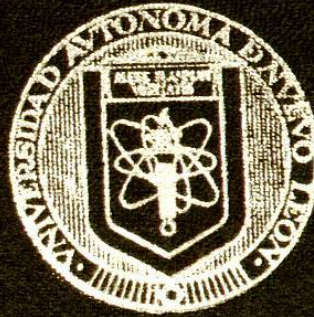


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



DETERMINACION DEL MAXIMO VALOR DE FLUJO  
DE SATURACION EN INTERSECCIONES  
SEMAFORIZADAS

POR

JOSE FEDERICO LOPEZ VAZQUEZ

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER  
EL GRADO DE MAESTRIA EN CIENCIAS CON  
ESPECIALIDAD EN INGENIERIA DE TRANSITO

SEPTIEMBRE DE 1998



DETERMINACION DEL VALOR DE FLUJO MAXIMO

C. L. 6  
T. M  
T. E. 228

DE SATURACION EN INTERSECCIONES

SEMIAFORIZADAS



# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



## DETERMINACION DEL MAXIMO VALOR DE FLUJO DE SATURACION EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

DETERMINACION DEL VALOR DE FLUJO DE SATURACION EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

POR

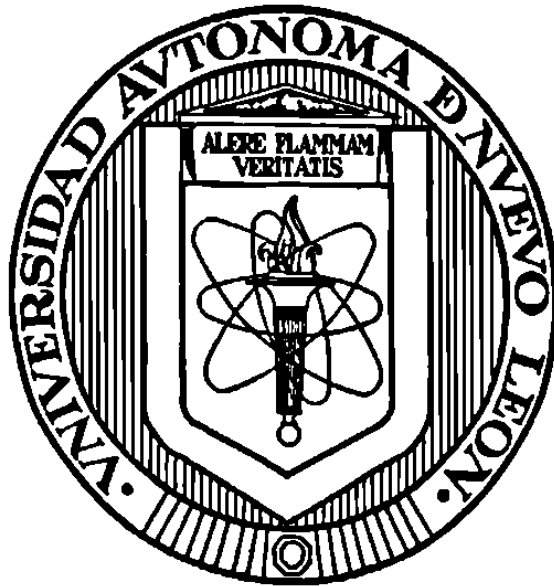
JOSE MENENCO LOPEZ VAZQUEZ

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRIA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN INGENIERIA DE TRANSITO

SEPTIEMBRE DE 1998

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**DETERMINACION DEL MAXIMO VALOR DE FLUJO  
DE SATURACION EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS**

**Por**

**JOSÉ FEDERICO LÓPEZ VÁZQUEZ**

**Como requisito parcial para obtener el Grado de  
MAESTRÍA EN CIENCIAS con Especialidad en  
Ingeniería de Tránsito.**

**Septiembre ,1998**



TM  
TE228  
L6

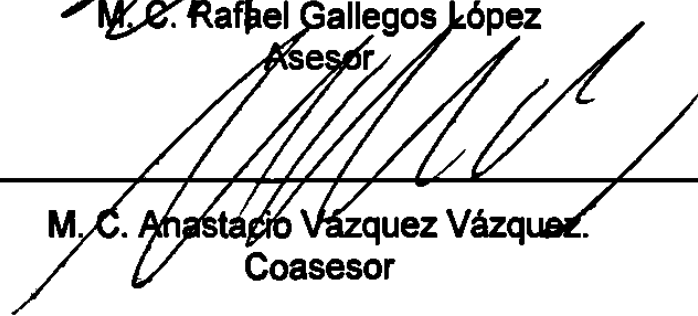
# DETERMINACION DEL MAXIMO VALOR DE FLUJO DE SATURACION EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Aprobación de la Tesis:



---

M. C. Rafael Gallegos López  
Asesor



---

M. C. Anastacio Vázquez Vázquez.  
Coasesor



---

Dr. Ricardo González Alcorta.  
Secretario de Estudios de Postgrado.



