



DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

NÚMERO 1 DICIEMBRE 2005

CUADERNOS

ARQUITECTURA Y CIUDAD

PENSAR Y DISEÑAR PARA LA SOSTENIBILIDAD

Bernard Deprez

CARACTERIZACIÓN DEL PATRIMONIO ACÚSTICO
DE LAS CATEDRALES DE LIMA Y CUSCO

Carlos Rolando Jiménez Dianderas

CRÉDITOS

Dirección:

Pedro Belaúnde Martínez

Producción:

Departamento de Arquitectura - Jefatura

Diseño gráfico:

J. Carlos Cornejo F.

Coordinador general:

Isabel Ruiz C.

Correspondencia:

Av. Universitaria cdra. 18, S/N San Miguel

Impreso en el Perú, enero 2005

Departamento de Arquitectura - PUCP

e-mail: dptoarquitectura@pucp.edu.pe

ÍNDICE

PENSAR Y DISEÑAR PARA LA SOSTENIBILIDAD.....	4
Bernard Deprez	
CARACTERIZACIÓN DEL PATRIMONIO ACÚSTICO DE LAS CATEDRALES DE LIMA Y CUSCO.....	19
Carlos Rolando Jiménez Dianderas	

PENSAR Y DISEÑAR PARA LA SOSTENIBILIDAD

Bernard Deprez

La cambre, Université Catholique de Louvain-La-Neuve, Belgique

El arquitecto Louis Kahn decía que le interesaba no sólo lo existente, sino también, y aún más, lo posible dentro de lo existente. Como arquitecto, tenemos esta libertad extraordinaria de tomar el riesgo (es decir, la *oportunidad*) de convertir lo posible en algo existente. Hablar de proyectos o hacer proyectos implica algo como arriesgarse, apostar, confiarse; se toma (y también se recibe) la palabra o el lápiz como se toma un riesgo. No se trata de heroísmo aquí, sino que se parece más a lo que hace un malabarista, siendo el riesgo que se le caigan las pelotas con las que se piensa cómo se diseña...

Se diseña como se piensa. El proyecto, claramente, tiene que ver con una forma de razón y los arquitectos diseñan y construyen el mundo no sólo con papel y hormigón, con compás y grúas sino, más básicamente, con sus herramientas conceptuales. Freud decía que la cultura funciona y se construye en base a las estructuras y capacidades individuales: «*la cultura trabaja con los mismos medios que el individuo,*» recuerda el jurista francés Pierre Legendre¹. O sea, producimos representaciones y conceptos de nuestro trabajo de arquitecto, como producimos representaciones del mundo, incluso de nosotros mismos. Cada uno produce la cultura como cada uno se produce y se representa. Estas mismas herramientas conceptuales son las que le permite a uno racionalizar *that which happens*, la opacidad de lo que, sencillamente, *sucede*.

¹ Esta hipótesis la recuerda Pierre Legendre en *Ce que l'Occident ne voit pas de l'Occident* – Conférences au Japon, Éd. Mille et une nuits, Coll. Les Quarante piliers, Paris, 2004.

Hoy en día, tras siglos de racionalidad científica, *that which happens* no parece menos oscuro que ayer y lo oscuro que sucede hoy es la globalización, el calentamiento global, los impactos sanitarios y sociales del consumo, etc. que apenas hemos empezado de comprender. Desde este enfoque, la sostenibilidad también tiene que ver con una forma de racionalidad, al intentar comprender lo que *sucede* y fundamentar nuevas políticas como nuevos comportamientos.

Sin embargo, cabe reconocer que hay numerosos motivos para permanecer escéptico frente a la manera con la que se habla, a nivel internacional o nacional, de dicha sostenibilidad y de su relación con la realidad. Por ejemplo, el discurso sostenible utiliza el famoso concepto del triángulo de la sostenibilidad, que liga el aspecto *ambiental* a la vertiente *económica* y *social*. Este paradigma, y su éxito mediático, procede no obstante de una lectura occidental más bien política que científica, la cual resulta de negociaciones internacionales (Rio, 1992), su legitimidad brota de su carácter más o menos representativo, en el sentido de que propone una «fotografía» de las relaciones reales, tal y como existen entre actores globales y naciones, entre los David del Sur y los Goliath del Norte. Se trata aquí de un discurso de «Wishful thinking» que, en realidad, prescinde de contenido, o sea lo importante resulta estar conversando, es decir: negociar y acordarse en utilizar palabras comunes para sacar la conversación de la sostenibilidad entre los poderosos y los impotentes... Por lo tanto, no se le parece a nadie que sea realmente aplicable...

Si queremos pensar la sostenibilidad y el diseño sostenible, entonces, tenemos primero que reconocer que hay distintas maneras de pensarlos. Por ejemplo, acordemonos de esto: no se piensa el diseñar arquitectura como se piensa el diseñar una experiencia biológica. En esto los arquitectos suelen tener mala fama de no pensar tan rigurosamente como científicos... Es que mientras el arquitecto piensa *hacia* o más bien *hasta* el proyecto, como caninando adelante e inspirado por algo más allá, el científico piensa de otro modo: a partir de su *corpus*,

siempre refiriéndose a él paravolverse más cerca, lo más objetivamente, de su objeto. Son racionalidades distintas, realmente autónomas hacen del primero un *projectista*, y del segundo, digamos, un *objetista*.

Pero también encontramos además racionalidades todavía distintas: la racionalidad técnica racionaliza el cómo uno utiliza medios para alcanzar una finalidad, lo cual produce trayectos técnicos más o menos eficientes; este se podría llamar *trayectista*; y la racionalidad política, de la cual ya hablé: que se preocupa por legalizar las posiciones respectivas de los actores o sujetos; este enfoque más étnico o sociológico se podría llamar *sujetista*. Entonces, pensar sosteniblemente no sería cosa de pensar en algún modo único e universal, - y por ello, no sería muy modernista -, sino de combinar y concordar estos cuatro planos de racionalidades² que muchas veces divergen o, más que de combinarlos, sencillamente, considerarlos todos simultáneamente y mutuamente, exactamente como se canta un coral de Bach: cuatro voces distintas que forman una sola obra.

La filósofa belga Isabelle Stengers habla muy sencillamente de la sostenibilidad cuando dice: «*tomar activamente en cuenta la problemática del largo plazo, procurar representar las consecuencias de una decisión, equiparse para identificarlas y discutir las si no resultan conformes con las anticipaciones, todo esto cabe en una palabra: pensar.*»³ Entonces no se trata de pensar más, como si los arquitectos ya no pensarán mucho (y para muchos demasiado), sino que pensar sosteniblemente significa que deben diseñar no sólo el proyecto mismo sino también el diseño de sus impactos, o en otros términos, no sólo hay que pensar en el edificar sino también en el utilizar, el habitar: el relacionarse con la realidad pragmática.

²Esto resultó del trabajo teórico de la antropología clínica, desarrollado en Francia por el Prof. Jean Gagnepain, véase: Lecciones de la introducción a la teoría de la mediación, *Coll. Anthropologiques* 5, Ed. Peeters, Louvain-la-Neuve, 1994.

³Isabelle Stengers, Le développement durable : une nouvelle approche ?, en la revista *Alliage*, N°40, 1999, Seuil, Paris. Véase: http://www.tribunes.com/tribune/alliage/40/stengers_40.htm.

Sin embargo, el interés más inmediato de pensar no significa para Stengers que ello permitirá anticipar el futuro, sino que echa una luz bastante curiosa sobre nuestro pasado. Stengers dice: «¿Con qué despreocupación pudimos pensar que no necesitábamos pensar durablemente? ¿Qué nos anestesió?» ¿Qué hizo del corto plazo la norma de nuestras realidades?⁴ » Lo que suena en otra forma: ¿Cuál es el riesgo que preferimos no tomar, al pensar sosteniblemente? Más que todo, me parece que estas preguntas no se pueden plantear sino en la Universidad, por lo que, como profesores, tienen no sólo la voluntad de pensar, sino también la responsabilidad.

Cada uno puede averiguar que, al revés, dicha preocupación por los impactos ya se encuentra en el centro de las teorías pre-modernistas, sea Vitrubio o, aún más, Alberti. El tratado albertiano gira en torno a este tema de las implicaciones mutuas entre la construcción, el ambiente y la salud (*necitas*) por una parte, y el uso tal y como se estructura socialmente (*comoditas*) y la coherencia simbólica que emerge mediante el edificio singular (*voluptas*) por otra parte, en una sociedad renacentista medianera de la muerte que ya podríamos llamar «sociedad del riesgo», en la cual cada error produce daños, enfermedades y collapsus sin remedio. En esto, Alberti recuerda muchas veces que el largo plazo es la medida arquitectónica por excelencia, la cual le permite tanto diseñar para el futuro, como para seguir aprendiendo de los diseños del pasado. En esto también, Alberti ya destacaba que no se puede diseñar a prisa, sino que dicho proceso cobra mucho tiempo.

Esto implica también que para otorgarse pensar estos impactos, hay que oponerse un poco a la tentación de hacer rápido, al deseo de tenerlo ya todo proyectado, arreglado tal y como suelen hacerlo los «profesionales». Entonces se trata aquí de integrar un enfoque del

⁴ *ibidem*

impacto, pero éste implica un distanciarse por parte del proyectista, una objetivación de su propio proyecto y proceso laboral. Esto significa también que, desde el punto de vista de la sostenibilidad, el proyectista no está como frente al problema, sino que él mismo forma parte de este problema.

Siguiendo a Stengers, podemos aceptar lo siguiente: por una parte, no nos hace falta nuevos conceptos, pues lo que ha de pensarse no es nuevo, sino que ha de *pensarse de nuevo* porque ha venido perdiendo su evidencia; por otra parte, pensarlo implica también arriesgarse a pensar lo que nos ha llevado a desconocer estas evidencias, a desensibilizarnos a estas evidencias. Desde este punto de vista, la sostenibilidad no resulta un concepto nuevo, sino la invitación a pensar, a «*oponerse a la tentación de no pensar*»⁵.

Entonces, si empecé con la filósofa Stengers, es porque me parece que lo que la visión de la sostenibilidad plantea, es básicamente ¿cómo pensamos el mundo? ¿con qué eficiencia?, antes de ¿cómo lo cambiamos?, o acaso ¿cómo nos cambiamos nosotros mismos? No sirve para nada aprender técnicas y recetas si no nos planteamos esto. Este impulso epistemológico procede de que el pensar y el diseñar también tienen sus propios límites y no pensarlos nos prepara a caer en las trampas de un simulacro de sostenibilidad.

Pensar y diseñar resultan siempre, necesariamente y básicamente inadecuados; entre lo que pienso (que pienso), o lo que diseño y la realidad, siempre hay discrepancias, y por eso no dejamos de hablar o de volver a diseñar, intentando llenar esa fosa sin conseguirlo. Tememos un concepto técnico, la ‘eficiencia’, pues si hablamos de la eficiencia es porque sabemos que la técnica es ineficaz, que el 100% no existe.

⁵ *ibidem*.

Pensar también implica que pensamos y diseñamos más o menos ineficazmente, y que no hay remedio y que, por ello también, no podemos dejar de pensar y seguimos hablando.

Para pensar el pensar, un concepto fundamental es el del sistema lacaniano R / S / I, que dice muy simplemente que lo que imaginamos (I) saber de lo que sucede, lo real (R), lo sabemos a través del software (S), o sea el procesador simbólico que caracteriza al Homo Sapiens. Esto, lo sabemos si utilizamos la computadora: no podemos conocer directamente lo que tenemos grabado sino que la computadora tiene que procesar lo que en realidad son fenómenos magnéticos para que lo podamos leer en la pantalla. No es nada diferente con los seres humanos: los perceptos necesitamos que sean procesados y convertidos en material simbólico, o sea inteligible.

Pero, al contrario de lo que pasa con la computadora, la operación simbólica deja un resto, una sombra, algo que le resiste y escapa: todo lo real no se logra traducir, y mucho queda sin conocer como zonas o territorios oscuros, ignorados, ocultos. Desde este enfoque, la sostenibilidad, echada en un mundo global, se la confronta a cada uno a su ignorancia global. Utilizo la palabra ignorar particularmente porque tiene tanto el sentido de *no saber algo*, con lo que la cosa queda oscura, y también el de *hacer caso omiso de algo*, con lo que la cosa resulta reprimida, denegada y oculta.

Esta hipótesis teórica R / S / I, la representa Legendre con la metáfora del espejo cuando escribe que no tenemos acceso directo a los fenómenos, a lo real, sino a representaciones de ello, que se construyen mediante percepciones animales (ver, oír, etc.). Al contrario de los animales, los humanos tenemos un equipo neuronal (hardware) y cultural (software) que procesa y convierte dichos perceptos en forma simbólica: una representación. Digamos que la figura delante el espejo sea lo real (R), y la imagen resulta la construcción imaginaria (I) que construimos gracias a la estructura del espejo (S), que aquí parece invisible.



Figura 1 :
Reproduction interdite, René Magritte, 1937



Figura 2,
La Condition humaine, René Magritte, 1933

Al pintor belga René Magritte (1898-1967) le preocupaba mucho este tema y lo materializó con la metáfora del espejo en su tela *Reproducción prohibida*: ¡la representación no es una reproducción! La imagen (I) que se construye de la realidad (R) a través del espejo, el sistema simbólico S, aquí no ‘reproduce’ la realidad: en esta discrepancia, que el pintor manifiesta de modo surrealista aquí, en el fondo de esta diferencia se ubica a la vez la fuerza del procesador simbólico S (pues la imagen sí nos parece ilógica, o sea S tiene una lógica propia que se impone a la mente) y su propio límite (la tela permite representar precisamente lo que el espejo no permite representar: lo que está detrás, la parte oscura de lo real).

