



VI Congreso Iberoamericano de Acústica - FIA 2008
Buenos Aires, 5, 6 y 7 de noviembre de 2008

FIA2008-A219

Aislamiento acústico de un monumento histórico. Caso de un hotel en la ciudad de Cusco. Aporte desde la Arquitectura y la Acústica para el estudio y ejecución de obras

Elena I. Gushiken Uesu,
Walter Montano Rodríguez

Laboratorio de Acústica, ARQUICUST SRL, Av. Javier Prado Oeste 304 – Magdalena – 17
Lima Lima, Perú. E-mail: arquicust@arquicust.com

Abstract

Comfort requirements in the hotels from its clients increase, being noise one of the critics factors, mainly when it is old buildings which were not designed for this use. This work presents the results of doors and windows designs for an historical building, that were built by Spaniards around 1570 in Cusco city, in which the architectonic line can be modified neither aesthetic nor, with the aim of isolating the bedroom from internal hotel noise as the external ones.

Resumen

Los requerimientos de confort en los hoteles por parte de los clientes va en aumento, siendo el ruido uno de los factores críticos, sobre todo cuando se trata de edificios antiguos los cuales no fueron diseñados para dicho uso. Este trabajo presenta los resultados de diseños de puertas y ventanas para un edificio histórico, que fuera erigido por los españoles alrededor de 1570 en la ciudad de Cusco, en el cual no se puede modificar ni la estética ni la línea arquitectónica de los cerramientos, con el objetivo de aislar los dormitorios del ruido que se produce tanto en el interior del hotel como los externos.

1 Introducción

La ciudad de Cusco es considerada como *Patrimonio Cultural de la Humanidad* por la UNESCO desde 1983, por su gran importancia histórica y cultural que alberga en su centro histórico, en donde existen muchas edificaciones pre-incas, incas, coloniales, republicanas y contemporáneas; entre ellas tenemos a una antigua casa erigida por los españoles alrededor de 1570 como resultado de un reparto de solares por el General Francisco Pizarro al conquistador Miguel Sánchez Ponce, quien habría acompañado a Pizarro en la toma de Cajamarca.

El inmueble en cuestión, a través de los años fue reconstruida, remodelada y ampliada, hasta que en 1999, fue declarada como monumento histórico nacional, siendo restaurada conservando sus características originales, destinándose al funcionamiento de “alojamiento”, actualmente es el Hotel Novotel del Grupo ACCOR.

El Reglamento Nacional de edificaciones (RNE) del Perú, incorpora un capítulo, de bienes culturales inmuebles, es una norma que tiene como objeto regular la ejecución de obras en bienes culturales inmuebles, con el fin de contribuir al enriquecimiento y preservación del Patrimonio Cultural. Se dan una serie de normas bastante estrictas para tratar de conservar la originalidad, manteniendo las tecnologías constructivas tradicionales.

De la edificación antigua se mantuvieron y restauraron todas las ventanas y puertas internas; se pudo recuperar la portada del siglo XVII, parcialmente oculta por un balcón de época republicana; se encontró enterrada gran parte de la fuente antigua del patio y se restituyó a su lugar, y otros descubrimientos de importancia enterrados, de esta manera se cumple el propósito de restaurarla y ponerla en valor.

Al darse el nuevo uso de Hotel, se presentaron problemas de transmisiones de ruido de las actividades internas del hotel y de los ruidos urbanos hacia los dormitorios, a través de los vanos de puertas y ventanas, entre pisos y paredes, principalmente.

Desde el año 2004, se están realizando trabajos del acondicionamiento acústico, desarrollándose hasta la actualidad los trabajos de puertas y ventanas acústicas respetando las normas de intervención de Monumentos Históricos dictadas por el RNE.

2 Análisis de la situación actual

2.1 Intervención en el monumento histórico para el acondicionamiento acústico

La intervención del acondicionamiento acústico en el monumento histórico se encuentra regida por los siguientes criterios:

- a) Respetar los valores que motivaron su reconocimiento como monumento integrante del Patrimonio Cultural de la Nación y Patrimonio de la Humanidad.
- b) Uso de elementos, técnicas y materiales contemporáneos para la conservación y buen uso de los monumentos históricos.

