

## XV Congreso Argentino de Acústica, AdAA 2017

Bahía Blanca, 23 y 24 de noviembre de 2017

AdAA2017-Xnnn

### Parámetros Psicofísicos y Psicoacústicos como herramienta para la valoración de Establecimientos Educativos

María Sofía Miranda <sup>(a)</sup>,  
Beatriz Silvia Garzón <sup>(b)</sup>,  
María Elisa Soldati <sup>(b)</sup>.

(a) Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán. Av. Nestor Kirchner 1900, San Miguel de Tucumán, Argentina. E-mail: sofia\_miranda00@hotmail.com

(b) Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán. Av. Nestor Kirchner 1900, San Miguel de Tucumán, Argentina. E-mail: bsgarzon@hotmail.com.

(c) Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán. Av. Nestor Kirchner 1900, San Miguel de Tucumán, Argentina. E-mail: arquielisa@yahoo.com.ar

#### Abstract

The general objective of this work is to determine the acoustic characteristics of school establishments, one located in the city of Yerba Buena and another in the city of Concepción both belonging to the province of Tucumán, Argentina. Quantitative psychophysical parameters were used for the analysis and evaluation of the sound pressure levels of the classrooms, courtyards, access and surrounding environment, and qualitative psychoacoustic parameters consisting of surveys of students and teachers of these schools with in order to arrive at results that not only contemplate the objective physical factors but also those related to the subjective perception of the users. It is concluded that the noise attenuates the acoustic comfort, generating the lack of acoustic adaptation of the same and with it, the loss of functionality, and affecting in this way the teaching learning process. Thus, the users of the schools in analysis are exposed daily to high levels of noise that bring as a consequence stress, fatigue, constant efforts in the voice among others; which affect your academic performance.

#### Resumen

El objetivo general de este trabajo es determinar las características acústicas de establecimientos escolares, uno ubicado en la ciudad de Yerba Buena y otro en la ciudad de Concepción ambos pertenecientes a la provincia de Tucumán, Argentina. Se utilizó para el análisis y valoración de los espacios parámetros psicofísicos cuantitativos correspondientes a la medición de los niveles de presión sonora de las aulas, patios, acceso y entorno circundante, y parámetros psicoacústicos cualitativos consistentes en encuestas realizadas a alumnos y profesores de dichas escuelas con el fin de llegar a resultados que no solo contemplen los factores físicos objetivos sino también los relacionados con la

percepción subjetiva de los usuarios. Se concluye que el ruido atenta contra el confort acústico, generando la falta de adecuación acústica de los mismos y con ello, la pérdida de funcionalidad, y afectando de esta manera el proceso enseñanza aprendizaje. Es así que los usuarios de las escuelas en análisis se ven expuestos a diario a altos niveles de ruido que traen como consecuencia stress, fatiga, esfuerzos constantes en la voz entre otras; que afectan su rendimiento académico.

## **1.Introducción a Conceptos Básicos.**

### **1.1 El sonido**

Es un fenómeno físico ondulatorio consistente en la propagación a través del aire de una serie de perturbaciones que ejerce sobre éste cualquier objeto que vibra. Más detalladamente, un objeto, al vibrar, produce pequeñas variaciones de presión en el aire que lo rodea: tanto aumentos como disminuciones momentáneas de la presión.

El sonido es captado principalmente por el oído, aunque si es de muy baja frecuencia (sonido grave) y muy intenso puede provocar sensaciones en otras partes del cuerpo, por ejemplo, en el estómago, y hasta cosquilleos en la piel. Para que el sonido pueda ser percibido se requiere que su frecuencia (la cantidad de vibraciones por segundo, o hertz, abreviado Hz) esté comprendida entre 20 Hz (sonidos muy graves) y 20000 Hz (sonidos extremadamente agudos), y además que su intensidad supere al umbral auditivo.

### **1.2 El ruido**

Es un sonido no deseado o que interfiere con alguna actividad o con el descanso. Por ejemplo, si hay dos pares de personas sosteniendo dos conversaciones diferentes en un mismo lugar, para cada par será ruido lo que conversan los otros dos.

### **1.3 Paisaje Sonoro**

El paisaje sonoro se define como un ambiente acústico o un ambiente creado por el sonido. Este puede referirse a entornos naturales o urbanos reales. Cuando el exceso de sonido altera las condiciones normales del ambiente en una determinada zona, genera contaminación acústica, produciendo efectos negativos sobre la salud auditiva, física y mental de los seres vivos.

### **1.4 Contaminación Acústica**

La contaminación por ruido es un problema mundial característico de las sociedades industriales modernas. Debido al aumento poblacional así como al desarrollo del uso de maquinaria y tecnologías que han llevado a nuestra sociedad al nivel de progreso y modernismo del cual disfrutamos hoy, paralelamente éste contaminante invisible se ha instalado y se incrementa en forma permanente, por lo que las generaciones futuras podrían experimentar la degradación de su ambiente social y su calidad de vida. Actualmente la contaminación sonora se ha convertido en un problema para la salud. Es por ello, que la industria ha aumentado sus esfuerzos para disminuir la emisión de ruido en fuentes específicas. Una opción para facilitar esta determinación de ruido en dichas fuentes es localizando el punto de dicha fuente donde se genera mayor cantidad de energía sonora.

*Los especialistas afirman que la cantidad de ruido en la ciudad ha aumentado en los últimos años y que las consecuencias no sólo se reflejan en el oído, sino fundamentalmente en el cambio de conducta de las personas.* Se puede decir que hay dos situaciones que generan un ambiente ruidoso: una es inevitable, generada por las fábricas, las máquinas de construcción o el transporte; y la otra es intencional, producida por los escapes libres de los

autos y motos, los bocinazos y la música a alto volumen. El problema actual es que la mayoría del ruido excesivo que se escucha en las calles es intencional.

La organización mundial de la salud (OMS) afirma que el 76% de la población que vive en los grandes centros urbanos, sufre de un impacto acústico muy superior al recomendable, y esto se refleja en su calidad de vida.

## 2. Área en la que se enmarca esta investigación

La contaminación acústica en nuestro país, y específicamente en el área metropolitana, es un fenómeno que va de la mano con el crecimiento de la ciudad. Un estudio realizado en Santiago en 1989 estimó que 1.300.000 personas estaban sometidas a niveles de ruido inaceptables por las normas internacionales. El aumento de ruido en la ciudad se ha visto favorecida por el aumento de la industria y comercio, por la migración de individuos a la ciudad; por características urbanísticas (menos aéreas verdes, calles más estrechas) y de vivienda (calidad de aislación), por el aumento del transporte público y privado y la elección de soluciones que no permiten reducir los niveles de ruido. Esta problemática se ve inserta en la provincia de Tucumán.

La Provincia de Tucumán se encuentra en la región NOA de la República Argentina, punto estratégico geográfico de conexión del norte con el centro del país. Su economía está muy ligada a la producción industrial. La población según los datos del Censo 2010 es casi de 1.500.000 habitantes, siendo un 77% población urbana. Estudios realizados en varias escuelas de la provincia demuestran que esta problemática se ve inserta también en estos espacios afectando de esta manera el proceso Enseñanza-Aprendizaje, y lo que es más alarmante es que los alumnos y profesores que atienden a dichos establecimientos día a día no son conscientes de la misma.

El presente trabajo se enmarca en dos Municipios de la provincia de Tucumán “considerada en términos de contaminación sonora una ciudad ruidosa con niveles alarmantes” (La Gaceta, 2007):

Yerba Buena: situado al oeste de la ciudad capital de la provincia, en el departamento homónimo. Forma parte del Gran San Miguel de Tucumán que concentra aproximadamente el 57% de la población provincial. Cuenta con 50.783 habitantes, dentro de las más altas de la provincia. Posee 20 establecimientos educativos de los cuales 4 son públicos aproximadamente.

Concepción: ciudad cabecera del Departamento de Chicligasta, al sur de la provincia, a orillas del río Gastona, sobre la RN 38. Cuenta con 52.073 habitantes (Censo Nacional, 2010)5. Posee 7 establecimientos Educativos, de los cuales 5 son públicos.