Magritte utilizó también la metáfora de la pintura, como se nota en sus varias obras tituladas *La condición humana*: ¿puede la pintura (S) construir la imagen (I) tal y como si fuese la realidad misma (R)? Es claramente una ilusión, traicionada sólo por el borde de la tela: entonces sólo vale la ilusión con tal que no se cambie demasiado la perspectiva.



Figura 3 :
La trahison des images, René Magritte, 1929

Más radicalmente aún, Magritte desconfía de las imágenes, como lo nota también en su famosa *La Traición las imágenes*: 'Eso no es una pipa' (sino la imagen de una pipa): nuestras construcciones imaginarias no son las cosas mismas, pero siempre tendemos a reducir lo real a lo que pensamos que sabemos de él, o sea a lo simbólico: dibujos, palabras, planos y proyectos...

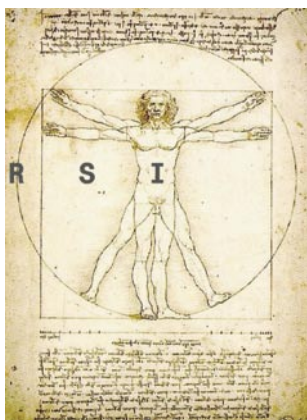


Figura 4,
L'homme de Vitruve, dessin de Léonard de Vinci

Este concepto, el cual se formalizó a fines de los años 60, o sea a continuación de la lingüística saussuriana y después de su exploración lacaniana, quizás lo podemos utilizar para interpretar retroactivamente varias referencias de nuestra teoría arquitectónica. Por ejemplo, relaciono, tal vez anacrónicamente, este concepto R / S / I a la figura de Leonardo, pues presenta símbolos similares: el ser humano (el 'yo' I, sede de la consciencia) ubicado en la Tierra (lo real R, el círculo)

sólo mediante y dentro del Mundo que se cree (el sistema de significados S, el cuadrado), es decir: su procesador simbólico, su cultura. El enfoque renacentista subraya la importancia de la proporción entre lo real tal y como existe en R, y la producción imaginaria I (se trate de filosofía como de arquitectura, etc.) que se construye a través de un procesamiento S, el cual resulta de nuestras herramientas conceptuales, las cuales son más o menos adecuadas, o sea ‘eficientes’.

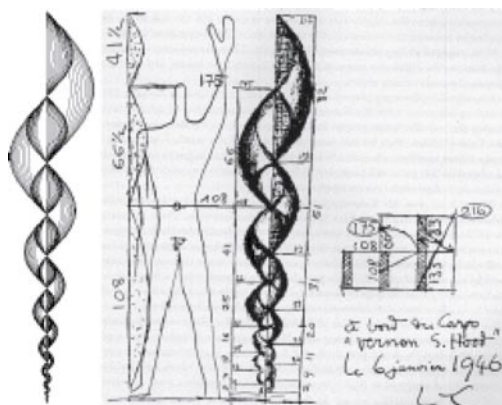


Figura 5,
le Modulor, Le Corbusier, collection du British Museum

Esta imagen de una proporción encuadrada por la finitud del mundo, la cual representaría ‘efectivamente’ la finitud real de la Tierra, me parece completamente distinta del sistema de proporción elaborado más recién con el Modulor de Le Corbusier, el cual presupone una aplicación desencuadrada, abierta a la infinitud, más adecuado al imaginario del sistema industrial nascente en el siglo XX (el cual inspira *Hacia una arquitectura*) que a la realidad de la finitud de los recursos naturales, se trate aquí de la energía, los materiales, el espacio, como de los sistemas naturales como la salud o el clima. O sea la proporción corbuseana (S) parte del imaginario modernista (I) pero no converge en lo real (R),

sino que diverge y sigue flotando y desplazándose siempre hacia un horizonte cada vez más lejos, infinito, sublime... Esto corresponde a un imaginario en el cual la ciencia lo puede todo explicar, tal y como la técnica lo puede todo arreglar: la modernidad exilia lo real a un territorio cada vez más alejado, reprimido...



Figura 6,
La condition environnementale, à partir de René
Magritte

Claramente, la sostenibilidad tiene que ver con el famoso *retorno del reprimido*, el retorno de lo real que las palabras o las teorías ya no consiguen contener o esconder más, lo real que resiste y contradice, a través de la inquietud generalizada sobre los recursos, la salud, el clima, etc., el imaginario occidental oficializado de una ciencia omnisciente, de una técnica omnipotente, de procesos democráticos universales, etc. Tomé la libertad de manipular un poco la tela de Magritte y convertir el título en éste: *La Condición ambiental*, o sea lo que pasa cuando lo real, el ambiente, ya no corresponde a nuestras categorías y se vuelve imprevisible... Esto encaja directamente en la sostenibilidad pues si la relación que tenemos con nuestro entorno (sea natural como cultural) nos aparece hoy en día tan ineficiente a través de la contaminación del medio ambiente, del sobre consumo de los recursos, entonces si estamos tan ineficaces en el pensar como en el hacer, quizás no sea sólo porque el mundo se haría más complejo o porque nos haríamos más malévolos, sino porque nuestro *software*, nuestro procesador simbólico si tenemos que «*upgradarlo*», particularmente para

reducir estos impactos colaterales. Por fin, la infinitud que requiere la economía libidinal, la del imaginario individualista y del sobreconsumo, etc. no cabe en el mundo finito que volvemos a conocer, que es él de la economía de los recursos y del reparto. En otras palabras, la sostenibilidad interroga la ‘eficacia’ de nuestro procesador simbólico: conceptos, técnicas, principios, etc., es decir su capacidad de retroalimentación a partir de su confrontación con lo real.

Aplicando éste a la sostenibilidad, se trataría entonces de intentar pensar, proyectar, edificar, etc. en un modo un poco o mucho más eficiente, - es decir: con mayores y mejores procesos de *feedback*, de retroalimentación, de análisis de impactos -, con mira a reducir las discrepancias que aparecen entre lo que proyectamos (y eso es claramente lo imaginario) y los impactos negativos que desconocemos pero que nos hace falta constatar en la realidad, entonces entre lo que llamo el proyecto *imaginario* y el proyecto *real*, o el territorio *imaginario* y el territorio *real*.

A nivel del territorio, por ejemplo, son nuestros comportamientos cotidianos los que construyen el verdadero territorio día a día. Por verdadero, se entiende que no hay identidad entre el territorio imaginario, aquel que cada uno lleva consigo como imagen de referencia, y un territorio real correspondiente a los flujos y a los impactos desconocidos de las personas o de los materiales. La pregunta para nosotros no es saber si existe un territorio justo o ideal, un país de Cocagne, sino comprender hoy en día los lazos estructurales (S) que unen al territorio imaginario (I) con el territorio real (R), el consumo a la contaminación, por ejemplo. A este respecto las investigaciones hechas en materia de ecología industrial o los nuevos conceptos (S) como la *huella ecológica*⁶, ofrecen hoy en día una manera interesante de repensar

⁶Ver el artículo fundador de M. Wackernagel (quien, con W. Rees, está en el origen de este concepto), Tracking the ecological overshoot of the human economy, sobre el sitio de los *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (www.pnas.org/cgi/reprint/14233699v1).

el territorio vivido. Este muestra, por ejemplo que Bélgica ocupa en realidad un territorio cuatro a cinco veces más extendido que el de sus límites administrativos. Comprender que el modo de vida de los Belgas necesitaría cinco planetas Tierra para ser extendido a la población del mundo entero, he aquí algo que ciertamente habla a la imaginación de las personas. En otras palabras, tenemos que investigar este territorio *oscuro* y también *oculto* que encontramos, precisamente en esta diferencia entre R e I, llena de estos elementos que desconocemos o, más bien, queremos seguir ocultando...

Yo pienso que el proceso de diseñar arquitectura, más que en otras disciplinas, nos invita cada día a este proceso cognitivo de confrontar lo real y lo imaginario a través de nuestros instrumentos simbólicos y culturales. Dicha confrontación es fuerte no sólo porque esta fuerte la involucración del proyectista en el proyecto, sino también porque esta confrontación siempre implica a muchas personas, muchos recursos y dura mucho tiempo. No es de sorprender, entonces, que tengamos, en la teoría de la arquitectura, un pensamiento sobre el tema.

Una etapa mayor de dicho pensamiento la encontramos ya en la obra tratatista de Leon Battista Alberti. La modernidad de la obra de Alberti ya la había destacado Françoise Choay en su ensayo *La regla y el Modelo*⁷, y el filósofo Pierre Caye⁸ subrayó cómo Alberti, al salir de la edad media, intentó fundamentar en la racionalidad un sistema antropológico del proyecto desligado de cualquier base religiosa o metafísica: lo que procura investigar es la condición vacía del ser, su carencia de esencia. Por ello, de no poder cuajar el proyecto de sí mismo, por sí mismo, Alverti construye el proyecto como objeto relacionante. Lo que propone

⁷Françoise Choay, *La Règle et le modèle*, Seuil, Paris, 1980 et 1996.

⁸Pierre Caye, *De l'errance des hommes au pouvoir de Rome, postface a la traduction de tratado de Alberti : L'Art d'édifier*, trad. Françoise Choay y Pierre Caye, Seuil, Paris, 2004.

constituye, en opinión mía, una primera elaboración de la relación simbólica en la que volvemos a encontrar R / S / I.



Figura 7,
Manuscrit du De Re Aedificatoria, circa 1485, Modène.

En Alberti hallamos el famoso triángulo sistémico que reúne las condiciones universales (materia, cuerpo, ambiente, etc.: la *necesitas*), las condiciones particulares (la *comoditas*, que representa el uso, el significado de los edificios), y las emergencias singulares (la *voluptas*, o sea la belleza orgánica, que entendimos hoy día como la coherencia interna, espacial y estética). Pero, para Alberti, no se trata verdaderamente de un triángulo equilátero, sino de una relación circular, pues la *voluptas* no sólo es una condición, sino también un resultado: brota, al cuajar el diseño, de la correspondencia (*concinnitas*) entre la *comoditas* y la *necesitas*, o sea a través de la adecuación de las partes al organismo global, diríamos hoy día en términos más sistémicos.

Aquí se reconstruye el concepto de la belleza, *voluptas*, como algo mucho más allá de lo puramente estético: Alberti habla de «belleza orgánica» y compara el edificio a un cuerpo. Pero no lo compara formalmente o metafóricamente⁹, sino, más bien, desde un punto de vista sistémico,

⁹ Como se hacía, por ejemplo, en la edad media al comparar la forma del cuerpo humano a la de la basílica, pues Alberti no habla del cuerpo del hombre sino del cuerpo del caballo : no son la formas sino las relaciones, la organización de las partes al formar un sistema, lo que le interesa.

organizacional. Es un cuerpo lo que tiene lógica interna, forma un cuerpo partes que se constituyen en un conjunto a través de una organización y de relaciones. Entonces, la *voluptas* relaciona: emerge cuando el sistema de relaciones formales, la *conciinnitas*, consigue al mismo tiempo relacionar las condiciones de la *necesitas* con las de la *commoditas*. Por ello, el concepto de belleza que Alberti intenta formular se acerca más de lo que, más adelante, llamé ‘eficacia’ como relación intensa, retroalimentada del imaginario a lo real a través del procesor simbólico: en Alberti se puede concebir el edificio como la mediación en la que emergen principios de coherencia (*voluptas*, S) que consiguen relacionar (si el edificio resulta logrado, o sea *orgánico*) el uso, el habitante, etc. (*commoditas*, I) a la materia, al entorno natural y cultural, a la salud, etc. (*necesitas*, R). La belleza, entendida como coherencia orgánica, brota de dicha relación entre R e I. No se trata de convertir lo real en algo ‘bonito’: se trata de habitar (I) arquitectónicamente (S) *en el umbral de lo real* (R).

A nivel del proyecto, pensar y diseñar la sostenibilidad invita a volver a investigar esta relación sistémica: más allá de lo necesario resultan edificios de decisiones arbitrarias, conformistas, inadecuadas, que no logran tomar en cuenta la parte oscura de lo real, ignorando la finitud de la materia o del cuerpo, como tampoco lo que atañe al uso del espacio. Desembocan en una imagen más perfecta, quizás, pero también fingida. Podríamos decir que al *A* de Alberti, el cual simboliza que R (*necesitas*) e I (*commoditas*) convergen en la cumbre S (*voluptas*), se substituyó (y eso es un hecho histórico¹⁰) el *V* de Vitrubio o Vignole, el cual parte de la forma (*voluptas*, como base de la economía libidinal) con lo que I no puede sino seguir apartándose de R, como si fuese posible habitar sólo en lo imaginario, lo que llega al delirio modernista¹¹. Seguir divergiendo o pasar a converger: vivimos hoy en día así con lo imaginario divergiendo de lo real y parece normal imaginar que

¹⁰Véase Françoise Choay, op. cit.

¹¹En esto, *Delirious New York*, de Rem Koolhaas, representa una cumbre!

cuidar por la realidad ecosistémica no es sino algo opcional... Claro está que nada o nadie puede llenar este intervalo entre R e I: él corresponde a un vacío estructural antropológico con el cual cada uno vive a distancia, al margen de lo real, como de la lengua o de sí mismo. Pero no cabe duda de que la sostenibilidad nos invita a volver el péndulo hacia un habitar más consciente de la finitud de nuestras opciones reales, o sea: converger, y no divergir, teniendo más en cuenta no sólo el diseño del edificio sino también el de sus impactos, hacia un habitar más medianero entre el mundo humano y el de las cosas. Esto, como lo decía Stengers, es: *pensar*.

