

---

**XIII Congreso Argentino de Acústica**  
**VII Jornadas de Acústica, Electroacústica y Áreas Vinculadas**  
**Buenos Aires, 29 y 30 de octubre de 2015**

AdAA2015-A020

## **Hospital del futuro con confort acústico**

Marilita Giuliano<sup>(a)</sup>,  
Sergio López<sup>(b)</sup>,  
Ezequiel Pombo<sup>(c)</sup>,  
Rita Comando<sup>(d)</sup>,  
Matías Martínez<sup>(e)</sup>.

(a) Knauf-AMF. AdAA. IRAM (Subcomité de Acústica y Electroacústica), INCOSE. Comisión técnica. E-mail: giuliano.marilita@knauf.com.ar

(b) Difusores acústicos. AdAA

(c) Capacitador técnico Knauf Argentina

(d) Arquitecta, Miembro de AADAIH, SCA Vicepresidente Primero, CAM Difusores acústicos.

(e) ONG Salud sin Daño

### **Abstract**

The trend in hospital design is to apply new technology in medical equipment and architectural aesthetics. An invisible factor is the noise in the different areas of the hospital. According to several studies, noise increases risk of medical error, staff stress and burnout, and affects patient recovery time. This study is focused on the noise in a sensitive area of the hospital, representing other acoustically similar areas, such as corridors and circulation areas, inpatient settings, hospital waiting rooms, neonatology. In-situ measurements have been performed according to Standards. Different constructive materials have been tested in order to compare the acoustic comfort results which has shown that hospital noisy areas may be improved.

### **Resumen**

La tendencia actual en el diseño hospitalario es incorporar tecnologías de última generación en equipamientos médicos así como en la estética arquitectónica. Un factor invisible: el ruido en distintas áreas del hospital. Según diversos estudios el ruido aumenta el riesgo de error médico, contribuye al estrés y agotamiento del personal e incide en el tiempo de curación de los pacientes. Este trabajo analiza el confort acústico en una parte sensible del hospital, en representación de otras áreas comprometidas acústicamente como: circulaciones, internación, salas de espera y neonatología. Se realizaron mediciones in situ bajo Norma y se probaron distintos materiales constructivos para comparar resultados. Se muestra que se puede mejorar el confort en las zonas ruidosas de hospitales.

## 1 Introducción

A pesar del gran avance tecnológico en cuanto a la informática, esto no alcanza para lograr la calidad de la atención médica y garantizar la seguridad del paciente. En Argentina como en muchos otros países hay otras necesidades que todavía no se tienen en cuenta en la mayoría de los casos, un factor invisible: el ruido. El ruido genera, de acuerdo a estudios realizados en varias partes del mundo, el aumento de riesgo de errores médicos, contribuye al estrés y agotamiento del personal. Está comprobado por distintos estudios que el ruido también repercute en el tiempo de curación de los pacientes.

Muchos de estos efectos adversos se podrían evitar, con un adecuado control e disminución del ruido en las distintas áreas del hospital. En el diseño hospitalario aún hoy se sigue minimizando la importancia de contar con un adecuado confort acústico en las instituciones tanto públicas como privadas. Paradójicamente el ruido dentro de los hospitales a nivel mundial, ha subido en vez de decrecer, tanto de día como de noche.

Los sonidos “desagradables” pueden ser perjudiciales y estresantes. Cuando son intensos, estos sonidos presentan un peligro serio para la salud. Y del mismo modo que los otros sentidos sufren fatiga cuando son sometidos a un bombardeo continuo, el ruido constante (definido como no deseado) fatigará al oído, mientras la mente intentara reducir al mínimo la intrusión. En los hospitales hay gran número de personas que circulan diariamente generando ruido que afectan al paciente, y al equipo de salud. El Ruido constante por varias horas causa molestias y genera una problemática importante, pudiendo ser causante de estrés y distracción siendo perjudicial para las tareas que realizan además de generar accidentes, provocar errores atentando contra la seguridad del paciente.

En las circulaciones hospitalarias, recintos que a veces comparten la función con salas de espera, islas de enfermería. Se escucha el murmullo de la gente hablando aunque en voz baja, chicos que lloran, carros de medicamentos, limpieza, camillas de enfermos, además de otros ruidos como buscapersonas, celulares y otros aparatos. Lo mismo pasa con las Salas de Espera propiamente proyectadas para este fin.

