

01177

2 ej.

DESARROLLO DE UN MODELO EMPIRICO PARA
PREDECIR NIVELES DE RUIDO AMBIENTE EN
EJES VIALES DEL DISTRITO FEDERAL .

JOSE LUIS GUIZAR ALTAMIRANO

T E S I S

Presentada a la División de Estudios de
Posgrado de la
FACULTAD DE INGENIERIA
de la
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
como requisito para obtener
el grado de
MAESTRO EN INGENIERIA
AMBIENTAL

CIUDAD UNIVERSITARIA a 4 de febrero de 1986

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	Pág.
Resúmen.	
1.- Antecedentes.	1
1.1.- Problemática de la contaminación por ruido en la Ciudad de México y aspectos generales sobre los efectos del ruido en la salud del hombre.	2
2.- Obtención del modelo para predecir niveles de ruido -- ambiente.	13
2.1.- Procedimiento de Medición.	27
2.1.1.- Medición de los niveles de ruido y flujo vehicular.	27
2.1.2.- Selección de los sitios de medición.	28
2.2.- Análisis de la información obtenida.	29
3.- Aplicaciones y ejemplo.	39
3.1.- Planteamiento del Problema.	41
3.1.1.- Descripción de la calle, vialidad, niveles de ruido y respuesta comunitaria en condiciones actuales.	41

3.2.- Análisis de Resultados.	49
3.3.- Análisis de Alternativas.	52
4.- Conclusiones y recomendaciones.	56
5.- Apéndices.	
5.1.- Programa para el manejo de datos.	59
5.2.- Ecuaciones resultantes para cada una de las - arterias.	65
5.3.- Modelo resultante del conjunto de arterias.	84
5.4.- Glosario de términos.	86
5.5.- Fórmulas utilizadas.	91
5.6.- Explicación de gráficas utilizadas.	93
6.- Referencias.	101

Resúmen

Dado a que en general los niveles de ruido presentes en un ambiente urbano, son debido primordialmente al tráfico vehicular, y obedecen en su incremento o decremento al flujo y composición de este último, en este trabajo se desarrolló una ecuación empírica para un tipo de arteria típica y específica de la Ciudad de México. Se siguió el procedimiento de medición y obtención de datos indicado en la Norma Oficial Mexicana para la "Determinación del Nivel de Ruido Ambiente", lográndose la cantidad requerida de datos por medio de una medición continua de 24 horas por sitio un total de 38,880 datos de nivel de ruido y por otra parte se determinó el flujo vehicular por minuto de vehículos ligeros y el flujo de vehículos pesados.

Ahora bien, de revisión bibliográfica efectuada, se encontró y selec--

cionó un modelo matemático desarrollado en Inglaterra, que proporcionó una guía para el desarrollado en este trabajo. Por lo anterior, se -- obtuvo para cada minuto los valores de nivel de ruido de seis indicadores del mismo utilizados en el modelo extranjero. Posterior a esto, -- se introdujo a una microcomputadora los datos de ruido por minuto de -- cada uno de los indicadores mencionados y del flujo vehicular tanto de vehículos ligeros como de pesados, se llevó a cabo un análisis de regresión múltiple, de donde se concluyó que el indicador N50 (50 percentil) fue el que presentó un mejor coeficiente de correlación y prueba F del análisis de variancia el mejor resultado.

Así mismo se realizó un análisis global con los datos de los tres ejes viales en forma conjunta y el indicador N50, de manera que permitiera obtener una sola ecuación de regresión mediante la cual fuera posible generalizar su aplicación al tipo de arteria seleccionado para este -- trabajo.

Por otra parte, con el objeto de verificar el modelo general obtenido se efectuaron mediciones del nivel de ruido y flujo vehicular sobre -- los mismos ejes viales pero en sitios y días de la semana distintos a los de las mediciones iniciales. Con los datos de flujo vehicular se calcularon mediante el modelo los niveles de ruido esperados, encontrándose que la diferencia promedio entre éstos y los medidos fue sola mente de 0.7 decibeles , diferencia que considerando el rango de -- aceptación por exactitud del equipo de medición que es de + 1 decibel, resulta aceptable.

Las aplicaciones prácticas de modelos como el obtenido son principalmente en la predicción de niveles de ruido, en la estimación de la --

efectividad de estrategias de control que se hubieran implementado en la mitigación de ruido y en la determinación del Impacto Ambiental en los habitantes que viven en las zonas de influencia.

1.- Antecedentes.

A la fecha se han publicado en el extranjero varios métodos para obtener índices sobre el nivel de ruido que origina el tráfico vehicular, sin embargo estos son específicos para los tipos de sitios en donde se desarrollaron, y no deben ser utilizados en otros campos por lo que en este trabajo se desarrolla un modelo de ruido especialmente dirigido a las calles de la zona urbana de la Ciudad de México, siguiendo los lineamientos de las metodologías que se observan en los trabajos dirigidos al mismo objetivo.

Ahora bien, dado a que en la actualidad en la Ciudad de México las arterias más conflictivas por altos niveles de ruido son las avenidas importantes y los ejes viales, debido a sus elevados flujos vehiculares, y a que el Gobierno capitalino en los últimos años ha dirigido especial atención a la construcción de éstos últimos, en este trabajo

se desarrolló un modelo empírico dirigido a un tipo de eje vial de la Ciudad de tres carriles para automóviles y uno para autobuses del servicio público.

Los objetivos específicos del presente trabajo son:

Conocer los niveles de ruido típico actuales, su comportamiento durante las 24 horas del día y sus tendencias en el tiempo, en el tipo de eje vial mencionado.

Obtener una herramienta empírica que permita predecir en estos ejes viales o en otros que tuvieron características similares, los niveles de ruido ambiente, alimentándola con datos de aforos vehiculares y su composición (flujo de vehículos ligeros y flujo de vehículos pesados), información que es comúnmente manejada por ingeniería de tránsito.

Es importante mencionar que los modelos como el obtenido en este trabajo, permiten prever los niveles de ruido ambiente que se presentarían al proyectarse alguna modificación en la vialidad, así como realizar un seguimiento a la tendencia de los niveles de ruido en el tiempo, sin necesidad de efectuar mediciones de ruido con la consecuente simplificación en tiempo, y economía al no requerir el uso de equipo costoso y que requiere manejo de personal calificado.

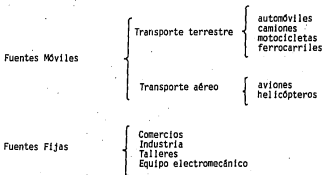
1.1.- Problemática de la Contaminación por Ruido en la Ciudad de México y Aspectos Generales sobre sus Efectos en la Salud del Hombre.

Uno de los problemas que afronta la Ciudad de México, debido a la intensificación y a la diversificación de actividades mecánicas que en ella se realizan, tales como actividades industriales, transportación - - -

terrestre y aérea, construcción, así como reparación de obras y servicios públicos, es la contaminación por ruido, la cual hoy en día representa un problema real a la salud pública.

Si bien una parte de la estructura social prevaleciente ha respondido - en general con indiferencia al reto que representa la contaminación por ruido, reto que afecta seriamente a la calidad de vida de la población urbana, otra parte de la población esta familiarizada con la idea de -- que la salud del habitante urbano está siendo comprometida con la presencia de este contaminante.

En general, las fuentes productoras del ruido en un ambiente urbano se pueden resumir como sigue:



En cuanto a su contribución al ruido ambiente en la Ciudad de México se tiene que las fuentes móviles son en mucho las de mayor importancia y - las principales responsables de los niveles altos de ruido urbano.

De estas fuentes, los ferrocarriles y el transporte aéreo producen - - problemas locales, no generalizados, que no serán considerados en este trabajo. En fuentes fijas cabe señalar que existen 30,000 industrias - localizadas principalmente en la zona norte y noroeste de la ciudad, -- además del gran número de talleres y comercios distribuidos en toda el área. De cualquier forma, se ha comprobado que el ruido producido por el tráfico vehicular es el predominante y no el proveniente de las fuentes fijas (1). Cabe añadir que el ruido que se genera en el interior - de recintos de trabajo es el denominado como ocupacional, ruido que - - contribuye escasamente al ruido ambiente urbano.

Actualmente circulan en esta ciudad poco más de dos millones de vehículos (2) y se tiene un incremento anual de un 10%. Se conoce por la - - experiencia que sólo una cantidad despreciable de los vehículos nuevos ocasionan problemas por ruido, pero no así los que tienen más de 3 años en circulación. De muestreos realizados en vehículos notoriamente ruidosos se ha encontrado que el 80 por ciento tienen sistemas de escape -- con modificaciones al diseño original y el 20 por ciento con sistemas - deteriorados (3). Además cabe añadir que en los muestreos mencionados se ha encontrado grandes diferencias entre niveles de ruido producido -

- (1) Información proveniente de estudios realizados en Inglaterra, - - - Estados Unidos y en el centro de la Ciudad de México.
- (2) Asociación de la Industria Automotriz ("La Industria Automotriz en cifras").
- (3) Muestreos realizados en el centro de la Ciudad de México (Comisión de Ecología del Departamento del Distrito Federal).

por un vehículo de la misma marca. Para ilustrar lo anterior se muestran algunos resultados de mediciones en la tabla 1. En la tabla 2 se presenta un panorama general de los niveles de ruido de los vehículos que circulan en México. Y se observa que de las fuentes predominantes son aproximadamente 670,000 vehículos o sea el 32 por ciento del total los que se estiman en mal estado y que producen los niveles altos de ruido en el ambiente y que dado a la poca o nula observancia a los Reglamentos de Ruido y Tránsito, el control en estas fuentes es deficiente. Por esto los habitantes de nuestra ciudad se ven obligados a soportar el problema de ruido. Algunos estudios recientes indican que algunas personas pueden acostumbrarse a niveles de ruido ambiental -- relativamente altos, aunque para ellos, aparentemente el efecto producido por este contaminante no tiene un impacto significativo en su bienestar y confort, se encuentran tensionados debido a las exposiciones diarias de ruido.

Los efectos del ruido en el ser humano varían dependiendo de la magnitud del mismo, de la sensibilidad del individuo y de su ideosincracia comunitaria. En la figura 1 se establece el orden de los efectos, en relación al nivel de presión acústica del ruido que los causa (4), y se observan cuatro zonas perfectamente delimitadas. A la primera se le suele llamar zona "tranquila" donde no se tiene ningún efecto o efectos nulos, a la segunda "de Efectos Psicofísicos", que se inicia con el denominado "Nivel de Molestias" produciendo interferencias con

(4) Centro Interamericano de Administración del trabajo (CIAT)
Proyecto Regional (OIT/PNUD) 71/254.

Vehículo	Nivel de ruido en vehículos "Claramente aceptable" dB(A)	Nivel de ruido en vehículo "Notoriamente Ruidoso" dB(A)	Diferencia dB(A)
V.W. Ccabi	78.3	89.9	10.7
Automóvil	75.0	89.0	14.7
Camión de carga	83.3	92.0	8.7
Motocicleta	77.0	98.0	21.0

Tabla Nº. 1 Niveles de ruido entre un vehículo con emisión de ruido "Claramente Aceptable" y otro "Notoriamente Ruidoso" de una misma marca.

MODO DE TRANSPORTE	CANTIDAD	%	NIVEL DE RUIDO PROMEDIADO DE VEH. EN BUEN ESTADO - dB(A) (1)	NIVEL DE RUIDO PROMEDIADO DE VEH. EN MAL ESTADO - dB(A) (1)	% DE VEHICULOS DE RUIDOS SUPERIORES	CANTIDAD VEH. EN MAL ESTADO	NIVEL PROM. NO TEMPERADO - dB(A) (2)
AUTOBUS URBANO	5000	0,20	83,4	89,1	59%	2,950	84
AUTOBUS SUBURBANO	5300	0,25		89,1	70%	3,710	84
AUTOBUS PARTICULAR	5000	0,24	83,4	89,1	59%	2,950	84
TROLEBUS	400	0,02					
TRAMVIA	30	0,001					
METRO	1386	0,07					
TAXIS RUTA FIJA:							
COMBI	30,439	1,46	78,3	87	60%	18,263	79
SEDAN	3,382	0,16	75,0	89	50%	1,691	79
TAXIS DE SITIO:	26,521	1,27	75,0	89	50%	13,260	79
TAXIS LIBRES:	25,966	1,25	75,0	89	50%	12,983	79
SUBTOTAL:	102,624	4,93					
AUTOS PARTICULARES	1,900,000	91,19	75,0	89	30%	570,000	79
MOTOCICLETAS	11,000	0,53	77,0	98	79%	8,250	84
OTROS	70,000	3,36	83,3	92	50%	35,000	84
T O T A L	2,043,624	100,00					

1.- MEDIDOS A SU PASO EN LA VÍA PÚBLICA

2.- MEDIDOS EN PISTA AJEADA, EN CONDICIONES CRÍTICAS DE ACELERACION Y A 15 METROS.

Tabla N^o. 2 Niveles de ruido por modo de transporte, cantidad de vehículos. % en mal estado.

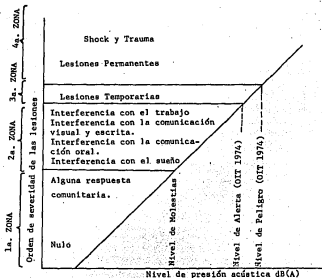


Figura Nº. 1 Orden de los Efectos en el Individuo, en Relación al Nivel de Presión Acústica.

el sueño y termina con el "Nivel de Alerta" (según la OIT documentos - de 1974) que produce interferencias con el trabajo. Los efectos más - importantes del ruido en el hombre están dentro de esta zona, aunque - la evaluación es difícil debido a la subjetividad de los mismos. Es-- tos efectos tienden a producir tres tipos de respuestas; respuesta - - somática, respuesta química y la psicológica. La somática es el efec-- to que el ruido causa en el hombre y se manifiesta por medio del cuer-- po humano, por ejemplo vaso constricción periférica, hiporritmia venti-- lativa y variación tensomuscular. Se tiene también que estas altera-- ciones obedecen a variaciones químicas, agrupadas como respuesta quími-- ca en la que se ha encontrado variaciones clínicas en la composición - del jugo gástrico, sangre, orina, y fluido neurónico. Así, cuando la acción del ruido es prolongado se presentan las úlceras gástricas y -- colíticas. Por otro lado la defensa orgánica en esta zona es mucho -- mayor que en cualquier otra llamándosele "adaptabilidad".

Por último en la zona de efectos psicofísicos se tiene la respuesta - psicológica, que se establece como alteraciones del equilibrio emocio-- nal y puede presentarse la molestia y respuesta a varios niveles.

