

---

**Environmental Acoustics & Community Noise: FIA2016-73****Time representative window for the measurement of urban noise in La Plata city****Ariel Velis<sup>(a)</sup>, Federico Iasi<sup>(a)</sup>, Nilda Vechiatti<sup>(a)</sup>, Alejandro Armas<sup>(a)</sup>, Carlos Posse<sup>(a)</sup>, Daniel Tomeo<sup>(a)</sup>**

<sup>(a)</sup>Laboratorio de Acústica y Luminotecnia de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, Camino Centenario y 506, Manuel B. Gonnet (1897), e-mail: ciclal@gba.gov.ar

**Abstract**

This work attempts to know a temporal window, throughout a typical day in the city, which is representative of daily urban noise parameters (such as the  $L_{day}$ ), within a known and acceptable deviation. To do this, a continuous on field sampling of the urban noise throughout 12 daytime hours and without interruption are carried out. Then is stored the data in a digital form. This procedure is repeated in several locations in the city of La Plata, picking them so that, between them, have different characteristics of urban activity. That can cover, in some way, the different conditions of noise that can be found in the city. Later a laboratory processing is performed, analyzing the behavior of different acoustic parameters for various intervals of measurement and with different durations of time, and performed at different times of the day. Also, the results are compared with those obtained in previous years at the same locations.

**Keywords:** environmental noise, stabilization time, measurement,  $L_{day}$

---

# Ventana temporal representativa para la medición del ruido urbano en la ciudad de La Plata

## 1 Introducción

La caracterización del ruido urbano de una ciudad o de parte de ella, requiere entre otras cosas, la determinación de diferentes parámetros acústicos. Estos pueden subdividirse en dos grupos:

- a) Los parámetros basados en una integración energética lineal de la presión sonora durante un cierto tiempo “T”, normalmente denominados “Leq,T”; donde el tiempo de integración T, podrá variar desde algunos segundos o minutos (mediciones de “corto plazo”) hasta meses o años (“largo plazo”).
- b) Los parámetros basados en una integración energética **exponencial** de la presión sonora, durante periodos tiempo fijos (1 s para “slow”, 0,125 s para “fast”, etc.). Para un tiempo T mayor que el utilizado para la integración exponencial, se puede obtener un conjunto de valores de estos parámetros, con los cuales realizar un análisis estadístico y obtener, por ejemplo, el nivel máximo alcanzado en ese periodo de tiempo T, el mínimo, parámetros estadísticos, etc.

Un parámetro de largo plazo que suele utilizarse para la caracterización del ruido urbano, o para la realización de mapas de ruido, es el  $L_{day}$ .

La obtención del  $L_{day}$  requiere muchas mediciones ininterrumpidas de los niveles equivalentes durante periodos “diurnos”. Cada uno de ellos podría abarcar, por ejemplo, desde las 8:00h hasta las 20:00h y se lo llamará con el nombre de “nivel de 12 horas” o “ $L_{Aeq,12h}$ ”, que es el objeto de análisis en este trabajo.

El  $L_{Aeq,12h}$  variará su valor de un día a otro, lo cual dependerá de la actividad registrada. Así surge que para obtener el  $L_{day}$ , se debería considerar el  $L_{Aeq,12h}$  de cada uno de los 365 días del año [1]. Para llevar a cabo dicha tarea, es necesario contar con una estación de monitoreo por cada punto a medir, la cual estará dedicada a dicho trabajo durante al menos un año [3] [7]. Por lo tanto, para la realización de un mapeo con gran cantidad de puntos, se requerirá una gran cantidad de estaciones, lo cual implica contar con importantes recursos económicos.

La propuesta de este trabajo es encontrar alguna forma de reducir los tiempos de medición para poder hallar el  $L_{Aeq,12h}$  mediante mediciones de corto tiempo, reduciendo costos económicos y de recursos humanos. Si esto se lograra, se dispondría de un método sencillo y viable para municipios con modestos recursos, con resultados dentro de un margen de error aceptable.

Se excluye de este trabajo, el análisis de variabilidad del  $L_{Aeq,12h}$  de un día respecto a otro. Asimismo, se limita al estudio del comportamiento de ruido dentro del casco urbano de la ciudad de La Plata (lo cual se supone que será aplicable entonces para situaciones similares).