Por lo tanto no necesitamos menos imaginación, sino más, porque es mucho más difícil imaginar y diseñar confrontándose a lo real a fin de producir más coherencia, y no menos, pues el 'sentido' resulta de esta tensión medianera entre R e I, materializada por la coherencia del edificio, pero se escapa cuando ellos divergen. Esto significa que cada uno necesita edificios, antropológicamente, como cada uno necesita palabras para enfrentarse a R y construir I. Frente a esta resistencia íntima de lo real, se esboza un imaginario ajustado, positivo y sostenible, que puede salir de la ilusión modernista y integrar, sin simulacro, el concepto del siglo XXI: el de un mundo finito. No tenemos otro remedio, como seres humanos y animales hablantes, para habitar sosteniblemente en el sistema global, sea ambiental como cultural.

CARACTERIZACIÓN DEL PATRIMONIO ACÚSTICO DE LAS CATEDRALES DE LIMA Y CUSCO

Carlos Rolando Jiménez Dianderas

**Centro de investigación de la Arquitectura y la Ciudad,
Departamento de arquitectura,
Pontificia Universidad Católica del Perú**

El establecimiento de los dominios españoles en los territorios americanos tuvo una de sus más significativas manifestaciones en la fundación de ciudades por los conquistadores y por supuesto en las edificaciones realizadas por ellos. Caracterizaron e imprimieron su sello a los hechos urbano-arquitectónicos de esta época (denominada Época Colonial – Siglos XVI a XIX) siendo una expresión fiel de una situación histórica dada y de su realidad económica y social, su mundo físico, su técnica y sus creencias. Sin embargo, esta arquitectura europea, más propiamente española, experimentó determinados cambios por razones de índoles sociales y culturales, geográficas y climatológicas, especialmente si se toma en consideración que la arquitectura de la civilización inca tenía patrones y una simbología bastante diferente a aquellos traídos consigo por los conquistadores españoles.

Elemento representativo de esta etapa histórica es la arquitectura religiosa, claro ejemplo que la dimensión religiosa de la vida social y la supremacía de la Iglesia Católica tuvieron una profunda incidencia en la España de la época y por consiguiente en los nuevos territorios conquistados de América. Los templos de varias ciudades del actual

territorio del Perú son un ejemplo representativo de esta importación de estilos, tratados de arquitectura y construcción de Europa y su obligada fusión con algunos elementos propios de dichos centros urbanos y su población.

Las características físicas de los templos de esa época mantenían criterios religiosos diferentes a los actuales, como la realización de la ceremonia litúrgica en latín, que no era entendido por la mayoría de la población, y a espaldas de la feligresía, pues ésta era parte «anexa» de la celebración pero sin tener una real comprensión y participación del rito religioso. Los requerimientos acústicos entonces estaban dados para proporcionar un paisaje sonoro de grandiosidad y elevación espiritual y propicio para un estilo de música de la época. Sin embargo los profundos cambios introducidos en la realización de las ceremonias litúrgicas, con una búsqueda de mayor y real participación de los creyentes no han compatibilizado con las condiciones acústicas dadas en los templos.

Actualmente, muchos de estos templos se encuentran en buen estado de conservación y son extensamente utilizadas para el fin para el cual fueron diseñadas y edificadas: el rito litúrgico. La gran mayoría de ellos, por el valor histórico y cultural que representan han sido designados como patrimonio cultural nacional y/o monumento histórico nacional. Sin embargo, esta designación ha considerado exclusivamente las características físicas y arquitectónicas de la edificación, así como el entorno en el que están dispuestos, pero no ha tomado en cuenta un valioso aporte implícito en la edificación: su calidad sonora, la misma que es parte de la calidad estética y funcional del templo y que conforma el Patrimonio Acústico.

Los templos católicos representan un tipo particular de edificación con específicos requerimientos acústicos e importantes variaciones en su tipología. La acústica de los templos católicos ha empezado a ser estudiada y analizada en países del continente europeo: España, Portugal, Suiza, etc. pero no existe aún un estudio sobre este tipo de edificaciones

en América, donde la tipología arquitectónica fue impuesta por los conquistadores pero a través de un proceso de fusión con las características físicas y condiciones sociales y culturales de la población del Nuevo Mundo. Existe la necesidad de identificar los elementos que constituyen el ambiente sonoro de un templo y obtener un mejor entendimiento de las condiciones acústicas de estos locales. El análisis de la acústica de los templos se divide en dos diferentes áreas: el fenómeno físico y la respuesta psicofisiológica. En el presente estudio se determina esta primera área tanto para la Catedral de Lima como para la del Cusco; a partir del mismo se trata de hacer una aproximación al establecimiento de las relaciones existentes entre la distribución y formación sonora de los fenómenos físicos en templos y las características físico arquitectónicas de dichas edificaciones.

EL RITO LITURGICO

Orar y dar un sermón, esto es, actividades principalmente relacionadas a la palabra hablada, son una parte importante y vital de los servicios litúrgicos llevados a cabo en los templos católicos. Sin embargo, los problemas acústicos relacionados con la inteligibilidad de la palabra son la regla general en este tipo de edificaciones. Es fácilmente demostrable que la calidad acústica en templos, tanto en aquellos edificados durante la época colonial como en los contemporáneos, es deficiente debido a que durante el proceso de diseño y/o construcción, no fueron comúnmente consideradas las variables acústicas o las consecuencias que una decisión arquitectónica pueda tener en el comportamiento acústico de un espacio cerrado, además que los requerimientos acústicos en la época que fueron proyectados y edificados los templos coloniales eran totalmente distintos a los actuales por las condiciones propias del rito religioso.

Las características físicas y estéticas de los templos coloniales en el Perú, no son las mismas que se presentan para locales de audición más convencionales tales como salas de concierto, teatros o salas para conferencias,

para los cuales se han desarrollado parámetros acústicos objetivos que permiten determinar con anticipación las características acústicas de un recinto. Para el caso de los templos la poca investigación acústica disponible es de reciente data y está en pleno proceso de desarrollo.

LA ACÚSTICA DE EDIFICACIONES RELIGIOSAS

La acústica de edificaciones religiosas o lugares de culto son un campo científico sin fecha o lugar exacto de nacimiento. Una de las primeras personas en reportar sobre sus preocupaciones y hallazgos de la acústica en lugares de culto fue el arquitecto británico Sir Christopher Wren (1632-1723) quien escribió, respecto a un programa para habilitar cincuenta nuevos templos en Londres, que el orador promedio de un templo no podía esperar ser entendido más allá de quince metros al frente, nueve metros hacia cada lado y seis metros hacia su espalda.

Para la dominante cultura occidental, las edificaciones religiosas y lugares de culto usualmente eran representadas sólo por los templos. El diseño de los templos se ha visto afectado por otros requerimientos además del acústico, tal como las diferentes funciones de la iglesia, sus tradiciones, rituales y la búsqueda por una belleza formal arquitectónica. Sin embargo, desde finales del siglo XIX, algunos investigadores comenzaron a realizar estudios elementales en este tema. Muchos estudios iniciales dieron algunas guías acerca de la acústica en templos para religiones específicas, incluyendo la Metodista, Episcopal y Evangélica, pero recién a mediados del siglo pasado más estudios científicos fueron llevados a cabo.

Uno de los primeros estudios de las características de los templos fue publicada por Raes y Sacerdote en 1953 quienes realizaron mediciones de los tiempos de reverberación en dos basílicas romanas (Raes, 1953). Luego otros autores continuaron realizando estas mediciones en lugares de culto, no precisamente por ser el mejor parámetro que califica la

calidad acústica de un templo, sino por la facilidad para realizar dicho procedimiento. Otros parámetros acústicos subjetivos y objetivos han sido propuestos por investigadores desde 1950, sin embargo, su aplicación ha sido exclusivamente realizada para el análisis acústico de auditorios y salas de concierto (Beranek 1992). Cierta investigación acústica ha sido realizada específicamente para templos desde entonces. Carvalho ha realizado el estudio de cuarentiún iglesias en Portugal, estableciendo la correlación entre las condiciones acústicas y arquitectónicas de las mismas así como el estudio de las propiedades acústicas de otros elementos importantes en las iglesias católicas como altares, vasijas, bancas y feligresía (Carvalho 1994, 1997). Asimismo, se ha realizado el análisis acústico en templos de España (Sendra 1997 y 1999, Fernández 2001), de Italia (Cirillo 2002), en templos ortodoxos y últimamente se ha desarrollado un extenso trabajo en cerca de 400 templos en Suiza (Desarnaulds 2002). En muchas de estas investigaciones el tiempo de reverberación fue el parámetro acústico objetivo medido en todos los templos para establecer su dependencia con el estilo arquitectónico. Recientemente, el efecto de las características arquitectónicas, los sistemas de refuerzo sonoro, la ocupación y mediciones de RASTI también ha sido investigado.

Muchos autores han estudiado sobre el significado de una buena acústica y cómo medirla e identificarla en salas de concierto y auditorios; pero lo mismo no ha sucedido con los templos. Existe la necesidad de considerar a los templos como una tipología de edificación con especiales características y demandas acústicas. Debe considerarse que durante el rito religioso en un templo, es el sonido el que tiene un mayor impacto que otros factores. La interacción y coexistencia de música y palabra en templos y los diferentes tipos y ubicaciones de las fuentes sonoras involucradas dan a la acústica en templos una particular posición en el campo de la acústica arquitectónica que motiva su estudio.

Hoy los templos católicos romanos siguen los edictos dados por el Concilio Vaticano II, pero en los veinte siglos precedentes, existieron

diferentes reglas. Precisamente en 1965, el Concilio Vaticano II introdujo muy importantes cambios en la liturgia y los servicios religiosos que tuvieron fuertes implicancias en el ambiente acústico de los templos. El Concilio decidió que los sermones deberían ser dados a la feligresía en su lengua vernácula y que ellos podían cantar durante la ceremonia misma. Estos cambios relevantes en la música y la palabra de los servicios religiosos implicaron una nueva necesidad por una apropiada condición acústica en los templos.

Esta no fue la primera vez que se realizaron cambios tan radicales en la Iglesia Católica. Hasta el siglo IV el idioma oficial de la Iglesia Católica fue el griego. Luego del siglo IV hasta el Concilio Vaticano II el latín fue el idioma oficial de la Iglesia. El Concilio Vaticano II requirió de una innovación radical en la liturgia de la Iglesia al disponer el idioma vernáculo de cada poblado como idioma oficial. Como se puede comprobar, a través de la historia del templo no hubo un énfasis en comprender lo que se decía, por lo tanto, apropiadas condiciones acústicas para la palabra hablada no eran necesarias.

De manera similar, hubo muchos cambios en la música utilizada durante los servicios religiosos a través del tiempo: desde un rol primordial y trascendente hasta su casi total desaparición. Al inicio del cristianismo, la música fue muy importante, incluso los instrumentos musicales eran permitidos. En el siglo IV la música coral fue permitida en reemplazo de muchos instrumentos musicales. En los siglos VI y VII un nuevo cambio en el repertorio de los templos se da con el desarrollo del canto gregoriano. La Reforma, a inicios del siglo XVI, resintió profundamente en la Iglesia Católica. La Iglesia responde con un cambio general en sus prácticas que es conocido como la Contrarreforma. El Concilio de Trento permite la predica y el sermón durante el rito y la música litúrgica es compuesta para inspirar la contemplación religiosa. Estas reformas además permitieron el retorno de las canciones interpretadas por la feligresía en su lengua vernácula, antes y después de la misa pero no durante la ceremonia litúrgica.

Bancas y balcones son introducidos en los nuevos templos edificandos y el tiempo de reverberación decreció para proveer mayor claridad.

Es importante conocer y comprender la naturaleza de la liturgia de la Iglesia a través de su historia y las correspondientes cualidades del ambiente sonoro de los templos que realzaron los servicios religiosos a lo largo del tiempo. Durante estos cambios, tal vez las condiciones acústicas fueron totalmente olvidadas o quizás ellas fueron subestimadas ante las consideraciones litúrgicas. Por lo tanto surge el estudio de la influencia de los estilos arquitectónicos en las características acústicas de los templos.

Un templo católico debe tener propiedades acústicas para sostener tanto la inteligibilidad de la palabra como proveer adecuada reverberación para la música. Aquí precisamente se focaliza el problema debido a que estos dos tipos de señales sonoras, palabra y música litúrgica, tienen casi necesidades polares para la reverberación y otros parámetros acústicos. Un corto tiempo de reverberación es preferible para la inteligibilidad de la palabra, pero no es apropiado para el sonido musical, el cual requiere tiempos de reverberación más prolongados. Un buen ambiente sonoro también depende de la ausencia de defectos acústicos, tales como ecos, reflexiones de larga demora, concentraciones sonoras y zonas de sombras acústicas, así como de una adecuada difusión del sonido con la finalidad de tener un campo sonoro homogéneo y uniforme. Los templos del pasado, extensivamente utilizados hasta el día de hoy, no cumplen con los requerimientos acústicos de los estilos actuales de rito religioso y liturgia establecidos por el Concilio Vaticano II. Los templos católicos tradicionales del Perú tienen muchas veces techos altos, un gran volumen de aire interior y paredes altamente reflejantes. Estas características físico arquitectónicas causan un largo tiempo de reverberación. Además, las pequeñas capillas laterales dentro de las grandes iglesias se comportan como espacios acoplados causando problemas notorios, y los tiempos de reverberación de las capillas y la nave central no son los mismos. La

forma y material del techo (a dos aguas, con bóvedas de medio punto, corridas u otras, cúpulas, etc.) pueden también causar ecos o enérgicas reflexiones de larga demora. Frecuentemente, muchas de estas características arquitectónicas se combinan y causan que los grandes templos tengan los consabidos problemas acústicos.

