

## DISEÑO DE SOLUCIONES DE CONFORT ACÚSTICO PARA EL ESPACIO BAJO VIADUCTO DE LA PLAZA REKALDE DE BILBAO

PACS:43.55.Ka/43.50.Rq

Santander Pantioso, Alvaro<sup>1</sup>; García Pérez, Igone<sup>1</sup>; Aspuru Soloaga, Itziar<sup>1</sup>, Herranz Pascual, Karmele<sup>1</sup>, Viñez, Fran<sup>2</sup>, Bustamante Fernández, María Teresa<sup>2</sup>

1. TECNALIA Research & Innovation. 2. Ayuntamiento de Bilbao

(1) C/ Geldo Edificio 700, Parque Tecnológico de Bizkaia, Derio, Bizkaia, 902 760 000

E-Mail: alvaro.santander@tecnalia.com

(2) Plaza de Ernesto Erkoreka, 1, 48007 Bilbao, 944 20 42 00

E-Mail: teresaf@ayto.bilbao.net

### ABSTRACT

The relationship between quality of life and public space is one of the main features of urban actions carried out by the City Council of Bilbao, integrating the acoustic factor in processes of urban renewal. The work carried out in an area of Bilbao, Rekalde Square, is reflecting this approach. In this project, the morphology of the environment and the presence of a low viaduct result in the need to analyze the nature of the reverberant space for defining the improvement targets. This work is an example of application of simulation models designed for building and refurbishment of rooms, for environmental urban areas of special features that can have numerous applications on city design. The result defines a comprehensive intervention of acoustic solutions, together with other needs of the space, for the final evaluation of its effectiveness, in terms of redesigning public spaces orienting their use to which it is intended: the sports.

### RESUMEN

La relación entre calidad de vida y calidad del espacio público es uno de los ejes motores de las actuaciones urbanas llevadas cabo por el Ayuntamiento de Bilbao en los últimos años. En este marco de trabajo, la integración de la variable acústica en procesos de remodelación urbana donde esta cuestión puede ser un elemento clave, está siendo una constante en Bilbao. Como reflejo de esta aproximación, se presenta el trabajo llevado a cabo en una zona de la Plaza Rekalde de Bilbao en donde la morfología del entorno y la presencia de un viaducto a aja cota con respecto al suelo derivan en la necesidad de analizar la naturaleza reverberante del espacio para la definición de objetivos de mejora. El presente trabajo constituye un ejemplo de aplicación de modelos de simulación pensados para edificación y acondicionamiento de salas para espacios urbanos ambientales de características especiales que puede tener numerosas aplicaciones a nivel de diseño de ciudad. El resultado del trabajo define una propuesta de intervención integral de soluciones acústicas con otras necesidades del espacio para la evaluación final de su eficacia en términos de acondicionamiento del espacio orientado el uso al que está destinado: el deportivo.

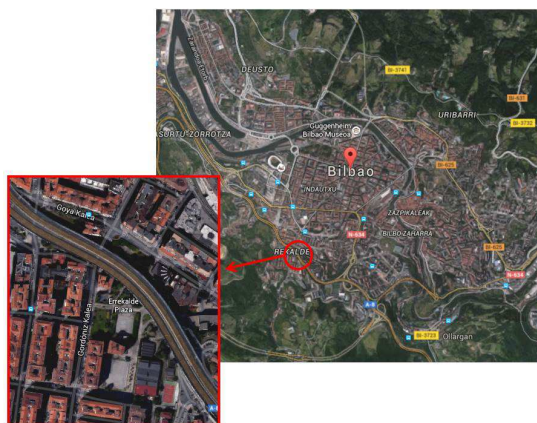
## 1- OBJETO E INTRODUCCIÓN

La preocupación de Ayuntamiento de Bilbao por la calidad del espacio público se ha reflejado con diferentes iniciativas que mejoran la habitabilidad de la ciudad [1]. Dentro de esta búsqueda de la calidad, el confort ambiental se considera una variable a atender y, en concreto, la variable acústica se considera uno de los elementos clave para poner en valor los espacios y fomentar su uso [2].