Los Monumentos deben mantener su volumetría y altura original, las intervenciones de adecuación y puesta en valor no deben modificar su expresión formal, características arquitectónicas, carpintería y motivos ornamentales.

2.2 Diagnóstico de puertas y ventanas de las habitaciones

El inmueble corresponde a la arquitectura colonial de 2 pisos, que giran alrededor de un gran patio con arcos de piedra en los 4 lados y una fuente al centro, que fue rescatada, y reinstalada en su lugar original, la cual se encuentra funcionando actualmente. Por conservación del patio, el vano fue techado totalmente con una pirámide de vidrio. Las

paredes son de adobe y muchas de sus divisiones son tabiques compuestos de estructura de madera y *carrizo*, cubierta con barro y yeso.

Las actividades del hotel se dan en todos los ambientes del monumento histórico: en el primer piso ingreso al lado derecho se encuentra la recepción, e ingresando directamente llegamos al gran patio techado que es un gran hall, con salas de estar, también se ubican mesas del restaurante y comedor del hotel (funciona las 24 hs), y los fines de semana las cenas están acompañadas de espectáculos en vivo, música folclórica, ubicándose los músicos en el gran patio. Las habitaciones se encuentran en el segundo piso, rodeando al patio cuyas ventanas y puertas dan hacia ella; muchas de ellas son originales, mientras que las ventanas sólo conservan la estética original.



Figura 1. Fotografía del patio interno del Hotel.

Al techarse el vano del patio con vidrio (ver Fig. 1), este tranquilo lugar se convirtió en un sitio reverberante, donde todas las fuentes de ruido que se dan en el gran patio: de la fuente, las conversaciones, las actividades del comedor, el teléfono de la recepción, el producido por paso de los carros con las maletas, del impacto de las ruedas con el piso de piedra de superficie irregular, etc., lográndose transmitir el ruido hacia todas las habitaciones a través de sus ventanas y puertas.

Por otro lado, las habitaciones cuyas ventanas y mamparas que dan a los balcones exteriores, en general transmiten el ruido de la calle al interior del hotel, principalmente el paso de los vehículos.



Figura 2. Fotografía del exterior del Hotel.

Es importante mencionar que las calles de la ciudad del centro histórico del Cuzco son estrechas y empedradas, conjuntamente con los zócalos de la pared material de piedra, permiten las reflexiones de la energía sonora incrementando los niveles de ruido, con el paso de los vehículos.

Las puertas originales son de madera, presentando grandes aberturas entre la hoja de la puerta y el piso, asimismo al cerrarse las puertas presentan aberturas entre el marco y las hojas; las ventanas internas y externas, así como las mamparas que dan hacia el exterior, son contemporáneas pero respetan la estética original.

2.3 Planteamiento de puertas y ventanas acústicas

Se trabajaron las puertas y ventanas de 16 habitaciones, planteando los siguientes:

2.3.1 Cambio de las ventanas existentes de estructura de hierro con vidrios de 6 mm por ventanas de estructura de madera sólida con vidrios insulados laminados de 34 mm.

2.3.2 Las puertas acústicas que dan hacia los interiores se plantearon de dos tipos:

a) Puertas acústicas que debían conservar la estética original

b) Puertas acústicas del sistema contemporáneo

2.3.3 Las puertas acústicas que dan hacia la calle, debían conservar la estética original

Se desarrolló un trabajo de ebanistería con todos los detalles para respetar la característica estética original de las puertas y ventanas.



Figura 3. Fotografías de las puertas y mamparas acústicas terminadas.

Cabe mencionar que se tuvo que trabajar con madera de cedro, que es dura y resistente ante los cambios climáticos que se dan en Cusco, que por lo general cualquier madera no resiste, y se producirían deformaciones.