El ruido también impide la comprensión por parte de los pacientes de las indicaciones. En general por las noches el ruido es más que lo deseado para el descanso de los pacientes. Difícilmente las puertas de las habitaciones están cerradas por diversos motivos y estos ruidos amplificados por la falta de absorción acústica recorren distancias largas y penetran por todos los ambientes.

Este trabajo se basa en las Recomendaciones de la Guía para el ruido urbano de Organización Mundial de la Salud (OMS) - 1999 en lo que respecta a Hospitales. En cuanto al nivel de ruido ambiental la Guía de la OMS solo presenta valores sugeridos para zonas interiores. Para salas de tratamiento interior que incluyen a la internación tendríamos como valor máximo recomendado el Nivel Máximo Medido ( $L_{max}$ ) de 40 dB.

En la “Interferencia en la percepción del habla” la OMS indica que es necesario un Tiempo de Reverberación (RT60) de menos de 1 s para una buena comunicación oral. Para grupos sensibles como los ancianos y pacientes se recomiendan un RT60 por debajo de los 0,6 s.

En un hospital principalmente en áreas generales, estamos limitados al proyecto y no podemos modificar demasiado ni la geometría ni el volumen. Nos concentraremos al menos en la absorción acústica de los materiales que forman el recinto ediliciamente.

Para evitar riesgo de infecciones intrahospitalarias en los hospitales, se necesita mayor atención en su higiene y limpieza. Por este requerimiento los materiales utilizados en sus pisos y muros son en general lisos y lo más pulidos posible. Todo lo que sean paredes y pisos

en general están revestidos por materiales con un alfa o NRC muy bajo o casi nulo, que absorben muy poco el sonido. Desde la cerámica o porcelanato hasta el linóleo de los pisos, así como los muros, ofrecen muy bajos e insuficientes valores de absorción que oscilan alrededor de  $NRC = 0,02$ .

Los techos son la mejor ubicación para un material que tenga una muy buena absorción acústica y así compensar a los otros materiales con muy baja absorción, ya que son continuos y ofrecen mayor superficie en comparación a los demás paramentos. Los materiales absorbentes por sus características no pueden estar expuestos al tránsito de personas, camillas y otros.

El caso de estudio analizado fue el Mesón de turnos del Hospital Fernandez en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

## **2 Caso de estudio**

El Hospital Fernández comienza a funcionar aprox. en 1888, el edificio inicial fue ampliado y modificado sucesivas veces hasta llegar al actual edificio con 11 pisos, que fue inaugurado en 1943. Tiene una importante actividad docente universitaria y tiene una reconocida trayectoria científica que lo ubica como institución de primera categoría en el ámbito científico argentino.

Es un hospital general de agudos orientado a emergencias, que por su ubicación en Capital Federal cercano a corredores viales importantes además de Retiro, Aeroparque, Centro hace que tenga una gran afluencia de pacientes. Cuenta con un plantel de 1600 trabajadores de la salud y depende del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires.

Las características físicas del recinto elegido, el Mesón de turnos, son de aproximadamente  $90 \text{ m}^2$  con un volumen de  $350 \text{ m}^3$ .

El ambiente estudiado estaba conformado por un piso granítico y las paredes del mármol que ofrecen muy bajos e insuficientes valores de absorción acústica. Aproximadamente  $NRC = 0,02$  (material reflejante)

