



EVALUACIÓN DEL RUIDO DE TRÁFICO DE UN NUEVO PUENTE EN CADIZ (SPAIN)

Torres Tocino, Juan², Hernández-Molina, Ricardo¹, Nava Baro, Enrique²,

Gey Flores, Ricardo¹, Cueto Ancela, José Luis¹

¹Acoustics Engineering laboratory, University of Cádiz

{ricardo.hernandez@uca.es; ricardo.hey@uca.es}

²Department of Communication Engineering, University of Málaga, Málaga, Spain

juan.torres.cadiz@hotmail.com; en@uma.es

Resumen

En este trabajo, se evalúa el impacto del ruido del tráfico en la zona urbana cerca del puente de reciente apertura llamado "Constitución de 1812" en la ciudad de Cádiz (España) y se proponen algunas medidas de mitigación. Este puente es una impresionante obra de ingeniería y un nuevo punto de referencia en el horizonte de la Bahía de Cádiz y se ha construido para mejorar la movilidad desde y hacia la ciudad, conectando con tres importantes avenidas de la ciudad y el aumento del tráfico por carretera en determinados momentos del día.

El estudio se basa en las mediciones de campo llevadas a cabo entre septiembre y noviembre del 2015, en la evaluación de ruido antes y después de la apertura del tráfico del puente, se discrimina entre el tráfico pesado y ligero.

Palabras clave: El tráfico urbano por carretera, monitoreo de ruido, Ruido Urbano

Abstract

In this paper, the impact of traffic noise on the urban area close to the newly opened bridge named 'Constitution of 1812' in the city of Cadiz (Spain) is evaluated and some mitigation measured are proposed. This bridge is a impressive engineering work and a new landmark in the skyline of the Bay of Cadiz and it has been constructed to improve mobility from and to the city, connecting with three major avenues of the city and increasing road traffic at certain times of the day.

This study includes field measurement and simulation-based noise assessments before and after traffic opening of the bridge on September 2015, discriminating between heavy and light traffic, using noise mapping software.

Keywords: Urban road traffic, noise monitoring, noise levels, noise mapping, Urban noise.

PACS: 43.50.Lj 43.50

1. Introducción

El ruido de tráfico es uno de los principales emisores de ruido en áreas urbanas. Las grandes infraestructuras viarias también están consideradas, en sí mismas, uno de los principales emisores a tener en cuenta en la evaluación de la contaminación acústica en las aglomeraciones, en tanto que influyen en los planes de movilidad urbana [1][2]. El principal objetivo de este artículo es analizar el impacto acústico que puede generar una infraestructura viaria de esta naturaleza sobre un área concreta de una aglomeración definida como área urbana consolidada [Fig.1-2].

El caso de estudio se centra en el Término Municipal de Cádiz, cuyo principal obstáculo es la falta de suelo urbanizable que permita su desarrollo urbanístico, limitando las soluciones inherentes a las propuestas de movilidad y cambios de uso y/o modificaciones puntuales que el Ayuntamiento pueda desarrollar en su Plan General de Ordenación [3].

Infraestructura existente

La infraestructura de transporte existente en la ciudad de Cádiz es consecuencia de la propuesta de movilidad y de los flujos de tráfico rodado soportados en la misma [4] El término municipal de Cádiz posee una morfología característica constituida por un istmo que une la parte interior de la ciudad con el resto de su entorno geográfico.



Figura 1 Localización del Pte. de la Constitución y Término Municipal de Cádiz

Flujo principal

El conjunto de vías que permiten la penetración al término municipal de Cádiz hasta su parte antigua, es lineal y está constituida por tramos prácticamente paralelos. La conexión con el resto de la Bahía se realiza mediante dos vías de acceso:

Puente José León de Carranza. Infraestructura que soporta la vía de acceso a la ciudad perteneciente a la N-443, que une Cádiz con Puerto Real procedente de Sevilla, Jerez de la Frontera y El Puerto de Santa María. Dicho tramo cuenta con una zona central móvil para el paso de buques hacia la base de Carraca y los astilleros de San Fernando.

La longitud total del puente incluyendo tanto tramos móviles como fijos es de 1.46 Km. Su altura máxima es de 18 metros y la luz del tramo móvil es de unos 90 metros con dos hojas contrapesadas accionadas hidráulicamente. Originalmente diseñado con dos carriles, en la actualidad cuenta con un tercer carril de uso reversible. Se estima que el flujo de vehículos se encuentra entre los 29.000. El Puente de Carranza canaliza tráficos con origen y destino en las Puertas de Tierra, así como tráfico de pesados con origen y destino en la Zona Franca y en la dársena del mismo nombre.

A-4 (CA-33): Acceso desde Chiclana y San Fernando. Con sección de autovía. Canaliza fundamentalmente tráficos encaminados hacia ambas ciudades y hacia la N-340. Se estima que el flujo de vehículos se encuentra entre los 53.000.