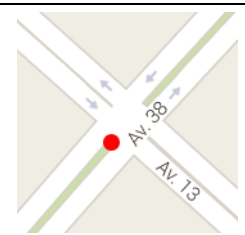
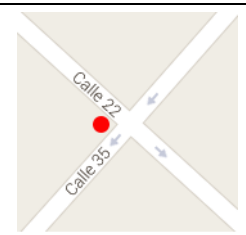



El trabajo busca entonces responder a los siguientes interrogantes:

- ¿Es el nivel sonoro continuo equivalente lo suficientemente variable en las 12 horas del día como para tener en cuenta “horarios pico”, horarios “silenciosos” y con lo cual tener que distinguir a priori esos periodos?
- ¿Cuál es la banda de tolerancia en decibeles para la estimación del nivel equivalente de las 12h?
- ¿Existe algún tiempo de integración que permita asegurar que el nivel equivalente se establece dentro de la banda de tolerancia?, ¿Es suficiente integrar durante los 15 minutos típicos que están tan difundidos en este campo?
- ¿Alcanza con medir una sola vez al día, o es necesario repetir la medición en el mismo día y en otro horario?, en ese caso, ¿son indistintos los horarios?

## 2 Metodología de medición en campo

Se tomaron puntos con distintas características de ruido y flujo vehicular, basándose en mediciones realizadas anteriormente [2]. Se escogieron puntos con elevados, moderados y bajos niveles de flujo vehicular para cubrir las diferentes posibilidades de nivel de ruido urbano existentes en la ciudad. En la Tabla 1 pueden observarse las características de los puntos.

Tabla 1. Caracterización de los puntos de medición bajo análisis.

Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5
Av. 13 y Av. 38	Calle 22 y 35	Calle 22 y 41	Av. 25 y Calle 47	Calle 10 y Av. 32
				
2200 vehículos/h	290 vehículos/h	1450 vehículos/h	560 vehículos/h	1400 vehículos/h
Cruce avenidas doble mano, con semáforos de dos tiempos. Tránsito fluido mayormente de baja velocidad	Cruce de calles sector residencial. Relativamente baja velocidad, tránsito escaso, flujo aleatorio	Cruce de calles y Avenida, con semáforos en 3 tiempos. Escuela. Velocidad media. Flujo vehicular constante.	Cruce de Avenida y calle, sector residencial. Reductores de velocidad y cuneta. Escaso flujo vehicular. Baja velocidad.	Circulación una mano (circunvalación). Relativamente alta velocidad. Tránsito fluctuante. Semáforo cercano

## 2.1 Instrumental utilizado

Medidor de Nivel Sonoro (MNS) Larson & Davis, modelo 712, Grabador Digital Tascam DR07MKII con 8GB de memoria, Estación meteorológica portátil, marca Sinometer, modelo WS1081, Computadora personal con software de procesamiento matemático.

## 2.2 Procedimiento

La señal proveniente de la salida de línea del medidor de nivel sonoro fue grabada en forma continua (sin interrupciones) en el grabador digital. Se grabó el audio en formato sin pérdidas WAV monoaural con una frecuencia de muestreo de 44,1 kHz y resolución de 24 bits. Con esta configuración se pudieron realizar mediciones “en paralelo” con el MNS para verificar y comparar con los valores que surgieran posteriormente del procesamiento digital de la señal grabada. Conjuntamente con el instrumental mencionado, se utilizó la estación meteorológica portátil con el fin de monitorear y grabar las condiciones atmosféricas durante la medición. Así mismo, se realizó un conteo de vehículos durante las mediciones para estimar el flujo de tráfico en cada punto.

## 3 Procesamiento en laboratorio

Los registros digitales fueron descargados a una computadora para ser procesados mediante un software matemático. Para obtener los niveles que serían utilizados posteriormente para el cálculo de los parámetros estadísticos  $L_{AN}$ , las muestras se pasaron primeramente por un filtro de ponderación en frecuencia “A” y luego por una integración exponencial (compensación temporal FAST) para obtener  $L_{AF}$ . Para facilitar el cálculo de los parámetros estadísticos  $L_{AN}$  se realizó un decimado o sub-muestreo. Para el cálculo de los  $L_{Aeq}$ , se realizó primeramente la compensación en frecuencia A y posteriormente se integraron linealmente los valores cada 100 ms, aplicando los cálculos para convertirlos en niveles sonoros equivalentes. Con esos  $L_{Aeq,100ms}$  se calcularon posteriormente los  $L_{AeqT}$  finales. El procedimiento descrito, puede esquematizarse en la Figura 1.