Hoy en día es bien aceptado que únicamente el tiempo de reverberación no puede describir completamente las características y cualidades acústicas de un ambiente grande como los templos. Desde la década de 1950 muchos parámetros acústicos han sido sugeridos para complementar el uso del tiempo de reverberación en esta tarea. Muchos de éstos parámetros acústicos son calculados a partir de la respuesta impulsiva del local (representando el pulso de un local debido a un simple sonido con mucha energía) medida *in situ*. Estos factores clarifican la importancia de determinar simples fórmulas para predecir los parámetros acústicos a través del uso de elementales parámetros físico arquitectónicos.

La respuesta acústica de un local varía dentro de un templo y entre ellos, por lo que es posible deducir que existen diferencias en la manera como los locales responden a los impulsos acústicos emitidos desde una posición dentro de un templo, así como las diferencias en los valores medios de parámetros acústicos entre un templo y otro. Bajo estos dos supuestos teóricos, el presente estudio pretende identificar las principales características físico arquitectónicas y variaciones acústicas que están presentes en dos ejemplos de la arquitectura religiosa peruana: las Catedrales de Lima y del Cusco, principales templos de las dos ciudades que representaron los mayores polos urbanos durante la época del dominio español.

LOS PARÁMETROS ACÚSTICOS OBJETIVOS

Para el estudio aquí presentado, se ha tomado en consideración los parámetros acústicos objetivos aplicables al estudio de templos. Cinco medidas acústicas monoaurales han sido elegidas por tener un gran

potencial para describir las señales sonoras de la palabra hablada y la música que son utilizadas en los templos. Los parámetros acústicos objetivos elegidos son la Definición (D_{50}) para la palabra hablada; Claridad (C80) y Tiempo Central (TS) para la música; y Tiempo de Reverberación (TR) por su papel para caracterizar la impresión general de un local. Estos índices, entre muchos otros, son proporcionados directamente por el software DIRAC que fue utilizado para la realización de las mediciones acústicas, el mismo que observa los requerimientos establecidos por la Norma Internacional ISO 3382:1975 «*Acoustics – Measurement of reverberation time in auditoria*» y a partir de los cuales obtiene los valores para los otros parámetros acústicos objetivos. A continuación se definen los cinco parámetros acústicos objetivos mencionados.

a. Tiempo de Reverberación (TR_{60}). Es el índice típico de la reverberación. Habitualmente, puede ser entendido como la «prolongación» del sonido dentro de un ambiente luego que la fuente de sonido ha cesado de emitir debido a las múltiples reflexiones de la energía sonora dentro de las superficies del ambiente cerrado. El tiempo de reverberación está definido como el tiempo que toma el sonido en decaer 60 decibelios de su nivel inicial. En 1900, Sabine define una fórmula que provee un valor único del tiempo de reverberación para cada banda de octava de frecuencia y permite su cálculo teórico. Para el caso de las mediciones experimentales, el tiempo de reverberación es calculado desde la parte inicial del decaimiento, el cual es la evaluación de un intervalo de -5dB a -35dB multiplicado por un factor de dos, o hacia un límite superior de -25dB multiplicado por un factor de tres para evitar problemas del ruido de fondo. El tiempo de reverberación es diferente para la palabra hablada como para el sonido musical. Valores óptimos de tiempos de reverberación de acuerdo al volumen del aire interior de un local y al tipo de uso ha sido desarrollado por muchos autores; sin embargo para el caso de los templos, estos valores tienen un mayor rango debido a las diferentes características de dichos locales.

b. Tiempo de Decaimiento Temprano (EDT – *Early Decay Time*).

Es otra medida de la reverberación que considera la importancia subjetiva de la parte inicial del decaimiento de la reverberación. El EDT esta basado en el tiempo que toma el sonido en decaer los primeros 10dB multiplicado por un factor de seis para relacionarlo con la definición original del tiempo de reverberación (60dB). Durante este período las reflexiones sonoras con mucha energía contribuyen considerablemente a la sensación de intimidad y envolvimiento en el local. El EDT esta altamente correlacionado con el tiempo de reverberación.

c. Claridad (C_{80} – *Clarity*). La Claridad es la capacidad de discriminar adecuadamente las sílabas en una palabra o cada nota de un pasaje musical en un ambiente sonoro determinado. También denominado como «Índice del Sonido Temprano a Tardío», en Índice de Claridad con una ventana temporal de 80ms (C_{80}) esta definido como la razón de la energía sonora temprana a tardía o la razón del sonido temprano a reverberante. Es la razón en decibelios entre la energía sonora recibida en los primeros «t» segundos y la energía sonora recibida posteriormente. Este parámetro acústico objetivo fue inicialmente propuesto por Reichardt en 1975 donde el limite de 80ms fue propuesto como el limite de perceptibilidad para la música. El C_{80} es una función del sonido directo, las reflexiones sonoras tempranas y el campo reverberante, razón por la cual el C_{80} es más variable con la posición del receptor que los parámetros anteriores. Este parámetro se define haciendo uso de diez veces el logaritmo de la razón de la presión sonora integrada al cuadrado arribando antes del tiempo t (80ms), a aquella energía que arriba después del tiempo t , y se calcula con la siguiente fórmula:

$$C_{80} = \frac{\int_0^{80} p^2(t) dt}{\int_{80}^{\infty} p^2(t) dt}$$

donde $p(t)$ es la función en el tiempo de la respuesta impulsiva en el ambiente medido usando un micrófono en una particular ubicación del local.

d. Definición (D_{50} – Definition o Deutlichkeit). También denominado como Razón de energía temprana a total o Fracción de energía temprana, tiene una ventana temporal de 50ms y es la razón de energía recibida en los primeros 50ms y la energía total recibida. Sus valores fluctúan entre 0 y 1 y fue propuesto por Thiele en 1953. La duración de 50ms fue denominada como el límite de perceptibilidad respecto de la palabra hablada. Este parámetro objetivo está relacionado con cuán claro un sonido aparece para el receptor: a mayor valor de D , la mayor claridad en el sonido. La Definición D_{50} se define como:

$$D = \frac{\int_0^{50} p^2(t) dt}{\int_0^{\infty} p^2(t) dt}$$

e. Tiempo Central (TS – Central Time y donde S proviene del alemán *Schwerpunkt* – centro de gravedad). Es el tiempo en milisegundos donde el nivel de energía integrado antes del tiempo central es igual a la energía recibida después de él. Fue propuesto por Cremer y Müller en 1978 y definido como el «centro de gravedad» de la energía de la respuesta impulsiva. Un tiempo central corto provee una mayor claridad, mientras que un tiempo central largo correspondería a una mayor reverberación.

$$TS = 10 \log \frac{\int_0^{\infty} t \cdot p^2(t) dt}{\int_0^{\infty} p^2(t) dt}$$

ARQUITECTURA RELIGIOSA EN EL PERÚ

La arquitectura religiosa católica es extensa en diferentes ciudades del Perú. Consecuencia del proceso histórico de encuentro de culturas (europea a través de los conquistadores españoles, e incaica por los indígenas del lugar) se logró una particular tipología arquitectónica que presenta variantes propias de los templos católicos del período colonial, plasmadas como consecuencia de la formación de escuelas regionales dentro del territorio peruano. Las condiciones del medio físico costero y serrano del actual territorio peruano modelaron dos formas de desarrollo, impuso tecnologías y modos de vida distintos y prolongó el tradicional problema de integración de dos realidades diferentes bajo un poder centralizado. Una arquitectura española instalada en América se puede observar en la ciudad de Lima, una superposición de lo español sobre lo indígena puede encontrarse fácilmente en la ciudad de Cuzco y un proceso de síntesis identifica la arquitectura de la región arequipeña y del altiplano (actuales departamentos de Arequipa y Puno). Estilos gótico, mudéjar, renacentista, barroco y otros traídos desde Europa son interpretados y se construyen increíbles templos con el aporte de mano de obra indígena y la acción de maestros de obra españoles. Las localizaciones geográficas son determinantes en la disponibilidad de materiales de construcción y su consecuente técnica constructiva. La escasez de la piedra en la costa impone una arquitectura de tierra cruda o cocida. En el territorio de la sierra, por el contrario, la piedra abunda pero la madera es escasa y se recurre también al uso del adobe y el ladrillo. La respuesta a un territorio eminentemente telúrico también se ve reflejado en la arquitectura religiosa: en la costa se adoptan sistemas livianos y flexibles con estructura de madera y entramado de cañas, barro y estuco. En la sierra la respuesta fue mas bien rígida y masiva: Grandes muros de piedra adecuadamente trabados para resistir los movimientos sísmicos (Gutiérrez, 1983). Durante la segunda mitad del siglo XVII es que se inicia la diversificación de los núcleos arquitectónicos regionales, los mismos que se consolidan plenamente durante el siglo XVIII. Cuzco, Arequipa, Puno, Lima, Ayacucho y Cajamarca desarrollan sus propias formas de arquitectura con muy

pocas coincidencias e influencias mutuas, dando paso a la diversidad arquitectónica del Perú (San Cristóbal, 1988). La formación de Escuelas Regionales de Arquitectura en el Perú se identifica al desarrollar un diseño propio que es reiterado una y otra vez en sus edificaciones y principalmente en la arquitectura religiosa. Cada núcleo del Perú funciona como unidad cerrada en sí misma y esta diversidad ha quedado indeleblemente plasmada en el rostro arquitectónico de sus ciudades (San Cristóbal, 1988).

Como se mencionó, la gran mayoría de los templos católicos coloniales están catalogados como monumento histórico nacional o patrimonio cultural de la nación, correspondiente a su envergadura. Sin embargo, en la catalogación de la conservación de monumentos históricos usualmente se toman en consideración conceptos únicamente de tipo visual (estéticos). Debe considerarse que la percepción del ser humano se basa en los cinco sentidos y en las impresiones de las personas sobre el ambiente que las rodea. La percepción visual ha sido siempre considerada como la más importante, sin embargo la percepción auditiva muchas veces queda relegada a un segundo lugar, aún cuando tiene tanta importancia como la percepción visual, especialmente cuando las actividades están relacionadas con la música y/o palabra hablada. Como menciona Karabiber: «En algunos espacios, tales como salas de ópera o concierto y edificaciones religiosas, la percepción auditiva es tan, y muchas veces más, importante que la percepción visual. Mezquitas y templos son de aquellas construcciones que afectan la percepción humana casi de igual manera desde el punto de vista visual y acústico. En otras palabras, como el objetivo fundamental de las edificaciones religiosas son acercar a los feligreses a Dios y dirigir sus pensamientos y sentimientos hacia la oración, la percepción acústica es altamente significativa dentro de estos espacios» (Karabiber, 2000). El presente estudio busca determinar estas condiciones acústicas en dos templos católicos representativos del período colonial que permitan caracterizar y determinar ese «sello» individual que también determina su valor histórico monumental.

LOS TEMPLOS REPRESENTATIVOS DE LAS ESCUELAS REGIONALES DE LIMA Y DEL CUSCO

Dentro del universo representado por los templos coloniales en el territorio peruano, se ha realizado una primera evaluación de dos de ellos, que por su jerarquía y características físicas representan dos muestras significativas del panorama antes expuesto además que ambas pertenecen a un mismo período arquitectónico: el barroco, que lograron una influencia mutua dentro de sus respectivas escuelas regionales de arquitectura. La siguiente es una breve descripción de los dos templos analizados, cuyas características y riqueza es ampliamente conocida.

a. La Basílica Catedral de Lima. La actual catedral, es en realidad la tercera catedral edificada sobre el mismo emplazamiento. La primera catedral se construye a los pocos días de la fundación de la ciudad por los conquistadores españoles, y, a pesar de ser la Iglesia Mayor, era de dimensiones reducidas, con muros de adobe y cubierta de par y nudillo. La segunda catedral se eleva, algunos años después, sobre una diferente planta y diferente fachada. La tercera catedral, que ocupa todo un solar en posición privilegiada en la Plaza de Armas de Lima, tal como se conoce actualmente, fue mandada a construir en la segunda mitad del Siglo XVII para responder a las necesidades de la época y, especialmente, a la jerarquía adquirida por la capital del Virreinato del Perú. Fue edificada en dos etapas, la primera de 1585 a 1606 y la segunda etapa de 1609 a 1622. El intervalo de años en que no se continuó la edificación de la catedral fue debida a la controversia existente respecto al tipo de cobertura de la misma.

La Basílica Catedral de Lima es de planta rectangular, distribuida en cinco naves longitudinales de diferente anchura. Las dos naves laterales son capillas cerradas llamadas capillas hornacinas; las otras tres naves son abiertas, con la nave central más ancha que las otras dos. Transversalmente consta de nueve naves. Tanto el muro testero como el muro de los pies es plano, lo que originó un compromiso estructural al no existir contrafuertes externos por lo que fue necesario habilitar

pilares de poco ancho. Entre las naves transversales también hay cierta disparidad puesto que la cuarta y quinta naves son de mayor ancho que las restantes. Existe un amplio ambiente central que es el coro, formando un compartimiento cerrado en la nave central. Estructuralmente la cobertura es soportada por gruesos pilares cruciformes que a la vez permiten separar las diferentes naves del templo. Las naves laterales son de menor altura que las tres naves centrales y todas cubiertas con bóvedas vaídas de crucería de madera.