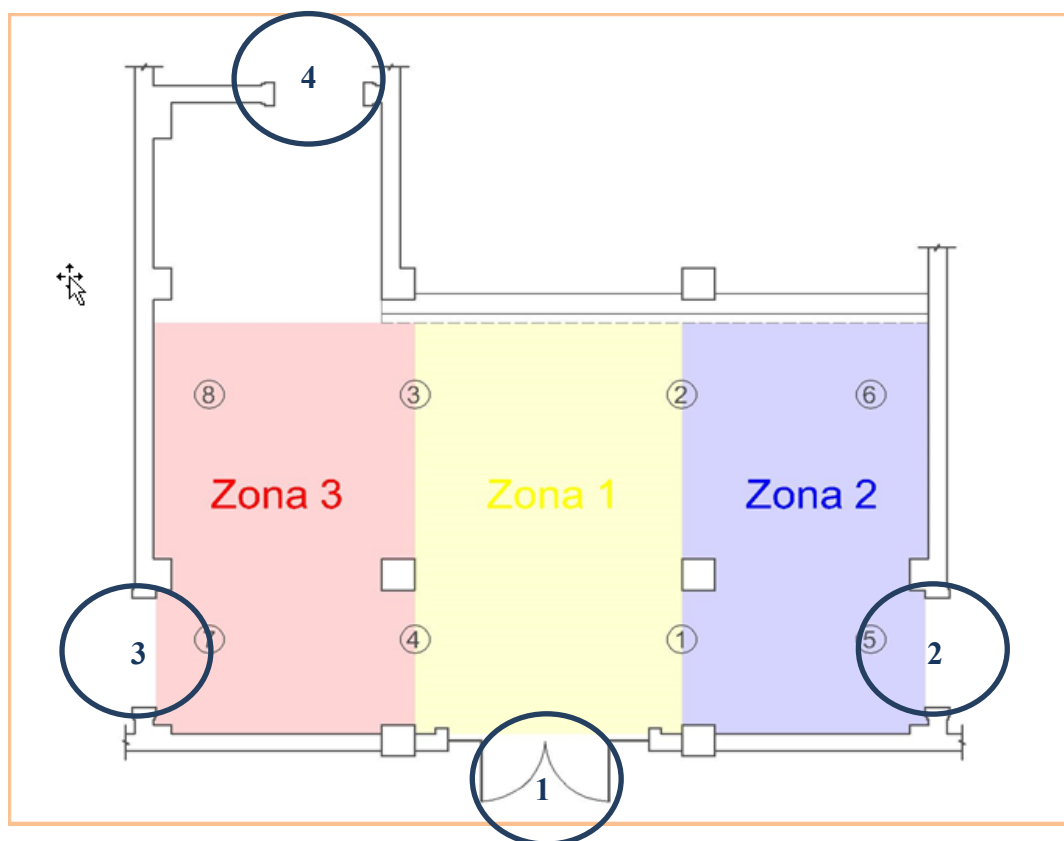
El material del cielorraso existente, eran placas de yeso desmontables (610 mm x 610 mm) de espesor 6,5 mm pintadas y sin ninguna función absorbente  $NRC = 0,05$  (material reflejante). Los cielorrasos fueron elegidos como la mejor y única alternativa posible en este caso para intervenir acústicamente proponiendo un material que tenga una muy buena absorción acústica y así compensar a los otros materiales del ambiente que tienen muy baja absorción y no colaboran con el confort acústico.

El recinto elegido tiene cuatro recintos acoplados que están anexos a la zona estudiada, esto dificulta aún más la problemática acústica. Se pueden ver en la planta arquitectónica (figura 1) y son:

- 1 Entrada principal del edificio que tiene las puertas siempre abiertas hasta las 16 h, también contiguo al hall principal de ascensores
- 2 Circulación seguida por otra sala de espera y entrada secundaria a la calle
- 3 Circulación que tiene sala de espera
- 4 Circulación que funciona como sala de espera

En este recinto circulan diariamente aproximadamente 500 personas solicitando turno y otras 150 personas más por consultas generales elevando el número de fuentes de ruido.

Los horarios de atención al público son de 7:00 h a 14:00 h de lunes a viernes donde trabajan 15 personas del hospital en estos puestos. El área también funciona como espera para los turnos contigua al Hall de acceso principal del Hospital, recinto acoplado 1.



**Figura 1.** Planta arquitectónica del recinto estudiado: Mesón de Turnos del Hospital Fernandez con las tres zonas.

El estar en el nexo entre otros recintos acoplados y directamente después de la entrada principal del edificio es paso obligado para los otros recintos acoplados, por lo que funcionan también como circulación principal, lo que eleva el número de fuentes de ruido ya que las personas ajenas y propias del hospital circulan por ahí constituyendo otras fuentes de ruido.