Un gran aporte del tráfico de la ciudad procede principalmente de estas vías de entrada, no obstante existen puntos en el interior de la ciudad que conforman un flujo igualmente importante y que definen y limitan las actuaciones del plan de movilidad urbana en la ciudad. En este escenario, la integración del Puente de la constitución, es sin duda relevante no sólo para el entorno donde se produce, sino que

afecta al flujo de tráfico de toda la Ciudad ya que permite la conexión directa con la red nacional de alta capacidad, permitiendo reducir la saturación de vehículos en los accesos y mejorar los problemas de comunicación con el área metropolitana de la Bahía [5].

El puente de la Constitución de 1812

Este puente es sin duda una gran obra de ingeniería civil [6], que compite con otras similares a nivel mundial y cuyo coste ha superado los 500 millones de Euros. Es un puente atirantado, con 69 metros de gálibo vertical o altura sobre el nivel del mar. La estructura atirantada mide 1.180 metros de longitud, la mayor de España, y que existe una luz libre entre pilonos, o espacio entre las dos torres, de 540 metros. El viaducto se divide en cuatro partes: los accesos a Cádiz y Puerto Real, el tramo atirantado y el tramo desmontable. Una parte que consta de 150 metros de longitud y que permitirá el paso de embarcaciones de grandes dimensiones[Fig2].

Los pilonos que sustentan los 176 tirantes de acero alcanzan los 185 metros de altura, con una longitud de tres kilómetros de largo, cinco si se cuentan los tramos de Cádiz y Puerto Real con 36 metros de ancho dispone de dos carriles por sentido y uno reservado para el transporte público [7].

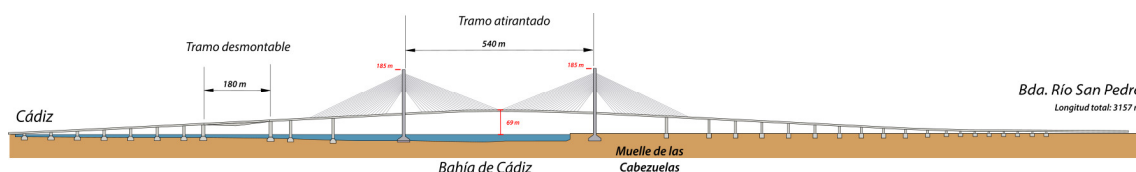


Figura 2, Puente de la Constitución de 1812 “La Pepa” Fuente: Ministerio de Fomento

Este puente se ha convertido en la tercera vía de acceso a la ciudad, su objetivo es reducir el flujo de tráfico que entra y sale de la misma por las vías de penetración ya existentes, para ello cuenta con 6 carriles que dirigen el acceso a la ciudad desde Sevilla, Jerez de la Frontera, Puerto Real y el Puerto de Santa María, canalizando principalmente el tráfico con origen y destino al Casco Antiguo y Norte de las Puertas de Tierra, así como el tráfico de pesados de la dársena de Cádiz.

El área de estudio de este trabajo se centra en la confluencia de esta infraestructura con la Ciudad [Fig3], la cual se produce en un “Sector del territorio con predominio de suelo de uso residencial”[8] [9]. La Glorieta está situada entre la avenida de la Bahía y las de las Cortes de Cádiz, en la barriada de la Paz. Los carriles con origen y destino en el puente discurren directamente desde el centro de la glorieta con el objetivo de dar más fluidez al tráfico de acceso. Esta Glorieta, se ha visto profundamente remodelada con el fin de resolver el flujo de tráfico que accede a la ciudad por esta nueva vía y canalizarlo a través de las vías secundarias al resto de la Ciudad, de esta forma se pretende equilibrar los flujos de entrada y salida con las vías ya existentes.

2. Material y método

En la realización de este estudio, el Laboratorio de Ingeniería Acústica de la Universidad de Cádiz ha empleado el sistema de monitorado semipermanente Brüel & Kjaer para el analizador 2260 (T1), el cual incorpora un micrófono prepolarizado modelo 4189 con cubierta para intemperie. En las verificaciones de calibración se empleó el pistófono modelo 4231. Para la campaña de muestreo y registro sonoro se empleó el sonómetro integrador 2270 de Brüel & Kjaer (T1). Para las verificaciones de las condiciones meteorológicas se han tenido en cuenta los datos facilitados por el Servicio meteorológico de la zona (Velocidad del viento: m/s; Dirección del viento) junto con el medidor de condiciones ambientales Velocical Plus 8386A-M-GB, (Temperatura: °C; Humedad: %; y Presión

atmosférica: mb.). En el tratamiento y análisis de los datos se han empleado los programas Evaluator 7820, Matlab y el Pulse Reflex

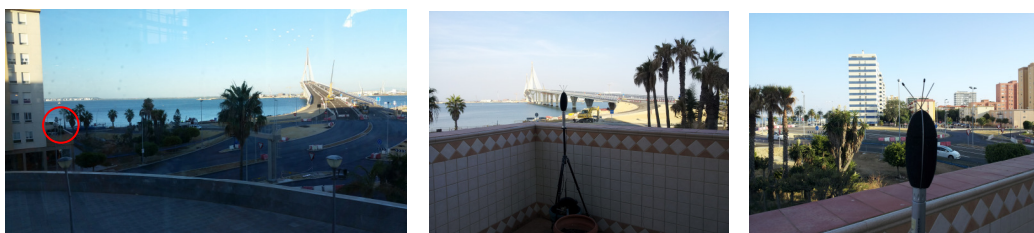


Figura 3; Enlace del Puente con la Ciudad, Glorieta y punto de medida.