Las puertas tienen como relleno lana de vidrio de 11 mm y 100 kg/m^3 , con una placa de roca de yeso de 15 mm. Durante la ejecución de las obras, se tuvieron en cuenta de no comprometer las estructuras originales de la edificación, teniendo mucho cuidado en la colocación de los marcos con todo su perímetro intercalando bandas de neopreno autoadhesivo, y las sujeciones, que fueron coordinadas y con las Autorizaciones arqueológicas respectivas

3 Análisis de la situación actual

3.1 Intervención en el monumento histórico para el acondicionamiento acústico

Las mediciones se desarrollaron de acuerdo a normas nacionales y recomendaciones internacionales vigentes.

a) **Guidelines for Community Noise.** Organización Mundial de la Salud, 1999.

b) **Normas de calidad exigidas por Ley,** ISO 1996-1:2003 *Acústica* – Descripción, medición y valoración del ruido ambiental. Parte 1: Índices básicos y procedimientos de valoración. ISO 1996-2:2007 *Acústica* – Descripción, medición y valoración del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental.

c) **Normas de gestión de calidad acústica;** IRAM 4063-5:2003 - UNE-EN ISO 140-5:1999 *Acústica* – Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 5: Medición “in situ” del aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachadas y de fachadas. IRAM 4063-3:1984 *Acústica* – Aislamiento del sonido en edificios. Parte III: Clasificación del aislamiento del sonido, vía aérea, en fachadas y sus elementos. UNE-EN ISO 717-1:1997 *Acústica* - Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.

3.2 Resultado de las mediciones

3.2.1 Comparación de los niveles de ruido antes y después de las obras de aislamiento acústico

En la tabla 1 se muestra los niveles sonoros registrados en “antes de la obra del aislamiento acústico”, mediciones realizadas en silencio en el momento que no se daban ninguna actividad en el hotel y sin tránsito vehicular en las calles, y su comparación con los niveles sonoros “después de la obra de aislamiento acústico”, mediciones realizadas con el tránsito vehicular de la calle, y durante el prendido de la pileta y personas reuniéndose y conversando en el hall principal del hotel. Las mediciones en cada punto se realizaron entre 5 a 10 minutos de acuerdo a la disponibilidad de poder realizarlo en cada habitación por encontrarse en ese momento ocupada por huéspedes.

Tabla 1. Niveles sonoros registrados

Habitación	Trabajos		Nivel sonoro antes de la obra dBA	Nivel sonoro después de la obra dBA	Observaciones
	Puerta	Ventana			
321	X	X	37,0	30,0	1. Las mediciones después de las obras fueron realizadas durante el día con actividades en el interior del hotel y ruidos del tránsito vehicular.
329	X	X	39,0	34,2	2. Sigue la transmisión del ruido por el tabique existente
332	-	X	37,0	29,7	5. Las mediciones después de las obras fueron realizadas durante el día con actividades en el interior del hotel y ruido del tránsito.

3.2.1 Análisis de la pérdida de transmisión de los niveles de ruido y reducción antes y después de las obras de algunos casos

a) Habitación 321 – Ruidos del patio

Primero se efectuó una medición frente a la puerta de la habitación, para determinar el nivel sonoro de inmisión. Los ruidos externos eran: fuente de agua, conversaciones de los pasajeros, música del conjunto, platos y cubiertos; la segunda medición se realizó con la puerta abierta, para registrar el nivel sonoro dentro de la habitación.