## **RESUMEN**

**José Federico López Vázquez**

**Fecha de Graduación: Septiembre, 1994**

**Universidad Autónoma de Nuevo León.**

**Facultad de Ingeniería Civil.**

**Título del Estudio: DETERMINACION DEL MAXIMO VALOR  
DE FLUJO DE SATURACION EN INTERSECCIONES  
SEMAFORIZADAS**

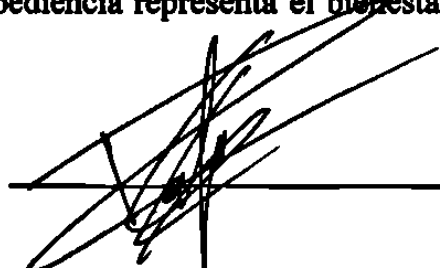
**Numero de paginas: 177**

**Candidato para el grado de Maestría  
En ciencias con especialidad en  
Ingeniería de Transito.**

**Area de Estudio: Capacidad Vial.**

**Propósito, Contribuciones y Conclusiones:** Determinar el valor máximo de flujo de saturación en las intersecciones semaforizadas del tránsito vehicular es prioritario para conocer la verdadera capacidad de una infraestructura vial; para hacerlo, en México, se ha utilizado un manual estadounidense inexacto, porque son diferentes las condiciones de aquel país. Esta investigación es original y metódica, orientada a servir a la comunidad mejorando la eficiencia operativa de las vías terrestres, ahorrando horas-hombre en los traslados y reduciendo los índices de contaminación del aire. Se pretende proponer los valores de ajuste más reales, en diferentes tipos de intersecciones semaforizadas, para facilitar a los expertos y a las autoridades la toma de decisiones respecto a la construcción y mantenimiento de la infraestructura vial. Se definieron los términos involucrados en la investigación y se validó la forma de cuantificar el máximo valor de flujo de saturación en las intersecciones semaforizadas, correlacionándolo con los niveles de servicio y se prescribieron mejoras, cambios y adecuaciones para optimizar el funcionamiento. Con esta investigación se da un paso más hacia la implantación de un *MANUAL DE CAPACIDAD VIAL MEXICANO*, que podrá un día llegar a formar parte de las normas cuya obediencia representa el bienestar y el verdadero progreso de la sociedad.

**FIRMA DEL ASESOR:**



## **AGRADECIMIENTOS.**

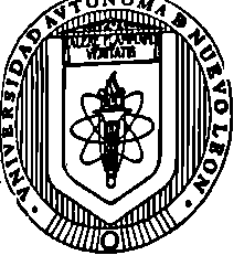
**A Dios, por permitirme llegar con salud a estos momentos, y haber logrado otro avance profesional en mi vida.**

**Quiero expresar mi mas sincero agradecimiento al Ing. Francisco Gámez Treviño , Director de la Facultad de Ingeniería Civil, por su apoyo para la realización de esta tesis. Al M. C. Rafael Gallegos López, al M. C. Anastacio Vázquez Vázquez asesores de mi tesis , por sus valiosas sugerencias e interés en la revisión del presente trabajo.**

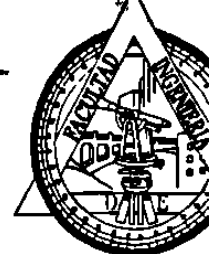
**A la Universidad Autónoma de Nuevo León por el Apoyo Económico para la realización de esta Tesis.**

**Al Departamento de Estudios de Ingeniería de Tránsito del Instituto de Ingeniería Civil, a la Facultad de Ingeniería Civil, por permitirme el uso de su equipo y su invaluable ayuda en el desarrollo de este estudio.**

**A mi familia, por el apoyo moral que siempre me han brindado y a todas las personas que contribuyeron, de una u otra forma, en la realización de este trabajo.**



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**SECRETARIA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



