

# ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE DIFERENTES PARÁMETROS SOBRE LA MEDICIÓN DE EMISIÓN DE RUIDO DE VEHÍCULOS EVALUADA CONFORME A LA NORMA NOM-079-SEMARNAT-1994

Esquivel-Delgado A., Llamas-Llamas O., Loera-Medrano G., y Pérez-Matzumoto A.E.  
Centro Nacional de Metrología  
km 4,5 Carr. a los Cués. Mpio. de El Marqués, Qro.  
Tel (442) 211 05 00, aesquive@cenam.mx

## Resumen

El ruido producido por el tráfico vehicular es considerado como uno de los elementos que más deterioran el ambiente y la convivencia humana. Por esta razón existen varias regulaciones que estipulan requerimientos sobre la emisión de ruido de vehículos. Para certificar un vehículo nuevo en México se sigue el procedimiento dado en la norma NOM-079-SEMARNAT-1994, la cual está basada parcialmente en la norma internacional ISO 362 que fue modificada en 1994 y 1998.

El objetivo principal de este trabajo es mostrar el efecto que tiene la variación de los principales parámetros que marca la norma NOM-079-SEMARNAT-1994 en la medición de la emisión acústica del vehículo del CENAM marca Mercedes Benz modelo Magno del año 2000. Los parámetros estudiados fueron: operador del vehículo, obstáculos en la zona de medición y superficie de rodamiento. La evaluación de estos parámetros fue llevada a cabo midiendo los niveles de presión acústica en la prueba de aceleración para el lado derecho e izquierdo del vehículo en el intervalo de frecuencia de 20 Hz a 20 kHz, para identificar el efecto en frecuencia de los diferentes parámetros. Las distintas pruebas se realizaron tanto en las instalaciones del CENAM y en el Aeropuerto Internacional de Querétaro.

## 1. INTRODUCCIÓN

Factores tales como el crecimiento de la población y de las ciudades, el tráfico, los aviones, la actividad industrial, etcétera, propician día con día un aumento en los niveles de ruido, con el consecuente deterioro de la calidad de vida y de la salud; con consecuencias psicológicas, sociales y económicas para la población.

Por ejemplo, el volumen del tráfico aumenta constantemente, y los mejoramientos relativamente pequeños en los niveles de emisión de ruido de los vehículos son neutralizados o contrarrestados por el aumento en el tráfico; es decir, una opción para reducir los niveles de ruido ambiental es contar con vehículos silenciosos, aunque no es suficiente para lograr la reducción de ruido deseada<sup>4,5</sup>.

Una forma de predecir el ruido causado por el tráfico vehicular es midiendo el nivel sonoro emitido por todos los diferentes modelos de vehículos nuevos. En México, como en varios países, el ruido emitido por varias clases de vehículos nuevos está controlado por pruebas de aprobación o certificación que limitan su emisión. Esta limitación está especificada para vehículos menores y mayores a 3 000 kg en términos del nivel de presión acústica máximo ponderado en A, alcanzado durante una

prueba de aceleración y desaceleración bajo condiciones especificadas en la norma NOM-079-SEMARNAT-1994 (prueba de *pass-by*).

