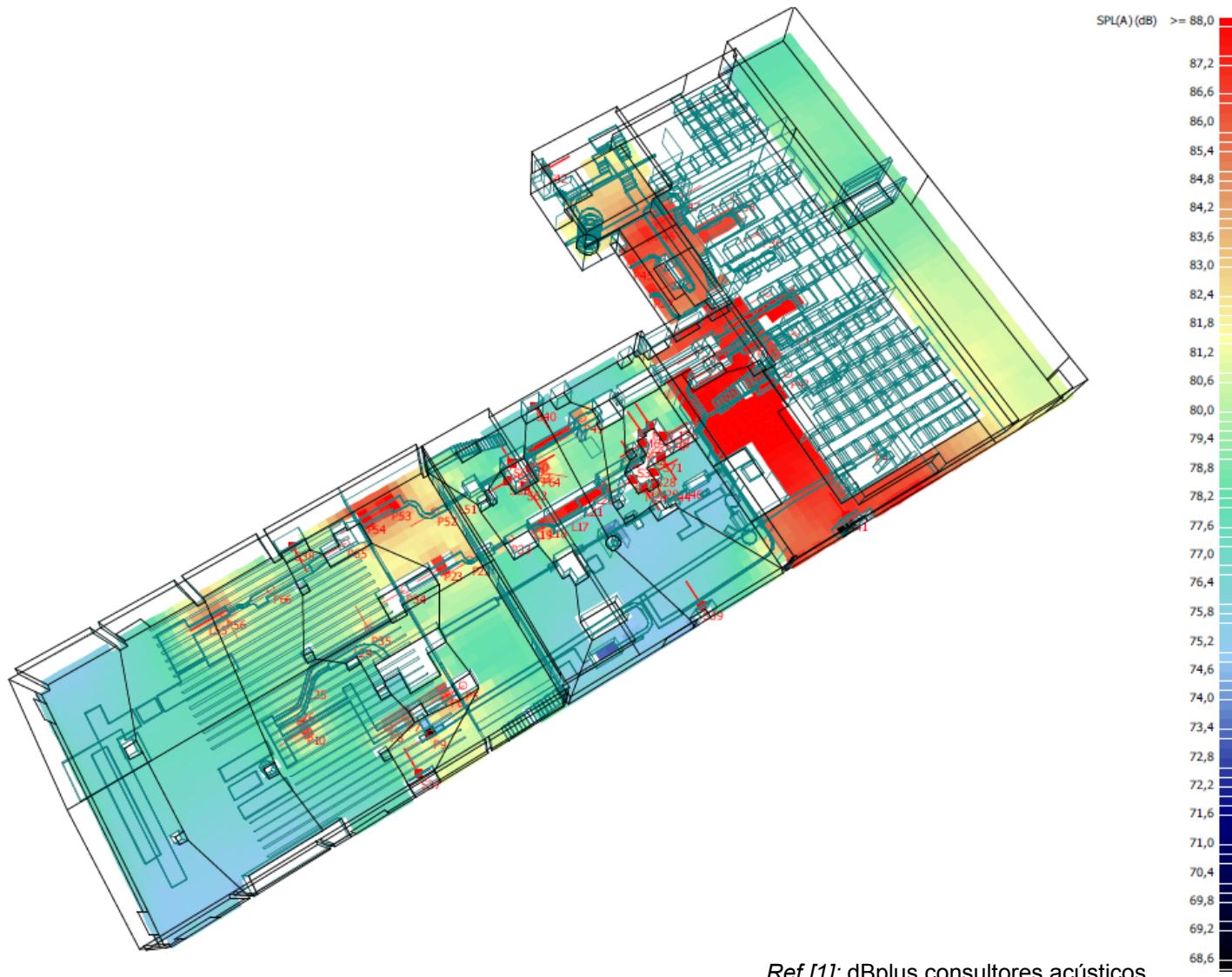
Ref [1]: dBplus consultores acústicos

Ensayo de soluciones – Soluciones fonoabsorbentes



Ref [1]: dBplus consultores acústicos

Ensayo de soluciones – Cerramientos

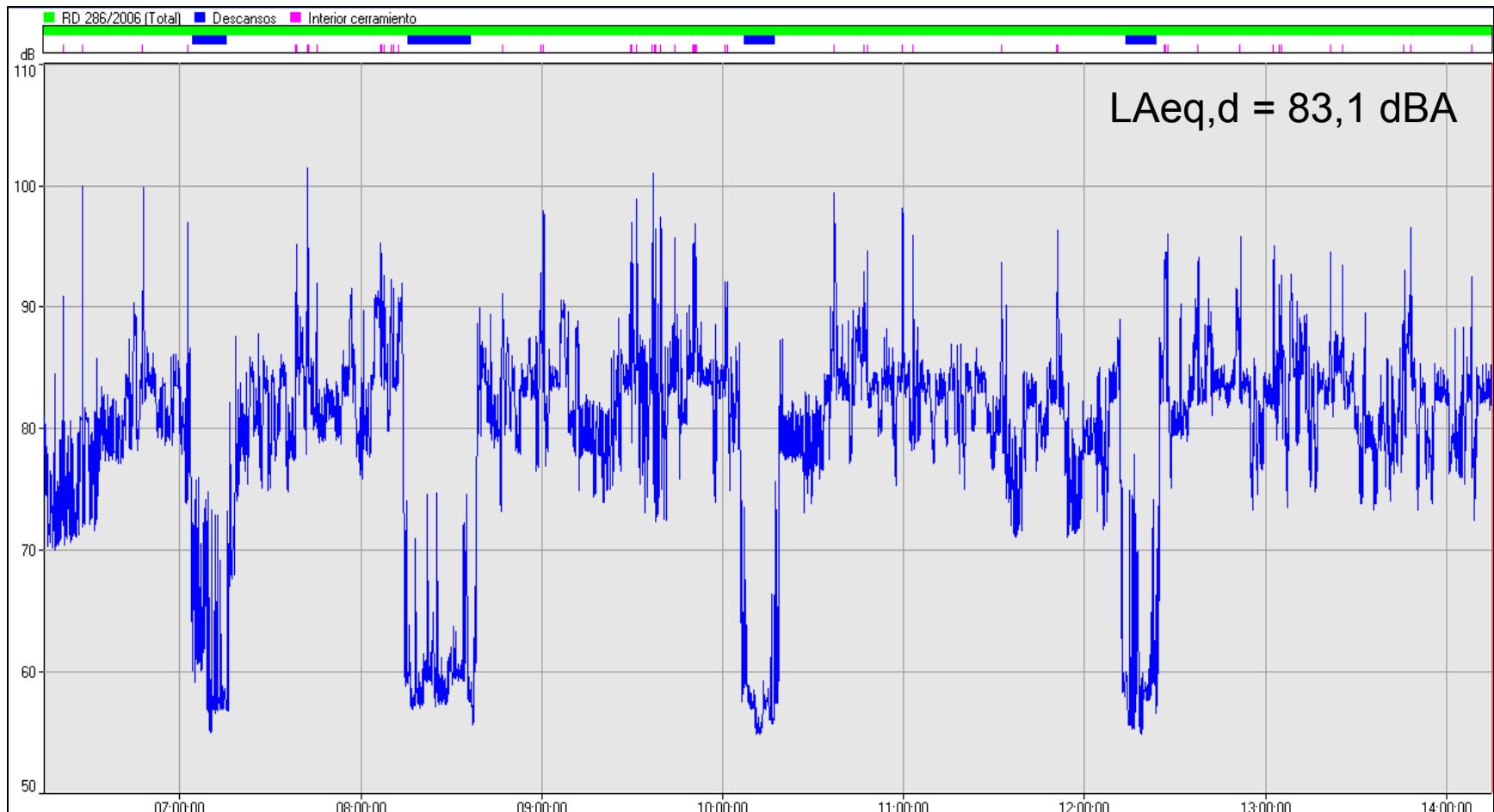


Ensayo de soluciones – Cerramientos



Ref [1]: dBplus consultores acústicos

Evaluación y certificación final



Ref [1]: dBplus consultores acústicos

Referencias

- [1] dBplus consultores acústicos.
- [2] UNE-EN ISO 3744:2011 Acústica. Determinación de los niveles de potencia acústica y de los niveles de energía acústica de fuentes de ruido utilizando presión acústica. Métodos de ingeniería para un campo esencialmente libre sobre un plano reflectante. (ISO 3744:2010). AENOR.
- [3] UNE EN ISO 9614-2:1997 Acústica. Determinación de los niveles de potencia acústica emitidos por las fuentes de ruido por intensidad del sonido. Parte 2: Medición por barrido. (ISO 9614-2:1996). AENOR.

4.3.

Modelado de recintos industriales

Josep Martí

Director de Ingeniería - dBplus consultores acústicos

jmarti@dBplusacoustics.com



Documentación:

Josep Martí Carceller