- a) a nivel sueño
- b) a nivel atención
- c) a nivel concentración
- d) a nivel irritabilidad
- e) a nivel ansiedad
- f) a nivel inhibición
- g) a nivel neurótico

La tercera zona se presenta con efectos de "Lesiones Temporales" y coincide con el "Nivel de Peligros" también denominado así por la OIT. En esta zona, el individuo se halla expuesto a sufrir lesiones orgánicas temporales y se le considera como el primer peldaño para obtener una lesión permanente. Toda lesión orgánica, por temporaria que sea es acumulativa. Su temporalidad se refiere únicamente a los efectos exteriores que causa en el individuo; pero cada retorno a la normalidad va haciéndose cada vez más difícil hasta que en un momento dado ya no hay regreso.

Finalmente la cuarta zona correspondiente a niveles de ruido con "Lesiones Permanentes", las lesiones se vuelven permanentes e irreversibles, se caracterizan por la destrucción de las células ciliadas del órgano de corti del oído interno. Estas células son elementos táctiles que excitan las terminales nerviosas produciendo la sensación audible. La pérdida auditiva causa la necesidad de requerir una mayor cantidad de energía para percibir sonidos y la imposibilidad de escuchar sonidos agudos.

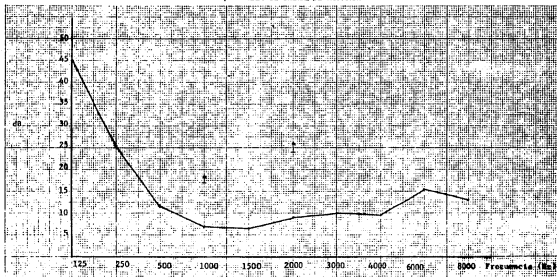
En general, un ruido puede considerarse peligroso para el oído, si en una audiometría (5) efectuada dos minutos después de la exposición, regularmente exceda 10 decibeles a 1000 Hz el nivel del umbral de audición, 15 decibeles a 2000 Hz, o más. Añadiendo que un daño permanente puede ocurrir cuando un cambio temporal del nivel del umbral de audición producido por una exposición simple al ruido exceda de 40 dB, o cuando en un término de 24 hrs., no desaparezca el desplazamiento del nivel del umbral. En la gráfica 1 se presentan los niveles de ruido del umbral de audición en un oído normal.

La legislación mexicana en materia de contaminación por ruido aún no -
considera normas para restringirlo en el ambiente, pero observando los
niveles recomendados en el extranjero, específicamente por la U.S - -
Environmental Protection Agency (EPA), se tiene que el nivel para evi-
tar daño al oído es de 75 dB (A) como nivel día-noche y de 55 dB(A) --
también nivel día-noche para evitar interferencias en la comunicación
oral, el descanso y el sueño.

Además se señala que en México no existen datos epidemiológicos sobre
efectos del ruido en las personas, y mucho menos estadísticas que - -
relacionen calidad auditiva y zona donde se vive o trabaja, la infor-
mación anterior sobre efectos del ruido en el hombre es resultante de
diferentes estudios realizados en el extranjero.

(5) Ver glosario en apéndice 5.4.

EL ODO NORMAL SEGUN LA ISO Y ANSI, NIVELES DE UMBRAL DE AUDICION



GRAFICA 1

2.- Obtención del Modelo para Predecir Niveles de Ruido Ambiente.

Con el objeto de mantener en lo posible uniformes las condiciones de los sitios de medición, de manera que esto facilitara la obtención de un modelo empírico que relacione niveles de ruido con flujo vehicular, se seleccionó solamente el caso típico de eje vial con cuatro carriles, uno de ellos para el tránsito de autobuses urbanos, tipo de arteria que se presenta en aproximadamente 40 kilómetros de cinta asfáltica en el Distrito Federal. Así, se evitó el incluir información y -- datos de sitios con diferentes condiciones como son; ancho de calle, tipo de pavimento y pendiente, entre otras.

Ahora bien, con el fin de conocer las características generales como son variables dependientes e independientes a considerar, se procedió a efectuar revisión bibliográfica sobre modelos que hubieran sido - -

desarrollados y utilizados para la predicción de niveles de ruido por tráfico urbano, con el objeto de seleccionar aquel, que reuniera las características y que considerara aquellas variables que se identifican como típicas en las arterias de la Ciudad de México.

La característica típica e importante que se presenta en este tipo de arterias y que influye en el nivel de ruido ambiente, es que los vehículos del transporte urbano de pasajeros y el transporte de carga - resaltan notoriamente por sus niveles de ruido en el tráfico vehicular, situación por la cual se buscó un modelo que pesara en forma particular al paso de este tipo de vehículos.

De la revisión bibliográfica mencionada se presentan tres modelos que se consideran especialmente interesantes ya que están dirigidos al tipo de análisis motivo del presente trabajo.

El modelo de L.J. Jacobs y J.J. Van Willigenburg, (6) que considera que el nivel de ruido depende solamente de las revoluciones del motor y de la velocidad del vehículo, y presenta la siguiente ecuación:

$$N = \alpha + \beta \log v$$

en donde:

n; Nivel de sonido a 7.5 m. de la trayectoria de los vehículos en dB(A)

v; Velocidad de los vehículos en Km/hr.

α, β ; Constantes que dependen del engranaje de la transmisión utilizado.

(6) Journal of Sound and Vibration (1980) 7 (4)

Como puede apreciarse, la ecuación considera valores para los parámetros α y β distintos para cada engranaje, y adiciona una variable que depende de la velocidad de los vehículos. Es importante mencionar que el nivel de ruido que se obtiene al utilizar este modelo corresponde a un valor instantáneo, no representa a un valor medio en el periodo de algún tiempo, además se observa que no presta atención al flujo vehicular y a la composición de éste, y que dadas las condiciones del tráfico en el Distrito Federal como son los congestamientos, se ve difícil considerar una velocidad promedio de los vehículos y el engranaje utilizado.

Por otra parte el de Johnson y Sonders (7) que presenta la ecuación:

$$N50 = 51.5 + 10 \log \frac{Q}{d} + 30 \log \frac{\bar{v}}{40}$$

en donde:

N50; nivel promedio de ruido en dB(A)

Q; cantidad de vehículos por hora

d; distancia del punto de observación a la fuente (pies)

\bar{v} ; velocidad media de los vehículos en m.p.h.

Como se observa este modelo estima el indicador del nivel medio o percentil 50 y considera entre sus variables independientes la veloci

(7) Journal of Sound and Vibration (1968) 7 (2).

dad promedio de los vehículos, la distancia del receptor a la fuente y además el flujo vehicular. Sin embargo, no destaca en forma especial la contribución del ruido ambiente que provoca el tráfico de vehículos pesados, además estima que la velocidad debe ser constante, o sea que es dirigido a vías sin semáforos y paradas, por lo que su uso está - - restringido a muy pocas arterias dentro de la zona urbana del Distrito Federal o a carreteras.

Por último P.T Lewis y A. James (8) proponen un modelo en el, que la variable dependiente (indicador del nivel de ruido) sea determinada y seleccionada de entre 6 indicadores (N10, N50, N90, Neq, Ncs e IRT) - (9) después de realizar análisis de regresión múltiple de cada uno de éstos con los parámetros de flujo vehicular como variable independientes. La ecuación que utiliza es la siguiente:

$$N = \alpha + \beta \log Q + \gamma P$$

en donde:

N; indicador del nivel de ruido (N10, N50, N90, Neq, Ncs, IRT) en dB(A).

α, β, γ ; coeficientes de regresión (que deben ser determinados por un análisis de regresión).

(8) Journal of Sound and Vibration (1980) 72 (1)

(9) Ver apéndice 5.4.

AV. COYOACAN

E C U A C I O N	COEFICIENTE DE CORRELACION	PRUEBA F DEBIDA A LA REGRESION	CUADRADO MEDIO RESIDUAL
$N_{10} = 63.2023 + 8.8174 \log Q + 1.9168 P$	0.8275	1720.26	8.0221
$N_{50} = 58.1981 + 8.3084 \log Q + 1.0710 P$	0.8956	3078.53	3.5046
$N_{90} = 53.0364 + 7.9311 \log Q + 0.1561 P$	0.8744	2495.76	3.8482
$N_{eq} = 61.0613 + 7.8735 \log Q + 2.2990 P$	0.8122	1550.86	7.5707
$N_{cs} = 71.4225 + 8.1926 \log Q + 3.4749 P$	0.5908	517.75	37.0071
$IRT = 64.2772 + 10.9845 \log Q + 7.4567 P$	0.4664	313.45	170.3610

Tabla 3A.- Ecuaciones por Indicador de Nivel de Ruido (Av. Coyoacán).

GABRIEL MANCERA

E C U A C I O N	COEFICIENTE DE CORRELACION	PRUEBA F DEBIDA A LA REGRESION	CUADRADO MEDIO RESIDUAL
N10 = 63.8551 + 9.2211 log Q + 1.9755 P	0.8510	2048.57	7.5057
N50 = 57.1811 + 9.8364 log Q + 0.9966 P	0.9126	3744.53	3.9142
N90 = 50.5235 + 10.4646 log Q - 0.0113 P	0.9107	3658.55	4.1839
Neq = 61.1986 + 8.6085 log Q + 2.1360 P	0.8396	1876.78	7.4926
Ncs = 74.5322 + 7.3607 log Q + 4.1814 P	0.6502	666.49	28.3899
IRT = 73.8321 + 5.5504 log Q + 7.8938 P	0.4361	277.28	141.3080

Tabla 3B.- Ecuaciones por Indicador de Nivel de Ruido (Gabriel Mancera).

ANGEL URRAZA

E C U A C I O N	COEFICIENTE DE CORRELACION	PRUEBA F DEBIDA A LA REGRESION	CUADRADO MEDIO RESIDUAL
$N10 = 66.9818 + 6.2072 \log Q + 3.2126 P$	0.9053	3427.02	2.2862
$N50 = 60.5007 + 7.2368 \log Q + 1.9218 P$	0.9015	3281.26	2.2213
$N90 = 54.0742 + 8.2152 \log Q + 0.6737 P$	0.8237	1674.74	4.7608
$Neq = 63.6601 + 6.2528 \log Q + 3.3309 P$	0.9066	3480.78	2.3333
$Ncs = 76.6383 + 4.1901 \log Q + 5.8671 P$	0.7843	1303.47	9.8213
$IRT = 75.7484 + 0.1571 \log Q + 10.9013 P$	0.6058	550.93	65.3466

Tabla 3C.- Ecuaciones por Indicador de Nivel de Ruido (Angel Urraza).

Q: flujo total de vehículos/minuto.

P: flujo de vehículos pesados/minuto (de más de 10 ton. y motocicletas).

Como puede apreciarse, este modelo toma en cuenta la composición del flujo vehicular, dándole un peso en particular a la cantidad de vehículos de más de 10 toneladas y a las motocicletas. De manera que esta ecuación se ajusta más a la realidad del tráfico en el D.F.

Ahora bien, de acuerdo con lo anterior, se procedió a realizar análisis de regresión múltiple, con los datos de niveles de ruido y flujos vehiculares obtenidos como se indica más adelante en el inciso 2.2 de este capítulo obteniéndose 6 ecuaciones para cada uno de los ejes seleccionados, es decir, una por cada uno de los indicadores de nivel de ruido antes mencionados. Estas ecuaciones con sus correspondientes coeficientes de correlación y análisis de variancia para la prueba F, se presentan en la tabla 3. En esta tabla se observa que para las 3 arterias seleccionadas de acuerdo al inciso 1.2., resulta que cuando se utiliza el indicador N50 (cincuenta percentil), se obtiene en promedio la mejor correlación, y se puede observar que la variación de este coeficiente entre cada uno de los ejes viales, es la más baja de todas. Así mismo, para este indicador la prueba F del análisis de variancia es la que presenta el mejor resultado, y por lo tanto el menor residual en la regresión (10).

(10) R.L. WINKLER. Statistics, Probability, Inference and Decision, 1975.

Por otra parte, se realizó un análisis global con los datos de los tres ejes viales en forma conjunta y el indicador N50, de manera que permitiera obtener una sola ecuación de regresión mediante la cual fuera posible generalizar su aplicación al tipo de eje vial seleccionado para este trabajo.

La ecuación general que se obtuvo fue la siguiente:

$$N50 = 58.30 + 8.66 \log Q + 1.49 P, \text{ con un coeficiente de correlación de } 0.90.$$

En la gráfica 2 se presentan las curvas del 50 percentil para cada eje y la curva de la ecuación general en las cuales se observa que al considerar el valor promedio real de vehículos pesados para todos los ejes que es de 0.35 vehículos por minuto las curvas de dichas ecuaciones se acercan más y los valores de las diferentes ecuaciones y de la ecuación general caen dentro de los mismos intervalos de confianza al 99 por ciento calculados a partir de las ecuaciones mostradas en la tabla 4. Cabe hacer notar también, que por arriba de 20 vehículos ligeros por minuto, las coincidencias y traslapes de las curvas e intervalos de confianza son mayores, por lo que se considera que en la predicción de niveles de ruido en el transcurso de periodos con flujos vehiculares bajos, por ejemplo en las noches, la exactitud de la predicción se ve reducida (de las 11 p.m. a las 5 a.m.).