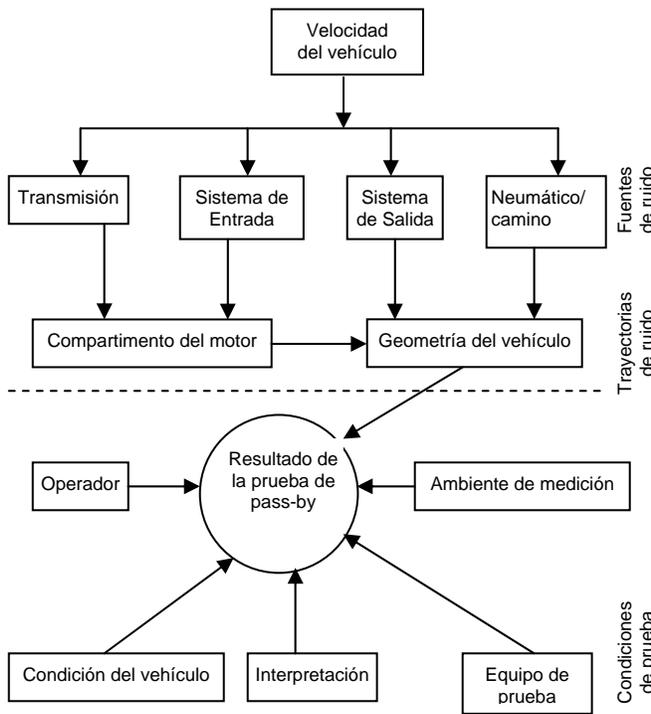
En base a las referencias [1], [2] y [6], los diferentes factores que afectan el resultado de la prueba de *pass-by* son aquellos dados por las fuentes y trayectorias de ruido del vehículo, y por las condiciones de prueba, ver fig 1. El objeto de la prueba de *pass-by* es registrar los niveles de emisión acústica que dependan principalmente del vehículo de prueba (fuentes y trayectorias de ruido) y no precisamente de las condiciones de prueba.

Existen numerosos trabajos dedicados al estudio del efecto que tienen parámetros tales como superficie de rodamiento, operador del vehículo y neumáticos sobre la emisión acústica de los vehículos<sup>3,4,8,10</sup>. Además, otros parámetros importantes que definen las condiciones de prueba son: el operador del vehículo, el ambiente de medición (superficie de rodamiento, obstáculos físicos, etc), la condición del vehículo y el equipo de prueba. El propósito del presente trabajo es evaluar el predominio de tres distintos parámetros de las condiciones de prueba sobre la emisión acústica de un vehículo propiedad del CENAM. En base a las referencias citadas se tiene como premisa que los parámetros propuestos

en este trabajo tienen una influencia significativa sobre la emisión acústica del vehículo, y está será evaluada en el intervalo de frecuencia de 20 Hz a 20 kHz. Estos son:

Operador del vehículo (P1)	Operador 1 (OP1) Operador 2 (OP2)
Superficie de rodamiento (P2)	Asfalto (SR1) Concreto (SR2)
Obstáculos físicos en la zona de medición (P3)	Con 1 obstáculo (OF1) Con 2 obstáculos (OF2)

Este estudio intenta obtener información técnica que pueda ser considerada en una futura revisión de la norma mexicana NOM-079-SEMARNAT-1994.



**Fig. 1** Factores que influyen la prueba de pass-by.

En el caso del parámetro P3, un obstáculo fue ubicado a 7,5 m después del punto de aceleración, y el otro a 7,5 m antes del punto final.

El vehículo usado para la prueba de *pass-by* es un autobús propiedad del CENAM, marca Mercedes Benz modelo Magno del año 2000.

**2. DESARROLLO**

En este apartado se incluyen brevemente los aspectos más relevantes de la norma NOM-079-

SEMARNAT-1994; así como la descripción de la fase experimental y el cumplimiento o desviación de las condiciones de prueba con respecto a las sugeridas en la norma.

En términos generales concuerdan los procedimientos de la norma mexicana y la ISO 362:1981. Las diferencias principales entre la norma mexicana y la ISO 362-1998 (última versión publicada hasta la fecha) se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1.** Principales diferencias entre la norma NOM-079-SEMARNAT-1994 y la ISO 362-1998.

	ISO 362-1998	NOM-079-SEMARNAT-1994
Sitio de prueba	Radio de 50 m y 10 m	Radio de 30 m, ver fig. 2
Pista de pruebas	Asfaltada 3 m x 40 m	Asfaltada de 6 m x 100 m
Posiciones de los micrófonos	7,5 m del centro de la pista	15 m del centro de la pista
Ruido de fondo	15 dB(A) abajo del ruido a medir	10 dB(A) abajo del ruido a medir
No. de mediciones	Al menos 4 de cada lado del vehículo	Al menos 4 de cada lado del vehículo
Valor reportado	Promedio de las mediciones	Promedio de las dos lecturas más altas de cada lado
Categorías de vehículos	En base al número de ruedas	En base al peso bruto vehicular

