

---

---

# Desarrollo de Índice Vial de Impacto Visual

**Mg. Ing. Julián Rivera, Ariel Guerry y Carlos Perillo**

LEMaC, Centro de Investigaciones Viales. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata. Buenos Aires Argentina.

[www.frlp.utn.edu.ar/lemac](http://www.frlp.utn.edu.ar/lemac)

## Resumen

La relación entre entorno y la obra vial urbana determina aspectos de interés relacionados con la seguridad vial. El ingeniero vial puede incidir sobre estos aspectos, pero necesita un orden de prioridad racional.

El contar con indicadores tramo a tramo en temas tales como emisión de gases, generación de ruidos e impacto visual, permite arribar a este orden. La técnica ha abordado las primeras dos temáticas, existiendo sólo metodologías subjetivas para tratar la tercera, especialmente cuando se analiza “desde el entorno hacia la vía” (“desde la vía hacia el entorno” es materia del diseñador).

Este trabajo establece un índice que mide el grado de contaminación visual existente en el entorno de una vía. Su desarrollo implicó el diseño de una metodología sistemática de recolección de datos; su aplicación sobre una muestra; la confección de una matriz que contiene, para diversos tramos, el valor subjetivo obtenido a través de encuestas del Índice Vial de Impacto Visual a conductores (de 0 a 10), los valores de parámetros de borde medidos y la relación funcional entre éstos (modelo matemático).

El trabajo es parte del proyecto de investigación y desarrollo “Empleo de micro-simulación de tránsito para análisis de soluciones viales”, realizado por el Centro de Investigaciones Viales LEMaC y la empresa PSA Peugeot-Citroen Argentina.

Palabras claves: impacto visual, modelo de regresión, vialidad urbana.

---

## *Development of Road Index of Visual Impact*

### **Abstract**

*The relationship between urban roads and its environment determines aspects related to road safety. The road engineer may work on these aspects but needs a rational order of priority.*

*Such order is obtained by means of indicators of each road segment considering gas emissions, noise, and visual impact. The first two subject matters have been dealt with by the technique and only subjective methodologies treated the third aspect, mainly when it is discussed “from the environment to the road” (“from the road towards the environment is the designer’s task”).*

---

*This work provides an index that measures the degree of visual pollution in the environment of a road. Its development implied the design of a systematic data survey and the application of this survey on a data sample. Also, the development of a matrix containing -for different road spans- the driver's subjective value of the road index of visual impact (0 to 10), values of measured edge parameters and the functional relationship between them (mathematical model).*

*The work is part of the research and development project "Road's solutions using traffic micro-simulation analysis" developed by LEMaC and PSA Peugeot-Citroen of Argentina.*

*Key words: visual impact, regression model, urban roads.*

## Introducción

### Problema y antecedentes

El entorno de una obra vial urbana determina sobre la misma diversas incidencias sobre la seguridad vial, más allá de las que establece el propio tránsito circulante, su geometría y su estado. El ingeniero vial puede incidir con su labor sobre varios de estos aspectos, pero para una intervención óptima debe hacerlo de acuerdo a un orden de prioridad racional, **Cal y Mayor** (1995). Una herramienta que permitiría este orden es un índice que mida en forma objetiva el grado de contaminación visual existente. Es decir, una herramienta análoga, o incluso complementaria, al Índice de Estado o al Índice de Serviciabilidad de AASHTO<sup>1</sup>, parámetros que por ejemplo permiten establecer políticas de mantenimiento y conservación de vías. Así, se facilitaría la redacción de planes de saneamiento en tal sentido, por ejemplo.

