

PUBLICACIÓN SEMESTRAL

**FACULTAD
DE INGENIERÍA
UDELAR**

**Y LA ASOCIACIÓN
URUGUAYA DE ACÚSTICA**

ECOS

ISSN 2697-2913

**AÑO 3, VOL. 3, Nº 1
ENERO - JUNIO 2022**



REVISTA DE LA ASOCIACIÓN URUGUAYA DE ACÚSTICA
ISSN 2697-2913

PUBLICACIÓN SEMESTRAL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA – UdelaR y la
ASOCIACIÓN URUGUAYA DE ACÚSTICA

NÚMERO ESPECIAL:



Este número de la Revista ECOS está enteramente destinado a la publicación de los artículos presentados en el Simposio Regional de Acústica y Expoacústica 2021.

Todos los trabajos se publican tal como han sido recibidos de los evaluadores del evento.

Revista ECOS agradece la confianza recibida por parte de los Organizadores del Simposio y queda abierta a realizar la publicación de los artículos de otros eventos futuros vinculados al quehacer de la Acústica Nacional, Regional e Internacional.

El Equipo Editorial



REVISTA DE LA ASOCIACIÓN URUGUAYA DE ACÚSTICA

ISSN 2697-2913

PUBLICACIÓN SEMESTRAL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA – UdelaR y la ASOCIACIÓN URUGUAYA DE ACÚSTICA

<u>Consejo Editor</u>	<u>Tabla de contenidos</u>
Alice Elizabeth González (UdelaR, Uruguay) Editora Responsable	Programación del evento ----- 2
Ana Abreu (UdelaR, Uruguay)	Salutaciones de Marion Burgess ----- 3
Julieta António (Universidade de Coimbra, Portugal)	Salutaciones de Michael Taroudakis ----- 5
Gustavo Basso (UNLP, Argentina)	El paradigma del Paisaje Sonoro y su operacionalización. <i>Pablo Kogan</i> ----- 8
Héctor Campello Vicente (UMH, Elche, España)	Restauración acústica del Teatro Colón de Buenos Aires, Argentina (2004-2010). <i>Gustavo Basso</i> ----- 18
Fernando Elizondo-Garza (FIME - Universidad Autónoma de Nuevo León, México)	Remodelación Acústica del Teatro Solís de Montevideo. El Teatro de Ópera más Antiguo de toda América en Funcionamiento. <i>Alberto Haedo</i> ----- 22
Juan Cruz Giménez de Paz (Argentina)	Caracterización acústica de mascarillas N95 por medio de tubos de impedancia. <i>Verónica H. Vélez; Laura A. Lancón; Ernesto Vásquez</i> ----- 29
Ricardo Hernández Molina (Universidad de Cádiz, España)	Diseño acústico adaptativo revisitado como consecuencia del COVID-19. <i>Fernando J. Elizondo-Garza</i> ----- 30
Federico S. Miyara (UNR, Argentina)	Retrospectiva libro: Proyectos acústicos. <i>Mario Huaquín Mora</i> ----- 37
Ismael Núñez Pereira (UdelaR, Uruguay)	Monitoreo del ruido antes y durante las distintas fases del COVID-19. El caso en un distrito de la ciudad de Lima. <i>Walter A. Montano Rodríguez</i> ----- 38
Dinara Xavier da Paixão (UFMS, Brasil)	Intervención acústica del auditorio Pachacútec del Distrito de Machu Picchu Pueblo en Cusco, Perú. <i>Elena Isabel Gushiken Uesu</i> ----- 40
Jorge Patricio Fradique (Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Portugal)	La Arqueoacústica experimental: Estudios para la preservación de “patrimonio auditivo”. <i>Miriam A. Kolar</i> ----- 42
Diego Pablo Ruiz Padillo (Universidad de Granada, España)	La sinfonía de los cencerros: entre arte y tecnología. <i>Francisco Mata Cabrera. Ildefonso Owono Nguere Abuy</i> ----- 46
Nilda Vecchiatti (UBA, Argentina)	
Secretaría General: Carolina Ramírez (UdelaR, Uruguay)	

PROGRAMACIÓN SIMPOSIO REGIONAL DE ACÚSTICA Y EXPOACÚSTICA

Día 1: Jueves 16 de diciembre 2021

17:30	Palabras Presidente de INPACTA y coordinadora del evento
17:35	Palabras del Presidente CAPEAC
17:40	Palabras e inauguración de un representante (Auspiciador)
Conferencia Magistral - Expositores Especialistas Acústicas	
17:45	PABLO KOGAN Paisaje Sonoro: De la conceptualización al diseño de ambientes saludables - Universidad de Chile
18:30	SILVIA GARCÍA El Paisaje Sonoro en el espacio público - Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco - México

Charla Técnica	SALA 1	SALA 2
19:15	KANKIO SERVICIO GENERALES E.I.R.L (30 min) <i>Tendencia Acústica Post Covid</i> <i>Parte 1: Acústica Arquitectónica Grupo Arquicust</i>	19:15 EMER S.A.C. (15 min) <i>Fabricaciones en acero para aplicaciones acústicas</i>
19:45	CETCCON S.A.C (30 min)	19:30 AMC - SODECA (30 min)
20:15	C & P CGC E.I.R.L (30 min)	20:00 INPAVAC (30 min)
20:45	ASLA PERÚ S.A.C (15 min) <i>Concientizar la importancia de la calidad de un material acústico como factor sostenible al medio ambiente</i>	20:30 INPAVAC (30 min)
21:00	ARQUICUST S.R.L (30 min) <i>Tendencia Acústica Post Covid</i> <i>Parte 2: Acústica Industrial Grupo Arquicust</i>	21:00 BNI PERÚ (30 min)

Día 2: Viernes 17 de diciembre 2021

Charla Técnica	SALA 1	SALA 2
17:00	GRUPO DECORAMAX S.A.C (30 min)	17:00 VOLCAN (30 min) <i>Sistema Drywall como respuesta a Requerimientos Acústicos</i>
17:30	FIRESTOPPERS (30 min) <i>Sello cortafuego</i>	17:30 DANOSA (30 min)
17:45	ASLA PERU S.A.C (15 min) <i>Eligiendo las mejores propiedades para un material acústico para tu proyecto y salud</i>	17:45 Arq. Mario Rodríguez (15 min) <i>El vidrio en edificaciones sostenibles</i>

Conferencia Magistral - Expositores Especialistas Acústicas

18:00	GUSTAVO BASSO Restauración acústica del Teatro Colón - Buenos Aires - Argentina
18:40	ANDREA FARINA Intervención acústica en obras monumentales - Argentina
19:20	GONZALO FERNÁNDEZ - Uruguay // ALBERTO HAEDO - Argentina Restauración acústica del Teatro Solís - Montevideo - Uruguay
20:00	VERÓNICA H. VELEZ // LAURA LANCÓN // ERNESTO VASQUEZ Caracterización acústica de mascarilla N95 por medio de tubos de impedancia Universidad Autónoma Metropolitana - Azcapotzalco - México
20:30	VERÓNICA ARROYO // DULCE PONCE Mapas de Alerta que genera Hubbub. Universidad Autónoma Metropolitana - Azcapotzalco - México
21:00	FERNANDO ELIZONDO Diseño acústico adaptativo revisitado como consecuencia del COVID-19 Universidad Autónoma de Nuevo León - México

Día 3: Sábado 18 de diciembre 2021

16:00 Saludos instituciones y especialistas del extranjero

Conferencia Magistral - Expositores Especialistas Acústicas

16:30	MIRIAM KOLAR La Arqueoacústica experimental: Estudio para la Preservación de patrimonio cultural en los sitios arqueológicos - Estados Unidos
17:15	MARIANA BOTERO - Colombia // FERNANDO DEL SOLAR DORREGO - Argentina Salutación de la Spanish Speaking Acousticians in the Americas, capítulo de la Acoustical Society of America
17:30	MARIO HUAQUIN Retrospectiva libro Proyectos Acústicos - Santiago de Chile
18:00	FRANCISCO MATA CABRERA La sinfonía de los cerros: Entre arte y tecnología. Universidad Castilla - La Mancha - España
18:30	RIE SAKATA Sumale Luz a tu bienestar - Perú
19:00	SILVIA QUINTO Teatros en el CHL proceso e intervenciones - Perú
19:30	ELENA GUSHIKEN Intervención acústica del Auditorio de Macchu Picchu Pueblo Cuzco - Perú
20:00	Palabras de cierre del evento

Ingreso LIBRE (Cupos Limitados)

INSCRIPCIÓN: <https://forms.gle/Z6oZvHJ3e2oeHwGc8>

AUSPICIADO POR:    ORGANIZADO POR: **CAPEAC**  **INPAVAC**

SPONSORS:          

Saluciones de Marion Burgess

Clausura del Año Internacional del Sonido - Simposio Regional de Acústica

Transcripción y traducción por Alejandro Gordillo < agordillo@bcc.com.pe > Lima, Perú

Greetings from Sidney, Australia!

My name is Marion Burgess, and I'm one of the co-organizers of the International Commission for Acoustics' International Year of Sound 2020 into 2021. And I'd like to thank Walter and the organizers of the symposium for inviting us to participate in this closing ceremony and give a little bit of information about the International Year of Sound.

I am going to talk about the history and the motivation, and my co-organizer, Michael Taroudakis, will follow-up with a summary of some of the events and resources that have been developed during the two years of the International Year of Sound.

So, the International Year of Sound was more than a decade in the planning, and the motto, the goal, has been to highlight and bring to the attention of the world the importance of sound in our world. So, the goal was to have a lot of outreach activities and outreach-type resources that would bring this message to the rest of the world.

The approval from the International Commission for Acoustics was given at the General Assembly at the International Commission for Acoustics Congress held in Buenos Aires.

After that approval was granted, we then went ahead and developed a structure with a number of different committees, a steering committee, but, of course, the very important thing was to actually encourage the participation of all the member societies to undertake activities and to develop resources during this International Year of Sound. We also developed collaboration with like-minded bodies, and one of those was La Semaine du Son, based in Paris, which already had links with UNESCO, as it had developed and got approval for a charter of sound.

¡Saludos desde Sydney, Australia!

Mi nombre es Marion Burgess y soy una de las coorganizadoras del Año Internacional del Sonido 2020-2021 de la Comisión Internacional de Acústica. Antes que nada, me gustaría agradecer a Walter y a los organizadores del simposio por invitarnos a participar en esta ceremonia de clausura y brindarles un poco de información sobre el Año Internacional del Sonido.

A continuación, les hablaré sobre la historia y motivación, y mi compañero coorganizador, Michael Taroudakis, continuará con un resumen de algunos de los eventos y recursos que se desarrollaron durante los dos años del Año Internacional del Sonido.

La preparación del Año Internacional del Sonido tomó más de una década y el lema, la meta, fue la de resaltar e informar al mundo sobre la importancia del sonido en nuestro mundo. En ese sentido, la meta fue llevar a cabo un gran número de actividades y recursos de divulgación que llevarían este mensaje al resto del mundo.

La aprobación para la Comisión Internacional de Acústica se dio en la Asamblea General llevada a cabo en el Congreso de la Comisión Internacional de Acústica en Buenos Aires.

Tras recibir la aprobación, continuamos con el desarrollo de la estructura, con diferentes comités, un comité directivo, etc. Sin embargo, lo más importante fue fomentar la participación de todas las sociedades miembro para que realicen actividades y desarrollen recursos durante el Año Internacional del Sonido.

También desarrollamos una colaboración con organismos que comparten nuestros ideales uno de esos fue La Semaine du Son, con sede en París, que ya contaba con vínculos con la UNESCO, ya que desarrolló y recibió la aprobación para una

So, the important thing about our international year was that we were doing it all under our own auspices. So, at the beginning of 2020, there was a whole range of events planned all around the world. Some of them were central events organized by the main ICA body, the other were organized by all of the national organizations, as well as other like-minded bodies.

The opening was held. It was a very successful event in Paris, in La Sorbonne University. And then, unfortunately, soon after that, all of the events that have been planned had to be closed down or changed to a different format because of the pandemic.

However, the societies have really responded over 2020, and then we made the decision to extend into 2021 because a number of events were postponed into 2021. But the societies and the other organizations have responded magnificently, and we've had a huge range of events, with the majority of them being virtual events. We've had a lot of resources developed. There's been a lot of activities that we had no thought of when we were first planning the International Year of Sound, and it's been great to see the innovative nature of a lot of those activities.

We are very confident that, as we come towards the end of 2021 and the closing of the International Year of Sound, that we have a very substantial legacy that will be of great value into the future. A lot of the resources were educational resources, and we hope to develop and build upon those over the coming years.

So, thank you very much for the opportunity to give this brief introduction of the history and motivation. And, particularly, thank you to all of those member societies, because without your enthusiasm, the International Year of Sound would not have been as successful as it has been.

Thank you.

Marion Burgess

carta sobre el sonido. Así, lo importante de nuestro año internacional fue que lo llevamos a cabo bajo nuestros propios auspicios. Al inicio del 2020, había una gran variedad de eventos planificados en todo el mundo. Algunos fueron eventos centrales organizados por la entidad principal de la ICA, otros fueron organizados por todas las demás organizaciones internacionales, así como los otros organismos con nuestros mismos ideales.

La inauguración se realizó en París, en la Universidad Sorbonne y fue un evento exitoso. Desafortunadamente, poco tiempo después, todos los eventos planificados se tuvieron que cancelar o cambiar a un formato distinto debido a la pandemia. A pesar de ello, las sociedades supieron adaptarse durante el 2020 y, luego, tomamos la decisión de extenderlo hacia el 2021, porque una gran cantidad de eventos fueron pospuestos al 2021. Además, las sociedades y las otras organizaciones respondieron de forma magnífica. Hemos tenido una enorme variedad de eventos, siendo la mayoría de ellos eventos virtuales. Hemos desarrollado muchos recursos y muchas actividades que no habiéramos podido imaginar cuando planificamos el Año Internacional del Sonido en un inicio. Ha sido gratificante ver la naturaleza innovadora de muchas de esas actividades.

Estamos muy seguros de que, ya casi al cierre del 2021 y del Año Internacional del Sonido, hemos logrado un legado muy sustancial que será de gran valor para el futuro. Muchos de los recursos han sido de carácter educativo y esperamos desarrollarlos y ampliarlos durante los próximos años.

Finalmente, agradezco mucho la oportunidad de brindarles esta breve introducción sobre la historia y motivación del Año Internacional del Sonido. En particular, agradezco a todas las sociedades miembro porque sin su entusiasmo, el Año Internacional del Sonido no habría sido igual de exitoso.

Muchas gracias.

Marion Burgess

Salutaciones de Michael Taroudakis

Clausura del Año Internacional del Sonido - Simposio Regional de Acústica

Transcripción y traducción por Alejandro Gordillo < agordillo@bcc.com.pe > Lima, Perú

Greetings from Greece to Peru and to all the acousticians of the Latin America region.

I am Michael Taroudakis, I am co-organizer of the International Year of Sound, and I would like to thank Walter Alfredo Montano Rodriguez and the co-organizers of the First Regional Acoustic Symposium, which is considered as the closing event of the International Year of Sound in Latin America, for giving us the opportunity to be with you, even virtually, today, and share with you our experience with the International Year of Sound.

As Marion Burgess said, the International Year of Sound was organized by the *International Commission for Acoustics* (ICA) under the purpose to promote the message that sound is an important component of our lives.

The main reach of this goal were special events, products, and outreach activities organized, either centrally, by the Steering Committee of International Year of Sound, or by our member societies, international affiliates, and our partners.

Despite the pandemic that hit our planet, and due to the warm response and enthusiasm of our colleagues, more than 180 events were planned and approximately 120 of them were realized during the two years of the celebration in all the continents by different means, including modern technology applications that help bringing people together, if they were not in person, and conveying important messages to everybody.

These events included workshops, conferences, exhibitions, concerts, and educational events. In addition, more than 30 special products, media communications, demos, and outreach activities -

Saludos desde Grecia a todos los acústicos del Perú y de América Latina.

Mi nombre es Michael Taroudakis, coorganizador del Año Internacional del Sonido, y quisiera agradecer a Walter Alfredo Montana Rodríguez y a los coorganizadores del Primer Simposio Regional de Acústica, considerado el evento de clausura del Año Internacional del Sonido en América Latina, por darnos la oportunidad de estar hoy con ustedes, aunque de manera virtual, para compartirles nuestra experiencia con el Año Internacional del Sonido.

Como mencionó Marion Burgess, el Año Internacional del Sonido fue organizado por la Comisión Internacional de Acústica con el fin de promover el mensaje de que el sonido es un componente importante de nuestras vidas.

Los principales alcances de este objetivo fueron los eventos especiales, los productos y las actividades de divulgación organizadas, tanto de forma centralizada, por el Comité Directivo del Año Internacional del Sonido, como por las sociedades miembros, afiliados internacionales y nuestros socios.

A pesar de la pandemia que azotó nuestro planeta, y debido a la cálida respuesta y entusiasmo de nuestros colegas, se logró planificar más de 180 eventos. De ellos, 120 se realizaron durante los dos años de celebración en todos los continentes a través de diferentes medios como aplicaciones tecnológicas que permitieron unir a las personas, cuando no podía ser presencial, y transmitir mensajes importantes a todos.

Dichos eventos incluyeron talleres, conferencias, exposiciones, conciertos y eventos educativos. Además, más de 30 productos especiales, medios de comunicación, demostraciones y actividades de divulgación —todos enumerados en el sitio web

-all of them listed in the *International Year of Sound* website-- help so that the message of the importance of sound to be brought to every part of our planet.

As one of the objectives of the IYS was to address the youth, a worldwide students' competition was organized. Students of the primary schools were asked to produce drawings inspired by the motto of the IYS, "importance of sound for society in the world"; and students of the secondary schools were invited to write the lyrics of a song consisted of four stanzas and based on musical piece which was composed especially for the International Year of Sound.

Despite the educational restrictions due to the pandemic, the competition was successful. We received proposals and additional material outside the competition that included videos and audio files that showed the great enthusiasm of students and teachers involved. The results of the competition are already announced in the *International Year of Sound* website and soon videos promoting the competition entries and the works will be available.

Among the main products of the *International Year of Sound*, we should mention the video entitled "Sounds of our Life", produced by Antonio Fischetti, commissioned by the *International Commission for Acoustics* (ICA) and sponsored by I-INCE, that outlines important issues of sound for our lives seen from different angles. The film can be found in the Russian Year of Sound website and in YouTube and it is free to our member societies, so that they can show this film in their acoustics events.

Finally, we collaborated with international organizations such as the *World Health Organization* and the *Center for Hearing and Communication* for the promotion of important international days, dealing with noise, and hearing health. Also we collaborated with *La Semaine du Son*, partner of the *International Commission for Acoustics* (ICA) in the framework of the International Year of Sound for the promotion of their own activities which were

del Año Internacional del Sonido— permitieron que el mensaje sobre la importancia del sonido llegue a todos los rincones de nuestro planeta.

Uno de los objetivos del Año Internacional del Sonido era acercarse a la juventud; por ello, se organizó un concurso mundial de estudiantes. En él, se pidió a alumnos del nivel primaria que realizaran dibujos inspirados en el lema del Año Internacional del Sonido: «La importancia del sonido para la sociedad y el mundo». Asimismo, se invitó a alumnos del nivel secundaria a escribir la letra de una canción compuesta por cuatro estrofas y basada en una pieza musical que fue compuesta especialmente para el Año Internacional del Sonido.

A pesar de las restricciones sanitarias por la pandemia, el concurso fue todo un éxito. Recibimos propuestas y material adicional fuera del concurso como videos y archivos de audio que mostraban el gran entusiasmo de los alumnos y los maestros participantes. Los resultados del concurso están publicados en el sitio web del Año Internacional del Sonido y próximamente estarán disponibles videos promocionando los envíos del concurso y los trabajos.

Entre los principales productos del Año Internacional del Sonido, cabe mencionar el video titulado «Sonidos de nuestra vida», producido por Antonio Fischetti, por encargo de la Comisión Internacional de Acústica y patrocinado por I-INCE, el cual describe importantes aspectos del sonido para nuestras vidas vistos desde diferentes ángulos. La película está disponible en el sitio web del Año Ruso del Sonido y en YouTube de manera gratuita para nuestras sociedades miembros, para que puedan mostrar esta película en sus eventos acústicos.

