



FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN ACÚSTICA DE UN CAMPUS UNIVERSITARIO PERIURBANO

PACS: no. 43-50.Lj, 43-50.Rq, 43-50.Sr, 43-58 Fm

Fortes Garrido, Juan Carlos; Sánchez Sánchez, Rafael; Bolivar Raya, Juan Pedro.
Universidad de Huelva
ETSI Campus de El Carmen.
21071 Huelva. España
Tel: +34959217318; +34959217420; +34959219793
Fax: +34959217400
E-Mail: jcfortes@dimme.uhu.es; rafael.sanchez@dimme.uhu.es; bolivar@uhu.es

Palabras Clave: ruido ambiental; contaminación acústica; campus universitario

ABSTRAC

This study has consisted in the acoustic characterization and evaluation of the University Campus of La Rábida, through a spatial acoustic sampling, in 25 points and in 10 different hours. From the processing and analysis, it is concluded that noise levels are correct for the activities that take place in it. The campus is acoustically acceptable, with its buildings sufficiently far from the autonomous road A-5055, that this study identifies as the main source of noise. Only momentarily the acoustic quality objectives corresponding to the acoustic areas Type e) are overcome, but without altering the comfort of teachers and students.

RESUMEN

Este estudio ha consistido en la caracterización y evaluación acústica del Campus Universitario de La Rábida, mediante un muestreo acústico espacial, en 25 puntos y en 10 horas diferentes. Del procesado y análisis se concluye que los niveles de ruido son correctos para las actividades que en él se desarrollan. El campus, es acústicamente aceptable, estando sus edificios suficientemente alejados de la carretera autonómica A-5055, que este estudio identifica como la principal fuente de ruido. Sólo momentáneamente, los objetivos de calidad acústica correspondientes a las áreas acústicas Tipo e) se superan, pero sin alterar el confort de profesores y alumnos.

INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores problemas en la sociedad actual, son los altos niveles de ruido a los que la población está sometida. Muchas personas consideran este problema como uno de los más graves del siglo XXI, ya que tiene un impacto directo tanto en su salud como en su calidad de vida. [1] [2]. Los campus universitarios son sectores del territorio muy sensibles al ruido, dada la concentración y sosiego que se necesitan para desarrollar para las actividades que en ellos

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

se desarrollan. Este hecho hace que en los últimos años se hayan realizado diversos estudios en universidades de muchos países, para evaluar el ambiente sonoro a los que estos espacios están sometidos [3]. Pero también para la realización de encuestas, para conocer la opinión de estudiantes y profesores sobre los efectos que los altos niveles de ruido tienen sobre ellos [4]. La Universidad de Huelva (UHU) desde su origen, está altamente comprometida con el medio ambiente como recoge en su Memoria de Responsabilidad Social [5]. Así en el capítulo 7 se detallan los 8 compromisos medioambientales de la UHU, concretándose en su apartado 7.5.: El Compromiso con la Reducción de la Contaminación Acústica.

El campus universitario de La Rábida, en el término municipal de Palos de la Frontera, fuera de su casco urbano, es la sede de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Ese compromiso de la UHU por la reducción de la contaminación acústica, ha sido el origen de este trabajo de investigación, cuyo objetivo ha sido analizar y caracterizar el paisaje acústico del campus de La Rábida, con objeto de posteriormente establecer los planes de acción que reduzcan el ruido y mejoren su calidad acústica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El campus de La Rábida está situado frente a los terrenos del Monasterio, a unos 7 km de la ciudad de Huelva y a 3,6 km de Palos de la Frontera.



Figura 1

Figura1: Fotografía aérea del Campus de La Rábida.

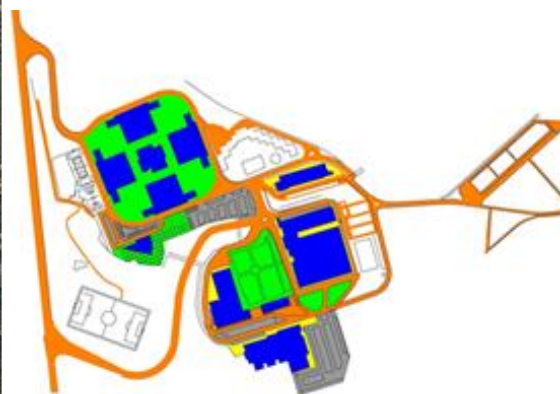


Figura 2

Figura2: Azul: Edificios. Verde: Zona verde. Naranja: Carreteras. Amarillo: Peatonal