Para la generación de los modelos acústicos se están utilizando el Software de predicción Acústica CADNA-A Full Estándar Package / Calc XL junto con la plataforma de información geográfica ArcGIS 10.0. SP5 empleando la aplicación ModelBuilder incluida en ArcGIS Desktop. Como parte del Plan de acción contra el ruido se pretende integrar y actualizar los resultados obtenidos, en el mapa estratégico de ruidos de la Ciudad[10].

En la planificación y realización del estudio se han tenido como marco normativo de referencia las legislaciones Europea [11], Nacional [12] y Autonómica [9] que son de aplicación en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental [13] y zonificación acústica[8], objetivos de calidad, emisiones acústicas y vigilancia ambiental [14].

En la planificación y realización de los ensayos se ha seguido la sistemática establecida en normas internacionales relativas a la descripción y medida de ruido ambiental [15] [16.] con el fin de obtener los datos de una manera estandarizada.

Caracterización temporal

Una vez definida el área de estudio y con el objeto de caracterizar en primera instancia del estado de contaminación acústica existente [17] se decidió llevar a cabo dos campañas de medida. Cada una de una semana de duración en continuo tomado registros periódicos cada cinco minutos. De tal manera que pudiera analizarse el impacto acústico [18] tanto en días laborables como festivos en sus diferentes intervalos temporales día, tarde y noche.

El equipo de medida se situó en una terraza correspondiente a un primer piso del edificio más cercano a la zona de incorporación del puente y situado frontalmente a la Glorieta [Fig. 3], se encuentra a 4 metros de altura en la fachada más expuesta su posición garantiza que los valores de ruido obtenidos se han obtenido en campo libre. El equipo se configuro con un rango de medida entre 21,4 y 101,4 dB, con un ancho de banda de 1/3 de octava y con registros de pico sobre los 65 dB. Las ponderaciones para las medidas en banda ancha fueron: temporales (S,F,I); frecuenciales (A y C). Para las estadísticas en banda ancha F y A respectivamente y para las medidas en octavas F y L respectivamente.

La primera campaña de medidas se llevo a cabo durante el mes de septiembre del 2015, entre los días 09 y 17 de ese mes, obteniéndose un total de 2.307 registros. Estas mediciones fueron realizadas una semana antes de que el puente fuera inaugurado el 24 de septiembre y por tanto nos dan una idea muy aproximada del ambiente acústico existente en la zona, cuyos focos principales de ruido eran el tráfico existente en ese momento y la maquinaria civil que interviene en la finalización de las obras del puente.

La segunda campaña de medidas se llevo a cabo durante el mes de Noviembre del 2015, entre los días 14 y 22 de ese mes, obteniéndose un total de 2307 registros. Estas mediciones fueron realizadas dos meses después de la entrada en funcionamiento del puente de la “Pepa”. Durante las mediciones se pudo comprobar que de los seis carriles que dispone la infraestructura solo cuatro están abiertos, los dos destinados al transporte público no se encuentran aún en funcionamiento. Según los datos facilitados por el propio Ministerio de Fomento [19], en las fechas en que se realizaron las mediciones la intensidad media de vehículos en el puente de la Constitución era de 17.830 en días laborables.

En esta fase del Proyecto se procedió de forma simultánea al estudio y muestreo de datos de tráfico durante los distintos intervalos temporales (día, tarde y noche) de cada uno de los días de medida. A la vez se recopilaban datos en cada uno de los semáforos situados en la Glorieta y que regulan el tráfico en la zona. Esto nos permite analizar el flujo del tráfico y su distribución a los diferentes puntos de la Ciudad.



Figura 4, Glorieta con los puntos de muestreo y posición del equipo de medida

En el área de estudio, la velocidad máxima de los vehículos es de 40 Km/h. El pavimento está constituido por asfalto drenante pero no tiene propiedades fonoabsorbentes.

Tabla 1, Conteo de vehículos (Autobuses, Camiones; Vehículos ligeros, Motos)