Finalmente, pudimos colaborar con organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud y el Centro de Audición y Comunicación en la promoción de importantes jornadas internacionales que abordan el ruido y la salud auditiva. Asimismo, colaboramos con *La Semaine du Son*, socio de la Comisión Internacional de Acústica en el marco del Año Internacional del

related to sound as an important component of our culture.

We believe that eventually we were successful in realizing the objectives of the *International Year of Sound* (IYS2020+) as we triggered the collaboration and communication among international institutions, universities, and smaller groups dealing with sound that, as we believe, will eventually strengthen the acoustics community in favor of the better use of sound for our lives.

Also, we triggered the collaboration of the *International Commission for Acoustics* (ICA) with important international organizations like the *World Health Organization*, again, in favor of the better use of sound for our health for our lives. And, in a more practical sense, the resources, videos, movies, and other applications, which were developed especially for the International Year of Sound will remain at the disposition of the people and the scientists in the future years.

So, once more, many thanks for your support and the collaboration for a successful International Year of Sound. We pass our season's greetings and our warmest wishes for a really better new year.

Thank you.

Michael Taroudakis

Sonido para la promoción de sus propias actividades relacionadas con el sonido como componente importante de nuestra cultura.

Creemos que, en última instancia, logramos alcanzar los objetivos del Año Internacional del Sonido, ya que logramos impulsar la colaboración y la comunicación entre instituciones internacionales, universidades y grupos más pequeños que se ocupan del sonido. A su vez, creemos que, eventualmente, esto permitirá fortalecer la comunidad acústica a favor del mejor uso del sonido para nuestras vidas.

Asimismo, impulsamos la colaboración de la Comisión Internacional de Acústica con importantes organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud, como dije, a favor de un mejor uso del sonido para nuestra salud. Además, en un sentido más práctico, los recursos, videos, películas y otras aplicaciones, que fueron desarrolladas especialmente para el Año Internacional del Sonido, permanecerán a disposición de las personas y los científicos en los próximos años.

Por todo ello, una vez más, deseo dar encarecidas gracias por todo su apoyo y colaboración en hacer del Año Internacional del Sonido todo un éxito. Les deseamos unas felices fiestas y extendemos nuestros más cálidos deseos para un nuevo año muchísimo mejor.

Muchas gracias.

Michael Taroudakis

El paradigma del Paisaje Sonoro y su operacionalización

Pablo Kogan¹

¹Departamento de Sonido, Universidad de Chile

Correo de contacto: pablo.kogan@uchile.cl

Resumen

El paradigma del Paisaje Sonoro considera al sonido como un recurso que puede ser gestionado, lo que abre las puertas a la optimización del sonido en el territorio. Esta gestión no sólo implica mitigar el ruido, sino que también promover aquellas fuentes sonoras positivas para la sociedad, el ambiente, la salud pública y la cultura. El Paisaje Sonoro representa un sistema complejo y dinámico compuesto de una multiplicidad de elementos interrelacionados. Estos elementos competen a distintos dominios del conocimiento y responden a diferentes escalas de tiempo y espacio. Este artículo sintetiza los fundamentos del paradigma del Paisaje Sonoro, presenta un Modelo Conceptual del Paisaje Sonoro que facilita su operacionalización para la investigación y discute criterios para la gestión de paisajes sonoros saludables en áreas verdes urbanas.

El presente trabajo está basado en la Tesis Doctoral “Acústica ambiental y el paradigma del Paisaje Sonoro: Investigación exploratoria en áreas verdes y otros espacios urbanos”, presentada por el autor ante la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, en 2018.

1 BASES DEL PARADIGMA DEL PAISAJE SONORO

El cambio de milenio trajo consigo la intensificación de la investigación del Paisaje Sonoro (“Soundscape”). Este incremento fue contemporáneo al virtual fracaso de planes de mitigación del ruido urbano en países desarrollados. Reducir los niveles sonoros en las ciudades no siempre es factible, sus costos son muy altos y, lo que es más importante, esta acción no siempre satisface a la población o incrementa su calidad de vida (Chung & To, 2011; *European Environment Agency*, 2014; Vogiatzis & Remy, 2014). Esta es una de las causas por las cuales durante las últimas dos décadas se ha comenzado a gestar un progresivo cambio de paradigma en la concepción del ruido comunitario. En este contexto, emerge el paradigma del Paisaje Sonoro (PPS), el cual propone soluciones innovadoras a la problemática del ruido en la ciudad (A. L. Brown, 2011; Raimbault & Dubois, 2005).

El PPS concibe al ambiente acústico en un sentido sistémico y es cauteloso de los aspectos humanos involucrados. Este paradigma, a diferencia del paradigma de la Contaminación Acústica, no fija al individuo como un receptor pasivo del ruido, sino que lo considera como parte activa y constituyente de su ambiente. Por otra parte, el paradigma del Paisaje Sonoro, a diferencia de su predecesor, no define al

sonido ambiental como un contaminante físico ni persigue el silencio como el fin ideal. El PPS reconoce la necesidad del sonido en la vida y el valor que éste puede tener en la sociedad, considerándolo como un *recurso*.

De este modo, el paradigma del Paisaje Sonoro apunta a la gestión y optimización del sonido en el espacio urbano, no sólo mitigando el ruido, sino que también promoviendo aquellas fuentes sonoras positivas para la sociedad, el ambiente, la salud pública y la cultura. El paradigma del Paisaje Sonoro implica el desarrollo de nuevos conceptos, métodos, técnicas, herramientas, procedimientos y normativas, cuya complejidad requiere ser abordada en forma interdisciplinaria. La investigación del Paisaje Sonoro conforma una nueva herramienta de apoyo a la gestión que contribuye a mejorar la calidad de vida de la población, permitiendo remediar ambientes acústicos existentes y diseñar la acústica de nuevos espacios urbanos.

2 LOS SERES VIVOS EN EL CENTRO DEL PARADIGMA

De acuerdo al paradigma del Paisaje Sonoro, las personas y el ambiente acústico son nutridos mutuamente. En este sentido, el carácter complejo del Paisaje Sonoro se manifiesta en que los seres y el medio ambiente están en constante interacción entre sí, representando una dupla acoplada (Beer, 2000).

Esta concepción supone una visión integral para el abordaje de la acústica en los ambientes abiertos, en los cuales no es suficiente caracterizar el Paisaje Sonoro sólo mediante mediciones físicas o simulaciones computacionales. La investigación de acuerdo al PPS, además de las técnicas objetivas convencionalmente empleadas por la acústica ambiental, integra herramientas de análisis subjetivo y cualitativo. La complementariedad de estas técnicas permite obtener mejores aproximaciones para la completa evaluación del ambiente acústico y sus interacciones con las personas (Raimbault, 2006).

El PPS considera central la percepción del ser humano, alineando incluso el desarrollo y aplicación de tecnologías en función de la misma. Desde la óptica del PPS, la percepción que tienen las personas del ambiente hace al Paisaje Sonoro, el cual, a su vez, no puede ser concebido sin la misma. La experiencia que tienen las personas en el ambiente está condicionada por factores individuales que se relacionan con el mismo, entre los que se encuentra la familiaridad, las actividades desarrolladas, las expectativas acústicas y la afinidad social. Estos factores individuales relacionados al ambiente se ven a su vez influenciados por aspectos intrínsecos a las personas, como la cultura, las características de su lugar de procedencia, el estado de ánimo, la sensibilidad al ruido, las características de su audición y las preferencias sonoras, entre otros. Todos estos factores forman parte de la vivencia del Paisaje Sonoro e influyen en su evaluación. De esta manera, el ser humano se encuentra en el centro del PPS y los métodos para el estudio del Paisaje Sonoro tienen que estar relacionados tanto con el ambiente, como con la experiencia en el mismo y con la mente de las personas (Schulte-Forkamp, 2010).

Los interactores del Paisaje Sonoro

En esta línea de investigación, a los individuos que componen el Paisaje Sonoro ambiental se los denomina *interactores* (Kogan et al., 2017). Los interactores son todos aquellos seres competentes para interactuar acústicamente con el ambiente, es decir, capaces de emitir sonidos, ya sea vocales o no, en reacción a su percepción sensorial o bien en función de otros procesos inherentes al individuo. La condición de interactivo está relacionada a la de agencia, teniendo la capacidad de tomar decisiones y de

accionar, pudiendo estas acciones modificar el Paisaje Sonoro de un ambiente dado (Chemero, 2011; Kogan, 2021). De acuerdo a esta concepción, los animales y algunos insectos también pueden ser considerados interactores (Wiseman, 2015).

3 EL PAISAJE SONORO COMO SISTEMA COMPLEJO

La complejidad de un sistema reside en la imposibilidad de simplificarlo (Morin, 2008). Rolando García (2006) postula que un *Sistema Complejo (SC)* es un *recorte de la realidad* (la que también es compleja), en el que sus elementos no son separables y, por lo tanto, no pueden ser estudiados aisladamente. Más aún, este autor sostiene que los elementos de un SC son *interdefinibles*, o sea que cada uno de ellos no puede ser definido sin los restantes elementos, sino que lo hacen mutuamente. Los elementos que integran un sistema constituyen *subsistemas*, los que muchas veces son, a su vez, unidades complejas. En un sistema complejo coexisten subsistemas de distinta naturaleza que pertenecen a diferentes dominios del conocimiento. La complejidad de un sistema radica en la heterogeneidad de naturalezas de sus subsistemas, pero, más aún, en las *interacciones* de estos subsistemas. Los sistemas complejos involucran fenómenos que tienen distintas escalas y, sin embargo, interactúan entre sí. Lo mismo puede decirse de los respectivos subsistemas y procesos internos del sistema. Los subsistemas y sus interacciones determinan la *estructura* del sistema, la que concierne a las relaciones entre “el todo” y las partes. La transformación en el tiempo de esta estructura representa la *dinámica* del sistema. Por tratarse de un recorte de la realidad, un Sistema Complejo tiene límites, o sea que existe un “afuera” y un “adentro”, lo cual, en las primeras aproximaciones al estudio del SC puede ser difícil de definir en forma precisa. Sin embargo, establecer los límites del sistema resulta necesario para poder acotar el objeto de estudio (García, 2006).

El Paisaje Sonoro involucra distintos subsistemas, procesos, fenómenos y dimensiones que pertenecen a diferentes dominios e interactúan entre sí. Por otro lado, las componentes del Paisaje Sonoro son interdefinibles y no pueden ser comprendidas aisladamente. La estructura del PS se transforma en el tiempo, imprimiéndole al sistema una dinámica que muchas veces es difícil de prever (Davies et al., 2013;

De Coensel, 2005; Liu et al., 2007). El Paisaje Sonoro está relacionado con procesos ambientales, físicos, biológicos, urbanos, sociales, culturales, psicológicos, políticos, económicos y tecnológicos (Brown, 2014; Cheshmehzangi & Heat, 2012; Davies et al., 2013; Galindo & Mauricio, 2016; Krause, 2008; Raimbault & Dubois, 2005; Yang & Kang, 2013).

4 PAISAJE SONORO E INTERDISCIPLINA

Un problema complejo, debido a que involucra diferentes dominios del conocimiento e interacciones entre los mismos, debe ser abordado en forma interdisciplinaria. Una sola disciplina no puede proveer de soluciones integrales a un problema complejo, ya que éste último la excede. Las soluciones a problemas complejos requieren que se aborden los mismos como una unidad, en la que sus subsistemas no pueden ser aislados de su contexto (García, 2006).

El enfoque sistémico que requiere un problema complejo para su abordaje se erige en base a múltiples miradas desde diferentes disciplinas, tanto en lo concerniente a la comprensión del problema, como a la construcción de posibles soluciones. Más aún, dichas soluciones no pueden componerse de la suma de aportes independientes provenientes de las distintas disciplinas (lo cual representaría un abordaje *multidisciplinario* en vez de *interdisciplinario*), sino que deben partir de un marco conceptual en común. Así, los integrantes de las distintas disciplinas que integran el equipo construyen juntos un enfoque común sobre el problema y sobre su solución (AAVV, 2005; Bammer, 2013).

De este modo, el Paisaje Sonoro representa un nuevo campo de estudio que integra a la acústica ambiental con disciplinas y prácticas concernientes al urbanismo, ingeniería, biología, medio ambiente, salud pública, psicología, arquitectura, paisajismo, ordenamiento territorial, gestión pública, transporte, economía, estadística, demografía, sociología y arte, entre otras.

El abordaje interdisciplinario necesario para el estudio del Paisaje Sonoro enriquece a la acústica ambiental, proveyéndole de nuevos puntos de vista, métodos, técnicas y herramientas. De esta manera, por medio de las investigaciones en Paisaje Sonoro, la acústica ambiental amplía sus horizontes, traspasando los límites de las prácticas clásicas, como las mediciones acústicas y las modelaciones del ruido urbano.

Por otra parte, el Paisaje Sonoro está presente en todas las regiones, por lo que se requiere no sólo de métodos interdisciplinarios para su abordaje, sino que también trans-culturales. Esto le imprime el desafío a los métodos de preservar los rasgos particulares de cada región y al mismo tiempo que estos métodos tengan validez universal.

5 MODELO CONCEPTUAL DEL PAISAJE SONORO

Los múltiples elementos y subsistemas que forman el Paisaje Sonoro como sistema complejo pueden ser organizados mediante un Modelo Conceptual, el que los alberga y los clasifica. De este modo, se representa al Paisaje Sonoro mediante un modelo que contiene tres grandes dominios o *entidades*: *el Ambiente Físico*, *el Ambiente Acústico* y *el Ambiente Experimentado*. Estas entidades contienen las múltiples variables y dimensiones involucradas en el Paisaje Sonoro. De acuerdo con este modelo, el Paisaje Sonoro emerge en el encuentro de las tres entidades, como se representa en la Figura 1 (Kogan et al., 2017).



Figura 1: Modelo Conceptual del Paisaje Sonoro
(Adaptado de Kogan et al., 2017).

Cada entidad está integrada a su vez por dos *componentes*, las que representan grupos de dimensiones organizadas según su naturaleza temática. La entidad Ambiente Físico (AF) representa el espacio material, circunscrito a límites geográficos. La entidad Ambiente Acústico (AE) representa el campo acústico y sus propiedades. La Entidad Ambiente Experimentado (AE) representa la experiencia del ambiente que tienen los interactores.

El Ambiente Físico

La Entidad Ambiente Físico (AF) está formada por dos componentes, las *Características Estables* y las *Características Transitorias*.

Características Estables: Características y rasgos distintivos del ambiente. Estas características permanecen aproximadamente estables en el tiempo (o bien cambian de modo cíclico y predecible). Estas características incluyen la delimitación geográfica, la morfología, la vegetación (presencia, distribución y tipo), espaciosidad, características urbanas, arquitectónicas, infraestructura, instalaciones, facilidades, uso del suelo, funciones establecidas para el ambiente, aspectos administrativos y de jurisprudencia y tipo de intermediaciones.

Características Transitorias: Características del ambiente variables el tiempo y estado del mismo en el momento de la adquisición de datos. Estas circunstancias incluyen la afluencia social, actividades realizadas, eventos, clima, calidad del aire, limpieza, presencia de animales, entre otros.

El Ambiente Acústico

La Entidad Ambiente Acústico (AA) comprende tanto la *emisión acústica* generada por las fuentes sonoras, como la *inmisión acústica* derivada de la misma en las posiciones receptoras. La emisión acústica puede tener lugar dentro o fuera del ambiente (donde se encuentren las fuentes sonoras), mientras que la inmisión tiene lugar dentro de ambiente evaluado.

Emisión Acústica: Fuentes sonoras presentes en el ambiente, características, ubicación, movimiento y variaciones temporales de las mismas.

Inmisión Acústica: Campo acústico medido en cada posición receptora dentro del ambiente. Comprende la energía acústica media, la dispersión temporal de esta energía, sus máximos y mínimos, contenido espectral, estructura temporal fina, diferencias interaurales de las ondas acústicas y todo descriptor objetivo del sonido en las posiciones de recepción.

El Ambiente Experimentado

La Entidad Ambiente Experimentado (AE) comprende, por una parte, la experiencia directa que tiene el interactivo en el ambiente y, por otra, los factores individuales que condicionan esta experiencia. De este modo, las dos componentes que integran el

AE son la relación *interactor-ambiente* y los *factores individuales*.

Interactor-Ambiente: Representa los aspectos subjetivos que relacionan al interactivo con el ambiente. La componente RIA comprende:

- La familiaridad del interactivo con el ambiente, hábitos de visita, motivaciones para asistir y actividades realizadas en el mismo.
- Expectativas acústicas sobre el ambiente.
- La percepción de las fuentes sonoras y de su grado de dominancia en el Paisaje Sonoro.
- La valoración y calificación del Paisaje Sonoro.
- La valoración visual y olfativa del ambiente.

Factores Individuales: Comprende los factores inherentes al individuo que pueden influir en la experiencia del ambiente. Estos factores incluyen información sociodemográfica (cultura, nivel educativo, ocupación, edad, sexo, lugar de procedencia, tipo de vivienda); perfil auditivo (salud auditiva, sensibilidad al ruido y a la música, condiciones acústicas en su vivienda, sonidos y paisajes sonoros de preferencia); estado emocional y físico.

Evaluación del Ambiente Experimentado

Las posibles metodologías de adquisición de datos del Ambiente Experimentado se clasifican de acuerdo a los siguientes criterios:

Situación: Lugar donde se realiza la adquisición de datos del AE, el que puede ser *in situ* o *ex situ*. La primera evalúa el Paisaje Sonoro en el ambiente real, mientras que la segunda se realiza fuera de contexto (usualmente en laboratorio).

Tipo de participantes: Los participantes que aportan datos del AE a la investigación pueden ser *endógenos* o *exógenos* al ambiente. Los participantes endógenos son aquellos que se encontraban espontáneamente en el ambiente en el momento de la evaluación, mientras que los participantes exógenos son introducidos en el ambiente a fines de la investigación. Aquellos participantes que experimentan el ambiente *in situ* son considerados *interactores* del Paisaje Sonoro.

Momento: El ambiente experimentado puede ser evaluado en el *tiempo real* o bien en *fora extemporánea*.

Tipo de experiencia: La experiencia del ambiente puede ser *genuina*, *adaptada*, *emulada* o *recordada*. Una

experiencia *genuina* es aquella que tiene lugar en contexto (espacial y temporal) por parte de los interactores que se encuentran espontáneamente en un ambiente (endógenos). Una experiencia ambiental *adaptada* es aquella que sucede in situ y en tiempo real pero los interactores fueron introducidos en el ambiente a fines de la investigación (exógenos). Una experiencia *emulada* es aquella en que los participantes simulan la experiencia del ambiente (usualmente tiene lugar en laboratorio y se emplean grabaciones de audio, fotografía y/o video). Una experiencia *recordada* es aquella en la que se evoca una experiencia del ambiente pasada.

Estrategia: La estrategia de adquisición de datos del ambiente experimentado puede ser *posiciones fijas (FL)* o bien *caminata sonora (SW)*. Una caminata sonora

consiste en una trayectoria llevada a cabo por los interactores (exógenos), los que escuchan con atención los sonidos presentes durante el recorrido y sus paradas.

La Tabla 1 sintetiza los criterios de clasificación descritos. Como se puede observar, las metodologías in situ pueden ser aplicadas tanto con interactores endógenos como con interactores exógenos al ambiente. La estrategia FL puede ser aplicada tanto con interactores exógenos como endógenos al ambiente, mientras que la estrategia SW puede ser aplicada sólo con interactores exógenos al ambiente. La Figura 2 muestra ejemplos de evaluación del Ambiente Experimentado por medio de ambas estrategias.

Tabla 1: Criterios de clasificación de las metodologías de adquisición de datos del ambiente experimentado. Los tipos de participantes indicados con (*) pueden considerarse “interactores”.