**Figura 1.** Mapa de la Provincia de Tucumán con indicación de áreas de trabajo.

## 3. Estado Actual del problema

El ruido interfiere en el proceso enseñanza-aprendizaje que se da en el aula. Observaciones realizadas por los actores de los distintos niveles de la educación permiten aseverar que las aulas tradicionales son ruidosas y que el ruido interfiere con el

desenvolvimiento académico de los alumnos y docentes en general. La determinación del grado de interferencia está siendo investigado en países de alto desarrollo junto con los altos niveles sonoros existentes en los distintos sectores de los establecimientos educacionales en general y en las aulas en particular, las características acústicas arquitectónicas y constructivas inapropiadas y los bajos rendimientos académicos.

Un importante factor por considerar en el estudio del proceso enseñanza-aprendizaje basado en la comunicación oral es el campo sonoro. Elevados valores de nivel de ruido de fondo o tiempo de reverberación en un aula interfieren la comunicación oral generando así una barrera acústica al proceso de aprendizaje. La norma IRAM 4070 recomienda valores límites del espectro del ruido de fondo para un recinto según la actividad que en él se desarrolle. Para el caso de escuelas este valor está definido en 35 dBA (Figura 2).

Uso del local colindante	Tipo de Recinto	Índices de ruido		
		$L_{K,a}$	$L_{K,s}$	$L_{K,n}$
Residencial	Zonas de estancias	40	40	30
	Dormitorios	35	35	25
Administrativo y de oficinas	Despachos profesionales	35	35	35
	Oficinas	40	40	40
Sanitario	Zonas de estancia	40	40	30
	Dormitorios	35	35	25
Educativo o cultural	Aulas	35	35	35
	Salas de lectura	30	30	30

**Figura 2.** Ruido de Fondo Admisible

En nuestro país, por lo general, las aulas y pequeños auditorios destinados a dicho proceso han sido construidos sin considerar criterios acústicos.

En este trabajo, se presentan los resultados de la evaluación objetiva del espectro del ruido de fondo medido en aulas de las Escuelas José Ignacio Thames de Yerba Buena, y la Escuela Agrotécnica Ing. Ludovico Tusek en Concepción Tucumán, Argentina, siguiendo los criterios de la norma mencionada.

## 4. Antecedentes sobre el tema

### 4.1 Antecedentes sobre el tema en otros países

En un estudio realizado en las escuelas próximas a un aeropuerto en las que unas estaban insonorizadas y otras no (Moch, 1979) se ha observado que ha habido menos niños en las escuelas no insonorizadas capaces de dar muestras de un excelente control, es decir, con gran capacidad de concentración a la hora de realizar la tarea, y con mayor calidad en sus resultados. Se ha demostrado pues una perturbación de la atención en esos niños expuestos durante un año al ruido de los aviones. La observación sistemática de su comportamiento mientras realizaban el test, ha evidenciado indicios de relajamiento en el trabajo, suspiros, bostezos, pausas, olvido de líneas, mirada perdida. No intentaban paliar las dificultades halladas durante el test; en cambio presentaban una agitación psicomotora mucho más importante que la de los niños de la escuela insonorizada, que se manifestaba removiéndose en sus asientos, accionando con manos y pies, levantándose bruscamente.

En Japón, un experimento llevado a cabo con 1.144 escolares procedentes de barrios tranquilos y ruidosos ha permitido observar momentos de inatención crónica mucho más frecuentes en los niños expuestos al deterioro ambiental sonoro, baja tolerancia a la frustración en niños expuestos al ruido; por consiguiente, una mayor agresividad en ellos,

circunstancia que se ha evidenciado también en los adultos tras la puesta en servicio de una carretera de gran circulación (VALLET, 1975).

En los Estados Unidos, una investigación similar en algunas escuelas (sin insonorizar) ubicadas cerca del aeropuerto de Los Angeles (Cohen 1981) permitió detectar en los 275 alumnos de dichas escuelas, un mayor grado de distracción que en otros alumnos procedentes de zonas más tranquilas. Esta falta de atención estaba en relación directa con el tiempo durante el cual los niños habían sido expuestos al ruido de aviones. Con el paso del tiempo acusaban una falta de atención cada vez mayor.

Respecto a los efectos auditivos producidos por la exposición al ruido, este tiene importantes efectos sobre las facultades de atención de los niños, es por ello que cabe comprender que un entorno sonoro excesivo puede perjudicar el desarrollo normal de dicha facultad frenando el desarrollo armonioso del niño, creando atrasos escolares haciendo que se vuelva más revoltoso y desatento a todo lo que le rodea.

El aprendizaje de la lectura está mediatizado por las capacidades de discriminación de los sonidos de la lengua: (DEUTCH, 1964) los niños que provienen de ambientes ruidosos, ya no distinguen entre señales acústicas pertinentes y no pertinentes del lenguaje, convirtiéndose en seres que dejan de atender a todo tipo de señales acústicas. Sería ésta su forma de adaptarse al ruido, de inhibirse del ambiente que los rodea. Esto coincide con los estudios hechos en parvularios (BUSTARET, 1983; CELESTE, 1982). Esto mismo fue probado por en 1977, respecto a alumnos cuyas escuelas estaban expuestas al tráfico rodado, concluyendo que los de las aulas tranquilas obtienen mejores resultados en las pruebas de lectura y presentan con menor frecuencia deficiencias auditivas que los que ocupan aulas ruidosas. Oreen, Pasternack y Shore (1982) han llevado a cabo un estudio similar en 162 escuelas de Nueva York, descubriendo atrasos del orden de un año.

*Estas observaciones confirman las hipótesis de este trabajo: los niños expuestos al ruido no saben discriminar los signos pertinentes del lenguaje, presentan trastornos de discriminación auditiva, lo cual acarrea consecuentemente una degradación en el aprendizaje de la lectura.*

#### **4.2 Antecedentes sobre el tema en Argentina**

El problema del ruido en San Miguel de Tucumán es conocido, ha sido tratado y denunciado numerosas veces en publicaciones en los diarios de tirada provincial más importantes. “El ruido ocupa un lugar en el espacio sonoro de la ciudad. Basta permanecer un rato en las horas pico en la calle Santiago del Estero, entre Laprida y 25 de Mayo, o en Crisóstomo Álvarez, entre Chacabuco y Entre Ríos, para comprobar la polución sonora, que padecemos como si fuera natural” (La Gaceta, 2015). Existen en la actualidad normativas vigentes en la provincia, pero no son aplicadas como deberían o ni siquiera son de público conocimiento.

En escuelas la problemática es severa, “chicos desatentos pierden rápidamente el interés y se dispersan. Docentes agotados, con gargantas que al fin del día parecen haberse deslizado sobre un áspero campo de batalla”. El culpable de este escenario tan ingrato no es otro que el ruido, un reconocido factor de stress que irrita, aumenta la inseguridad y disminuye la concentración y, en el ámbito del aula, impacta negativamente sobre el aprendizaje y el rendimiento escolar. Un estudio de la Mutualidad Argentina de Hipoacúsicos (MAH) realizado sobre ruido de fondo de aulas en escuelas primarias de Capital Federal y Gran Buenos Aires determinó que sus niveles son notablemente superiores a los recomendados internacionalmente. “Por esta razón –explica el ingeniero Horacio Cristiani, director de la

MAH-. Es que podemos considerar a estos alumnos en situación de riesgo educacional por fallas en el canal de comunicación que establecen con el docente. Esto impacta tanto en el aprendizaje como en la salud. Para que la información verbal llegue a los alumnos en forma clara y completa la voz del docente debe superar al menos en 10 dB (decibeles, unidad logarítmica en que se mide el sonido) la relación entre la señal (voz del maestro o maestra) y el ruido. “El problema –señala Cristiani– es que el ruido de fondo es de alrededor de 70 dB, 20 dB más que el recomendado. Entonces el docente, para ser escuchado, tiene que elevar la voz (casi a 80 dB), algo difícil de sostener mucho tiempo porque produce una gran fatiga vocal.” La licenciada Mabel L. de Boffi, fonoaudióloga y coordinadora de Investigación y Docencia de la MAH señala que la fatiga, sin embargo, no es sólo para los docentes. En las aulas, los alumnos se exponen todo el tiempo a un ruido de fondo y a una voz que no demanda simplemente adaptación de su sistema auditivo (la adaptación es fisiológica y da tiempo a la recuperación del oído luego de los estímulos). En aulas ruidosas, la estimulación que recibe el oído es intensa y continua, por eso la recuperación de ese noble sentido que nos conecta con el mundo circundante es más lenta y produce un desgaste neuronal. Es decir, fatiga.