Tiene una superficie de 333.608 m², que se dividen en una serie de espacios y edificios destinados a aulas, aulas informáticas, laboratorios, talleres, despachos, edificios administrativos, etc. Además de biblioteca, salas de estudio, comedor y pistas deportivas. El campus también cuenta con una zona destinada a invernaderos y cultivos, que sirven para experimentación en los grados de Ingeniería Agrícola y de Ingeniería Forestal que se imparten en la escuela. Toda esta distribución y dedicación de espacios puede apreciarse en la Figura 2.

Métodos de Medida e Instrumentación

Para realizar las medidas de muestreo espacial, tanto acústicas como meteorológicas, se seleccionaron previamente 25 puntos distintos (ver Figura 3), distribuidos a lo largo del campus

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

de La Rábida, excluyendo las pistas deportivas y las zonas de cultivos e invernaderos, por tener escasa presencia de personas ni vehículos, y por tanto poco afectadas acústicamente.

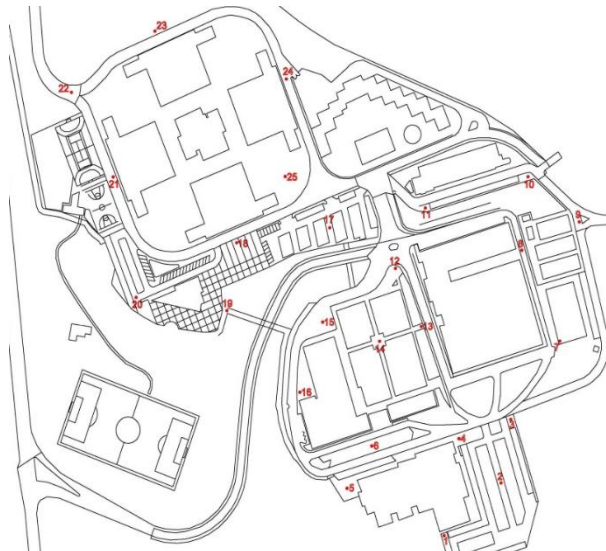


Figura 3: Localización de los puntos de muestreo.

Medidas acústicas

Como en otros estudios donde se utiliza la técnica del muestreo espacial [6]. Para realizar las medidas acústicas en 25 puntos del campus, éstas se ajustaron a las normas UNE-ISO 1996-1: 2005 [7] e UNE-ISO 1996-2:2009 [8], utilizándose un sonómetro integrador-promediador (SLM) Clase 1 marca CESVA, modelo SC-20c, situado a 1.5 m de altura sobre el suelo. Además, se hizo uso de un calibrador (SLC), modelo CB-5 de CESVA, que es capaz de generar dos niveles de presión sonora, de 94.0 y 104.0 dBA. El SLM y SLC son calibrados anualmente por un laboratorio acreditado. Además, antes y al final de cada sesión de medidas, el sonómetro se verificó mediante el uso del CB-5.

Sobre cada uno de los 25 puntos se realizaron entre los meses de marzo y mayo de 2015, un total de diez mediciones sucesivas en 5 tramos horarios diferentes, los cuales se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Definición de los tramos horarios

Tramo Horario	Comienzo	Finalización
I	8:00	10:00
II	10:00	12:00
III	12:00	14:00
IV	15:00	17:00
V	17:00	19:00

Siendo cada medición de cinco minutos de duración, y obteniéndose en todas ellas, el nivel equivalente (LAeq), y el percentil 90 (LA90), ambos medidos en dBA.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

Medidas meteorológicas

Para las mediciones meteorológicas en los mismos 25 puntos de muestreo, se utilizó un Medidor Ambiental Multifuncional de Lámina (MAML), REED LM-8000, que se puede utilizar como anemómetro, higrómetro, termómetro o medidor de luz. Cuyos intervalos y resoluciones son: 0,2 a 30,0 m/s (0,1 m/s); de -100 a 1300 °C (0,1 °C); de 0 a 95% HR (0,1% de HR); de 0 a 20.000 lux (1/10 lux).