El desarrollo de los pasos iniciales para la obtención de esta herramienta ha sido motivo de presentaciones previas por parte de este grupo de

trabajo (**Rivera J. et al**, 2003 a y b). Así, se ha llegado al diseño de una metodología de relevamiento tipificada, la aplicación de tal metodología sobre una muestra y la confección de una matriz que contiene para diversos tramos (que en zonas urbanas posee como unidad básica de análisis a la cuadra) el valor determinado en forma subjetiva del IVIV (Índice Vial de Impacto Visual) por medio de encuestas a conductores, que toma valor 0 cuando las intrusiones son máximas y 10 cuando la vía ofrece óptimas condiciones en este aspecto, y simultáneamente los valores de diversos parámetros de borde obtenidos por mediciones.

Matemáticamente, se puede entonces considerar que se cuenta con una variable dependiente (los valores subjetivos del IVIV) y con una serie de variables independientes (los parámetros medidos). Obteniendo una relación funcional entre éstas se puede establecer un modelo para calcular el IVIV por mediciones y sin necesidad de recurrir a los conductores y su valoración promedio.

---

<sup>1</sup> **METODO AASHTO:** El método de diseño AASHTO, originalmente conocido como AASHO, fue desarrollado en los Estados Unidos en la década de los 60, basándose en un ensayo a escala real realizado durante 2 años en el Estado de Illinois. A partir de los deterioros que experimentan representar las relaciones deterioro - sollicitación para todas las condiciones ensayadas. A partir de la versión del año 1986, el método AASHTO comenzó a introducir conceptos mecanicistas para adecuar algunos parámetros a condiciones diferentes a las que imperaron en el lugar del ensayo original. Los modelos matemáticos respectivos también requieren de una calibración para las condiciones locales del área donde se pretenden aplicar.

### Metodología

Para la obtención del modelo se emplean técnicas de estadística que delinear la siguiente estructura metodológica:

- El primer paso es la conformación de la matriz base a ser empleada, lo cual se efectúa trabajando sobre la matriz obtenida por relevamiento, que fuera presentada en trabajos técnicos anteriores llevados adelante por los autores (**Rivera J. et al**, 2003 a y b). De esta manera se identifica con  $Y$  a la variable dependiente y con  $X_i$  a las variables independientes, se unifican decimales, se completan datos faltantes, etc.
- Luego se valida estadísticamente cada una de las variables intervinientes, para esto debe determinarse la normalidad de las mismas en la muestra. Esto puede efectuarse a través de diversos contrastes, **EMVI** (2005). Para este trabajo se ha decidido emplear el análisis considerando el coeficiente de asimetría y la curtosis de la distribución de cada variable.
- Paso seguido se analizan las relaciones entre variables para verificar que no exista correlación entre las mismas, lo cual podría desvirtuar el experimento.
- Con la muestra validada desde el punto de vista estadístico, se procede a la determinación del modelo por regresión lineal múltiple, analizando para esto el coeficiente de determinación, residuos, contraste de la  $F$ , contraste de la  $t$ , etc.

- Con el modelo ajustado se determinan cuales son las variables independientes de significancia, con lo que pueden descartarse ciertos parámetros medidos y reajustar la metodología de medición para su simplificación y posterior presentación final.

### Análisis de datos

#### Conformación de la base de datos

Se establecen las siguientes variables:  $Y$  (IVIV determinado subjetivamente),  $X_1$  (iluminación peatonal),  $X_2$  (iluminación vehicular),  $X_3$  (cartelería longitudinal),  $X_4$  (cartelería transversal),  $X_5$  (cableado longitudinal),  $X_6$  (cableado transversal),  $X_7$  (canteros y bancos),  $X_8$  (basureros),  $X_9$  (árboles),  $X_{10}$  (muros),  $X_{11}$  (toldos) y  $X_{12}$  (postes).

#### Validación por normalidad de la muestra

Las variables que entran en juego en el modelo deben tener una distribución normal, lo cual implica el cumplimiento de determinadas condiciones. Para este estudio se establece como requisito para cada una de las variables presentar en su muestra coeficientes de asimetría y curtosis tipificada en un rango de  $-2$  y  $2$ , **Fernández Morales, A.** (2004).