Por su año de edificación, la Basílica Catedral es un ejemplo del período barroco -aunque las primeras dos catedrales fueron inicialmente plantas gótico isabelinas y renacentistas. Cuando se menciona al período barroco de la Basílica Catedral debe anotarse que se refiere al barroco limeño en que se dan significativos aportes en la estructura, volumetría y el diseño, además de los decorativos en las portadas.

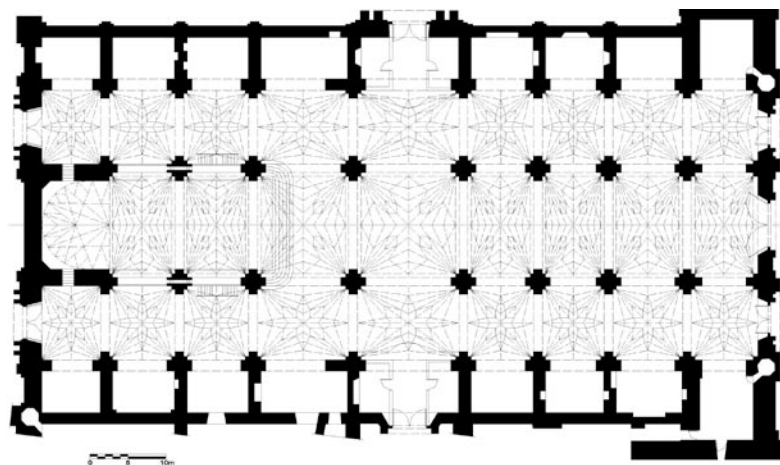


Figura 1:
Arquitectura de la Basílica Catedral de Lima



Foto 1:
La Basílica Catedral de Lima, *Vista interior hacia el altar mayor*



Foto 2:
La Basílica Catedral de Lima, *Vista interior hacia el sotacoro*



Foto 3:
La Basílica Catedral de Lima, *Vista detalle de sillería del coro y altar mayor*

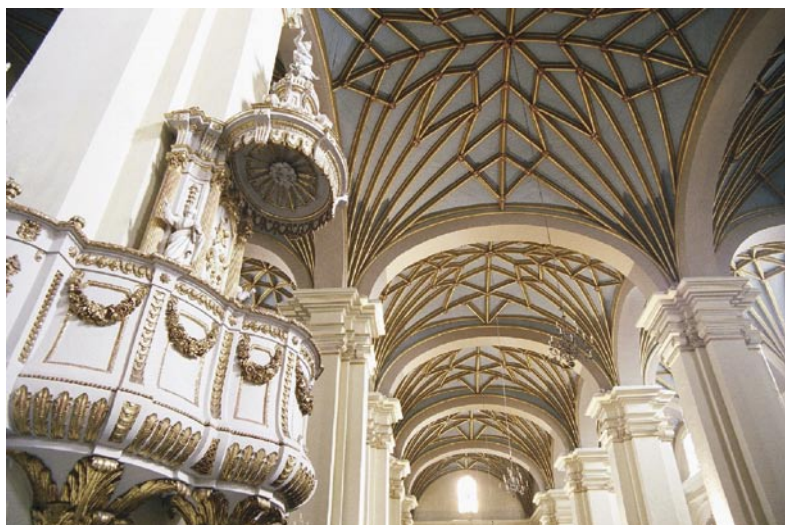


Foto 4:
La Basílica Catedral de Lima, *Vista detalle de pulpito y bovedas nervadas del techo*

b. La Basílica Catedral del Cusco. Este templo es una de los más importantes e imponentes de la arquitectura religiosa de la ciudad del Cusco, no solo por sus dimensiones sino por su ubicación y proceso constructivo, siendo edificado en lo que fue el «*Kiswarancha*» del período incaico. La construcción de la Basílica Catedral, bajo la advocación de Nuestra Señora de Asunción, se inicia en 1538 luego de demoler la anterior catedral en los terrenos vecinos que actualmente ocupa la Iglesia del Triunfo. Inicialmente se encarga la obra al Arquitecto Juan Miguel Veramendi, sin embargo por la demora en conseguir fondos para su total edificación, también intervinieron los Arquitectos Juan Rodríguez de Rivera, Juan Cárdenas, Juan Toledano y Bartolomé Carrión entre otros, siendo finalmente culminada en 1649. Si bien por la época en que fue construida pertenecería inicialmente al renacimiento tiene muchos detalles del período barroco debido a lo prolongado de su edificación; sin embargo, debiera aclararse que no es una copia fiel del barroco europeo sino que se le impregnan una serie de variaciones locales en su volumetría, planta, estructura y ornamentación que se reluce en sus fachadas y portadas y que fue modelo a propagarse en otras iglesias de la ciudad. Ha sufrido una serie de refacciones debidas a los severos daños sufridos en demoledores terremotos que sacudieron la región.

La Basílica Catedral del Cusco esta emplazada entre la Iglesia del Triunfo y la Iglesia de la Sagrada Familia, formando un amplio conjunto arquitectónico religioso que domina la Plaza de Armas de la ciudad. Tiene planta rectangular, tipo basilical, conformada por cinco naves centrales de mayor altura y dos naves laterales que conforman las capillas cerradas o capillas hornacinas, a menor altura. Las tres naves centrales están cubiertas con bóvedas vaídas de crucería nervadas mientras que las capillas laterales tienen bóvedas vaídas.

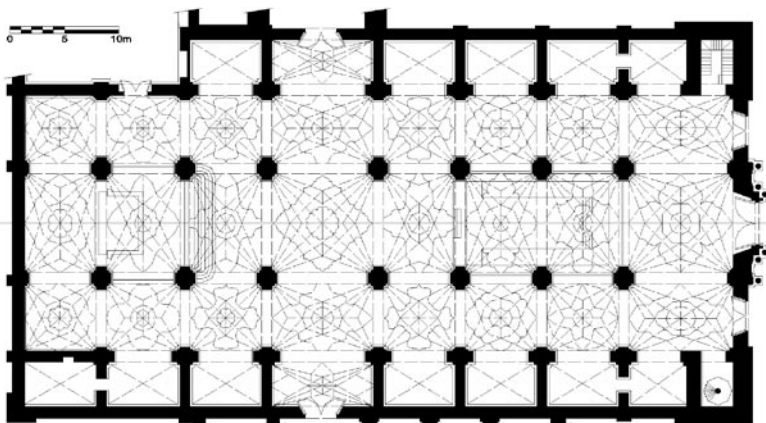


Figura 2:
Arquitectura de la Basílica Catedral del Cusco



Foto 5:
La Basílica Catedral del Cusco, *Vista hacia el coro (Parte posterior)*



Foto 6:

La Basílica Catedral del Cusco, *Vista hacia el altar mayor en la nave central*



Foto 7:

La Basílica Catedral del Cusco, *Vista de las tres naves centrales hacia el altar mayor*

Foto 8:
La Basílica Catedral del Cusco, *Vista hacia la*
capilla lateral del señor de los temblores



EL PROCESO DE MEDICIONES ACÚSTICAS

El proceso de mediciones acústicas se lleva a cabo, luego de prolongados trámites y autorizaciones, y se realiza en los templos vacíos durante un período continuado de cinco horas. El instrumental de medición utilizado así como el software para el procesamiento de la información pertenecen al Laboratorio de Acústica de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Para el proceso de medición de todos los parámetros acústicos objetivos el instrumental utilizado consistió en un micrófono omnidireccional de $\frac{1}{2}$ » de diámetro, marca Brüel & Kjær, una laptop IBM ThinkPad A31p, un amplificador de poder, una fuente omnidireccional (dodecaedro), un parlante sub-woofer CORMESA y el software de aplicación DIRAC Room Acoustics Brüel & Kjær Type 7841. El procesamiento de la información fue realizado posteriormente en gabinete.

El instrumental de medición en los dos templos evaluados fue montado de la siguiente manera: la fuente sonora (dodecaedro) era

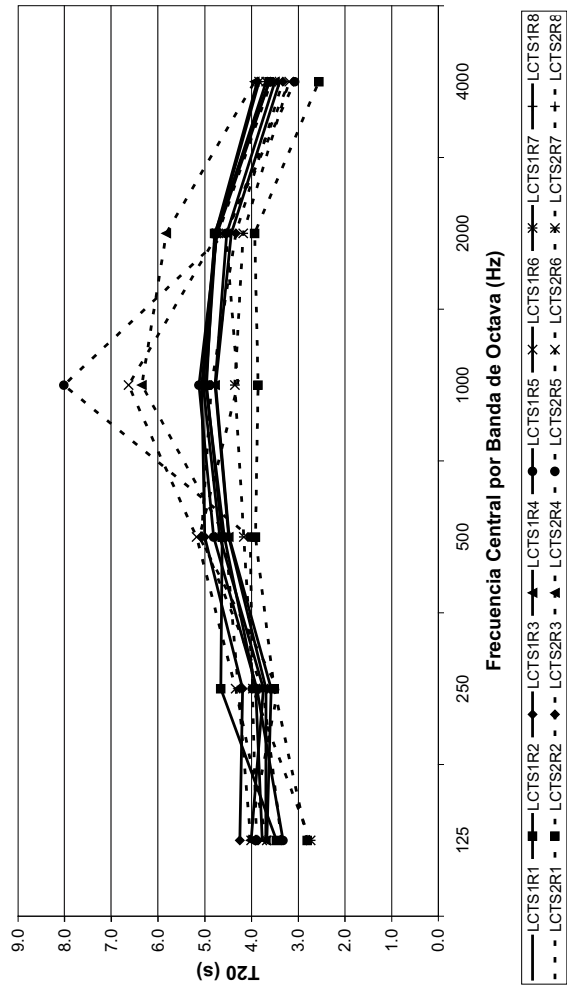
conectada al amplificador y a la laptop. De igual manera, el micrófono se conectaba directamente a la laptop, desde donde se realiza la medición correspondiente bajo la tutela del software DIRAC. El cambio de las posiciones de medición de la(s) fuente(s) y los receptores se realizó manualmente. Uno de los objetivos del estudio fue determinar el número de posiciones de medición requeridas para caracterizar adecuadamente el ambiente sonoro de cada templo. Generalmente, la bibliografía especializada no indica con exactitud el número de posiciones utilizadas en sus estudios. Si se considera que los templos tienen diferentes dimensiones y configuraciones, además que pueden considerarse un mínimo de dos localizaciones de fuentes sonoras (sacerdote, feligresía, coro y órgano), sería necesario determinar el número mínimo requerido de posiciones de medición requeridas (fuente y receptor) que garanticen la adecuada caracterización del ambiente sonoro de cada local. Para ambos templos evaluados se ha utilizó las siguientes posiciones de medición.

- Para la fuente sonora (dodecaedro):
- Sobre el eje central del presbiterio, delante del altar – S1
- Sobre la zona central media de la feligresía – S2
- Para los receptores sonoros (micrófono):
- Tres posiciones en la nave central (posición del feligrés mas cercano al eje longitudinal de la iglesia) en las zonas delantera, media y posterior – R1 a R3
- Tres posiciones en la nave central (posición intermedia entre el eje longitudinal de la iglesia y las columnas que delimitan la nave central sobre el área ocupada por los feligreses) en las zonas delantera, media y posterior – R4 a R6
- Una o dos posiciones en una nave lateral (Catedral de Lima o Cusco respectivamente) – R7 y R8

a. De los resultados de las mediciones en cada local. Las siguientes figuras muestran los resultados de las mediciones acústicas realizadas en ambas catedrales para las siete u ocho posiciones de medición evaluadas para ambas condiciones de ubicación de la fuente de sonido, como se ha descrito. Las figuras 3(a), 3(b) y 3(c) permiten determinar el grado de variabilidad del campo sonoro entre las diferentes posiciones de medición para los cinco parámetros acústicos objetivos analizados. Los tiempos de reverberación para el caso de la Catedral del Cusco son mayores a aquellos registrados en la Catedral de Lima, aproximadamente en dos segundos. Consiguientemente, al ser parámetros acústicos relacionados, el tiempo de decaimiento temprano es también mayor para la Catedral del Cusco respecto a la de Lima. Para ambos parámetros, se dan diferencias en la curva tonal de las catedrales, teniendo mayor preponderancia en el rango de frecuencias medias para la Catedral de Lima y en bajas frecuencias para la **Catedral del Cusco**. Para la claridad (C_{80}) existe una gran similitud en la tendencia y valores obtenidos en cada posición evaluada de ambas catedrales cuando la fuente sonora esta en la zona media de la feligresía, sin embargo, existe grandes diferencias cuando la fuente sonora esta ubicada en el altar.

Para la definición (D_{50}) los valores registrados son igualmente dispersos para cada posición evaluada en ambas catedrales, y para la mayoría de posiciones los valores registrados son menores a 0.40, es decir una pobre inteligibilidad de la palabra. El tiempo central (t_s) registra niveles en la Catedral del Cusco menores a aquellos registrados en la Catedral de Lima para casi todas las posiciones de medición. Como se mencionó anteriormente, los largos tiempos centrales registrados correlacionan con los largos tiempos de reverberación medidos en ambos espacios.