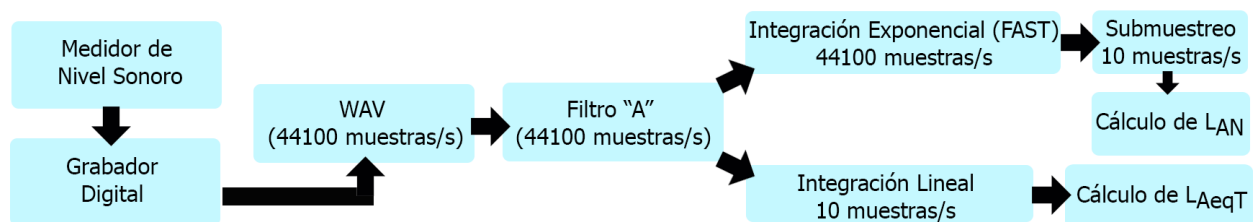


Figura 1. Diagrama en bloques que esquematiza el método de captura de datos, medición y procesamiento utilizado para este trabajo.

## 4 Análisis y definición de parámetros de medición

### 4.1 Tiempo de Integración de la medición

El tiempo de integración de la medición, es el tiempo que se deberá establecer como adecuado para realizar la integración del nivel sonoro en el punto bajo estudio. En base a este se intentarán obtener resultados aproximados al  $L_{Aeq,12h}$  real. Se pretende entonces que la duración del mismo sea sensiblemente menor que 12 horas.

Si bien en este trabajo se realizaron los cálculos de los niveles equivalentes y estadísticos con tiempos de integración de 1, 5, 15, 30 y 60 minutos, se propone realizar un análisis inicial para un tiempo de 15 minutos, por los siguientes motivos:

- a) Es un tiempo muy difundido y utilizado en esta temática [3] [4] [5].
- b) Es un tiempo adecuado a los fines prácticos de medición en la vía pública con medidor de nivel sonoro. No es demasiado corto como para verse muy afectado por eventos particulares, ni demasiado largo como para dificultar su implementación.

### 4.2 Banda de Tolerancia

Se denomina en este trabajo como “banda de tolerancia”, a la banda en decibeles dentro de la cual es aceptable la diferencia entre el  $L_{eq}$  obtenido en el tiempo de integración escogido y el  $L_{eq}$  integrado a lo largo de todo el periodo de 12 horas ( $L_{Aeq,12h}$ ).

### 4.3 Tiempo de estabilización del $L_{eq}$

Se denomina en este trabajo “tiempo de estabilización del  $L_{eq}$ ” al tiempo mínimo que es necesario integrar (en forma continua) el nivel sonoro, para alcanzar un valor que permanecerá, hasta el fin del horario de medición, dentro de la banda de tolerancia determinada.

El tiempo de estabilización depende fundamentalmente de tres factores: naturaleza del ruido en el punto de medición, banda de tolerancia que quiera determinarse y momento de inicio de la integración continua.

Para realizar un análisis del tiempo de estabilización del  $L_{eq}$ , se tuvieron en cuenta los 5 puntos de medición que presentan diferentes propiedades, como lo describe la Tabla 1.

En cada punto se calculó el tiempo de estabilización para 4 bandas de tolerancia posibles, y para diferentes tiempos de inicio de medición, separados de a 1 minuto. Dicho de otra manera, se simuló primeramente comenzar una integración a las 8:00h de la mañana, hasta que el nivel  $L_{eq}$  obtenido llegó y se mantuvo hasta el final del día en un valor dentro de una banda de tolerancia especificada. Posteriormente se repitió el proceso con inicio de medición 8:01hs y así sucesivamente. De este modo, para cada inicio se grafica el tiempo de estabilización, obteniéndose 4 curvas para cada uno de los 5 puntos estudiados. Se muestra, a modo de ejemplo, solamente el análisis obtenido para el “Punto 1” en la Figura 2.