Por otra parte, y con el objetivo de verificar el modelo anterior, se llevaron a cabo mediciones del nivel de ruido y del flujo vehicular sobre los mismos ejes viales pero en sitios y días de la semana distintos a los de las mediciones iniciales. El número de mediciones efec-

AV. COYOACAN

$$NSO i = 58.1981 + 8.3084 \log Qi + 1.07010 Pi + (3.291)(6.6442) 1.3888 E-3 + 3.9377 E-3 (\log Qi - 1.029)^2 + 5.6083 E-3 (Pi - 0.2069)^2 - 0.0019 (\log Qi - 1.0929)(Pi - 0.3527)$$

GABRIEL MANCERA

$$NSO i = 57.1811 + 9.8364 \log Qi + 0.9966 Pi + (3.291) (7.4864) 1.3888 E-3 + 4.4325 E-3 (\log Qi - 1.1185)^2 + 3.8595 E-3 (Pi - 0.3986)^2 - 0.0027 (\log Qi - 1.1185)(Pi - 0.3986).$$

ANGEL URRAZA

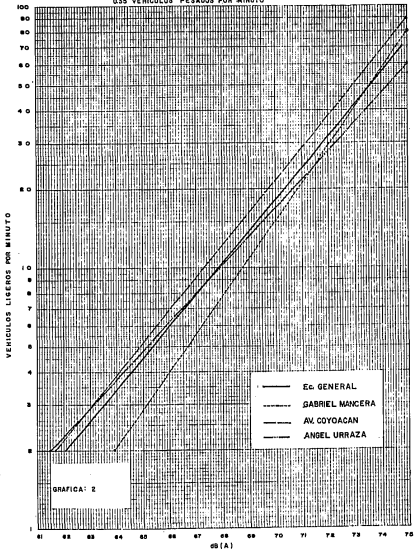
$$NSO i = 60.5007 + 7.2368 \log Qi + 1.9218 Pi + (3.291) (4.2231) 1.3888 E-3 + 6.4440 E-3 (\log Qi - 1.2667)^2 + 3.1327 E-3 (Pi - 0.4527)^2 - 0.0032 (\log Qi - 1.2676)(Pi - 0.4527).$$

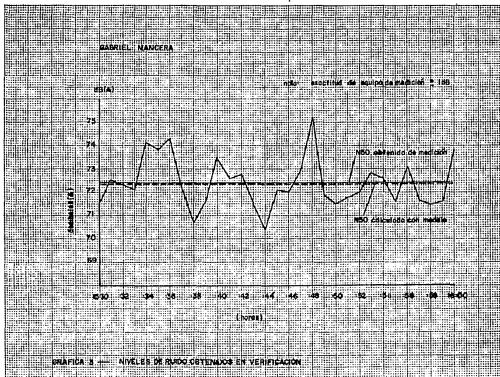
ECUACION GENERAL

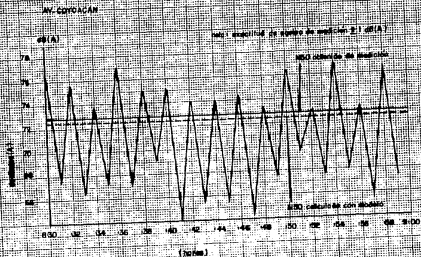
$$NSO i = 58.3046 + 8.6609 \log Qi + 1.4924 Pi + (3.291) (6.640.7) 4.6296 E-4 + 1.5554 E-3 (\log Qi - 1.1597)^2 + 1.2737 E-3 (Pi - 0.3527)^2 - 0.00086 (\log Qi - 1.1597)(Pi - 0.3527).$$

Tabla 4.- Ecuaciones para calcular los intervalos de confianza considerando un valor de t=3.291 para un número infinito de grados de libertad al nivel 0.001 y 99% de confianza.

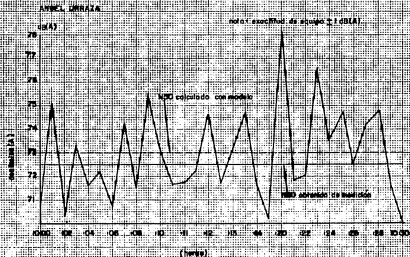
0.35 VEHICULOS PESADOS POR MINUTO







GRAFICA 4 NIVELES DE RUIDO EN VERIFICACION



GRAFICA 5 — NIVELES DE RUIDO EN VERIFICACION

tuadas para cada eje fue de 3, con una duración de 30 minutos cada -- una, de manera que con los datos obtenidos de flujo vehicular se calcularon los niveles de ruido esperados, encontrándose que la diferencia promedio entre éstos y los medidos fue solamente de 0.7 dB(A), -- diferencia que se estima despreciable, por lo que el nivel de ruido ambiente presenta repetibilidad. En las gráficas 3, 4, 5, se -- presentan estos resultados, de donde se obtienen el valor promedio antes mencionado y donde se muestran los intervalos de confianza al 99 por ciento y el rango de aceptación por exactitud del equipo de medición.

2.1.- Procedimientos de Medición y Análisis de los Niveles de Ruido.

El procedimiento de campo utilizado en este trabajo para determinar -- el ruido ambiental es el que se describe en la Norma Oficial Mexicana AA-62-1979, la cual indica que el monitoreo debe contener muestras -- estadísticas grandes (con un mínimo de 360 datos por hora y realizarse por un mínimo de 24 horas en un punto o sitio determinado). Por -- otra parte, sabiendo que los niveles de ruido ambiente están intima-- mente relacionados con el flujo vehicular y dado a que el objeto de -- este trabajo fue el de cuantificar la relación entre estas dos variables, se midió en forma paralela el flujo de vehículos.

2.1.1.- Medición de los Niveles de Ruido y Flujo Vehicular.

Para la medición del ruido se utilizó un sonómetro de precisión marca Brüel & Kjaer 2209, que cumple con los requerimientos que establece -- la Norma AA-62-1979 antes mencionada, como por ejemplo:

- a) Elementos con que debe contar (micrófono, amplificador, redes de ponderación, atenuador e instrumento indicador).
- b) Intervalo de frecuencias (de 10 a 20,000 Hz).
- c) Exactitud del sonómetro (de ± 1 dB)

Se utilizó también un registrador gráfico marca Brüel & Kjaer tipo -- 2306 para la captación de los datos y un pistófono de la misma - - - marca tipo 4220 para la calibración de ambos equipos.

La calibración se realizó antes y después del lapso correspondiente de medición en cada sitio. Si la señal de calibración final hubiera diferido en ± 2 dB de la lectura, debía repetirse la medición, situación que no se presentó.

Ya en el campo, se levantó un croquis de cada sitio de medición elegido como se detalla más adelante. Además se colocó el sonómetro a -- una distancia de 5 metros del cauce de vehículos y a 1.20 metros del piso, esto a fin de evitar problema de reflexión de las ondas sonoras en el micrófono del equipo, además se le colocó una malla adecuada de protección contra el viento.

En cuanto a la medición del flujo vehicular, ésta se realizó mediante contadores manuales y anotando por separado los vehículos ligeros y - pesados por minuto.

2.1.2.- Selección de los Sitios de Medición.

Para la selección de los sitios de medición de niveles de ruido ambiente en el tipo de arteria elegida según se indicó anteriormente, se consideró que el lugar estuviera lejos de cruceros con semáforos (150 metros), o a una distancia tal que el ruido producido por la aceleración y deceleración de los vehículos no sea importante lejos de cruces de peatones y de avenidas u otros ejes viales dado los altos flujos de vehículos, además evitando que el lugar estuviera flanqueado por edificios o árboles altos (90 metros), dado que no es una condición típica de las calles elegidas. (11)

De acuerdo a lo anterior los sitios elegidos fueron los siguientes:

Eje vial Av. Coyoacán entre Sn. Lorenzo y Félix Cuevas.

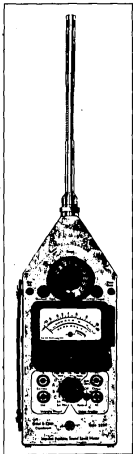
Eje vial Angel Urraza entre Gabriel Mancera y Aniceto Ortega.

Eje vial Gabriel Mancera entre Av. Eugenia y Concepción Beisteguí.

2.2.- Análisis de la información obtenida.

Habiendo obtenido la información de niveles de ruido en forma semicontinua 30 minutos para cada hora (durante 24 horas) y para cada sitio, se procedió a extraer una lectura cada 5 segundos de la gráfica de ruido obtenida y así cumplir con el requerimiento de un mínimo de 360

(11) R.J. Stephenson and G.H. Vulkan "Traffic Noise", Journal of Sound and Vibration (1968) 7(2).



Sonómetro de Precisión
Brüel & Kjaer tipo 2209.



Registrador Gráfico
Brüel & Kjaer tipo 2306.

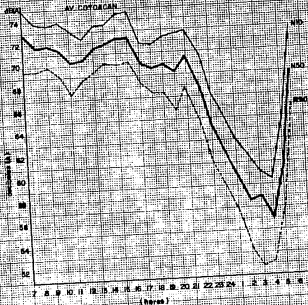


Pistófono
Brüel & Kjaer
tipo 4220.

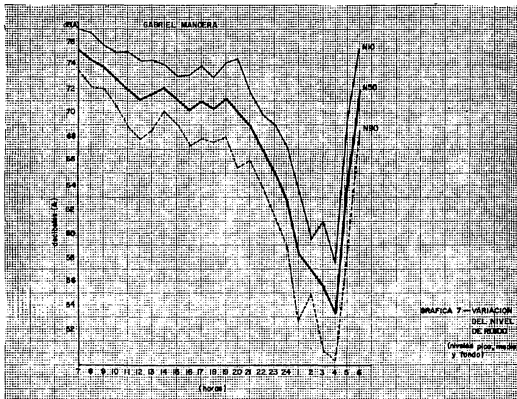
datos por hora según el procedimiento que indica la Norma Oficial - - Mexicana AA-62-1979. Así mismo, para el análisis de los datos, se eligió como período de observación el lapso de un minuto, dada la facilidad de obtener una determinación precisa del flujo de vehículos en este período. Así, considerando el período de este tiempo, al extraerse una lectura cada 5 segundos se consiguieron 12 lecturas de nivel de ruido para cada minuto, y por otro lado, un valor de vehículos ligeros por minuto y un valor de vehículos pesados en el mismo tiempo.

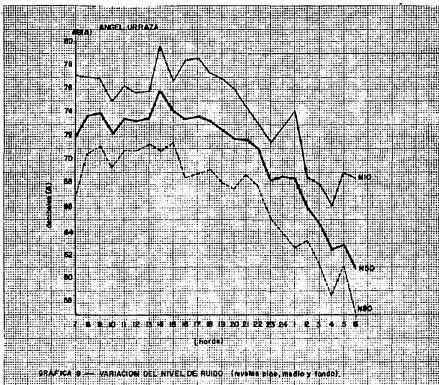
A partir de los 12 datos mencionados, se calculó en forma manual el -- Nivel Equivalente de ruido, pero dado a que este nivel es insuficiente para indicar la variabilidad estadística de los datos, se calcularon - además los percentiles N10, N50, y N90. Ahora bien, con el fin de - - relacionar las medidas estadísticas anteriores con los efectos en la - comunidad, se obtuvieron también el Nivel de Contaminación Sonora - - (Ncs) y el Índice de Ruido por Tránsito (IRT) los cuales se calcularon a partir de los valores N10 y N90, utilizando las fórmulas que aparecen en el Apéndice 5.6 de este trabajo. A éstos últimos dos valores se les suele llamar nivel intrusivo o pico y nivel de fondo respectivamente. Así pues se obtuvieron por minuto el Neq, N10, N50, N90, Ncs y el IRT.

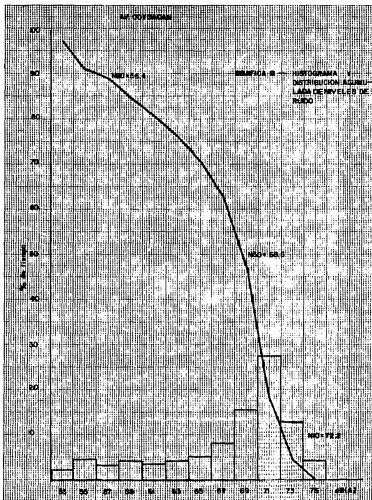
Adicionalmente a lo anterior se elaboraron las gráficas 6, 7 y 8 donde se muestra la variación del nivel de ruido a través del tiempo, e - - histogramas (en gráficas 9, 10 y 11) de la distribución estadística - de los niveles de ruido sobre el tiempo de muestreo para cada sitio - de monitoreo, así como las curvas de la distribución acumulada de los datos, con lo cual fue posible determinar qué porcentaje de tiempo el

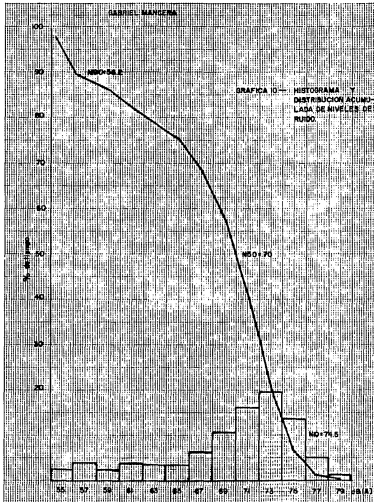


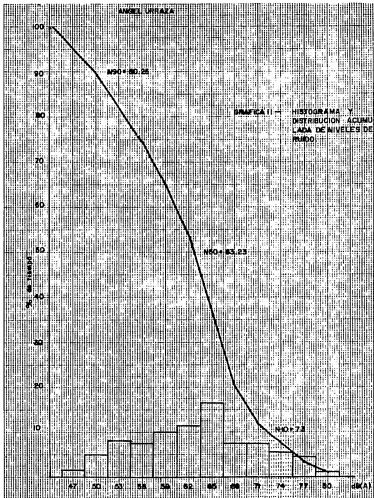
GRÁFICA 6 — VARIACION DEL NIVEL DE RUIDO (niveles pico, medio y fondo).











ruido presente excedió un nivel dado. es decir para obtener por ejemplo el nivel de ruido de fondo y el nivel de ruido intrusivo para todo el período de observación. Es interesante hacer notar que las curvas de frecuencia acumulada nos indican la variabilidad de los niveles de ruido según la pendiente de la curva. De tal forma que si ésta es casi vertical el ruido prácticamente es constante, y si se aleja de la vertical indicará una diferencia entre el nivel de ruido de fondo (N90) y el nivel de ruido intrusivo (N10) diferencia que entre mayor es, la molestia ocasionada en la comunidad será mayor.

Posteriormente, la información sobre los niveles de ruido en términos de los indicadores arriba mencionados, se procesó mediante un programa en lenguaje BASIC que permitió efectuar un análisis de regresión múltiple entre cada uno de los indicadores de ruido y el flujo del tráfico tanto de vehículos ligeros como pesados.

3.- Aplicaciones y Ejemplo.

Los modelos matemáticos como el que ha sido desarrollado en el presente trabajo constituyen una herramienta de predicción mediante la cual es posible conocer los niveles de ruido ambiente en sitios donde no se cuenta con este tipo de información, asimismo hacen posible estudiar la efectividad de diversas estrategias de control y la determinación del impacto que ocasionan dichos niveles en los habitantes que viven en las zonas de influencia.

El uso principal que se le puede dar a estos modelos es conocer con anticipación y dentro de un intervalo de confianza, los niveles de ruido esperados una vez que se abra una arteria, o se modifique su vialidad de manera que permite, por ejemplo, el planteamiento de estrategias de control, como el limitar el flujo vehicular por tipo de vehículo (ligeros y pesados), desviando dicho flujo por arterias con meno-

res potenciales de afectar a la población; es decir, por arterias cuyas edificaciones a uno y otro lado del arroyo vehicular no sean de uso primordialmente habitacional. Asimismo, estos modelos hacen posible analizar estrategias que involucran el control de ruido tanto en la fuente generadora, como en el medio en el que se transmite, por ejemplo; las campañas de reducción de niveles de ruido en vehículos no toriamente ruidosos, o la mitigación de ruido mediante la absorción o disipación de éste en el medio en que se transmite utilizando barreras vegetales, terraplenes, y otras medidas para desviar o absorber las ondas sonoras.

