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

AdAA2015-A021

Análisis de la evolución de parámetros acústicos del ruido urbano en la ciudad de La Plata a lo largo de un día

Ariel G. Velis
Federico Iasi
Alejandro Armas
Carlos Posse
Nilda Vechiatti
Daniel Tomeo

Laboratorio de Acústica y Luminotecnia de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, Camino Centenario y Calle 506, Campus Tecnológico CIC, 1897 Manuel B. Gonnet, Buenos Aires, Argentina. E-mail: ciclal@gba.gob.ar

Abstract

Measurements of acoustic parameters of the urban noise at some street intersections in La Plata city were done, and their behavior over 12 continuous hours was also analysed. This work intends to characterize the behavior of noise, not only as a function of the location, but also as a function of the time interval in which it is measured and its duration. The results are compared with previous measurements carried out by this laboratory at the same locations, and discuss the similarities and differences in the daily time evolution of some acoustic parameters, comparing urban locations with different traffic behavior.

Resumen

Se realizaron mediciones de parámetros acústicos del ruido urbano en algunas esquinas de la ciudad de la Plata, y se analizó el comportamiento de los mismos a lo largo de 12 horas continuas. Con este trabajo se buscó caracterizar el comportamiento del ruido en función no sólo del lugar, sino del período temporal en el cual se mide y de su duración. En este trabajo se comparan, además, los resultados con mediciones realizadas por este equipo de trabajo con anterioridad en los mismos lugares, y se analizan las similitudes y diferencias en la evolución temporal diaria de los valores de algunos parámetros acústicos, comparándose puntos urbanos cuyas características de tránsito son claramente diferentes.

1 Objetivo

El objetivo de campo propuesto para este trabajo fue la medición del ruido urbano durante 12 horas continuas de algunos puntos representativos del casco urbano de la ciudad de La Plata y el posterior análisis y procesamiento en laboratorio de los parámetros acústicos sobre la señal grabada y digitalizada.

2 Metodología de medición de campo

Se tomaron puntos de comportamiento extremo, basándose en mediciones realizadas anteriormente (LALCIC, 2013). Por este motivo, se escogió un punto con elevados niveles de ruido juntamente con un alto y continuo flujo vehicular, como el cruce de las avenidas 38 y 13, y otro punto con bajos niveles de ruido y con flujo vehicular escaso y discontinuo, como la esquina de 35 y 22.

Se midió en cada uno de esos puntos durante un periodo de 12 h (desde las 8 h hasta las 20 h).

La señal proveniente de la salida de línea de un sonómetro fue grabada en forma continua (sin interrupciones) en un grabador digital. Para ello, se aseguró que la autonomía de funcionamiento mínima del mismo fuese mayor que 12 h, tanto en consumo de batería como en almacenamiento de memoria.

Se grabó el audio en formato sin pérdidas (WAV), a pesar de que el tamaño de la grabación de las 12 h continuas era grande. No se optó por compresión digital (por ejemplo MP3) para posibilitar un ahorro de memoria ya que se prefirió evitar todo tipo corrección debido a eventuales modificaciones que la compresión acústica podría aplicar sobre la señal original a medir y en consecuencia en los parámetros a determinar a posteriori.

Se escogió para esto un grabador digital marca Tascam modelo DR07MKII con 8 GB de memoria en una micro SD.

Dado que el grabador no podía manejar archivos tan grandes como para grabar un solo archivo WAV que contuviera las 12 h de ruido urbano, se decidió realizar archivos de menor duración. El grabador automáticamente los generó uno tras otro sin pérdidas apreciables de datos entre los mismos. La segmentación en archivos más pequeños brindó además un nivel de seguridad mayor ante fallas en la digitalización (por ejemplo fallas por escritura en memoria) por parte del grabador digital. De ésta manera la ocurrencia de una falla (con eventual pérdida de datos) se asociaría al segmento de grabación específico si poner en riesgo la grabación en forma completa. El tamaño de cada archivo fue entonces de 128 MB lo cual se corresponde con una duración de 1014,36 s (aproximadamente 16,9 min).

La frecuencia de muestreo del grabador fue establecida en 44,1 kHz y la resolución en 24 bit, grabándose en un solo canal (monoaural). De esta forma se obtuvieron 44 100 muestras por segundo o, dicho de otra manera, una muestra cada 22,7 μ s aproximadamente. Por lo tanto cada archivo de 16,9 min poseía 44 733 276 muestras de 24 bit.

Para capturar la señal acústica se empleó un medidor de nivel sonoro (MNS) marca Larson & Davis, modelo 712, del cual se extrajo la señal eléctrica de corriente alterna desde su salida correspondiente. Esta fue inyectada al grabador digital mencionado. Se decidió esto por varios motivos, entre otros por la calidad del micrófono (mejor calidad el del MNS que el del grabador digital) y porque se podían realizar mediciones “en paralelo” con el MNS para verificar y comparar con los valores que surgieron posteriormente del procesamiento de la señal grabada. Por otra parte, antes de realizar las mediciones se grabó una señal de calibración generada con una fuente acústica de referencia, para ser utilizada como tal en el postprocesamiento de las grabaciones de ruido.

El medidor de nivel sonoro entregó una señal de corriente alterna directamente proporcional a la capturada por el micrófono, es decir que no tenía compensación temporal ni en frecuencias. Se ajustaron las ganancias de salida del medidor de nivel sonoro y la de entrada del grabador para obtener fondo de escala de las muestras (del archivo digital) con 110 dB. Con esto se aseguró que no ocurriera saturación (niveles mayores a 110 dB son muy infrecuentes en la vía pública) y un buen rango dinámico como para medir con bajo error niveles tan bajos como 40 dB ó 50 dB.

Conjuntamente con el instrumental mencionado, se utilizó una estación meteorológica portátil, marca Sinometer, modelo WS1081, con el fin de monitorear y grabar las condiciones atmosféricas durante la medición.