CATEDRAL DE LIMA



Tiempo de Reverberación (TR_{90})

Figura 3(a1):
 Comparación entre los valores métricos dentro de la catedrales de Lima y Cusco

CATEDRAL DE CUSCO

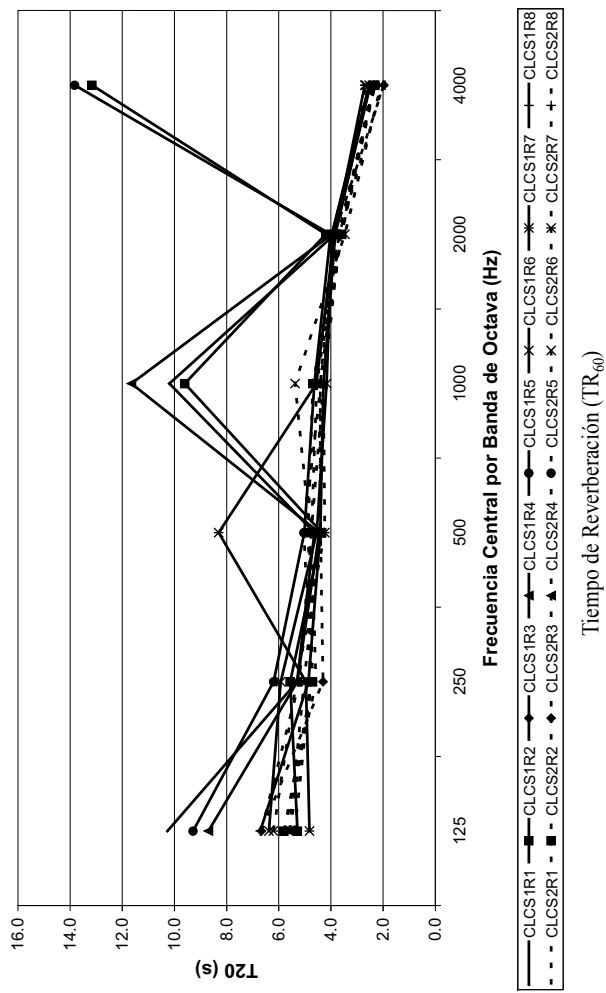


Figura 3(a2):
Comparación entre los valores métricos dentro de la catedrales de Lima y Cusco

CATEDRAL DE LIMA

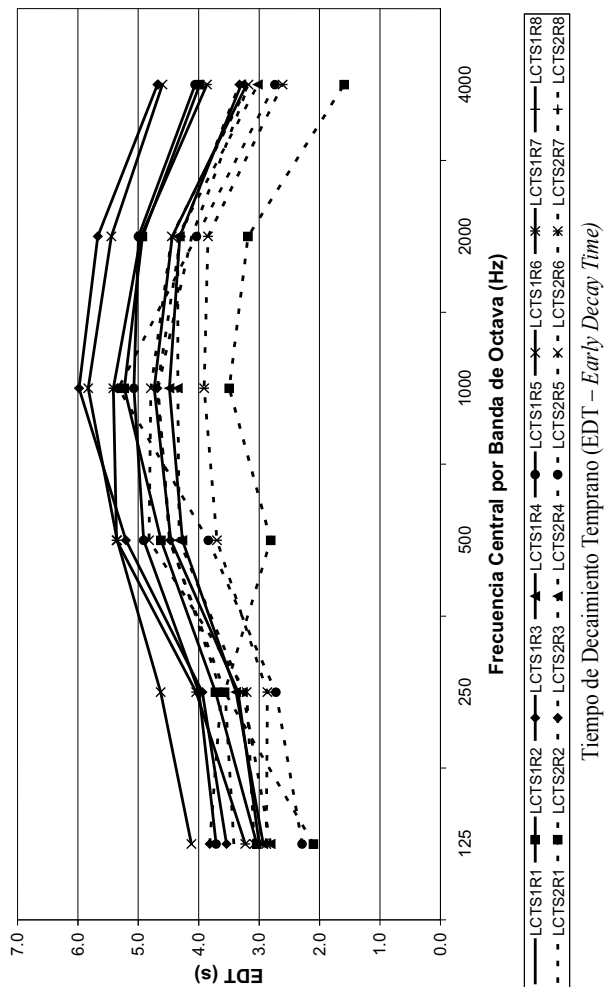
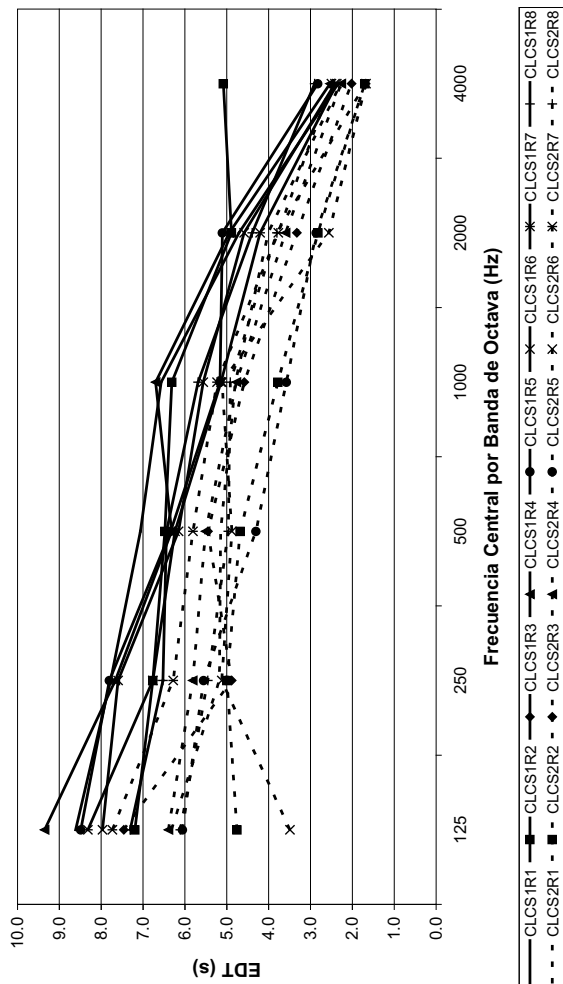


Figura 3(a1):
Comparación entre los valores métricos dentro de la catedrales de Lima y Cusco

CATEDRAL DE CUSCO

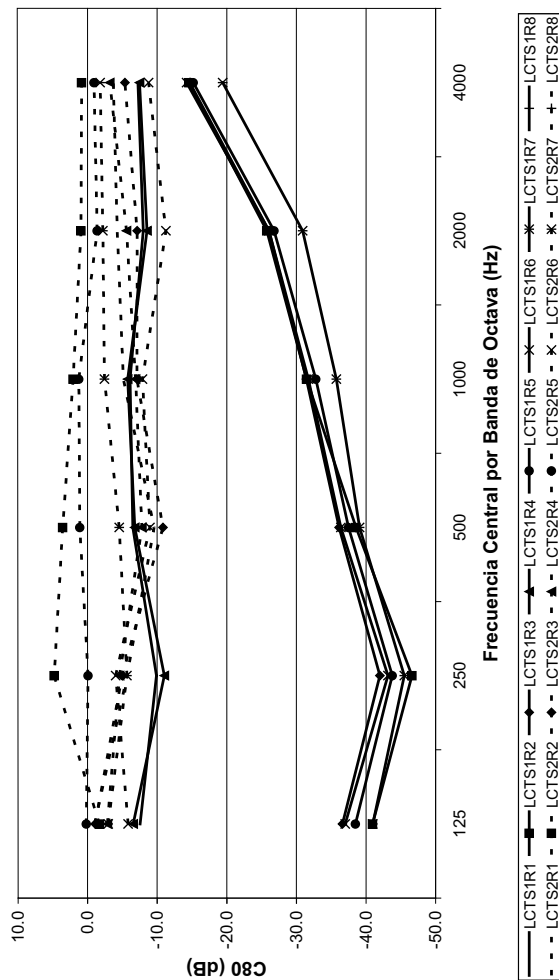


Tiempo de Decaimiento Temprano (EDT – *Early Decay Time*)

Figura 3(a2):

Comparación entre los valores médicos dentro de la catedrales de Lima y Cusco

CATEDRAL DE LIMA



Claridad (C_{80} - Clarity)

Figura 3(a₂):
Comparación entre los valores métricos dentro de la catedrales de Lima y Cusco

CATEDRAL DE CUSCO

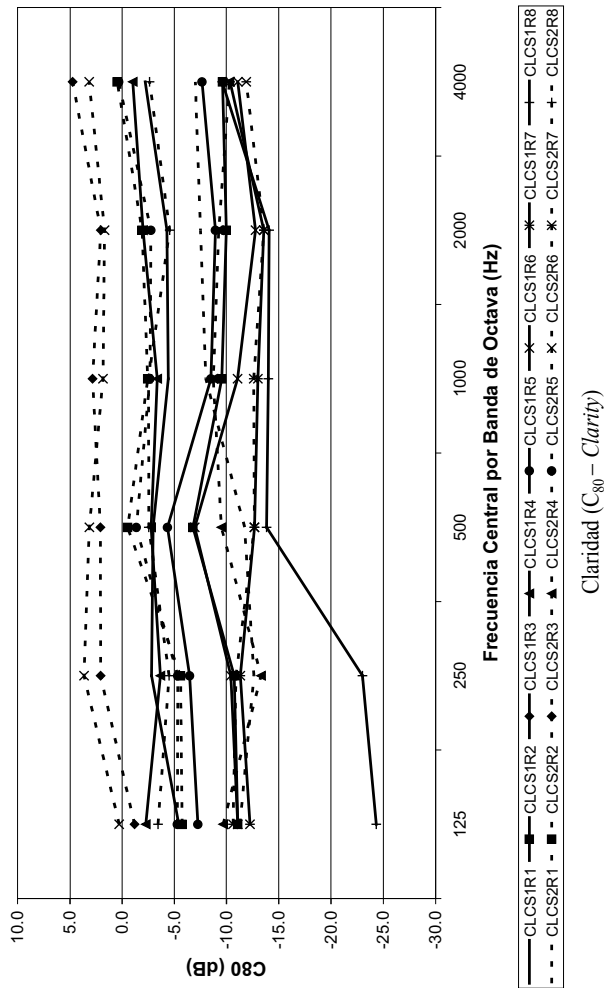
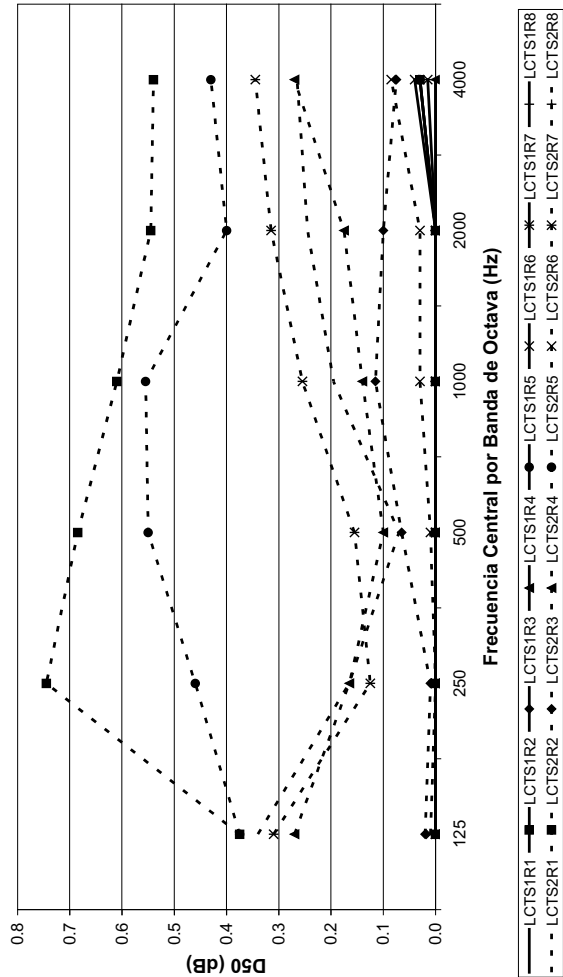


Figura 3(b2).
Comparación entre los valores métricos dentro de la catedrales de Lima y Cusco

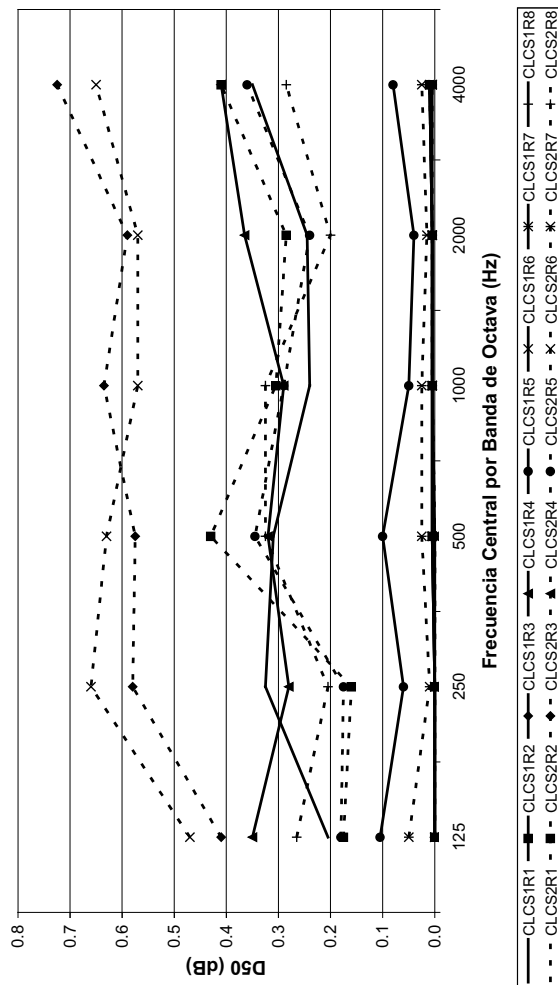
CATEDRAL DE LIMA



Definición (D_{50} – Definition o Deutlichkeit)