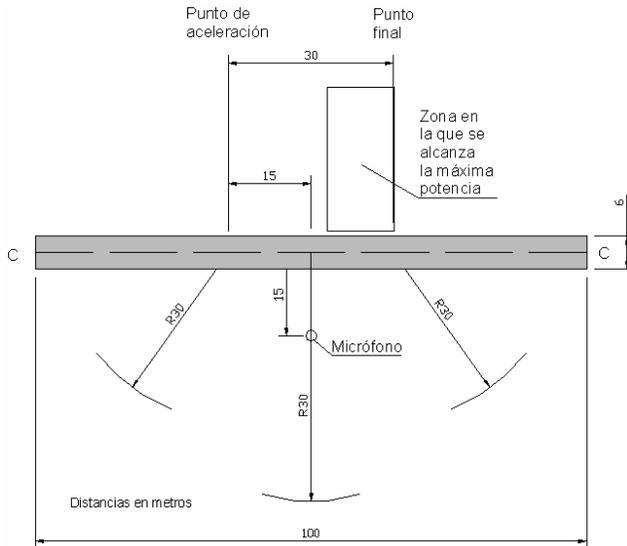
Actualmente la norma ISO 362-1 e ISO 362-2 se encuentran en Draft, las cuales son aplicables a vehículos de pasajeros y de transporte de mercancías de al menos cuatro ruedas, y tres ruedas respectivamente.

**2.1. Norma Mexicana NOM-079-SEMARNAT-1994**

Básicamente esta norma establece cinco aspectos de particular importancia:

- **Categoría de vehículos.** Ver tabla 1.
- **Condiciones generales.** Este punto se refiere a la forma de determinar el engranaje de transmisión a utilizar dependiendo del tipo de vehículo; así como a la preparación del lugar de medición. El lugar de la medición debe ser un espacio abierto con dimensiones mínimas de 60 m, plano, nivelado y libre de superficies reflejantes, ver fig. 2. El terreno circundante a la pista debe estar libre de cualquier clase de objetos que absorban o reflejen el sonido<sup>1</sup>. Ver tabla 1.
- **Instrumentación.** El sonómetro debe cumplir con la norma mexicana NMX-AA-59<sup>7</sup> (ponderación "A" y ponderación temporal "Fast"), y contar con su certificado oficial de calibración. La clase del calibrador acústico debe ser en base a la clase del

sonómetro empleado. El intervalo de medición del anemómetro debe ser de 5 a 50 km/h.



**Fig. 2** Dimensiones del sitio de prueba sugeridas por la norma NOM-079-SEMARNAT-1994 para vehículos mayores de 3 000 kg.

• **Ambiente acústico.** Las mediciones de emisión acústica del vehículo sólo deben llevarse a cabo cuando la velocidad del viento sea menor a 19 km/h<sup>1</sup>. Ver tabla 1.

• **Procedimientos de medición.** Para la prueba de aceleración se aproxima el vehículo al punto de aceleración empleando la velocidad del motor y la relación de engranajes previamente seleccionada, se acelera a fondo cuando el frente del vehículo se encuentre sobre el punto de aceleración, continuándose hasta alcanzar la velocidad de máxima potencia o máxima gobernada del motor dentro de la zona crítica, sin excederse de 56 km/h antes de llegar al punto final. Se considera el frente del vehículo como punto de referencia<sup>1</sup>. Conforme a la norma, se deben realizar al menos cuatro mediciones de cada lado del vehículo.

## 2.2. Condiciones y procedimiento de medición

El procedimiento de medición fue desarrollado conforme a la norma NOM-079-SEMARNAT-1994, para vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3 000 kg, para los cuales se realiza la prueba de aceleración y desaceleración. El análisis de las variables de las condiciones de prueba previamente mencionadas, se llevó a cabo solamente con la prueba de aceleración. Siguiendo el procedimiento sugerido por la norma mexicana, se determinó que se usaría la relación de

engranajes dada por la posición de 3ra. velocidad con dual.