-Coeficiente de asimetría: Es una medida que determina la simetría existente de los valores que componen una campana de Gauss.

-Curtosis tipificada: Analiza el grado de concentración que presentan los valores de la variable alrededor de la zona central de la distribución.

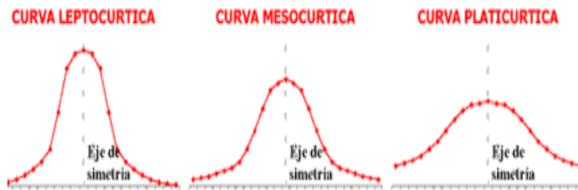


Fig. 1 Apreciación gráfica del Coeficiente de Curtosis

Para el análisis estadístico de cada variable en el trabajo se emplea el programa Statgraphics. De este modo se establece que, para la muestra empleada, las variables que no se deben considerar en el desarrollo del modelo son:

- X<sub>1</sub>: Iluminación peatonal (Asimetría = 5,50, Curtosis = 5,45)
- X<sub>5</sub>: Cableado longitudinal (Asimetría = 5,25, Curtosis = 5,23)
- X<sub>7</sub>: Canteros y bancos (Asimetría = 5,09, Curtosis = 6,03)
- X<sub>12</sub>: Postes (Asimetría = 4,11, Curtosis = 4,42)

El análisis estadístico de todas las variables se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 1. Análisis de normalidad

VARIABLE	COEFICIENTE DE ASIMETRÍA	CURTOSIS TIP
X1	5,5	5,4
X2	0,0	0,3
X3	1,8	0,8
X4	1,9	1,9
X5	5,2	5,2
X6	1,8	0,5
X7	5,0	6,0
X8	0,8	-1,2
X9	-0,3	-0,5
X10	1,9	-0,4
X11	1,1	0,0
X12	4,1	4,4

### Validación de variables (análisis de multicolinealidad)

La multicolinealidad se da en un modelo de regresión múltiple cuando más de una variable explica en cierto modo un aspecto del valor de la variable dependiente. Esto puede darse en diversa medida, haciendo que la consideración simultánea de estas variables explicativas en el modelo sea justificable o no. Para determinar este aspecto se pueden efectuar análisis a priori y a posteriori de la determinación del modelo, **Barón López J.** (1998).

- Gráfico matricial de variables (análisis a priori)  
Con gráficos (X;Y), efectuados por ejemplo mediante una planilla de cálculo Excel, se puede determinar la correlación entre variables (dos a dos). En estos se observa la dispersión (nube de puntos).  
En aquellos casos de donde pueda deducirse una tendencia a la agrupación de la nube de puntos se analizará la existencia de razones lógicas para tal relación, si no las existiera dichas relaciones serían “espurias”, es decir, se deben a una casualidad de hechos aleatorios, **Molinero L.** (2002).
- Matriz de correlación de los estimadores de los coeficientes (análisis a posteriori)  
Esta matriz, obtenida en este caso con el programa Statgraphics, muestra las correlaciones estimadas entre los coeficientes en el modelo ajustado. Estas correlaciones pueden utilizarse para detectar la presencia de una seria multicolinealidad, por correlación entre las variables pronosticadas. Existe correlación

cuando en una celda de la matriz se presenta un valor absoluto superior a 0,5 (no incluido el término constante), **Barón López J.** (1998).

Por medio de la aplicación de ambos métodos no ha podido establecerse la existencia de multicolinealidad entre las variables en juego.

### Determinación del modelo por regresión lineal múltiple

Para la determinación del modelo se emplea nuevamente el Statgraphics con las variables que finalmente han sido validadas. Para analizar el ajuste del modelo se estudia el  $R^2$ , el *p-valor* del contraste  $F$ , el *p-valor* de los contrastes  $t$  individuales y los residuos estandarizados, **Barón López J.** (1998).