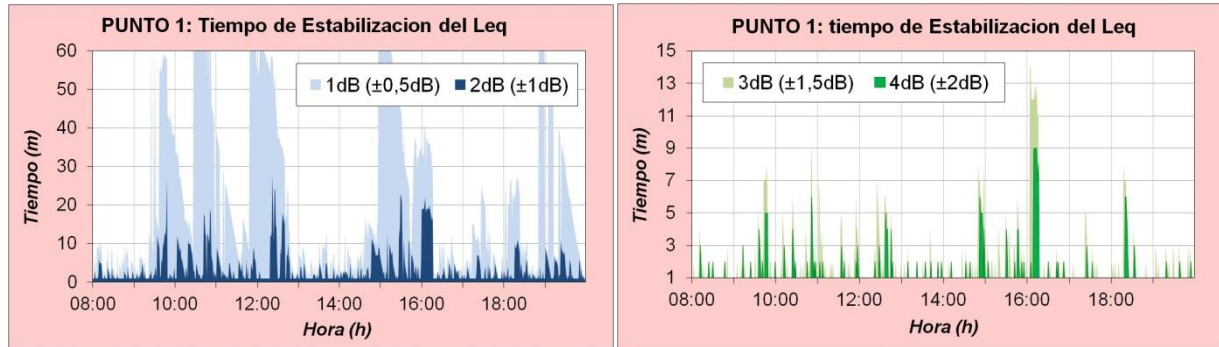


Figura 2. Tiempos de estabilización para las distintas bandas de tolerancia para el Punto 1

Puede observarse claramente la dependencia del tiempo de estabilización con la banda de tolerancia propuesta y con el momento de inicio de la medición. Como era de esperar, para bandas de tolerancia menor, los tiempos de estabilización aumentan notablemente. En este punto, se verifica que para una banda de tolerancia de  $\pm 1,5$  dB el 100% de las mediciones tienen tiempos de estabilización menores a los 15 minutos. Este porcentaje no se verifica en los otros 4 puntos analizados (Figura 4).

#### 4.4 Comportamiento de los niveles equivalentes a largo del día.

Fijando como banda de tolerancia  $\pm 1,5$  dB y una “ventana de medición” de 15 minutos de integración, cabe preguntarse cuál será el comportamiento del nivel equivalente obtenido en diferentes momentos del periodo diurno. Para ello se simularon todas las posibles integraciones del nivel sonoro en 15 minutos continuos, aplicando un desplazamiento del inicio de medición de un minuto para cada integración. Se puede obtener así un gráfico con 706 valores, en cuyo eje “Y” se presentan los valores de  $L_{Aeq,15min}$ , y en el “X” el horario de inicio de dicha medición. Esto se muestra en la Figura 3, donde se han graficado los 5 puntos analizados. Puede observarse como en determinadas muestras, el  $L_{Aeq}$  medido cae fuera de la banda de tolerancia.

#### 4.5 Análisis estadístico del $L_{Aeq,15min}$ a lo largo del día

Para determinar la probabilidad de que el valor del nivel sonoro equivalente resultante de una sola medición de 15 minutos en cualquier momento del día, esté dentro de la banda de tolerancia de  $\pm 1,5$  dB, se obtuvieron los histogramas de los 5 puntos analizados. La figura 4 muestra los mismos, donde se grafica la cantidad de ocurrencias a lo largo del día que se produce un nivel sonoro, con una resolución de 0,1dB, después de integrar durante 15 minutos una sola medición continua. La barra en gris oscuro, muestra el valor  $L_{Aeq,12h}$  real medido, y la banda presentada en gris claro, la tolerancia de  $\pm 1,5$  dB.