Sobre cada uno de los 25 puntos se realizaron las siguientes medidas meteorológicas y ambientales: Humedad relativa, temperatura, y velocidades máximas y mínimas del viento. Estas medidas se realizaron en los 5 tramos horarios ya indicados.

Método de generación de los mapas de ruido

Para la realización de los análisis gráficos se utilizó Sigmaplot, que permite una integración con la suite Office, y acceder a hojas Excel con los datos de las mediciones acústicas, ofreciendo como resultado los mapas de ruido de todo el Campus universitario de La Rábida.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del análisis de las 1250 mediciones acústicas realizadas en los 25 puntos de muestreo y en los 5 tramos horarios, se observa que solamente tres de ellas han superado los 60 dBA. Una de ellas en el Tramo horario-I con 60,2 dBA y dos en el Tramo horario-III, con valores de 61,88 y 61,15 dBA respectivamente. Mientras que el valor mínimo se produce en el Tramo horario-II con un valor de 44,04 dBA.

El tratamiento de todos los datos permite obtener globalmente y para todo el campus: El nivel equivalente de ruido y el ruido de fondo. Obteniéndose para ellos unos valores de 53,62 dBA y 50,95 dBA respectivamente. También permite la preparación de diversas gráficas de evolución de los niveles de ruido.

Evolución en el dominio del tiempo

La Figura 4 recoge la evolución tanto de los niveles LAeq, T como del percentil L90 o nivel de fondo, según los cinco tramos horarios.

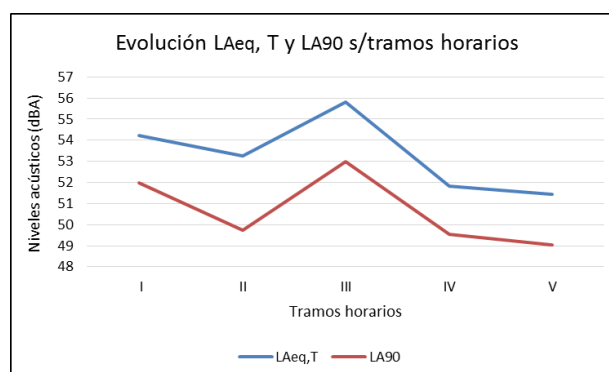


Figura 4: Variación del LAeq, T y L90 con el tramo horario.

En ella se observa como los mayores valores tanto del nivel equivalente como del percentil L90 se desarrollan en el tramo horario III (de 12:00 a 14:00 h), seguido del tramo horario I (de 08:00 a 10:00 h). Todo ello resulta razonable, ya que el tramo III coincide con el horario de finalización de las clases y otras actividades del Centro, momento en el que hay un movimiento amplio de vehículos para regresar a sus hogares. Mientras que el tramo I coincide con el

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

horario de comienzo de las actividades, y por tanto cuando llegan al campus alumnos, profesores y trabajadores con sus vehículos.

Mientras, los valores más bajos ocurren en el tramo horario IV (de 15:00 a 17:00 h) y sobre todo el V (de 17:00 a 19:00), ambos por la tarde. En esos horarios las actividades docentes en cualquiera de las especialidades que se estudian en este campus, se reducen en más de un 60 %, por lo que es razonable que figuren los valores mínimos de estos índices acústicos.

Se observa además un gran paralelismo entre las gráficas del LAeq,T y el L90 o ruido de fondo, con una diferencia entre ambos índices de $(2,65 \pm 0,24)$ dBA. El paralelismo indicaría que apenas existen ruidos impulsivos, y que por tanto el paisaje sonoro del campus es generado por fuentes continuas. Mientras que la pequeña diferencia entre ellos indicaría que estas fuentes son de baja intensidad. También debe destacarse que los valores máximos del nivel equivalente (LAeq, T) no superan los 56 dBA, estando debajo de los 60 dBA, que es el objetivo de calidad acústica fijado para los sectores del territorio que requiera una especial protección contra la contaminación acústica, por el RD-1367/2007 [9].

Por otro lado, en la Figura 5, se muestra la evolución de los índices acústicos LAeq, T y L90, en este caso frente a los días de la semana. Se puede observar que el día con mayor actividad acústica es el martes, mientras que el día con menor actividad se corresponde con el viernes, con una diferencia entre ambos de unos 6 dBA. Todo ello está relacionado con los horarios de docencia, ya que, en la mayoría de las titulaciones, tanto del primer como segundo ciclo, los viernes no hay docencia o esta es muy aislada, mientras que por el contrario en los martes se concentra la mayor acumulación.