Cada vez que el grabador concluía un archivo y comenzaba a generar otro, se tomó nota asentándose en una planilla los siguientes datos:

- a) Hora, minuto y segundo.
- b) Lectura L_{Aeq} del medidor de nivel sonoro (para estas mediciones, el medidor se configuró con ponderación A en frecuencias y respuesta temporal F).
- c) Condiciones atmosféricas (temperatura, presión, humedad, velocidad y dirección del viento y de ráfagas)
- d) Cualquier incidente eventual que pudiera generar un ruido considerado “anormal”, incluyendo ráfagas de viento con velocidades mayores a 5 m/s, pasajes de vehículos inusualmente ruidosos, sirenas, martillos neumáticos, ladridos, etc.

De esta forma se completaron las mediciones en los puntos mencionados.

3 Procesamiento en laboratorio

La señal registrada con el grabador, correspondiente a las 12 h de medición, consistió en 43 archivos WAV de 128 MB.

Estos archivos fueron descargados a una computadora para ser procesados mediante el programa “VSLM” (“*Virtual Sound Level Meter*”), basado en entorno *Matlab*®.

El procedimiento para analizar los datos comenzó con la generación de un vector de las muestras digitales de cada segmento de grabación de 128 MB y frecuencia de muestreo de 44,1 kHz. Estos 43 vectores fueron convertidos a niveles sonoros instantáneos y equivalentes teniendo en cuenta la señal de calibración antes mencionada.

Para obtener los niveles instantáneos, que fueron utilizados posteriormente para el cálculo de los parámetros estadísticos L_{AN} , los vectores se pasaron primeramente por un filtro de ponderación en frecuencia A y luego por un proceso de promediación exponencial cuadrática con respuesta temporal F, obteniéndose así vectores de niveles sonoros instantáneos, L_{AF} , con la misma cantidad de muestras por segundo que los vectores originales.

Para evitar trabajar con un número demasiado elevado de muestras para el cálculo de los parámetros estadísticos L_{AN} , se decidió obtener un vector de 10 muestras por segundo, tomando una muestra cada 100 ms de cada vector L_{AF} (1 de cada 4410 muestras). De aquí surgieron nuevos vectores conteniendo niveles sonoros $L_{AF'}$ representativos de cada periodo de 100 ms.

Para el cálculo de los L_{Aeq} , se realizó primeramente la compensación en frecuencia A y luego se obtuvieron vectores de niveles sonoros equivalentes cada 100 ms. Con esos $L_{Aeq,100ms}$ se calcularon posteriormente los $L_{Aeq,T}$ finales (de 12 h).

El procedimiento descrito se esquematiza en el diagrama de la Figura 1.

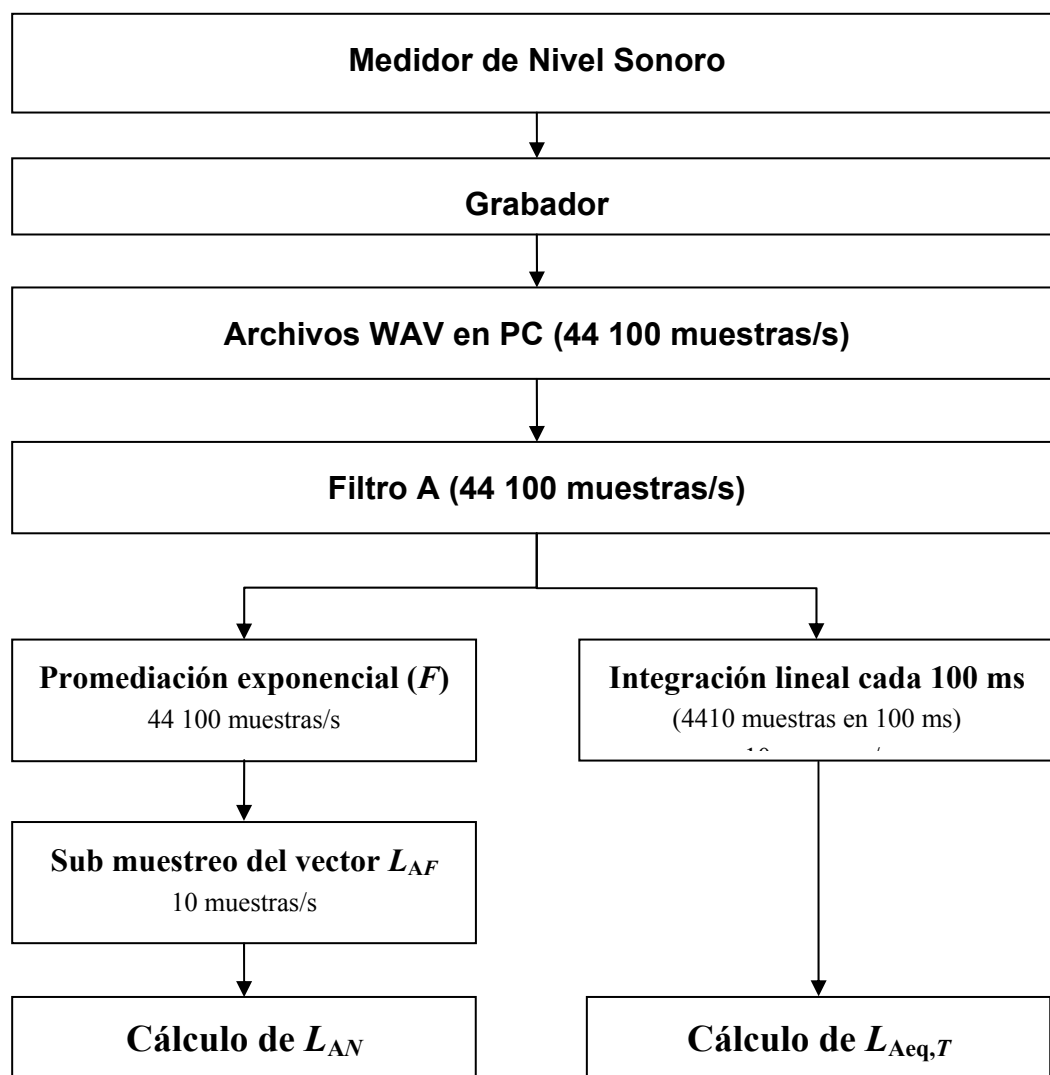


Figura 1. Diagrama de bloques que esquematiza el método de captura de datos, medición y procesamiento utilizado para este trabajo.

