

## INFLUENCIA DE LA RESTAURACIÓN DE LAS CAMPANAS DE LA PARROQUIA DE LA ASUNCIÓN DE LA VILA JOIOSA EN SU CALIDAD SONORA

PACS: 43.66.Jh

Poveda-Martínez, Pedro; Carbajo-San-Martín, Jesús; Ramis-Soriano, Jaime; Ivorra-Chorro, Salvador

Universidad de Alicante. Carr. de San Vicente del Raspeig s/n, Alicante, España  
Email: pedro.poveda@ua.es; rn14@alu.ua.es; jramis@ua.es; jesus.carbajo@ua.es

**Palabras Clave:** campanas, timbre, calidad sonora, restauración

### ABSTRACT

One of the oldest and most widespread architectural elements throughout the world are the churches and cathedrals. In Spain, this kind of constructions have become more than places of worship, forming an essential part of the cultural heritage of each region. As a general rule, attached to each church we can find a tower with different bells whose purpose is to warn the faithful. The passing of the years together with the environmental factors (rain, wind, saltpetre, ...) give rise to a deterioration of the material that composes the bells and, therefore, to a variation in their acoustic characteristics. In this work, a preliminary analysis is carried out regarding the sound behaviour of the bells of the Parish "Nuestra Señora de La Asunción", in the town of Vila Joiosa, before and after a restoration carried out in 2021. Throughout the work, both physical and psychoacoustic aspects are considered in order to evaluate the performance.

### RESUMEN

Uno de los elementos arquitectónicos más antiguos y extendidos a lo largo del mundo corresponde a las iglesias y catedrales, que repartidas a lo largo de la geografía española se han convertido en más que espacios de culto, formando parte esencial del patrimonio cultural de cada región. Por norma general y anexa a cada iglesia, podemos encontrar una torre en cuyo interior se colocan, a fin de reunir a los fieles, diferentes campanas. El paso de los años unido a los factores ambientales (lluvia, viento, salitre, ...) dan lugar a un deterioro del material que las compone y, por tanto, a una variación en sus características acústicas. En el presente trabajo se lleva a cabo un análisis preliminar del comportamiento sonoro de las campanas de la Parroquia de Nuestra Señora de La Asunción, en la localidad de Vila Joiosa, antes y después de una restauración llevada a cabo en 2021. A lo largo del trabajo se incide tanto es aspectos físicos como psicoacústicos a la hora de valorar la actuación.

## 1. INTRODUCCIÓN

Resulta extremadamente complejo establecer de manera precisa cual fue la primera iglesia del mundo. Algunos expertos aseguran que dicho templo se encuentra en la localidad de Rihab, Jordania, y data del siglo I d.c. Otros apuntan a la Catedral Archibasílica de San Juan de Letrán, ubicada en Roma y entregada por el emperador Constantino al papa en el siglo IV. Sin embargo, no cabe duda de que la expansión del cristianismo ha llegado a convertir a las iglesias en uno de los elementos arquitectónicos más comunes en todo el mundo.

En sus inicios, el cristianismo era considerado una actividad prohibida, llegando a ser perseguida durante varios siglos por el Imperio romano. Ante esta situación, el culto se realizaba de manera clandestina, por lo que las iglesias de la época distaban mucho del arquetipo actual. No es hasta el siglo IV, cuando los emperadores Constantino el Grande y Valerio Liciniano Licinio promulgan el Edicto de Milán, que establecía la libertad de religión en todo el Imperio. En este momento, la difusión del cristianismo se ve reforzada, y con ella, la creación de templos sagrados destinados al culto. Los feligreses ya no tienen la necesidad de esconderse y las iglesias pasan a ser el núcleo central de las poblaciones, visibles en todo momento a través del campanario. Asimismo, ante el incremento en el número de acólitos, resulta indispensable sincronizar el momento de culto, por lo que se dota a la torre de un sistema de campanas cuyo sonido pueda ser escuchado en toda la localidad y sirva de reclamo a sus habitantes. Los campanarios persiguen por tanto hacer visible a la iglesia y hacerla audible [1].