En algunos horarios los trabajadores sienten el ambiente como el propio caos. Se han colocado parlantes junto a los vidrios (como en las cajas de los bancos), pero aun cuando se resuelve uno de los problemas de la comunicación y del ruido, surgen otros ya que esto ha causado que las personas que atienden al público escuchen no solo a las personas que atienden sino también a los pacientes de la casilla contigua aumentando el stress y los factores de distracción, dificultando la concentración.

Además el ruido de la gente hablando aunque en voz baja, chicos que lloran frecuentemente además de los otros ruidos aumentan el nivel de ruido del ambiente. El Ruido constante por varias horas causa molestias tanto a los trabajadores de la salud como al público en general. Con la consigna de mejorar las condiciones acústicas de este espacio se ha propuesto realizar un caso real de estudio para lograr una mitigación acústica y favorecer el confort acústico y sanitario de los pacientes, médicos, residentes, enfermeras y demás trabajadores del Hospital. Para tal fin, se realizó la instalación de materiales especiales fonoabsorbentes que fueron donados al hospital por las empresas Knauf y AMF a fin de realizar la investigación académica.

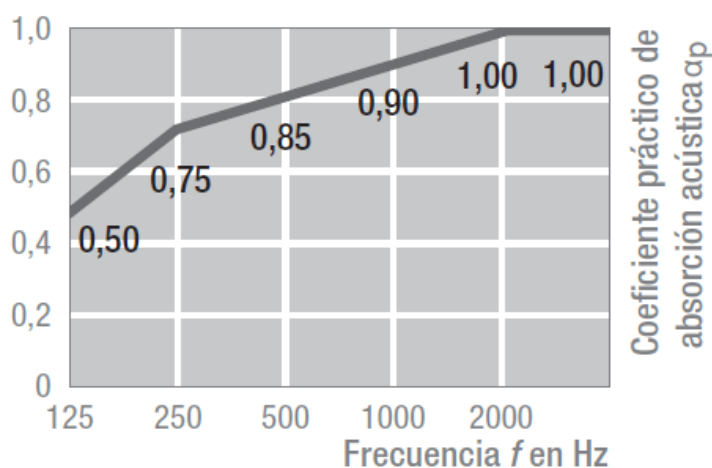
El material del cielorraso existente eran placas de yeso desmontables de 6,5 mm de espesor pintadas sin ninguna función absorbente  $NRC = 0,05$  (material reflejante).

Se sustituyeron las placas existentes por placas con alto valor de absorción acústica conservando la estructura metálica existente para cielorrasos desmontables.

La obra de reemplazo de las placas tuvo bajo impacto en la actividad diaria y se realizó de forma limpia, rápida y silenciosa.

El objetivo era acercarse a los valores recomendados por la OMS. Para lograrlo hicimos mediciones de Reverberación del espacio existente y luego se realizaron varios cambios de material. En cada etapa se midió el tiempo de reverberación (RT60) y el nivel de ruido ( $L_{Aeq}$ ) antes del reemplazo del material acústico absorbente y luego de incorporarlo.

Se eligieron para este estudio placas de fibra mineral altamente absorbente con espesor de 19 mm con borde rebajado y con características técnicas:  $NRC = 0,90$  según ASTM C 423,  $\alpha = 0,90$  según EN ISO 11654, 100 % Resistentes a la Humedad y lavables que cuentan con tratamiento Hygena: Bactericida y Fungistático, AMF Thermatex Aquatec.



**Figura 2.** Curva de absorción sonora del material utilizado.

Era requisito del Hospital Fernandez que el material utilizado para la absorción acústica cumpliera con requerimientos de seguridad ante el fuego. En todos los Hospitales y Centros de Salud esto debería ser un requerimiento fundamental que sabemos que no se cumple en Argentina, ya que hemos relevado hospitales durante casi un año para realizar este trabajo.