4 Análisis de resultados

Los resultados hallados muestran, como se esperaba, un comportamiento marcadamente diferente de los parámetros acústicos entre ambos puntos de referencia. Tal como se mencionó en la sección 2, estos dos puntos de referencia seleccionados difieren notablemente en sus condiciones de tránsito vehicular.

Mientras que el punto 1 (cruce de avenidas 13 y 38) se caracterizó por tener niveles sonoros superiores a 72 dBA, flujo vehicular continuo y circulación de vehículos livianos y pesados, el punto 2 (cruce de calles 22 y 35) mostró lo contrario: niveles sonoros inferiores a 72 dBA, flujo vehicular discontinuo, y circulación de vehículos livianos solamente.

Algunos de los valores interesantes de analizar son los obtenidos a partir de los L_{Aeq} integrados de a 5 min, 15 min y 30 min.

En la figura 2 se muestran los niveles equivalentes integrados de a 5 min, en la figura 3 de a 15 min y en la figura 4 de a 30 min. A su vez, en cada uno de estos gráficos, se compara el comportamiento a lo largo del horario diurno de ambos puntos.

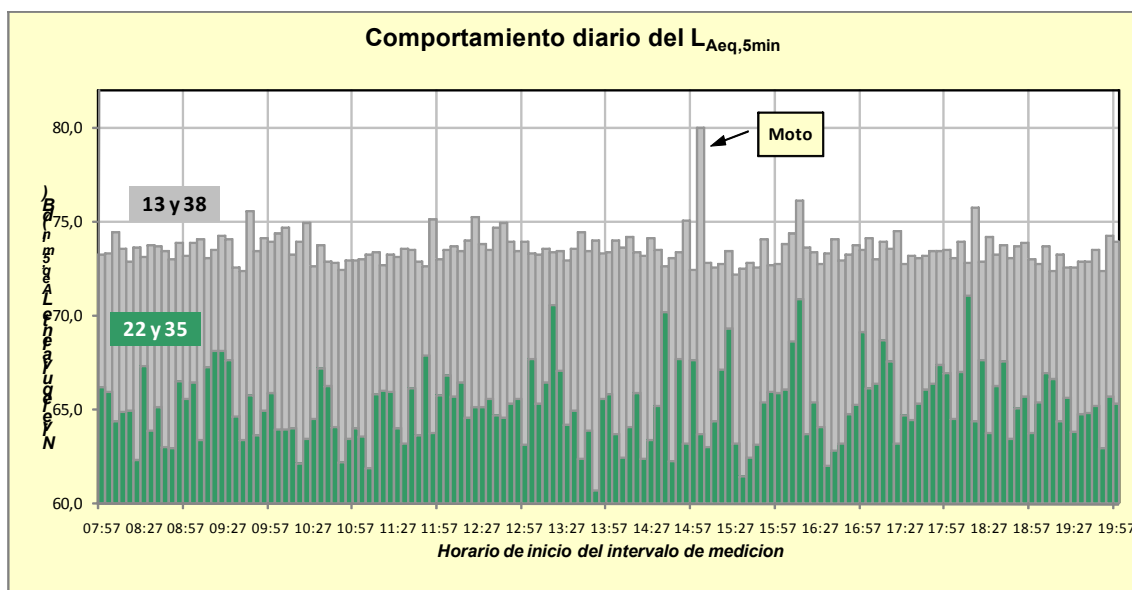


Figura 2. Niveles equivalentes integrados de a 5 min. Correspondientes a la intersección de las avenidas 13 y 38 (espectro gris), y a la intersección de las calles 22 y 35 (espectro verde).

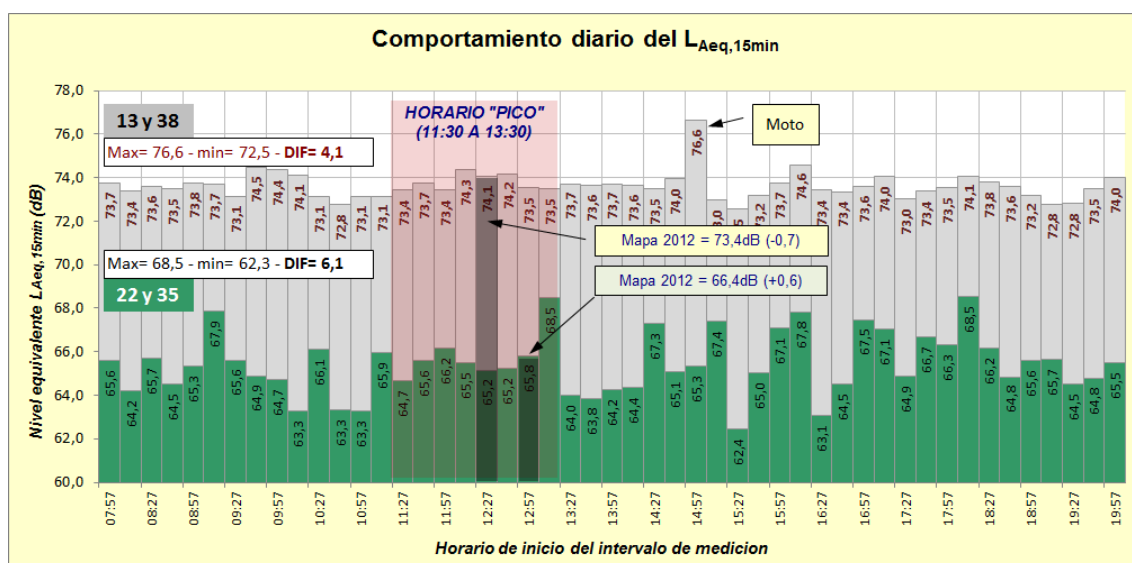


Figura 3. Niveles equivalentes integrados de a 15 min. Correspondientes a la intersección de las avenidas 13 y 38 (espectro gris), y a la intersección de las calles 22 y 35 (espectro verde).

