

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA DE DOCTORADO



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

---

# **Análisis de la funcionalidad del tráfico en carreteras convencionales en función de la distribución y características de sus zonas de adelantamiento**

Marzo de 2015

---

**TESIS DOCTORAL**

**Presentada por:**

Ana Tsui Moreno Chou

**Dirigida por:**

Prof. Dr. Alfredo García García

# Índice general

<b>Resumen</b>	<b>I</b>
<b>Resum</b>	<b>I</b>
<b>Abstract</b>	<b>III</b>
<b>Índice general</b>	<b>VII</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>XI</b>
<b>Índice de tablas</b>	<b>XV</b>
<b>1. Antecedentes</b>	<b>1</b>
<b>2. Introducción</b>	<b>3</b>
2.1. Necesidad de investigación . . . . .	5
2.2. Organización del documento . . . . .	5
<b>3. Estado del arte</b>	<b>7</b>
3.1. Diseño y señalización de zonas de adelantamiento . . . . .	7
3.1.1. España . . . . .	7
3.1.2. Otros países . . . . .	8
3.2. Funcionamiento de las zonas de adelantamiento . . . . .	10
3.2.1. Modelos teóricos . . . . .	10
3.2.1.1. Wardrop (1952) . . . . .	10
3.2.1.2. Daganzo (1975) . . . . .	10
3.2.1.3. Troutbeck (1982) . . . . .	11
3.2.1.4. Mc Lean (1989) . . . . .	12
3.2.2. Estudios experimentales . . . . .	12
3.2.2.1. Normann (1942) . . . . .	12
3.2.2.2. Dommerholt y Botma (1988) . . . . .	13
3.2.2.3. Kaub (1990) . . . . .	13
3.2.2.4. Morrall y Werner (1990) . . . . .	14
3.2.2.5. Romana (1999) . . . . .	14
3.2.2.6. Hegeman (2008) . . . . .	14
3.2.2.7. Mwesige et al. (2014a) . . . . .	15
3.2.2.8. Otros . . . . .	16
3.3. Metodologías para la evaluación funcional de carreteras convencionales . . . . .	16
3.3.1. Manual de Capacidad de Estados Unidos . . . . .	16
3.3.2. Manual de Capacidad de Alemania . . . . .	19
3.3.3. Adaptación del Manual de Capacidad en Finlandia . . . . .	20
3.3.4. Adaptación del Manual de Capacidad en Sudáfrica . . . . .	21
3.3.5. Adaptación del Manual de Capacidad en Brasil . . . . .	22
3.3.6. Adaptación del Manual de Capacidad en Argentina . . . . .	23
3.3.7. Otros métodos . . . . .	24
3.3.7.1. Basados en una velocidad umbral . . . . .	24
3.3.7.2. Basados en la teoría de colas . . . . .	25

3.3.7.3.	Basados en el ratio de adelantamientos . . . . .	27
3.3.7.4.	Basados en la densidad . . . . .	28
3.3.7.5.	Basados en el porcentaje de vehículos impedidos . . . . .	29
3.3.7.6.	Basados en el porcentaje de demora . . . . .	30
3.3.7.7.	Medidas alternativas . . . . .	31
3.4.	Modelos de microsimulación de tráfico aplicables en carreteras convencionales . . . .	31
3.4.1.	TWOPAS (TWO-lane PASSing) . . . . .	32
3.4.2.	TRARR (TRAffic on Rural Roads) . . . . .	33
3.4.3.	CORSIM (CORridor-microscopic SIMulation program) . . . . .	33
3.4.4.	Aimsun . . . . .	34
3.4.5.	Otros . . . . .	34
3.5.	Estudios de evaluación de la funcionalidad de tráfico . . . . .	35
3.5.1.	NCHRP 03-55 y NCHRP 20-07 . . . . .	35
3.5.2.	Estudios en Montana . . . . .	36
3.5.3.	Estudios en Oregón . . . . .	37
3.5.4.	Estudios en Egipto . . . . .	38
3.5.5.	Estudios en España . . . . .	38
3.5.6.	Otros . . . . .	39
<b>4.</b>	<b>Objetivos</b>	<b>41</b>
<b>5.</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>43</b>
<b>6.</b>	<b>Alcance</b>	<b>45</b>
<b>7.</b>	<b>Metodología</b>	<b>47</b>
<b>8.</b>	<b>Estudio experimental</b>	<b>49</b>
8.1.	Diseño experimental . . . . .	49
8.1.1.	Descripción del equipamiento empleado . . . . .	49
8.1.2.	Selección de localizaciones . . . . .	53
8.2.	Ejecución experimental . . . . .	55
8.3.	Reducción de datos . . . . .	58
<b>9.</b>	<b>Funcionalidad de zonas de adelantamiento</b>	<b>63</b>
9.1.	Análisis preliminar . . . . .	63
9.2.	Análisis funcional antes de las zonas de adelantamiento . . . . .	65
9.2.1.	Modelización de la funcionalidad en carreteras convencionales . . . . .	65
9.2.2.	Comparación entre medidas de desempeño . . . . .	71
9.3.	Análisis de la efectividad de las zonas de adelantamiento . . . . .	72
9.3.1.	Medidas de desempeño . . . . .	72
9.3.2.	Adelantamientos . . . . .	73
9.3.3.	Ratio de adelantamientos . . . . .	75
<b>10.</b>	<b>Microsimulación de tráfico</b>	<b>77</b>
10.1.	Calibración y validación de TWOPAS . . . . .	77
10.1.1.	Escenarios de calibración . . . . .	77
10.1.2.	Optimización de la calibración mediante algoritmos genéticos . . . . .	81
10.1.3.	Validación del modelo de microsimulación . . . . .	84
10.2.	Generación de escenarios de simulación . . . . .	84
10.3.	Reducción de datos . . . . .	87
<b>11.</b>	<b>Funcionalidad en segmentos de carretera convencional</b>	<b>91</b>
11.1.	Análisis preliminar . . . . .	91
11.2.	Caracterización individual de las configuraciones de zonas de adelantamiento . . . .	93
11.2.1.	Velocidad media . . . . .	94
11.2.2.	Porcentaje de tiempo en cola . . . . .	97
11.2.3.	Adelantamientos . . . . .	101