Los escasos antecedentes de evaluaciones en establecimientos educativos argentinos encontraron valores de ruido de fondo, de tiempo de reverberación y de relaciones señal-ruido que resultan inadecuadas para el desarrollo de actividades educativas (Ercoli et al, 1998). La observación informal y subjetiva del comportamiento acústico de aulas en nuestro medio sugirió la posibilidad de que se estuviera ante una situación similar a la detectada en otros países en los que se encontraron deficiencias importantes (Delgado et al, 1994; Seep et al, 2000). En este trabajo se presentan los primeros resultados del relevamiento de aulas que se realizó a fin de elaborar un diagnóstico actualizado de la situación de los establecimientos educativos de la zona.

Teniendo en cuenta que el entorno sonoro es importante en la cantidad de información percibida por los usuarios, y que si esta información contiene errores lleva a un detrimento en la cognición y por ende en el aprendizaje, se puede conectar el problema del ruido con el aprendizaje en los estudiantes. Los efectos estudiados en los alumnos (niños en etapa pre escolar y escolar) son los considerados a continuación:

Deterioro auditivo: Efectos en los umbrales auditivos de los niños. Esto los lleva a escuchar físicamente menos los sonidos. Es provocado principalmente por juguetes y equipamiento que existe en el entorno de los niños.

El umbral mínimo donde comienza el deterioro auditivo comienza por debajo de los 70 dB(A) -Efectos sobre el sueño: Niños bajo condiciones de experimento muestran variaciones (medidos por medio de un Electroencefalograma) durante el periodo REM del sueño cuando son expuestos a ruidos de 95 dB por sobre el umbral de deterioro auditivo. - Efectos somáticos relacionados con el estrés: Se han comprobado que el ruido de tráfico (dentro y fuera de una sala de clases) produce aumentos en la presión sanguínea (sistólica y diastólica). -Efectos cognitivos:

Lectura: Cerca de 20 estudios dan como resultado la correlación entre la exposición al ruido en los niños con efectos negativos en la adquisición de habilidades para la lectura.

Memoria: Resultados de estudios muestran que existen efectos en la retención de la memoria a corto y largo plazo de información (de tipo visual para el caso del experimento) cuando los niños son expuestos, durante 15 minutos en una sala de clases, a simulaciones de ruido de aviones a 66 y 55 dB(A).

Atención: Estudios concluyen que niños expuestos a niveles agudos de ruido les producen efectos negativos en la codificación visual de objetos, en el tiempo que pueden pasar concentrados en alguna tarea, en ejercicios de discriminación auditiva y otros.

Motivación: Resultados de estudios de laboratorio y de campo han descubierto que los niños expuestos a niveles de ruido crónico se vuelven menos motivados cuando son puestos en situaciones que son persistentes o contingentes. También se ha descubierto que la exposición al ruido aumenta los niveles de frustración cuando se realiza una tarea. Mecanismos y procesos subyacentes: Varias publicaciones sugieren que el ruido puede interferir de forma importante con la percepción, habla y en la adquisición del lenguaje. Lo que puede representar algunos efectos nocivos en la lectura y en otros procesos de mayor complejidad como la memoria a largo plazo para el entendimiento de la semántica. Para niños sin daños auditivos congénitos los niveles de ruido del tráfico de carretera fueron contundentemente correlacionados con la capacidad de discriminar el habla. También se han correlacionado los niveles de ruido con la capacidad de los niños en desarrollar una capacidad cognitiva que les permite “apagar” el ruido ambiente. Aunque este sistema de apagar ruido no solo podría funcionar para disminuir la percepción de sonidos molestos sino también disminuir la capacidad de escuchar los que son material informativo importante.

## 5.Marco Teórico- Metodológico

### 5.1 Medición del ruido

En primera instancia se procede a realizar la medición de los niveles sonoros presentes en las escuelas en estudio en base a puntos estratégicos determinados que coinciden con las áreas de mayor recurrencia de los alumnos, algunas ubicadas frente a avenidas, otras alejadas de las calles.

La propiedad del ruido que se mide más frecuentemente es su nivel sonoro. La unidad utilizada es el decibel, abreviado dB. Existen varias clases diferentes de decibeles. El dBA tiene en cuenta que el oído humano es menos sensible a los tonos muy graves y a los muy agudos siendo la más difundida. El instrumento de medición se denomina indistintamente sonómetro, decibelímetro, o medidor de nivel sonoro (Figura 3).

Normalmente los sonidos más débiles que se pueden escuchar oscilan entre los 0 dBA y los 10 dBA, dependiendo del estado de la audición del individuo. Una conversación normal tiene unos 60 dBA. Un colectivo en aceleración, entre 80 dBA y 90 dBA. Un martillo neumático, alrededor de 105 dBA y un avión despegando más de 120 dBA.



Figura 3. Sonómetro y sus Partes.

### 5.2 Parámetros Psicofísicos

Para el análisis de los niveles sonoros obtenidos de las mediciones en las escuelas en estudio se evalúan los parámetros Psicofísicos medibles con instrumento (sonómetro).



Factores que inciden son la distancia entre el alumno y el docente, el ruido de fondo en el aula, que puede provenir de fuentes externas (calle, patios) e internas generadas en el aula por los mismos alumnos y la reverberación, producida por los rebotes de la onda sonora que hace que el alumno no sólo reciba el mensaje hablado en forma directa, sino innumerables copias, fruto de la reflexión sobre paredes y objetos del recinto.

Los Ruidos podemos caracterizarlos en primera instancia como ruidos Interiores y ruidos Exteriores, y dentro de estos últimos son los ruidos de tránsito a los que se les prestara principal atención a la hora de determinar las fuentes de ruidos que llegan a las aulas en estudio.

El ruido del tránsito está determinado por una serie de factores:

- a) el ruido de los vehículos individuales;
- b) el flujo vehicular;
- c) La composición del tránsito;
- d) el tipo de perfil

El ruido de los vehículos individuales depende del tipo y tamaño. Para velocidades de 80 km./h o más es el ruido predominante. El flujo del tránsito (o intensidad del tránsito), es decir, la cantidad de vehículos por hora tiene una incidencia directa en el ruido. Para flujos no saturados (es decir, donde los vehículos pueden circular en forma más o menos independiente entre sí) se cumple que por cada aumento al doble del flujo hay un incremento de 3 dB en el nivel 1. Cuando se alcanza la saturación, las dificultades de maniobrabilidad hacen que la velocidad media disminuya, lo cual produce un incremento menor del nivel de ruido. Los diferentes vehículos pueden clasificarse en pesados y livianos. Los vehículos pesados son aquéllos en los que al menos un eje tiene cuatro ruedas. El perfil de la vía puede ser de tres tipos: abierto, en L y en U. El perfil abierto se tiene cuando no hay superficies reflectantes cercanas. El perfil en L, cuando sólo hay un plano de fachadas (por ejemplo, en una calle con edificación en uno de sus lados y una plaza en el otro). El perfil en U corresponde a dos planos de fachadas y es el típico de las calles urbanas. El perfil en L puede aumentar en hasta 3 dB el nivel cercano a la fachada. El perfil en U puede aumentar más produciendo un efecto reverberante (Figura 4).

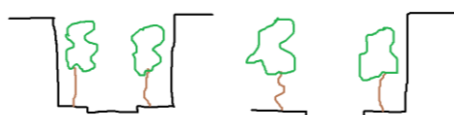


Figura 4. Perfil de la Calle en U – Perfil de la Calle en L

En este trabajo se analizaron en cada escuela 12 Puntos de medición con una planilla modelo. (Figura 5).

### 2 Entrada secundaria de la escuela

		FAMILIA DE MEDICIÓN											
		SOCIAL		INDICADOR		TRANSPORTE VEHICULAR				ACTIVIDADES		TRANSPORTE PEDESTRIAL	
Valor	Punto	Valor	Unidad	Ubicación	Origen	Ubicación	Transporte Público	Actividad	Carri	Actividad	Actividad	Tipo	Actividad
2	14.20	80,1	dB	Patio exterior	Exterior	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
		59,2											
		71,8											
		83,8											

**Escuela**

El segundo punto se realizó también en el exterior de la escuela, sobre calle San Lorenzo.

Los valores de las medidas variaron entre los 59.2 dB y los 71.8 dB. Se puede observar que las medidas fueron notablemente inferiores a las realizadas en el punto 1, esto se debe a que no hay tanto tráfico sobre esta calle como si lo hay sobre la Av.

Calle San Lorenzo

La medición de mayor nivel acústico en cuanto a dB fue de 83.8

**Causa:** Aislada, debido a que fue el ruido de una sola moto que paso en el momento.

La medición de 83.8 se encuentra dentro de la zona de molestia.