De estos gráficos se pueden obtener varias conclusiones, pero las más evidentes son las diferencias en los valores de niveles equivalentes y en la fluctuación a lo largo del día de cada uno de ellos.

En la medición del punto 1, a las 15:03 h se produjo un evento inusual, que fue el pasaje de una motocicleta que generaba un elevado ruido de motor. Se ha dejado incluido el evento ya que se considera parte del paisaje sonoro de la ciudad. Sin embargo, ha quedado identificado en todos los resultados.

La ausencia de horas de valores pico de niveles fue la primera característica que se puso en evidencia. No se observan variaciones significativas a lo largo del día, mucho menos en el punto 1. Como puede observarse en el gráfico de niveles equivalentes integrados de a 30 min, en el punto 1 la máxima diferencia a lo largo del día está en el orden de apenas los 2 dB, y en el gráfico de niveles integrados de a 15 min la diferencia asciende a sólo 4 dB en las 12 horas de medición. En el punto 2 las diferencias aumentan a casi 4 dB y 6 dB para integraciones de 30 min y 15 min, respectivamente.

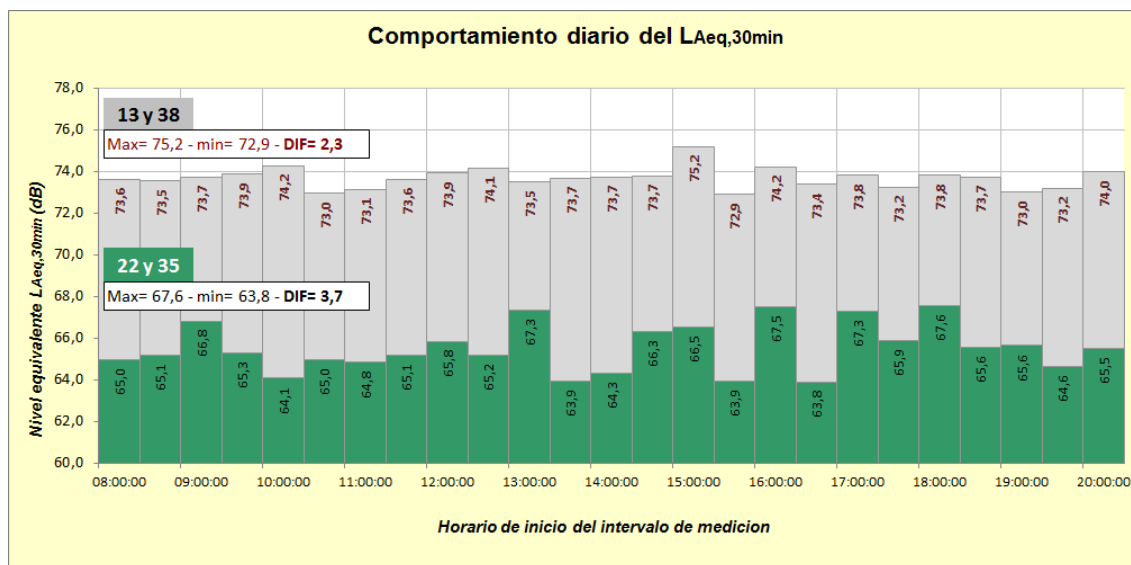


Figura 4. Niveles equivalentes integrados de a 30 min. Correspondientes a la intersección de las avenidas 13 y 38 (espectro gris), y a la intersección de las calles 22 y 35 (espectro verde).

En el gráfico de la figura 3 (comportamiento de los niveles integrados cada 15 min), se ha remarcado la zona horaria llamada “hora pico” (de actividad pico), durante la cual también se realizaron mediciones de niveles equivalentes, pero en todo el casco urbano de la ciudad, en un trabajo anterior de este laboratorio (en 2012). Sobre la base de esas mediciones previas, se comprueba que en el mismo intervalo horario el punto 1 presentó apenas una diferencia de 0,7 dB en el nivel equivalente, y en el punto 2 una diferencia de 0,6 dB (diferencias entre los valores medidos en 2012 y los medidos en 2015).

Otros parámetros interesantes para analizar, son aquellos que se desprenden del análisis estadístico de la distribución de valores de niveles equivalentes a lo largo del horario diurno. En los gráficos que se muestran en las figuras 5 a 8, se observa la distribución en ambos puntos de los niveles equivalentes integrados tanto de a 5 min como de a 15 min. En ambos se puede observar claramente que los niveles en el punto 2 (calles 22 y 35) son menores que en el punto 1 (avenidas 13 y 38) y, al mismo tiempo, están mucho más distribuidos en la escala de niveles, inclusive para integraciones de 15 min. Mientras que en el punto 1 todos los $L_{Aeq,15min}$ están prácticamente dentro de la banda de 2 dB vista anteriormente, en el punto 2 hay más de 6 dB de dispersión entre todas las muestras.

Como era de esperar, las dispersiones aumentan cuando se reduce el intervalo de medición, como puede verse en el gráfico de $L_{Aeq,5min}$.