Situación	Tipo de participantes	Momento	Tipo de experiencia	Estrategia
IN SITU	endógenos*	tiempo real	genuina	FL
	exógenos*	tiempo real	adaptada	FL SW
EX SITU	exógenos	extemporáneo	emulada	-
			recordada	-

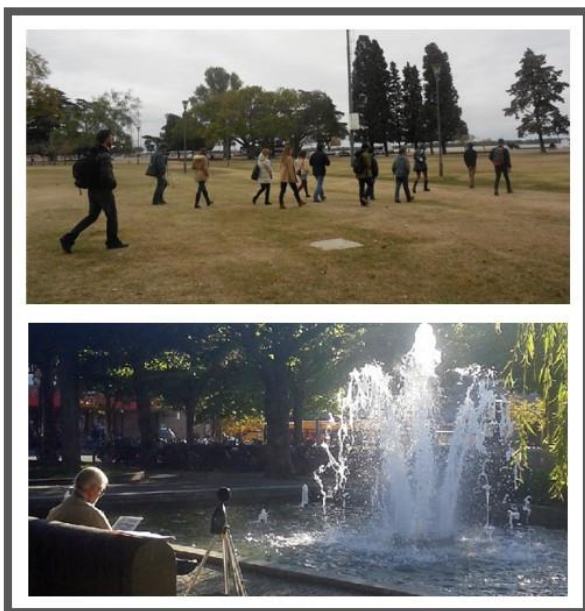


Figura 2. Evaluación del Ambiente Experimentado mediante Metodología Zamba, aplicando la estrategia de caminata sonora en parque del Monumento a la Bandera en Rosario, Argentina (foto superior); y la estrategia de posiciones fijas en una fuente de agua frente a la estación de trenes de Lund, Suecia (foto inferior) (Kogan et al., 2017; Turra et al., 2016).

6 METODOLOGÍA ZAMBA PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS

La Metodología Zamba (MZ) es una metodología para la adquisición sincronizada de datos multidimensionales del Paisaje Sonoro. La MZ está basada en el Modelo Conceptual descrito y brinda la posibilidad de un abordaje sistémico e interdisciplinario para el estudio del Paisaje Sonoro, en atención a los fundamentos del paradigma descrito. De esta manera, las dimensiones del Paisaje Sonoro contenidas en las entidades y componentes definidas a partir del Modelo Conceptual pueden ser adquiridas in situ mediante diferentes técnicas complementarias entre sí y sincronizadas, que incluyen encuestas, mediciones acústicas, grabaciones de audio, video 360 y fotografía. Esta metodología fue aplicada originalmente para su testeo y ajuste en 30 ambientes de cuatro ciudades: Córdoba y Rosario de Argentina, Valdivia de Chile y Lund de Suecia (Kogan et al., 2017). El procedimiento in situ para la aplicación de la Metodología Zamba se esquematiza en la Figura 3. Las diferentes técnicas de adquisición de datos se sincronizan entre sí:

mediciones acústicas, audio binaural (B), audio en calidad de medición (S), fotografía, video 360° y la parte B del cuestionario, que es la correspondiente a la componente Interactor-Ambiente del Modelo Conceptual. La Parte A del cuestionario corresponde a la componente Factores Individuales y se recopila en forma previa, durante la preparación del instrumental

para los registros. La Figura 4 esquematiza un ejemplo de configuración espacial sugerida tanto para el instrumental de registro como para los integrantes del equipo de investigación, respecto de la ubicación de los interactores. El artículo original incluye un procedimiento detallado para su aplicación (Kogan et al., 2017).

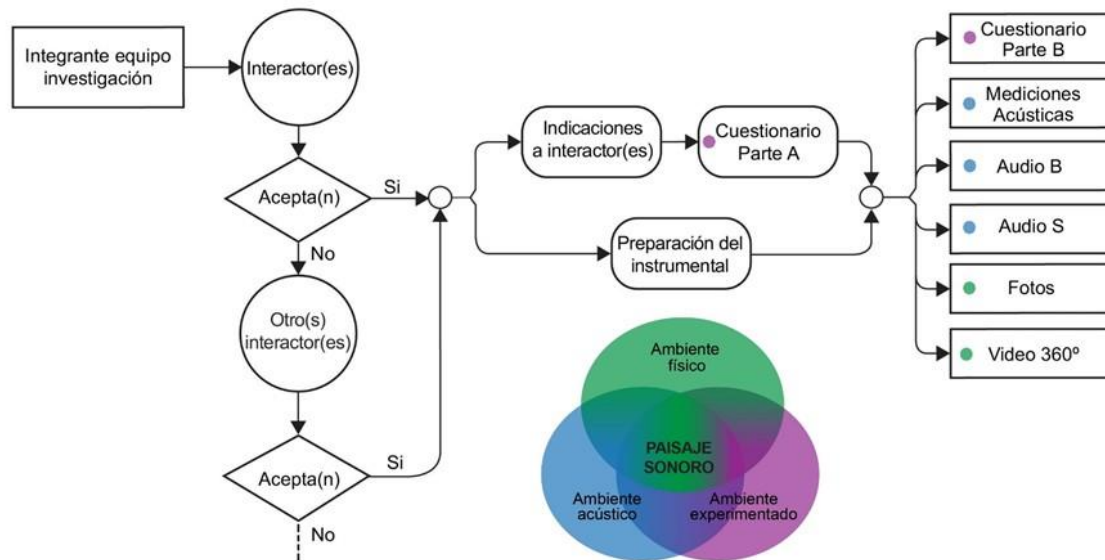


Figura 3: Procedimiento in situ para la aplicación de la Metodología Zamba mediante la estrategia FL. El color de cada punto se asocia a la entidad del Modelo Conceptual a la que corresponde cada técnica de adquisición de datos. Adaptado de Kogan et al. (2017).

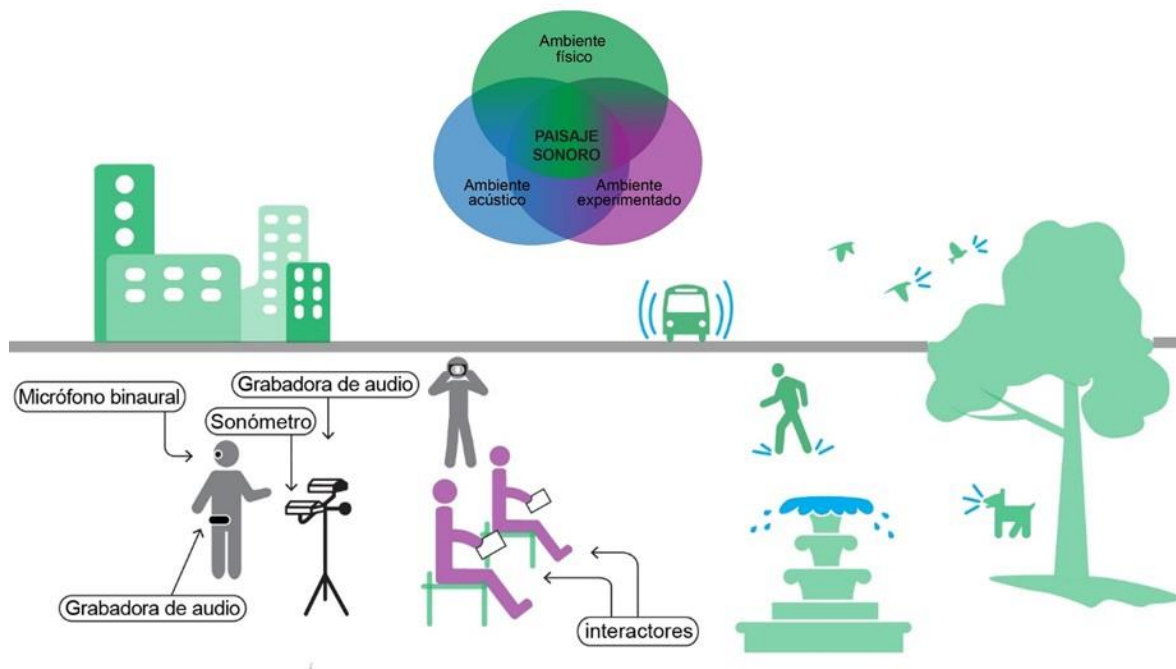


Figura 4: Ejemplo sugerido de disposición del instrumental y ubicación de los integrantes del equipo de investigación para la aplicación de la Metodología Zamba. Los colores de los elemento representan las entidades del Modelo Conceptual. Adaptado de (Kogan et al., 2017)

7 GESTIÓN DEL PAISAJE SONORO

La investigación del Paisaje Sonoro conforma la base para la gestión de las fuentes sonoras en la ciudad, posibilitando preservar aquellas que son de interés y mitigar, regular o reubicar aquellas con impactos negativos sobre la salud pública.

La gestión del Paisaje Sonoro está íntimamente ligada a la planificación urbana, la cual considera, por un lado, la remediación de ambientes existentes y, por el otro, el diseño de futuros ambientes (Brown, 2014). Por otra parte, la adecuada gestión del Paisaje Sonoro requiere de la articulación de diferentes estamentos de la sociedad: la administración pública, la universidad, la ciudadanía y la empresa (Cost Action, 2013).

La gestión de los ambientes sonoros adquiere mayor alcance y sostenibilidad cuando se complementa con prácticas relacionadas a otros aspectos del ambiente, concibiendo a éste como una unidad (Brown, 2014). La articulación de estas prácticas requiere del trabajo interdisciplinario y puede apoyarse en herramientas tecnológicas que facilitan la integración de las múltiples variables y sus interacciones, como lo son por ejemplo los Sistemas de Información Geográfica (GIS). Los GIS operan como bases de datos relacionales en las cuales toda la información se encuentra geo-referenciada mediante un sistema de proyección de coordenadas en común. Estos programas permiten la generación de múltiples mapas temáticos, o capas, sobre un mismo espacio territorial, lo que brinda la posibilidad de cruzar, analizar y visualizar las variables dentro de la zona de estudio (Kogan et al., 2020; Olaya, 2011).

En función de su naturaleza interdisciplinaria, los estudios del Paisaje Sonoro pueden ser empleados para la gestión y preservación del ambiente natural, brindando información útil respecto de las interacciones entre el sonido, la fauna y el entorno. Por medio de la comprensión y adecuada gestión del Paisaje Sonoro en áreas silvestres puede protegerse la biodiversidad y los ecosistemas que son altamente vulnerables al ruido de origen antrópico (Farina, 2014). La gestión interdisciplinaria del Paisaje Sonoro representa una herramienta clave para la planificación urbana y el desarrollo sostenible del ambiente construido. Por medio de la investigación aplicada de los paisajes sonoros se puede aportar a prácticas de ordenamiento territorial y zonificación urbana, gestión del transporte, áreas verdes y zonas de esparcimiento,

entre otras. Por otra parte, el Paisaje Sonoro representa un campo fértil de estudio para el diseño de espacios urbanos más saludables para la población (Brown, 2011; Kogan, 2017).

En este sentido, el Paisaje Sonoro puede ser diseñado, lo cual representa un ejercicio que permite proyectar la acústica ambiental en espacios abiertos. De este modo, pueden diseñarse ambientes acústicos que favorezcan el desarrollo de actividades específicas en cada espacio. En esta línea, los beneficios para la salud y el bienestar de la población configuran un punto de partida tanto para el diseño de nuevos paisajes sonoros urbanos como para la remediación de los existentes. De esta manera, los paisajes sonoros pueden ser diseñados, no sólo para ofrecer ambientes acústicos coherentes con las actividades a desarrollarse, sino que también para incrementar la calidad de vida de las personas, minimizando los efectos nocivos del ruido, favoreciendo el equilibrio psicológico y regulando el estrés poblacional.

Sonidos naturales e Índice Verde

La bibliografía científica indica que los paisajes sonoros en los que predomina la percepción de fuentes sonoras naturales son favorables para la salud y el bienestar de las personas. Las experiencias inmersivas en paisajes sonoros naturales pueden ayudar a la recuperación del estrés, a un descanso más reparador, a mejorar la concentración, a procesar las emociones y al pensamiento complejo, entre otros beneficios (Andringa & Lanser, 2013; van Kamp et al., 2016; Yang & Kang, 2013; Zhang et al., 2017). En este sentido, las áreas verdes urbanas en las que predominan los sonidos naturales pueden desempeñar un rol clave en la salud pública aledaña, en un trabajo previo se brinda una recopilación de antecedentes en la materia (Kogan, 2019).

Una de las fuentes sonoras naturales que juega un papel relevante en el Paisaje Sonoro es el agua en movimiento. Los sonidos provenientes del agua pueden tener efectos favorables tanto en el Ambiente Acústico como en el Ambiente Experimentado (Kogan et al., 2014). En cuanto a este último, se reportan beneficios en la salud psíquica y la concentración, así como en la sensación de bienestar (Jeon et al., 2012; Tedja & Tsaih, 2015; Watts et al., 2009). Los efectos del sonido del agua son complementados con las demás percepciones

sensoriales, como la información visual, olfativa y térmica (Galbrun & Calarco, 2014; Jeon et al., 2011). Por otro lado, el sonido del agua modifica el Ambiente Acústico y puede enmascarar parcial o totalmente a los ruidos indeseados, especialmente el proveniente del tráfico. La extensión del enmascaramiento depende de las frecuencias y energía emitidas por el agua cayendo o fluyendo, en relación a las características del ruido a enmascarar (Nilsson et al., 2010).

A fin de cuantificar la medida en que los sonidos naturales son percibidos en relación al ruido vehicular escuchado en las ciudades, en 2018 se propuso el *Índice Verde del Paisaje Sonoro* (Green Soundscape Index - GSI), el que se define como el balance percibido entre la presencia de sonidos naturales y la presencia de ruido de tráfico. El Índice Verde ha sido aplicado en diversos espacios urbanos y mostró una alta correlación con la calidad del Paisaje Sonoro, la que se refleja tanto en indicadores objetivos como subjetivos (Kogan et al., 2018).

Criterio HeReS para la gestión de Paisajes Sonoros saludables

Recientemente, se desarrolló un criterio para el reconocimiento y la gestión de paisajes sonoros potencialmente restauradores de la salud en áreas verdes urbanas. Este criterio se denomina *HeReS-C* (potential Health Restoration Soundscapes Criteria) y se propuso como resultado de una investigación llevada a cabo en 21 plazas y parques de Argentina, Chile y Suecia (Kogan et al., 2021). El HeReS-C está basado en cinco condiciones que deben cumplirse para que el Paisaje Sonoro sea potencialmente restaurador de la salud: 1) Que en el ambiente estudiado predominen los elementos naturales, como árboles, plantas, césped, lagunas o fuentes de agua; 2) Que los niveles de ruido tecnológico, como tráfico, maquinaria y celulares no superen ciertos umbrales; 3) Que predomine la percepción de sonidos naturales por sobre el resto de los sonidos; 4) Que la valoración subjetiva del paisaje sonoro por parte de los interactores sea positiva y que la misma se encuentre en el rango señalado dentro del modelo perceptual, y; 5) Que exista coherencia entre las expectativas acústicas de los usuarios y adecuado balance entre el paisaje sonoro, el paisaje visual y la percepción olfativa. Estas cinco condiciones son evaluadas mediante mediciones acústicas, grabaciones audiovisuales y

encuestas, de acuerdo al procedimiento descrito en el artículo, en el que se indican los valores umbrales que debe alcanzar cada una de las variables para que los paisajes sonoros sean clasificados como potencialmente restauradores de la salud (Kogan et al., 2021).

REFERENCIAS

- Andringa, T. C., & Lanser, J. J. L. (2013). How pleasant sounds promote and annoying sounds impede health: A cognitive approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10(4), 1439-1461.
<https://doi.org/10.3390/ijerph10041439>
- Autores varios. (2005). *Facilitating Interdisciplinary Research*. National Academies Press.
- Bammer, G. (2013). *Disciplining Interdisciplinarity*. ANU Press.
<http://press.anu.edu.au/publications/disciplinin-g-interdisciplinarity>
- Beer, R. D. (2000). Dynamical approaches to cognitive science. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(3), 91-99.
[https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(99\)01440-0](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(99)01440-0)
- Brown, A. L. (2011). Soundscapes & soundscapes planning. *Proceedings of the International Congress on Sound & Vibration 18*, Rio de Janeiro.
- Brown, L. (2014, noviembre 16). *Soundscape planning as a complement to environmental noise management*. Inter-noise 2014, Melbourne, Australia.
- Chemero, A. (2011). *Radical Embodied Cognitive Science*. MIT Press.
- Cheshmehzangi, A., & Heat, T. (2012). Urban Identities: Influences on Socio-Environmental Values and Spatial Inter-Relations. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 36, 253-264.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.03.028>
- Chung, A., & To, W. (2011). NM2: Noise Mapping and Monitoring. *Technical Acoustics*, 30(2), 172-162.
<http://dx.doi.org/10.3969/j.issn1000-3630.3011.01.012>
- Davies, W. J., Adams, M. D., Bruce, N. S., Cain, R., Carlyle, A., Cusack, P., Hall, D. A., Hume, K. I., Irwin, A., Jennings, P., Marselle, M., Plack, C. J., & Poxon, J. (2013). Perception of soundscapes: An interdisciplinary approach. *Applied Acoustics*, 74(2), 224-231.
<https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2012.05.010>

- De Coensel, B. (2005). *Dynamics in the soundscape*. Sixth FirW PhD Symposium, Faculty of Engineering, Ghent University, Ghent. http://www.academia.edu/13163951/Dynamics_in_the_soundscape
- Farina, A. (2014). *Soundscape Ecology: Principles, Patterns, Methods and Applications* (Wageningen UR Library). Springer Netherlands. <http://edepot.wur.nl/281488>
- Galbrun, L., & Calarco, F. M. A. (2014). Audio-visual interaction and perceptual assessment of water features used over road traffic noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 136(5), 2609-2620. <https://doi.org/10.1121/1.4897313>
- Galindo, C., & Mauricio, E. (2016). *El Paisaje Sonoro Como Aproximación a la Conciencia del Patrimonio Ancestral Muisca de Suacha*. <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/3449>
- García, Rolando. (2006). *Sistemas complejos*. Gedisa.
- Jeon, J. Y., Lee, P. J., Hong, J. Y., & Cabrera, D. (2011). Non-auditory factors affecting urban soundscape evaluation. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 130(6), 3761-3770. <https://doi.org/10.1121/1.3652902>
- Jeon, J. Y., Lee, P. J., You, J., & Kang, J. (2012). Acoustical characteristics of water sounds for soundscape enhancement in urban open spaces. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 131(3), 2101-2109. <https://doi.org/10.1121/1.3681938>
- Kang, J., Chourmouziadou, K., Sakantamis, K., Wang, B., & Hao, Y. (2013). *Soundscape of European Cities and Landscapes* (COST Action Final Report COST TUD Action TD0804; COST Action, p. 380). Soundscape-COST.
- Kogan, P. (2017). *Acústica Ambiental y el Paradigma del Paisaje Sonoro: Investigación exploratoria en áreas verdes y otros espacios urbanos* [Doctoral]. Universidad Nacional de Córdoba.
- Kogan, P. (2019). Beneficios para la Salud del Paisaje Sonoro en Áreas Verdes Urbanas. En M. G. Orozco & A. E. Gonzalez (Eds.), *Ruido, Salud y Bienestar: Visión, análisis y perspectivas en Latinoamérica* (pp. 59-74). Universidad de la República.
- Kogan, P. (2021). *Paisaje Sonoro y Patrimonio—Apuntes de Cátedra*. Departamento de Sonido, Universidad de Chile.
- Kogan, P., Arenas, J. P., Bermejo, F., Hinalaf, M., & Turra, B. (2018). A Green Soundscape Index (GSI): The potential of assessing the perceived balance between natural sound and traffic noise. *Science of The Total Environment*, 642, 463-472. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.023>
- Kogan, P., Donda, L., Turra, B., Acha, N., & Contrera, H. (2020). *Construcción de mapas multidimensionales de Paisaje Sonoro mediante Sistemas de Información Geográfica*. Ingeacus 2020, Valdivia, Chile.
- Kogan, P., Gale, T., Arenas, J. P., & Arias, C. (2021). Development and application of practical criteria for the recognition of potential Health Restoration Soundscapes (HeReS) in urban greenspaces. *Science of The Total Environment*, 793, 148541. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148541>
- Kogan, P., Turra, B., Arenas, J. P., & Hinalaf, M. (2017). A comprehensive methodology for the multidimensional and synchronic data collecting in soundscape. *Science of The Total Environment*, 580, 1068-1077. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.12.061>
- Kogan, P., Turra, B., Boiero, G., & Pérez, J. (2014). ¿Más nivel sonoro es siempre perjudicial? Rol del agua en el paisaje sonoro urbano. En J. P. Arenas (Ed.), *Actas del IX Congreso Iberoamericano de Acústica*. Instituto de Acústica, Universidad Austral de Chile.
- Krause, B. (2008). Anatomy of the Soundscape: Evolving Perspectives. *Journal of the Audio Engineering Society*, 56(1/2), 73-80.
- Liu, J., Dietz, T., Carpenter, S. R., Alberti, M., Folke, C., Moran, E., Pell, A. N., Deadman, P., Kratz, T., Lubchenco, J., Ostrom, E., Ouyang, Z., Provencher, W., Redman, C. L., Schneider, S. H., & Taylor, W. W. (2007). Complexity of Coupled Human and Natural Systems. *Science*, 317(5844), 1513-1516. <https://doi.org/10.1126/science.1144004>
- Morin, E. (2008). *La méthode*. Seuil.
- Nilsson, M. E., Alvarsson, J., Radsten-Ekman, M., & Bolin, K. (2010). Auditory masking of wanted and unwanted sounds in a city park. *Noise Control Engineering Journal*, 58(5), 524-531.
- Noise in Europe 2014 (Publication EEA Report No 10/2014; EEA Report). (2014). European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/publications/noise-in-europe-2014>