**Figura 5.** Ejemplo de análisis psicofísico. Punto de medición exterior n°2, Escuela Thames.

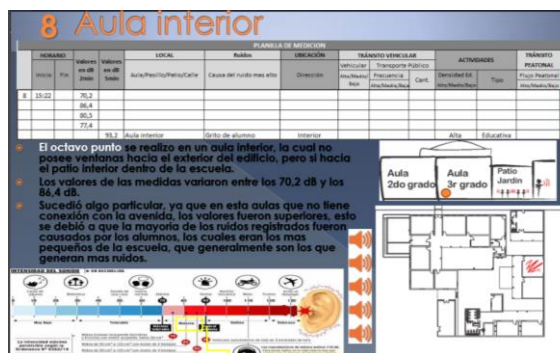
En cuanto a los ruidos interiores generalmente existen tres tipos de ruidos existentes:

Ruido de impactos: producido por arrastres de sillas, pisadas, etc.

Ruido aéreo: ocasionado por las conversaciones entre los individuos.

Vibraciones: ruido en forma de vibraciones que se propagarán por los elementos estructurales del edificio.

En este trabajo se analizaron en cada escuela 12 Puntos de medición con una planilla modelo. (Figura 6).



**Figura 6.** Tabla 1: Ruido de Fondo Admisible

El ruido de fondo es aquel procedente de todas las fuentes, tanto exterior como interior, que no se pueden identificar con claridad. Este se da de manera continua y es de suma importancia porque cuando es muy elevado enmascara los sonidos que realmente queremos escuchar. En un aula el ruido de fondo aceptable es de 35 dB, esto quiere decir que, para ser escuchados, nuestra voz debe elevarse por lo menos a 65 dB, 30 a 40 dB por encima del valor aceptable. De manera que si el ruido de fondo es de 65 dB (por lo tanto, supera el ruido de fondo admisible) una persona en este caso un maestro debe elevar su voz a 100 dB para ser escuchado.

En cuanto a las propiedades acústicas de las aulas estos factores psicofísicos son analizados en función de determinadas propiedades acústicas de las aulas en donde se desarrolla el proceso de enseñanza aprendizaje. Las propiedades acústicas de las aulas tienen una gran incidencia en el nivel de ruido al cual se encuentran sometidos alumnos y docentes, En primer lugar, tenemos el aislamiento acústico, es decir la capacidad de las paredes, aberturas y tabiques para impedir la trascendencia de los sonidos exteriores hacia el interior del aula o viceversa. El aislamiento depende fundamentalmente del espesor de las paredes y del cuidado de un perfecto ajuste de las aberturas. En efecto, los intersticios debajo de una puerta o en el perímetro de una ventana pueden echar por tierra el aislamiento de una gruesa pared de mampostería. Es notable la falta de criterio en este sentido que se observa en muchas escuelas de reciente construcción, en las cuales en aras de abaratar el costo del proyecto se utilizan tabiques excesivamente delgados o aberturas económicas de muy pobre aislación acústica.

En segundo lugar, se encuentra la reverberación, es decir la persistencia del sonido dentro de un ambiente interior aun después de interrumpida la fuente. Se produce a causa de las sucesivas reflexiones o ecos del sonido, ya que en cada reflexión se pierde una cantidad muy pequeña de energía sonora. El efecto de la reverberación es doble. Por empezar, produce un refuerzo del nivel sonoro, lo cual hasta cierto punto es conveniente, ya que produce una especie de amplificación natural del sonido que facilita al docente dirigirse con emisiones

moderadas de voz a una audiencia numerosa (imagínese lo que sucedería al aire libre). Sin embargo, una persistencia del sonido durante un tiempo prolongado, es decir un elevado tiempo de reverberación, trae aparejada una disminución de la inteligibilidad de la palabra. En efecto, la inteligibilidad depende muy fundamentalmente de la correcta transmisión de las consonantes, que son más cortas y más débiles que las vocales. Una reverberación excesiva prolonga las vocales superponiéndolas a las consonantes que les suceden, y por consiguiente las enmascara. El resultado es un murmullo difícil de entender. La excesiva reverberación se puede corregir mediante el uso de apropiados materiales absorbentes.

Un tercer defecto acústico son las resonancias. Debido a las reflexiones en superficies opuestas, existen ciertos tonos para los cuales la reverberación se vuelve muy notable, lo cual produce un efecto des concentrador. Esto se suele producir en las aulas pequeñas o con techo bajo, y muy particularmente con las voces masculinas, ya que el efecto es más notable con los tonos graves.

### Estimación del tiempo de reverberación

Se han desarrollado diversas herramientas matemáticas para estimar el tiempo de reverberación que tendría una sala concreta. Una de las más utilizadas y más simples es la fórmula de Sabine. El físico Wallace Clement Sabine la desarrolló para calcular el tiempo de reverberación de un recinto en el que el material absorbente está distribuido de forma uniforme. La fórmula relaciona este tiempo con el volumen de la sala (V), la superficie del recinto (A) y la absorción del sonido total(a):

$$TR = \frac{0,161V}{Aa + Vx}$$

**Figura 7.** Formula Sabine

### El tiempo ideal de reverberación

El volumen de una sala determina directamente (junto a otros factores como los materiales de la misma) el tiempo de reverberación. El tiempo óptimo es una función del volumen, y generalmente se prefieren tiempos óptimos mayores cuando las salas son más grandes, y viceversa.

De manera empírica se consideran tiempos óptimos aproximados, para la banda de frecuencia de 500 Hz, en relación con el uso de una sala, los siguientes:

Destino	Niveles de ruido aceptables NC [dBA]	Tiempo de reverberación [s]
Aulas	35 - 45	Según volumen Base < 0,65 para 500 Hz
Bibliotecas	35 - 45	
Áreas de laboratorios	40 - 50	
Talleres	40 - 55	

**Figura 8.** Tabla 2. Tiempo de Reverberación

Sin embargo, la importancia radica no solo en determinar cuáles son las fuentes y niveles de ruido que se presentan en estos locales, sino también evaluar en función de parámetros psico acústicos como estos impactan en el espacio arquitectónico, y a su vez como este espacio genera consecuencias en el individuo no solo desde el confort acústico que

implica la inadecuación del diseño del entorno en función de las actividades que en él se realizan, sino también en los efectos que este tiene sobre el individuo que hace uso del mismo.

### 5.3. Psicoacústica y dimensión psicológica en la percepción de un sonido

La percepción del medio no consiste en una función modular donde cada modalidad sensorial actúa de manera independiente y, consecuentemente, la satisfacción con el ambiente sonoro no está estrictamente correlacionada a reducir niveles de ruido. Al evaluar la situación acústica del espacio urbano es necesario adoptar un enfoque más amplio que permita identificar, además de las propiedades físicas, las propiedades perceptuales y afectivas que contribuyen para la experiencia en el ambiente sonoro.

Estudios recientes (Jennings and Cain, 2012) confirman que hay muchos más componentes que influyen en la percepción humana de un ambiente sonoro como deseable, es decir que determinar decibeles admisibles y no admisibles no es suficiente. Por el contrario, para poder abordar el problema de la falta de adecuación acústica de los espacios públicos en relación con el ruido, es necesario, hacerlo desde un enfoque interdisciplinario considerando que estos niveles, como se vio anteriormente, varían según la fuente del ruido, la naturaleza del receptor y la actividad que este desarrolla, y del tiempo de exposición al ruido. De esta manera los parámetros que definen si un determinado sonido es ruido (sonido valorado como molesto) o señal (sonidos cuya percepción es aceptada o deseada) son tanto psicofísicos (medibles) y hacen a las características de los sonidos, como también psicoacústicos, que dependen de la interpretación humana y del proceso del cerebro (transformación de la señal física en señal nerviosa) y son entre otros: sonoridad, altura, timbre. Por ello *la clave de este trabajo está en evaluar los espacios públicos teniendo en cuenta la “relación entre los parámetros físicos del sonido y nuestra percepción subjetiva de ellos”*.

### Percepción y Cognición

La percepción ayuda a los individuos a seleccionar, organizar, almacenar e interpretar los estímulos de un entorno para finalmente realizar una interpretación coherente del mundo. Diferencias en la captación de los estímulos llevan por ende a que los individuos conciban una realidad distinta entre unos y otros, aunque el estímulo sea el mismo. También cada individuo le asigna un significado a lo que percibe. La cognición es la confirmación de que el conjunto de una señal enviada ha sido recibida interpretada y/o representada por el receptor. Se podría decir entonces, que la percepción y la cognición son los procesos adquiridos por el hombre para generar una representación del mundo en que vive que nos llega en forma de información sensorial, ésta es capturada por los sentidos.