Tabla 2. Niveles sonoros registrados en la habitación 321 – Ensayo N° 1

	$L_{Aeq,T}$	L_{Amax}	L_{Amin}	$L_{A10,T}$	$L_{A90,T}$	$L_{Ceq,T}$
Exterior frente habitación	67,4	78,8	57,5	70,4	62,7	72,2
Puerta abierta - postigos cerrados	41,4	54,4	32,1	44,4	36,0	54,7
Diferencia	26,0	24,4	25,4	26,0	26,7	17,5

La tabla anterior muestra la diferencia de los niveles sonoros. La tercera medición, se realizó con la puerta cerrada y los resultados son los siguientes,

Tabla 3. Niveles sonoros registrados en la habitación 321 – Ensayo N° 2

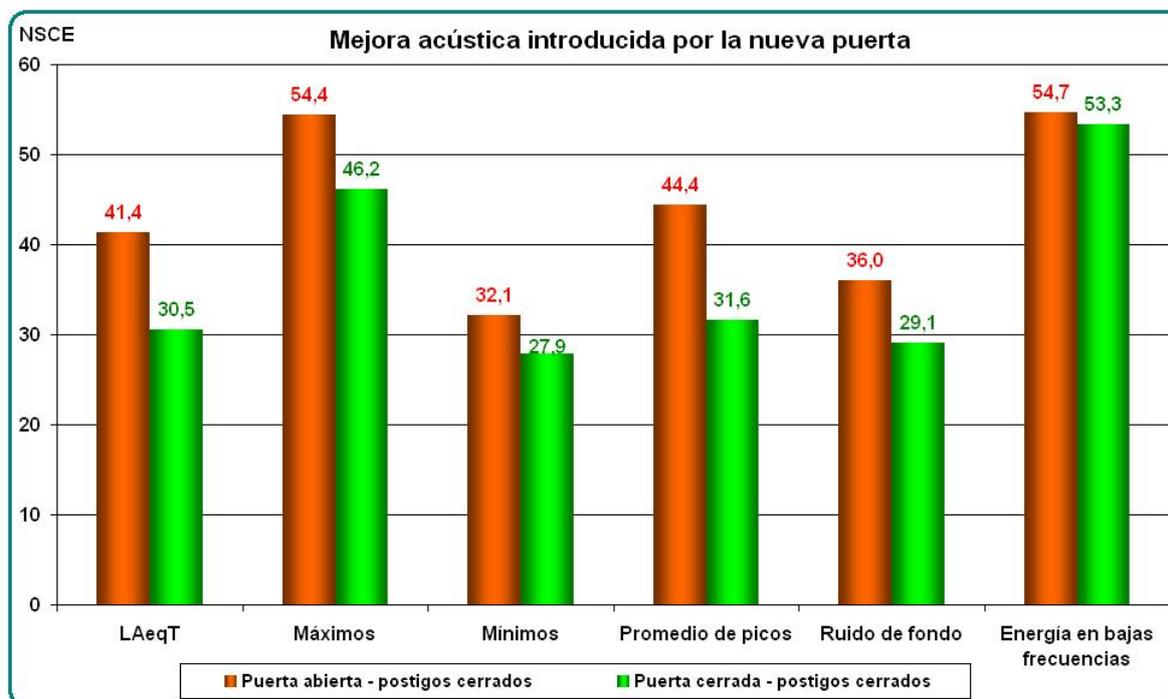
	$L_{Aeq,T}$	L_{Amax}	L_{Amin}	$L_{A10,T}$	$L_{A90,T}$	$L_{Ceq,T}$
Exterior frente habitación	67,4	78,8	57,5	70,4	62,7	72,2
Puerta cerrada - postigos cerrados	30,5	46,2	27,9	31,6	29,1	53,3
Diferencia	36,9	32,6	29,6	38,8	33,6	18,9

Donde se puede observar que la atenuación introducida por la puerta es bastante más que la puerta regular de madera. Para ilustrar y tener una mejor idea en cuántos decibeles se está mejorando el aislamiento, tenemos que comparar lo siguiente:

Tabla 4. Niveles sonoros registrados en la habitación 321 – Ensayo N° 3

	$L_{Aeq,T}$	L_{Amax}	L_{Amin}	$L_{A10,T}$	$L_{A90,T}$	$L_{Ceq,T}$
Puerta abierta - postigos cerrados	41,4	54,4	32,1	44,4	36,0	54,7
Puerta cerrada - postigos cerrados	30,5	46,2	27,9	31,6	29,1	53,3
Mejora acústica introducida	10,9	8,2	4,2	12,8	6,9	1,4

De acuerdo a las recomendaciones de la OMS, cuando una reducción sonora es igual o mayor a 10 dB las personas subjetivamente lo consideran como “una disminución a la mitad” de la energía inicial; pero en términos técnicos una reducción de 10 dB implica una disminución de casi 25 veces la energía inicial.