Las campanas en la iglesia fueron introducidas por Paulinus de Nola a comienzos del siglo V [2, 3], siendo un elemento común a partir del siglo XI. Pese a que en un principio su función se centraba en avisar a los feligreses del inicio de la misa, pronto adquirió nuevas funcionalidades: coordinación entre localidades próximas, aviso de asambleas comunitarias, aviso de amenazas como incendios o ataques externos, recuerdo a difuntos y a su categoría social, etc. Pese a que en las últimas décadas su uso se ha visto reducido notablemente, los campanarios, junto a las iglesias y catedrales, representan una parte esencial de la cultura europea.

Por norma general, las campanas instaladas en la mayoría de campanarios del mundo fueron construidas hace varios siglos. La más antigua en activo se encuentra ubicada en la Catedral de Oviedo, y recibe el nombre de Wamba (año 1219). Sin embargo, el paso de los años ha dejado huella en la mayoría de ellas. El viento, la lluvia o incluso el salitre han llegado a erosionar el metal fundido del que suelen estar construidas (generalmente bronce) y la aparición de cardenillo (verdín) resulta evidente en todas ellas. Como resulta lógico, esta degradación puede llevar a un cambio en las propiedades sonoras de la campana, modificando tanto su sonoridad como el timbre que la caracteriza.

La Iglesia parroquial de La Asunción, sita en pleno centro histórico de la localidad de la Vila Joiosa, fue construida alrededor de 1550 [4]. El templo, que forma parte de la fortaleza que otrora defendiera la ciudad, cuenta con una torre dotada de cuatro campanas cuya instalación se llevó a cabo después de la Guerra Civil española. El transcurso del tiempo y su localización, próxima al mar Mediterráneo, han acelerado el deterioro de las campanas y han obligado a actuar tanto a iglesia como a la administración local. En el presente trabajo se lleva a cabo un análisis preliminar del comportamiento sonoro de las campanas antes y después de la restauración llevada a cabo en 2021. A lo largo del trabajo se incide tanto en aspectos físicos como psicoacústicos a la hora de valorar la actuación.





## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

A lo largo del presente apartado se describirán las particularidades más relevantes de las campanas objeto de estudio, así como los ensayos llevados a cabo para establecer las diferencias acústicas resultado de la restauración.

### 2.1. Campanas de la Iglesia parroquial de Nuestra Señora de La Asunción.

El campanario de la Iglesia de La Asunción está formado por cuatro campanas de distinto tamaño cuyas características principales se detallan en la tabla 1. Todas ellas se encuentran soportadas y ancladas a la estructura de la torre a través de un yugo metálico cuyo movimiento se consigue gracias a un sistema de correas motorizado dispuesto en uno de sus extremos. Asimismo, en el interior de todas ellas se dispone de un badajo metálico como elemento de excitación (figura 1).

Tabla 1 – Características básicas de las campanas de la Iglesia de la Asunción.

Santa Marta (C1)	Nuestra Señora de La Asunción (C2)
 <p><i>Peso estimado: 481 kg Diámetro de boca: 94 cm</i></p>	 <p><i>Peso estimado: 244 kg Diámetro de boca: 75 cm</i></p>
San José (C3)	Purísima Concepción (C4)
 <p><i>Peso estimado: 77 kg Diámetro de boca: 51 cm</i></p>	 <p><i>Peso estimado: 46 kg Diámetro de boca: 43 cm</i></p>

### 2.2. Trabajos de restauración.

La restauración del campanario, llevada a cabo por la parroquia de Nuestra Señora de la Asunción en colaboración con el ayuntamiento de la localidad entre los meses de mayo y diciembre de 2021, estaba incluida dentro del proyecto global de rehabilitación y conservación de la iglesia. Las actuaciones realizadas se centraron principalmente en la mejora del revestimiento exterior de la torre y en la restauración de las campanas. Los yugos metálicos

(figura 2a) que soportaban las campanas fueron sustituidos por unos nuevos, en este caso, de madera (figura 2b), lo que disminuye el peso y, por tanto, otorga estabilidad a la torre. Asimismo, se procedió a la limpieza de las campanas y a la sustitución del badajo, cambiándolo por uno nuevo de mayor longitud (figura 1b). Por otro lado, en todas las campanas se incluyó, solidario al yugo, el correspondiente soporte para el accionamiento manual de las campanas.