**MONTERREY, N.L, SEPTIEMBRE 24, 1998.**

**ING. LÁZARO VARGAS GUERRA**  
**DIRECTOR DEL DEPTO. ESCOLAR Y**  
**DE ARCHIVO DE LA U.A.N.L.**  
**TORRE DE RECTORÍA**  
**PRESENTE.-**

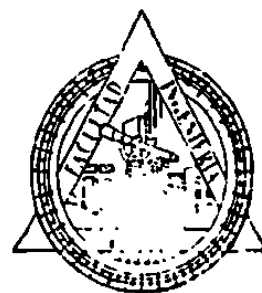
**Estimado Ing. Vargas:**

Por este conducto me permito comunicarle que el **ING. JOSÉ FEDERICO LÓPEZ VÁZQUEZ**, pasante de la **MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA DE TRÁNSITO**, ha solicitado su examen de Grado, para lo cual ha cubierto con la totalidad de los requisitos que exige el Reglamento de Exámenes Profesionales de nuestra Institución. Le pido amablemente girar las instrucciones necesarias para que se de el trámite correspondiente en el Departamento a su digno cargo.

Sin otro particular de momento, me es grato enviarle un cordial saludo y reiterarme a sus respetables órdenes.

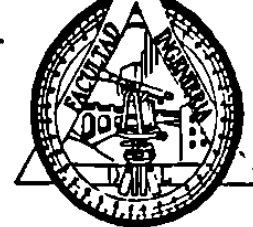
**ATENTAMENTE,**  
**“ ALERE FLAMMAM VERITATIS “**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**  
**EL SECRETARIO DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**DR. RICARDO GONZALEZ ALCORTA.**



**SECRETARIA DE ESTUDIOS**  
**DE POSTGRADO**

C.c.p. Archivo.



**COMPROBANTE DE CORRECCION**

Tesista: LOPEZ VAZQUEZ JOSÉ FEDERICO

Tema de la tesis: DETERMINACION DEL MAXIMO VALOR DE FLUJO DE SATURACION EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Este documento certifica la corrección DEFINITIVA del trabajo de tesis arriba identificado, en los aspectos: ortográficos, metodológico y estilístico.

Recomendaciones adicionales: NINGUNA

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Nombre y firma de quien corrigió:   
 Arq. Ramón Lorigoria Ramírez

El Secretario de Postgrado:   
 Dr. Ricardo González Alcorta

Ciudad Universitaria, a 24 de septiembre de 1998.



---

# DETERMINACION DEL MAXIMO VALOR DE FLUJO DE SATURACION EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

## TABLA DE CONTENIDO

---

<b>CAPITULO</b>	<b>PAGINA</b>
<b>I. INTRODUCCION -----</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS -----</b>	<b>3</b>
<b>III. HIPOTESIS -----</b>	<b>4</b>
<b>IV. DEFINICION DE CONCEPTOS DE CAPACIDAD VIAL --</b>	<b>5</b>
<b>IV.1. Tipos de vías -----</b>	<b>5</b>
<b>IV.2. Conceptos de capacidad y nivel de servicio -----</b>	<b>6</b>
<b>IV.3. Principios básicos sobre el flujo del tránsito -----</b>	<b>10</b>
<b>IV.4. Características de la circulación continua -----</b>	<b>13</b>
<b>IV.5. Características de la circulación discontinua -----</b>	<b>17</b>
<b>IV.6. Factores que afecta a la capacidad -----</b>	<b>22</b>
<b>V. ANALISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS -----</b>	<b>28</b>
<b>V.1 Antecedentes -----</b>	<b>28</b>
<b>V.1.1 Semáforos -----</b>	<b>29</b>
<b>V.1.2. Capacidad y Nivel de Servicio -----</b>	<b>33</b>
<b>V.1.3. Capacidad en intersecciones semaforizadas -----</b>	<b>33</b>
<b>V.1.4. Relación entre capacidad y nivel de servicio -----</b>	<b>38</b>
<b>V.1.5. Análisis Operacional -----</b>	<b>39</b>