Las placas elegidas AMF Thermatex Aquatec además de primordialmente tener una excelente performance acústica cumplen con la Clasificación al fuego de las placas utilizadas es: “Re1 Incombustible” ensayada en laboratorio del INTI según Norma IRAM 11910-1. Los materiales además no deben emanar humos tóxicos, ya que es causal de muerte por asfixia e intoxicación o puede dejar graves consecuencias

El trabajo se proyectó en 8 etapas: Se partió del ambiente con los materiales originales y luego se fue incorporando material absorbente al cielorraso en 3 etapas crecientes para que se pudieran estudiar las mejoras progresivas. Se realizaron las mediciones de Reverberación (RT60) in situ bajo Norma ISO 3382, en cada etapa antes de la incorporación del material acústico absorbente y luego de incorporarlo. Para las mediciones de reverberación se realizaron 4 mediciones por cada etapa.

### 3 Resultados

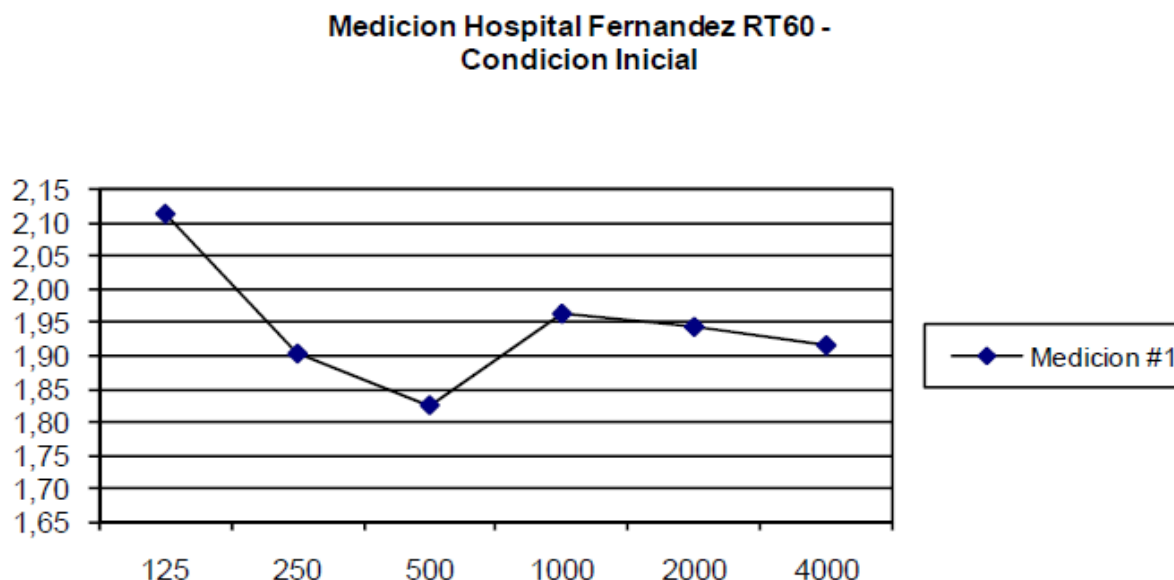
En la primera medición antes de incorporar el material absorbente elegido, el Tiempo de Reverberación RT60 medido fue alto para estar dentro de un hospital (figura 3), obteniéndose un  $RT_{mid} = 1,89$  s.

Debido a las malas condiciones acústicas del recinto Se detectan claros problemas de inteligibilidad de la palabra generando dificultad para comprender las conversaciones y las indicaciones por busca personas

Esta primera medición fue nuestro punto de partida en un camino de investigación práctica.