- Olaya, V. (2011). *Sistemas de Información Geográfica* (Versión 1.0). http://wiki.osgeo.org/wiki/Libro_SIG.
- Raimbault, M. (2006). Qualitative Judgements of Urban Soundscapes: Questionning Questionnaires and Semantic Scales. *Acta Acustica united with Acustica*, 92(6), 929-937.
- Raimbault, M., & Dubois, D. (2005). Urban soundscapes: Experiences and knowledge. *Cities*, 22(5), 339-350. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2005.05.003>
- Schulte-Forkamp, B. (2010). Soundscape and soundscape design – tuning the new ecology using the expertise of people’s mind. *Institute of Fluid Mechanics and Engineering Acoustics*, TU Berlin.
- Tedja, Y. W., & Tsaih, L. (2015). Water soundscape and listening impression. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 138(3), 1750-1750. <https://doi.org/10.1121/1.4933525>
- Turra, B., Kogan, P., & Bartolino-Luna, A. (2016). Una caminata sonora en la ciudad de Rosario, Argentina. En Federico Miyara (Ed.), *XIII Congreso Argentino de Acústica AdAA 2015—Actas*. Asociación de Acústicos Argentinos.
- van Kamp, I. van, Klæboe, R., Brown, A., & Lercher, P. (2016). Soundscapes, Human Restoration, and Quality of Life. *Proceedings of the 45th Inter-Noise*. Internoise 2016, Hamburg. https://www.researchgate.net/publication/299641627_Soundscapes_Human_Restoration_and_Quality_of_Life
- Vogiatzis, K., & Remy, N. (2014). From environmental noise abatement to soundscape creation through strategic noise mapping in medium urban agglomerations in South Europe. *Science of The Total Environment*, 482–483, 420-431. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.07.098>
- Watts, G. R., Pheasant, R. J., Horoshenkov, K. V., & Ragonesi, L. (2009). Measurement and Subjective Assessment of Water Generated Sounds. *Acta Acustica united with Acustica*, 95(6), 1032-1039. <https://doi.org/10.3813/AAA.918235>
- Wiseman, S. (2015). Soundscape response in animals. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 138, 1749-1749. <http://dx.doi.org/10.1121/1.4933520>
- Yang, M., & Kang, J. (2013). Psychoacoustical evaluation of natural and urban sounds in soundscapes. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 134(1), 840-851. <https://doi.org/10.1121/1.4807800>
- Zhang, Y., Kang, J., & Kang, J. (2017). Effects of Soundscape on the Environmental Restoration in Urban Natural Environments. *Noise & Health*, 19(87), 65-72. https://doi.org/10.4103/nah.NAH_73_16

Restauración acústica del Teatro Colón de Buenos Aires, Argentina (2004-2010)

Gustavo Basso¹

¹ Instituto de Investigación en Producción y Enseñanza del Arte Argentino y Latinoamericano IPEAL, Facultad de Artes de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

1 INTRODUCCIÓN

Entre los años 2004 y 2010 se realizaron trabajos de restauración y puesta en valor del edificio del Teatro Colón de la Ciudad de Buenos Aires, que comprendieron tres áreas bien definidas: el edificio histórico, la plaza y la caja escénica. La oportunidad de dicha intervención estaba basada en las tareas de restauración necesarias tras casi 100 años de uso continuo, en la una conveniente actualización tecnológica y, quizá lo más importante, en fortalecerlo contra eventuales siniestros, en particular incendios. La condición de fondo para la puesta en valor fue preservar la reconocida calidad acústica de la gran sala lírica del teatro.

El Teatro Colón comenzó a construirse en el año 1889 a partir de un proyecto original del arquitecto Francisco Tamburini, quien falleció en el año 1891. Lo sucedió su colaborador y colega Víctor Meano y, al morir Meano en 1904, el arquitecto belga Jules Dormal, que concluye la obra. El Teatro Colón se inauguró el 25 de mayo de 1908.

La sala principal cumple con las características generales del teatro italiano clásico con planta en herradura. Tiene una capacidad total de 2.478 localidades, a los que se le pueden agregar unas 500 personas de pie. La platea tiene 29,25 m de ancho máximo, 32,65 m de largo y el cielorraso está a 28 metros de altura. La planta está bordeada de palcos abiertos, en estilo francés, hasta el tercer piso. A partir de dicho nivel se ubican las localidades de Cazuela, Tertulia, Galería y Paraíso. En total siete niveles por encima de la platea, que presenta una suave pendiente. El escenario tiene 35,25 m de ancho, 34,50 m de profundidad y 48 metros de altura. Su piso presenta una inclinación de tres centímetros por metro y posee un disco giratorio de 20,30 m que permite cambiar rápidamente las escenas. El foso de la orquesta, enmarcado por los palcos del arco del proscenio, tiene una capacidad para 100 músicos.

La idea de que el Colón posee una acústica extraordinaria circula desde hace mucho tiempo entre músicos y especialistas. Se había instalado a partir de comentarios aislados, de dichos de procedencia incierta y de unos pocos juicios realmente fundados. Las pocas opiniones realmente confiables provenían de músicos que, a partir de una carrera internacional, podían comparar la acústica del Colón con la de una buena cantidad de teatros de ópera de primera línea.

La calidad acústica se establece a partir de lo que perciben los oyentes. Sus opiniones y juicios no pueden ser reemplazados, por ejemplo, con los resultados de mediciones físicas. La única manera de establecer una lista ordenada de teatros de ópera de acuerdo a su calidad acústica es realizar encuestas con oyentes que conozcan dichos teatros y analizarlas con métodos estadísticos. Dicho trabajo fue realizado por el Beranek e Hidaka y publicado en el año 2000, que encuestaron a personas que conocían una gran cantidad de teatros de ópera en todo el mundo. Lograron reunir las opiniones de 22 destacados directores de orquesta que respondieron un cuestionario sobre la calidad acústica de las salas de ópera que conocían. Las calificaron dentro de una escala de cinco valores: mala, pasable, buena, muy buena y “una de las mejores”. El trabajo establece que el Colón no solamente figura entre los mejores teatros de ópera, sino que ocupa un primer lugar bien distanciado del resto. Como corolario, en otro artículo, publicado en noviembre de 2003, Leo Beranek repite la metodología anterior y clasifica los auditorios para música sinfónica según su calidad acústica. Aquí el Teatro Colón se ubica entre los tres mejores, junto a dos salas construidas específicamente para ese fin: la *Grosser Musikvereinssaal* de Viena y el *Symphony Hall* de Boston. El Teatro Colón ocupa, por su acústica, un lugar único entre las salas para música del mundo y es precisamente esta calidad acústica la que se debía preservar durante los trabajos de restauración y puesta en valor.

2 PRESERVACIÓN DE LA CALIDAD ACÚSTICA DEL TEATRO COLÓN

En este caso se trató de preservar el comportamiento acústico de una sala existente. Por lo tanto, el primer paso consistió en conocer tan profundamente como fuera posible la sala tal como funcionaba antes del comienzo de los trabajos de restauración.

Para realizar esta tarea se emplearon diferentes fuentes de información:

- Planos de arquitectura actualizados.
- Archivos históricos del teatro.
- Estudios acústicos previos.
- Mediciones acústicas de la sala (modelo 1:1).
- Simulaciones digitales de la sala.
- Análisis auditivos realizados por músicos y especialistas.

A partir de este material se decidió sobre la factibilidad de cada una de las acciones previstas durante las tareas de restauración. A modo de ejemplo, se rechazaron las propuestas de modificación de los muros históricos de la capilla de escenario y el reemplazo de las rejillas originales de inyección de aire de platea por otras de mejor distribución y eficiencia térmica. En resumen, se preservó en su totalidad la geometría de la sala - decisión que incluyó las inclinaciones de los pisos de platea y escenario y la estructura de la caja escénica original. La intervención, en lo que respecta a la acústica de la sala, debía ser técnicamente reversible.

El comportamiento acústico del teatro no fue siempre el mismo. Hasta la década de 1930 se lo consideró de baja calidad acústica, calificación que cambió a partir de la instalación de los textiles definitivos previstos en el proyecto original. El foso de orquesta sufrió varias modificaciones a lo largo del siglo XX y, en las décadas de 1960 y 1970, se realizaron modificaciones de importancia en los sectores de talleres y servicios que rodean la sala lírica y se instaló un moderno sistema de aire acondicionado. De acuerdo con la Carta de Venecia (ICOMOS, 1964), un edificio patrimonial debe restaurarse a la condición en la que se encontraba durante su último hecho histórico relevante. Se consideró, en este caso, que todos los eventos artísticos ocurridos en la sala -óperas, ballets, conciertos- fueron eventos históricos significativos. Los últimos antes de la intervención ocurrieron en el año 2006: la “fotografía acústica” tomada en ese año sería el modelo acústico a preservar.

3 METODOLOGÍA

La metodología empleada se puede dividir en las siguientes etapas:

1. Diagnóstico del estado acústico previo al comienzo de las tareas de restauración. Realización de mediciones del campo acústico en base a la norma ISO 3382, registro de respuestas al impulso de banda ancha en todos los pares emisor/receptor.
2. Elaboración de un modelo acústico digital para control del proceso de desarme-armado de la sala.
3. Mediciones acústicas de la sala durante su desarme secuenciado.
4. Medición en laboratorio de las características acústicas de los componentes y materiales retirados de la sala.
5. Medición en laboratorio de las características acústicas de los componentes y materiales a incorporar en reemplazo de los retirados de la sala.
6. Mediciones acústicas de la sala durante su rearmado secuenciado.
7. Medición final con la sala completamente equipada y puesta en valor.
8. Comparación de las mediciones mencionadas en la etapa 1 (condición inicial) y en la etapa 7 (condición final)

4 MEDICIONES DEL CAMPO ACÚSTICO DE LA SALA

Entre junio y diciembre de 2006 se realizaron las mediciones acústicas del estado de la sala previo a la intervención. Fueron realizadas por el Instituto IADAE, bajo supervisión de los asesores acústicos responsables de las obras y certificadas por el Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). Se empleó una fuente omnidireccional normalizada (dodecaedro) y los micrófonos de medición se ubicaron en 21 posiciones diferentes. Los resultados de dichas mediciones fueron usados como referencia base para toda la obra de puesta en valor (la “fotografía inicial”).

Durante el desarme escalonado de la sala se realizaron mediciones parciales bajo norma ISO 3382 -Tiempo de Reverberación (T30) e intensidad estandarizada (G) en platea, palcos y niveles superiores-. En total 8 mediciones parciales luego de cada una de las siguientes acciones:

- Retiro de las butacas de platea
- Retiro de las alfombras de platea
- Retiro de las butacas de niveles superiores
- Retiro de las sillas de palcos y banquetas de los antepalcos
- Retiro de los cortinados de palcos
- Retiro de las alfombras de palcos
- Retiro de los cortinados de accesos
- Retiro de las alfombras del Paraíso

Dicha secuencia se invirtió durante el rearmado de la sala. El objetivo fue el de comparar cada par de mediciones asociadas para detectar cualquier desvío acústico y corregirlo antes de pasar a la etapa siguiente. Secuencia de mediciones durante el armado escalonado de la sala consistió en 8 mediciones parciales luego de cada una de las siguientes acciones:

- Colocación de la alfombra de Paraíso
- Colocación de Cortinados de accesos
- Colocación de las alfombras de palcos
- Colocación de los cortinados de palcos
- Colocación de las sillas de palcos y banquetas del antepalco
- Colocación de las butacas de los niveles superiores
- Colocación de las alfombras de la platea
- Colocación de las butacas de platea

5 MEDICIONES EN LABORATORIO

Las muestras de los elementos retirados de la sala se midieron en el Laboratorio de Acústica y Luminotecnia (LAL-CIC) de la Provincia de Buenos Aires. Se empleó en casi todos los casos el método de medición de la absorción acústica en cámara reverberante -Norma IRAM 4065/95 o ISO 354. En algunos casos también se empleó también el método del tubo de ondas estacionarias -tubo de Kundt- para realizar mediciones preliminares.

Los materiales originales y los nuevos materiales de reemplazo fueron medidos en idénticas condiciones y debieron cumplir con las condiciones acústicas impuestas en el proyecto.

6 SIMULACIONES DIGITALES DE LA SALA

Para poder responder a las propuestas realizadas por el equipo de arquitectos y asesores a cargo de la obra fue necesario elaborar un modelo digital de la sala. Este modelo permitió simular virtualmente las modificaciones geométricas -eliminación o alteración

de paredes, revestimientos, etc.- y de comportamiento acústico de los materiales propuestos -absorción, difusión, distribución, etc.- sin necesidad de intervenir la sala real. El modelo fue calibrado cuidadosamente a partir de los resultados de las mediciones 1:1 de la sala realizadas en el año 2006 y de las mediciones en laboratorio de los textiles. Durante el test de verificación se pudieron reproducir con precisión los parámetros definidos por la norma ISO 3382.

A partir de los resultados de las simulaciones se elaboraron alternativas de intervención y se desestimaron numerosas propuestas que hubieran alterado la calidad acústica de la sala. A su vez, el modelo fue ampliamente utilizado para predecir el efecto acústico del cambio de los textiles y decidir la factibilidad de cada reemplazo.

7 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El día 31 de marzo de 2010 se realizó la última serie de mediciones, con la sala en las mismas condiciones que presentaba en el año 2006 antes del comienzo de las obras. La metodología, el instrumental y el equipo de especialistas intervinientes fueron los mismos en todos los casos. Las condiciones ambientales similares -temperatura, humedad relativa, etc.- permitieron realizar una comparación efectiva de los resultados.

La diferencia entre los valores de los parámetros ISO 3382 medidos antes y después de la puesta en valor estuvieron, en todos los casos, muy por debajo del límite de error aceptable definido por la asesoría en acústica, que fueron más estrictos que los límites de la percepción auditiva humana exigidos en la norma de referencia.

Como conclusión general, se puede decir que se adoptaron criterios extremadamente prudentes que incluyeron la preservación de la geometría completa de la sala y un cuidadoso control de los elementos y materiales que reemplazaron, en los mismos lugares, a los originales. El control del proceso descansó en una batería de mediciones avaladas con la presencia y actuación de instituciones de prestigio, cuyos valores muestran que no se modificaron las características acústicas de la sala durante los trabajos de puesta en valor. Como corolario, se pudo mantener el principio general que establecía que la totalidad de la Intervención acústica debía resultar, técnicamente, reversible.

REFERENCIAS

- AAVV (2004). Pliego de Especificaciones Técnicas (PET) - Acústica - Gobierno de la ciudad de buenos aires – Teatro Colón.
- Norma IRAM 4065/95. Acústica. Medición de absorción de sonido en sala reverberante. Instituto Argentino de Normalización y Certificación IRAM
- Norma ISO 3382-1:2009. *Acoustics - Measurement of room acoustic parameters—Part 1: performance spaces*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- Basso, G. (2012). *La acústica del Teatro Colón de Buenos Aires y su preservación*, en *Proceedings of the 10th AES Brazil Conference, São Paulo, Brasil*.
- Basso, G. (2017). Acoustical evaluation of the Teatro Colón of Buenos Aires, en *Proc. Mtgs. Acoust.* 30, 015014, Acoustical Society of America.
- Basso, G. (2019). The Teatro Colón in Buenos Aires as a Double-Function Hall, en *Proceedings of the ICA 2019 and EAA Euroregio: 23rd International Congress on Acoustics*, proceedings editor: Martin Ochmann, Michael Vorländer, Janina Fels. Aachen, Alemania.
- Beranek, L. (2003). Subjective Rank-orderings and Acoustical Measurements for Fifty-Eight Concert Halls, en *Acta Acustica*, vol. 89, 494-508.
- Canalis, I. y Basso, G. (2008). Evaluación de la calidad acústica del Teatro Colón de Buenos Aires, en *Actas del VI Congreso Iberoamericano de Acústica FLA 2008*, Buenos Aires.
- Haedo, A., Sánchez Quintana, R. y Basso, G. (2008). Preservación de la calidad acústica del Teatro Colón de Buenos Aires durante los recientes trabajos de restauración, en *Actas del VI Congreso Iberoamericano de Acústica FLA 2008*, Buenos Aires.
- Haedo, A., Sánchez Quintana, R. y Basso, G. (2010). Preservation of the Acoustical Quality of the Teatro Colón of Buenos Aires, en *The Journal of the Acoustical Society of America* 128, 2275 (2010).
- Hidaka, T y Beranek, L. (2000). Objective and subjective evaluations of twenty-three opera houses in Europe, Japan, and the Americas, *Journal of the Acoustical Society of America*, 107 (1), 368-383.
- Meano, V. (1892). El nuevo Teatro Colón, en *Especificaciones y detalles de construcción y ornamentación*. Cap. “Condiciones acústicas”, Bs. As. Argentina. Ed. Kraft.

Remodelación Acústica del Teatro Solís de Montevideo

El Teatro de Ópera más Antiguo de toda América en Funcionamiento

Ing. Alberto Haedo¹

¹Consultor en Acústica, Control de Ruido y Vibraciones, Paraguay 2586, 6º, (1425) Buenos Aires, Argentina
Correo de contacto: ahaedo2@gmail.com

El Teatro Solís de Montevideo, fue el resultado de la decisión de un grupo de ciudadanos ilustres de Montevideo, que se reunieron el 25 de Junio de 1840, con la finalidad de fundar una Sociedad dedicada a la construcción y explotación de un Teatro.

Un mes después la activa comisión recibe un informe del Arq. Carlo Zucchi, con los terrenos disponibles para construir la obra, y encarga al mismo arquitecto la realización del Proyecto del Teatro; el cual lo realiza y entrega los planos en Enero de 1841.

El proyecto presentado es para un Teatro al estilo italiano, es decir con un Hall y Foyer de inferiores dimensiones que la Sala y el escenario; distinto al estilo francés donde el Hall y el Foyer, son de grandes dimensiones, del mismo orden que la Sala y escenario y aún mayores como es el de la Ópera de París de Garnier.

El proyecto presentado por Zucchi sigue la tendencia de todo el siglo 19, que era imitar el diseño de la Ópera de La Scala de Milán, con una planta en forma de herradura.