Conteo vehiculos en la Glorieta		Av. Cortes -> Rotonda				Av. Huelva -> Rotonda				Av. Bahía -> Rotonda				C/América -> Rotonda				Rotonda -> Puente																			
		Cortes-Rot		Rot-Cortes		Huelva-Rot		Rot-Huelva		Bahía-Rot		Rot-Bahía		América-Rot		Rot-América		Rot-Puente																			
		Pesados	Ligeros	Pesados	Ligeros	Pesados	Ligeros	Pesados	Ligeros	Pesados	Ligeros	Pesados	Ligeros	Pesados	Ligeros	Pesados	Ligeros	Pesados	Ligeros																		
Fecha	Interv. Horario	A	C	V	M	A	C	V	M	A	C	V	M	A	C	V	M	A	C	V	M	A	C	V	M												
14/11/2015 (sábado)	13:43-14:13	8	4	343	28	4	3	362	38	3	0	82	10	3	0	169	18	0	0	177	24	0	0	252	20	0	0	32	9	0	0	43	8	4	3	271	4
14/11/2015 (sábado)	19:59-20:29	5	1	346	19	4	0	240	20	3	0	85	6	2	0	188	12	0	0	130	19	0	0	154	22	0	0	26	5	0	0	37	1	2	1	178	3
14/11/2015 (sábado)	23:31-00:01	0	0	108	9	4	1	75	9	4	0	27	7	0	0	55	6	0	0	34	6	0	0	26	11	0	0	4	1	0	0	12	3	0	0	75	0
15/11/2015 (domingo)	13:38-14:08	8	1	235	30	4	0	246	23	3	0	72	11	2	0	91	18	0	0	143	19	0	0	185	13	0	0	22	9	0	0	14	10	5	1	192	15
15/11/2015 (domingo)	23:31-00:01	2	0	42	3	2	0	37	3	2	0	15	3	2	0	20	4	0	0	15	2	0	0	11	3	0	0	1	0	0	0	3	2	0	0	30	1
16/11/2015 (lunes)	13:29-13:59	5	22	321	51	4	22	184	21	3	0	172	30	3	0	144	25	0	0	136	10	0	2	125	37	0	0	19	14	0	1	22	11	1	26	297	10
16/11/2015 (lunes)	19:08-19:38	2	4	251	40	2	4	253	30	2	1	84	9	2	1	148	15	0	0	157	15	0	0	171	23	0	0	21	8	0	0	46	5	0	4	220	13
16/11/2015 (lunes)	23:12-23:42	2	1	45	13	3	2	44	8	2	0	16	0	2	0	17	4	2	0	20	2	2	0	19	4	0	0	8	0	0	0	5	2	0	0	23	3
17/11/2015 (martes)	10:04-10:34	3	17	168	17	3	22	277	13	3	0	66	14	3	2	95	10	2	0	62	12	3	2	98	9	0	0	28	5	0	0	16	11	0	13	109	3
17/11/2015 (martes)	13:15-13:45	5	21	340	48	5	25	262	27	3	1	89	21	3	0	146	31	0	0	146	27	0	1	166	28	0	1	21	9	0	2	31	7	1	19	275	18
17/11/2015 (martes)	19:35-20:05	4	5	314	33	3	2	237	24	2	1	77	15	3	0	156	16	0	0	155	16	0	0	158	18	0	0	39	4	0	0	21	12	1	4	182	6
17/11/2015 (martes)	23:00-00:00	2	0	53	10	2	1	56	14	2	0	24	7	2	0	33	4	1	0	21	3	0	0	14	1	0	0	7	2	0	0	9	1	0	0	39	2
18/11/2015 (miércoles)	13:15-13:45	5	16	313	43	3	13	251	36	2	0	81	14	3	0	132	23	1	0	141	18	1	2	169	24	0	1	22	10	0	1	25	12	1	8	204	10
18/11/2015 (miércoles)	19:20-19:50	3	6	348	29	3	6	275	33	2	0	66	10	3	0	140	18	0	0	161	13	0	0	174	21	0	0	35	4	0	0	44	3	0	6	199	6
19/11/2015 (jueves)	10:14-10:44	3	8	176	17	3	6	293	19	2	1	61	7	3	0	113	14	1	0	58	9	0	0	84	7	0	8	110	2	0	0	21	6	0	0	13	9
19/11/2015 (jueves)	13:52-14:23	5	3	371	45	6	11	301	40	3	0	125	15	3	0	173	18	3	0	125	15	3	0	174	17	0	0	19	9	0	0	32	22	0	4	258	18
19/11/2015 (jueves)	19:04-19:34	5	6	379	25	3	6	282	28	3	0	83	8	3	1	144	19	0	0	159	17	0	0	172	22	0	0	30	2	0	0	27	7	2	8	245	9
20/11/2015 (viernes)	10:08-10:38	4	6	210	22	3	9	316	25	2	0	74	9	4	0	103	13	2	0	71	13	2	0	104	9	0	0	21	11	0	0	14	8	0	4	136	4
20/11/2015 (viernes)	13:38-14:08	7	7	399	51	4	11	303	35	3	0	112	20	2	0	157	14	1	0	132	19	0	1	168	22	0	0	36	18	0	1	14	6	1	10	289	16
20/11/2015 (viernes)	19:38-20:08	5	4	391	41	3	11	340	31	3	0	86	20	4	2	211	25	0	0	178	23	0	0	188	26	2	4	181	11	0	0	36	10	0	0	41	3
20/11/2015 (viernes)	23:09-23:39	3	5	107	18	3	3	88	16	3	0	32	6	2	0	63	13	0	0	22	4	0	0	19	3	0	0	16	1	0	0	6	4	1	5	68	1

3. Resultados y discusión.

Dado que el área de confluencia entre el puente de la Constitución y la ciudad está definida como área acústica tipo “a”, *Sector del territorio con predominio de suelo de uso residencial*, los Objetivos de Calidad Acústica (OCA) para ruido aplicables a áreas urbanizadas existentes[8] son respectivamente de 65 dBA para los periodos día y tarde (Ld y Le), y de 55 dBA para el periodo nocturno (Ln). Los intervalos temporales de evaluación son para el periodo día de 07:00 a 19:00 horas para el periodo día (12 horas), de 19:00 a 23:00 horas para el periodo tarde (4horas) y de 23 a 07:00 horas para el periodo noche (8 horas).