Bajo este marco de trabajo, el Ayuntamiento de Bilbao desarrolla la Estrategia Islas Sonoras con la finalidad de crear y poner en valor, en diferentes zonas de la ciudad, espacios cuyo paisaje sonoro invite a la relajación. Como reflejo de esta estrategia de trabajo, el Ayuntamiento de Bilbao en el marco del proyecto LIFE+ QUADMAP [3] desarrolló la primera Isla Sonora de la ciudad en la Plaza General Latorre.

Esta experiencia de trabajo tiene vocación de extenderse a otros espacios urbanos del municipio, ajustando, en cada caso, los requisitos de confortabilidad acústica a las tipologías de uso llevadas a cabo en cada ámbito espacial analizado.

Uno de los espacios municipales emblemáticos lo constituye la Plaza Rekalde, que es el espacio de encuentro e interacción social más relevante del Barrio de Rekalde y con el que sus habitantes se encuentran estrechamente identificados. En este sentido, se trata de un espacio de oportunidad en el que las actuaciones de mejora que puedan llevarse a cabo tendrán un efecto de mucha relevancia, atendiendo al alto grado de uso del espacio tanto en número de personas que lo disfrutan como del tiempo de estancia en el mismo.

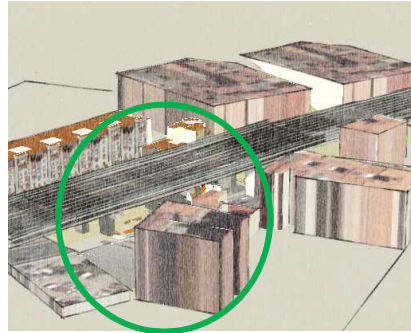


Ubicación de la Plaza Rekalde en el municipio de Bilbao.

El entorno en el que se ubica la Plaza contribuye a crear unas condiciones de disconfort acústico muy destacables, atendiendo no sólo a la presencia de focos de ruido, sino también teniendo en cuenta el carácter reverberante del espacio. La Plaza está completamente rodeada de edificaciones de más de 10 metros de altura y cuenta con un viaducto de competencia supramunicipal que la atraviesa. En conjunto, genera unas condiciones de reverberación que es aún más destacable en uno de los ámbitos concretos de la Plaza en donde la altura del viaducto con respecto a la cota de suelo es de 12 metros.



La presencia del viaducto en la plaza es muy destacable como elemento que condiciona su diseño y afecta a sus condiciones ambientales.



En las imágenes queda indicado el ámbito de estudio de confortabilidad acústica en la Plaza Rekalde. Se observa que el ámbito con influencia del viaducto, y cuyo análisis es objeto de presentación en el presente artículo, está marcado con un círculo.

El objetivo del Ayuntamiento de Bilbao, en este ámbito concreto, se centra en la mejora de las condiciones acústicas del espacio asociadas a la reverberación para la adecuación óptima del espacio, pensando en el mantenimiento de actual uso: el deportivo. Dentro del alcance del estudio se encuentra la posible reorganización de los espacios deportivos, pues ello puede derivar en un mejor condicionamiento acústico para los mismos.

## 2- METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

El objetivo del presente apartado es especificar la metodología de evaluación seleccionada para valorar el confort acústico en la zona objeto de análisis.

A tal efecto se desarrollaron unas evaluaciones preliminares basadas en mediciones acústicas que permitieron concluir dos puntos de relevancia:

- 1- La influencia de los focos de ruido que rodean el entorno es destacable (especialmente por los viales urbanos y, más aún, por el sonido de las juntas de dilatación del viaducto).
- 2- La capacidad reverberante de la ubicación (por la morfología del ámbito y por la influencia del viaducto) amplifica los sonidos que se producen en la zona como consecuencia de las actividades que en ella se llevan a cabo, así como las correspondientes a las juntas de dilatación citadas.



Fotografías que ilustra parte de las actividades deportivas desarrolladas bajo el viaducto, dentro de la zona objeto de análisis. En la zona más cercana al resto de la plaza, dentro del ámbito de análisis, destaca la presencia de un frontón (infrautilizado) cuya morfología contribuye a la creación de un espacio reverberante.