Figura 3(b1).
Comparación entre los valores métricos dentro de la catedrales de Lima y Cusco

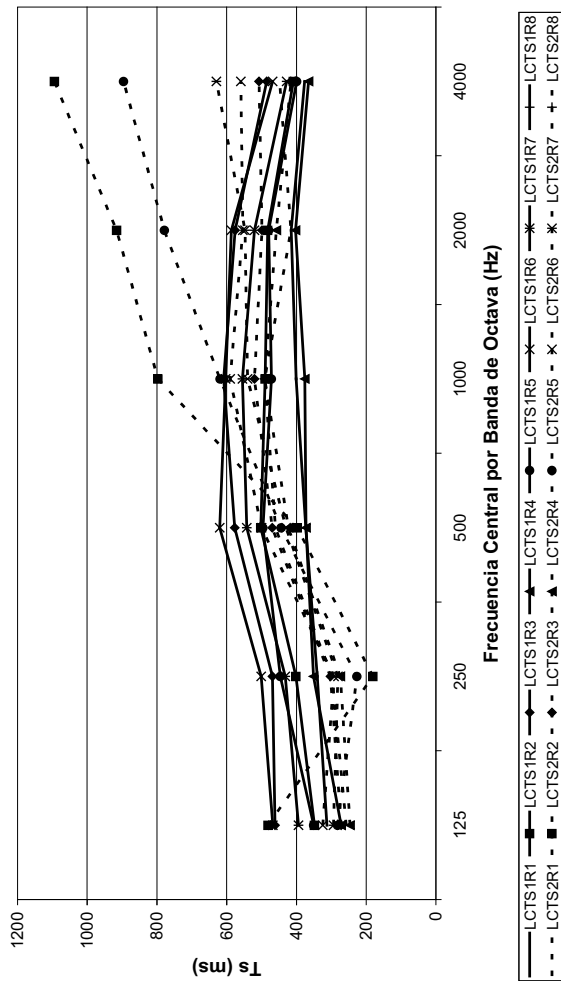
CATEDRAL DE CUSCO



Definición (D_{50} – Definition o Deutlichkeit)

Figura 3(b2).
Comparación entre los valores métricos dentro de la catedrales de Lima y Cusco

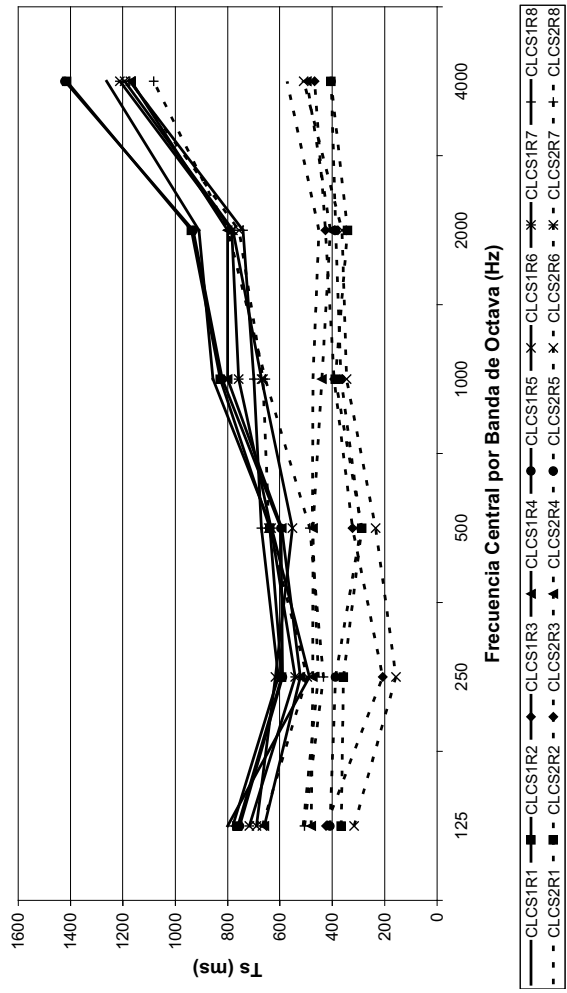
CATEDRAL DE LIMA



Tiempo Central (TS – Central Time y donde S proviene del alemán *Schwerpunkt* – centro de gravedad)

Figura 3(CI).
Comparación entre los valores médicos dentro de la catedrales de Lima y Cusco

CATEDRAL DE CUSCO



Tiempo Central (TS – Central Time y donde S proviene del alemán *Schwerpunkt* – centro de gravedad)

Figura 3(C2).
Comparación entre los valores métricos dentro de la catedrales de Lima y Cusco

b. De los resultados de las mediciones entre las dos Catedrales.

La comparación de los resultados obtenidos en cada catedral, en promedio para todas las posiciones de receptor evaluadas pero en ambas condiciones de ubicación de fuente sonora, permite determinar las similitudes o diferencias encontradas entre ambos espacios evaluados, tal como se muestra en las figuras 4(a) y 4(b). Los registros LCT y CLC corresponden a la Catedral de Lima y Catedral del Cusco respectivamente, mientras que los sufijos S1 y S2 determinan en ambos locales la ubicación de la fuente sonora.

Tiempos de Reverberación (TR). Los valores promedio obtenidos para la Catedral de Lima en ambas posiciones de la fuente sonora son bastante cercanos entre sí, como lo muestran las respectivas curvas tonales, mientras que para el caso de la Catedral del Cusco, hay una diferencia aproximada de un segundo en los tiempos de reverberación registrados con la fuente sonora en el altar respecto a aquellos medidos con la fuente sonora en la zona central de la feligresía; sin embargo para ambos casos existe la mayor predominancia de las bandas de baja frecuencia. La diferencia en los tiempos de reverberación entre ambas catedrales es considerable en las bandas de baja frecuencia (mayor presencia en la Catedral del Cusco) y en las de alta frecuencia (tiempos más largos en la Catedral de Lima), observándose valores muy cercanos en el rango de las frecuencias medias.

Tiempo de Decaimiento Temprano (EDT). Tanto para la Catedral de Lima como del Cusco, hay una diferencia en los valores promedio registrados en las dos posiciones de fuente sonora, siempre siendo mayores los valores obtenidos cuando la fuente se ubica en el altar. Las formas de los valores obtenidos entre ambas catedrales son muy diferentes puesto que los niveles registrados en bajas frecuencias se mantienen o son mayores a los valores de TR para el caso de la Catedral del Cusco y son convencionalmente 10% menores a los niveles de TR para el caso de la Catedral de Lima. Para el caso de las bandas de alta frecuencia, en ambas catedrales los niveles EDT registrados son menores a aquellos TR medidos.

Claridad a 80ms (C_{80}). Una condición muy particular se presenta en este parámetro acústico analizado, para el caso de la Catedral de Lima, la diferencia entre los promedios para cada posición de fuente es bastante considerable, mientras que para la Catedral del Cusco las diferencias entre sus niveles promedios son mínimas. Obtener valores de C_{80} entre -10dB y 0dB estarían dentro de los rangos considerados como recomendables para el sonido musical (prioridad del antiguo rito religioso) y esta condición se da para la Catedral del Cusco en ambos valores promedio y para la Catedral de Lima cuando la fuente sonora se ubica en el centro del espacio pues cuando la fuente sonora se ubica en el altar los valores son mucho menores.

Definición a 50ms (D_{50}). Este parámetro confirma la correlación directa que existe entre la condición acústica subjetiva y la definición misma del parámetro acústico objetivo, es decir la pobre inteligibilidad de la palabra se ve reflejada en los mínimos valores promedios obtenidos cuando la fuente sonora se encuentra en el altar para ambas catedrales analizadas ($D_{50} < 0.10$). La condición mejora, aunque siempre en bajos niveles, cuando la fuente sonora es ubicada dentro de la zona de la feligresía, condición similar a la presencia de los púlpitos que fueron utilizados en su momentos en las homilías.

Tiempo Central (TS). Los altos niveles de tiempo central registrados para todas las condiciones evaluadas en ambas catedrales son un claro reflejo de los prolongados tiempos de reverberación existentes así como de los grandes volúmenes de aire involucrados y de la rigidez de los materiales interiores.

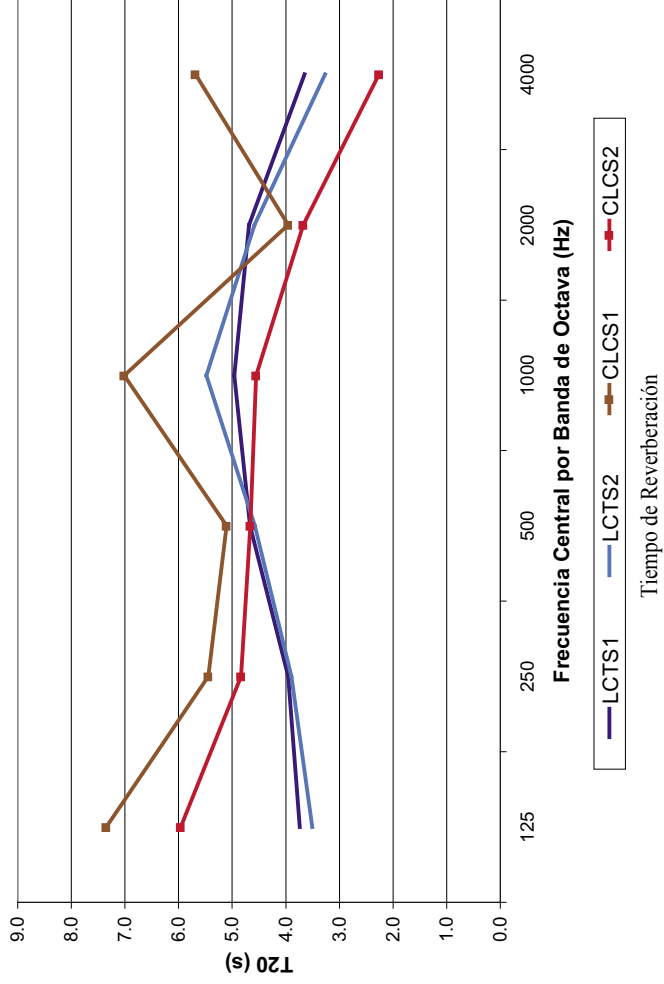


Figura 4(a1).
Comparación entre las catedrales de lima y Cusco de valores promedio por cada posición de fuente

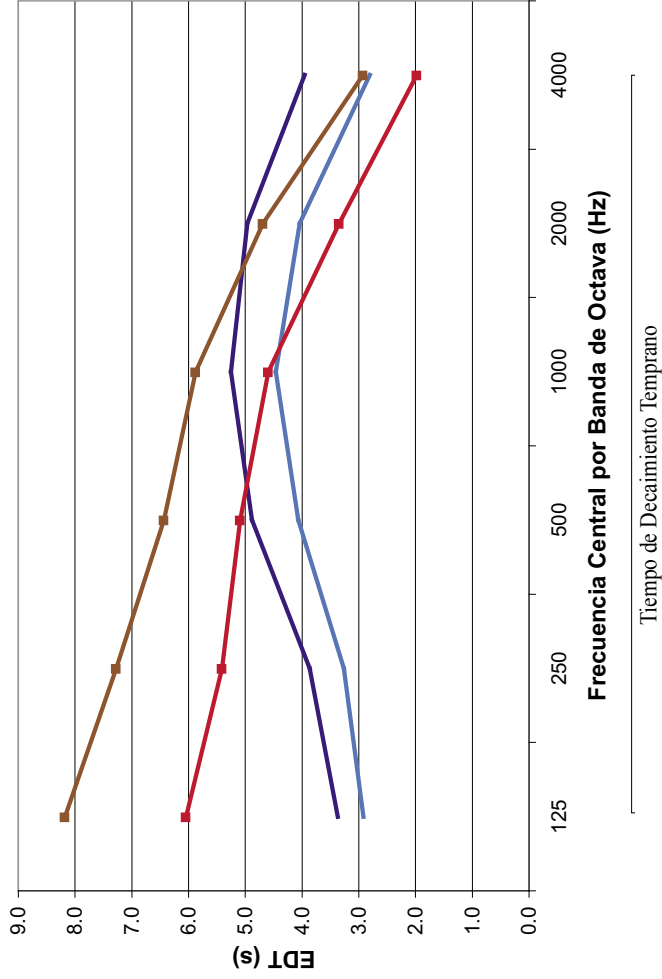


Figura 4(a2).
Comparación entre las catedrales de lima y Cusco de valores promedio por cada posición de fuente