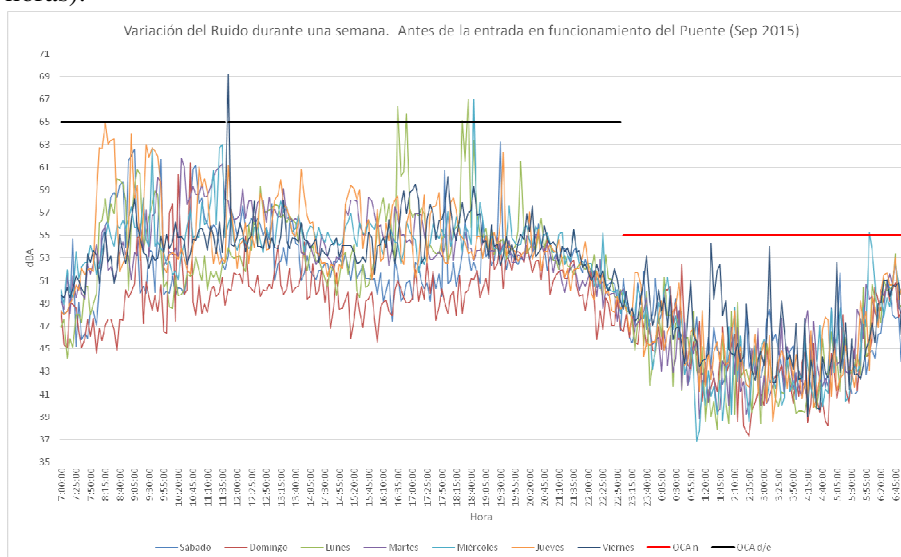


Figura 5, Variación de los niveles de ruido diarios. Estado Pre-operacional

Tras el análisis de los datos obtenidos se observa [Fig.5], que los valores a lo largo de la semana de medición previa a la entrada en funcionamiento de esta infraestructura, los valores de ruido se encuentra por debajo de los OCA, oscilando entre los 64 dBA y los 48 dBA durante el día, entre los 57 dBA y los 48 dBA durante la tarde y los 54 dBA y los 39 dBA durante el periodo noche. Se puede comprobar que la existencia de picos por encima de los 65 dBA durante el periodo diurno corresponde a la maquinaria de las obras del puente existentes en la zona durante la semana de mediciones.

Tras promediar estos datos y ordenarlos en función de los tres intervalos temporales, hemos obtenido los valores correspondientes al Ld, Le, Ln y Lden respectivamente tal como se muestra en la tabla[2]. En la Fig. 6, se observa cual es la variación de estos valores a lo largo del periodo de medida

Indicadores	Ld	Le	Ln	Lden
Jueves	57,14	53,70	46,70	57,31
Viernes	55,70	53,72	47,67	57,03
Sábado	54,55	53,71	46,41	56,15
Domingo	50,80	51,65	45,72	54,17
Lunes	56,50	53,84	45,99	56,84
Martes	56,10	52,76	46,19	56,45
Miércoles	55,89	53,90	46,77	56,83

Tabla 2, Principales indicadores

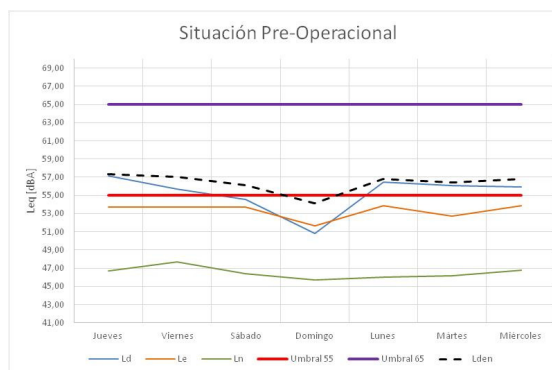


Figura 6, Variación temporal en situación Pre-operacional

Estos datos nos demuestran que en la situación previa a la apertura del puente de la Constitución, los valores registrados son relativamente bajos, indicando un flujo de tráfico reducido que apenas tiene incidencia sobre las fachadas más expuestas de los edificios existentes en la zona. Si bien como consecuencia de la finalización de las obras de remodelación de la Glorieta se han detectado picos durante el periodo diurno, que podrían haber causado molestias derivadas de la maquinaria civil presente en las obras. El tráfico en esta situación está estimado entre los 19.000/ 23.000 vehículos/día.