Las mediciones se realizaron en dos distintas áreas: i) dentro de las instalaciones del CENAM, ver fig. 3a, y ii) dentro de las instalaciones del AIQ, ver fig. 3b. El área del CENAM donde se realizaron las mediciones estrictamente no cumple con las especificaciones sugeridas por la norma NOM-079-SEMARNAT-1994 en cuanto al ambiente de medición se refiere (espacio libre de superficies reflejantes). El área del CENAM cuenta con acera a ambos lados de la pista de prueba, y algunos obstáculos (señalamientos, poste de luz y pequeños árboles) dentro de la zona de medición, y un edificio al inicio y otro al final del área de prueba, pero alejados alrededor de 100 m de esta última.

Sin embargo, el área de medición del CENAM si cumple en cuanto a las distancias, y espacio de prueba asfaltado; además, entre la posición del micrófono y su punto de proyección no existe ningún obstáculo físico.

El área del AIQ cumple con las condiciones generales y el ambiente de medición sugerido por la norma, excepto en que el área de medición no es asfaltada, sino de concreto.

Para las mediciones se empleó un analizador de señal y un calibrador acústico clase 1; así como un micrófono de campo libre, el cual es calibrado por comparación en el intervalo de frecuencia de 20 Hz a 20 kHz.

La prueba de aceleración para el vehículo de prueba se desarrolló de la siguiente manera, ver fig. 3:

Pruebas con el lado izquierdo (LI) del vehículo (lado contrario del operador) orientado hacia el micrófono:

- i) El vehículo de prueba se aproximó al punto de aceleración empleando la velocidad del motor y la relación de engranajes previamente determinada (3ra con dual a 1480 rpm aproximadamente);
- ii) Simultáneamente se inician mediciones de las rpm y los niveles de emisión acústica del vehículo de prueba,
- iii) Aproximadamente dos metros antes del punto de aceleración y dos metros después del punto final fueron registradas las rpm del vehículo de prueba y los niveles sonoros, en el intervalo de frecuencia de 20 Hz a 20 kHz;



a) Área de medición dentro del CENAM



b) Área de medición dentro del AIQ

**Fig. 3** Área designada para la prueba de pass-by: a) dentro de las instalaciones del CENAM, b) dentro de las instalaciones del AIQ

- iv) Se registra la velocidad del viento, y las condiciones ambientales (presión atmosférica, temperatura y humedad relativa).

Pruebas con el lado derecho (LD) del vehículo (lado del operador) orientado hacia el micrófono:

- i) El procedimiento es idéntico al anterior sólo que el autobús está avanzando en sentido contrario.

Las mediciones para ambos lados del vehículo de prueba se repiten en cuatro ocasiones, según lo especificado por la norma.

La medición con la variable *P1* fue realizada en el área del CENAM. Y la medición con la variable *P3* fue llevada a cabo en las instalaciones del AIQ. Y la variable *P2* fue evaluada con las mediciones realizadas tanto en las instalaciones del CENAM como en el AIQ, considerando solamente a un operador del vehículo de prueba.

### 3. RESULTADOS

En la tabla 2 se muestran los resultados del nivel sonoro de cada lado del vehículo de prueba en el área de prueba del AIQ. Los valores reportados de cada lado del vehículo son el valor promedio de las dos lecturas más altas (de las cuatro mediciones realizadas) que no difieran en más de 2 dBA, según lo especificado por la norma NOM-079-SEMARNAT-1994. La primera serie de mediciones es realizada conforme a lo especificado por la norma mexicana en cuanto al ambiente de medición. En la segunda y tercera serie de mediciones fue modificado el ambiente de medición al incluir uno y dos obstáculos sobre el área de medición, respectivamente. En todas las mediciones realizadas en el AIQ se empleó el operador del vehículo *OP1*.

La tabla 3 muestra los niveles de emisión acústica del vehículo durante la prueba de *pass-by* en las instalaciones del CENAM. Se realizaron dos series de mediciones con cuatro repeticiones cada una para las dos condiciones del parámetro *P2* (*OP1* y *OP2*).