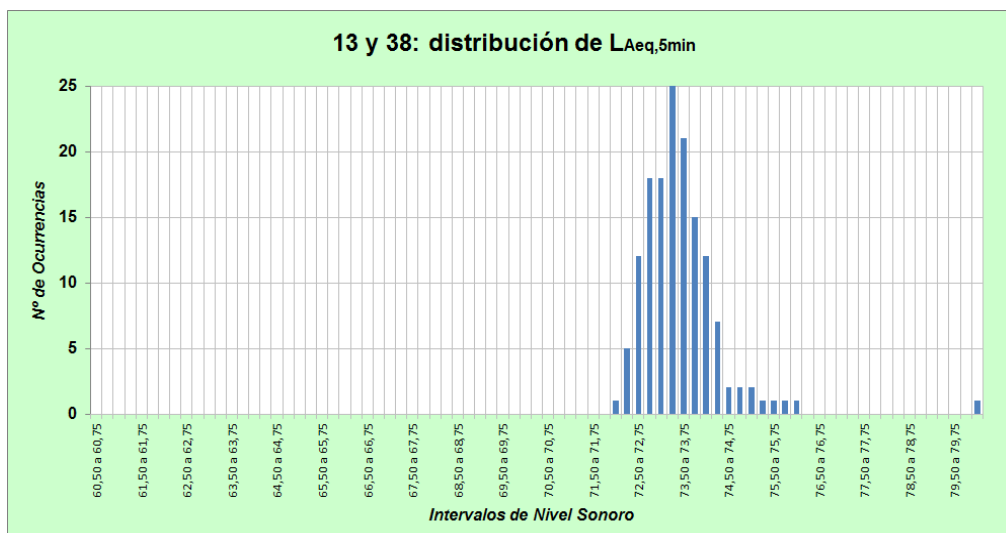


Figura 5. Distribución de los Niveles Equivalentes integrados de a 5 min en el cruce de las avenidas 13 y 38

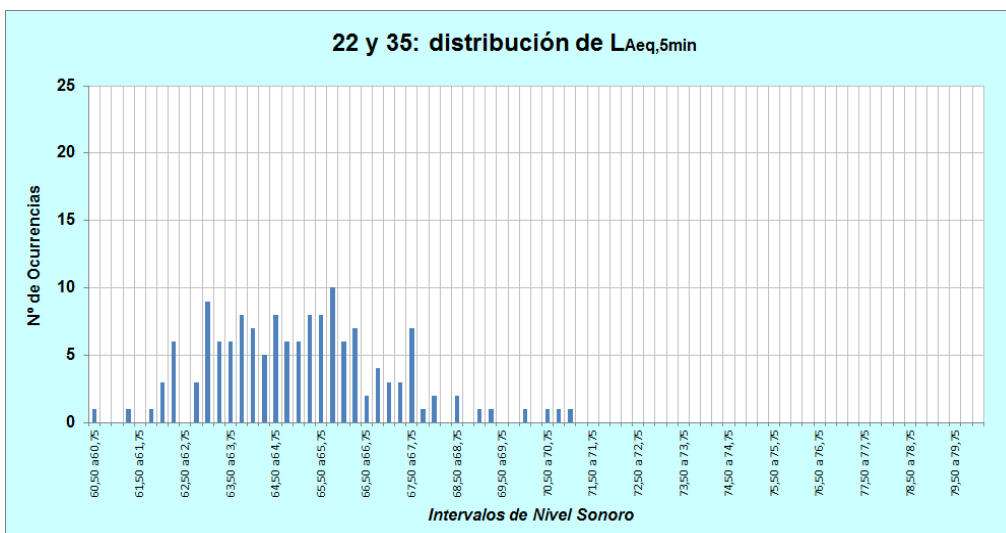


Figura 6. Distribución de los Niveles Equivalentes integrados de a 5 min en el cruce de las calles 22 y 35

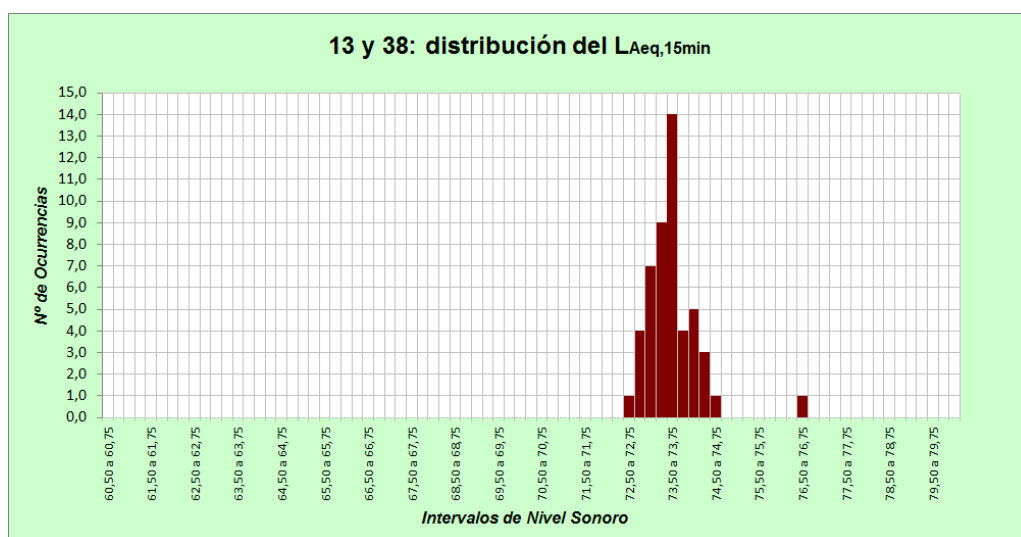


Figura 7. Distribución de los Niveles Equivalentes integrados de a 15 min en el cruce de las avenidas 13 y 38