Estudios realizados por Luis Barbier en informática educativa, indican los porcentajes de obtención de conocimientos al estimular los diferentes sentidos: Gusto 1.0% Tacto 1.5% Olfato 3,5% Oído 11% Vista 83%, es decir, las personas obtienen un 94% de los conocimientos de los medios audiovisuales. El mismo estudio indica que *la retención de conocimientos en el individuo* después de cierto tiempo se comporta de la siguiente manera: De lo que lee 10 % De lo que escucha 20 % De lo que ve 30% De lo que ve y escucha 50 % De lo que escucha y analiza 70 % De lo que ven y realizan 90 %, por lo tanto *la importancia de tener una buena recepción de la información transmitida y que es captada por los sentidos, es de óptima importancia para el continuo aprendizaje de los individuos y del desarrollo de sus procesos mentales*. Es por esto que errores en la captación del mensaje o de

los estímulos, pueden ser de gran impacto en procesos mentales básicos: sensación, atención, concentración y la memoria. Y en complejos: pensamiento, lenguaje e inteligencia.

### En el proceso enseñanza aprendizaje

La percepción lleva a la comunicación. En toda comunicación, simple o compleja se realiza una secuencia semejante a esta. (Figura 9).



**Figura 9.** Esquema general de la teoría de la Comunicación.

Este esquema explica que el mensaje originado por una fuente o comunicador es codificado, puesto en una forma transmisible (un pensamiento). El mensaje codificado pasa a través de un transmisor (aire, onda, papel, luz, etc.) a un receptor (los sentidos de una persona, ojos, oídos, nervios táctiles) donde el mensaje es descodificado (convertido por el sistema nervioso en símbolos mentales) a su destino final (cerebro del receptor).

*Para que la comunicación sea eficaz se necesita la actividad del receptor; que reacciona contestando, preguntando o actuando mental o físicamente. Hay una respuesta del receptor al comunicador que completa el ciclo, es la retroalimentación (feedback).*

Hay otro elemento adicional que debe incluirse en este esquema de comunicación: el ruido, ya que toda perturbación que interfiere o causa distorsión en la transmisión del mensaje puede producir un impacto muy serio en la comunicación al grado de determinar su fracaso.

### Barreras de la comunicación

El que desea comunicar una información debe tener muy en cuenta todos los elementos que pueden impedir que dicha comunicación sea interpretada como el emisor lo desea. Hay barreras de muchos tipos:

**Físicas.** Los ruidos exteriores e interiores ya mencionados, la carencia de un diseño acústico en las aulas, un aislamiento acústico deficiente, entre otros.

**Fisiológicas.** La sordera u otros defectos físicos, la mala expresión de sonidos.

**Semánticas.** Cuando el mensaje se puede interpretar de muy diversas formas. Si yo digo: «Vino a la mesa», se puede interpretar: «él llegó a la mesa» o también «lleva vino a la mesa».

**Psicológicas.** Los estados de ánimo de emisor y receptor, la vergüenza, el miedo, los prejuicios, el valorar demasiado a la propia persona.

**Culturales.** La distinta formación y cultura.

La voz del educador desempeña un papel primordial en el fracaso o el éxito del curso, el profesor no solo debe conocer el tema que trata sino también saber transmitirlo. No debe expresarse demasiado deprisa pues el mensaje es captado con mayor dificultad. Conviene hallar el ritmo adecuado a las palabras que se pronuncian, y variar el tono según el contenido requiera estimular o lograr una actitud más reflexiva del auditorio, la nitidez con que son pronunciadas las palabras, tiene gran importancia en su inteligibilidad y la intensidad de la

voz. Ahora bien, *la forma en que llega la voz, depende de diversos factores, tales como las dimensiones de la sala, las características de los materiales de construcción, los cuales pueden amortiguar o amplificar la voz.* La resonancia y calidad acústica de un aula (forma en que un sonido es o no retransmitido o absorbido por las superficies) depende de los revestimientos empleados. Pero la comprensión de la palabra en una sala, está en función del ruido de fondo en que ésta impera. ¿Qué ocurre con las palabras del educador cuando el nivel sonoro alcanza o rebasa, el de su voz? Esto ocurre a menudo, sobre todo cuando se presentan picos de intensidad provocados por el ruido de un avión, por el paso del tren o de un camión. ¿Qué se oye en un aula? La mayoría de las veces los niveles sonoros excesivos se deben a ruidos de tráfico, pero no hay que subestimar los problemas del deterioro ambiental sonoro, fruto de un aislamiento defectuoso de las aulas entre sí, o de una distribución deficiente de las actividades de los alumnos en el espacio como por ejemplo la ubicación del patio cubierto de recreo alrededor de la cual se hayan situadas las aulas, puede ser utilizada para entrenamiento deportivo; donde se celebran partidos de fútbol y otras actividades sumamente ruidosas, molestas para aquellos que trabajan: situación que se presento en ambos establecimientos.

Todos los tests de identificación del habla han demostrado que ésta aumenta con la edad, habiéndose comprobado que los resultados de los niños menores de 10 años eran muy inferiores a los adultos en lo referente a la identificación del habla enmascarada por niveles sonoros. Aquellos que interfieren poco o nada en la percepción del habla en el adulto pueden interferir de manera significativa en los niños (MILLS, 1975). Cuando la comunicación verbal resulta más difícil de comprender por contener palabras desconocidas o poco corrientes, el nivel sonoro del ruido de fondo no debería superar los 45-50 dB. Cabe pensar que la situación en la que se encuentran los niños de corta edad con escaso dominio del lenguaje escrito y hablado y cuya capacidad de retención está aún en vías de desarrollo, es preocupante. Así pues, los ruidos exteriores representan un gran deterioro ambiental en los locales escolares, quedando la inteligibilidad de la voz del profesor reducida considerablemente. Los educadores se ven obligados a elevar el tono de voz para hacerse oír a menudo sin éxito, pues el incremento de la intensidad sonora mejora la inteligibilidad del habla hasta un determinado punto, para luego disminuir. La intensidad óptima es del orden de 60 dB Y no debe rebasar la de las conversaciones normales. Una voz forzada y tensa no será mejor comprendida; cuanto más se grita más irreconocibles son las sílabas pronunciadas y son más las alteraciones sufridas por las palabras. Si bien los resultados de todos los alumnos en los tests de inteligibilidad del habla son peores en presencia de ruidos, los más desfavorables provienen de niños que ya presentan alguna desventaja (trastornos léxicos, mal oído, retraso escolar, de esto se desprende, que el ruido ligado a otros factores negativos no hace sino dificultar las condiciones de adaptación de los más desfavorecidos en el sistema escolar.

En esta investigación se detectaron en escuelas primarias situadas en las proximidades de carreteras de gran circulación como lo son la Avenida Aconquija en Yerba Buena, y la ruta 365 en Concepcion, niveles sonoros entre 55 y 85 dB alcanzando el ruido exterior de manera estacionaria 70 dB con picos de 85 a 95 dB (en las escuelas más expuesta). Se realizaron encuestas en donde el 70% de los alumnos no era consciente de los altos niveles de ruido a los que se encontraban expuestos día a día ni de las repercusiones en el estudio.

Dicho todo esto es que para determinar entonces la calidad acústica de un espacio se tendrán en cuenta también la dimensión psicológica, de manera de llegar a una conclusión integradora.

## **Parámetros Psicoacústicos**

La Psicoacústica estudia la percepción subjetiva de las cualidades (características) del sonido: intensidad, tono y timbre. Estas están, a su vez, determinadas por los propios parámetros del sonido, principalmente, frecuencia y amplitud. También estudia la relación entre la sensación percibida por un sonido determinado o la forma en la que se escucha.

Los parámetros psicoacústicos más relevantes son:

**Sonoridad:** Percepción subjetiva de la intensidad (amplitud).

**Altura:** está ligada a la percepción del tono (en concreto, con la frecuencia fundamental de la señal sonora). Se entiende por altura de un sonido su calidad de agudo («alto») o grave («bajo»). El que un sonido sea agudo o grave depende de su frecuencia cuanto más alta sea la frecuencia de la onda sonora, mayor será la altura del sonido (más agudo será).