**Figura 4.** Reducción de los niveles sonoros con las puertas acústicas

b) Habitación 329 – Ruidos del patio

En la tabla siguiente se analiza la atenuación introducida por las mamparas con vidrios insulados en estructura de madera, con la ventana abierta y cerrada.

Tabla 5. Reducción del nivel sonoro por la puerta acústica

Frecuencia [Hz]	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Ventana abierta – puerta cerrada	45,4	46,9	45,7	45,6	45,4	42,5	42,2	37,9	30,7
Ventana cerrada - puerta cerrada	39,6	34,9	29,7	28,1	24,0	22,5	23,9	21,5	19,5
Mejora acústica introducida	5,80	12,0	16,0	17,5	21,4	20,0	18,3	16,4	11,2

Se aprecia que los niveles sonoros que se ha logrado con el cambio de las estructuras y el vidrio, y en otros casos conservando el existente, y sólo cambiando la estructura (la cual tiene bandas de neopreno autoadhesivo alrededor de la madera), existe una gran reducción de los ruidos hacia el interior de las habitaciones, principalmente en las medias y altas frecuencias que son los niveles de ruido de las conversaciones y los ruidos de la caída de agua de la fuente.

A continuación haremos el análisis de la atenuación introducida por la colocación de una puerta acústica, conservando el tabique en seco existente, mediciones con la puerta abierta y cerrada.

Tabla 6. Aislamiento de la puerta acústica

Frecuencia [Hz]	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
puerta abierta con tabique existente	53,2	46,0	42,3	48,9	45,9	42,2	40,5	35,4	27,9
puerta cerrada con tabique existente	51,4	41,3	36,1	36,2	28,6	26,9	27,5	25,4	22,0
Diferencia	1,8	4,7	6,2	12,7	17,3	15,3	13,0	10,0	5,9

Se aprecia que se ha logrado una buena reducción del ruido, pero sin embargo se pudo comprobar *in situ* que sigue la transmisión de ruidos a través del tabique existente por flanqueo, que no cuenta con un tratamiento acústico adecuado, por lo que se recomienda un reforzamiento acústico. Se menciona que la puerta acústica ha sido fabricada para lograr la reducción acústica sin embargo si no se realiza el tratamiento del tabique no se logrará el objetivo.

c) Habitación 332 – Ruidos de la calle

Tabla 7. Aislamiento de la puerta acústica

Frecuencia [Hz]	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Puerta del balcón abierta – puerta cerrada	64,4	66,8	58,6	51,7	48,7	46,9	43,7	36,4	27,0
Puerta del balcón cerrada – puerta cerrada	49,3	43,0	29,7	25,1	23,2	23,5	23,6	21,4	19,4
Mejora acústica introducida	15,1	23,8	28,9	26,6	25,5	23,4	20,1	15,0	7,6

Se aprecia que se ha logrado una buena reducción del ruido, principalmente en las medias y bajas frecuencias del espectro, que son características de los ruidos de los vehículos.

4 Conclusiones

En general en las 16 habitaciones, que se realizaron el tratamiento acústico de puertas y ventanas, se logró una mejora acústica introducida de hasta 25 dBA, cumpliendo toda la normatividad de la intervención de monumentos históricos del Perú.

Las quejas por ruidos de los huéspedes se redujeron considerablemente, trabajando aún en aquellas habitaciones con problemas del aislamiento acústico de pisos y tabiques.

5 Agradecimientos

A la Sra. Ana Lucia Koszenewski Gerente Manager del Hotel Novotel Cuzco del Grupo ACCOR, por las facilidades brindadas y la información histórica suministrada.