Por último es importante destacar que la información obtenida mediante modelos de ruido urbano, puede ser utilizada para alimentar a los llamados modelos de "Respuesta Comunitaria al Ruido", y de "Impacto en la Salud", de manera que permiten estimar por ejemplo, el porcentaje de quejas por ruido que podrían presentarse por parte de los habitantes de la zona afectada, y el porcentaje de personas que podrían ser afectadas por el ruido en sus actividades como son la comunicación verbal, el descanso y el sueño. Cabe mencionar que al perturbar estas últimas, se produce irritación y tensión y como consecuencia alteraciones en los sistemas nervioso, digestivo y circulatorio.

Con el objeto de presentar un ejemplo práctico de la aplicación y uso del modelo motivo de este trabajo, a continuación se describe el planteamiento de una propuesta hipotética sobre la modificación de la viabilidad de una arteria, y la determinación de alternativas de solución de manera de minimizar los efectos negativos dentro de la zona afectada.

Es conveniente hacer notar que para efectos del ejemplo que a continuación se describe, se utilizaron los criterios de aceptabilidad de nivel de ruido ambiente desarrollados por el Departamento de Desarrollo Urbano y Vivienda de los Estados Unidos de Norteamérica (U.S. HUD) - - (12), ya que en México no se cuenta en la actualidad con la normatividad correspondiente.

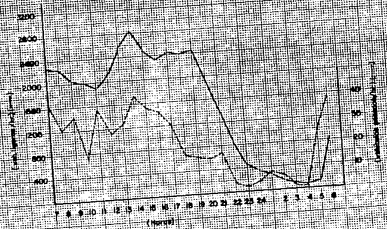
3.1.- Planteamiento del Problema.-

Supóngase que se desea convertir la calle de Torres Adalid en eje vial con tres carriles para automóviles y uno para autobuses, y que vaya desde Puente de la Morena hasta Viaducto Tlalpan. Además, se desea saber cuál sería el efecto que tendría esta modificación en los niveles de ruido de dicha calle al aumentarse y modificarse el flujo vehicular, según el pronóstico que se presenta en la gráfica 12, el cual fue proporcionado por Ingeniería de Tránsito y, en el caso que se decida hacer dicho eje vial, cuáles serían las alternativas para llevar a cabo el proyecto minimizando los efectos nocivos en los habitantes por el ruido que sería generado en la arteria.

3.1.1.- Descripción de la calle, vialidad, niveles de ruido y respuesta comunitaria en condiciones actuales.-

La calle de Torres Adalid en el tramo que se desea modificar su vialidad está principalmente edificada por construcciones de uso habitacio-

(12) ver apéndice 5.6



GRAFICA 12 - FLUJO VEHICULAR POR TIPO DE VEHICULO (PREVISTO)

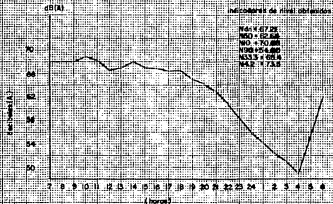
nal y tiene una longitud de 5 kilómetros. El tipo de tráfico que se presenta es básicamente de vehículos ligeros, con dos carriles de circulación y ambos lados del arroyo son utilizados para el estacionamiento de vehículos.

En cuanto a los niveles de ruido ambiente presentes en dicha calle -- se tuvo un Nivel día-noche de 67.2 dB(A), resultante de un monitoreo efectuado y cuyos datos se muestran en la gráfica 13.

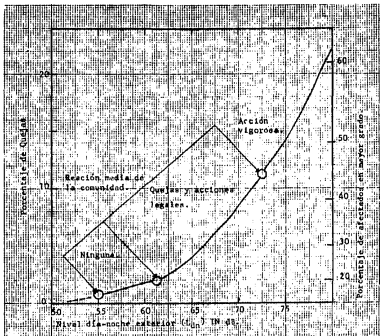
Por otra parte, alimentando a los modelos de "Respuesta Comunitaria al Ruido" y de "Impacto en la Salud" el nivel día-noche actual, se puede ver de la gráfica 14, que podría estarse quejando un 5% de la población de la zona afectada. Ahora bien, de acuerdo a la gráfica 15, un 50% de la misma podría estar sufriendo interferencias en su comunicación oral, y un 10% podría estar tomando medicamentos para controlar los trastornos en la salud comúnmente asociados al ruido, como se puede observar en la gráfica 16. Cabe hacer notar que debido a que no existen modelos de este tipo desarrollados para zonas urbanas en general, se utilizaron éstos, que fueron desarrollados en zonas cercanas a aeropuertos.

Por último, esta calle se puede calificar actualmente como "Normalmente Aceptable", considerando la distribución de los niveles de ruido en la calle de Torres Adalid y aplicando los criterios de la U.S HUD. (13) que se muestran en la gráfica 17.

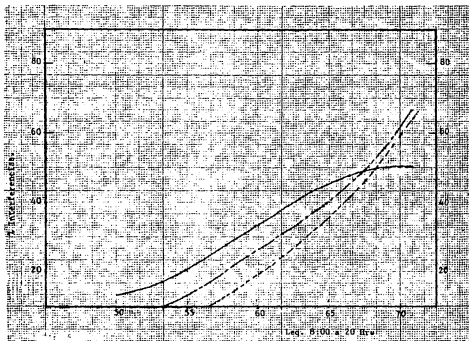
(13) Se califica como "Normalmente Aceptable" cuando se cumple: 1º -- Los niveles de ruido que sobrepasan a 65 dB(A) no deben presentarse por más de 8 horas considerando las 24 horas del día, y 2º Los niveles que exceden a 80 dB(A) no deben presentarse por más de 60 minutos durante las 24 hrs. del día. En términos de percentiles los criterios anteriores significan que N33.3 = 65 dB(A) y N4.2 = 80 dB(A), respectivamente.



GRAFICA 18 — NIVELES DE RUIDO EN LA CALLE DE TORRES ADALID (ACTUALES)

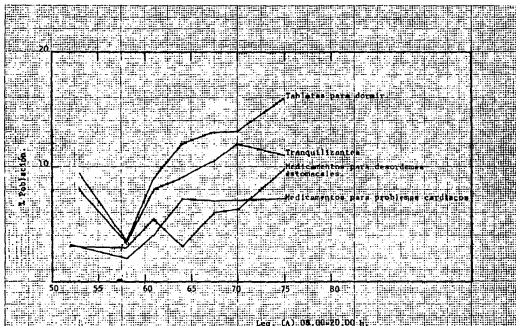


GRAFICA:14 SUMARIO DE MOLESTIAS Y REACCION EN LA COMUNIDAD

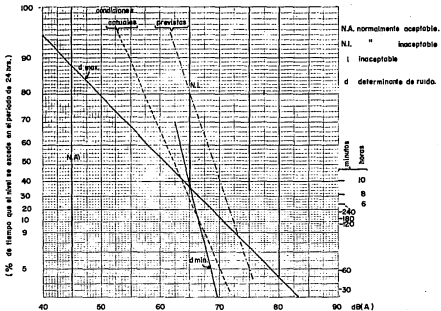


GRAFICA : 15 INTERFERENCIA A LA COMUNICACION VERBAL DEBIDO AL RUIDO POR TRAFICO

— RADIO O TELEVISION
 - - - TELEFONO
 . . . CONVERSACION



GRAFICA 16 CONSUMO DE MEDICAMENTOS



GRAFICA 17 — DISTRIBUCIONES NORMALES PERMISIBLES BAJO ESTANDARES DE LA U.S. HUD

En el cuadro 1, en la columna de la izquierda se resume y resume los resultados obtenidos para esta calle en la situación actual.

3.2.- Análisis de Resultados.-

Con los datos del flujo vehicular (gráfica 12) pronosticados para esta calle, una vez sea convertida en eje vial y utilizando la ecuación obtenida en este trabajo ($N50 = 58.30 + 8.66 \log Q + 1.49 P$), se obtuvieron los niveles de ruido ambiente que se muestran en la gráfica 18 y, con estos datos, se obtuvo un Nivel día-noche de 73.8 ± 0.4 dB(A).

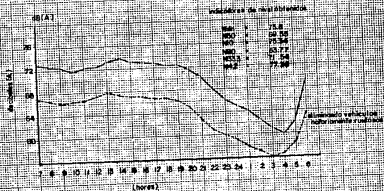
En el cuadro 1, en la columna de la derecha, se presenta la respuesta comunitaria y el impacto en la salud considerando el Nivel día-noche previsto. Finalmente calculando los percentiles N33.3 y N4.2 se tiene los niveles de 71.85 decibeles respectivamente, lo cual permite -- calificar a la situación prevista como "Normalmente Inaceptable".

Ahora, para que pueda darse la aceptabilidad a la calle Torres Adalid en el caso de que se convierta en eje vial, con la vialidad y flujo previstos, sería necesario cumplir con los dos criterios de ruido ambiente de la U.S. HUD descritos anteriormente, o en su defecto cumplir con los tres criterios para ruido en interiores que indica este mismo Departamento Norteamericano (14).

- (14) 1º. N4.2 = 55 dB(A) (durante las 24 horas del día)
- 2º N6.2 = 45 dB(A) (entre las 11 p.m. y las 4 a.m.) y
- 3º N33.3 = 45 dB(A) (durante las 24 horas del día).

	Situación Actual	Situación considerando la calle como eje vial:
Quejas a las autoridades por problema de Ruido.	5% población	12% población
Afectación en mayor grado.	32% "	46% "
Afectación por interferencias en la comunicación:		
Al escuchar radio o televisión.	50% "	50% "
Al conversar por teléfono.	50% "	70% "
Conversación cara a cara	50% "	70% "
Consumo de Medicamentos para:		
Controlar desórdenes estomacales.	6% "	8% "
Controlar problemas cardíacos.	7% "	7% "
Tranquilizantes.	11% "	11% "
Dormir.	13% "	15% "
Nivel día-noche (decibeles)	67.2	73.7
Primer criterio de la HUD	65.0 (criterio)	65.0 (criterio)
Nivel que es excedido por más de 8 hrs. durante las 24 hrs. es decir N33.3 percentil.	65.0 (Torres Adalid)	71.54 (Torres Adalid)
Segundo criterio de la HUD;	80.0 (criterio)	80.0 (criterio)
Nivel que es excedido más de 60 minutos durante las 24 hrs. es decir, N4.2 -- percentil.	73.5 (Torres Adalid)	77.36 (Torres Adalid)
Calificación según criterio de la U.S. HUD.	"Normalmente Aceptable"	"Normalmente Inaceptable"

Cuadro 1.- Resumen del Análisis de Impacto Según el Nivel de Ruido Actual y Previsto en la Calle de Torres Adalid.



GRÁFICA 18

NIVELES DE RUIDO CALCULADOS A PARTIR DE LOS FLUJOS VEHICULARES PREVISTOS, UTILIZANDO EL MODELO OBTENIDO EN ESTE TRABAJO.

3.3.- Análisis de alternativas.-

1°. Para cumplir con los criterios de nivel de ruido de la U.S. HUD en el ambiente exterior, sería necesario reducir el nivel de ruido individual de los vehículos que circulan por toda la Ciudad de México, ya -- que se observa una alta incidencia de vehículos notoriamente ruidosos (15% del tráfico en la Ciudad de México), teniéndose que al 80% de -- éstos se le ha modificado el sistema de escape y al 20% se le ha deteriorado en forma natural y circulan sin haberse reparado (15). Esta -- reducción de ruido individual implica que al llevar a los automóviles dentro de los niveles de ruido que indica el Reglamento de Ruido de -- México en vigor (79 dB(A)), y a los autobuses a un nivel no mayor de 80 dB(A), se obtendría un nivel de mitigación correspondiente a una -- calificación de "Normalmente Aceptable", al no sobrepasar los criterios del N33.3 = 65 dB(A) y N4.2 = 80 dB(A). Para explicar la mitigación de niveles antes mencionada se hace referencia a la tabla N°. 1 -- del capítulo primero, donde se observa que en promedio un vehículo -- "Notoriamente Ruidoso" produce de 10 a 12 decibeles más que uno -- "Normalmente Aceptable", es decir emite una energía 4 veces mayor (ya que por cada 3 decibeles de incremento se duplica la energía). Por -- otra parte, de las mediciones realizadas en los ejes viales motivo de este estudio, se observa que eliminando los niveles pico, que en promedio son de 10 a 12 dB(A) mayores al nivel medio (N50), se tendría una reducción del nivel horario promedio de aproximadamente un 8% como se observa en la línea punteada en la gráfica 1B, resultando al final, un

(15) Diagnóstico de los Niveles del Ruido Ambiente en el Distrito Federal efectuado por la Comisión de Ecología del D.D.F.

N33.3 = 65, y un N4.2 = 70.50 dB(A), y consiguiéndose una calificación de "Normalmente Aceptable".

2ª Cuando por algunas causas ya no es posible reducir el nivel de ruido exterior, y se trata de una zona primordialmente habitacional, se debe entonces proteger a los individuos en el interior de las viviendas ubicadas en la zona de influencia de niveles de ruido ambiente indeseables.

Considerando lo anterior, se conoce que las ventanas de las fachadas de las edificaciones, son las partes más vulnerables al ruido, de tal manera tendría que mejorarse el diseño de la ventanería.

En general la ventanería utilizada en las edificaciones de la calle de Torres Adalid cuenta con vidrios de 4 a 6 milímetros de espesor que proporcionan una reducción de 20 dB(A) del ruido exterior al interior, por lo que los niveles de ruido que se presentarían en interiores, asumiendo los niveles de ruido previstos como eje vial serían los siguientes:

Valor calculado	Criterio de la U.S. HUD en interiores
N4.2 = 57.36 dB(A)	N4.2 = 55 dB(A)
N6.2 = 47.02 dB(A)	N6.2 = 45 dB(A)
N33.3 = 51.54 dB(A)	N33.3 = 45 dB(A)

de donde se observa una violación de los criterios mencionados, por lo que tendría que considerarse la necesidad de mejorar la eficiencia de la ventanería utilizando vidrio de mayor espesor, teniéndose que por lo menos se requeriría vidrio de 12 milímetros o la instalación de

un vidrio adicional de igual espesor del actual, con espacio entre - - ellos de 2 centímetros, de manera que bajo estas circunstancias se - - tendría los niveles de ruido siguientes:

Valor calculado	Estándar de la U.S. HUD en interiores
1º N4.2 = 47.36	N4.2 = 55
2º N6.2 = 37.02	N6.2 = 45
3º N33.3 = 41.54	N33.3 = 45

Hay que hacer notar que mediante esta alternativa se tendría que inver - tir una suma considerable de dinero, pero que en varios países de - - Europa y Asia, cuando el gobierno no puede resolver el problema de - - vialidad dirigiendo el tráfico por arterias no habitacionales, subsidi - dia la mejora en las fachadas para no crear un problema en los habitan - tes de la zona afectada.