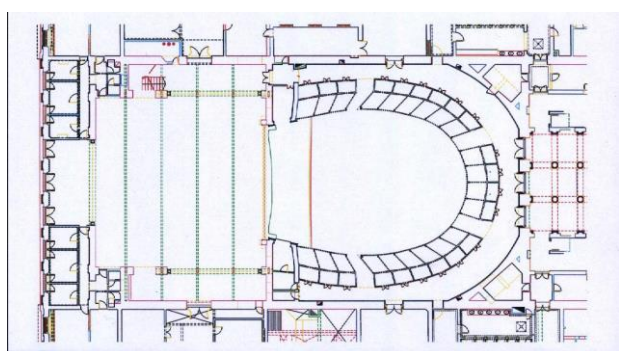


Figura 1: Planta Original

Este proyecto que contemplaba una capacidad de 1580 espectadores, fue considerado demasiado costoso para la empresa, y fue rechazado por la misma.

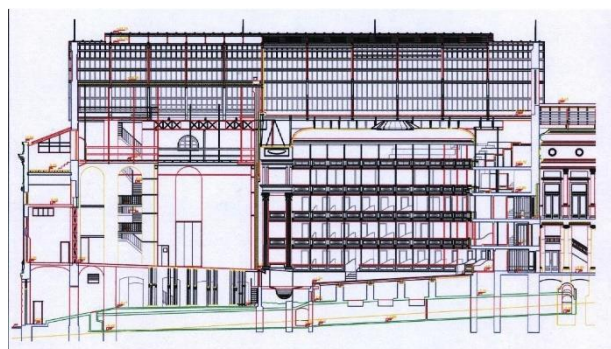


Figura 2: Corte Original

Luego se le encarga al Arq. Garmendia que realizara un nuevo proyecto, que lo efectúa con notables similitudes al Proyecto de Zucchi, y también se le encarga la dirección de la obra, que dura más de 10 años dado que la construcción tuvo que soportar la Guerra Grande, con el sitio de Montevideo.

La obra se termina y es inaugurada el 25 de Agosto de 1856.

La figura N° 3, muestra al Teatro en el año 1862 (seis años después de inauguración), sin las construcciones laterales que se realizarían más tarde.



Figura 3: Teatro Año 1862

La figura N° 4 de 1890 muestra al teatro con las construcciones laterales ya efectuadas, con sus techos abovedados.



Figura 4: Teatro Año 1890

La figura N° 5, del año 1950, muestra el teatro tal cual se mantuvo hasta la remodelación.



Figura 5: Teatro Año 1950

La figura N° 6 muestra la fachada Sur que tenía antes de su remodelación.



Figura 6: Fachada Sur anterior

La Sala tiene unas proporciones que cumplen bastante bien, con las proporciones de Sala de Ópera clásicas consideradas de buena acústica, que son un alto de 1, con un ancho de 1,25 y un largo de 1,5.

En 1937 la Sociedad vende el Teatro al Municipio de la Ciudad de Montevideo, quien lo trabaja en los últimos años, principalmente como Teatro de Prosa para la Comedia Nacional.

En 1996, debido a un incendio de uno de los camarines, rápidamente sofocado, se tomó conciencia del mal estado del teatro, que tiene su estructura de vigas de madera de pino de Rusia que sostienen los pisos de todos los niveles, y esto sumado a la falta de un sistema efectivo contra incendio; hace que el Municipio de Montevideo, decida cerrarlo y realizar un proyecto de Remodelación Acústica y Restauración Arquitectónica completa.

El proyecto de remodelación acústica fue elaborado originalmente por una firma francesa, con un proyecto incompleto, con muchas falencias y omisiones.

Sin embargo esta propuesta fue tomada como marco inicial de trabajo, debiendo hacerse numerosas modificaciones, y completándose el proyecto a realizar.

Como asesor acústico de la Intendencia actuó el Ing. Conrado Silva, con la colaboración del Arq. Gonzalo Fernández.

Como asesor de la empresa constructora Teyma Uruguay S.A. actuó el que les habla.

Es interesante destacar la coincidencia total de criterios y soluciones manejados por los asesores acústicos.

La acústica del Teatro presentaba antes de su remodelación, algunos problemas, enumerados a continuación:

- 1) Falta de aislación acústica suficiente hacia el exterior.

Fue construido en una época que el nivel de ruido de las calles, que lo circundan era muy inferior que el actual.

- 2) Bajo tiempo de reverberación

Había solamente unas Mediciones del Tiempo de Reverberación con parte de la Sala ya desmantelada y en condiciones muy particulares; pero haciendo unos cálculos sobre estas y teniendo en cuenta la opinión de los músicos que habían actuado en el Teatro; se pudo estimar el

$$TR = 0,9 \text{ seg.}$$

Muy bueno para prosa, pero bajo para Ópera y Conciertos.

Provocado entre otras causas debido al aumento realizado a través del tiempo, del número de espectadores, para aumentar el aforo.

3) Poca difusión del sonido lateral de los lados del proscenio

Debido a que los frentes de los palcos son de superficies de madera muy planas.

4) Un escenario y foso de orquesta pequeño: para los usos y puestas en escenas que se realizan actualmente.

5) Malas visuales: especialmente en la zona de Paraíso parado, donde las últimas filas tenían visuales nulas del escenario.

6) No tenía Aire acondicionado en la Sala, ni tampoco calefacción en el escenario.

Esto producía que en invierno, cuando se abría el cortinado del escenario, una ola de corriente fría invadía la Sala.

Para mejorar la aislación acústica hacia el exterior y hacia el interior del teatro, se hicieron las siguientes modificaciones:

Por arriba del plafón de la Sala, existía una Sala con piso de madera y cubierta de chapa, y grandes ventanales de vidrio, llamada Sala de pintura; porque en ella se pintaban los decorados de las escenografías. A través de esta Sala ingresaba la mayor parte del ruido proveniente del exterior.

Para aumentar la aislación acústica de la Sala, se levantó el piso de madera de la Sala de Pintura, y en su reemplazo se construyó una losa de hormigón armado de 21 cm. de espesor; que está apoyada sobre sus lados laterales sobre las paredes portantes del Teatro, de más de 1 m. de espesor y construida sobre grandes vigas de metal y un Steel deck entre ellas.

Esta obra se realizó sin modificar la cubierta exterior existente, para lo cual hubo que introducir las vigas por los lados laterales de la Sala de pinturas, como se puede ver en las tres fotografías siguientes.

En la figura N° 7 se ven las vigas entrando a la Sala de Pinturas.

En la figura N° 8 se ve una viga ya adentro de la Sala de Pintura, deslizándose en su interior, mediante un sistema de ruedas, ubicadas sobre una estructura metálica provisoria, construida dentro de la misma Sala.

Se construyeron ambulatorios en todos los niveles, con lo que se agregó una barrera acústica adicional entre el exterior y la sala.



Figura 7: Vigas Entrando



Figura 8: Vigas Adentro

Las puertas entre ambulatorios y Antepalcos, se la construyeron con una Aislación acústica de R_w 32 o de STC 31, teniendo en su parte inferior un sistema llamado botton-door, que al cerrar la puerta, desciende interiormente un zócalo con goma, que aumenta la hermeticidad de la puerta y por lo tanto su aislación acústica.

En la figura N° 9 , se puede ver la parte inferior de la puerta con el zócalo arriba y en la figura N° 10 , con el zócalo abajo al hacer presión contra su marco; en este caso para tomar la foto, se lo ha hecho descender con la puerta abierta.

Todas las aberturas se definieron con requisitos acústicos muy rigurosos, al igual que los tabiques y losas; según el lugar donde estaban ubicados.

Un tratamiento especial se le dio a los pases de las cañerías, conductos del aire acondicionado y cables eléctricos; de acuerdo al tipo de tabique que estuvieran atravesando, de mampostería o de placas de yeso.

Todos los equipos generadores de vibraciones recibieron un tratamiento especial, según donde estuvieran ubicados.



Figura 9: Puerta zócalo arriba



Figura 10: Zócalo abajo

Se realizaron las bases de los equipos de hormigón armado soportadas por resortes con una atenuación de las vibraciones transmitidas del 95 %.

Todas las puertas interiores y hacia el exterior, tienen aislaciones acústicas determinadas para cada caso, y fueron previamente medidas en el Laboratorio del LAL – CIC de La Plata, Prov. de Buenos Aires.

Este Laboratorio se encargó también de medir los materiales acústicos absorbentes utilizados en la remodelación y realizó también las mediciones “in-situ” finales; de Tiempos de Reverberación, aislaciones acústicas entre distintos locales dentro del T electromecánicos y de los Niveles de ruido de los distintos locales como las Salas de Máquinas, Sala propiamente dicha y escenario.

Con la finalidad de aumentar el tiempo de reverberación de la Sala, se tomaron varias determinaciones:

Se disminuyó el número de espectadores, reduciéndolo de 1500 a 1200 sentados, aumentando la relación volumen por espectador y mejorando la distribución y visuales de los mismos.

Se quitó la alfombra que cubría el piso de la platea.

Se aumentó el volumen de la Sala, incorporando el volumen que se creó entre el plafón del cielorraso y la losa de hormigón armado, construida como piso de la Sala de Pinturas.

Este volumen quedó acoplado a la Sala a través de perforaciones que se encuentran sobre la araña y alrededor de esta, y por toda la parte superior de la pared trasera del nivel de Paraíso, que está abierta y separada de la misma por una malla de alambre tejido del tipo artístico.

Esto permitió agregar un volumen de 914 m³, a los 4.800 m³ que tenía la Sala original; aproximadamente un 20 % más de volumen.

El aumento de volumen, la disminución del aforo y otras medidas como quitar la alfombra de la Platea, etc., llevaron a que el Tiempo de Reverberación medido fuera de $TR = 1,3$ s; similar al de la Ópera de París de Garnier y al de La Scala de Milán antes de su última restauración.

En la figura N° 11, se puede ver en el Corte actual de la Sala con el escenario ampliado; el nuevo volumen acoplado a la misma, indicado en color amarillo.

Para poder variar el tiempo de reverberación entre funciones de Teatro de Prosa y de Ópera o Concierto, se colocaron cortinas pesadas que separan los antepalcos de los palcos.

En funciones de prosa donde se busca un tiempo de reverberación menor, estas cortinas están cerradas, es decir tapando el antepalco; con lo que se disminuye el volumen de la Sala, y se aumenta la absorción acústica. En funciones de Ópera o de Concierto, estas cortinas están corridas, es decir dejan abierto el antepalco; con lo que aumenta el volumen de la Sala, y desaparece la absorción acústica producidas por las cortinas; aumentando así el Tiempo de Reverberación para estos usos, en aproximadamente 0,15 s.

Para mejorar la difusión lateral del sonido, se colocaron en los palcos denominados avant-scene, de los costados del arco del proscenio, difusores acústicos pseudo-aleatorios o MLS (Maximun Length sequence). Estos ocupan el frente libre de los palcos del proscenio, y tienen unas bisagras que permiten variar su ángulo de abertura y abrirlos totalmente hacia adentro de los palcos, cuando estos últimos se los quiera utilizar para otra actividad; en los casos de funciones con amplificación electroacústica.

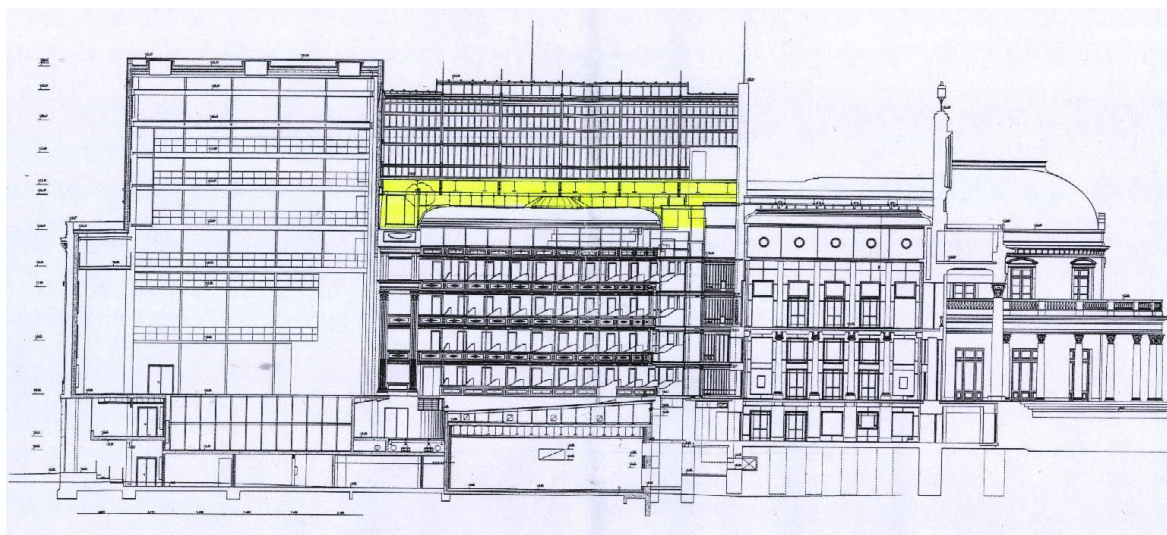


Figura 11: Corte nuevo con el Escenario Ampliado

En la siguiente figura N°12 se pueden ver las formas de estos difusores y su ubicación en los palcos del arco del proscenio.



Figura 12: Difusor en Palco

La ampliación del Escenario y del Foso de Orquesta, para llevarlo a medidas que puedan soportar escenografías más modernas, y así intercambiarlas con otros teatros; llevo a demoler todo el escenario anterior, no solo en sus laterales sino también en la cubierta.

Para ampliar lateralmente el escenario, hubo que apuntalar todo el perímetro del edificio que rodeaba al teatro, como se puede ver en la figura anterior N° 13 y se han demolido todas las construcciones de los costados y de la parte trasera del escenario

El edificio es monumento histórico, por lo tanto no se podía modificar sus fachadas.

Previamente se había bajado el telón de seguridad de la boca de escena y colocado por detrás otra pantalla protectora metálica con poliuretano expandido entre ambas.



Figura 13: Apuntalamiento de Paredes

Es interesante destacar, que no hubo ninguna rajadura de las paredes de mampostería apuntaladas.

Una vez construidos estos laterales comenzó la construcción de la estructura metálica del nuevo escenario.

En la figura N° 14 se puede ver la estructura metálica de la Caja escénica, que luego sería recubierta en sus costados por un tabique de hormigón armado de 30 cm. de espesor y en su cubierta por una losa de hormigón armado de 16 cm. de espesor.

Quedando una vez terminado el nuevo escenario, como se lo puede ver en la figura N° 15 del frente sur del teatro.

El recubrimiento exterior de la caja escénica, es un curtain wall de vidrio tonalizado con luz fluorescente del lado interior.

También en esta foto se puede ver la construcción en forma trapezoidal, realizada en forma independiente del teatro, que tiene en su interior, la Sala del Grupo Generador, y la Sala de bombas del sistema contra incendio.



Figura 14: Estructura del nuevo Escenario



Figura 15: Vista Sur del Teatro

El sistema del aire acondicionado, fue planteado en el proyecto francés con una sala de máquinas, muy cómoda para la distribución de los conductos de aire, pero muy mal planteada desde el punto de vista acústico; debido a que teniendo toda una manzana para ubicarla, la ubicaron por debajo de la platea de la Sala del Teatro.

Se trató de cambiar su ubicación desde un principio, pero los otros lugares posibles de ubicación, se hacían difícil dado los proyectos futuros de remodelación que tiene el Teatro por fuera de su sector central.

Finalmente se la dejó en esta posición y se sacaron algunos equipos, que fueron a otros lugares y se redimensionó totalmente el sistema, debido a que el proyecto original no funcionaba, ni acústica ni térmicamente.

El hecho que en la Sala del Teatro, el nivel de ruido debía ser muy bajo, y la cercanía de esta sala de máquinas, obligó a efectuar un complicado sistema de aislación acústica hacia la sala del Teatro, para evitar que el ruido de los ventiladores llegara a la misma.

Se aumentaron la sección de los conductos para que pudieran llevar el caudal necesario de aire, a la menor velocidad posible; que fueron menores a los 2 m/s.

Así se llegó a un sistema de aire acondicionado, donde los conductos terminan en un pleno en forma de herradura, que se encuentra por debajo de los palcos; y que es totalmente absorbente acústicamente.

En la figura N° 16 se puede ver el plano del doble pleno del aire acondicionado.

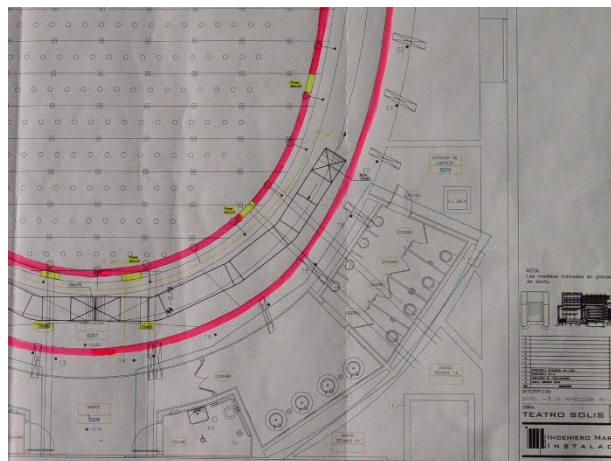


Figura 16: Pleno del Aire Acondicionado

El piso, paredes y cubierta de este pleno está recubierto de 5 cm. de lana mineral.

A su vez este pleno está comunicado por aberturas de las paredes interiores, a otro pleno que se encuentra por debajo de la platea de la Sala, formado en su parte inferior por la losa de arriba de la Sala de máquinas, recubierta con una capa de 10 cm. de espesor de lana mineral por arriba de esta y siendo la parte superior de este pleno, el piso de madera de la platea.

En este piso hay un difusor debajo de cada butaca.

Es decir se usó un sistema de doble pleno, diferente al usado en el Liceo de Barcelona y en el Teatro Argentino de La Plata, donde los conductos terminan directamente en el pleno ubicado debajo de la platea.

Como resultado de todas estas previsiones, se llegó a que en la platea vacía, es decir sin público, que tiene un ruido de fondo de 24 dBA con el equipo de aire funcionando; no se pueda distinguir si el aire está funcionando o no, cumpliéndose con el criterio de NC 20.

Después de dos años y medio de intenso trabajo, el teatro se reinauguró el día 25 de Agosto de 2004, fecha patria uruguaya y cumpleaños número 148 del teatro. La función inaugural se realizó con la orquesta Filarmónica de Montevideo con 120 músicos, con un

coro de 80 personas del Sodre y con varios cantantes solistas uruguayos y extranjeros en el escenario, con música de ópera.

En las siguientes tres figuras se puede ver la Sala terminada, horas antes de su inauguración.

La figura N° 17 muestra la sala vista desde el escenario, la figura N° 18 muestra parte del plafón restaurado del cielorraso, y en la figura N° 19 se puede ver el escenario con una Caja de Orquesta Wenger, que albergó a más de 200 músicos.



Figura 17: Sala desde el Escenario



Figura 18: Araña y Plafón de Sala

Todos los acústicos sabemos que el mayor o menor éxito del diseño o de la remodelación de una sala, no depende tanto de los parámetros acústicos calculados y/o medidos, que pueden caracterizar acústicamente a la misma; sino de la opinión de los músicos.

Por lo tanto y para terminar, creo interesante reproducir la opinión del maestro Federico García

Vigil, director de la Orquesta Filarmónica de Montevideo; quien se expresó a la prensa de la siguiente manera:

“Desde ahora van a escuchar a la Filarmónica como realmente es.

Ahora con las nuevas condiciones acústicas del Solís, está en iguales condiciones a las orquestas estables de Buenos Aires, Nueva York, Chicago, París o Milán.

El teatro es como un violín, es una caja de resonancia del sonido que nosotros producimos; si tiene buenas condiciones acústicas a nosotros se nos hace más fácil la posibilidad de transmitir emociones o estado de ánimo.

Ahora tenemos un maravilloso lugar en el que podemos realizar mucho mejor los conciertos.”



Figura 19: Escenario con Caja de Orquesta

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beranek, Leo (1961). *Acústica*. Editorial Hispano Argentina
- Arau, Higini (1999). *Acústica Arquitectónica*. Ediciones CEAC
- Beranek, Leo (2002). *Concert Halls and Opera Houses*. Editorial Springer.
- Barron, Michael (1993). *Auditorium Acoustics and Architectural Design*. E & FN Spon.
- Cavanaugh, William & Wilkes, Joseph. *Architectural Acoustics*. John Wiley & Son, Inc.