Una vez analizados los datos de las evaluaciones preliminares se llega a la conclusión de que los índices acústicos que más pueden influir en el confort ambiental del espacio (además del SPL, la composición de la atmósfera sonora y la presencia de eventos) son los que definen las acústica arquitectónica del recinto. Para su análisis es necesario aplicar metodologías de simulación acústica para recintos cerrados con una aproximación que permita que los resultados de los análisis sean asimilables a la realidad acústica y sea posible definir y evaluar la eficacia de actuaciones para la mejora del confort.

## 2.1. Índices Acústicos objeto de Análisis

Los índices acústicos a utilizar para caracterizar el viaducto y poder disponer de un modelo de simulación del mismo que facilite la evaluación de alternativas y escenarios, son los siguientes:

El *tiempo de reverberación (Tr)* es el tiempo que tarda el nivel de presión sonora en alcanzar una caída de 60 dB respecto del nivel inicial, una vez apagada la fuente sonora. Depende del volumen del local y de los materiales superficiales interiores de paredes, techo y suelo. El tiempo de reverberación aumenta con el tamaño del local, y puede producir sonidos de difícil comprensión, ininteligibles. La norma de medida utilizada para la medición del tiempo de reverberación es UNE-EN-ISO 3382 [4].

El *nivel de presión sonora (SPL)*. Además de las mediciones de tiempo de reverberación, es necesario evaluar la presión sonora a lo largo de todos los espacios deportivos bajo el viaducto para caracterizar la distribución de presión sonora en cada zona de uso.

Estos índices permiten la caracterización acústica del viaducto, pero sin una modelización del mismo no es posible evaluar escenarios antes de que estos se produzcan o definir actuaciones de mejora y estudiar sus consecuencias.

Para la evaluación de estos índices se siguen dos metodologías complementarias:

- Modelización: cuyo alcance se va a describir en el siguiente apartado (2.2), y
- Medición: que tiene como objetivo principal permitir verificar el modelo utilizado y ajustar los parámetros de la modelización que se consideren oportunos, especialmente los materiales, para que sea lo más representativa posible a la realidad del emplazamiento.

### Descripción de la campaña de mediciones:

Para la elaboración de las campañas de mediciones, el ámbito objeto de análisis se divide el espacio evaluado en tres zonas debido a las diferentes características que estos tres emplazamientos presentan desde el punto de vista morfológico y de materiales. Las zonas son: frontón, cancha de fútbol y cancha de baloncesto. La fecha de realización de las mediciones fue el día 18 de Abril de 2015.

El horario seleccionado para las mediciones debía ajustarse al objetivo perseguido de caracterización acústica de la arquitectónica del emplazamiento, para lo cual no debía haber actividad en la zona objeto de análisis y en el ámbito colindante al mismo (fundamentalmente ruido de tráfico urbano). Esto implicó la realización de las mediciones en período nocturno (entre las 12 y las 3 am). Se trataba de reducir el ruido de fondo al máximo, especialmente para la medición del tiempo de reverberación, ya que lograr una caída de 20 dBA en un entorno urbano resulta complejo. El ruido de fondo durante el periodo diurno es superior a 60 dBA, que baja hasta 55 dBA durante las primeras horas de la noche.

Tal y como se ha comentado, todas las mediciones se efectuaron sin presencia de público. En cada una de las zonas evaluadas se seleccionaron 3 posiciones de fuente, debido a las dimensiones de los espacios, y 3 posiciones de micrófono, efectuándose dos medidas en cada posición y obteniéndose 16 posiciones de combinaciones fuente-micrófono para cada una de las tres zonas evaluadas.

El tiempo de reverberación varía en las distintas posiciones elegidas en la zona de estudio, por lo que se efectúan mediciones en varios puntos y se hace un promedio de los espectros de TR.

## 2.2. Modelización del ámbito de estudio

El objetivo de esta tarea es efectuar una modelización tridimensional de la zona de estudio en un software acústico que permita caracterizar los índices comentados en el apartado anterior para evaluar escenarios y analizar las consecuencias acústicas de determinadas intervenciones o actuaciones.