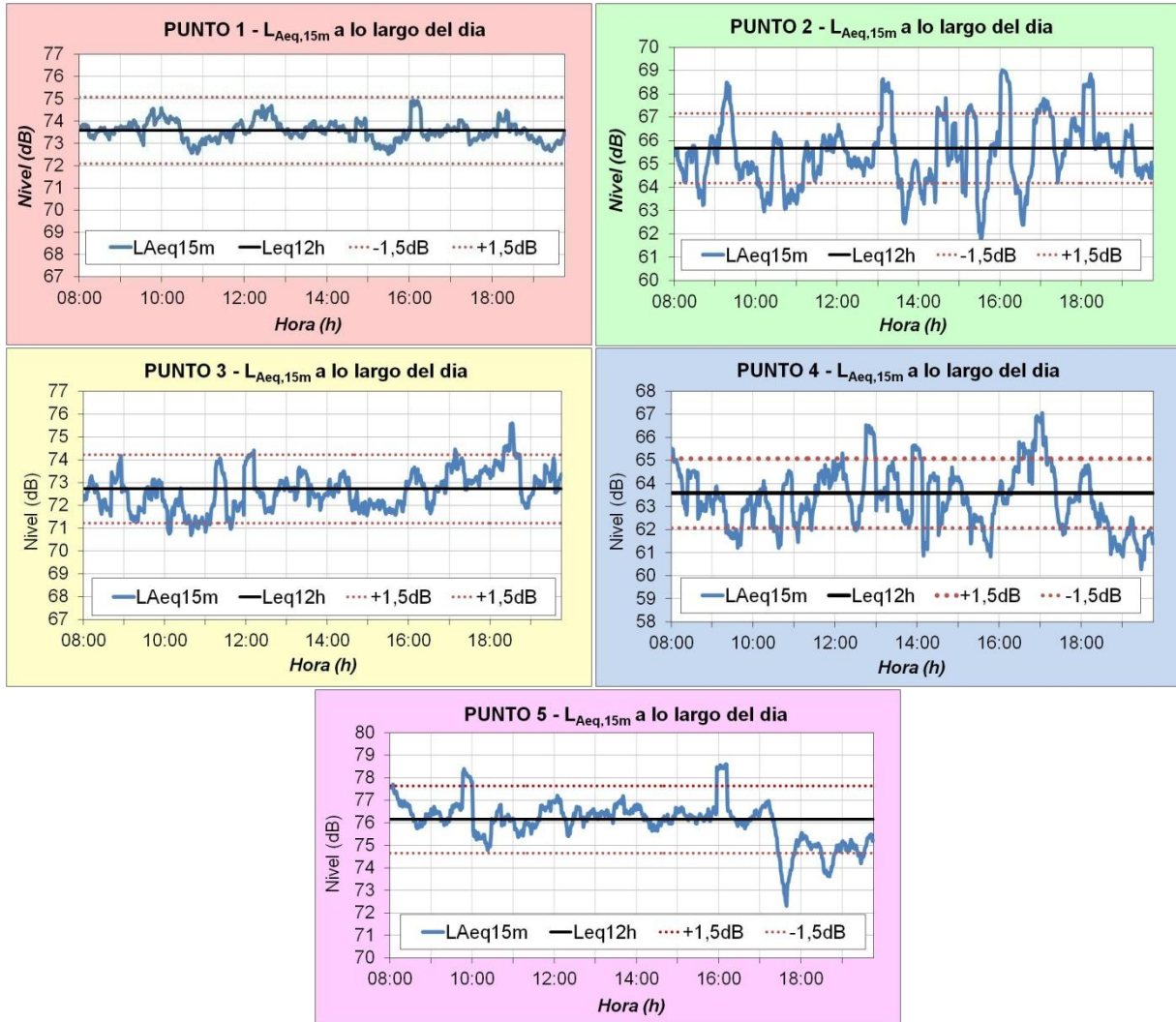


Figura 3.  $L_{Aeq,15min}$  a lo largo del día en los cinco puntos estudiados

Como puede observarse, en el punto 1, el 100% de las mediciones posibles a lo largo del periodo diurno arrojan un nivel sonoro que cae dentro de la banda de tolerancia. Sin embargo en los otros puntos los porcentajes son menores. En los puntos 2 y 4 (poco tránsito) está en el orden del 70%, mientras que en los puntos 3 y 5 (mayor tránsito) está en el orden del 90%.