**Tabla 2.** Niveles sonoros registrados durante la prueba de *pass-by* realizada en el AIQ al autobús marca Mercedes Benz modelo Magno del año 2000.

Frecuencia/ Variable	s/obstáculos		OF1		OF2		Ruido de fondo
	LI	LD	LI	LD	LI	LD	
Hz	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA
20	25,75	28,00	28,03	23,17	24,79	24,38	15,31
25	32,66	34,49	35,20	29,57	33,31	30,06	19,62
31,5	37,08	36,08	36,57	33,93	35,35	33,17	25,24
40	38,87	42,20	38,61	36,19	40,56	36,27	29,21
50	48,48	51,05	48,70	48,53	49,01	48,28	31,45
63	46,36	48,45	38,37	39,47	46,52	36,27	33,40
80	54,46	55,86	54,84	55,34	54,33	56,16	34,76
100	50,19	55,84	50,48	51,58	51,04	51,67	36,01

Frecuencia/ Variable	s/obstáculos		OF1		OF2		Ruido de fondo
	LI	LD	LI	LD	LI	LD	
Hz	dBA						
125	49,71	55,27	49,40	50,80	54,04	51,20	34,34
160	60,49	58,89	59,05	58,24	57,35	58,50	32,20
200	55,39	54,98	54,65	53,95	54,88	55,52	28,84
250	57,45	55,74	57,41	55,30	58,05	55,51	27,68
315	61,34	61,59	61,69	61,84	62,01	61,83	28,31
400	61,00	60,23	60,19	59,77	61,51	60,61	31,61
500	61,08	61,44	61,46	60,41	62,68	60,38	29,75
630	64,86	64,83	65,31	65,43	64,96	65,34	28,62
800	66,45	64,76	65,46	64,75	65,57	64,18	29,14
1 000	67,19	67,76	66,56	67,79	66,94	67,61	29,49
1 250	67,21	66,31	66,79	65,45	66,62	66,10	27,88
1 600	65,60	64,50	65,30	63,50	64,18	63,86	28,74
2 000	67,74	67,45	68,26	68,32	66,16	67,19	22,91
2 500	67,77	65,03	65,08	64,49	64,87	64,78	20,19
3 150	63,87	63,83	63,39	62,82	62,82	63,41	19,78
4 000	60,25	59,91	59,67	59,81	59,51	60,09	19,24
5 000	58,75	58,68	58,52	59,15	58,71	57,69	18,33
6 300	54,90	53,91	55,16	53,70	54,23	53,80	17,19
8 000	51,63	49,86	51,10	48,43	50,39	48,86	15,86
10 000	49,39	46,11	49,46	45,42	49,32	45,42	14,60
12 500	45,09	41,66	44,67	40,11	44,15	42,13	13,40
16 000	38,39	33,64	37,87	32,92	37,45	33,68	11,94
20 000	34,76	25,91	35,74	25,43	34,22	25,66	9,48
Total	<b>76,52</b>	<b>75,92</b>	<b>76,03</b>	<b>75,73</b>	<b>75,71</b>	<b>75,64</b>	<b>44,01</b>
Vel. viento	5,04	7,74	3,96	4,14	10,26	1,26	
rpm	2498,49	2481,41	2498,22	2496,15	2408,85	2322,22	

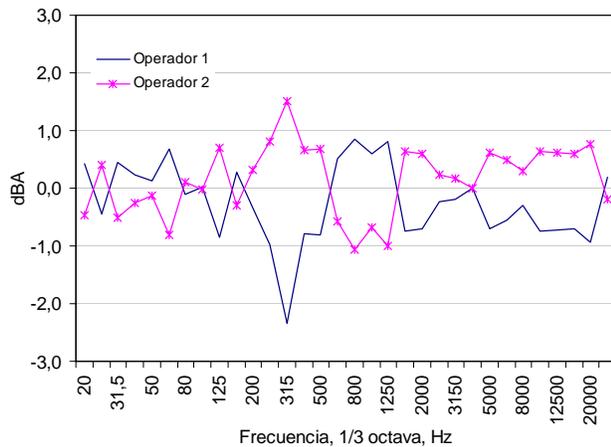
NOTA: Las celdas sombreadas corresponden al resultado final según la norma NOM-079-SEMARNAT-1994