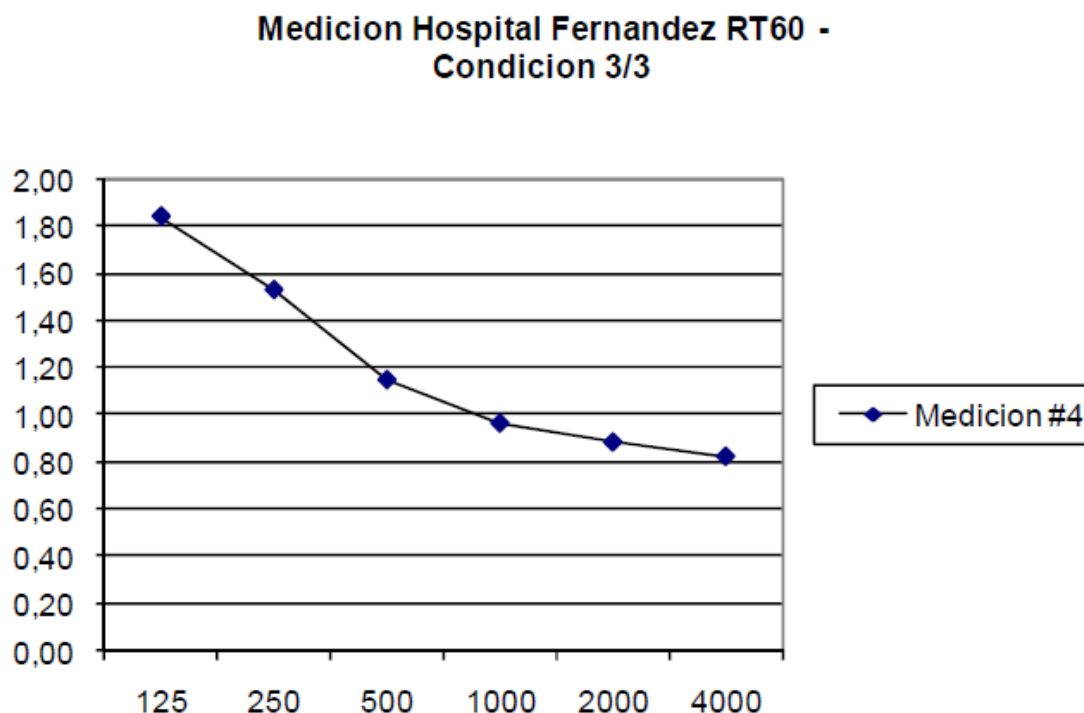
Luego empezamos con las obras de reemplazo de las placas existentes por otras de mayor absorción acústica. Se sustituyeron las placas conservando la misma estructura metálica para cielorrasos desmontables de forma limpia rápida y silenciosa.

La obra se llevó a cabo por el personal de la empresa de mantenimiento del hospital: MIG S.A. quién también colaboró con el presente trabajo, junto al equipo técnico de Knauf y del Hospital Fernandez. El reemplazo de las placas se hizo en aproximadamente 3 hs por cada etapa no necesitando mano de obra especializada. Este tiempo incluyó el desarmado del cielorraso existente. El reemplazo de las placas fue realizado en tres etapas consecutivas en zonas de igual superficie y se realizaron mediciones de reverberación entre cada etapa, queríamos estudiar la mejoría progresivamente. La obra de reemplazo de las placas de cielorraso tuvo bajo impacto en la actividad diaria del Hospital.



**Figura 3.** Medición #1. Situación inicial del recinto, sin material acústico en el cielorraso. Se obtuvo una  $RT_{mid} = 1,89$  s

Completando los 3/3 de material absorbente se vuelve a medir. En Medición#4 con la totalidad del material acústico instalado en el cielorraso, la curva muestra un decrecimiento constante y el TR60 baja sensiblemente. El tiempo de reverberación medio resultó  $RT_{mid} = 1,05$  s ( ver figura 4)



**Figura 4.** Medición #4. Con cielorraso acústico instalado en zonas 1, 2 y 3

#### 4 Comparativas y análisis entre las mediciones de RT60

Recopilando la información total de las mediciones acústicas se confeccionó la tabla 1 donde podemos comparar las diferentes situaciones de la sala.