A continuación y en relación con los valores obtenidos una vez que el puente estaba en funcionamiento [Fig.7], (estado operacional), se comprueba que los valores de ruido se encuentra por debajo de los OCA correspondientes a un área acústica tipo “a”, oscilando entre los 65 dBA y los 53 dBA durante el día, entre los 61 dBA y los 52 dBA durante la tarde y los 54 dBA y los 39 dBA durante el periodo noche. Se puede comprobar que la existencia de picos por encima de los 65 dBA durante el periodo diurno que corresponden a la presencia de maquinaria de las obras de remodelación del Paseo marítimo que discurre por debajo del puente existentes en la zona durante la semana de mediciones. Durante el periodo nocturno también se observan valores superiores a los 55 dBA de manera ocasional entre las 23:00 y las 01:00 horas, fundamentalmente

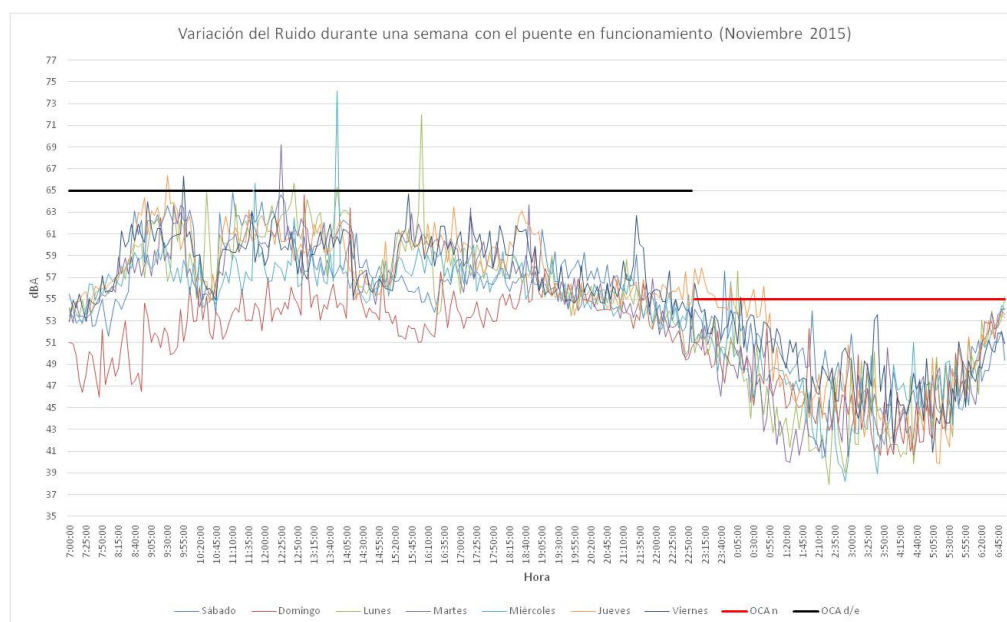


Figura 7, Variación de los niveles de ruido diarios. Estado Operacional

Tras promediar estos datos y ordenarlos en función de los tres intervalos temporales, hemos obtenido los valores correspondientes al Ld, Le, Ln y Lden respectivamente tal como se muestra en la tabla. En la Fig. 8, se observa cual es la variación de estos valores a lo largo del periodo de medida

Tabla 2, Principales indicadores

Indicadores	Ld	Le	Ln	Lden
14/11/2015	59,4	56,8	49,8	60,0
15/11/2015	54,2	54,5	48,2	57,0
16/11/2015	60,4	55,0	48,3	59,7
17/11/2015	59,7	54,7	47,9	59,2
18/11/2015	58,8	55,2	48,7	59,0
19/11/2015	60,2	55,8	51,0	60,6
20/11/2015	59,8	56,4	50,2	60,2

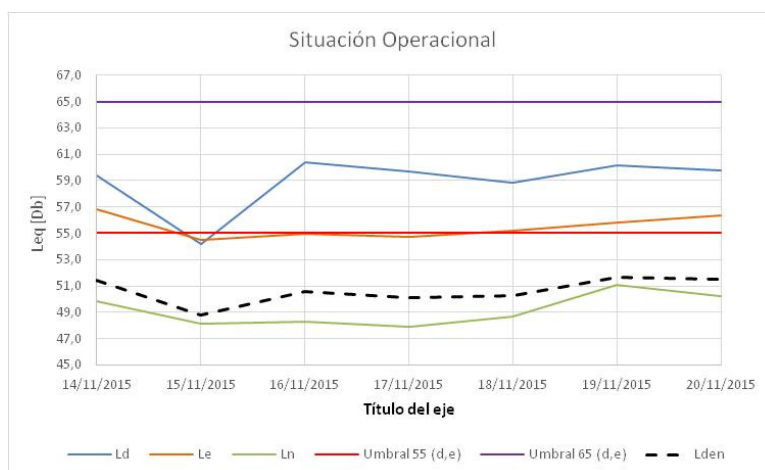


Figura 8, Variación temporal en situación Operacional

Estos datos nos demuestran que una vez abierto el puente, dos meses concretamente la situación acústica a cambiado, pero quizás no como se podría esperar, con un aumento tan considerable del ruido como consecuencia del nuevo aporte de tráfico a la zona (entre un 35/45%) y tras la remodelación de ésta, para superar los Objetivos de Calidad Acústica dentro del área de afección.