**Tabla 3. Niveles sonoros registrados durante la prueba de pass-by realizada en el CENAM al autobús marca Mercedes Benz modelo Magno del año 2000.**

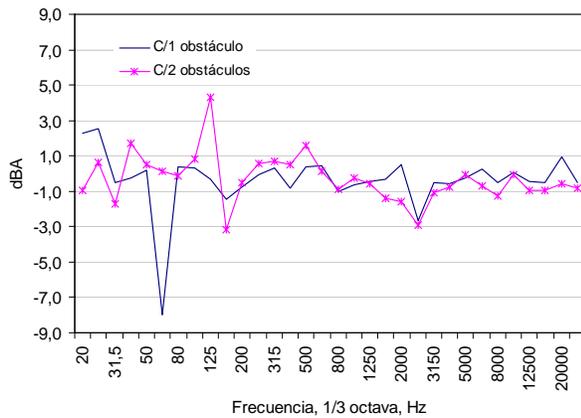
Frecuencia /Variable	OP1		OP2		Ruido de fondo	Frecuencia /Variable	OP1		OP2		Ruido de fondo
	LI	LD	LI	LD			LI	LD	LI	LD	
Hz	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA	Hz	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA
20	28,66	28,48	27,77	27,04	13,76	1 000	74,23	73,01	72,95	66,85	35,04
25	39,29	40,96	40,13	37,61	17,03	1 250	71,81	69,57	69,99	66,78	34,44
31,5	41,78	44,09	40,82	38,63	21,69	1 600	70,08	68,01	71,45	63,32	33,93
40	40,00	40,30	39,52	36,88	26,25	2 000	66,61	65,35	67,91	63,78	34,31
50	48,87	48,89	48,60	47,01	28,11	2 500	65,22	62,85	65,68	62,42	31,48
63	40,65	38,40	39,15	40,16	29,73	3 150	63,56	63,55	63,92	62,24	31,66
80	53,33	55,23	53,53	53,55	33,00	4 000	61,27	60,19	61,25	58,74	36,95
100	50,66	52,83	50,63	51,54	31,05	5 000	58,48	57,45	59,80	56,82	30,18
125	49,83	50,54	51,39	49,04	33,87	6 300	55,14	53,06	56,19	52,16	26,10
160	59,46	63,68	58,89	61,72	31,14	8 000	52,98	55,58	53,57	56,16	18,75
200	57,84	57,65	58,48	56,55	30,70	10 000	49,66	49,83	51,06	49,71	14,75
250	59,70	57,54	61,49	57,18	33,82	12 500	50,71	39,95	52,06	39,85	13,40
315	62,26	60,17	66,11	62,19	33,72	16 000	38,81	33,63	40,11	32,64	11,94
400	62,78	61,60	64,24	63,25	32,31	20 000	31,90	26,07	33,59	24,41	9,48
500	64,52	62,06	66,02	61,49	35,02	Total	<b>79,96</b>	78,04	<b>79,57</b>	75,68	46,52
630	69,21	64,62	68,12	64,62	32,90	Vel. viento	5,40	5,22	5,94	7,92	
800	72,17	68,56	70,25	68,06	33,66	rpm	2508,34	2499,68	2471,88	2507,96	

En la figura 4, 5 y 6 es posible apreciar las diferencias existentes en los niveles sonoros registrados durante la prueba de pass-by para los tres diferentes parámetros evaluados: operador del vehículo, obstáculos físicos dentro del área de medición, y superficie de rodamiento. Las gráficas