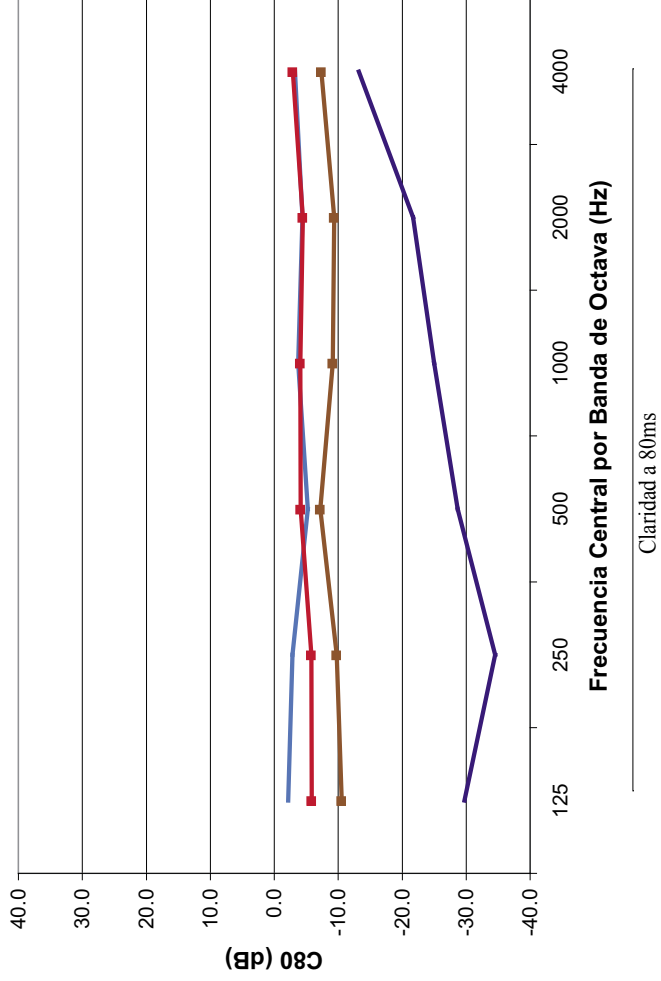


Figura 4(b1).
Comparación entre las catedrales de lima y Cusco de valores promedio por cada posición de fuente

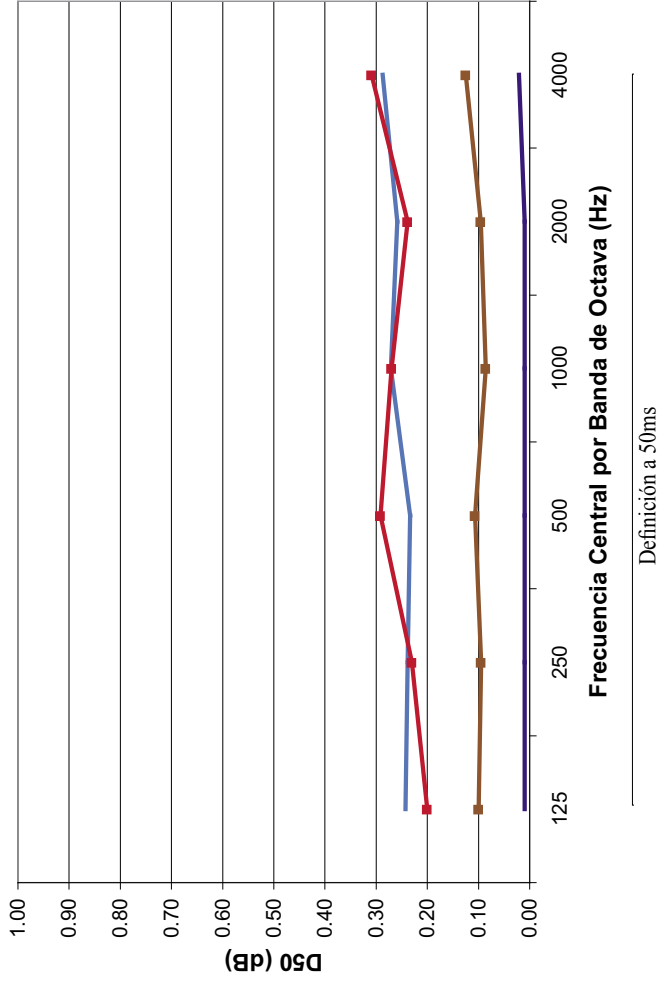


Figura 4(b2).
Comparación entre las catedrales de lima y Cusco de valores promedio por cada posición de fuente

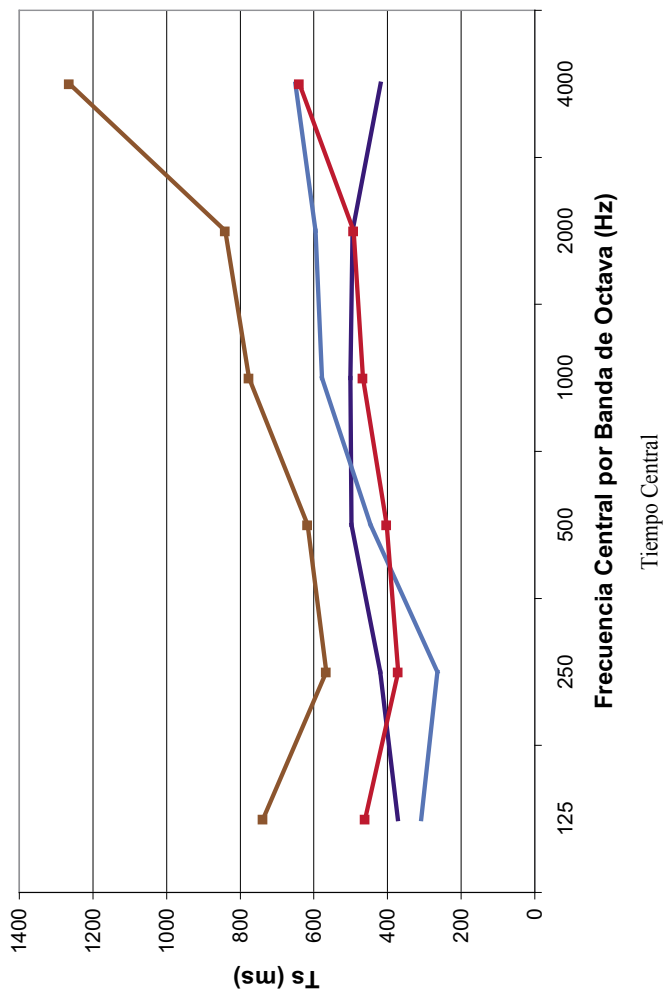


Figura 4(b3).
Comparación entre las catedrales de lima y Cusco de valores promedio por cada posición de fuente

COMENTARIOS FINALES

Como se ha podido observar de las evaluaciones acústicas realizadas a las Catedrales de Lima y del Cusco, cada espacio posee características acústicas muy particulares; aún cuando las formas, volúmenes y ornamentación puede ser similar, las condiciones sonoras de cada espacio puede variar sustancialmente, y esas grandes o sutiles variaciones son inherentes a cada local y conforman su patrimonio acústico, ese sello sonoro que lo identifica.

La investigación acústica de los diversos ejemplos de la arquitectura religiosa del Perú continúa y a la fecha de redacción del presente artículo se procesa la información que pueda caracterizar este sello sonoro en cada templo, y a la vez establecer correlación entre cada ambiente acústico y sus múltiples características físico arquitectónicas.

BIBLIOGRAFÍA

- «Acoustics for Liturgy». *Meeting House Essays*, N°. 2, Liturgy Training Publications, Chicago, 1991.
- Ando, Yoichi. *Architectural Acoustics: blending sound sources, sound fields and listeners*. New York. Springer-Verlag, 1998.
- Arau, Higini. *ABC de la Acústica Arquitectónica*. Barcelona: Editorial CEAC, 1999.
- Barron, Michael. *Auditorium Acoustics and Architectural Design*. London, UK. E & FN Spon, 1993.
- Benavides Rodríguez, Alfredo. *La Arquitectura en el Virreinato del Perú y en la Capitanía General de Chile*. Convenio Andrés Bello, Santiago de Chile, Chile, 1988.
- Beranek, Leo L. *Music, Acoustics and Architecture*. New York. Wiley and Sons, 1962
- Beranek, Leo L. *Concert and Opera Halls – How they sound*. New York: Acoustical Society of America, 1996.
- Bernalles Ballesteros, Jorge. *Edificación de la Iglesia Catedral de Lima: notas para su historia*. Publicación de la Cátedra «Inca Garcilaso», Serie Monografía N°. 2, Universidad de Sevilla, Sevilla, España, 1969.
- Bromley, Juan y Barbagelata, José. *Evolución urbana de la ciudad de Lima*. Conesjo Provincial de Lima, Lima, Perú, 1945.
- Carvalho, Antonio. *Influence of Architectural Features and Styles on Various Acoustical Measures in Churches*. Tesis de Doctorado, Universidad de Florida, Florida, 1994.
- Carvalho, Antonio P.O.; Morgado, Antonio E.J. y Enrique, Luis. «Relationships between Subjective and Objective Acoustical Measures in Churches». *Building Acoustics*, Vol. 4, No. 1, pp.1-20, Multi-Science Publishing Co. Ltd., Essex, Reino Unido, 1997.
- Cirillo, Ettore y Martellotta, Francesco. «Acoustics of Apulian-Romanesque Churches: An Experimental Survey». *Building Acoustics*, Vol. 9, N°. 4, pp.271-288, Multi-Science Publishing Co. Ltd., Essex, Reino Unido, 2002.

- Cirillo, Ettore y Martellotta, Francesco. «Acoustics of Apulian-Romanesque Churches: Correlations between Architectural and Acoustic Parameters». *Building Acoustics*, Vol. 10, Nº. 1, pp.55-76, Multi-Science Publishing Co. Ltd., Essex, Reino Unido, 2003.
- Covarrubias Pozo, Jesús M. *Cuzco Colonial y su arte: apuntes para la historia de los monumentos coloniales del Cuzco*. Cuzco, 1958.
- Cremer, Lothar y Müller, H. *Principles and Applications of Room Acoustics*. Barking, England. Applied Science, 1978.
- Cuadros, Manuel E. *Historia y Arquitectura de los Templos del Cusco*. Editorial Rímac S.A., Lima, 1946.
- Desarnaulds, Victor. *De l'acoustique des églises en Suisse – Une approche pluridisciplinaire*. Tesis de Doctorado, EPFL, Lausanne, Suiza, 2002.
- DIRAC – Room Acoustics Software Type 7841. Manual del suario del DIRAC Tipo 7841, Brüel & Kjær, Dinamarca, 2002.
- Doelle, Leslie. *Environmental Acoustics*. New York. McGraw Hill, 1972.
- Egan, M. David. *Architectural Acoustics*. New York: McGraw-Hill, 1988.
- Fernández Berlanga, Marcos David. *Acústica de Iglesias – Bases de Datos y Conclusiones*. Trabajo de Investigación de la E.U.P. Cuenca, I.T. Telecomunicación, España, 2001.
- Gutiérrez, Ramón. *Arquitectura y Urbanismo en Iberoamérica*. Manuales Arte y Cátedra, Madrid, España, 1983.
- Gutiérrez, Ramón. *Arquitectura virreynal en Cuzco y su región*. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cuzco, 1987.
- Gutiérrez, Ramón. *Barroco Iberoamericano de los Andes a las Pampas*. Lunwerg, Madrid, España, 1997.

- Hemmerde Echecopar, Charles Eric y Tueros Girón, Manuel. *Tipología Arquitectónica en el Diseño de las Iglesias Limeñas en los Siglos XVI, XVII y XVIII*. Tesis de Bachiller en Arquitectura, Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú, 1989.
- James, E.O. (traducido por Augusto Presedo). *El templo: es pacio sagrado desde la caverna a la catedral*. Serie «Historia de las Religiones», Editorial Guadarrama, Madrid, España, 1966.
- Karabiber, Zerhan. A New Approach to an Ancient Subject: Cahrisma Project. Memorias del Seventh International Congress on Sound and Vibration, Garmisch-Partenkirchen, Alemania, 2000.
- Knudsen, Vern O. y Harris, Cyril M. *Acoustical Designing in Architecture*. New York: Acoustical Society of America, 1978.
- Lord, Peter y Templeton, Duncan. *The Architecture of Sound*. London, UK. Architectural Press, 1986.
- Lubman, David y Wetherill, Ewart A. *Acoustics of Workshop Spaces*. New York: Acoustical Society of America, 1985.
- Raes, A.C. y Sacerdote G. «Measurement of the Acoustical properties of Two Roman Basilicas». Journal of the Acoustical Society of America, N°. 25(5), pp.925-961, New York, 1953.
- Recuero López, Manuel y Gil González, C. *Acústica Arquitectónica*. Ed. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 1991.
- Recuero López, Manuel. *Acondicionamiento Acústico*. Paraninfo-Thompson Learning, Madrid, 2001.
- Riedel, Scott R. *Acoustics in the Worship Space*. Concordia Publishing House, St. Louis, 1986.
- San Cristobal Sebastián, Antonio. *Arquitectura Virreynal Religiosa en Lima*. Studium, Lima, Perú, 1988.
- Sendra, Juan J. y Navarro, Jaime. *La Evolución de las Condiciones Acústicas en las Iglesias del Paleocristiano al Tardío barroco*. Instituto Universitario de Ciencias de la Construcción, Universidad de Sevilla, Sevilla, 1997.

- Sendra, Juan J.; Zamarreño, Teófilo y Navarro, Jaime. *La Acústica de las Iglesias Gótico-Mudéjares de Sevilla*. Instituto Universitario de Ciencias de la Construcción, Universidad de Sevilla, Sevilla, 1999.
- Sovik, E. A. *Architecture for Worship*. Minneapolis. Augsburg, 1973
- Vidal Calvo, María del Rosario y Vallejos Oberto, Pablo. *La Catedral de Lima*. Tesis de Bachiller en Arquitectura, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú, 1975.