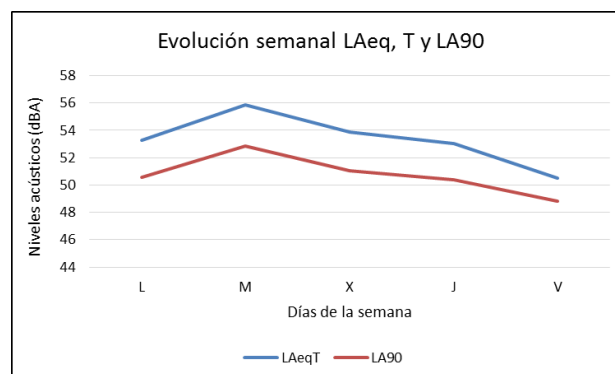


Figura 5: Variación del LAeq, T y L90 en relación a los diferentes días de la semana.

También se observa un paralelismo entre las gráficas del LAeq,T y el L90 o ruido de fondo, en este caso con una diferencia entre ambos índices de $(2,57 \pm 0,22)$ dBA, siendo mínima esa diferencia los viernes (1,72 dBA), cuando habría menos fuentes de ruido (tráfico, personas y actividades docentes).

Evolución en el dominio del espacio

En la Figura 6, se muestra la evolución de los mismos índices anteriormente analizados, pero en este caso en relación a los 25 puntos de muestreo espacial en los que se ha dividido el campus de La Rábida.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

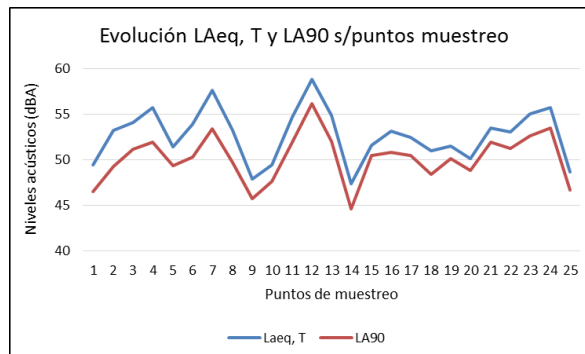


Figura 6: Variación del LAeq, T y L90 frente a los puntos de muestreo.

Se observa que los valores más elevados se concentran alrededor del punto de muestreo nº 12, que coincide con la intersección en la que confluyen los cuatro viales más importantes y por tanto con más tránsito vehicular, tanto para acceder al campus, como para abandonarlo. En ese punto se producen unos valores de LAeq, T muy próximos a los 60 dBA.

Mientras, los valores más bajos, alrededor de los 47 dBA, se centran en el punto de muestreo nº 14, el cual está situado en el centro de la explanada de césped de 3900 m2, y alejado del tránsito de personas y del tráfico rodado.

Evolución en el dominio de los parámetros meteorológicos

El tratamiento de las 1250 mediciones acústicas y meteorológicas realizadas, permiten confeccionar los diagramas de dispersión que visualizan la posible relación entre el nivel continuo equivalente de ruido y los distintos parámetros meteorológicos (%HR, temperatura, velocidad del viento).

Así la Figura 7 recoge el diagrama de dispersión del nivel LAeq, T frente a los valores ambientales de la humedad relativa, así como la recta de regresión que los correlaciona.

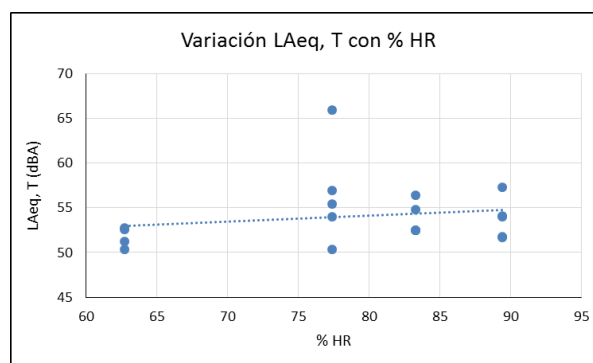


Figura 7: Diagrama de dispersión del LAeq, T frente al % de HR.