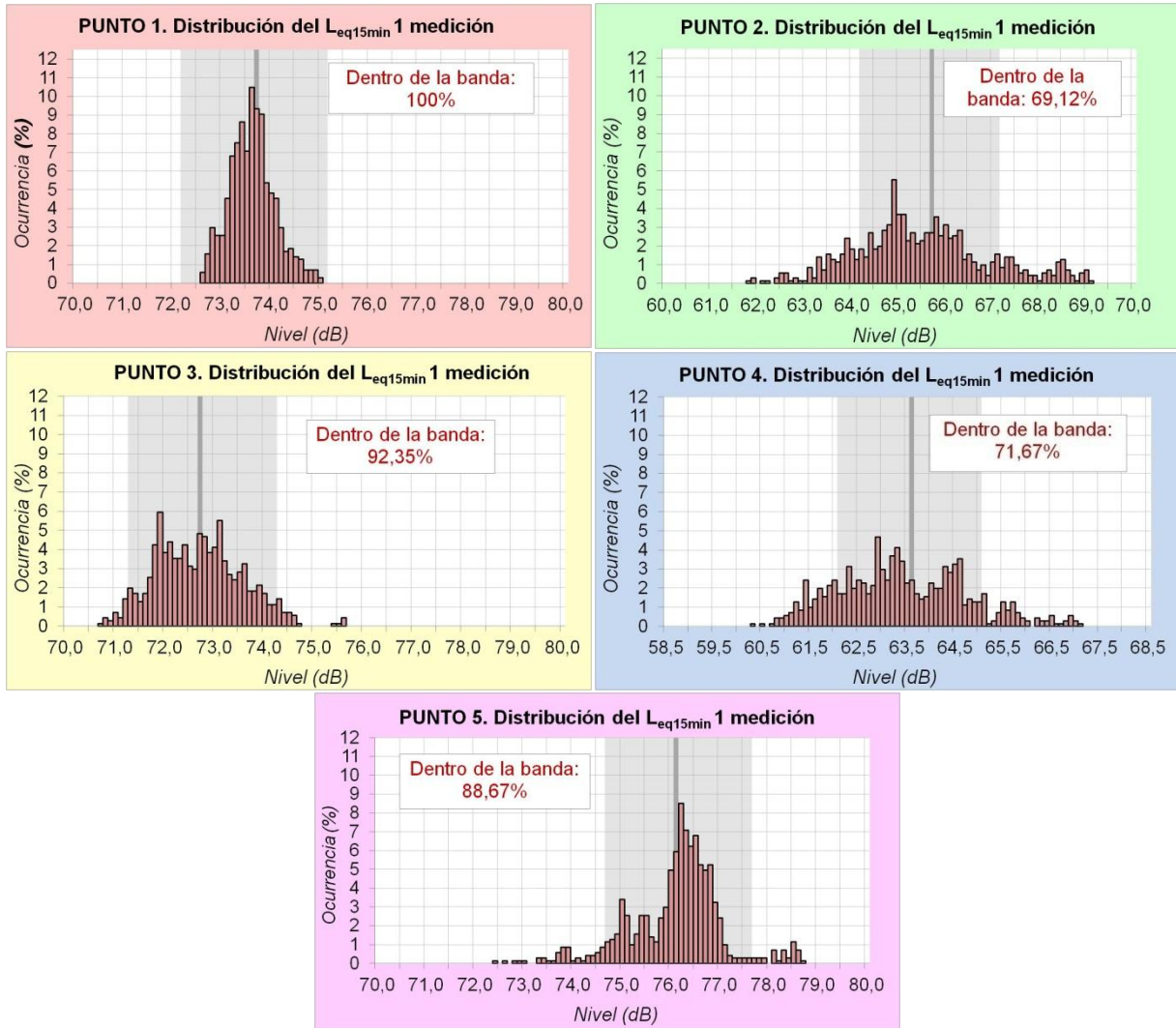


Figura 4. Histogramas de ocurrencia del  $L_{Aeq,15min}$  para los cinco puntos de medición.

Con la intención de mejorar el porcentaje de “acierto” y manteniendo la metodología de medir 15 continuos con pocos recursos, se analizó la situación hipotética de medir dos veces en el mismo día, en dos intervalos temporales independientes de 15 minutos cada uno, y luego promediar ambos para obtener un valor único de cada par posible. Dicho de otra manera, se obtuvieron todas las combinaciones posibles de “pares” de intervalos de 15 minutos en el periodo diurno, y se calculó un nuevo universo de muestras de niveles sonoros posibles obtenidos. Se obtuvieron así 239000 muestras por punto, y se realizaron con ellas los nuevos histogramas, que se muestran en la figura 5. En ellos se puede apreciar cómo se incrementan los porcentajes de acierto, los cuales están todos por encima del 80%.