3º. El considerar la eliminación del paso de autobuses del servicios - público, y la utilización en su lugar del servicio eléctrico de trole - buses, no es una alternativa que conduzca a una reducción considerable en los niveles de ruido de manera que permita calificar a la calle - - (como eje vial) como "Normalmente Aceptable", ya que al utilizar la - ecuación empírica obtenida en este trabajo para este tipo de ejes via - les, y alimentándola con los flujos que se prevee se presenten (propor - cionados por Ingeniería de Tránsito), pero eliminando y llevando a ce - ro los flujos de vehículos pesados, se tiene lo siguiente:

Nivel calculado

Nivel criterio U.S. HUD

(vehículos pesados = 0)

N33.3 = 70.67 dB(A)

N33.3 = 65 dB(A)

N4.2 = 75.52 dB(A)

N4.2 = 80 dB(A)

Por lo que no se cumple el primer criterio.

4.- Conclusiones y Recomendaciones.

Del análisis de las mediciones de nivel de ruido realizadas en este -- trabajo, se observó que existe una relación muy estrecha entre los niveles de ruido ambiente y el flujo vehicular de una calle dentro de -- áreas primordialmente habitacionales en una zona urbana, habiéndose -- obtenido coeficiente de correlación mayores a 0.9. lo que permitió lograr una ecuación, que alimentándola con datos de flujo vehicular y -- composición de éste, proporciona valores de predicción de nivel de ruido dentro de un intervalo de confianza aceptable.

Por otra parte, se pudo cuantificar la participación de los vehículos pesados en la producción de energía contaminante, teniéndose que uno -- pesado produce 4 veces más energía sonora que uno ligero, de este -- resultado se hace destacar la importancia de la dirección de esfuerzos hacia el control del ruido en vehículos pesados.

En cuanto al tipo de arteria analizada, se tuvo que dado a los elevados flujos vehiculares y los niveles de ruido producido, mediante los datos obtenidos en este trabajo se pudo comprobar que en estos ejes viales se rebasan los criterios de aceptabilidad propuestos por el U.S. HUD, y es de esperar que dado a que en estos ejes no se presentan flujos vehiculares tan altos como en otros, al reducir el paso de los pesados se podrían encontrar reducciones importantes en los niveles de ruido ambiente, sin embargo no se llega a lo aceptable, como se pudo destacar en el análisis de la 3ª alternativa del ejemplo desarrollado en el capítulo anterior, lo anterior conduce a que aparentemente la alternativa más adecuada debe involucrar al control de todos los vehículos en mal estado, ya que el 15 por ciento de vehículos que circulan por una arteria son notoriamente ruidosos (16) y la mayoría de éstos debido a que han sido modificados sus sistemas de escape, en segundo término se podrían considerar alternativas como son las modificaciones en la vialidad, y creación de barreras como son las de vegetación, y mejoras en los diseños de ventanerías en fachadas.

Finalmente, el uso de este tipo de modelos de predicción, como se demostró en el ejemplo que se expuso en este trabajo es de suma utilidad ya que permite analizar simultáneamente diferentes estrategias de control de ruido, en donde se plantearon tres alternativas y se concluyó en una, la primera, como la más viable, dadas las condiciones de vialidad y características de los vehículos que actualmente circulan

(16) Diagnóstico de los Niveles del Ruido Ambiente en el Distrito Federal efectuado por la Comisión de Ecología del D.D.F.

en el Distrito Federal.

Cabe hacer notar también que es conveniente introducir en la legislación mexicana como primer paso, recomendaciones que indiquen niveles aceptables de ruido ambiente para zonas de uso de suelo habitacional, comercial, industrial etc., de acuerdo a los niveles recomendados por la U.S. Environmental Protection Agency y utilizados en este trabajo.

5. Apéndice

5.1. Programa para el manejo de datos

```

5 SYSTEM"DUAL.DM".
10 CLR
20 DIM X*(64)
25 INPUT"NUMERO DE LA CALLE" : IN$
30 OPEN "D" : IN$
40 FIELD 1,4 AS X*(1),4 AS X*(2),4 AS X*(3),4 AS X*(4),4 AS X*(5),4 AS X*(6),4 AS X*(7),4 AS X*(8),4 AS X*(9),4 AS X*(10),4 AS X*(11),4 AS X*(12),4 AS X*(13),4 AS X*(14),4 AS X*(15),4 AS X*(16),4 AS X*(17),4 AS X*(18),4 AS X*(19),4 AS X*(20)
50 FIELD 1,8 AS X*(21),4 AS X*(22),4 AS X*(23),4 AS X*(24),4 AS X*(25),4 AS X*(26),4 AS X*(27),4 AS X*(28),4 AS X*(29),4 AS X*(30),4 AS X*(31),4 AS X*(32),4 AS X*(33),4 AS X*(34),4 AS X*(35),4 AS X*(36),4 AS X*(37),4 AS X*(38),4 AS X*(39)
60 FIELD 1,16 AS X*(40),4 AS X*(41),4 AS X*(42),4 AS X*(43),4 AS X*(44),4 AS X*(45),4 AS X*(46),4 AS X*(47),4 AS X*(48),4 AS X*(49),4 AS X*(50),4 AS X*(51),4 AS X*(52),4 AS X*(53),4 AS X*(54),4 AS X*(55),4 AS X*(56),4 AS X*(57),4 AS X*(58)
70 FIELD 1,24 AS X*(59),4 AS X*(60),4 AS X*(61),4 AS X*(62),4 AS X*(63),4 AS X*(64)
80 PRINT "INDIQUE SI QUIERE GUARDAR O BAJAR LOS DATOS ?" : LINE INPUT
90 IF OR$( "S", "N" ) THEN 70
100 PRINT "Debe de guardar los datos en orden" : PRINT "Escriba el parámetro que va a guardar"
110 PRINT "HORA OPERA < 1 >"
120 PRINT "N 50 OPERA < 2 >"
130 PRINT "N 10 OPERA < 3 >"
140 PRINT "N 98 OPERA < 4 >"
150 PRINT "N ca. OPERA < 5 >"
160 PRINT "N es OPERA < 6 >"
170 PRINT "ART OPERA < 7 >"
180 PRINT "Vehiculos Livres OPERA < 8 >"
190 PRINT "Vehiculos Pesados OPERA < 9 >"
200 INPUT "NUMERO " : IC
210 ON IC GOTO 220,230,240,250,260,270,280,290,300
220 NV$="Hor." : RT=1:GOTO 310
230 NV$="N 50" : RT=2:GOTO 310
240 NV$="N 10" : RT=3:GOTO 310
250 NV$="N 98" : RT=4:GOTO 310
260 NV$="N ca." : RT=5:GOTO 310
270 NV$="N es" : RT=6:GOTO 310
280 NV$="ART" : RT=7:GOTO 310
290 NV$="Livres" : RT=8:GOTO 310
300 NV$="Pesados" : RT=9:GOTO 310
310 CLR : PRINT "X " : IN$ : *
320 INPUT "NUMERO DE DATOS A GUARDAR" : IN$
330 RN=INT(IN$/55)+1
340 FOR NR=RT TO (RT+RN-1)
350 PRINT "34.", "NR", "LINE", "RT", "RT", "RN", "RN"
360 IF NR=RT+RN-1 THEN 390
370 FOR I=1 TO 64
380 GOTO 400
390 FOR I=1 TO (RN-(RN-1)*44)
400 INPUT "DATO" : IC
410 LET X*(I)=MID$(IC)
420 NEXT I
430 PUT I, NG

```

```

440 NEXT NR
450 GOSUB 490
460 GOTO 80
470 CLOSING
480 REM ** EMITIZO SUBRUTINA PARA REVISAR LOS DATOS **
490 PRINT "QUIERE REVISAR LOS DATOS QUE ACABA DE GUARDAR S/N ?"
500 S=INPUT$(1)
510 IF S="N" THEN RETURN
520 FOR NR=1 TO (N+RN-1)
530 CLR
540 GET I, NR
550 IF NR=RT+RN-1 THEN END
560 FOR I=1 TO 4
570 GOTO 590
580 FOR T=1 TO (N)-(RN-1)*4
590 PRINT, I;"-";ICVR(X$(I))
600 NEXT I
610 NEXT NR+RN-1
620 PRINT:PRINT, "QUEDO EN TOTAL "M+1;" REGISTRO(S) DE ESTE PARAMETRO"
630 PRINT, " EN EL REGISTRO EN EL NUMERO "NR
640 PRINT "QUIERE CAMBIAR ALGUN DATO S/N ?"
650 S=INPUT$(1)
660 IF S="S" THEN 760
670 INPUT "NUMERO DE REGISTRO":NR
680 INPUT "NUMERO DE CANTILERO":CC
690 INPUT "NUEVO DATO":PP
700 GET I, NR
710 LET X$(CC)=MID$(PP, I)
720 PUT I, NR
730 PRINT "QUIERE VOLVER A VERLOS S/N ?"
740 S=INPUT$(1)
750 IF S="S" THEN 570
760 NEXT NR
770 GOTO 490
780 RETURN
790 REM ** SUBRUTINA PARA GUARDAR LOS DATOS EN VECTORES **
800 TX=1
810 INPUT "CUANTOS DATOS VA A DARLE "ND
820 INPUT "A PARTIR DE QUE NUMERO DE DATO LE QUIERE DARLE"BA
830 BB=INPUT$(1)
840 DIM D$(1,ND), OF(1,ND)
850 PRINT "Escriba el parametro que va a guardar"
860 LET I="PRIMO < 1 >"
870 PRINT "N 50 PRIMO < 2 >"
880 PRINT "N 10 PRIMO < 3 >"
890 PRINT "N 50 QUERIMO < 4 >"
900 PRINT "N 50 PRIMO < 5 >"
910 PRINT "N 50 PRIMO < 6 >"
920 PRINT "N 10 PRIMO < 7 >"
930 PRINT "Unidades de los PRIMO < 8 >"
940 PRINT "Unidades de los PRIMO < 9 >"
950 INPUT "Escriba el numero que quiere "IG
960 ON G GOTO 970,980,990,1000,1010,1020,1030,1040,1050
970 GOTO "PRIMO"
980 GOTO "PRIMO"
990 GOTO "PRIMO"
1000 GOTO "PRIMO"
1010 GOTO "PRIMO"
1020 GOTO "PRIMO"
1030 GOTO "PRIMO"
1040 GOTO "PRIMO"
1050 GOTO "PRIMO"

```

```

1040 NUS="Licencia"PRI=11PIGOTO 1040
1050 NUS="Fondos"PRI=12PIGOTO 1040
1060 PRINTPRINT " " PARA EFECTUAR UN ANALISIS DE REGRESION CON LOS DATOS DE E
EPI PARAMETRO I SPECIFICADO SE ESTE ES LA VARIABLE IND
DEPENDIENTE X o Z, o LA VARIABLE DEPENDIENTE Y, IPRINT " Y= F(X,Z)"
1070 PRINT " A UNA VARIABLE INDEP QUE SE LE ASIGNE ESTE PARAMETRO I X, Y o Z ?"
1080 PRINT "PARA BAJAR LA HORA PRECISA < N >"
1090 S=INPUT(1)
1100 IF S="X" THEN GO=1
1110 IF S="Y" THEN GO=2
1120 IF S="Z" THEN GO=3
1130 IF S="I" THEN GO=4
1140 IF GO=0 THEN 1040
1150 TX=0
1160 NR=INT(IND/60)+1
1170 NR=NR+55*RN-1
1180 FOR NR=N TO H
1190 GET L, NR
1200 IF NR=NR+55*RN-1 THEN 1230
1210 FOR I=1 TO 60
1220 GOTO 1240
1230 FOR I=1 TO (ND-(RN-1)*60)
1240 TX=TX+1
1250 IF GO=4 THEN DE(I, TX)=CVS(X*(X))ELSE 1270
1260 GOTO 1280
1270 DO(0, TX)=CVS(X*(I))
1280 NEXT I
1290 NEXT NR
1300 NEXT X
1310 PRINT "LOS DATOS SE GUARDARON EN UN VECTOR"
1320 REP ** PREGUNTAS ORO CONTINUAS **
1330 PRINT "QUIERE BAJAR OTRO PARAMETRO (S/N) ?"
1340 S=INPUT(1)IF S="0" THEN 1345
1345 GOTO 1050
1350 CLR=0
1360 G DBE
1370 PRINT "QUIERE VER LOS DATOS QUE AGORO DE BAJAR (S/N) ?"
1380 S=INPUT(1)
1390 IF S="0" THEN GOTO 1450
1390 CLR
1400 PRINT(0,0), " ": "HORA:" "X", "Y", "Z"
1410 FOR I=1 TO H
1420 PRINT DE(I, Y), DO(1, X), DO(2, Z), DO(3, I)
1430 NEXT I
1440 PRINT "145" MEM
1450 CHANGE X, DE
1460 PRINT "147" MEM
1470 DIM D(ND*3)
1480 I=0
1490 FOR GO=1 TO 4
1500 IF GO=1 THEN 1510ELSE IF GO=2 THEN 1550ELSE IF GO=3 THEN 1600
1510 FOR I=1 TO W
1520 A(I)=DO(0, I)
1530 NEXT I
1540 NEXT GO
1550 FOR I=N+1 TO H*3
1560 J=I-H
1570 B(I)=DO(0, J)
1580 NEXT I
1590 NEXT GO

```



```

f.de correlacion. (rxy)."
```

$$2010 \text{ REM**CALCULO DE LIMITES DE CONFIANZA DE UN VALOR ESTIMADO PROMEDIO DE Y}$$

$$2011 \text{ STOP}$$

$$2020 \text{ REM**MULTIPLICADORES DE LAGRANGE**}$$

$$2030 \text{ M1=0IM7=0IM1=0IT9=0IT5=0IT6=0IT7=0IT8=0IT9=0Y1P4=0}$$

$$2040 \text{ M1=I3/H4IM7=I2/H4IM1=H2/H4IT4=I1=H4IT5=I4/(ND-3)}$$

$$2040 \text{ INPUT"Veh. Pasados/min." I PC}$$

$$2070 \text{ P5=0IT6=0IT4=0IT7=0IT8=0IT9=0}$$

$$2071 \text{ C=LJ8(I+PC)}$$

$$2080 \text{ P5=I3*(I/ND+M1*(I -P3)^2+M2*(PC -P3)^2+2*M3*(I -P3)*I PC -P3)}$$

$$2090 \text{ T6=(ABS(P5))^0.5}$$

$$2100 \text{ P4=H7+H5* I +H4* PC}$$

$$2110 \text{ INPUT"VALOR DE t "IU}$$

$$2120 \text{ I7=IU*I6}$$

$$2130 \text{ I8=P4+I7}$$

$$2140 \text{ I9=I4-I7}$$

$$2150 \text{ PRINT"Para "I1" Licras/min. u"IPRINT"Para"IPC"Pasados/min."}$$

$$2160 \text{ PRINT"Valor estimado de Y media ="IPRINT USING"###.##"I4}$$

$$2170 \text{ PRINT" (+ -)"IPRINT USING"###.##"I7}$$

$$2180 \text{ PRINT" M.I.SUP="I10}$$

$$2190 \text{ PRINT" M.INF="I12}$$

$$2200 \text{ INPUT"Quiero probar con otro flujo y porcentaje (S/N)"IS}$$

$$2210 \text{ IF IS="N" THEN 2050}$$

$$2220 \text{ END}$$

$$2230 \text{ CLOSE}$$

Ready

>SYSTEM"DUAL OFF"

Dual Routine now OFF

5. Apéndice

5.2. Ecuaciones resultantes de cada una de las arterias y sus análisis de variancia

AV. COYOACAN

La ecuación de la recta en el espacio

$$Y = 58.1981 + 8.30846 X + 1.07105 Z \quad R = .895695$$

Donde;

Y= N50 X= Logaritmo del flujo total (veh/min)

Z= Vehículos pesados/min. R= Coeficiente de regresión múltiple.