En la primera regresión se obtuvo un residuo estandarizado por encima del límite del valor absoluto 2 establecido (los residuos deben además cumplir con condiciones de normalidad). Como se trata de un único valor atípico se analiza la regresión descartando la fila correspondiente. Ante este nuevo planteamiento se obtiene un valor mayor de  $R^2$  y se advierten *p-valor*es del contraste individual para las variables bajas y un *p-valor* del contraste conjunto menor de 0,01. Todo esto lleva a la decisión de tomar como válido al siguiente modelo final que surge de la primera regresión efectuada una vez desestimado el valor atípico registrado:

$$Y = 9,6268 + 4,49488 X_2 - 9,69724 X_3 - 2,04734 X_4 - 0,318572 X_6$$

$$+ 6,19687 X_8 - 4,0603 X_9 - 0,333292 X_{10} + 4,94731 X_{11}$$

(1)

### Conclusiones

a) Es posible obtener un modelo para la obtención del IVIV por medio de mediciones, que sea empleado en forma generalizada para priorizar intervenciones en tal sentido.

b) La interpretación de este modelo, para esta muestra en particular, resulta interesante, ya que se podría asegurar que, siempre para la percepción de la seguridad vial que tiene el conductor respecto al entorno:

- La existencia de iluminación vehicular, elementos discontinuos al borde de la vereda (canteros, bancos y basureros) y de toldos suman seguridad.
- La existencia de cartelería, cableado, árboles y muros continuos restan a la seguridad.

c) Estos aspectos pueden ser discutidos desde el punto de vista lógico, pero tal discusión debería estar sustentada por algún medio tan o más válido que el presente, el cual no se encuentra a nuestra disposición actualmente y no se halla detallado en la extensa bibliografía consultada. Por todo lo expuesto se decide tomar como válido al modelo desarrollado hasta que el avance en los estudios en la temática indique lo contrario.

### Metodología resultante

#### Instructivo de relevamiento

La metodología es aplicable sólo en calles con sentido único de circulación y sin separador central. El relevamiento se realizará siempre en

un mismo sentido, empleando la “planilla de relevamiento” y volcando los datos como se detalla a continuación.

**CALLE:** Se registrará la denominación de la calle a relevar (casillero CALLE), anotando el número y/o nombre de la calle transversal en dónde comienza la cuadra según el sentido de relevamiento (casillero DESDE), y el número o nombre de la calle transversal hasta donde termina dicha cuadra, (casillero HASTA).

#### MEDIDAS DE CUADRA

**Largo:** Se medirá (en forma longitudinal), en el sentido contrario de circulación al tránsito vehicular (por una cuestión de seguridad) con una precisión de 0,1 m entre ejes de calles transversales (casillero LARGO).

**Ancho:** Se medirá con odómetro entre bordes de cordón o límites de calzada con una precisión de 0,1 m (casillero ANCHO).

**DENSIDAD DE LUMINARIAS VEHICULARES:** La densidad de las luminarias estará definida por la cantidad de unidades sobre el largo de cuadra en todos los casos, expresada con tres decimales.

Se contarán todas las unidades existentes sobre las dos veredas, dicho valor individual se anotará en la planilla en los casilleros de mano impar (I), mano par (P) o centro de calle (C).

**DENSIDAD DE CARTELERÍA Y PUBLICIDAD:** Se analizará en 4 zonas (Z1, Z2, Z3 y Z4, ver planilla), contando la superficie ponderada resultante por el largo de cuadra, expresada con tres decimales.