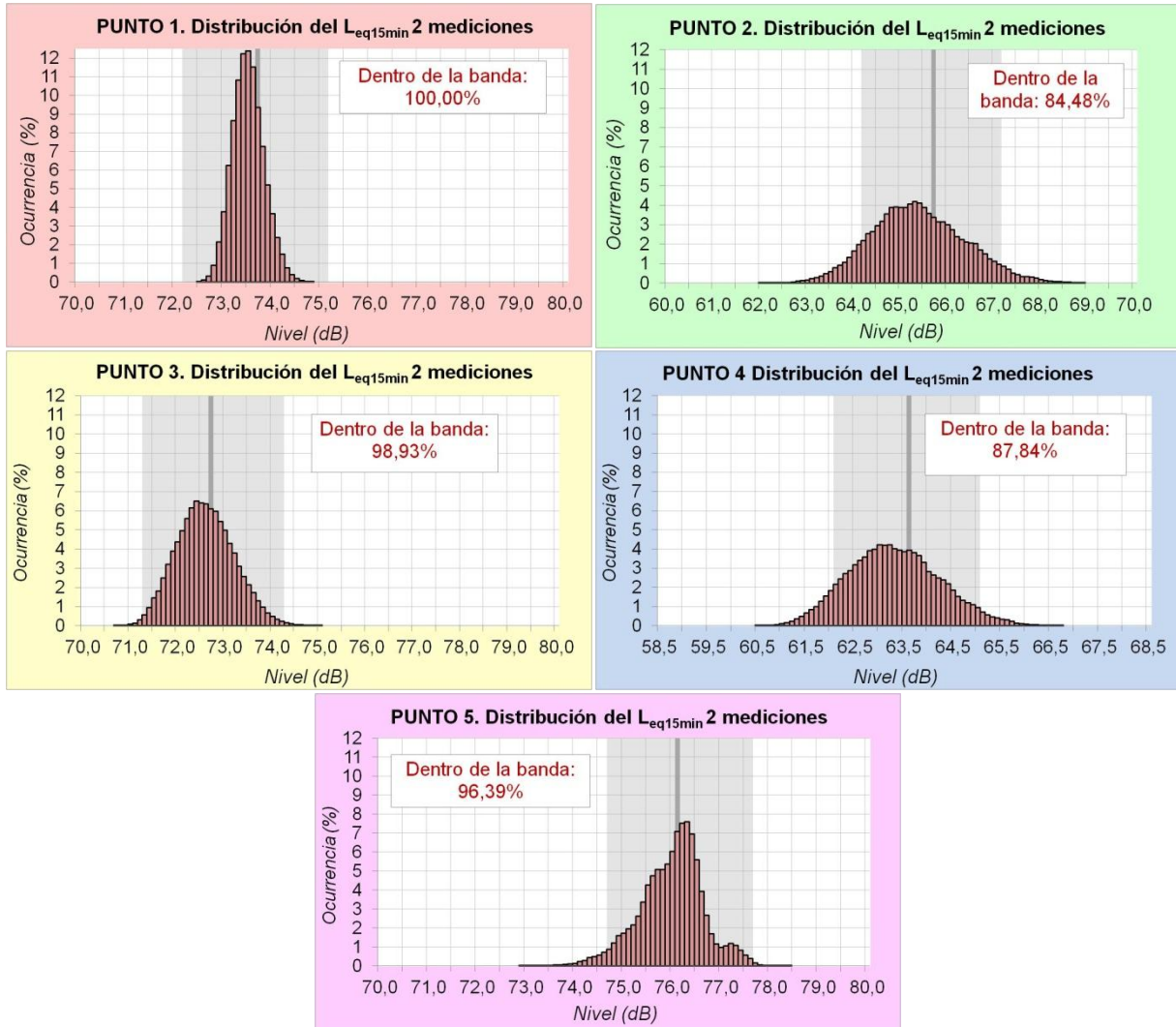


Figura 5. Histogramas de ocurrencia del  $L_{Aeq,15min}$  para los puntos de medición promediando dos integraciones en el periodo diurno

En la tabla 2 se muestra un resumen de los resultados obtenidos.

Tabla 2. Resumen de resultados obtenidos

Punto N°	1	2	3	4	5
Vehículos por hora	2200	290	1450	560	1400
$L_{Aeq,12h}$	73,6	65,7	72,7	65,6	76,2
Tipo de flujo vehicular	continuo	discontinuo	continuo	discontinuo	discontinuo
Probabilidad 1 medición (%)	100	69,12	92,35	71,67	88,67
Probabilidad 2 mediciones (%)	100	84,48	98,93	87,84	96,39

En dicha tabla, “Probabilidad 1 medición” significa Probabilidad de que el  $L_{Aeq,12h}$  estimado mediante una sola integración del nivel sonoro continuo equivalente durante el periodo diurno, se encuentre dentro de la banda de tolerancia definida, mientras que “Probabilidad 2 mediciones” es la probabilidad de que el  $L_{Aeq,12h}$  estimado mediante el promedio aritmético de dos integraciones independientes del nivel sonoro continuo equivalente durante el periodo diurno, se encuentre dentro de dicha banda.