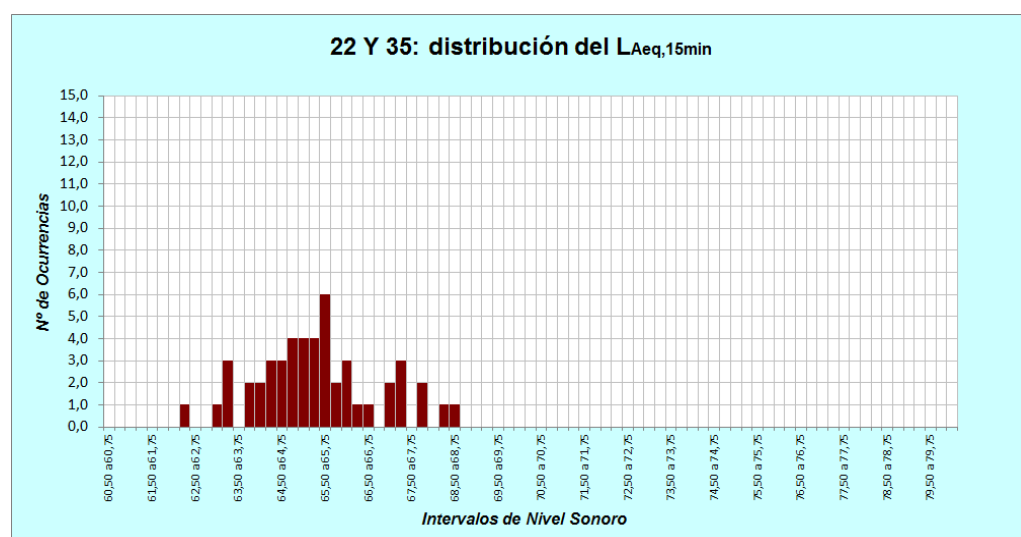


Figura 8. Distribución de los Niveles Equivalentes integrados de a 15 min en el cruce de las calles 22 y 35

También se han analizado en este trabajo los comportamientos de los parámetros estadísticos L_{AN} , obteniéndose una serie de gráficos que muestran conclusiones interesantes. Se pueden observar en los gráficos de las figuras 9 y 10, los valores comparados entre ambos parámetros (L_{10} y L_{90}) en el mismo punto a lo largo de toda la jornada de medición, calculados integrando cada 1 min, 5 min, 15 min y 30 min.

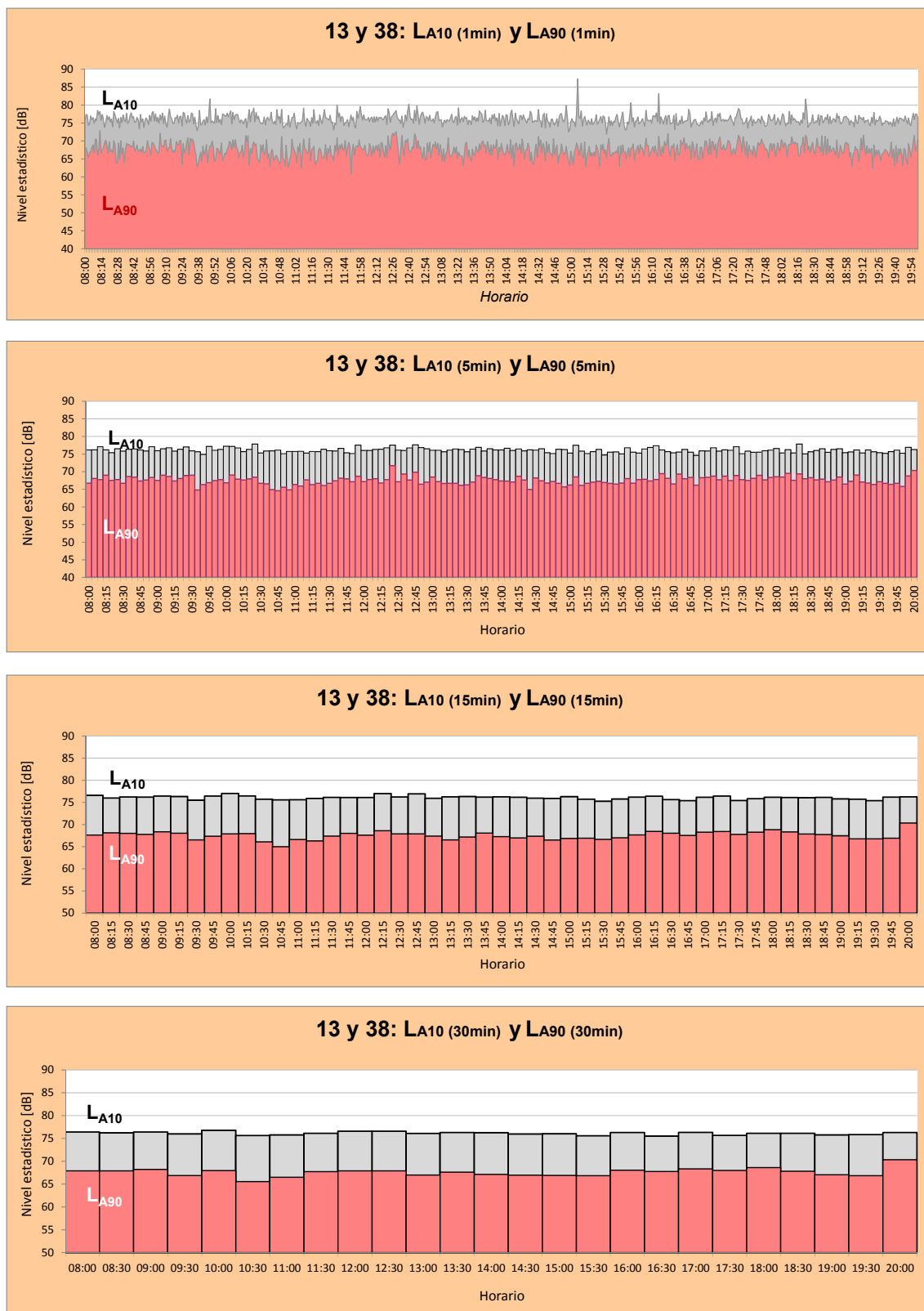


Figura 9. Evolución de los parámetros L_{A10} y L_{A90} a lo largo del día y en diferentes intervalos de evaluación en el cruce de avenidas 13 y 38.