#### Cartelería Longitudinal

**Densidad Cartelería Longitudinal en Zona 1 (Z1):** Estará delimitada por el ancho de calzada y su altura será desde el nivel de vereda (0 m) hasta los 6 m. (ver gráfico)

Se contarán todos los carteles que se encuentren dentro de la zona en cada mano (par e impar), diferenciándolos según especie (superficie de menos de 5 m<sup>2</sup>, entre 5-8 m<sup>2</sup>, más de 8 m<sup>2</sup>) y considerando para su cálculo final una ponderación de 4, 5 y 6 respectivamente y usando  $DCLZ1 = (\text{Cant. } <5) \times 4 + (\text{Cant. } 5-8) \times 5 + (\text{Cant. } >8) \times 6$  (2)

**Densidad Cartelería Longitudinal en Zona 2 (Z2):** Estará delimitada entre el ancho de calzada y la línea municipal, y su altura será desde el nivel de vereda (0 m) hacia arriba.

Se contarán todos los carteles que se encuentren dentro de la zona en cada mano (par e impar), diferenciándolos según especie (5 m<sup>2</sup>, entre 5-8 m<sup>2</sup>, más de 8 m<sup>2</sup>) y ponderándolos con 1, 2 y 3 respectivamente.

#### Cartelería Transversal

**Densidad Cartelería Transversal en Zona 3 (Z3):** Estará delimitada en el ancho por la línea municipal y su altura será desde el nivel de vereda (0 m) hasta los 4 m de alto.

Se contarán todos los carteles que se encuentren dentro de la zona en cada mano (par e impar), diferenciándolos según especie (menos de 0,5 m<sup>2</sup>, entre 0,5-1 m<sup>2</sup>, más de 1 m<sup>2</sup>), ponderándolos con 4, 5 y 6 respectivamente.

Densidad Cartelería Transversal en Zona 4 (Z4): Estará delimitada en el ancho por la línea municipal, y su altura será desde los 4 m de alto hacia arriba.

Se contarán todos los carteles que se encuentren dentro de la zona en cada mano (par e impar), diferenciándolos según especie (menos de 0,5 m<sup>2</sup>, entre 0,5-1 m<sup>2</sup>, más de 1 m<sup>2</sup>), ponderándolos con 1, 2 y 3 respectivamente.

DENSIDAD DE CABLEADO: Se tomará indistintamente si es tendido eléctrico, telefónico o de TV, por hilo y expresada con tres decimales.

Cableado Transversal

Cableado Transversal en Zona 5 (Z5): Estará delimitada en el ancho, por la línea municipal, y su altura será desde el nivel de vereda (0 m) hasta los 6 m de alto.

Se registrará por hilo con una ponderación de 2.

Cableado Transversal en Zona 6 (Z6): Estará delimitada en el ancho, por la línea municipal y su altura será desde los 6 m hacia arriba.

Se registrará por hilo con una ponderación de 1.

DENSIDAD DE ELEMENTOS BAJOS DISCONTINUOS: Se contará por unidad de elemento (basurero, banco, etc.) por largo de cuadra, expresada por tres decimales.

DENSIDAD DE ÁRBOLES: Se contará por árboles por largo de cuadra, expresada por tres decimales.

DENSIDAD DE ELEMENTOS DE HASTA 1 m CONTINUOS: Se considerarán elementos sobre la acera construidos generalmente de H<sup>º</sup>A<sup>º</sup>.

Se tomará a la unidad cada 2 m o fracción menor resultante.

DENSIDAD DE TOLDOS: Se tomará a la unidad cada 2 m sobre eje longitudinal o fracción menor resultante.

SIGEPOVIM - Planilla relevamiento para IVIV

CALLE:  Medido  
 DESDE:  LARGO:   
 HASTA:  ANCHO:

<b>Luminarias Vehiculares</b> Cant. S/Vereda: <input type="text"/> I <input type="text"/> P Cant Colgantes: <input type="text"/>			
<b>Cartelería Long. en Z 1</b> Cant A (<math><2\text{m}^2</math>): <input type="text"/> I <input type="text"/> P Cant B (<math>2\text{m}^2 < s < 5\text{m}^2</math>): <input type="text"/> I <input type="text"/> P Cant C (<math>s > 5\text{m}^2</math>): <input type="text"/> I <input type="text"/> P		<b>Cartelería Long. en Z 2</b> Cant A (<math><2\text{m}^2</math>): <input type="text"/> I <input type="text"/> P Cant B (<math>2\text{m}^2 < s < 5\text{m}^2</math>): <input type="text"/> I <input type="text"/> P Cant C (<math>s > 5\text{m}^2</math>): <input type="text"/> I <input type="text"/> P	
<b>Cartelería Trans. en Z 3</b> Cant A (<math><0.2\text{m}^2</math>): <input type="text"/> I <input type="text"/> P Cant B (<math>0.2\text{m}^2 < s < 0.4\text{m}^2</math>): <input type="text"/> I <input type="text"/> P Cant C (<math>s > 0.4\text{m}^2</math>): <input type="text"/> I <input type="text"/> P		<b>Cartelería Trans. en Z 4</b> Cant A (<math><0.2\text{m}^2</math>): <input type="text"/> I <input type="text"/> P Cant B (<math>0.2\text{m}^2 < s < 0.4\text{m}^2</math>): <input type="text"/> I <input type="text"/> P Cant C (<math>s > 0.4\text{m}^2</math>): <input type="text"/> I <input type="text"/> P	
<b>Elementos Complementarios</b> N° Árboles: <input type="text"/> I <input type="text"/> P N° Basureros: <input type="text"/> I <input type="text"/> P N° Muros (L<math><2\text{m}</math>): <input type="text"/> I <input type="text"/> P N° Toldos (L<math><2\text{m}</math>): <input type="text"/> I <input type="text"/> P			

Fig. 2 Planilla de relevamiento final

**Bibliografía**

Barón López, J. (1998) *Bioestadística: Métodos y Aplicaciones*, Universidad de Málaga, España.  
 Cal y Mayor R. (1995) *Ingeniería de tránsito, fundamentos y aplicaciones*, Alfaomega, México.  
 EMVI (2005) *Regresión lineal*, Universidad de Málaga, España.  
 Fernández Morales, A., Lacomba Arias, B. (2004) *Estadística Básica Aplicada*, Ágora Universidad, España.  
 Hay, W. (1998) *Ingeniería de transporte*, Limusa, México.

**Molinero, L.** (2002) *Construcción de modelos de regresión multivariantes*, Alce Ingeniería, España.

**Rivera, J., Botasso, G., Guerry, A.** (2003) "Bajo el ojo, propuesta de trabajo para la medición objetiva del índice vial de incidencia visual en la trama urbana de La Plata", *Revista VIAL*, ISSN: 0329-1146. N° 34, 11/03, pp. 8-10.

**Rivera, J., Botasso, G., Mikelaite L., Guerry A.** (2003) *Método objetivo para incidencia vial ambiental urbana en la ciudad de La Plata. Actas del XII Congreso Ibero-latinoamericano del Asfalto*, Quito, Ecuador.

<http://icc.ucv.cl/obrasviales/docencia/pavimentos%20rigidos.htm>

"Diseño Estructural de Pavimentos Rígidos - Método AASHTO", Grupo Obras Viales.

---

Este artículo se escribió en el 2º semestre de 2008 en el Centro de Investigaciones Viales LEMaC de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata.

---

**Mg. Ing. José Julián Rivera**

Magíster en Transporte y Logística de la UTN Santa Fe. Ingeniero Civil por la UTN La Plata. Subdirector LEMaC, Centro de Investigaciones Viales de la UTN. Investigador Programa de Incentivos del Ministerio de Educación de la Nación. Docente de Ingeniería Civil en la UTN.

**Ariel Guerry**

Alumno de Ingeniería Civil de la UTN Facultad Regional La Plata. Becario de Investigación del LEMaC Centro de Investigaciones Viales de la UTN

**Carlos Perillo**

Alumno de Ingeniería Civil de la UTN Facultad Regional La Plata. Becario de Investigación del LEMaC Centro de Investigaciones Viales de la UTN