Para ello, el modelo seleccionado es ODEON Room Acoustics Software. Una de las labores que implican mayor consumo de recursos en la modelización corresponde a la definición tridimensional de los diferentes paramentos, así como la asignación de propiedades acústicas a los mismos.

Con el fin de agilizar la primera de las tareas, la definición tridimensional de los paramentos y elementos de recinto, se utiliza un software comercial: SketchUp, que es un programa informático de diseño y modelaje en 3D para entornos arquitectónicos, ingeniería civil, etc. Esta herramienta permite conceptualizar rápidamente volúmenes y formas arquitectónicas de un espacio.

La modelización tridimensional efectuada en este software se puede importar de forma tridimensional al software ODEON para el desarrollo del trazado de rayos.

El desarrollo de la modelización en SketchUp requiere efectuar un trabajo de campo muy específico para obtener distancias y condicionantes geométricos y morfológicos de la zona. Se ha modelizado con detalle todos los elementos singulares que tienen influencia acústica en la zona.

A continuación se muestran algunas imágenes de la zona y la modelización 3D asociada:



Además de agilizar el proceso de modelización en ODEON, una de las ventajas añadidas en la utilización de SketchUp como base para la modelización acústica es que se trata de un software que suele ser utilizado por los arquitectos para la realización de sus diseños e infografías. Esto permite disponer de un formato de intercambio durante procesos de diseño de nuevos espacios o remodelación de los existentes.

Tal y como se ha comentado anteriormente, este modelo fue validado a través de la realización de una exhaustiva campaña de mediciones que se ha presentado en el apartado anterior y que permitió una mejor caracterización de la tipología de materiales en el entorno de análisis.

Una vez validado, la diferencia máxima en el tiempo de reverberación es de 0,3 segundos como máximo (para tiempos de reverberación que se sitúan cercanos a los 2,2 segundos) mientras que la diferencia máxima en nivel de presión sonora es de 2,5 dBA (para niveles de presión sonora que, durante la actividad, se puede situar en los 70 dBA en los momentos de alta intensidad del uso del espacio objeto de estudio).

### 3- RESULTADOS

Tal y como ya se ha comentado, la finalidad del análisis era proponer actuaciones de mejora para el acondicionamiento acústico del emplazamiento con el objetivo de hacer más confortable acústicamente el uso deportivo que se sitúa bajo el viaducto.

A tal efecto, las evaluaciones y modelizaciones efectuadas se diferencian en dos fases:

- Modelizaciones para el análisis del margen de mejora posible con actuaciones tipo.
- Modelizaciones de actuaciones de mejora que implican el rediseño del espacio.


Las segundas modelizaciones se alimentan de las conclusiones extraídas de las primeras, trasladando a la realidad del emplazamiento aquellas actuaciones que se hayan observado que permiten un mayor margen de mejora.



#### Resultados de las Modelizaciones para el análisis del margen de mejora en Actuaciones Tipo

Las actuaciones tipo evaluadas fueron las siguientes:

- Tratamiento del Suelo con material absorbente: esta actuación presenta mejoras relativamente bajas (0,3 y 0,7 segundos en función del coeficiente de absorción) y tiene el inconveniente añadido de poder interferir en la ejecución de las actividades deportivas.
- Tratamiento de los Pilares del Viaducto con material absorbente: la superficie a tratar es amplia y el coste/beneficio es muy bajo.
- Tratamiento del Techo del Viaducto con material absorbente: en este caso el beneficio es alto en términos acústicos (entre 0,7 y 1,2 segundos en función del coeficiente de absorción). Tiene como inconveniente el alto coste y el hecho de que el Viaducto, al no ser de gestión municipal, requiera un proceso de coordinación institucional para llevar a cabo la actuación.
- Rotura de la Morfología del paralelepípedo: cubierta bajo techo de Viaducto para el acondicionamiento acústico y rediseño del Frontón interior. Esta actuación tiene ventajas añadidas a la acústica que tiene que ver con que el Viaducto es un elemento que no sufre modificaciones y combina el tratamiento del techo (con la creación de una cubierta) y del paramento de la zona con mayor tiempo de reverberación: el frontón.