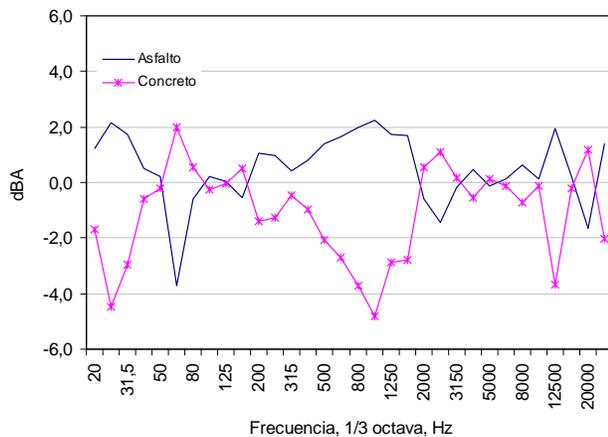
para los parámetros P1 y P2 son obtenidas comparando cada condición de prueba contra el valor de referencia que es calculado a partir del valor promedio de ambas condiciones.



**Fig. 4** Variación del nivel sonoro registrado durante la prueba de pass-by al vehículo de prueba, al variar el parámetro P1.



**Fig. 5** Variación del nivel sonoro registrado durante la prueba de pass-by al vehículo de prueba, al incluir obstáculos dentro del área de medición.



**Fig. 6** Variación del nivel sonoro registrado durante la prueba de pass-by al vehículo de prueba, al variar el parámetro P2.

La gráfica del parámetro P3 se obtiene considerando como valor de referencia los niveles sonoros obtenidos sin obstáculos físicos, y restando los niveles sonoros obtenidos para las variables OF1 y OF2 del valor de referencia.

#### 4. DISCUSIÓN

De la tabla 1 y la figura 5 se observa que existen variaciones muy pequeñas del nivel sonoro registrado del vehículo de prueba al incluir obstáculos sobre el área de medición, exceptuando las frecuencias de 63 Hz y 125 Hz. Sin embargo, las desviaciones en el nivel total son relativamente bajas, menores a 0,9 dBA, comparada con la desviación máxima sugerida por la norma mexicana entre una medición y otra. En cuanto al nivel total, la prueba con la condición OF2 muestra la desviación mayor (0,8 dBA). La mínima variación puede ser debida a que los obstáculos son de un área pequeña (altura menor al vehículo de prueba) y que no fueron ubicados sobre la línea de proyección del micrófono, donde se espera registrar los mayores niveles sonoros de emisión del vehículo de prueba.

De la tabla 2 y la figura 4 puede observarse que la variación del nivel sonoro registrado para el vehículo de prueba con la variación del parámetro P1, no es significativa en todo el intervalo de frecuencia de medición; excepto en el intervalo de frecuencia de 200 Hz a 20 kHz, que es el que principalmente contribuye a la diferencia existente entre el niveles de las dos variables P1. Además, la desviación del nivel total en dBA declarado para la condición OP1 y OP2 está dentro de lo sugerido por la norma, de las mediciones se obtiene una desviación del nivel total entre ambas condiciones no mayor a 0,5 dBA.

La evaluación del parámetro P2 sobre el nivel sonoro registrado del vehículo de prueba fue realizada con la variable OP1 fija. En las tablas 1 y 2, y la figura 6, se muestra que el nivel sonoro total registrado con la variable SR2 es ligeramente menor que aquel obtenido con SR1. El valor de la desviación del nivel sonoro entre las dos condiciones del parámetro P2 está arriba, en algunas frecuencias, de lo especificado por la norma NOM-079-SEMARNAT-1994; así como la desviación del nivel sonoro total para la condición SR2 (2,05 dBA). El intervalo de frecuencia que contribuye significativamente a una diferencia entre las dos variables del parámetro P2 es de 200 Hz a 2 kHz, las variaciones que se tienen en otras frecuencias no tienen un efecto significativo sobre el nivel total en dBA; el nivel total en este intervalo de

frecuencia para las dos variables  $SR1$  y  $SR2$  es 79,50 dBA y 75,10 dBA, respectivamente. La referencia [6] menciona que la emisión y propagación del ruido del tráfico vehicular depende grandemente de las características de la superficie de rodamiento, específicamente de la textura y porosidad.