Caracterización acústica de mascarillas N95 por medio de tubos de impedancia

Verónica H. Vélez¹; Laura A. Lancón¹; Ernesto Vásquez¹

¹Universidad Autónoma Metropolitana. Azcapotzalco. México

Durante la pandemia provocada por el virus SARS CoV-2, los sistemas de salud tuvieron que implementar medidas de protección para el paciente y para los trabajadores, haciendo uso de equipo médico de seguridad personal, sin embargo, a inicios de la pandemia se presentó escases en este tipo de equipo, por lo que se optó por descontaminarlo para su posible reutilización, implementando sistemas de esterilización como el de la radiación ionizante. Este trabajo evalúa las propiedades de diversas mascarillas N95 irradiadas a distintas tasas de dosis, desde el punto de vista de la acústica, identificando diversos coeficientes acústicos y su relación con el efecto de dichas dosis, además se muestran imágenes mediante microscopía de barrido para complementar el análisis del estudio.

Diseño acústico adaptativo revisitado como consecuencia del COVID-19

Fernando J. Elizondo Garza¹

¹Laboratorio de Acústica de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, N.L., México.

Correo de contacto: fjelizond@hotmail.com

Resumen

La pandemia del "Síndrome Respiratorio Agudo Severo coronavirus 2" (SARS-CoV-2) ha traído terribles consecuencias a nivel mundial, no solo en aspectos de salud física y mental, sino también en aspectos económicos, lo que llevó a políticas gubernamentales altamente variables que buscaban equilibrar los daños sanitarios y económicos con los efectos en la vida cotidiana como consecuencia de la pandemia de COVID-19. A partir de esta terrible experiencia, los países tienen que aprender a verse menos afectados por posibles pandemias futuras, esto incluso en muchos aspectos diferentes de la salud pública y las condiciones socioeconómicas.

Como consecuencia del confinamiento obligatorio de las personas y las restricciones a la circulación de vehículos en las calles, incluidos los periodos de toque de queda, el ruido urbano se vio reducido a niveles sonoros no imaginados. Esta caída "abrupta" en los niveles de ruido urbano también ha llevado a una disminución en el ruido de fondo de las ciudades; de modo que ahora se han vuelto relevantes sonidos que antes estaban enmascarados, especialmente las emisiones de ruido de instalaciones electromecánicas antes inaudibles que se convirtieron en una fuente de molestia.

La ciencia y la práctica de la acústica está cambiando por la pandemia, por lo que es importante discutir varios aspectos arquitectónicos y de ingeniería como: Materiales que rechazan los virus, el espaciamiento de las personas dentro de los edificios y al aire libre, implicaciones en el uso de un nuevo sistema HVAC con filtro de virus, problemas de transporte masivo, actividades cara a cara vs en línea, acústica vs audio, entre otros.

Será necesario un enfoque multidisciplinario, considerando la dimensión de los problemas generados por la pandemia del COVID y los diferentes efectos sobre la disciplina acústica, para obtener una visión general de los cambios requeridos para obtener entornos acústicos adecuados y saludables.

Este artículo discutirá cómo debemos desarrollar estrategias de diseño acústico que permitan soluciones adaptativas para diferentes situaciones acústicas, tanto durante como entre pandemias. En concreto, abordará la cuestión de llevar el diseño acústico adaptativo a un nivel más eficaz, práctico y generalizado, lo que requerirá grandes esfuerzos por parte de diseñadores, autoridades, empresarios, planificadores y sobre todo de los ciudadanos que, como consumidores de bienestar, tendrán que pagar por un futuro más seguro y libre de posibles contagios.

Palabras clave: Acústica, confort acústico, acústica arquitectónica, COVID, control de ruido.

Abstract

The "Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2" (SARS-CoV-2) pandemic has brought terrible consequences worldwide, not only in physical and mental health aspects, but also in economic aspects, which led to highly variable governmental policies that sought to balance health and economic damages with the effects on daily life as a consequence of the COVID-19 pandemic. From this terrible experience, countries have to learn how to be less affected by possible future pandemics, in many different aspects of public health and socioeconomic conditions.

As a consequence of the mandatory confinement of people and restrictions on the circulation of vehicles in the streets, including the curfew periods, urban noise has been reduced to sound levels not imagined. This "abrupt" drop in urban noise levels has also led to a decrease in the cities' background noise; so that sounds that were

previously masked have now become relevant, especially noise emissions from electromechanical installations previously unheard that became a source of annoyance.

The science and practice of acoustics is changing by the pandemic, so it is important to discuss several architectural and engineering aspects such as: Materials which reject viruses, the spacing of people inside buildings and outdoors, implications on using a new HVAC system with a virus filter, problems of mass transportation, face-to-face vs online activities, acoustics vs audio, among others.

It will be necessary a multidisciplinary approach, considering the dimension of the problems generated by the COVID pandemic and the different effects on the acoustic discipline, to obtain an overview of the changes required to obtain adequate and healthy acoustic environments.

This paper will discuss how we should develop acoustic design strategies that allow adaptive solutions for different acoustic situations, both during and between pandemics. In particular, it will address the issue of bringing adaptive acoustic design to a more effective, practical and widespread level, which will require great efforts on the part of designers, authorities, entrepreneurs, planners and, above all, citizens who, as consumers of well-being, will have to pay for a safer future free of possible contagions.

Keywords: Acoustics, acoustical comfort, architectural acoustic, COVID, noise control.

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento mundial de la población humana, y por lo tanto de sus requerimientos, aumenta la presión sobre los sistemas productivos, complica la relación entre los seres humanos y ejerce presión sobre los sistemas de salud.

En este contexto, las pandemias se convierten en una consecuencia de múltiples factores, que pueden ir desde la interacción humano-animal hasta la investigación de enfermedades y medicamentos fuera de control, con sus múltiples efectos secundarios posibles.

La pandemia del "Síndrome Respiratorio Agudo Severo Coronavirus 2" (SARS-CoV-2) ha traído terribles consecuencias a nivel mundial, no solo en aspectos de salud física y mental, sino también en aspectos económicos.

Esta llevó a políticas gubernamentales altamente variables que buscaban equilibrar los daños sanitarios y económicos con los efectos en la vida cotidiana como consecuencia de la pandemia de COVID-19.

A partir de esta terrible experiencia, los países deberán aprender a verse menos afectados por posibles pandemias futuras, tanto en aspectos de salud pública como en consecuencias socioeconómicas.

Será necesario un enfoque multidisciplinar, para abordar los problemas generados por la pandemia del COVID y en nuestro caso para obtener una visión general de los cambios requeridos en los aspectos de diseño acústico.

Por ejemplo: Auditorio + distanciamiento = menos personas = ↑ reverberación

Todas las disciplinas científicas del conocimiento humano tendrán que modificar su forma de ver la realidad, para analizar a qué se enfrentarán las personas en la futura "nueva realidad"

Durante y al terminar el periodo de cuarentenas y restricciones parciales implementados por las autoridades para reducir la propagación del virus SARS-CoV-2, la acústica tiene que ADAPTARSE. Aunque realmente esto no está sucediendo como fuera deseable.

Discutiremos algunas de las reflexiones más importantes que se están haciendo desde la acústica. Una serie de aspectos que los autores han identificado durante la pandemia de COVID-19, los que representan desafíos globales a abordarse para lograr un entorno sostenible desde el punto de vista acústico y de salud.

También se puntualizar los aspectos que han propiciado las políticas tan caóticas a nivel mundial y las dificultades que hacen que lo deseable no sea tan fácil de obtener y la inacción que en la mayoría de los países prevalece en cuanto a prepararse para el futuro.

2. DE PANDEMIA A PANDEMIA

Las pandemias no son algo nuevo, ya que han acompañado a la humanidad a lo largo de la historia. Han producido diferentes efectos secundarios según su tipo, y dejando cambios en la forma del vivir

humano según los tiempos, las condiciones sociopolíticas y las tecnologías disponibles.

Algunos aspectos básicos a señalar sobre las pandemias son:

- Mortalidad.
- Tasas de propagación.
- Medidas sanitarias.
- Presión sobre los sistemas económicos y gubernamentales.
- Restricciones político-sociales.
- Presión sobre los sistemas de investigación y desarrollo.
- Cambios en las tecnologías prevaletentes.
- Cambios en los hábitos de vida.

Es importante visualizar que, debido a la presión sobre los sistemas gubernamentales y la conectividad comunicativa actual, el número de situaciones que se denominarán pandemia aumentará en los próximos años, por lo que prepararse para ello es una actividad estratégica con el fin de minimizar sus efectos sobre la vida y el bienestar humano.

Esta "preparación" involucra todas las áreas del conocimiento humano, desde las tecnológicas hasta las ciencias sociales, desde la investigación científica básica hasta la ingeniería de detalle y su comercialización y, por supuesto, hasta los sistemas gubernamentales.

3. COVID-19 y la ACÚSTICA

La pandemia de COVID-19 también ha demostrado que además de ser mortal, es fuertemente invasiva de la vida cotidiana, generando diferentes tipos de efectos

que incluso llevan a cambios en el dominio de la acústica.

En el último año hemos modificado la forma en que generamos, recibimos y percibimos el sonido, en muchos casos de forma negativa.

Estos cambios acústicos son generalmente producto de modificaciones en espacios donde el objetivo es minimizar la posibilidad de contagio, es decir, efectos secundarios que no fueron directamente previstos.

Como consecuencia del confinamiento obligatorio y de las restricciones a la circulación de vehículos en las calles, incluidos los periodos de toque de queda, el ruido ambiente urbano se vio reducido a niveles sonoros no imaginados.

Esta caída "abrupta" del ruido de fondo de las ciudades; volvió relevantes y molestos sonidos que antes estaban enmascarados, especialmente las emisiones de ruido de instalaciones electromecánicas antes inaudibles que se convirtieron en una fuente de molestia.

Durante la pandemia de COVID-19, Elizondo y Montano instalaron una estación de monitoreo sonoro en una casa habitación en Monterrey, México, y tomaron medidas durante el encerramiento inicial y durante la primera etapa de apertura (abril a agosto de 2020), en un contexto de políticas caóticas.

La Figura 1 muestra cómo los niveles de ruido nocturno comienzan a aumentar al final de la fase de encerramiento justo cuando comenzó la primera apertura. Al final del gráfico hay un retorno abrupto a los bajos niveles sonoros debido a la llegada de un huracán a la ciudad y la orden gubernamental de un nuevo enclaustramiento de emergencia a causa de la tormenta.

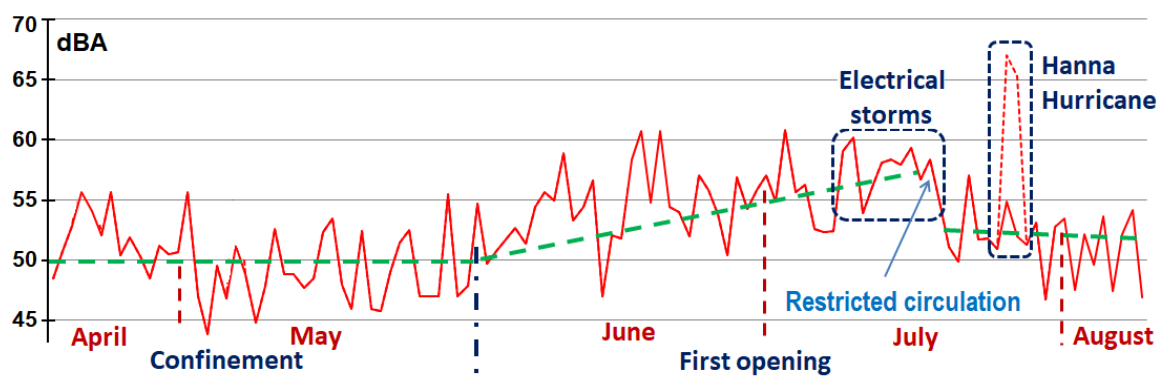


Figura 1. Evolución de los niveles sonoros nocturnos (LN), entre las 22.00 h y las 06.00 h del día siguiente (según las políticas de la UE), del 20 de abril al 20 de agosto de 2020 [1].

La ciencia y la práctica de la acústica están cambiando por la pandemia, por lo que es importante discutir varios aspectos arquitectónicos y de ingeniería como:

- Materiales que rechazan los virus o sean fáciles de desinfectar.
- Espaciamiento de las personas dentro de los edificios y al aire libre.
- Implicaciones en el uso de nuevos sistema HVAC con filtro de virus.
- Problemas del transporte masivo.
- Actividades cara a cara vs en línea.
- Acústica vs audio.

entre muchos otros.

En general, durante la pandemia de COVID-19 existen situaciones acústicas claramente identificables [1] [2] [3], que se pueden agrupar como:

- Relacionadas con la generación de sonido.
- En cuanto a la propagación.
- En términos de percepción.

Solo por mencionar algunos casos tenemos que:

a) En términos de generación de sonido:

- Las personas en confinamiento, generan y reciben un aumento del sonido dentro de la casa.
- El ruido de fondo en las ciudades disminuyó, haciendo que las fuentes de sonido previamente enmascaradas estuvieran más presentes.
- La producción de sonido/ruido se utilizó en algunos casos como una herramienta contra la depresión, etc.

b) En cuanto a la propagación:

- El uso de cubre bocas y mascarillas disminuye la inteligibilidad.
- El uso de ventanas improvisadas disminuye la inteligibilidad.
- En los casos anteriores, las personas aumentan el volumen al hablar.
- La modificación improvisada en los sistemas de aire acondicionado produce cambios de sonido

c) En términos de percepción:

- Algunos de los sonidos previamente enmascarados se perciben como más invasivos.
- La acústica de los lugares públicos se modifica reduciendo el número de personas en el lugar.
- Los conciertos y eventos masivos se perciben de manera diferente debido a los cambios en el

distanciamiento y la reverberación a medida que se reduce la capacidad permitida.

- Cambios en la percepción sonora, como parte, por un lado, del aislamiento y, por otro, del hacinamiento en las casas, que generan cambios de comportamiento y desencadenan procesos psicológicos adversos.

4. EN PREPARACIÓN PARA "UNA NUEVA REALIDAD" Y FUTURAS PANDEMIAS

La pandemia del COVID-19 vino a recordarnos nuestra vulnerabilidad, y por ello debemos prepararnos para futuras pandemias, que no necesariamente serán las mismas en cuanto a: mecanismos de contagio, tiempo de reacción, tratamientos, etc.

Así que debemos trabajar en prepararnos para enfrentar lo que venga, es decir, debemos volvernos “adaptativos”, lo que es fácil de decir, pero va en contra de las zonas de confort tan necesarias para los humanos, y por lo tanto generan resistencia al cambio. Debemos desarrollar estrategias de diseño acústico que permitan soluciones “adaptativas” para diferentes situaciones acústicas, tanto durante como entre pandemias.

En concreto, se abordará la cuestión de llevar el diseño acústico adaptativo a un nivel más eficaz, práctico y generalizado, lo que requerirá grandes esfuerzos por parte de diseñadores, autoridades, empresarios, planificadores, etc.

Tenemos que volvernos conscientes de que no podemos estar rediseñando nuestro entorno y actividades en cada pandemia, por lo que necesitamos hacer diseños acústicos flexibles o adaptativos, que nos permitan recuperar rápidamente un entorno acústico adecuado, agradable y seguro.

Entre los tipos básicos de sistemas adaptables podemos mencionar:

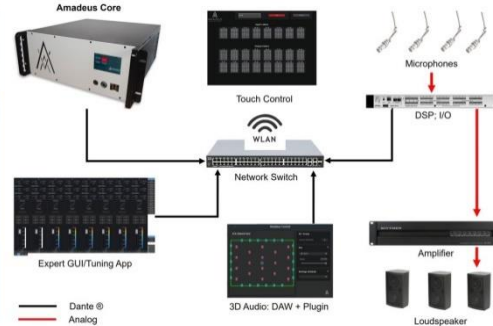
- Modificar la acústica cambiando materiales de superficies o agregando superficies (Manualmente o Automatizado).
- Agregar audio para generar efectos, mejorar inteligibilidad o aumentar reverberación (Manualmente, difícil de automatizar).
- Control activo de ruido.

- Aprovechar un cambio beneficioso para volverlo permanente (Políticas gubernamentales).

Desde hace tiempo se han propuesto y desarrollado conceptos de diseño adaptativo para diferentes propósitos, desde el ajuste de reverberación modificando los materiales superficiales y por lo tanto la absorción, el audio de refuerzo para aumentar

reverberación o inteligibilidad, e incluso el control activo del ruido, con algunos resultados notables.

En los primeros 2 casos, estos sistemas tienen un uso muy restringido, esto principalmente porque el ajuste del cambio es manual. Ya Conover, un pionero en control activo de ruido, lo planteo gráficamente como se muestra a continuación (Figura 4).



Figuras 2 y 3. Ejemplos de diseños adaptables. En la figura 2 estudio de grabación con paneles móviles con diferentes materiales de cada lado para poder modificar el tiempo de reverberación según el tipo sonido a grabar. En la figura 3 un sistema de audio para poder mejorar el sonido en auditorios [4] [5]

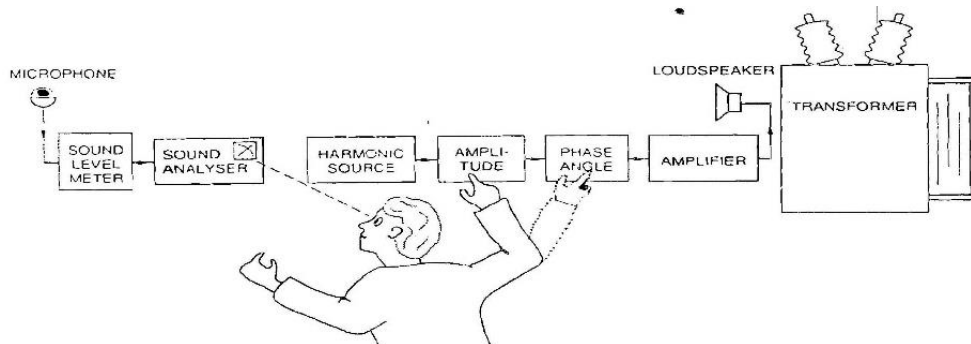


Figura 4. Sistema de control análogo de un solo canal con ajuste manual según Conover en 1956. [6].

En el caso del control activo, que disminuye o aumenta un sonido por interferencia, éste requiere un fuerte trabajo computacional para el ajuste automático y produce efectos negativos fuera de la “zona de control”. Las principales aplicaciones actuales relativamente económicas son para espacios pequeños y guías de onda. En la figura 5 se muestran el caso de unas orejeras con control activo de ruido.

En general, los administradores de espacios/máquinas prefieren un diseño fijo para un uso específico, en gran parte debido a la falta de soluciones adaptables prácticas y económicas.



Figura 5. Auriculares con control activo de ruido [7].

Las tecnologías adaptables implican:

- Costos mayores.
- Uso parcial por temporadas.
- Quien las instale.
- Quien las maneje.
- Quien las calibre.
- Quien les de mantenimiento.
- Capacitación.

Actualmente la pandemia nos ha obligado a tener que utilizar los espacios para usos múltiples y cambiantes. Por ejemplo se utilizan casas, en muchos casos, e incluso simultáneamente, como: hogar, aula, dormitorios, cafetería, restaurante e incluso karaoke. Este es realmente un problema complicado.

5. ¿CÓMO PREPARARNOS PARA EL FUTURO?

Debemos, en muchos casos, cambiar las premisas del diseño acústico, volverlo “adaptable”, para poder hacer cambios “ya previstos” según la situación, esto de forma fácil y económica, en algunos casos incluso automáticamente. Esto representa una oportunidad de negocio.

De forma más inmediata, universidades y empresas tendrán que trabajar en soluciones adaptables, de bajo coste y fáciles de implementar. Esto es, diseño que contemple modificar fácilmente la acústica según las posibles circunstancias.