Cuya recta de regresión ajustada, con un nivel de confianza del 95%, es:

$$LA_{eq,T} = [0,067 \pm 0,079] \cdot HR + [48,8 \pm 6,2]$$

Con un coeficiente de determinación: $R^2 = 0,0382$

Y un error estándar de la estimación: $SE(\bar{y}) = 0,77$

Mientras que en la Figura 8 se recoge el diagrama de dispersión del nivel LAeq, T frente a los valores de la temperatura ambiental, así mismo se incluye la recta de regresión que los correlaciona.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

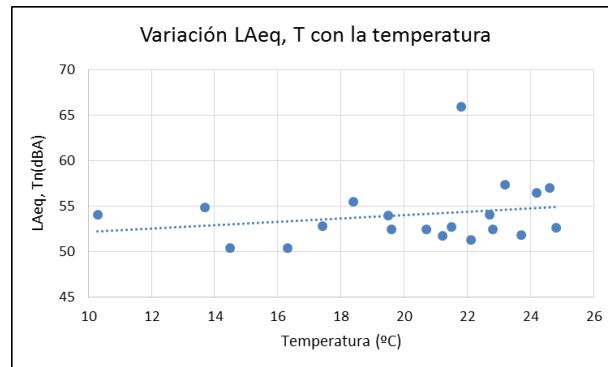


Figura 8: Diagrama de dispersión del LAeq, T frente a la temperatura ambiental.

Y cuya recta de regresión ajustada, con un nivel de confianza del 95%, es ahora:

$$LA_{eq, T} = [0,183 \pm 0,201] \cdot T + [50,3 \pm 4,1]$$

Con un coeficiente de determinación: $R^2 = 0,0439$

Y un error estándar de la estimación: $SE(\hat{y}) = 0,77$

Por último, en la Figura 9 se representa el diagrama de dispersión del nivel LAeq, T frente a los valores de la velocidad media del viento y la recta de regresión que los correlaciona.

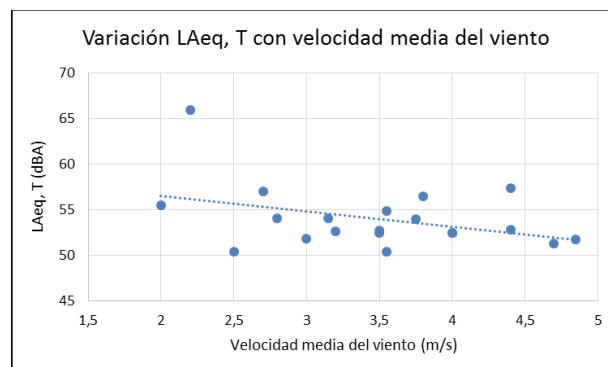


Figura 9: Diagrama de dispersión del LAeq, T frente a la velocidad media del viento.

En este caso la recta de regresión ajustada, con un nivel de confianza del 95%, ahora es:

$$LA_{eq, T} = [-1,695 \pm 0,943] \cdot V_m + [59,9 \pm 3,4]$$

Con un coeficiente de determinación: $R^2 = 0,1523$

Y un error estándar de la estimación: $SE(\hat{y}) = 0,73$

De la observación de las pendientes de las tres rectas de regresión se desprende que todas ellas son compatibles con cero, y por tanto independientes de las tres variables meteorológicas (humedad relativa, temperatura y velocidad media del viento).

Pero además de los datos de estos tres ajustes: con unos coeficientes de determinación R^2 con valores muy próximos a cero: (0,0382; 0,0439 y 0,1523), y unos errores estándar de la estimación $SE(\hat{y})$ alejados de cero: (0,77; 0,77 y 0,74) también confirman que estas variables meteorológicas no muestran ninguna tendencia frente al nivel de ruido y que por tanto estos parámetros no han tenido ninguna influencia en el paisaje acústico del campus.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