## 5 Conclusiones

En este trabajo se ha presentado una introducción en la búsqueda de una metodología de medición de ruido urbano que se distingue por ser simple y está dirigida a economizar recursos humanos y económicos, por ejemplo para ser usado por municipios o pequeñas instituciones que no cuenten con estaciones de monitoreo constante.

Evaluando la relación entre el tiempo de estabilización de la medición y la amplitud de la banda de tolerancia, y teniendo en cuenta las fluctuaciones del nivel sonoro durante el periodo diurno en los puntos analizados sumado a la necesidad de una metodología sencilla de medición, se determinó que medir el nivel sonoro con una ventana temporal de 15 minutos con un apartamiento en la estimación del  $L_{Aeq,12h}$  de  $\pm 1,5$  dB podría resultar una metodología aceptable y válida para estudiar el ruido urbano en este tipo de puntos.

Se comprobó que midiendo una sola ventana en cualquier momento del periodo diurno, arroja resultados de la estimación del  $L_{Aeq,12h}$ , dentro de una banda de tolerancia de 3 dB, con probabilidades que van desde el 70% hasta el 100%, las cuales dependen de las características del de punto de medición.

Asimismo, se comprobó que en dichos puntos, en contrario a lo esperado, no se visualizan grandes variaciones del nivel sonoro continuo equivalente a lo largo del periodo de 12 horas de medición que puedan atribuirse a la existencia de “horario pico”. Se supone que esto se debe a la naturaleza de la actividad *dentro* de la ciudad en donde esta es continua a diferencia de lo que podría esperarse en una vía de acceso a la ciudad.

Se verificó también que la probabilidad de que la estimación sea la correcta aumenta si se realizan dos muestreos a lo largo del periodo diurno y se promedian ambos niveles, dando de esta forma probabilidades que varían del 85% al 100%. Sin complejizar demasiado la medición, la repetición de la integración es conveniente y no es necesario tener en cuenta horarios especiales para ello.

De los resultados se sospecha que la probabilidad de acierto aumenta con la cantidad de vehículos, pero esta hipótesis está en estudio actualmente.

Este trabajo se continua en la actualidad extendiendo el número de muestras y optimizando la metodología a través del estudio del comportamiento de diferentes parámetros (acústicos y de tránsito vehicular) y las relaciones entre ellos.

## Referencias

- [1] DIRECTIVA 2002/49/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 25 de junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental
- [2] Investigación y Análisis del Ruido Urbano en La Ciudad de La Plata, Semana del Sonido en La Plata, 20 y 24 de Agosto de 2013, Teatro Argentino de la ciudad de La Plata y Primer Congreso Internacional Científico y Tecnológico de la Provincia de Buenos Aires, 19 y 20 de setiembre de 2013, Teatro Argentino de la ciudad de La Plata.
- [3] “Stabilisation patterns of hourly urban sound levels” – Carlos Prieto Gajardo, Juan Miguel Barrigón Morillas. Springer International Publishing Switzerland 2014.
- [4] “Intervalo unitario de tiempo de medición para ruido ambiental” – William A. Giraldo A., Alece Elizabeth González Fernández. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, vol.10,No.18,pp.61-68- ISSN 1692-3324-ener-junio de 2011/148p. Medellín, Colombia.
- [5] “Tiempos de estabilización del espectro del ruido de tránsito” – Federico Miyara, Pablo Miechi, Vivian Irene Pasch, Susana Cabanellas, Marta Yanitelli, Ernesto Accolti – VI Congreso Iberoamericano de Acústica – FIA 2008.
- [6] “Estimation of the minimum integration time for determining the equivalent continuous sound level with a given level of uncertainty considering some statistical hypotheses of road traffic” – S. R. Donato. Noise Control Eng. J.55(6), 2007 Nov-Dec.
- [7] “Sampling techniques for the estimation of the annual equivalent noise level under urban traffic conditions” – E. Gaja, A. Gimenez, S. Sancho, A. Reig – Applied Acoustics 64 (2003) 43-53.
- [8] Miyara, Federico Mediciones acústicas basadas en software. Asociación de Acústicos Argentinos, Gonnet (Argentina), 1ra Edición, 2013.