(a) Antes de la restauración



(b) Después de la restauración

Figura 1 – Interior de una de las campanas de la iglesia.



(a) Antes de la restauración



(b) Después de la restauración

Figura 2 – Yugo empleado como estructura de soporte de las campanas.

### 2.3. Medidas acústicas.

Para establecer la influencia de la restauración en las cualidades sonoras del campanario, se llevaron a cabo diferentes medidas antes y después de las actuaciones. A continuación, se describe la configuración empleada en cada uno de los ensayos.

- Frecuencias propias de las campanas

En primer lugar, se determinaron las frecuencias propias de cada campana a partir de un análisis modal experimental. Como elemento de excitación se empleó un martillo de impactos, registrando la vibración provocada mediante tres acelerómetros adheridos en diferentes puntos de la superficie interior de la campana (ver figura 3). A partir de las señales registradas se llevó a cabo la descomposición en valores singulares (SVD) y la obtención de la función indicadora de modo complejo (CMIF).



Figura 3 – Situación de los acelerómetros empleados en el análisis modal experimental de las campanas.

Por otro lado, se llevó a cabo un análisis espectral de las señales basado en la composición y evolución de las componentes tonales (tiempo de reverberación estructural). Todo ello se llevó a cabo por medio de espectrogramas.

- Análisis espectral a partir de la excitación con badajo

Para determinar la influencia del badajo en las propiedades acústicas de las campanas, se llevaron a cabo medidas a través de un micrófono situado a una distancia de 50 cm de la embocadura. La excitación de las campanas se realizó mediante el golpeo del badajo en uno de los laterales. Las señales registradas fueron analizadas en términos de contenido espectral y amortiguación de las componentes armónicas.

- Nivel de presión sonora

Con objeto de establecer el nivel de presión sonora generado por cada campana antes y después de la restauración, se llevaron a cabo medidas de presión sonora en dos posiciones distintas: en el centro del campanario (figura 4a) y fuera del campanario.

- Registros sonoros

Finalmente, con objeto de establecer la percepción del oyente antes y después de la restauración, se llevaron a cabo registros sonoros de cada una de las campanas en la fachada principal de la iglesia. Las medidas se realizaron por medio de un maniquí acústico tal y como

se muestra en la figura 4b. A partir de los audios registrados, se pretenden acometer ensayos auditivos que permitan evaluar de manera subjetiva las actuaciones realizadas en la torre.



(a) Medida SPL en centro campanario



(b) Registros sonoros en fachada principal

Figura 4 – Configuración de medidas.

### 3. ANÁLISIS Y RESULTADOS

#### 3.1. Análisis modal experimental.

Las figuras 5 a 9 muestran las curvas CMIF obtenidas para cada una de las campanas, tanto antes como después de la restauración de la torre, junto a los espectrogramas correspondientes. Por lo que respecta a la campana C1, se puede observar como la frecuencia fundamental se mantiene. Sin embargo, el factor de calidad disminuye ligeramente, lo que supone una amortiguación mayor y, por tanto, una leve disminución del *sustain* de dicha frecuencia. Por otro lado, se observa la aparición de un nuevo modo de gran amplitud alrededor de 400 Hz. Para las componentes de alta frecuencia, a partir de 3 kHz, la respuesta de la campana se atenúa, por lo que el timbre puede verse afectado. Esta atenuación a alta frecuencia se repite para el resto de muestras. El cambio en el material y forma del yugo, junto a la limpieza del verdín, provocan una disminución en el ancho de banda de las campanas, recortando por tanto el contenido espectral de las mismas.

Por lo que respecta a la campana C2, los resultados no muestran una influencia clara de la restauración en el comportamiento vibroacústico. Sin embargo, destaca la atenuación y/o desaparición de ciertas componentes frecuenciales de baja amplitud próximas a los modos propios de la campana (figura 6). Asimismo, el factor de calidad para diferentes modos

aumenta, y, por tanto, su contribución en el timbre de la muestra será mayor (mayor *sustain*). El mismo fenómeno se observa para la campana C4.