Además los investigadores de ciencias básicas tendrán que seguir buscando nuevas opciones y tecnologías.

Las autoridades tendrán que legislar para tener espacios seguros y cómodos en varios sentidos, incluida la acústica.

Las sociedades tendrán que ser reeducadas, lo cual es un proceso lento, para promover hábitos seguros y silenciosos.

Hay muchos enfoques posibles para buscar soluciones a las pandemias, pero es necesario pensar en desarrollos y acciones que minimicen los contagios, y el eje principal es la solución de los problemas inducidos por el hacinamiento y la movilidad pública. La acústica de los espacios fuertemente afectados por pandemias debe considerarse primero. Los cambios físicos requeridos para el distanciamiento inducirán cambios acústicos en los espacios, a veces no constantes, que habrá que resolver, por ejemplo escuelas y hospitales.

Algunas soluciones tendrán que volverse permanentes como se hizo en el pasado con el drenaje; otros tendrán que ser adaptativas dependiendo de la etapa de la pandemia.

Algunos espacios prioritarios, que requieren de cambios reglamentarios y legales y de la provisión de soluciones prácticas y rentables son:

- Metro.
- Aviones.
- Escuelas.
- Restaurantes y cafés.
- Cines.
- Bares.
- Tiendas de barrio.
- Salas de conciertos.
- Bancos.
- Parques.
- Otros espacios sociales
- Etc.

También hay que pensar en solución a otro nivel, menos cerradas al mundo del sonido, esto debe verse como una oportunidad, como ejemplos algunas acciones serían:

- Educación social sobre sonido y pandemias, y qué hacer (consciencia social) [8] [9].
- Usar audio vs. sonido directo para mejorar la inteligibilidad, por ejemplo en las ventanillas y taquillas.
- Reducir la movilidad innecesaria.
- Mantener la vida en línea en muchas actividades.
- Recuperar espacios fuera de control (prohibir lugares con altos niveles sonoros y alta cantidad de personas en poco espacio).

Atención; debemos reconocer y entender la naturaleza cambiante de las políticas gubernamentales durante esta pandemia de COVID-19 y ser conscientes de los diferentes enfoques, contradictorios entre sí, que son apoyados por los diferentes grupos de interés en las sociedades.

Algunas visiones consideradas para el establecimiento de políticas gubernamentales durante la pandemia, varias claramente no científicas que pueden incluso considerarse suicidas o asesinas, son:

- El que se va a morir se va a morir.
- Que sea lo que dios quiera.

- Nada de medicinas o vacunas, el cuerpo es sabio.
- Lo que digan los que patrocinaran mi próxima campaña de reelección.
- Que los científicos decidan y así me lavo las manos.
- Mi trabajo es cuidar a la mayoría.
- Abro las empresas y negocios o quiebra la economía del gobierno.
- No trabajo, no impuestos.
- Un rato políticas dura y un rato suave.
- Hasta donde usar a la policía o al ejército.
- Enclaustramiento o estado de sitio.
- Vacuna o inmunidad de rebaño.

6. COMENTARIOS FINALES

Hay mucho trabajo por delante para generar un futuro más seguro y con bienestar.

Los acústicos tenemos que trabajar para generar la posibilidad de pasar de una condición a otra, para cambiar fácilmente el paisaje sonoro, la situación acústica de las personas, en el hogar, el trabajo y, por supuesto, en la muy importante vida social.

Las sociedades tendrán que cambiar la concepción de los espacios, no solo para el bienestar social y psicológico, sino también para hacerlos seguros para la salud, y esto generará cambios acústicos en muchos casos.

Estos cambios conceptuales nos ayudarán a estar bien en un futuro cambiante, lo que implicará que debemos aceptar cambios de paradigmas.

Debe tenerse claro que cambios en la manera de vivir, y las tecnologías requeridas, tendrán costos económicos, que tendremos que pagar directamente o a través de nuestros impuestos...

Pero discutir este último punto es cuestión de otra conferencia

REFERENCIAS

- [1] Elizondo-Garza, F. J.; Montano, W.A. (2021) Monitoreo sonoro en casa habitación en San

Nicolás, N.L. México, durante el confinamiento y primera apertura por la pandemia de la COVID-19. Memoria del 26° Congreso Internacional Mexicano de Acústica, en línea, organizado por el Instituto Mexicano de Acústica. 11 y 12 de Noviembre de 2021.

- [2] Montano, W.A.; Gushiken, E.I. (2021) COVID-19 and soundscape changes due to the lockdown. The case of Lima, Peru. *Akustika. Journal-article*. Vol 48(1). Czech Republic. <https://www.journalakustika.com/journal/journal/volume-38/>
- [3] Montano, W.A.; Gushiken, E.I. (2020) Lima soundscape before confinement and during curfew. Airplane flights suppressions because of Peruvian lockdown. *J Acoust Soc Am*. 2020 Oct; 148(4): 1824–1830. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7857510/>
- [4] Estudio Soundtraffic. <https://soundtraffic.mx/estudio-de-grabacion/>. Consultado noviembre 2021
- [5] Amadeus Active Acoustics. <https://www.amadeusacoustics.com/tech-specs-1>. Consultado noviembre 2021.
- [6] https://www.researchgate.net/publication/304079106_Active_Noise_Control_From_Analog_to_Digital_-_Last_80_Years. Consultado noviembre 2021.
- [7] Teamequipalia.es. Cancelación de ruido. <https://www.teamequipalia.es/blog/informacion-general/auriculares-con-cancelacion-de-ruido>. Consultado noviembre 2021.
- [8] U.S. Department of Housing and Urban Development. HUD Noise Guidebook. <https://www.hudexchange.info/resource/313/hud-noise-guidebook/>. Consultado mayo 2021.
- [9] ASHRAE. Coronavirus (COVID-19) response resources from ASHRAE and others. <https://www.ashrae.org/technical-resources/resources>. Consultado mayo 2021.

Retrospectiva libro: Proyectos acústicos

Mario Huaquín Mora¹

¹Universidad de Chile

Correo de contacto: <mhuaquin@proyectosacusticos.cl>

Prólogo del libro escrito por: Jaime Delannoy A., Doctor en Ingeniería Acústica

El desarrollo de la acústica arquitectónica aplicada a la Industria Audiovisual en Chile no podría entenderse sin revisar la prolífica labor, tanto en el diseño como en la construcción y la implementación de espacios del ingeniero Mario Huaquín Mora.

Su influencia se ha dejado notar en un vasto campo de aplicación que van desde espacios de radiodifusión, Estudios de Grabación, estudios de Televisión y Cine, hasta Arenas, Teatros Auditorios, Centros Culturales y Estadios. Su obra sigue la extensa geografía de Chile y sus proyectos han llegado hasta la Isla de Pascua.

La obra se inicia con el capítulo que cubre veinte proyectos dirigidos a consorcios radiales y radioemisoras.

Le sigue el capítulo dirigido a los estudios de Grabación. En treinta y un proyectos, el autor revela un invaluable testimonio de la industria y la historia de la producción musical chilena.

El tercer capítulo aborda aquellos proyectos – veinticinco- dirigidos a la industria del cine y la televisión, que incluyen a las principales casas televisivas del país.

Un cuarto capítulo aborda aquellos proyectos de mayor envergadura: arenas, estadios, auditorios y centros culturales. Treinta y cuatro de ellos, que van

desde el Estadio Víctor Jara hasta centros de justicia, mismos que, como resultado de la reforma judicial (que pasó de oficio a oral) requirió un especial diseño de las condiciones acústicas.

Para finalizar, el capítulo cinco incluye diecisiete otros espacios, entre los que se cuentan: Salas de Ensayo, Academias de Música y Home Theater.

Cada espacio incluye una detallada descripción que incluye valiosa información físico-acústica (tiempo de reverberación, ruido de fondo, aislamiento acústico, entre otros). En otros casos, los más relevantes, es posible encontrar información especializada como Claridad (C80), Definición (D50) e Inteligibilidad de la palabra. Toda esta información acumulada conforma un ‘Corpus’ acústico difícil de encontrar de manera tan amplia y honesta. Un verdadero cofre del tesoro para todo aquel que sepa apreciar el valor del trabajo de uno de los pocos protagonistas que han contribuido tan significativamente al desarrollo de la acústica en Chile. En definitiva, la presente obra resulta una herramienta fundamental para cualquier profesional vinculado con el mundo de la acústica y el audio profesional que quiera comprender e introducirse en esta apasionante disciplina: la Acústica Arquitectónica.

Monitoreo del ruido antes y durante las distintas fases del COVID-19. El caso en un distrito de la ciudad de Lima

Noise monitoring before and during the different phases of COVID-19. The case in a district of the city of Lima

Monitoramento do ruído antes e durante as diferentes fases da COVID-19. O caso em um distrito da cidade de Lima.

Walter A. Montano Rodríguez¹

¹ARQUICUST Laboratorio de acústica «Joseph Sauveur». Gualeguaychú, ER, Argentina
ORCID: 0000-0002-0059-5257

RESUMEN EXTENDIDO

Desde febrero de 2020 el autor está realizando un monitoreo de niveles sonoros en Magdalena del Mar, un distrito de Lima, Perú, porque quería conocer el nivel de ruido en esa zona residencial impactada por el sobrevuelo de aviones, ya que su molestia en horas de la madrugada era importante, dado que en Lima no existe una red de monitoreo del ruido ambiental. El sensor de ruido utilizado es una TA120 de la marca CESVA, que estuvo colocado en una azotea del 2° piso de su oficina.

La aparición del SARS-CoV-2 en diciembre de 2019 cambió la 'normalidad' en todo el mundo, en términos de salud pública y de calidad ambiental. El cierre de actividades no-esenciales y toque de queda ordenados por el gobierno peruano el 15 de marzo de 2020, impusieron una movilidad social limitada. El aeropuerto internacional de Lima «Jorge Chávez» cerró el 16 de marzo, por lo que fue posible registrar este nivel sonoro atípico en la ciudad al ser interrumpido los vuelos de aeronaves, en el sentido de tener los niveles sonoros ambientales más bajos posibles.

Se presenta el análisis de los niveles sonoros antes y durante varias etapas del confinamiento, y después de la apertura de las actividades comerciales e industriales decretada el 1° de julio de 2020 por el gobierno peruano.

Comparando los niveles sonoros medidos la semana previa al cierre del aeropuerto, con los registrados entre el 29 de marzo y 5 de abril de 2020 (que fue la semana de confinamiento estricto con prohibición de

circular por las calles), la reducción del nivel sonoro fue de: 5,3 dBA en horas diurnas [entre las 06.00 h y 18.00 h]; 6,7 dBA en la tarde [entre las 18.00 h y 22,00 h]; 12,2 dBA en la noche [entre las 22.00 h y 06,00 h]. En la mencionada semana de confinamiento, el L_N fue de 35,5 dBA.

A partir del 6 de abril de 2020, progresivamente se fueron abriendo las actividades esenciales, por lo que el nivel sonoro tuvo un comportamiento atípico.

A partir del 1° de julio de 2020 coincidente con la primera apertura a las actividades no-esenciales autorizada por el gobierno de Perú, la ubicación del sensor de ruido tuvo que ser cambiada de departamento, estando actualmente a 400 m de distancia de la localización anterior dentro del mismo Distrito de Magdalena del Mar, ahora en una azotea de 3° piso. Entre el 1° de julio y el 31 de octubre de 2020, el L_N registrado fue de 43,9 dBA.

Dependiendo de la cantidad de contagios y comportamiento social, durante la primera fase de la cuarentena, las autoridades impusieron diferentes medidas de cierres parciales o restricciones temporales a la movilización de vehículos y personas. Se introdujo limitar la circulación de automotores los domingos, y se declaró toque de queda nocturno, todo tendiente a disminuir la propagación de la COVID-19. Esta variabilidad generó que el comportamiento de los niveles sonoros fluctuara, dependiendo de la cantidad de personas en las calles, y no fue posible registrar un 'crecimiento lineal'.

El 2 de noviembre de 2020 el aeropuerto internacional de Lima fue abierto solamente para vuelos comerciales limitados al traslado de personas de actividades no-

esenciales (no para servicios turísticos), registrándose un incremento de nivel sonoro nocturno en 4,7 dBA respecto a junio de 2020, donde se puede atribuir dicho incremento al ruido producido por el sobrevuelo de aeronaves, ya que existía un toque de queda estricto entre las 22.00 h y 05.00 h. Entre el 2 de noviembre y el 31 de diciembre de 2020, el L_N registrado fue de 47,1 dBA.

Para las festividades de diciembre de 2020, las autoridades de Perú impusieron nuevas restricciones de movilidad de personas, y limitando el aforo para reuniones familiares, hasta el 28 de febrero de 2021, registrándose una reducción del nivel sonoro nocturno de 1,7 dBA, respecto al bimestre noviembre-diciembre. Entre el 1° de enero y el 28 de febrero de 2021, el L_N registrado fue de 47,8 dBA.

La aparición de nuevas variantes del virus obligó a las autoridades a implementar nuevas y diferentes órdenes de contención social que prohibieron la movilidad de

las personas entre el 1° de marzo y el 30 de junio de 2021; por lo tanto, fue posible medir los niveles de sonido más bajos posibles bajo condiciones de apertura a actividades no-esenciales. Entre el 1° de marzo y el 30 de junio de 2021, el L_N registrado fue de 42,1 dBA, a consecuencia de una restricción más estricta en horas nocturnas, donde se impuso un toque de queda de cumplimiento estricto.

En esta conferencia se presentan los resultados de quince meses de monitoreo continuo del nivel sonoro, analizándose su variación a largo plazo, para determinar estadísticamente si se comprueba un de-escalamiento hacia una nueva normalidad, y reforzar la idea de instaurar al menos una domingo por mes la actividad «Un día sin auto», que demostró tener niveles sonoros bajos generando un paisaje sonoro saludable.

Intervención acústica del auditorio Pachacútec del Distrito de Machu Picchu Pueblo en Cusco, Perú

Acoustic intervention of the Pachacutec auditorium of the Machu Picchu Pueblo District in Cusco, Peru

Intervenção acústica do auditório Pachacutec do distrito de Machu Picchu Pueblo em Cusco, Peru

Elena Isabel Gushiken Uesu¹

¹ARQUICUST Gerencia. Lima, Perú

Correo de contacto: arquicust@arquicust.com

ORCID: 0000-0002-2827-5052

RESUMEN EXTENDIDO

El Grupo ARQUICUST fue parte de la implementación acústica del Auditorio Pachacútec del Municipio de Machu Picchu, ubicado en el distrito de Machu Picchu, Provincia de Urubamba y Departamento de Cusco.

Todo el Proyecto estuvo a cargo de la empresa TELVICOM, elegido por concurso público, y construido con recursos del gobierno peruano, siendo el gestor el ex Alcalde de la Municipalidad de Machu Picchu el Ing. David Gayoso.

Se trata de un auditorio multiuso y con una capacidad para 400 personas, de 400 m² de área y 3200 m³ de volumen aprox. Creado como un centro social y cultural para la población nativa del lugar y para los más de 3000 turistas que llegan y se alojaban en el pueblo para la visita a las Ruinas de Machu Picchu. La obra se entregó en el año 2018 siendo en ese entonces el primer auditorio en el Perú con el sistema digital 4K 3D.

El Auditorio de la Municipalidad de Machu Picchu se ubica en el Pueblo a 2000 msnm en el Valle de Urubamba, un lugar de difícil acceso al estar rodeada por montañas no existen carreteras y siendo el traslado de materiales y equipamiento por vía ferrocarril y el acceso peatonal al auditorio, tuvo que movilizarse a más de 200 personas del mismo pueblo quienes se organizaron y ayudaron el traslado al lugar de la obra. Se implementó un auditorio con un espíritu

de solidaridad y así lo sienten y se usa el auditorio con mucho sentimiento.

Consideraciones para la implementación:

- Confort acústico, y que tenga una buena calidad del sonido y cumpla las condiciones para el sistema digital 4K 3D.
- Un auditorio con identidad cusqueño en los elementos de la implementación (detalles de representaciones y simbologías incaicas cusqueñas).
- Empleos de materiales de la zona (madera).

Antes de la implementación de las obras acústicas y con el casco vacío, utilizando como referencia las Normas ISO 3382 parte 1 y parte 2, se efectuaron un total de 384 mediciones simples, obtenidas en forma combinada como sigue:

- a) en 2 posiciones distintas de emisión
- b) en 16 ubicaciones de micrófonos de recepción,
- c) 32 combinaciones de emisor-receptor,
- d) 4 configuraciones de micrófonos,
- e) Con dos tipos de respuesta: señal interrumpida e impulso. Señal tipo MLS y de ruido rosa,
- f) cantidad de 6 repeticiones en la combinación.

Se midió el tiempo de reverberación y otros fenómenos acústicos, en condiciones avanzadas de la obra, registrando en formato de audio digital todos los impulsos generados digitalmente y por respuesta al impulso, utilizándose globos gigantes con diámetros

de 80 cm, para asegurar una ‘explosión’ regular libre de coloraciones.

Después de las obras de colocación de los paneles acústicos en toda la sala, variando sus perforaciones y/o formas dependiendo en qué parte del auditorio se trataba, con todas las butacas instaladas, utilizando como referencia las Normas ISO 3382 parte 1 y parte 2, se efectuaron un total de 768 mediciones simples, obtenidas en forma combinada como sigue:

- i. en 2 posiciones distintas de emisión
- ii. en 18 ubicaciones de micrófonos de recepción,
- iii. 54 combinaciones de emisor-receptor,
- iv. 4 configuraciones de micrófonos,
- v. Con dos tipos de respuesta: señal interrumpida e impulso. Señal tipo MLS y de ruido rosa.
- vi. cantidad de 6 repeticiones en la combinación.

Con relación a los parámetros acústicos finales, el tiempo de reverberación, el brillo, calidez, claridad del habla definición del habla, envolvente de escucha, y la

inteligibilidad de la palabra amplificada, se encuentran dentro de los parámetros acústicos internacionales exigidos para sistemas Dolby® multicanal.

Uno de los principales problemas acústicos de este auditorio, es que existe concentración de energía sonora al centro de la sala, a consecuencia que la pared detrás de la pantalla sigue su forma cóncava, por lo que toda esa superficie está funcionando como un “espejo reflector”.

Si bien, el auditorio está cumpliendo los parámetros acústicos como auditorio para sala de cine dolby, sala de conferencias, canto, etc.; sin embargo, se encontraron la presencia de fenómenos acústicos a consecuencia del paralelismo de algunas superficies (a pesar de que esto le fue advertido al diseñador del auditorio, no se aceptó modificar la forma arquitectónica), hay presencia de flutter eco, ante la falta de paneles y elementos difusores que quedaron pendiente a una segunda intervención.

La Arqueoacústica experimental: Estudios para la preservación de “patrimonio auditivo”

Miriam A. Kolar¹

¹Profesor Visitante, Amherst College, EE.UU.

ORCID: 0000-0003-2419-9248

Correo de contacto: kolar@culturalacoustics.org

Resumen

Estudios arqueoacústicos basados en experimentos hecho en los sitios arqueológicos Chavín de Huántar y Huánuco Pampa, Perú hacen posible la preservación de información pertinente en entender las posibilidades de la comunicación sonora en estos sitios de gran importancia a la historia Andina. Para la interpretación arqueológica, relacionamos la dimensión física del sonido con sus potencialidades perceptivas humanas, haciendo nuevos descubrimientos antropológicos. Las metodologías nuevas por documentar, preservar y reconstruir el patrimonio auditivo se aplican en diversos sitios incluyendo trabajos en sitios históricos en los EE.UU. y en cuevas decoradas del Paleolítico superior en Francia – todo importante al record de patrimonio auditivo, un termino que estamos desarrollando en práctica y publicaciones.

Palabras clave:: Arqueoacústica, patrimonio cultural, arqueología, paisaje sonoro, percepción auditiva

Abstract

Archaeoacoustical studies based in experiments made in the archaeological sites of Chavín de Huántar and Huánuco Pampa, Perú make possible the preservation of information pertinent to understanding the sonic communication possible in these sites of great Andean importance. For archaeological interpretation, we relate the physical dimension of sound with its human perceptual affordances, to make new archaeological discoveries. The new methodologies to document, preserve, and reconstruct aural heritage are applied in diverse sites including work in historical sites in the United States and in decorated caves from the Upper Paleolithic in France — all important to the “aural heritage” record, a term that we are developing in practice and publications.