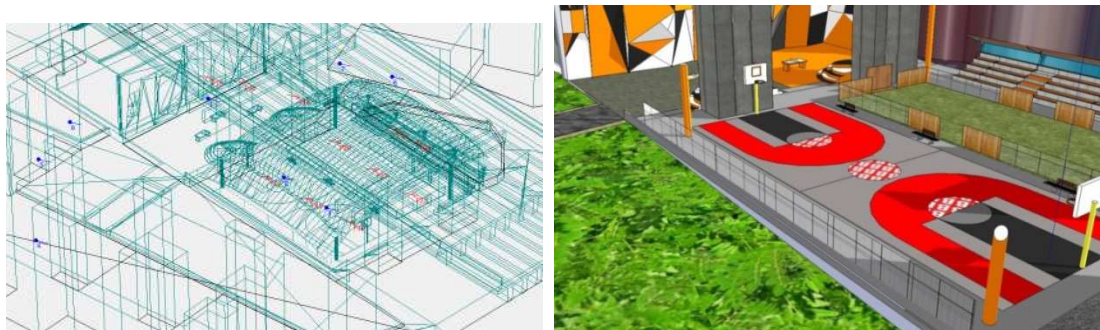
A continuación, se comparan los resultados de las actuaciones que tienen mayor eficacia acústica, analizando no solo los tiempos de reverberación sino también los niveles de presión sonora.

| Situación de Partida  | Tiempo de Reverberación T20 (segundos) |         |             | Niveles de Presión Sonora (dBA) |         |             |      |
|---|--|---------|-------------|---------------------------------|---------|-------------|------|
|   | Frontón                                | Fulbito | Balconcesto | Frontón                         | Fulbito | Balconcesto |      |
| TR20 (seg)  | 2,2                                    | 2,1     | 2,1         | dB(A)                           | 65,9    | 65,4        | 64   |
| Tratamiento del Techo<br>$a_s=0,3$  | Frontón                                | Fulbito | Balconcesto | Frontón                         | Fulbito | Balconcesto |      |
|   | TR20 (seg)                             | 1,6     | 1,7         | 1,7                             | dB(A)   | 64,5        | 64,5 |
|  Díf. con situación de partida | -0,6                                   | -0,4    | -0,4        | Díf. con situación de partida   | -1,4    | -0,9        | -1,7 |

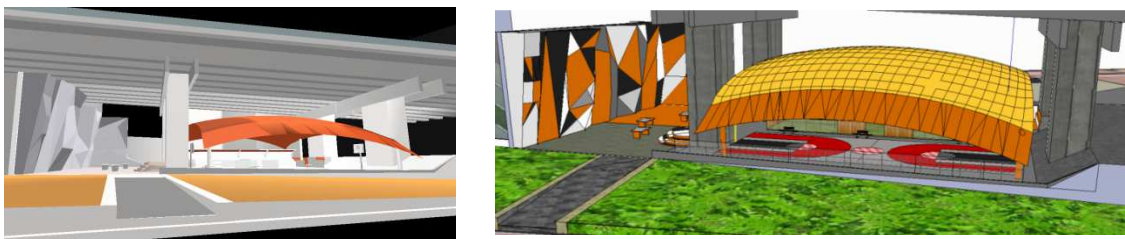
|  | Tiempo de Reverberación T20 ( segundos) |         |             | Niveles de Presión Sonora ( dBA) |         |         |             |      |
|--|---|---------|-------------|----------------------------------|---------|---------|-------------|------|
|  | Frontón                                 | Fulbito | Balconcesto |                                  | Frontón | Fulbito | Balconcesto |      |
| <b>Tratamiento del Techo</b><br>$a_s=0,7$<br>         | TR20 (seg)                              | 1,4     | 1,4         | 1,6                              | dB(A)   | 63,7    | 64          | 61,4 |
| Dif. con situación de partida  | -0,8                                    | -0,7    | -0,5        | Dif. con situación de partida    | -2,2    | -1,4    | -2,6        |      |
| <b>Rotura de la Morfología del paralelepípedo</b><br> | TR20 (seg)                              | 1,8     | 1,8         | 1,8                              | dB(A)   | 62,1    | 64,5        | 61,7 |
| Dif. con situación de partida  | -0,4                                    | -0,3    | -0,3        | Dif. con situación de partida    | -3,8    | -0,9    | -2,3        |      |