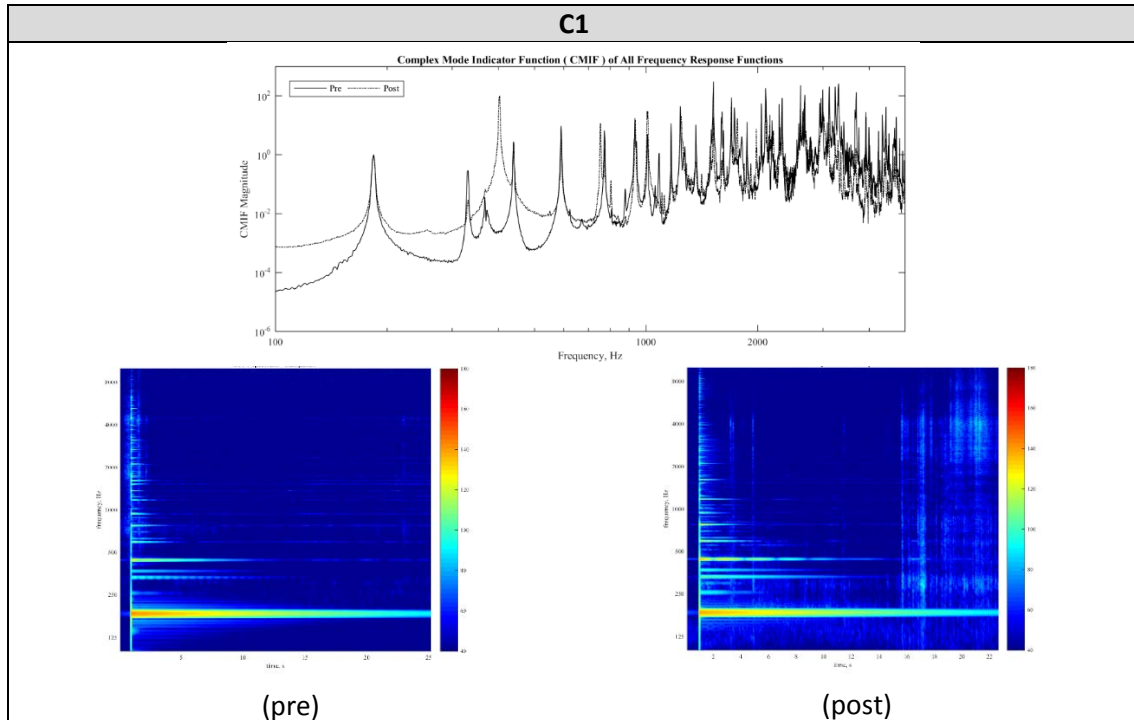


Figura 5 – Análisis modal experimental Campana 1.