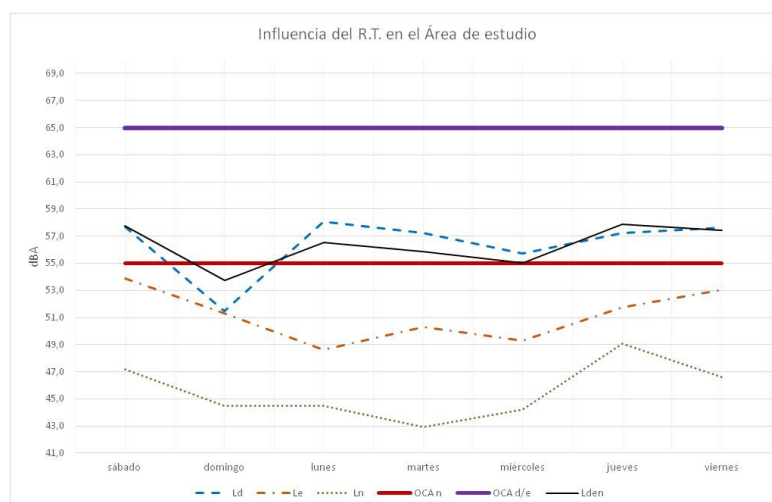


Figura 9, Ruido aportado por la infraestructura (Corregido por ruido de fondo)

Se puede observar [Fig. 9] el aumento de los niveles de ruido aportados por la infraestructura a la zona de influencia. Se representan la variación durante la semana de los indicadores Ld, Le, Ln y Lden. Si bien se encuentran por debajo de los OCA, al compararlas con los datos correspondientes a la situación Preoperacional se comprueba un aumento de los niveles de ruido.

Si analizamos la diferencia (*algebraica*) entre los niveles de ruido medidos antes de la apertura del puente y los obtenidos una vez puesto en funcionamiento, podemos conocer en qué medida la nueva situación influye en el paisaje sonoro urbano de la zona de Influencia. Estas diferencias nos indican el aumento en dBA experimentado y es posible comprobar [tabla 3] que oscilan entre 1,1 dBA y 4,9 dBA según el intervalo temporal y el día evaluado.

Tabla 3, Ruido aportado por la infraestructura

		Operacional	Pre-Operacional	Ruido Aportado	Diferencia	
		14 11 2015	12 09 2015		O-Pre	Ap-Pre
(sábado)	Ld	59,4	54,5	57,7	4,9	3,1
	Le	56,8	53,7	53,9	3,1	0,2
	Ln	49,8	46,4	47,1	3,4	0,7
	Ld,e,n	60,0	56,2	57,7	3,9	1,6
		15 11 2015	13 09 2015			
(domingo)	Ld	54,2	50,8	51,5	3,4	0,7
	Le	54,5	51,6	51,3	2,9	-0,3
	Ln	48,2	45,7	44,5	2,4	-1,2
	Ld,e,n	57,0	54,2	53,7	2,8	-0,5
	16 11 2015	14 09 2015				
(lunes)	Ld	60,4	56,5	58,1	3,9	1,6
	Le	55,0	53,8	48,6	1,1	-5,2
	Ln	48,3	46,0	44,5	2,3	-1,5
	Ld,e,n	59,7	56,8	56,6	2,9	-0,3
	17 11 2015	15 09 2015				
(martes)	Ld	59,7	56,1	57,2	3,6	1,1
	Le	54,7	52,8	50,3	2,0	-2,4
	Ln	47,9	46,2	42,9	1,7	-3,3
	Ld,e,n	59,2	56,4	55,9	2,7	-0,6
	18 11 2015	16 09 2015				
(miércoles)	Ld	58,8	55,9	55,7	2,9	-0,2
	Le	55,2	53,9	49,3	1,3	-4,6
	Ln	48,7	46,8	44,2	1,9	-2,5
	Ld,e,n	59,0	56,8	55,1	2,2	-1,8
	19 11 2015	10 09 2015				
(jueves)	Ld	60,2	57,1	57,2	3,0	0,1
	Le	55,8	53,7	51,7	2,1	-2,0
	Ln	51,0	46,7	49,1	4,3	2,4
	Ld,e,n	60,6	57,3	57,9	3,3	0,5
	20 11 2015	11 09 2015				
(viernes)	Ld	59,8	55,7	57,7	4,1	2,0
	Le	56,4	53,7	53,0	2,7	-0,7
	Ln	50,2	47,7	46,6	2,5	-1,0
	Ld,e,n	60,2	57,0	57,4	3,2	0,4

Si se observan los valores expresados en la tabla se comprueba que la mayor diferencia se encuentra los sábados durante el periodo día. Pensamos que esto puede tener su explicación en la existencia de un importante centro comercial dentro de la zona de influencia. Lo mismo ocurre esos días en el periodo tarde. Parece coincidir con los horarios de esta actividad.

Si analizamos en que días se observan mayores diferencias para el periodo nocturno, se observa que tienen lugar los jueves con valores que alcanzan los 4,3 dBA seguido de los sábados con valores de 3,4 dBA de diferencia.

Si analizamos la diferencias de ruido entre los valores realmente aportados por la actividad y los existentes antes de que ésta entrara en funcionamiento, nos llama la atención que obtenemos algunos valores negativos, sobre todo en periodo tarde y noche. Pensamos que estos valores indican que existen periodo del día en los que el tráfico del puente prácticamente no aporta más ruido al paisaje sonoro del que ya existía en aquel momento, y también que es obvio que el flujo de tráfico en el puente es muy bajo en esos momentos.