<b>CAPITULO</b>	<b>PAGINA</b>
<b>V.2. Metodología</b> -----	40
<b>V.2.1 Análisis de operación</b> -----	40
<b>V.3. Procedimientos de Aplicación</b> -----	61
<b>V.3.1. Análisis de operación</b> -----	61
<b>V.4. Ejemplos de cálculo</b> -----	93
<b>V.4.1.Ejemplo 1</b> -----	93
<b>VI. DETERMINACION DEL MAXIMO VALOR DE FLUJO DE SATURACION EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS</b> --	110
<b>VI.1. Estudios de ingeniería de tránsito</b> -----	110
<b>VI.1.1. Inventario geométrico</b> -----	110
<b>VI.1.2. Muestreo en campo del valor de flujo de saturación</b> -----	127
<b>VI.1.3. Información fotográfica</b> -----	131
<b>VI.2. Proceso de la información</b> -----	135
<b>VI.3. Análisis de la información</b> -----	149
<b>VI.4. Determinación del máximo valor de flujo de saturación</b> -----	158
<b>VII. ANALISIS DE CAPACIDAD UTILIZANDO EL MAXIMO VALOR DE FLUJO DE SATURACION OBTENIDO</b> - - -	161
<b>VII.1. Ejemplo 2</b> -----	161
<b>VII.2. Comparación de resultados</b> - -----	168
<b>VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> -----	174
<b>IX. BIBLIOGRAFIA</b> -----	176

## Lista de Figuras

<b>Figura</b>	<b>Pagina</b>
1.- Relaciones entre velocidad, flujo y densidad	15
2.- Condiciones de la interrupción del tránsito	19
3.- Procedimiento para el análisis de operación	41
4.- Grupos de carriles típicos	74
5.- Ejemplo de la determinación de grupos de carriles críticos para fases verdes adelantadas y retrasadas.	75
6.- Ejemplo de la determinación de grupos de carriles críticos en un semáforo multifase complejo.	76
7.- Módulo de entrada	77
8.- Módulo de ajuste de volúmenes	78
9.- Módulo del valor de flujo de saturación	79
10.- Hoja de trabajo para vuelta izquierda permitida donde el acceso opuesto sea de varios carriles.	80
11.- Hoja de trabajo para vuelta izquierda permitida donde el acceso opuesto sea el de un carril	81
12.-Módulo de análisis de capacidad	82
13.- Modulo de Nivel de servicio.	83
14.- Módulo de entrada, ejemplo 1.	102
15.- Volúmenes direccionales, ejemplo 1	103
16.- Inventario geométrico, ejemplo 1	104
17.- Inventario de semáforos, ejemplo 1	105
18.- Módulo de ajuste de volúmenes, ejemplo 1	106
19.- Módulo de flujo de saturación, ejemplo 1	107
20.- Módulo de análisis de capacidad, ejemplo 1	108