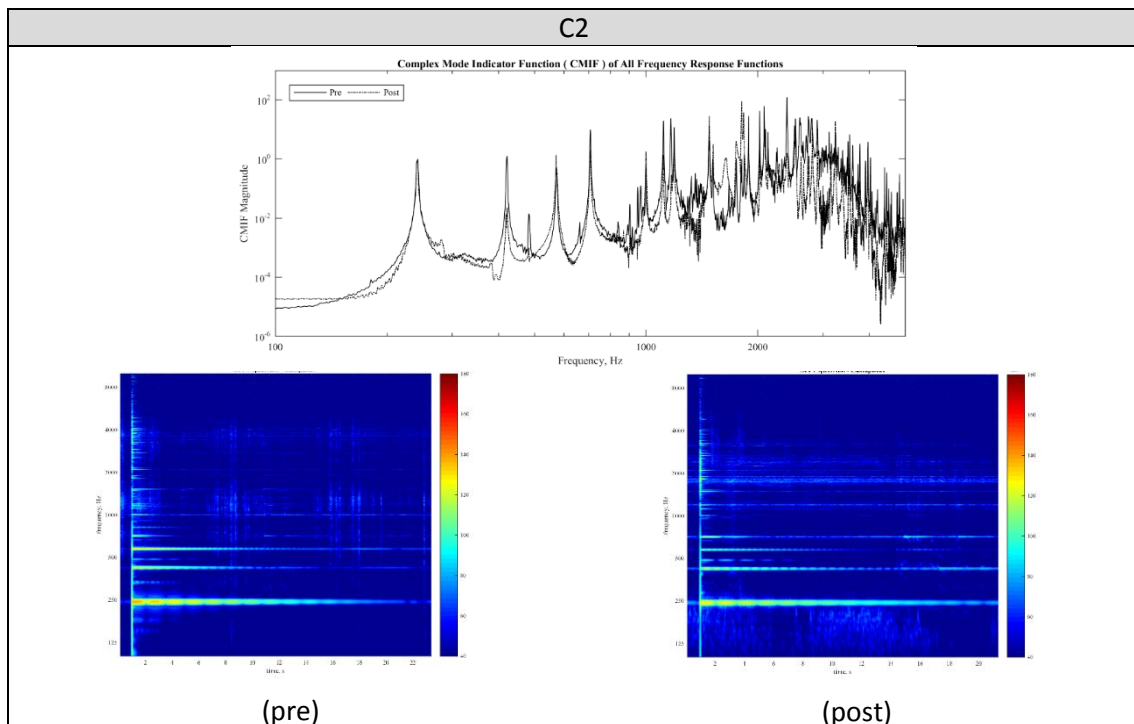


Figura 6 – Análisis modal experimental Campana 2.

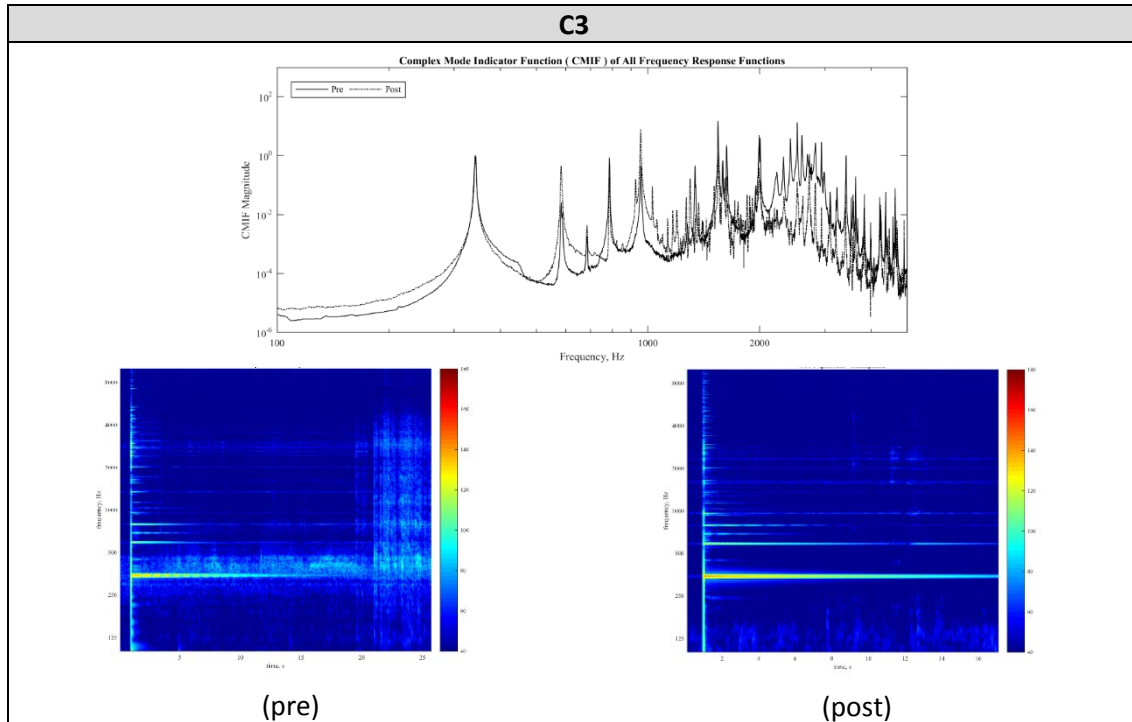


Figura 7 – Análisis modal experimental Campana 3.