**Timbre:** Es la capacidad que nos permite diferenciar los sonidos. El timbre está caracterizado por la forma de la onda, es decir, por su componente armónico. Un Do emitido por una flauta es distinto al Do que emite una trompeta aunque estén tocando la misma nota, porque tienen distintos armónicos.

Los tres se influyen mutuamente. Modificando un parámetro, cambian los otros y la percepción del sonido cambia. Por ejemplo, si se modifica la intensidad de un sonido (su sonoridad) esto afecta a la percepción de la altura y del timbre, etc. Algunos ejemplos para comprender que es la psicoacústica es escuchar un disco en dos monitores que están frente a nosotros y luego escucharlo con un par de auriculares, es claro que la percepción de las distancias no es la misma, en el caso de los auriculares la voz la tenemos en el centro de la cabeza, incluso podríamos decir adentro. Los volúmenes también forman parte de la psicoacústica, dado que a niveles de sonido más altos nuestra percepción puede hacer que al comparar una canción o un instrumento a altos volúmenes nos haga pensar que suenan mejor, cuando quizá no es así.

La manera de evaluar esta dimensión psicológica es a través de encuestas en donde el objetivo es determinar si tanto alumnos como profesores son conscientes de los altos niveles de ruido a los que se encuentran expuestos, cuáles son las principales fuentes de ruido y cuáles sus efectos en la salud y en el desenvolvimiento de la clase.

## 6. Resultados Obtenidos

Mediciones: Resultados de Análisis de Parámetros Psicofísicos. (Figura 10).

Localidad	Escuela	Fuente	Espacio	Nivel Sonoro dB	Ruido de Fondo Admisible	Comparación con Admisible
Yerba Buena	Thames	Externa	Calle 1 Avenida	88.9	70	Supera
Yerba Buena	Thames	Externa	Calle 1 Calle Angosta	88.9	70	Supera
Yerba Buena	Thames	Externa	Calle 1 Av.i Perfil U	88.9	70	Supera
Yerba Buena	Thames	Externa	Calle 1 Calle Perfil U	88.9	70	Supera
Yerba Buena	Thames	Interna	Jardin de Infantes	100.7	35	Supera
Yerba Buena	Thames	Interna	Aula 1do Grado	96.9	35	Supera
Yerba Buena	Thames	Interna	Aula 2do Grado	91	35	Supera
Yerba Buena	Thames	Interna	Aula 3to Grado	98.9	35	Supera
Yerba Buena	Thames	Interna	Aula 4to Grado	93.2	35	Supera
Yerba Buena	Thames	Interna	Aula 5to Grado	99.1	35	Supera
Yerba Buena	Thames	Interna	Aula 6to Grado	88.3	35	Supera
Yerba Buena	Thames	Interna	Patio Cubierto	99.3	35	Supera
Yerba Buena	Thames	Interna	Patio Cubierto	95.3	35	Supera
Concepcion	Agrotecnica	Externa	Ruta 365	72.6	70	Supera
Concepcion	Agrotecnica	Externa	Acceso	75.8	70	Supera
Concepcion	Agrotecnica	Externa	Calle Interna	69.5	70	No Supera
Concepcion	Agrotecnica	Interna	Cancha	63.2	35	Supera
Concepcion	Agrotecnica	Interna	Patio Cubierto	80.5	35	Supera
Concepcion	Agrotecnica	Interna	Estacionamiento	75.4	35	Supera
Concepcion	Agrotecnica	Interna	Pasillo	80.2	35	Supera

Concepcion	Agrotecnica	Interna	Taller	80	35	Supera
Concepcion	Agrotecnica	Interna	Aula 4to Grado	79,2	35	Supera
Concepcion	Agrotecnica	Interna	Aula 5to Grado	74,5	35	Supera
Concepcion	Agrotecnica	Interna	Aula 6to Grado	75,4	35	Supera
Concepcion	Agrotecnica	Interna	Aula 7mo Grado A	83,1	35	Supera
Concepcion	Agrotecnica	Interna	Aula 7mo Grado B	80,4	35	Supera

**Figura 10.** Tabla 3. Mediciones Nivel Sonoro en Escuelas

Es de principal atención la falta de diseño arquitectónico presente en ambos establecimientos en donde el Patio cubierto de recreo se encuentra en total contacto con las aulas de estudio. Esto desfavorece en gran medida a los espacios educativos ya que las funciones se ven afectadas totalmente. Los patios cubiertos polifuncionales (en hora de recreo funcionan como lugar de esparcimiento y relax, en horas de gimnasia como cancha de futbol, en horas clase de música como anfiteatro al aire libre), no poseen ningún tipo de pantalla acústica que evite que el ruido se propague hacia las aulas. Las aulas no poseen ninguna pared con tratamiento acústico ni mucho menos el mobiliario empleado -que al ser de metal provoca ruidos cada vez que alguien mueve su banco, silla, etc-. Según la opinión de los docentes, en las clases de educación física desarrolladas en los patios de recreo y que son muy ruidosas se interfiere con las actividades de las aulas vecinas que requieren bajos niveles sonoros. En cuanto a las dimensiones, existe una notable uniformidad: 7x7m<sup>2</sup>, con alturas de 3,30 m. Los volúmenes se encuentran en su mayoría entre 120 m<sup>3</sup> y 210 m<sup>3</sup> y las superficies entre 45 m<sup>2</sup> y 53 m<sup>2</sup>. Las paredes y cielorrasos están revocados y los pisos son mayoritariamente de mosaicos. Las aberturas varían notablemente según la época de la edificación en cuanto a tamaño y materiales. En general no hay cortinas y si las hay son de telas muy livianas. El mobiliario también es muy uniforme: pupitres con estructura de caño y superficies de apoyo con recubrimiento plástico para aproximadamente 30 alumnos por curso. Ninguno de los establecimientos cuenta con acondicionamiento térmico central ni con sistemas de ventilación forzada. En algunas aulas hay instalados ventiladores que en general son muy ruidosos. La modalidad de trabajo más habitual utiliza la disposición típica de los alumnos orientados hacia un pizarrón y el docente enfrentado a la clase; el trabajo en grupos pequeños se vio tanto en los primeros grados de la primaria como en los últimos de la secundaria. La población que asiste a las escuelas de la región incluye a niños, adolescentes y adultos ya que la mayoría de ellas comparte el edificio con otras instituciones en distintos turnos.

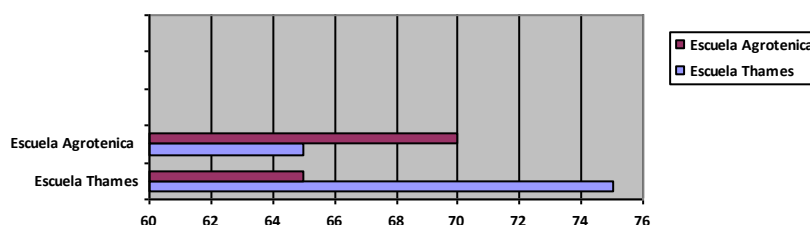
Los períodos de recreo a menudo escalonados según las clases de medianos, pequeños y mayores, en las escuelas analizadas provoca un ruido excesivo. Una sala de recreo donde los niños se expansionan corrientemente dando gritos alcanza picos de 90 y 100 dB, sobre todo porque los materiales utilizados en la construcción son muy reverberantes, dándose la circunstancia de que desgraciadamente así ocurre a menudo. Además de los ruidos exteriores, se superponen los sonidos procedentes de las actividades de los niños y la voz del educador. El ruido ambiental máximo en un aula ocupada no debería rebasar los 55 dB. Un nivel superior haría inaudible buena parte del mensaje pedagógico. Cuando las ventanas están abiertas, el ruido ambiental se ve incrementado alcanzando a veces 75 dB. ¿Cómo puede el educador ser oído por sus alumnos? Su voz queda enmascarada por el ruido de fondo entendiéndose por enmascaramiento al fenómeno que se produce cuando se emiten dos sonidos de frecuencias diferentes; uno de ellos queda tapado por el otro y nuestro oído no consigue distinguirlo. Es preciso así que la voz del educador supere en 10 dB el ruido de fondo para que las palabras puedan ser oídas por los niños.