## 5. CONCLUSIONES

Basados en el análisis de los resultados obtenidos de la prueba de *pass-by* conforme a la norma NOM-079-SEMARNAT-1994, para el autobús marca Mercedes Benz modelo Magno del año 2000, en las instalaciones del CENAM y el AIQ, se concluye lo siguiente:

- i) El operador del vehículo no es un parámetro que contribuya significativamente al valor total registrado durante la prueba de *pass-by*, siempre y cuando el operador tenga cierta habilidad en el manejo del tipo de vehículo bajo prueba;
- ii) Los obstáculos físicos con dimensiones mucho menores que las del vehículo de prueba, dentro del área de medición pero fuera de la línea de proyección del micrófono, no tienen un efecto significativo sobre el nivel sonoro total dBA medido en la prueba de *pass-by*;
- iii) La superficie de rodamiento tiene un efecto significativo sobre el nivel sonoro total dBA medido, lo cual está respaldado por lo mencionado en la referencia [6] y [8], y lo sugerido sobre la superficie de rodamiento en la norma ISO 10844:1994<sup>9</sup>.

La diferencia encontrada en los niveles de emisión acústica entre el LI y LD del vehículo de prueba para la prueba realizada en el CENAM, puede ser atribuido a diferentes causas: Posición del escape en el automotor, objetos reflejantes próximos al sitio de prueba, pendiente del área de prueba y superficie de rodamiento. Para obtener un resultado concluyente al respecto se hace necesario, por ejemplo, realizar mediciones semejantes en el intervalo de frecuencia de 20 Hz a 20 kHz pero con varios micrófonos ubicados a diferentes alturas, los micrófonos a ambos lados del área de prueba, distintos neumáticos sobre una misma superficie de rodamiento y mismo vehículo.

En base a los diferentes tipos de vehículos (pasajeros, de carga, etc) que circulan sobre las carreteras nacionales, a las distintas superficies de

rodamiento y fabricantes de neumáticos se hace necesario realizar estudios adicionales de emisión de ruido que sean concluyentes y puedan ser usados como respaldo técnico para una futura revisión y actualización de la norma mexicana NOM-079-SEMARNAT-1994, la cual en la mayoría de los casos no es aplicable debido a su obsolescencia.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer la disponibilidad brindada por el personal del Departamento de Servicios Generales del CENAM, y a las autoridades del Aeropuerto Internacional de Querétaro por las facilidades otorgadas en el uso de sus instalaciones. También se desea agradecer al Dr. Alfredo A. Elías por sus sugerencias en la mejora de este documento.

## REFERENCIAS

- [1] NOM-079-SEMARNAT-1994, que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de los vehículos automotores nuevos en planta y su método de medición.
- [2] ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE. ISO 362 Working Draft 18.12.2000. Informal Document No. 10. <http://www.unece.org/trans/doc/2001/wp29grb/TRANS-WP29-GRB-34-inf10e.pdf>
- [3] Truls Gjestland. The influence of a quiet façade on road traffic annoyance. Inter-noise 2001. Vol. 3. pp. 1191-1194.
- [4] H.M. Miedama and Henk Vos. Exposure-response relationships for transportation noise. J. Acoust. Soc. Am. 104, 1998. pp. 3432-3445.
- [5] Tor Kihlman. Quiet Side and high facade insulation – means to solve the city noise problem, pp. 1227-1236.
- [6] DRAFT International Standard ISO/DIS 11819-1, ISO/TC 43/SC 1. Acoustics – Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise – Part 1: Statistical *pass-by* method.
- [7] NOM-AA-59-1978. Acústica – Sonómetros de precisión.
- [8] Robert Barti. Lluisa Cabezas. Caracterización del ruido de rodadura. TECNIACUSTICA.
- [9] ISO 10844-1994. Acoustics – test surface for road vehicle noise measurement.
- [10] Michael T. McNerney; B. J. Landsberger, Tracy Turen and Albert Pandelides. arative Field Measurements of Tire Pavement Noise of Selected Texas Pavements. [http://146.6.177.150/website/reports\\_papers/1998.pdf](http://146.6.177.150/website/reports_papers/1998.pdf)