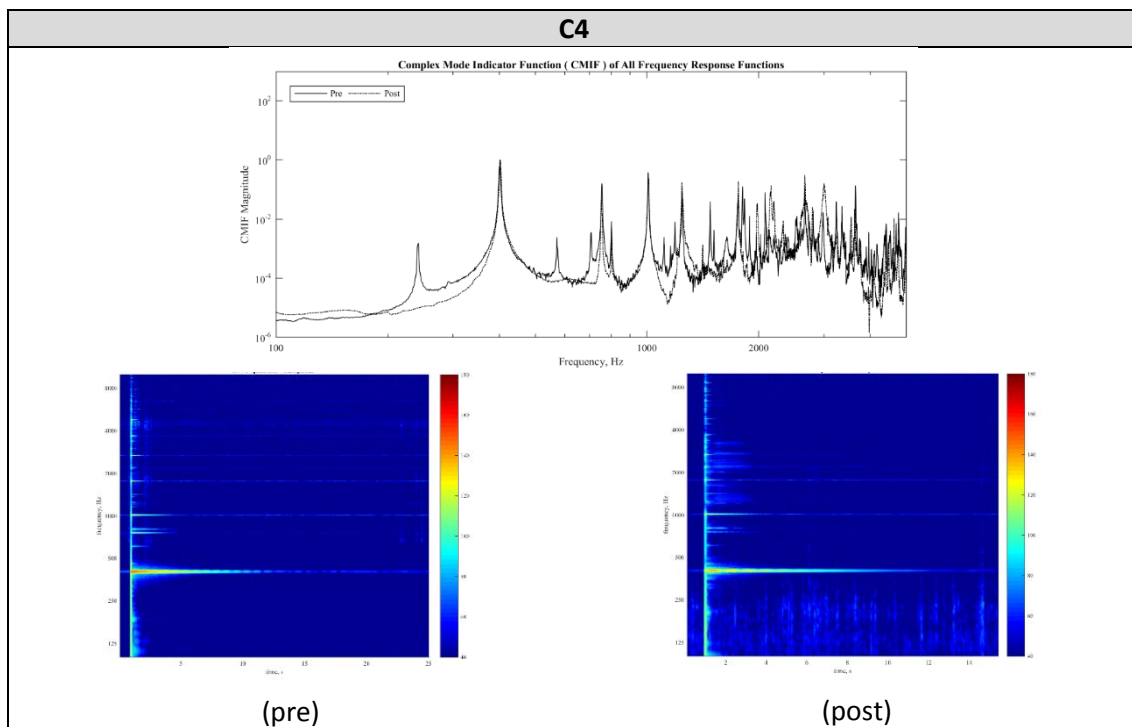


Figura 8 – Análisis modal experimental Campana 4.



### 3.2. Medidas con badajo.

Por lo que respecta a las medidas de presión sonora realizadas excitando la campana con el badajo, se observan ciertas diferencias antes y después de la restauración. Se aprecia una atenuación global del sonido emitido por las campanas, hecho especialmente notable a alta frecuencia (ver figura 9).