Conclusiones

A la vista de los datos obtenido la principal conclusión de este trabajo, es que como consecuencia de la incorporación del puente de la Constitución a la ciudad de Cádiz, en el área que le es de influencia, no se observa dos meses después de su apertura, afección acústica por ruido de tráfico. Como consecuencia de lo cual se puede determinar el cumplimiento de los objetivos de calidad acústica dentro del área acústica tipo “a”, *Sector del territorio con predominio de suelo de uso residencial.*

Al correlacionar los datos del número de vehículos (contados) y los niveles de ruido obtenidos se comprueba que el tráfico en esa zona es relativamente bajo y muy fluido. Esto último puede ser debido a una correcta sincronización de los semáforos que agiliza la movilidad en esa zona.



Si bien es necesario recordar que, en el momento del estudio, no se encontraban en funcionamiento los carriles destinados al tráfico de transporte público interprovincial. Otra causa que puede influir en estos resultados es el hecho de que el rendimiento de la tercera vía de acceso aún se encuentra por debajo de la capacidad de tráfico con respecto a las otras dos, especialmente con el puente de Carranza. Éste si bien ha sufrido un descenso en el volumen de tráfico (se estima que del orden del 40%) aún supera al existente en el puente de la Constitución (con unos 17.830 vehículos de intensidad media en días laborales).

Estas conclusiones nos llevan a determinar que será necesario complementar este trabajo en el futuro incorporando al mismo los flujos de tráfico cuando se encuentre al máximo rendimiento y los resultados de los modelos que en estos momentos se están desarrollando en nuestro laboratorio.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento al jefe de la Unidad de Carreteras del Estado en la provincia de Cádiz y C.A. de Ceuta, por su ayuda prestada en la localización de los datos necesarios para la realización de este trabajo y también al personal del Ministerio de Fomento, y de Dragado, UTE puente de Cádiz, que nos los han proporcionado.

Referencias

- [1] Rajiv Bhatia; *Noise Pollution: Managing the Challenge of Urban Sounds*; Earth Journalism Network, 20 May 2014;
- [2] L.C. (Eelco) den Boer, A. (Arno) Schroten; *Traffic noise reduction in Europe*; CE Delft, March 2007
- [3] Hernández-Molina, Ricardo Hernández Molina, Jiménez Pérez Tamara; “*Zonificación y definición de áreas acústicas del término municipal de Cádiz*”. Proceeding Tecniacústica 2009 -40º Congreso Español de Acústica, Encuentro Ibérico de Acústica y Simposio Iberoamericano y Europeo sobre Acústica Ambiental y Edificación acústicamente sostenible; Cádiz , España. 23/25 Septiembre 2009.; ISBN 84-87095-17-3; Revista especial de Acústica; Vol. 40; nº 3-4, año 2009
- [4] *Zonificación y definición de las Áreas acústicas y estudio predictivo de ruido de la revisión del Plan General de Ordenación Urbanística de la Ciudad de Cádiz*; Ayuntamiento de Cádiz Sección Técnica de Planeamiento y Gestión Urbanística; Área de Urbanismo. Laboratorio de Ingeniería Acústica de la Universidad de Cádiz, 2009
- [5] Ministerio de Fomento. Oficina de información, *Notas de Prensa*, Madrid 25 de septiembre del 2015
- [6] El proyecto es un diseño del ingeniero Javier Manterola ejecutado por la empresa Dragados
- [7] Datos facilitados por el Ministerio de Fomento
- [8] Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, en lo referente a *zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas*
- [9] Decreto 6/2012, de 17 de enero, por el que se aprueba el *Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía*



- [10] *Elaboración del Mapa Estratégico de Ruidos en el Término Municipal de Cádiz* Ayuntamiento de Cádiz Sección Técnica de Planeamiento y Gestión Urbanística; Área de Urbanismo. Realizado por el Laboratorio de Ingeniería Acústica de la Universidad de Cádiz, 2012
- [11] Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo (end) y del consejo de 25 de junio de 2002 sobre *evaluación y gestión del ruido ambiental*
- [12] Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido
- [13] Real *Decreto* 1513/2005, de 16 de diciembre, en lo referente a la *evaluación y gestión del ruido ambiental*
- [14] Ley 7/2007, de 9 de julio, de *Gestión Integrada de la Calidad Ambiental*
- [15] The International Standard, ISO 1996-1:1982: Acoustics- *Description and measurement of environmental noise- Part1: Basic quantities and procedures.*
- [16] The International Standard, ISO 1996-2:1987/Amd. 1:1998: Acoustics- *Description and measurement of environmental noise Part2: Acquisition of data pertinent to the land use*
- [17] R. Hernández, S. Rivas y J.L. Cueto. *Análisis y predicción de los niveles de contaminación acústica en áreas urbanas de Cádiz (España)*. Proceeding Tecniacústica Bilbao 2003; ISBN 84-87985-08-4; Revista especial de Acústica; Vol. 34; nº 3-4, año 2003
- [18] J.L. Cueto, F. López, R. Hernández, F. Martínez, D. Sales, R. Gey, *Sistema de gestión ambiental del ruido de las infraestructuras de transporte de Andalucía*
- [19] Unidad de Carreteras del Estado, Ministerio de Fomento, UTE puente de Cádiz Nov. 2015