---

<b>Figura</b>	<b>Pagina</b>
21.- Módulo de nivel de servicio, ejemplo 1	109
22.- Levantamiento geométrico: Av. Universidad con Av. Palacio de Justicia, San Nicolás de los Garza, N.L.	112
23.- Levantamiento geométrico: Av. Universidad con Av. Central, San Nicolás de los Garza, N.L.	113
24.- Levantamiento geométrico: Av. Churubusco con Av. Ruíz Cortines, Monterrey, N.L.	114
25.- Levantamiento geométrico: Av. Félix U. Gómez con Av. Ruíz Cortines, Monterrey, N.L.	115
26.- Levantamiento geométrico: Av. V. Guerrero con Av. Ruíz Cortines, Monterrey, N.L.	116
27.- Levantamiento geométrico: Av. Simón Bolívar con Av. Ruíz Cortines, Monterrey, N.L.	117
28.- Levantamiento geométrico: Av. Gonzalitos con Av. Ruíz Cortines, Monterrey, N.L.	118
29.- Levantamiento geométrico: Av. Lincoln con Jaumave, Monterrey, N.L.	119
30.- Levantamiento geométrico: Av. Lincoln con Av. Rangel Frías, Monterrey, N.L.	120
31.- Levantamiento geométrico: Av. Lincoln con León XIII, Monterrey, N.L.	121
32.- Levantamiento geométrico: Av. Lincoln con Patrimonio Familiar, Monterrey, N.L.	122
33.- Levantamiento geométrico: Av. Nogalar con Av. Diego Díaz de Berlanga, San Nicolás de los Garza, N.L.	123
34.- Levantamiento geométrico: Av. Nogalar con Av. San nicolás, San Nicolás de los Garza, N.L.	124
35.- Levantamiento geométrico: Av. Alfonso Reyes con Calzada Victoria, Monterrey, N.L.	125
36.- Levantamiento geométrico: Av. Alfonso Reyes con Av. Pedro Anaya, Monterrey, N.L.	126



---

<b>Figura</b>	<b>Pagina</b>
<b>37.- Formato de campo utilizado para registrar el flujo de saturación</b>	<b>130</b>
<b>38.- Av. Nogalar con Av. Diego Díaz de Berlanga, San Nicolás de los Garza, N.L.</b>	<b>131</b>
<b>39.- Av. Alfonso Reyes con Calzada Victoria, Monterrey, N.L.</b>	<b>132</b>
<b>40.- Av. Lincoln con Av. Rangel Frías, Monterrey, N.L.</b>	<b>133</b>
<b>41.- Levantamiento geométrico: Av. Churubusco con Av. Ruíz Cortines, Monterrey, N.L.</b>	<b>134</b>
<b>42.- Gráfica de probabilidad de una distribución normal</b>	<b>157</b>
<b>43.- Histograma de frecuencias y ojiva del flujo de saturación</b>	<b>159</b>
<b>44.- Módulo de entrada, ejemplo 2.</b>	<b>169</b>
<b>45.- Módulo de ajuste de volúmenes, ejemplo 2.</b>	<b>170</b>
<b>46.- Módulo de flujo de saturación, ejemplo 2.</b>	<b>171</b>
<b>47.- Módulo de análisis de capacidad, ejemplo 2.</b>	<b>172</b>
<b>48.- Módulo de nivel de servicio, ejemplo 2.</b>	<b>173</b>

## Lista de tablas

---

<b>Tabla</b>	<b>Pagina</b>
1.- Distintas vías y su eficiencia.	9
2.- Descripción de los niveles de servicio.	37
3.- Datos necesarios para analizar cada grupo de carriles	46
4.- Relación entre el tipo de llegada y el flujo vehicular.	84
5.- Valores recomendados a utilizar en el análisis de operación.	84
6.- Factor de utilización de carril "Fu".	85
7.- Factor de ajuste por anchura de carril, $f_w$ .	86
8.- Factor de ajuste por vehículos pesados, $f_{HV}$ .	86
9.- Factor de ajuste por la inclinación de la rasante, $f_g$ .	87
10.- Factor de ajuste por estacionamiento, $f_p$ .	87
11.- Factor de ajuste por bloqueo de paradas de autobuses, $f_{bb}$ .	88
12.- Factor de ajuste por tipo de area, $f_a$	88
13.- Factor de ajuste por giros a la derecha, $f_{RT}$ .	89
14.- Factor de ajuste por giros a la izquierda, $f_{LT}$ .	90
15.- Factor de ajuste por sincronía, DF	91
16.- Equivalencia de vehículos de frente para vueltas izquierdas permitidas, $E_{L1}$ .	92
17.- Proceso de datos de campo, flujo de saturación	136
18.- Resultados estadísticos de las muestras obtenidas en campo	155
19.- Clase, frecuencia y porcentaje acumulado de las muestras de campo, del flujo de saturación	160