### Ruido de fondo

Las escuelas estudiadas tienen una ubicación urbana y aunque presentan disparidades en cuanto al lugar de emplazamiento, antigüedad del edificio y estado de conservación; deben destacarse que ambas presentan valores por encima del admisible, y que en todos los casos el nivel de ruido de fondo supera los 59 dB, por lo tanto tanto alumnos como profesores de ambos establecimientos elevan su voz diariamente a un valor de 80 dB en el mejor de los casos, ya que el ruido de fondo promedio como es de 70 dB. (Figura 11).

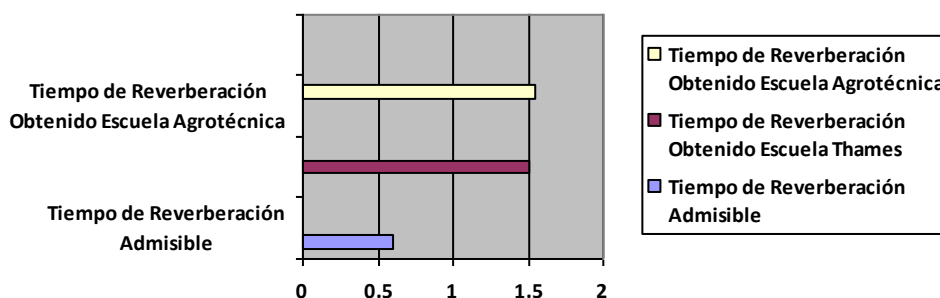
Los niveles de ruido de fondo obtenidos se encuentran dentro de un rango que va de 60 dB a 100 dB, lo que muestra que en cualquier caso se excede largamente el valor de 35 dB recomendado por los estándares del apartado “Ruido de fondo admisible”. Cabe destacar que el mínimo de 59 dB se registró para un aula interna alejada de cualquier calle, que ventila a un gran patio y en la que edificación vecina funciona el kiosco actuando como barrera acústica. Comparando el ruido de fondo de las aulas de un mismo establecimiento puede notarse que es mayor en las aulas que dan al exterior, existiendo diferencias que llegan a los 20 dB, situación que es percibida por los docentes que la mencionan como una de las principales molestias por ruido. Estas diferencias confirman que la fuente principal para el ruido de fondo es el tránsito. Como respuesta, los docentes elevan la voz, con el consiguiente perjuicio para su salud.



**Figura 11.** Grafico Promedio Ruido de Fondo Obtenidos en Escuelas

### Tiempo de reverberación

En la figura 1 se ha graficado el TR60 en función del volumen de las aulas. Los valores de TR60 medidos van de 1,5 s a 1.55 s siendo muy superiores al de 0,6 s recomendado para aulas de nivel primario. Puede notarse que en el 100 % de los casos se supera el valor de 0,6 s duplicándolo. (Figura 12).



**Figura 12.** Comparación de Tiempo de Reverberación Admisible y Obtenido.

Luego se realizaron medidas correctivas a fin de aproximar el TR60 obtenido al TR60 admisible por medio del agregado de materiales fonoabsorbentes. (Figura 13-14)

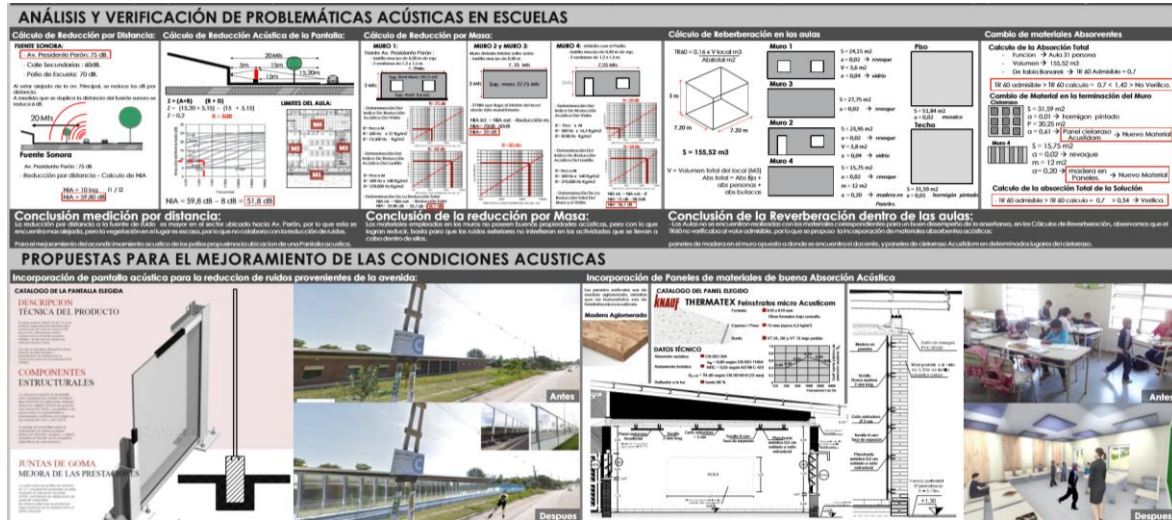


Figura 13. Análisis y Verificación de TR60 en Escuela Thames y Propuesta de Mejoramiento acústico.

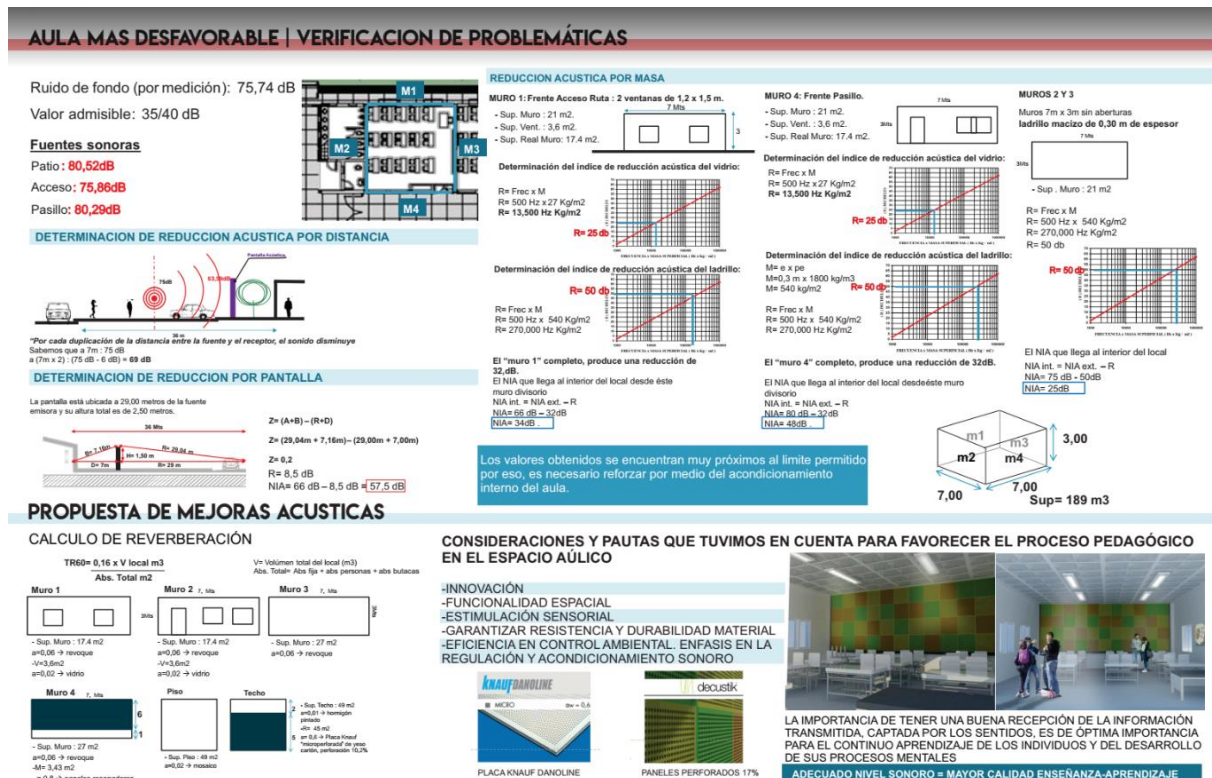


Figura 14. Análisis y Verificación de TR60 en Escuela Agrotécnica y Propuesta de Mejoramiento acústico.

## Ruido durante las clases

Para cada aula estudiada se tomaron mediciones durante la actividad académica evitando afectar el desarrollo de las clases. Se registraron así situaciones diversas tales como alumnos trabajando en grupos, clases de lectura en los primeros grados, clases de idiomas extranjeros e interacción entre docentes y alumnos. Los valores máximos y mínimos registrados fueron de 99 dB y 59 dB respectivamente.