Keywords:: Archaeoacoustics, cultural heritage, archaeology, soundscape, auditory perception

Resumo

Estudos arqueoacústicos baseados em experimentos realizados nos sítios arqueológicos de Chavín de Huántar e Huánuco Pampa, Peru possibilitam a preservação de informações pertinentes ao entendimento da comunicação sônica possível nestes sítios de grande importância andina. Para a interpretação arqueológica, relacionamos a dimensão física do som com suas possibilidades perceptivas humanas, para fazer novas descobertas arqueológicas. As novas metodologias para documentar, preservar e reconstruir o patrimônio aural são aplicadas em diversos locais, incluindo trabalhos em locais históricos nos Estados Unidos e em cavernas decoradas do Paleolítico Superior na França - todos importantes para o registro do "patrimônio aural", um termo que estamos desenvolvendo na prática e em publicações.

Palavras chave: Arqueoacústica, herança cultural, arqueologia, paisagem sonora, percepção auditiva

1. UN PROPÓSITO ANTROPOLÓGICO PARA LOS ESTUDIOS ACÚSTICOS DE SITIOS ARQUEOLÓGICOS

Para los seres humanos, el sonido es tanto un medio de comunicación natural como intencional, importante por transmitir mensajes de diversas formas en combinación con otras modalidades sensoriales. Las características acústicas de sitios arqueológicos son clave a las estrategias de comunicación de nuestros antepasados (Kolar 2017; Kolar 2018; Kolar 2019). Experimentamos, analizamos y modelamos dinámicas acústicas y sus efectos sensoriales desde la actuación experimental en hacer mediciones de materiales y estructuras arqueológicas (Kolar et al. 2021; Kolar 2020a, Kolar 2020b, Kolar 2021). A través de la activación sonora de los materiales arqueológicos usando ambas técnicas estándar y actuaciones con instrumentos sonoros apropiadas a la arqueología, recuperamos aspectos sensoriales de la antigüedad y encontramos funcionalidades no siempre evidentes de otros métodos. A continuación, se ofrece una breve descripción de los estudios arqueoacústicos diseñados para producir nueva documentación arqueológica.

2. VISIÓN GENERAL DE LAS INVESTIGACIONES ARQUEOACÚSTICAS DEL SITIO ARQUEOLÓGICO CHAVÍN DE HUÁNTAR, PERÚ Y RESUMEN DE NUESTROS TRABAJOS DE CAMPO RECIENTE

Nuestros trabajos arqueoacústicos de campo del sitio arqueológico Chavín de Huántar documentan las dinámicas acústicas de su arquitectura y paisaje, y nuestras investigaciones incluyen estudios de objetos sonoros excavados del sitio y preservados en la colección del Museo Nacional Chavín. Estudios arqueoacústicos en Chavín de Huántar eran inspirado en la propuesta de Luis Lumbreras, Chacho González y Bernard Lietaer (1976) sobre “los vasos comunicantes en hidráulica y de resonancia en acústica” y también en los *pututus Strombus* (instrumentos rituales sonoros y de multiusos, hecho de grandes gasterópodos marinos) hallados en el sitio por John Rick (2008) y su equipo en 2001. Desde que comenzamos con investigaciones arqueoacústicas con trabajos de campo en 2008 de nuestro proyecto formado en 2007 a la Universidad de Stanford, usamos técnicas acústicas, psicoacústicas y etnográficas en investigar diferentes aspectos sonoros a través de sus

potencialidades por la experiencia humana (Kolar et al. 2012; Kolar 2020a). En el año 2018, comenzamos a llamar los datos “patrimonio auditivo” (Kolar et al. 2021b) para los estudios desde 2010 en que documentamos a través de experimentos sistemáticos las perspectivas posibles de las personas de recibir sonido en contextos físicos del sitio (Kolar 2013). Para desarrollar una nueva metodología colaborativa enfocada en patrimonio auditivo, con un grupo de 12 investigadores trabajamos como un grupo de sensores en hacer “detección de sonido distribuida colaborativa” y publicamos un artículo en que explicamos nuestro proceso (Kolar et al. 2019). Con trabajos en curso, los datos de patrimonio auditivo estamos traduciendo en *auralizaciones virtuales*, demostraciones para escuchar y sentir ejemplos de sonidos reconstruidos espacialmente. Trabajamos con las propuestas arqueológicas recientes de nuestro equipo en reflejar los descubrimientos nuevos del sitio y realizar mostraciones sensoriales de acuerdo con las hipótesis más recientes, y también para probar ideas de larga data (Lumbreras 2007; Rick et al. 2020). Estas demostraciones pueden ser instalados en museos o presentados en sitios web, y trabajamos en diseñar presentaciones que aprovechan diferentes modalidades sensoriales, particularmente para accesibilidad universal.

Desde nuestros trabajos del campo en los años más recientes -- 2018 y 2019 -- avanzamos especialmente en estudiar y evaluar las relaciones de las perspectivas de oyentes humanos con los datos acústicos. Diferentes formas de datos sobre dinámicas acústicas que resultan de la activación sónica de los materiales arqueológicos son importantes en producir estimaciones realistas de un modo principal de comunicación humana: el sonido. Por eso, hicimos encuestas sobre observaciones de experimentos acústicos (que al mismo tiempo documentamos de manera objetivamente métrica) de personas diferentes, porque no todos oyen de la misma manera, y así pudimos documentar una gama de posibilidades al mismo tiempo de encontrar consenso (Kolar 2013; Kolar et al. 2019). Otro enfoque era nuestro estudio arqueo-etnomusicológico de objetos sonoros de Chavín guardado en el museo: trabajando en grupo de cinco intérpretes con diferentes niveles de experiencia musical, estimamos, probábamos y documentamos como funcionan varios objetos sonoros (Kolar et al. 2021a). Es importante en el uso de

conceptualizaciones musicales no transferir los valores musicales del presente sin considerarlos; por eso, documentamos las percepciones y estrategias de tocar los instrumentos de cada investigador en forma de entrevistas etnográficas durante nuestro proceso de probarlos. Esta auto-reflexividad permite un análisis más funcional de las potenciales musicales de los instrumentos, en lugar de solamente representar una transferencia de los valores culturales de los investigadores. Entonces, parte de nuestro estudio es la arqueomusicología, utilizando una metodología funcional.

3. EL DESARROLLO DE NUEVOS MÉTODOS DE TRABAJO DE CAMPO ACÚSTICO A TRAVÉS DE LA ARQUEOLOGÍA

Tanto en nuestros estudios en curso en el Centro Ceremonial Formativo Andino en Chavín de Huántar (con su arquitectura intacta desde mediados del primer milenio a.e.c.) como en nuestro estudio acústico 2015 en el Centro Administrativo Inca Huánuco Pampa (Kolar et al. 2018) estamos trabajando en adaptar técnicas de las ciencias acústicas como el desarrollo de “una ciencia performativa del paisaje sonoro” (propuesto en Kolar 2020) que se centra en la retroalimentación sonora de las personas que están experimentando un paisaje sonoro. Aunque nuestro trabajo de campo en Huánuco Pampa fue breve, nos permitió probar un nuevo método comparativo para usar sonidos arqueológicamente apropiados producidos por humanos como señales de prueba acústicas, junto con una señal sinusoidal estándar producido por un altavoz. En cada estudio, siempre realizamos mediciones de respuesta a impulsos de espacios acústicos e instrumentos sonoros, guiado por el principio de recrear escenarios de producción y detección de sonido humanamente posibles de acuerdo con una convergencia de evidencia arqueológica (Kolar et al. 2019; Kolar et al. 2021b).

4. PROYECTOS EN CURSO PARA UN NUEVO ASPECTO DEL RECORD ARQUEOLÓGICO

Nuestras investigaciones continúan a través de experimentos, análisis y modelado de las dinámicas acústicas y sus efectos sensoriales desde materiales y estructuras arqueológicas, no solo en los Andes sino

en sitios históricos en los EE.UU. y en cuevas decoradas del Paleolítico superior en Francia. En el proyecto “Digital Preservation & Access to Aural Heritage Via A Scalable, Extensible Method” (Preservación y acceso digital al patrimonio auditivo a través de un método escalable y extensible) estamos desarrollando un protocolo traducible de recopilación de datos del patrimonio auditivo (la acústica + perspectivas auditivas) para la preservación y las representaciones virtuales (Kolar et al. 2021b) con un método para procesar datos de patrimonio auditivo en auralizaciones escalables, y publicaremos tutoriales para habilitar vías de extensibilidad para diversas implementaciones de este protocolo.

Estudios basados en experimentos hecho en los sitios arqueológicos Chavín de Huántar y Huánuco Pampa, Perú ayudan en probar hipótesis arqueológicas y en verificar los modelos de reconstrucción, y por lo tanto, hacer posible la preservación de información pertinente en entender las posibilidades de la comunicación sonora en estos sitios importantes al patrimonio mundial. En relacionar la dimensión física del sonido con las potencialidades perceptivas humanas, abrimos un espacio conceptual que ha hecho posible nuevos descubrimientos arqueológicos. Los estudios acústicos interconectan la dinámica de los materiales arqueológicos con sus potenciales experimentales humanos, haciendo posible un nuevo aspecto del record arqueológico que llamamos “patrimonio auditivo” y estamos conectando con estudios y mostraciones multisensoriales.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi gratitud a Walter Montano y los organizadores, patrocinadores y participantes del Primer Simposio Regional de Acústica y ExpoAcústica 2021; al Ministerio de Cultura del Perú y al pueblo de Chavín de Huántar; a mis colegas y colaboradores de investigaciones arqueológicas de varios países y particularmente ellos asociados con el Programa de Investigación Arqueológica y Conservación Chavín de Huántar (PIACCdH), así como al Centro Internacional de Investigación, Conservación y Restauración (CIICR) y el Museo Nacional Chavín. Gracias a mis colegas del proyecto de crear un protocolo para la preservación digital del “patrimonio auditivo” (AuralHeritage.org) con apoyo del National Endowment for the Humanities de los EE.UU.

REFERENCIAS

- Kolar, M. A. (2021) Investigaciones Arqueoacústicas en Chavín de Huántar: La Comunicación Sonora en la Plaza Circular. *Actas del VII Congreso Nacional de Arqueología de Perú*, Lima.
- Kolar, M. A. (2020a) Investigaciones Arqueoacústicas en Chavín de Huántar: La Comunicación Sonora en la Plaza Circular. Presentación al VII Congreso Nacional de la Arqueología de Perú, 20 octubre. <https://www.cultura24.tv/videoteca/congreso-nacional-de-arqueologia-investigaciones-arqueoacusticas-en-chavin-de-huantar-la>
- Kolar, M. A. (2020b) Situating Inca Sonics: Experimental Music Archaeology at Huánuco Pampa, Peru. *Mundo Florido: Arqueomusicología de las Américas* Vol. 6: 13-46. Ed. M. Stöckli y M. Howell. Berlín: Ekho Verlag.
- Kolar, M. A. (2019) Conch Calls into the Anthropocene: *Pututus* as Instruments of Human-Environmental Relations at Monumental Chavín. *Yale Journal of Music & Religion* 5(2), Artículo 4, 22-63. <https://doi.org/10.17132/2377-231X.1151>
- Kolar, M. A. (2017) Sensing Sonically at Andean Formative Chavín de Huántar, Perú. *Time and Mind: The Journal of Archaeology, Consciousness and Culture* 10(1), 39-59. <https://doi.org/10.1080/1751696X.2016.1272257>
- Kolar, M. A. (2018) Archaeoacoustics: Re-Sounding Material Culture. *Acoustics Today* 14(4), 29-37. <https://doi.org/10.1121/AT.2018.14.4.30>
- Kolar, M. A. (2013) Archaeological Psychoacoustics at Chavín de Huántar, Perú. Tesis doctoral, Universidad de Stanford, Stanford, CA, EE.UU.
- Kolar, M. A., Ramírez Rodríguez, R., Guerrero de Luna Rueda, R., Silva Espinoza, O., San Miguel Fernández, R. (2021a) Experimentos acústicos y estudios de actuación con los pututus de Chavín de Huántar: Evidencias de su expresividad en relaciones entre seres diversos en un centro ceremonial del periodo Formativo. Presentación al Primer Congreso Internacional de Etno y Arqueomusicología, 17 julio.
- Kolar, M. A., Ko, D., Kim, S. (2021b) Preserving Human Perspectives in Cultural Heritage Acoustics: Distance Cues and Proxemics in Aural Heritage Fieldwork. *Acoustics* 3(1): 156-176. <https://doi.org/10.3390/acoustics3010012>
- Kolar, M. A., Goh, A., Gálvez-Arango, E., Morris, B. P. M., Aragon Romano, A., Turley, S. E., Colello, S., Penniman, W., Martínez Boffa, J., Wang, C., Depaul, G., Keene, K. (2019) Archaeoacoustics Fieldwork for Aural Heritage Conservation: Collaborative Distributed Sound-Sensing at Chavín de Huántar, Perú. *Change Over Time: An International Journal of Conservation and the Built Environment* 9(2), Sounding Heritage. <https://doi.org/10.1353/cot.2019.0010>
- Kolar, M. A., Covey, R. A., Cruzado Coronel, J. L. (2018) The Huánuco Pampa acoustical field survey: an efficient, comparative archaeoacoustical method for studying sonic communication dynamics. *Heritage Science* 6(39). <https://doi.org/10.1186/s40494-018-0203-4>
- Kolar, M. A., con Rick, J. W., Cook, P. R., Abel, J. S. (2012) Ancient *Pututus* Contextualized: Integrative Archaeoacoustics at Chavín de Huántar, Perú. *Mundo Florido: Arqueomusicología de las Américas* Vol. 1: 23-53. Ed. M. Stöckli y A. A. Both. Berlín: Ekho Verlag.
- Lumbreras, L. G. (2007) *Chavín: Excavaciones arqueológicas*. 2 volúmenes. Universidad Alas Peruanas, Lima.
- Lumbreras, L. G., González, C., Lietaer, B. (1976) Acerca de la función del sistema hidráulico de Chavín. *Investigaciones de campo*, no.2. Publicaciones del Museo Nacional de Antropología y Arqueología, Lima.
- Rick, J. W. (2008) Context, Construction, and Ritual in the Development of Authority at Chavín de Huántar. *Chavín: Art Architecture and Culture*, ed. William J. Conklin y Jeffrey Quilter, Monograph 61. Cotsen Institute of Archaeology, University of California, Los Angeles, 3-34.
- Rick, J. W., Mendoza Rick, R., Rojas Pelayo, L. (2020) ¿Chavín Pictorio? Repensando la Escena Nuclear de Chavín de Huántar. Presentación al VII Congreso Nacional de la Arqueología de Perú, 20 octubre: <https://www.facebook.com/557960460977789/videos/2750558425227346>

La sinfonía de los cencerros: entre arte y tecnología

Francisco Mata Cabrera¹

Ildefonso Owono Nguere Abuy¹

¹Universidad de Castilla-La Mancha-Escuela de Ingeniería Minera e Industrial de Almadén, España

RESUMEN EXTENDIDO DE LA PONENCIA PRESENTADA AL SIMPOSIO REGIONAL DE ACÚSTICA, DICIEMBRE DE 2021

Los cencerros son aquellos instrumentos sonoros que se utilizan para el ganado y que sirven para localizar en la distancia a los animales, además conseguir una musicalidad, que depende de la combinación que se haga de tipos, tamaños y sistema de afinación.

La utilización de cencerros en el ganado es muy antigua. La primera campana utilizada para este fin data de aproximadamente 5.000 años A.C.

El uso del cencerro está muy arraigado en zonas rurales, vinculadas al pastoreo de ganado ovino, caprino o bobino, fundamentalmente; pero también hay expresiones de tipo cultural en las que el cencerro está presente. Son famosos algunos carnavales, en los que se combina el baile con atuendos especiales de los que penden cencerros. También las cencerradas son muy populares en determinados lugares, para ciertas celebraciones, con la noche de San Juan, o para fines concretos, como protesta o medio para ahuyentar las malas energías. También la música está vinculada al cencerro, como instrumento de percusión imprescindible en determinados estilos, o bien, para construir instrumentos más complejos, a partir de la selección de una escala de notas por tamaños. Y, cómo no, la literatura también está preñada de citas en las que aparecen tanto rasgos atribuidos a este instrumento, como frases hechas que se han incorporado al acervo cultural de todos (Ej: «no quiero perro con cencerro», «estar más loco que un cencerro»). En Portugal, los cencerros o ‘chocalhos’ fueron declarados patrimonio cultural inmaterial de la humanidad, para proteger una artesanía en claro peligro de desaparición.

El sonido de los cencerros permite identificar si los animales pacen, beben agua, andan pausadamente o corren, según la frecuencia del sonido emitido. También se puede diferenciar, por ejemplo, el timbre específico de un cencerro redondo normal o de un ‘boquiestrecho’, en particular de aquellos que tienen

una marcada forma ‘apucherada’. Hablaríamos de sonidos más claros en el primer caso y sonidos toscos o más roncós en el segundo. Las denominaciones varían según zonas y países. En España, por ejemplo, podemos encontrar esquilas normales, zumbas, kalaskas, piquetes, playeras, etc.

Los cencerros típicos del Principado de Asturias suelen tener más sección para la misma altura y se diferencian por su afinado característico, que hace aflorar dos notas claramente diferenciadas, tras un proceso de machaqueo de la chapa bastante agresivo. Este tipo de afinado, junto con el badajo de asta de cuerno, consigue sonidos que prolongan largas distancias, normalmente varios kilómetros. Esta circunstancia obedece a una necesidad: el abrupto relieve de Asturias, con montañas cubiertas de niebla cerrada durante meses de forma ininterrumpida requiere de un sistema sonoro de localización del ganado que permita identificar su posición de forma fiable y desde larga distancia.

El proceso de elaboración de un cencerro es completamente artesanal y comienza con el corte de la chapa con la medida de plantilla del cencerro que quiere conformarse. A partir de aquí, comienza un proceso de deformación plástica, normalmente en frío, a base de martillo y yunque, que permite dar la forma al cencerro en chapa de acero. Una vez conformado el cencerro, incluyendo accesorios como asas, ribetes o pedreras, se puede seguir dos caminos: el tradicional, con el baño de latón tras un proceso de horneado, o la soldadura, que aporta latón a las costuras y zonas que necesitan quedar unidas firmemente. El resultado puede ser similar en cuanto a sonido, aunque el aspecto difiere bastante. Un cencerro fundido, con su baño dorado, tiene una estética más atractiva y, por lo general, conserva mejor el sonido original con el paso del tiempo. En todo caso, cabe destacar el hecho de

que el sonido alumbra tras la unión entre el latón y el acero, ya que ambos materiales, por sí solos, no generan ningún sonido reseñable.

El sonido varía dependiendo del tamaño del cencerro, del espesor de la chapa, del material y tipo de ‘embadajado’ y, muy especialmente, del proceso de afinado. Es posible construir barajas de cencerros, en las que identificar notas musicales diferentes, conformando una orquesta que será capaz de proyectar sinfonías diferentes, también en función de la distribución aleatoria y cambiante de cada nota en el conjunto del rebaño.

Vale la pena mencionar también el hecho de que es posible utilizar madera, hueso, cuerno, plástico o metal

para elaborar el badajo. Los sonidos tendrán matices diferentes dependiendo del ‘embadajado’, pero no sólo por el material seleccionado, sino también por la forma, tamaño y colocación del badajo. Así, por ejemplo, podemos identificar diferencias muy claras entre las formas de ‘embadajar’ en Canarias, Portugal o Castilla.

El sonido de un rebaño pone en evidencia el arte de quien elaboró los cencerros, el arte de quien los afinó y, por supuesto, el arte de quien los combinó de cierta manera. Todo ello permite conformar una sinfonía maravillosa, más consonante o asonante, en términos poéticos, pero igualmente digna de ser apreciada.