VARIABLES DENTRO DE PROGRAMA:

P2= 1.09294
 P3= .206944
 M1= 3.93776E-03
 M2= 5.60829E-03
 M3= 9.6547E-04
 T5= 6.64419
 SY= 48600.3
 SX= 786.918
 SZ= 149
 CY= 3.30463E+06
 CX= 1125.2
 CZ= 217
 YX= 55369.1
 XZ= 208.493
 YZ= 10636.2

En el análisis de variancia.

SS debido a la regresión= 21578.2
 MS debido a la regresión= 10789.1
 SS debido a b/a = 19124.3
 MS debido a b/a = 19124.3
 SS debido a c/b,a = 2453.87
 MS debido a c/b,a = 2453.87
 SS Residual = 2512.82
 MS Residual = 3.50463
 F debido a la regresión= 3078.53
 F debido a b/a = 5456.87
 F debido a c/b,a = 717
 R² debido a b/a = .793836
 SS debido a c/a = 1798.45
 MS debido a c/a = 1798.45
 SS debido a b/c,a = 19779.7
 MS debido a b/c,a = 19779.7
 F debido a c/a = 513.165

La ecuación de la recta en el espacio

$$Y = 63.2023 + 8.81739 X + 1.91684 Z \quad R = .827542$$

Donde;

Y = N10;

X = Logaritmo del flujo total (veh/min)

Z = Vehículos pesados/min.

R = Coeficiente de regresión múltiple.

Variables dentro de programa:

P2= 1.09294
 P3= .206944
 M1= 3.93776E-03
 M2= 5.60829E-03
 M3= 9.6547E-04
 T5= 14.661
 SY= 52729.8
 SX= 786.918
 SZ= 149
 CY= 3.89506E+06
 CZ= 1125.2
 YX= 60056
 YZ= 208.493
 YZ= 11671.5

En el análisis de variancia:

SS debido a la regresión= 27600.4
 MS debido a la regresión= 13800.2
 SS debido a b/a = 22185.6
 MS debido a b/a = 22185.6
 SS debido a c/b,a = 5414.74
 MS debido a c/b,a = 5414.74
 SS Residual = 5751.87
 MS Residual = 8.02213
 F debido a la regresión= 1720.26
 F debido a b/a = 2765.55
 F debido c/b,a = 717
 R² debido a b/a = .665192
 SS debido a c/a = 3097.02
 MS debido a c/a = 3097.02
 SS debido a b/c,a = 24503.4
 MS debido a b/c,a = 24503.4
 F debido a c/a = 386.059
 F debido a b/c,a = 3054.47
 R² debido a c/a = .0928578

AV. COYOACAN

La ecuación de la recta en el espacio

$$Y = 53.0364 + 7.93111 X + 156166 Z$$

$$R = .874398$$

Donde;

Y= N90;

X= Logaritmo del flujo total (Veh/min)

Z= Vehículos pesados/min.

R= Coeficiente de regresión múltiple.

VARIABLES DENTRO DE PROGRAMA:

P2= 1.09294

P3= .206944

M1= 3.93776E-03

M2= 5.60

M3= 9.6547E-04

T5= 7.21306

SY= 44450.6

SX= 786.918

SZ= 149

CY= 2.76621E+06

CX= 1125.2

CZ= 217

YX= 50691.9

XZ= 208.493

YZ= 9589.89

En el análisis de variancia:

SS debido a la regresión= 19208.3

MS debido a la regresión= 9604.17

SS debido a b/a = 16791.4

MS debido a b/a = 16791.4

SS debido a c/b,a = 2416.96

MS debido a c/b,a = 2416.96

SS Residual = 2759.16

MS Residual = 3.8482

F debido a la regresión= 2495.76

F debido a b/a = 4363.44

F debido a c/b,a = 717

R² debido a b/a = .764374

SS debido a c/a = 821.564

MS debido a c/a = 821.564

SS debido a b/c,a = 18386.8

MS debido a b/c,a = 18386.8

F debido a c/a = 213.493

F debido a b/c,a = 4778.02

R² debido a c/a = .0373991

La ecuación de la recta en el espacio

$$Y = 61.0613 + 7.87353 X + 2.299 Z \quad R = .812241$$

Donde;

Y= Neq. X= Logaritmo del flujo total (veh/min)

Z= Vehículos pesados/ min. R= Coeficiente de regresión múltiple.

Variable dentro de programa:

P2= 1.09294
 P3= .206944
 M1= 3.93776E-03
 M2= 5.60829E-03
 M3= 9.6547E-04
 T5= 13.72
 SY= 50502.5
 SX= 786.918
 SZ= 149
 CY= 3.57128E+06
 CX= 1125.2
 CZ= 217
 YX= 57388.8
 XZ= 208.493
 YZ= 11238.6

En el análisis de variancia:

SS debido a la regresión= 23482.3
 MS debido a la regresión= 11741.1
 SS debido a b/a = 18130.8
 MS debido a b/a = 18130.8
 SS debido a c/b,a = 5351.46
 MS debido a c/b,a = 5351.46
 SS Residual = 5428.22
 MS Residual = 7.57.073
 F debido a la regresión= 1550.86
 F debido a b/a = 2394.86
 F debido a c/b,a = 717
 R² debido a b/a = .627136
 SS debido a c/a = 3330.17
 MS debido a c/a = 3330.17
 SS debido a b/c,a = 20152.1
 MS debido a b/c,a = 20152.1
 F debido a c/a = 439.875
 F debido a b/c,a = 2661.84
 R² debido a c/a = .115189

La ecuación de la recta en el espacio

$$Y = 71.4225 + 8.19265 X + 3.47491 Z \quad R = .590871$$

Donde;

Y = Ncs X = Logaritmo del flujo total (veh/min)

Z = Vehículos pesados/min. R = Coeficiente de regresión múltiple.

Variables dentro de programa:

P2= 1.09294
 P3= .206944
 M1= 3.93776E-03
 M2= 5.60829E-03
 M3= 9.6547E-04
 T5= 58.8744
 SY= 58388.9
 SX= 786.918
 SZ= 149
 CY= 4.79995E+06
 CX= 1125.2
 CZ= 217
 YX= 66146.5
 XZ= 208.493
 YZ= 13104.1

En el análisis de variancia:

SS debido a la regresión= 38320.9
 MS debido a la regresión= 19160.5
 SS debido a b/a = 20490
 MS debido a b/a = 20490
 SS debido a c/b,a = 17830.9
 MS debido a c/b,a = 17830.9
 SS Residual = 26534.1
 MS Residual = 37.0071
 F debido a la regresión= 517.752
 F debido a b/a = 553.678
 F debido a c/b,a = 717
 R² debido a b/a = .315935
 SS debido a c/a = 5597.97
 MS debido a c/a = 5597.97
 SS debido a b/c,a = 32723
 MS debido a b/c,a = 32723
 F debido a c/a = 151.268
 F debido a b/c,a = 884.235
 R² debido a c/a = .0863152

La ecuación de la recta en el espacio

$$Y = 64.2772 + 10.9845 X + 7.4567 Z \quad R = .466479$$

Donde;

Y= Irt X= Logaritmo del flujo total (veh/min)

Z= Vehículos pesados/min. R= Coeficiente de regresión múltiple.

VARIABLES DENTRO DE PROGRAMA:

P2= 1.09294
 P3= .206944
 M1= 3.93776E-03
 M2= 5.60829E-03
 M3= 9.6547E-04
 T5= 249.834
 SY= 56034.5
 SX= 786.918
 SZ= 149
 CY= 4.58988E+06
 CX= 1125.2
 CZ= 217
 YX= 64495.3
 XZ= 208.493
 YZ= 13485.6

En el análisis de variancia:

SS debido a la regresión=	106800
MS debido a la regresión=	53399.8
SS debido a b/a	= 39905.9
MS debido a b/a	= 39905.9
SS debido a c/b,a	= 66893.7
MS debido a c/b,a	= 66893.7
SS Residual	= 122149
MS Residual	= 170.361
F debido a la regresión=	313.45
F debido a b/a	= 234.243
F debido a c/b,a	= 717
R ² debido a b/a	= .174301
SS debido a c/a	= 19178.8
MS debido a c/a	= 19178.8
SS debido a b/c,a	= 87620.7
MS debido a b/c,a	= 87620.7
F debido a c/a	= 112.577
F debido a b/c,a	= 514.323
R ² debido a c/a	= .0837692

GABRIEL MANCERA

La ecuación de la recta en el espacio

$$Y = 63.8551 + 9.22111 X + 1.97548 Z \qquad R = .851064$$

Donde;

Y= N10 X= Logaritmo del flujo total (veh/min)

Z= Vehículos pesados/min. R= Coeficiente de regresión múltiple.

Variabes dentro de programa:

P2= 1.11846
 P3= .398611
 M1= 4.43252E-03
 M2= 3.85953E-03
 M3= 1.39951E-03
 T5= 13.6929
 SY= 53968.3
 SX= 805.292
 SZ= 287
 CY= 4.08138E+06
 CX= 1155.46
 CZ= 407
 YX= 62893.2
 XZ= 413.382
 YZ= 22942.3

En el análisis de variancia:

SS debido a la regresión=	30752.1
MS debido a la regresión=	15376.1
SS debido a b/a	= 25159.6
MS debido a b/a	= 25159.6
SS debido a c/b,a	= 5592.49
MS debido a c/b,a	= 5592.49
SS Residual	= 5381.62
MS Residual	= 7.50574
F debido a la regresión=	2048.57
F debido a b/a	= 3352.05
F debido a c/b,a	= 717
R ² debido a b/a	= .696292
SS debido a c/a	= 6987.82
MS debido a c/a	= 6987.82
SS debido a b/c,a	= 23764.3
MS debido a b/c,a	= 23764.3
F debido a c/a	= 930.996
F debido a b/c,a	= 3166.15
R ² debido a c/a	= .193388

La ecuación de la recta en el espacio

$$Y = 57.1811 + 9.83641 X + .996579 Z$$

$$R = .912626$$

Donde;

$$Y = N50$$

X = Logaritmo del flujo total (veh/min)

Z = Vehículos pesados/min.

R = Coeficiente de regresión múltiple.

VARIABLES DENTRO DE PROGRAMA:

$$P2 = 1.11846$$

$$P3 = .398611$$

$$M1 = 4.43252E-03$$

$$M2 = 3.85953E-03$$

$$M3 = 1.39951E-03$$

$$T5 = 7.48642$$

$$SY = 49377.6$$

$$SX = 805.292$$

$$SZ = 287$$

$$CY = 3.41844E+06$$

$$CX = 1155.46$$

$$CZ = 407$$

$$YX = 57825$$

$$XZ = 413.382$$

$$YZ = 20882.8$$

En el análisis de variancia:

$$SS \text{ debido a la regresión} = 29313.8$$

$$MS \text{ debido a la regresión} = 14656.9$$

$$SS \text{ debido a } b/a = 26495.2$$

$$MS \text{ debido a } b/a = 26495.2$$

$$SS \text{ debido a } c/b,a = 2818.58$$

$$MS \text{ debido a } c/b,a = 2818.58$$

$$SS \text{ Residual} = 2806.49$$

$$MS \text{ Residual} = 3.91421$$

$$F \text{ debido a la regresión} = 3744.53$$

$$F \text{ debido a } b/a = 6768.97$$

$$F \text{ debido a } c/b,a = 717$$

$$R^2 \text{ debido a } b/a = .824875$$

$$SS \text{ debido a } c/a = 4924.06$$

$$MS \text{ debido a } c/a = 4924.06$$

$$SS \text{ debido a } b/c,a = 24389.7$$

$$MS \text{ debido a } b/c,a = 24389.7$$

$$F \text{ debido a } c/a = 1258$$

$$F \text{ debido a } b/c,a = 6231.07$$

$$R^2 \text{ debido a } c/a = .153301$$

La ecuación de la recta en el espacio.

$$Y = 50.5235 + 10.4646 X + .0113069 Z \quad R = .910756$$

Donde;

Y= N90 X= Logaritmo del flujo total (veh/min)

Z= Vehículos pesados/min. R= Coeficiente de regresión múltiple.

Variables dentro de programa:

P2= 1.11846
 P3= .398611
 M1= 4.43252E-03
 M2= 3.85953E-03
 M3= 1.39951E-03
 T5= 7.99326
 SY= 44899.7
 SX= 805.292
 SZ= 287
 CY= 2.82125E+06
 CX= 1155.46
 CZ= 407
 YX= 52772.9
 XZ= 413.382
 YZ= 18821.5

En el análisis de variancia:

SS debido a la regresión= 30614.6
 MS debido a la regresión= 15307.3
 SS debido a b/a = 27877.8
 MS debido a b/a = 27877.8
 SS debido a c/b,a = 2736.76
 MS debido a c/b,a = 2736.76
 SS Residual = 2999.91
 MS Residual = 4.18398
 F debido a la regresión= 3658.55
 F debido a b/a = 6663
 F debido a c/b,a = 717
 R² debido a b/a = .829339
 SS debido a c/a = 3172.38
 MS debido a c/a = 3172.38
 SS debido a b/c,a = 27442.2
 MS debido a b/c,a = 27442.2
 F debido a c/a = 758.221
 F debido a b/c,a = 6558.88
 R² debido a c/a = .0943754

GABRIEL MANCERA

La ecuación de la recta en el espacio

$$Y = 61.1986 + 8.60852 X + 2.13601 Z \quad R = .839618$$

Donde;

Y= Neq. X= Logaritmo del flujo total (veh/min)

Z= Vehiculos pesados/min. R= Coeficiente de regresión múltiple.