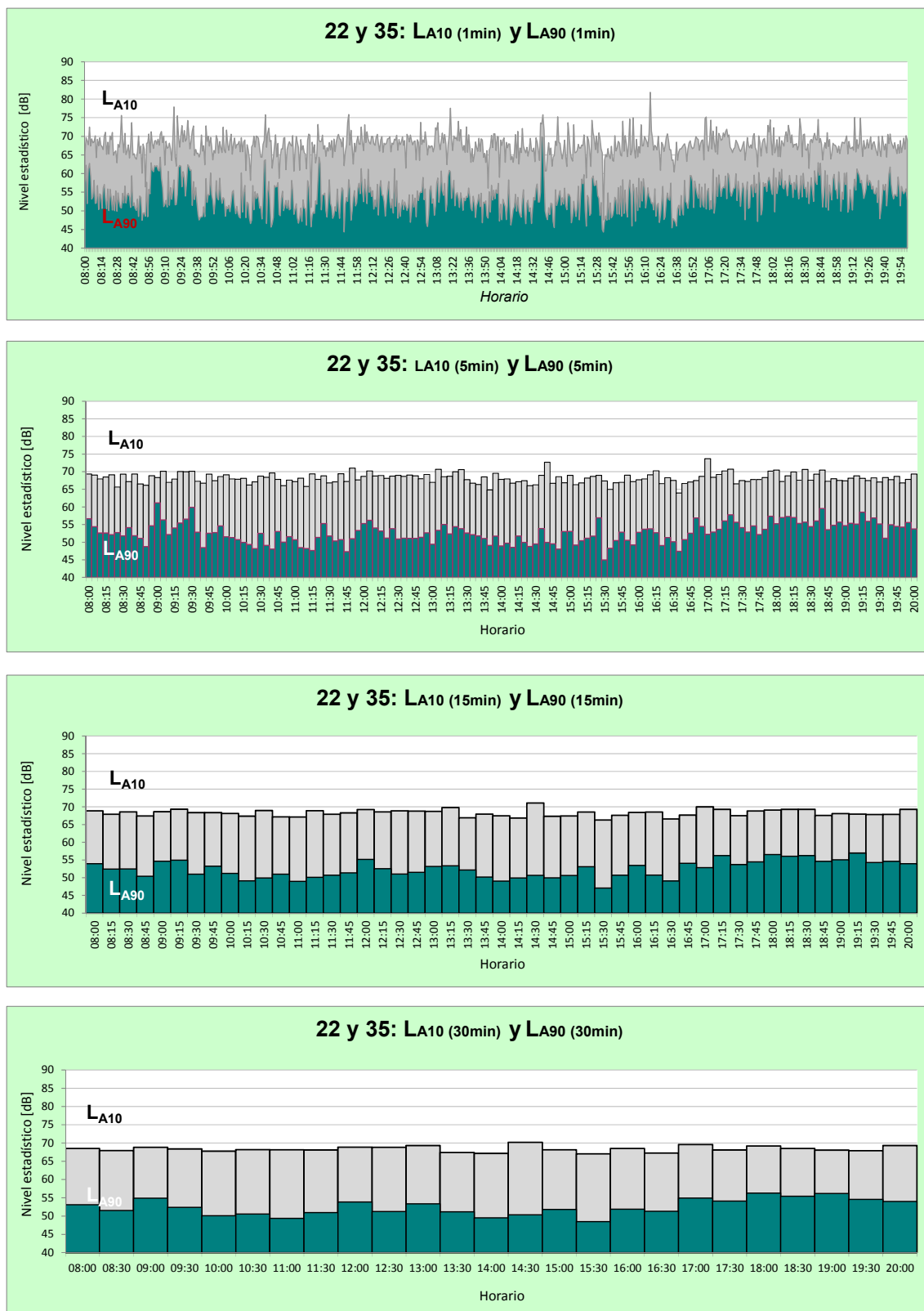


Figura 10. Evolución de los parámetros L_{A10} y L_{A90} a lo largo del día y en diferentes intervalos de evaluación en el cruce de calles 22 y 35.

Se observa que el comportamiento de ambos parámetros es similar a los niveles equivalentes: a lo largo del día las fluctuaciones no son muy marcadas. En este caso, y como puede observarse, el parámetro menos disperso es el L_{10} , mientras que el L_{90} , es levemente más fluctuante en sus valores que el primero. Esto se verifica en ambos puntos, pero la tendencia es más marcada en el punto menos transitado.

Otro aspecto que surge claramente es la diferencia importante en el clima de ruido que puede apreciarse entre ambos puntos ($\text{clima de ruido} = L_{A10} - L_{A90}$). Como era de esperarse por las características del tránsito, el punto 2 tiene un clima de ruido de mayor valor que el punto 1.

Finalmente, en la figura 11 se muestra un gráfico en el cual se visualiza el proceso de estabilización del L_{Aeq} , calculado en forma acumulativa y no por intervalos como en los gráficos anteriores. Este cálculo se efectúa a partir de diferentes tiempos de inicio de medición. Puede apreciarse que la tendencia final es siempre la misma, sin importar el punto de arranque. En el punto 1, el L_{Aeq} se estabiliza más rápidamente que en el 2, comportamiento que era esperable debido a las características del tráfico vehicular del lugar.