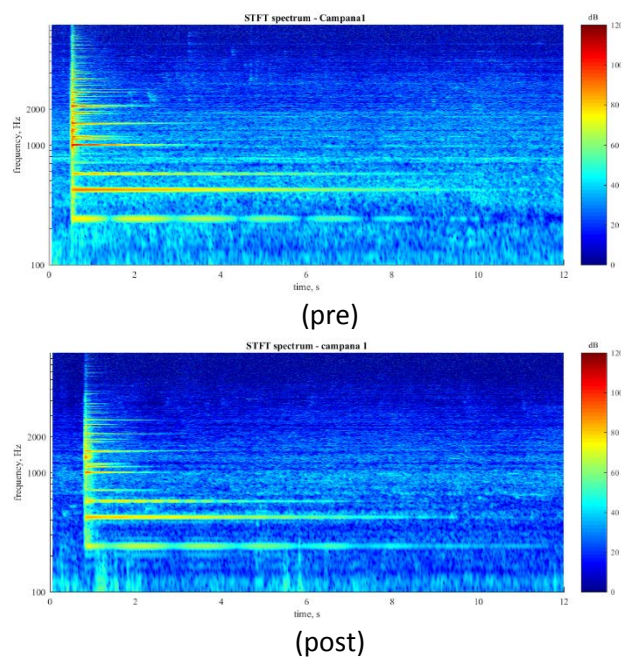


Figura 9 – Presión sonora medida a 0.5 m de la boca de la campana C1 al excitar con el badajo.

### 3.2. Medida del nivel de presión sonora.

Las medidas llevadas a cabo en el interior de la torre ponen de manifiesto un ligero cambio en el sonido emitido por las campanas al ser excitadas mediante volteo. El nivel de presión sonora registrado disminuye en torno a 4 dB, siendo la zona de alta frecuencia la más afectada. La figura 10 muestra el espectro, en bandas de tercios de octava, obtenido para la campana 1

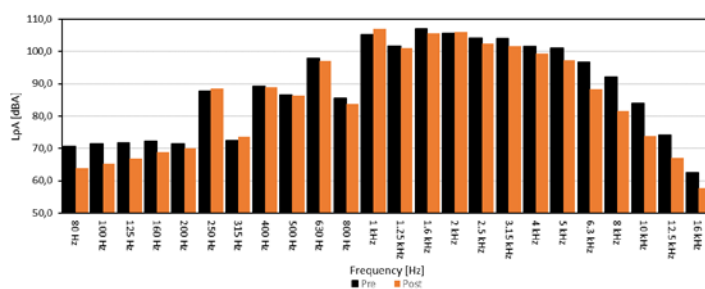


Figura 10 – Nivel de presión sonora en bandas de tercios de octava medidos en el centro de la torre al voltear la campana C1.

#### 4. CONCLUSIONES

El presente trabajo corresponde a un estudio preliminar de la calidad sonora de las campanas de la Iglesia de La Asunción, situada en la localidad de la Vila Joiosa, con motivo de la restauración de su campanario. Para ello, se llevaron a cabo diferentes medidas con objeto de establecer el comportamiento acústico de las campanas y la composición espectral del sonido emitido. Se analizaron las diferencias, tanto en el nivel generado como en lo referente al timbre, tras las actuaciones llevadas a cabo en la torre.

Los resultados obtenidos muestran una atenuación clara del espectro a alta frecuencia, lo que modificará el timbre de cada una de las campanas analizadas. Asimismo, determinadas componentes tonales presentan un factor de calidad distinto, lo que conllevará un incremento o una disminución del *sustain* de dichas frecuencias. Para concluir con el estudio, se prevé la realización de ensayos auditivos que permitan valorar, a partir de la percepción del oyente, la restauración efectuada sobre el campanario. Tal y como se comentó en secciones anteriores, el badajo de las campanas fue sustituido durante la restauración por uno de mayor longitud. Esta modificación implica un cambio en la frecuencia de colisión badajo-campana, algo que sin duda afectará a la percepción del oyente y, por tanto, a los ensayos psicoacústicos a realizar.

#### REFERENCIAS

- [1] Sánchez-Rivera, J. I. (2009). Torres defensivas y campanarios de iglesia. Villaescusa de Roa en la Ribera del Duero. Ayto. Aranda de Duero.
- [2] Kathy Luty, David Philippart (1997). Notas de clip para boletines de la iglesia - Volumen 1 . ISBN 9781568541693. El primer uso conocido de campanas en las iglesias fue por un obispo llamado Paulinus en el año 400.
- [3] Roger J. Smith (1997). "Campanas de iglesia" . Iglesia Católica del Sagrado Corazón y Misión St. Yves.
- [4] Iglesia de la Asunción (Villajoyosa). (27 de septiembre de 2022). En Wikipedia. [https://es.wikipedia.org/wiki/Iglesia\\_de\\_la\\_Asunción\\_\(Villajoyosa\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Iglesia_de_la_Asunción_(Villajoyosa)).