Variabes dentro de programa:

P2= 1.11846
 P3= .398611
 M1= 4.43252E-03
 M2= 3.85953E-03
 M3= 1.39951E-03
 T5= 13.7833
 SY= 516608.4
 SX= 805.292
 SZ= 287
 CY= 3.7327E+06
 CX= 1155.46
 CZ= 407
 YX= 60112.5
 XZ= 413.382
 YZ= 21992

En el análisis de variancia:

SS debido a la regresión= 28124
 MS debido a la regresión= 14062
 SS debido a b/a = 22430.8
 MS debido a b/a = 22430.8
 SS debido a c/b,a = 5693.27
 MS debido a c/b,a = 5693.27
 SS Residual = 5372.21
 MS Residual = 7.49263
 F debido a la regresión= 1876.78
 F debido a b/a = 2993.71
 F debido a c/b,a = 717
 R² debido a b/a = .66965
 SS debido a c/a = 6894.08
 MS debido a c/a = 6894.08
 SS debido a b/c,a = 21230
 MS debido a b/c,a = 21230
 F debido a c/a = 920.115
 F debido a b/c,a = 2833.45
 R² debido a c/a = .205816

La ecuación de la recta en el espacio

$$Y = 74.5322 + 7.36069 X + 4.18145 Z \quad R = .650243$$

Donde:

Y= Ncs. X= Logaritmo del flujo total (veh/min)

Z= Vehículos pesados/min. R= Coeficiente de regresión múltiple.

VARIABLES DENTRO DE PROGRAMA:

P2= 1.11846
 P3= .398611
 M1= 4.43252E-03
 M2= 3.85953E-03
 M3= 1.39951E-03
 T5= 46.8482
 SY= 60790.8
 SX= 805.292
 SZ= 287
 CY= 5.19086E+06
 CX= 1155.46
 CZ= 407
 YX= 70253.7
 XZ= 413.382
 YZ= 26135.4

En el análisis de variancia:

SS debido a la regresión= 37843.5
 MS debido a la regresión= 18921.7
 SS debido a b/a = 20076.2
 MS debido a b/a = 20776.2
 SS debido a c/b,a = 17767.3
 MS debido a c/b,a = 17767.3
 SS Residual = 20355.5
 MS Residual = 28.3899
 F debido a la regresión= 666.496
 F debido a b/a = 707.159
 F debido a c/b,a = 717
 R² debido a b/a = .344957
 SS debido a c/a = 12383.1
 MS debido a c/a = 12383.1
 SS debido a b/c,a = 25460.3
 MS debido a b/c,a = 25460.3
 F debido a c/a = 436.182
 F debido a b/c,a = 896.81
 R² debido a c/a = .212772

GABRIEL MANCERA

La ecuación de la recta en el espacio

$$Y = 73.8321 + 5.55041 X + 7.89381 Z \quad R = .436132$$

Donde;

Y= Irt. X= Logaritmo del flujo total (veh/min)

Z= Vehículos pesados/min. R= Coeficiente de regresión múltiple.

VARIABLES DENTRO DE PROGRAMA:

P2= 1.11846
 P3= .398611
 M1= 4.43252E-03
 M2= 3.85953E-03
 M3= 1.39951E-03
 T5= 202.93
 SY= 59894.3
 SX= 805.292
 SZ= 287
 CY= 5.16208E+06
 CX= 1155.46
 CZ= .407
 YX= 69132.8
 XZ= 413.382
 YZ= 26697

En el análisis de variancia:

SS debido a la regresión= 78366
 MS debido a la regresión= 39183
 SS debido a b/a = 18031.6
 MS debido a b/a = 18031.6
 SS debido a c/b,a = 60334.3
 MS debido a c/b,a = 60334.3
 SS Residual = 101318
 MS Residual = 141.308
 F debido a la regresión= 277.287
 F debido a b/a = 127.605
 F debido a c/b,a = 717
 R² debido a b/a = .100352
 SS debido a c/a = 27226.4
 MS debido a c/a = 27226.4
 SS debido a b/c,a = 51139.5
 MS debido a b/c,a = 51139.5
 F debido a c/a = 192.674
 F debido a b/c,a = 361.91
 R² debido a c/a = .151524

ANGEL URRAZA

La ecuación de la recta en el espacio

$$Y = 66.9818 + 6.20717 X + 3.21263 Z \quad R = .905297$$

Donde;

Y= N10 X= Logaritmo del flujo total (veh/min)

Z= Vehículos pesados/min. R= Coeficiente de regresión múltiple.

VARIABLES DENTRO DE PROGRAMA:

P2= 1.26763
 P3= .452778
 M1= 6.44403E-03
 M2= 3.13719E-03
 M3= 1.59121E-03
 T5= 4.35554
 SY= 54939.5
 SX= 912.693
 SZ= 326
 CY= 4.20945E+06
 CX= 1334.36
 CZ= 512
 YX= 71033.1
 XZ= 503.227
 YZ= 26604.6

En el análisis de variancia:

SS debido a la regresión=	15670
MS debido a la regresión=	7835.01
SS debido a b/a	= 10894.7
MS debido a b/a	= 10894.7
SS debido a c/b,a	= 4775.32
MS debido a c/b,a	= 4775.32
SS Residual	= 1639.24
MS Residual	= 2.28625
F debido a la regresión=	3427.02
F debido a b/a	= 4765.32
F debido a c/b,a	= 717
R ² debido a b/a	= .629414
SS debido a c/a	= 8205.57
MS debido a c/a	= 8205.57
SS debido a b/c,a	= 7464.45
MS debido a b/c,a	= 7464.45
F debido a c/a	= 3589.1
F debido a b/c,a	= 3264.94
R ² debido a c/a	= .474057

La ecuación de la recta en el espacio

$$Y = 60.5007 + 7.23679 X + 1.92179 Z$$

$$R = .901505$$

Donde;

Y= N50

X= Logaritmo del flujo total (veh/min)

Z= Vehículos pesados/min.

R= Coeficiente de regresión múltiple.

VARIABLES DENTRO DE PROGRAMA:

P2= 1.26763
 P3= .452778
 M1= 6.44403E-03
 M2= 3.13719E-03
 M3= 1.59121E-03
 T5= 4.2231
 SY= 50792
 SX= 912.693
 SZ= 326
 CY= 3.59925E+06
 CX= 1334.36
 CZ= 512
 YX= 65842.1
 XZ= 503.227
 YZ= 24348.9

En el análisis de variancia:

SS debido a la regresión= 14577.3
 MS debido a la regresión= 7288.66
 SS debido a b/a = 11962
 MS debido a b/a = 11962
 SS debido a c/b,a = 2615.31
 MS debido a c/b,a = 2615.31
 SS Residual = 1592.67
 MS Residual = 2.2213
 F debido a la regresión= 3281.26
 F debido a b/a = 5385.14
 F debido a c/b,a = 717
 R² debido a b/a = .739766
 SS debido a c/a = 5012.21
 MS debido a c/a = 5012.21
 SS debido a b/c,a = 9565.12
 MS debido a b/c,a = 9565.12
 F debido a c/a = 2256.43
 F debido a b/c,a = 4306.09
 R² debido a c/a = .30997

ANGEL URRAZA

La ecuación de la recta en el espacio

$$Y = 54.0742 + 8.21522 X + .673686 Z \quad R = .82368$$

Donde;

Y= N90 X= Logaritmo del flujo total (veh/min)

Z= Vehículos pesados/min R= Coeficiente de regresión múltiple.

VARIABLES DENTRO DE PROGRAMA:

P2= 1.26763
 P3= .452778
 M1= 6.44403E-03
 M2= 3.13719E-03
 M3= 1.59121E-03
 T5= 8.68187
 SY= 46651
 SX= 912.693
 SZ= 326
 CY= 3.04202E+06
 CX= 1334.36
 CZ= 512
 YX= 60654.2
 XZ= 503.227
 YZ= 22107.2

En el análisis de variancia:

SS debido a la regresión= 15946.2
 MS debido a la regresión= 7973.12
 SS debido a b/a = 12989.4
 MS debido a b/a = 12989.4
 SS debido a c/b,a = 2956.84
 MS debido a c/b,a = 2956.84
 SS Residual = 3413.51
 MS Residual = 4.76082
 F debido a la regresión= 1674.74
 F debido a b/a = 2728.4
 F debido a c/b,a = 717
 R² debido a b/a = .670949
 SS debido a c/a = 2660.87
 MS debido a c/a = 2660.87
 SS debido a b/c,a = 13285.4
 MS debido a b/c,a = 13285.4
 F debido a c/a = 558.91
 F debido a b/c,a = 2790.57
 R² debido a c/a = .137443

ANGEL URRAZA

La ecuación de la recta en el espacio

$$Y = 63.6601 + 6.25286 X + 3.33091 Z \quad R = .906623$$

Donde;

Y= Neq. X= Logaritmo del flujo total (veh/min)

Z= Vehículos pesados/min. R= Coeficiente de regresión múltiple.

Variables dentro de programa:

P2= 1.26763
 P3= .452778
 M1= 6.44403E-03
 M2= 3.13719E-03
 M3= 1.59121E-03
 T5= 4.44887
 SY= 52628.1
 SX= 912.693
 SZ= 326
 CY= 3.86475E+06
 CX= 1334.36
 CZ= 512
 YX= 68121.9
 XZ= 503.227
 YZ= 25605.2

En el análisis de variancia:

SS debido a la regresión=	16243.7
MS debido a la regresión=	8121.87
SS debido a b/a	= 11190.5
MS debido a b/a	= 11190.5
SS debido a c/b,a	= 5053.2
MS debido a c/b,a	= 5053.2
SS Residual	= 1673.01
MS Residual	= 2.33335
F debido a la regresión=	3480.78
F debido a b/a	= 4795.92
F debido a c/b,a	= 717
R ² debido a b/a	= .624586
SS debido a c/a	= 8659.79
MS debido a c/a	= 8659.79
SS debido a b/c,a	= 7583.96
MS debido a b/c,a	= 7583.96
F debido a c/a	= 3711.32
F debido a b/c,a	= 3250.25
R ² debido a c/a	= .483335

La ecuación de la recta en el espacio

$$Y = 76.6383 + 4.19008 X + 5.86712 Z$$

$$R = .784292$$

Donde;

Y= Ncs.

X= Logaritmo del flujo total (veh/min)

Z= Vehículos pesados/min.

R= Coeficiente de regresión múltiple.

VARIABLES dentro de programa:

$$P2 = .126763$$

$$P3 = .452778$$

$$M1 = 6.44403E-03$$

$$M2 = 3.13719E-03$$

$$M3 = 1.59121E-03$$

$$T5 = 17.5255$$

$$SY = 60916.5$$

$$SX = 912.693$$

$$SZ = 326$$

$$CY = 5.18657E+06$$

$$CX = 1334.36$$

$$CZ = 512$$

$$YX = 78490.8$$

$$XZ = 503.227$$

$$YZ = 30096.6$$

En el análisis de variancia:

$$SS \text{ debido a la regresión} = 25603.6$$

$$MS \text{ debido a la regresión} = 12801.8$$

$$SS \text{ debido a } b/a = 9109.62$$

$$MS \text{ debido a } b/a = 9109.62$$

$$SS \text{ debido a } c/b,a = 16494$$

$$MS \text{ debido a } c/b,a = 16494$$

$$SS \text{ Residual} = 7041.91$$

$$MS \text{ Residual} = 9.82135$$

$$F \text{ debido a la regresión} = 1303.47$$

$$F \text{ debido a } b/a = 927.533$$

$$F \text{ debido a } c/b,a = 717$$

$$R^2 \text{ debido a } b/a = .279047$$

$$SS \text{ debido a } c/a = 17357.7$$

$$MS \text{ debido a } c/a = 17357.7$$

$$SS \text{ debido a } b/c,a = 8245.87$$

$$MS \text{ debido a } b/c,a = 8245.87$$

$$F \text{ debido a } c/a = 1767.35$$

$$F \text{ debido a } b/c,a = 839.587$$

$$R^2 \text{ debido a } c/a = .531703$$

La ecuación de la recta en el espacio

$$Y = 75.7484 + .157155 X + 10.9013 Z \quad R = .605799$$

Donde;

Y = Irt. X = Logaritmo del flujo total (veh/min)

Z = Vehículos pesados/min. R = Coeficiente de regresión múltiple.

Variabes dentro de programa:

P2 = 1.26763
 P3 = .452778
 M1 = 6.44403E-03
 M2 = 3.13719E-03
 M3 = 1.59121E-03
 T5 = 104.926
 SY = 58236.1
 SX = 912.693
 SZ = 326
 CY = 4.82919E+06
 CX = 1334.36
 CZ = 512
 YX = 74830.6
 XZ = 503.227
 YZ = 30354.5

En el análisis de variancia:

SS debido a la regresión = 72003.5
 MS debido a la regresión = 36001.7
 SS debido a b/a = 5736.2
 MS debido a b/a = 5736.2
 SS debido a c/b, a = 66267.3
 MS debido a c/b, a = 66267.3
 SS Residual = 46853.5
 MS Residual = 65.3466
 F debido a la regresión = 550.935
 F debido a b/a = 87.7811
 F debido a c/b, a = 717
 R² debido a b/a = .0482613
 SS debido a c/a = 43612.5
 MS debido a c/a = 43612.5
 SS debido a b/c, a = 28391
 MS debido a b/c, a = 28391
 F debido a c/a = 667.403
 F debido a b/c, a = 434.467
 R² debido a c/a = .366933

5. Apéndice

5.3. Modelo resultante del conjunto de arterias

TODOS LOS EJES

La ecuación de la recta en el espacio

$$Y = 58.3046 + 8.66097 X + 1.49236 Z \quad R = 0.900523$$

Donde;

Y= NSO; X= Logaritmo del flujo total (veh/min)

Z= Vehículos pesados/min. R= Coeficiente de regresión múltiple.

Variabes dentro de programa:

P2= 1.15968
P3= 0.352778
M1= 1.55539E-03
M2= 1.2737E-03
M3= 4.33027E-04
T5= 6.64078
SY= 148770
SX= 2504.0
SZ= 762
CY= 1.03223E+07
CX= 3615.02
CZ= 1136
YX= 179036
XZ=1125.1
YZ= 55867.9

En el análisis de variancia:

SS debido a la regresión= 68229.9
MS debido a la regresión= 34115
SS debido a b/a = 59693.3
MS debido a b/a = 59693.3
SS debido a c/b,a = 8536.68
MS debido a c/b,a = 8536.68
SS Residual = 7537.06
MS Residual = 3.49423
F debido a la regresión= 9763.22
F debido a b/a = 17083.4
F debido a c/b,a = 2157
R² debido a b/a = 787853
SS debido a c/a = 13214.3
MS debido a c/a = 13214.3
SS debido a b/c,a = 55015.6
MS debido a b/c,a = 55015.6
F debido a c/a = 3781.75
F debido a b/c,a = 15744.7
R² debido a c/a = 17440.7

5. Apéndice

5.4. Glosario de términos

PBV: - Peso bruto vehicular.- El peso del vehículo más el peso de su -
carga máxima especificada.