Los niveles sonoros más elevados se registraron en aulas ubicadas más cerca de las avenidas, o de patios cubiertos particularmente considerada por los docentes del establecimiento como “muy ruidosa”. (Figura 15).

Escuela	Aula	Actividad	Nivel Sonoro dB
Agrotécnica	Aula 7to Grado A	Estudio	83.1
Agrotécnica	Aula 7to Grado B	Estudio	80.5
Agrotécnica	Patio Cubierto	Recreo- Gym	80.4
Jose Ignacio Thames	Aula Jardín	Jardín	100,7
Jose Ignacio Thames	Aula 3er Grado	Estudio	98,9
Jose Ignacio Thames	Patio Cubierto	Recreo- Gym	99,3

**Figura 15.** Tabla 4. Datos de las aulas con los niveles sonoros más elevados durante la actividad académica.

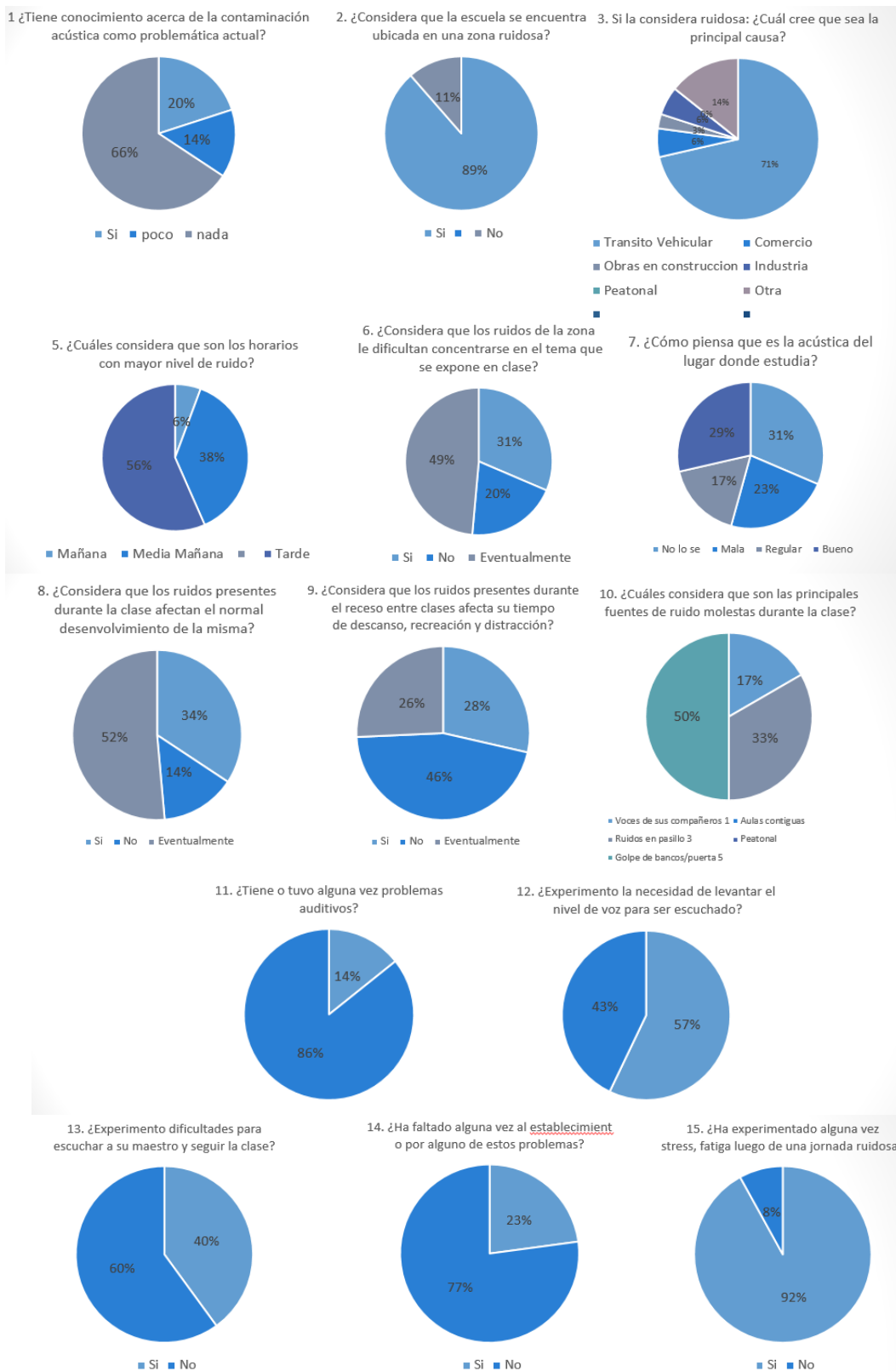
El valor de 99 dB registrado en un aula de la escuela José Ignacio Thames que no solo se encuentra ubicada frente a una Avenida principal de la ciudad de Yerba Buena, sino que además la función de la misma es la de aula de Jardín de infantes, en donde los niños más pequeños levantan la voz constantemente y su comportamiento es más alborotado que en un aula de chicos más grande. Justamente puede compararse ambas aulas se encuentran sobre la avenida, pero presentan una diferencia de 15 dB. (Figura 16).



**Figura 16.** Aula de 6to grado y Jardín de Infantes sobre Avenida Aconquija. Yerba Buena

## Análisis de Parámetros Psico acústicos, Dimensión Psicológica

### Resultados de encuestas



## 7. Observaciones y conclusiones

Se han encontrado grandes deficiencias en cuanto al ruido de fondo y al tiempo de reverberación en el conjunto de aulas estudiadas, las que pueden considerarse representativas de lo que ocurre en la región por la gran variedad de situaciones que cubren en cuanto a antigüedad, ubicación, estado de conservación, etc. Esta situación es similar a lo informado por investigadores y organismos encargados de la gestión educativa en otros países a pesar de que cuentan con grados de desarrollo más elevado; en ellos, una vez detectado el problema, se implementaron diversas acciones tendientes a la remediación. Una de las primeras medidas que pueden tomarse es la concientización de todos los actores intervinientes: profesionales responsables del proyecto, funcionarios encargados de fijar pautas y estándares, autoridades escolares, etc. Esto permitirá destacar la importancia que tiene el funcionamiento acústico del edificio sobre la acción educativa y eliminar prejuicios sobre el mayor costo que puede implicar un proyecto que incorpore acciones tendientes a obtener condiciones sonoras adecuadas. La elaboración de guías actualizadas que incluyan definición de parámetros a controlar, recomendaciones de diseño y estándares específicos a cumplir, sería una importante herramienta de difusión y optimización de los proyectos. Los elevados niveles de ruido de fondo y de tiempo de reverberación encontrados permiten suponer una baja relación señal-ruido lo que se traduce en un menor rendimiento académico de los alumnos y en problemas de salud, y por consiguiente de ausentismo, de los docentes. Los alumnos más perjudicados serán aquellos que además tengan algún déficit de atención o auditivo y los menos estimulados intelectualmente; éstos, en general, serán los niños pertenecientes a familias con mayores carencias y que por lo tanto deben ser especialmente protegidos por las autoridades a fin de proporcionarles en todo lo posible las mejores condiciones para el desarrollo de todo su potencial. Las características arquitectónicas de las aulas estudiadas presentan relativamente poca diversidad por lo que sería factible la definición de medidas típicas para el mejoramiento de las condiciones acústicas. En la continuidad de este trabajo se pretende avanzar en ese sentido implementando soluciones tales como la incorporación de materiales absorbentes, evaluando la consecuente variación de los parámetros acústicos y estudiando la factibilidad técnico económica de las modificaciones a proponer, con la convicción de que el estado de conocimiento sobre el tema y la disponibilidad de materiales existentes no justifica el mantenimiento de las malas condiciones acústicas que se verifican en la actualidad.

### Referencias

- BRUSCIANELLI, Calogero. 1995. Acústica, Psicoacústica y Electroacústica.
- SOLIMAN, S.; SRINATH, M. 1999. Señales y sistemas continuos y discretos. Prentice Hall.
- STREMBLER, F. 1998. Introducción a los sistemas de comunicación. Addison – Esley
- WILLSKY, A. Oppenheim A. 1997. Señales y sistemas. Pearson educación.
- MIYARA, Federico. Introducción a la psicoacústica. Reporte técnico.