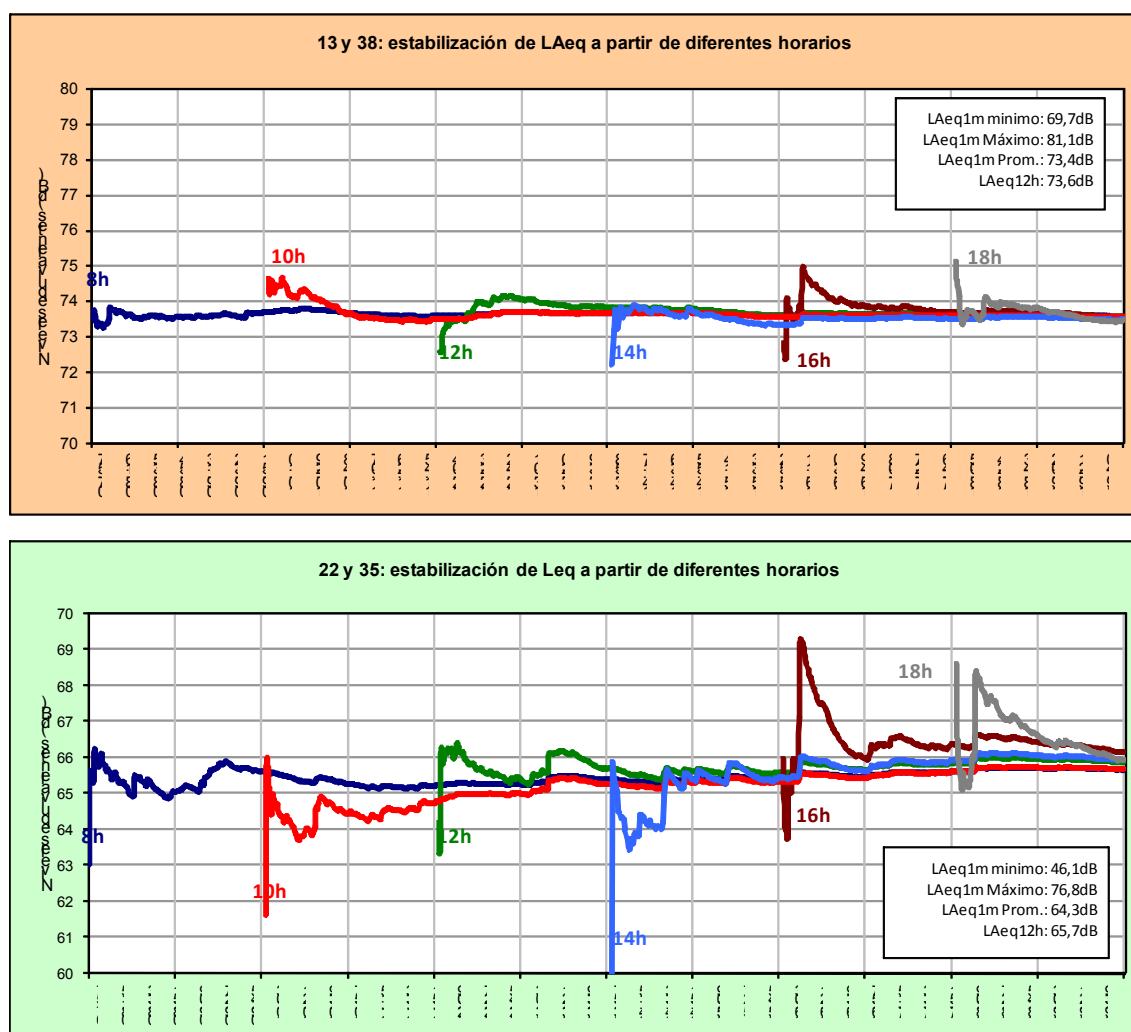


Figura 11. Proceso de establecimiento del nivel equivalente tomando como inicio distintos momentos del día en cruce de avenidas 13 y 38 y calles 22 y 35.

Sin embargo, también en el punto 2 se cumple que el nivel final es prácticamente el mismo. Esto es así independientemente del momento en que se inicie el cálculo (siempre y cuando se inicie como mínimo un par de horas antes del final).

De todas maneras, los gráficos muestran una relativamente baja fluctuación inicial del L_{Aeq} acumulado. En el punto 1, esta fluctuación no supera los 3 dB, mientras que en el 2 está dentro de los 6 dB. Es interesante observar que en el término de una hora, el L_{Aeq} (acumulado) ya se ha estabilizado dentro de una banda de 1 dB para ambos puntos.

Cabe la aclaración que para la obtención de estos gráficos, se han integrado acumulativamente los L_{Aeq} de 1 minuto. Como curiosidad, se ha calculado el promedio aritmético de todos los niveles equivalentes de un minuto para compararlos con el promedio energético de las 12 horas. La diferencia en el punto 1 es insignificante, y esto da una muestra de la poca dispersión de los niveles L_{Aeq} (si los niveles fuesen todos iguales, ambos promedios serían también iguales).

5 Conclusiones

- En el Punto 1 (Avenidas 13 y 38), la fluctuación máxima del $L_{Aeq,15 \text{ min}}$ es de 4 dB y la del $L_{Aeq,30 \text{ min}}$ es de 2 dB, mientras que en el Punto 2 (Calles 22 y 35), son de 6 dB y 4 dB, respectivamente.
- Puede decirse que no se observan horarios de ruido pico destacados a lo largo del período diurno en ninguno de los puntos.
- En ambos puntos, para un mismo intervalo de medición de 15 min, las diferencias entre el valor de $L_{Aeq,15 \text{ min}}$ registrado en el año 2012 y el registrado en el año 2015, son menores que 1 dB.
- En ambos puntos, las diferencias entre el nivel equivalente medido en el año 2012 integrando durante 15 minutos ($L_{Aeq,15 \text{ min}}$), y el nivel equivalente medido en el año 2015 integrando durante 12 horas ($L_{Aeq,12 \text{ h}}$), son menores que 1 dB.
- El parámetro “clima de ruido” refleja la característica del tráfico vehicular en función de su flujo, mostrando que el ruido en el punto 2 es más fluctuante que en el punto 1.

Referencias

- Laboratorio de Acústica LAL-CIC (2013). “Investigación y Análisis del Ruido Urbano en La Ciudad de La Plata”. Semana del Sonido en La Plata, 20 a 24 de Agosto de 2013, Teatro Argentino 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 Plata.
- Miyara, Federico (2013). “Mediciones acústicas basadas en software”. Edit.: Asociación de Acústicos Argentinos, Gonnet, Argentina. ISBN 978-987-24713-2-3