**Tabla 1** Mediciones de Reverberación

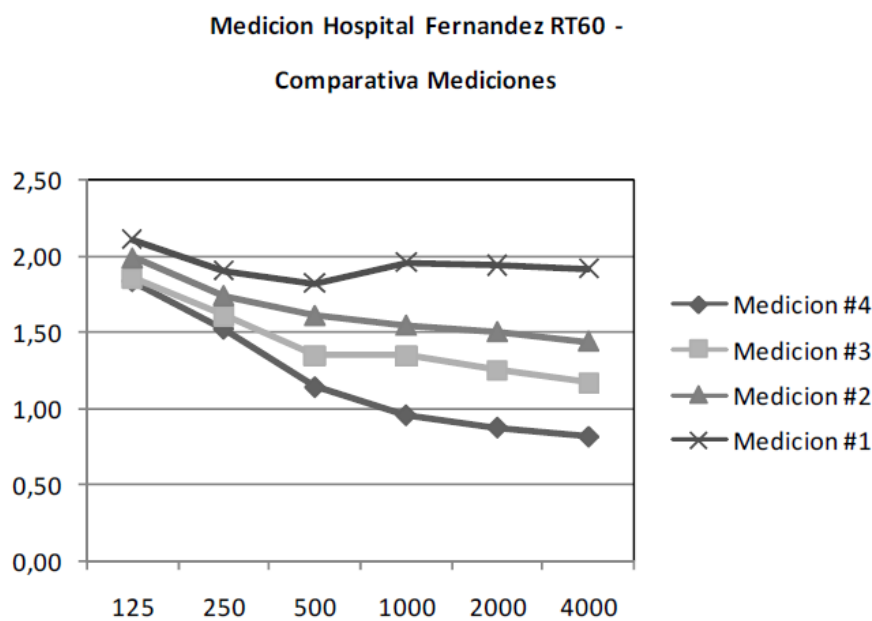
RT60 (seg)	125	250	500	1000	2000	4000
Medicion #1	2,11	1,90	1,83	1,96	2,07	1,87
Medicion #2	2,00	1,75	1,61	1,55	1,51	1,44
Medicion #3	1,86	1,61	1,35	1,35	1,26	1,18
Medicion #4	1,84	1,53	1,15	0,96	0,88	0,82

En la primera medición (Medición #1), RT60 sin ningún material acústico, el RT60 medido fue demasiado alto para el lugar y la función  $RT_{mid} = 1,86$  s con valores que sobrepasaban los 2,00 s.

Es claro cómo la curva va evolucionando favorablemente a medida que se incorpora el material acústico absorbente. Es notoria la diferencia entre a la condición inicial #1 y la condición final #4.

El caso de estudio arrojó el resultado que las mejoras fueron muy superiores a las esperadas. Con los distintos cambios de material se ha logrado bajar el RT60 medido sensiblemente.

$RT_{mid} = 1,05$  s entre 500 Hz y 1000 Hz en la Medición #4 como se observa en el figura 5 y en la Tabla 1.



**Figura 5.** Medición de reverberación de todas las etapas

## 5 Conclusión

Después de la instalación de las placas acústicas las mediciones de ruido ambiental mostraron un ambiente más silencioso. Los índices comparados son en las frecuencias de 500 Hz

El primer objetivo del trabajo fue poner en relevancia la problemática del ruido en las organizaciones de Salud, para generar conciencia en los planificadores de futuros proyectos hospitalarios, desarrollando diseños que equilibren las condiciones de absorción, difusión y reflexión del sonido.

El segundo objetivo fue demostrar que en los edificios existentes se pueden realizar mejoras efectivas con mínimas intervenciones constructivas, en este caso partiendo de un local difícil de resolver acústicamente se pudo realizar una obra sencilla y muy eficaz, teniendo en cuenta que solo se pudo intervenir en el cielorraso.

Si bien el valor alcanzado es superior al recomendado por la Guía de OMS para el RT60 se logra una mejoría muy importante.

Es importante destacar que complementariamente se debe trabajar sobre las fuentes emisoras, como ser: la modificación de conductas en el personal y los pacientes, en el uso de celulares, busca-personas, así como en el mantenimiento de los rodamientos de carros y camillas Este trabajo fue realizado como Caso de Estudio para que se pueda experimentar en la práctica lo que proyectamos acústicamente. Como es un Hospital Público se contó



con donaciones de distintas empresas de materiales de construcción así como la mano de obra. Pretendemos con este trabajo mostrar que es sencillo mejorar las condiciones de confort ambiental en ambientes críticos en cuanto a la acústica dentro de hospitales y centros de salud.

**Referencias**

---- (1999) Recomendaciones de la Guía para el ruido urbano de Organización Mundial de la Salud (OMS)

Knauf (s/f) Datasheet Danotile UK.

[http://knaufdanoline.com/wp-content/uploads/Data\\_sheet\\_Danotile\\_UK.pdf](http://knaufdanoline.com/wp-content/uploads/Data_sheet_Danotile_UK.pdf)