N50 - Es el límite superior de todos los niveles de energía acústica -
que han estado presentes durante un lapso igual al 50% del perío
do de observación (percentil 50).

N10 - Es el límite superior de todos los niveles de energía acústica -
que han estado presentes durante un lapso igual al 10% del perío
do de observación (percentil 10).

N90 - Es el límite superior de todos los niveles de energía acústica -
que han estado presentes durante un lapso igual al 90% del perío
do de observación (percentil 90).

Neq - Nivel equivalente es el nivel de energía acústica uniforme y - -
constante que contiene la misma energía que el ruido producido -
en forma fluctuante por una fuente o presentes en un ambiente --
durante el período de observación.

Ncs - Nivel de Contaminación Sonora es un nivel equivalente de ruido,
que toma en cuenta un coeficiente de confianza determinado en --
función de las características de una comunidad.

IRT - Índice de Ruido por tráfico, es un valor estadístico empírico -
para relacionar el ruido de tránsito con los efectos en la - -

comunidad durante un período de 24 horas y depende del determinante -- por ruido y del percentil 90. Para la obtención de este Índice, se -- realizó en Inglaterra un experimento usando un cuestionario se entre- visto a una muestra de 200 residentes. 100 de ellos de un área con flu- jo grande de vehículos y la otra con muy bajo flujo. Además se reali- zaron mediciones a un número de casas en cada zona, por un total de 24 horas por zona con un muestreo o registro de niveles de 300 segundos - por cada hora.

El muestreo envolvió por supuesto, la elección de las zonas, de sus -- residentes entrevistados, de actitudes, opiniones y de niveles de soni- do. Una vez obtenidos los niveles de sonido y las calificaciones de - insatisfacción se realizaron regresiones para correlacionar los nive- les N10, N50, N90, cada uno con, la calificación media de insatisfac- ción. Se obtuvieron coeficientes de correlación muy pobres, desde - - 0.19 a 0.60. Se pensó entonces que al tomar más de un nivel de ruido podría mejorarse la correlación. Se encontró entonces que:

$$N10 = 0.75 \times N90$$

y a esta relación se le llamó Índice de Ruido por Tráfico, parámetro - TNI pero ésta se podía reescribir:

$$(N10 - N90) + 0.25 \times N90$$

para asegurarse que los valores del parámetro no tuvieran fracciones, fue conveniente multiplicar la expresión por 4, y siguiendo el ejemplo de otro Índice utilizado para aviones NNI, se le resta una constante - de 30 para dar más convenientes por lo que la versión práctica de la -

expresión quedó:

$$IRT = 4 (N10 - N90) + N90 - 30$$

Nivel de ruido intrusivo - Nivel que destaca sobre todos los demás y se caracteriza por su transitoriedad. Se ha definido en algunos países como el percentil 10 para todo un período de observación.

Nivel de ruido fondo - Es el nivel de presión acústica, producido por todas las fuentes presentes en el sitio de medición durante el período de observación.

Se ha definido en algunos países como el percentil 90.

Medición semicontinua - Es la medición de un ruido fluctuante que se realiza mediante la obtención de muestras aleatorias durante el período de observación.

Sonómetro Es un decibelímetro que mide niveles de presión acústica y los indica sobre una escala logarítmica.

- Registrador gráfico** - Es un instrumento que permite transformar -- una señal electromagnética producida por -- una señal acústica, en una gráfica.
- Pistófono** (Calibrador) Instrumento que produce una -- señal acústica constante y un iforme en in-- tensidad y frecuencia. Se emplea para veri-- ficar que los aparatos de medición de soni-- do funcionan en forma correcta.
- Audiometría** - Es la técnica que permite determinar el un-- bral de audibilidad de un individuo, para -- así poder detectar las causas de la disfun-- ción auditiva posible.
- Vehículo ligero** - Es aquél cuyo Peso Bruto Vehicular es menor a 6000 Kg.
- Vehículo pesado** .. Aquél cuyo Peso Bruto Vehicular es mayor a - 6000 Kg., y adicionando las motocicletas.

5. Apéndice

5.5. Fórmulas utilizadas.

N50.- Nivel percentil 50

$$N50 = \frac{\sum m_i N_i}{m}$$

donde:

m = número de lecturas

N_i = cada una de las lecturas.

N10.- Nivel percentil 10

$$N10 = N50 + 1.2817 \sigma$$

donde:

σ = desviación estándar

N90.- Nivel percentil 90

$$N90 = N50 - 1.2817 \sigma$$

Neq.- Nivel equivalente

$$Neq = 10 \log \frac{1}{m} \sum 10^{N_i/10}$$

Ncs.- Nivel de contaminación sonora.

$$Ncs = Neq + 2.56 \sigma$$

IRT.- Índice de Ruido por tráfico.

$$IRT = 40 (N10 - N90) + N90 - 30$$

5. Apéndice

5.6. Explicación de gráficas utilizadas.

Gráfica 14 "Sumario de Molestias y Reacción en la Comunidad".- Borsky,- reunió datos de estudios realizados alrededor del aeropuerto Heathrow en Londres en 1967 y de zonas vecinas a ocho aeropuertos en Estados - - Unidos durante 1971, y correlacionó la molestia por ruido con el nivel de exposición de la gente que tenía diferentes actitudes característi-- cas y diferentes grados de molestia, cabe mencionar que los resultados obtenidos se derivaron de más de 7500 encuestas, y de datos adquiridos en tiempos distintos con diferencias de 6 a 9 años, y en nueve aeropuer-- tos en dos países distintos, es importante mencionar también que los -- límites de tolerancia a la molestia obtenidos están basados en un crite-- rio de salud y bienestar bién definidos y es sobre la perturbación de -- actividades esenciales diarias del hombre.

Gráfica 15 "Interferencia a la Comunicación Verbal debido al Ruido por Tráfico".- El primer efecto del ruido en el bienestar y la salud del hombre es debido a la interferencia con sus actividades y primeramente en la comunicación hablada. Esta gráfica proviene de una publicación de C. Heimerl y E. Holman en 1980, de la Conferencia sobre la Investigación del Transporte en Londres y que consistió en la valuación del ruido por tráfico y las molestias causadas.

Gráfica 16 "Consumo de Medicamentos.- En 1976 Langdon y Buller demostraron una buena correlación entre nivel de ruido y la dificultad de dormir para individuos que tienen sus habitaciones junto a la pared -- fachada del edificio, también encontró que había una relación significativa entre los mismos valores del nivel de ruido la hora en la cual dormían, la proporción de individuos que tomaban tabletas para dormir y la proporción de éstos que se despertaban durante la noche.

Gráfica 17 "Distribuciones Normales Permisibles bajo Estándares del Departamento Norteamericano de Desarrollo Urbano y Vivienda U.S." -- Los estándares de la U.S HUD para ruido exterior están especificados en términos de dB(A) que no deberán excederse más de cierta fracción de tiempo durante las 24 horas del día. Se especifican series de exposiciones; "aceptables", "discretas" e "inaceptables". Para objeto de explicación se considerarán los límites entre las categorías -- "discreta normalmente aceptable" e "inaceptable".

El criterio que define a la primer categoría permite exceder a 65 -- dB(A) no arriba de 8 horas durante las 24 del día, y el criterio para la 2a. categoría establece que los niveles de ruido por arriba de -- 80 dB(A) no deberán presentarse por más de 60 minutos durante las 24 horas. Estos dos valores son los utilizados para especificar los dos puntos límite en función de distribución normalizada, es decir que el -- nivel percentil 33.3 = 65 dB(A), y el nivel percentil 4.2 = 80 dB(A). Así, la relación entre el nivel equivalente que se presente y los cri -- terios de la U.S. HUD, deberán examinarse para diferentes funciones de distribución, restringiendo el perfil de la distribución solamente si excede esos dos puntos límite. Como ejemplo de explicación se to -- man dos casos, primero asumiendo una distribución con desviación -- estándar baja y que el N33.3 de 65 dB(A) no sea excedido; para esta -- curva el nivel más cercano al nivel promedio = 64 dB(A), y una -- desviación estándar arbitraria y baja = 2.38. Por otra parte conside -- rando otra distribución normal con la varianza máxima permisible (si -- la varianza fuera mayor, la distribución violaría al requerimiento de -- no exceder 80 dB(A) por más de 60 minutos durante las 24 horas).

En esta distribución el nivel más cercano con $N50 = 60$ dB(A), - -
 $N10 = 74$ dB(A) y una desviación estándar aproximadamente de 11 dB. -
Se tiene que segunda curva presenta niveles mayores, sin embargo - -
ambas curvas cumplen los estándares de la U.S. HUD. Cabe hacer la --
aclaración que la distribución del ruido por tráfico es normalmente -
aleatorio y que la relación entre el N_{eq} y el $N10$ está dada por la --
expresión:

$$N_{eq} = N10 - 1.2817 S + 0.115 S^2 \text{ (dB)}$$

donde S es la desviación estándar de la distribución del nivel de rui-
do, y que para condiciones de tráfico se puede encontrar en forma - -
típica entre 2 y 5 decibeles. Así con esta relación se obtendría un
 N_{eq} para el primer caso de 64.6 dB, y para el segundo de 74 dB obser-
vándose una diferencia de 10 dB más en el segundo, mencionando que el
nivel equivalente es el nivel que se presentaría en forma constante,-
equivalente en cantidad de energía de aquél nivel real fluctuante en
un período de tiempo dado.

El Departamento Americano para el desarrollo urbano y la vivienda - -
(HUD) ha definido los criterios de la siguiente forma:

Claramente aceptable: Lugar en el cual la exposición al ruido es tal
que los ambientes interno y externo a un edificio son agradables.

Normalmente aceptable: La exposición al ruido es suficiente como pa-
ra ser preocupante, pero un tipo corriente de construcción hará acep-
table el ambiente interior incluso para dormir, y el ambiente exte--
rior será razonablemente adecuado para descansos y juegos.

Normalmente inaceptable: La exposición al ruido es mucho más severa, de forma que las construcciones necesarias para asegurar una cierta - tranquilidad bajo techo no serían corrientes y deben levantarse - - barreras entre el lugar y las fuentes de ruido predominantes para hacer el ambiente exterior tolerables.

Claramente inaceptable: La exposición al ruido en el lugar es tan -- grande que los costos de construcción para hacer el interior de los - edificios aceptables serán prohibitivos y el ambiente exterior sería intolerable.

El método se basa en las dos premisas siguientes:

1º. Para un esfuerzo de conversación normal, la energía sonora total emitida no varía mucho de un hombre a otro, es decir, que si trata de no hablar con voz muy alta ni muy baja, un hombre adulto cualquiera se puede considerar aproximadamente como una "fuente acústica calibrada".

2º. La inteligibilidad de la palabra cae bruscamente en el momento en que la señal es justamente enmascarada por un ruido de fondo, y por - tanto, la distancia a que se empieza a dejar entender a un hombre que habla con voz normal es una relativamente buena medida del ruido que existe en un lugar.

Si es sitúan, por tanto, dos hombres que alternativamente actuarán -- como emisor y receptor de la señal acústica, en este caso la palabra, y mientras uno de ellos lee un texto desconocido para los dos, el - - otro se aleja hasta que justamente oye una o dos palabras cada diez - segundos, la distancia a que esto ocurre permite hacer una estima--

ción del ruido de fondo existente en el lugar; repitiendo la prueba - varias veces y cambiando los paneles de emisor y oyente, se puede estimar, con arreglo a la siguiente tabla, cuál es la calificación del -- ruido que corresponde al lugar:

Distancia a la cual se hace muy difícil la - inteligibilidad.	Nivel de contaminación sonora.	Criterio de aceptabilidad de la -- HUD.
Mas de 21 metros	62 dB	Claramente Aceptable.
Entre 8 y 21 metros	62-74 dB	Normalmente Aceptable.
Entre 2 y 8 metros	74-88 dB	Normalmente Aceptable.
Menos de 2 metros	88 dB	Claramente Aceptable.

6.- Referencias.

- I.- ASOCIACION MEXICANA DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ. "La Industria Automotriz en Cifras". 1982.
- II.- CAMARA NACIONAL DE COMERCIO DE LA CIUDAD DE MEXICO "Problemas de la Circulación Vial de la Ciudad de México y su Posible - - Tratamiento". 1981.
- III.- CENTRO INTERAMERICANO DE ADMINISTRACION DEL TRABAJO (CIAT) "Proyecto Regional OIT/PNUD". Documento 71/254.
- IV.- J.R HASSAL AND K. ZAVERI "Acoustic Noise Measurements", Brüel & Kjaer 1979.
- V.- L.J.M. JACOBS, "A Computer Model to Predict Traffic Noise in Urban Situations Under Free Flow and Traffic Light Conditions", Journal of Sound and Vibration (1980) 72 (4).
- VI.- D.R. JOHNSON AND E.G. SAUNDERS "The Evaluation of Noise from Freely Flowing Road Traffic", Journal of Sound and Vibration (1968) 7 (2).
- VII.- P.J LEWIS AND A. JAMES "Noise Levels in the Vicinity of Traffic Roundabouts", Journal of Sound and Vibration (1980) 72 (1).

- VIII.- SECRETARIA DE PATRIMONIO Y FOMENTO INDUSTRIAL "Norma Oficial -
Mexicana Determinación de los Niveles de Ruido Ambiental". - -
Diario Oficial jueves 2 de agosto de 1979. NOM-AA-62-1979.
- IX.- R.J. STEPHENSON AND G.H. VULKAN "Traffic Noise", Journal of --
Sound and Vibration (1968) 7 (2).
- X.- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, "Information on Levels -
of Environmental Noise Requisite to Protect Public Health and
Welfare with and Adequate Margin of Safety".
Document 550/9-74004, 1974.
- XI.- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY "Effects of Noise on - -
People". Document NTID 300.7 - 71
- XII.- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, "Fundamentals of Noise":
Measurement, Rating Schemes, and Standards", Documents NTID --
300.15 71
- XIII.- VERBAND DER AUTOMOBIL INDUSTRIE E.U. "Urban Traffic and Noise",
Druckerei Henrich. 1978.
- XIV.- WILLIAM VOLK "Applied Statistics for Engineers", Mc Graw - -
Hill 1958.

- XV.- R.L. Winkler AND W.L. "Statistics: Probability, Inference and Decision", Holt, Rinehart and Winston 1975.
- XVI.- COMISION DE ECOLOGIA, "Muestreo Realizado en el Centro de la - Ciudad de México", Estudio no publicado.