1.1. Mapa ambiental de ruido

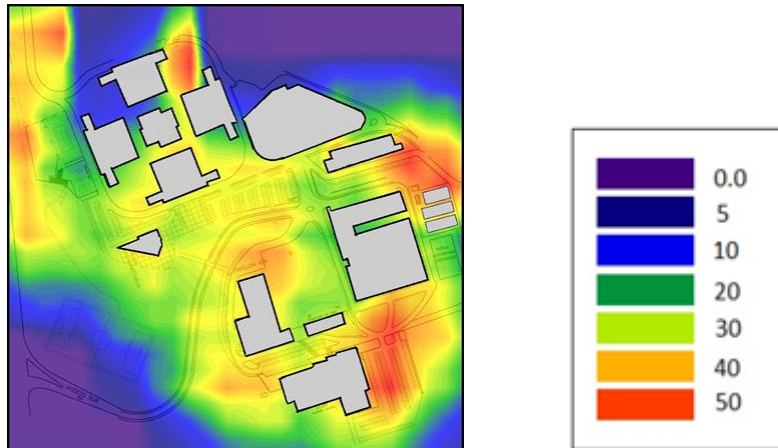


Figura 10: Un mapa acústico del campus, con leyenda de niveles sonoros en dBA.

En la Figura 10, se muestra el mapa de ruido elaborado con Sigmaplot y los valores equivalentes medidos en los 25 puntos de muestreo. Se observan por colores las zonas con niveles de ruido más bajos (color azul) inferiores a los 10 dBA, y los más altos (color rojo), pero que en cualquier caso se corresponden con niveles alrededor de los 50 dBA, inferiores a los 60 dBA que sería el límite que el RD-1367/2007 [9], marca para este tipo de emplazamientos.

Conclusión

El análisis de los resultados muestra que el Campus Universitario de La Rábida, está sometido a unos niveles de ruido inferiores a los 60 dBA, que es el nivel equivalente objetivo de calidad acústica que prevé la legislación para este tipo de sectores del territorio, y por tanto un ambiente acústico muy aceptable para el tipo de actividades docentes que se desarrollan en el mismo.

Estos niveles sólo superan, muy puntualmente y de forma momentánea, los valores acústicos que podrían intervenir en el confort de alumnos y profesionales que realizan sus actividades en el campus. Por ello no es necesario proponer, ningún plan de acción para corregir su ambiente acústico.

La pequeña diferencia global entre el nivel equivalente y ruido de fondo, que globalmente es de 2,67 dBA, muestra que las fuentes de ruido son muy poco impulsivas, manteniendo unos niveles constantes y suficientemente bajos.

También se puede afirmar que las variables meteorológicas no tienen ninguna influencia en la propagación del ruido dentro del campus, y por tanto, en el ambiente acústico de éste.

La conclusión final es que el diseño del campus, acústicamente fue acertado, al haberse construido sus edificios suficientemente alejados de la carretera autonómica A-5055, que se puede considerar que es la principal fuente de ruido de la zona.

Referencias

- [1] WHO, "Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe," World Health Organization, Copenhagen, Denmark, 2011.



FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

- [2] V. Franco García, D. Garraín Cordero and R. Vidal, "Methodological proposals for improved assessments of the impact of traffic noise upon human health," *The International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 15, no. 8, pp. 869-882, 2010.
- [3] K. Rauf , H. Hossieni , S. Ahmad , H. Ali y H. Kawa , «Study of the Improvement of Noise Pollution in University of Sulaimani in both New and Old Campus,» *Pollution Effects & Control*, vol. 3, nº 3, pp. 141-143, 2015.
- [4] O. Obot y S. Ibanga, «Investigation Of Noise Pollution In The University,» *International Journal of Engineering Research & Technology*, vol. 2, pp. 1375-1385, 2013.
- [5] Universidad de Huelva, «Memoria de Responsabilidad Social,» Huelva, 2010-2011.
- [6] R. Sánchez-Sánchez, J. Fortes Garrido and J. Bolivar Raya, "Characterization and Evaluation of Noise Pollution in a Tourist Coastal Town," *Applied Acoustic*, vol. 95, no. August 2015, pp. 70–76, 2015.
- [7] ISO 1996-1, "Acoustics -- Description, measurement and assessment of environmental noise -- Part 1: Basic quantities and assessment procedures," International Organisation for Standardization, 2003
- [8] ISO 1996-2, "Acoustics -- Description, measurement and assessment of environmental noise -- Part 2: Determination of environmental noise levels," International Organisation for Standardization, 2007
- [9] RD: 1367, "RD 1367/2007, of 19 October, by which develops the law 37/2003 of November 17, on noise. With regard to acoustic zoning, quality objectives and acoustic emissions", 2007