Tras el análisis de los resultados, analizados conjuntamente por parte del Ayuntamiento de Bilbao y de Tecnalía, el Consistorio decide que la opción más óptima para realizar un análisis de propuesta es el rediseño completo del uso deportivo, modificando la ubicación y orientación de las canchas y cambiando el uso del frontón atendiendo a su bajo grado de utilización y a la existencia de otro frontón muy cercano.

La propuesta de diseño desarrollada por Tecnalía con los criterios del Ayuntamiento de Bilbao se muestra a continuación (aún sin la valoración, ni aprobación definitiva de ejecución por parte del Ayuntamiento de Bilbao):



Propuesta de reordenación de las canchas de baloncesto, del campo de futbito (con suelo absorbente) y de las mesas de ping-pong para una mejor organización del espacio. Desarrollo de gradas que aporten material absorbente y permitan de eventos deportivos.



El frontón se convierte en un rocódromo, lo que permite romper la morfología del espacio y aumentar la superficie de material absorbente. Así mismo se sube la cota del frontón a la del resto del espacio y se crea un acceso a la zona derribando una pared del frontón para reducir el carácter reverberante. Se desarrolla una cubierta absorbente que permite protegerse más eficazmente de la lluvia (con respecto a la protección que ofrece el viaducto), reducir el ruido de las juntas de dilatación en la zona deportiva y disminuir la reverberación.

Esta propuesta de diseño permite las siguientes mejoras con respecto a la situación de partida:

|   | Frontón  | Futbito  | Baloncesto |
|---|----------|----------|------------|
| Diferencias en TR 20 con respecto a la situación de partida | -0,6 seg | -0,7 seg | -0,7 seg   |
| Diferencias en SPL con respecto a la situación de partida   | -3 dBA   | -2,6 dBA | -3,9 dBA   |

Como se observa, el beneficio en términos de confort acústico es muy destacable con el diseño propuesto.

#### 4- CONCLUSIONES Y APLICACIONES

El presente artículo pone de manifiesto cómo se pueden aplicar modelos de simulación pensados para edificación y acondicionamiento de salas para espacios urbanos ambientales de características especiales.

Esta aplicación resulta de mucha utilidad para poder diseñar o remodelar espacios urbanos en los que el carácter reverberante constituye un factor limitante en la utilización del espacio. En el caso del estudio presentado, el objetivo era buscar una adecuación acústica para reducir el carácter reverberante del espacio evitando la amplificación acústica de los sonidos generados por la actividad deportiva que se da bajo el viaducto. Por todo ello, este tipo de herramientas puede tener aplicaciones que ayuden al acondicionamiento acústico de espacios urbanos creando auditorios urbanos en donde se potencien y pongan en valor los sonidos que se desee amplificar (por ejemplo el de una fuente de agua u otros sonidos naturales, así como actuaciones de música callejera o actividades de lectura en grupo).

#### AGRADECIMIENTOS

Muy especialmente al Ayuntamiento de Bilbao por financiar un proyecto diferente y por su capacidad tractora en el diseño de espacios de calidad que mejoran notablemente el nivel de convivencia urbana.

#### REFERENCIAS

[1] I. Aspuru Soloaga. Soundscape within the strategy of Bilbao city to improve quality of public spaces. *Proceedings of the AIA-DAGA 2013 Joint Conference on Acoustics*, Merano, Italy, 2013.

[2] I. García (2014), Regeneración urbana-más allá de la edificación. Artículo en la Revista Ciudad Sostenible 3 trimestre de 2014

[3] <http://www.quadmap.eu/>

[4] UNE-EN-ISO 3382-1:2010: Acústica, Medición de parámetros en recintos, parte 1: salas de espectáculos. Asociación Española de Normalización y Certificación AENOR, 2010.