11.3. Estimación del número de adelantamientos . . . . .	104
11.3.1. Configuraciones simétricas . . . . .	104
11.3.2. Configuraciones asimétricas . . . . .	106
11.4. Modelo global para la evaluación de las medidas de desempeño . . . . .	110
11.4.1. Configuración base . . . . .	110
11.4.2. Ajuste según el porcentaje de zona de adelantamiento no permitido . . . . .	112
11.4.2.1. Velocidad media . . . . .	114
11.4.2.2. Porcentaje de tiempo en cola . . . . .	115
11.4.3. Ajuste según la longitud media de las zonas de adelantamiento . . . . .	117
11.4.3.1. Velocidad media . . . . .	118
11.4.3.2. Porcentaje de tiempo en cola . . . . .	120
11.4.4. Ajuste según la asimetría en la distribución de las zonas de adelantamiento . . . . .	122
11.4.4.1. Velocidad media . . . . .	123
11.4.4.2. Porcentaje de tiempo en cola . . . . .	125
<b>12. Discusión</b> . . . . .	<b>127</b>
12.1. Funcionalidad en secciones de carretera convencional . . . . .	127
12.2. Efectividad de las zonas de adelantamiento . . . . .	131
12.3. Segmentos de carretera convencional . . . . .	133
12.3.1. Velocidad media . . . . .	133
12.3.2. Porcentaje de tiempo en cola . . . . .	136
12.3.3. Número de adelantamientos . . . . .	138
<b>13. Conclusiones</b> . . . . .	<b>141</b>
<b>14. Aplicaciones</b> . . . . .	<b>145</b>
14.1. Criterios de diseño de zonas de adelantamiento . . . . .	145
14.2. Metodología de evaluación de la funcionalidad de carreteras convencionales . . . . .	147
14.3. Modelización del número de adelantamientos para la estimación de la seguridad vial . . . . .	153
14.4. Modelo de microsimulación calibrado a las condiciones españolas . . . . .	154
<b>15. Futuras líneas de investigación</b> . . . . .	<b>155</b>
<b>Agradecimientos</b> . . . . .	<b>156</b>
<b>Referencias bibliográficas</b> . . . . .	<b>159</b>
<b>A. Publicaciones relacionadas con la Tesis Doctoral</b> . . . . .	<b>165</b>
<b>B. Summary of the Thesis</b> . . . . .	<b>169</b>
B.1. Introduction . . . . .	169
B.1.1. Research Motivation . . . . .	170
B.1.2. Chapter Organization . . . . .	171
B.2. Objectives . . . . .	171
B.3. Hypotheses . . . . .	172
B.4. Conclusions . . . . .	173
B.5. List of publications . . . . .	175
<b>C. Análisis estadístico observaciones</b> . . . . .	<b>269</b>
C.1. Análisis preliminar . . . . .	269
C.2. Modelos previos . . . . .	274
C.3. Modelos finales . . . . .	277
<b>D. Análisis estadístico microsimulación</b> . . . . .	<b>281</b>
D.1. Análisis preliminar . . . . .	281
D.2. Modelos previos configuraciones individuales . . . . .	285
D.2.1. Velocidad media . . . . .	285
D.2.2. Porcentaje de tiempo en cola . . . . .	303

D.2.3. Adelantamientos . . . . .	316
D.3. Modelos finales configuraciones individuales . . . . .	333
D.3.1. Velocidad media . . . . .	333
D.3.2. Porcentaje de tiempo en cola . . . . .	336
D.3.3. Adelantamientos . . . . .	339
D.4. Modelos previos global . . . . .	342
D.4.1. Velocidad media . . . . .	342
D.4.2. Porcentaje de tiempo en cola . . . . .	347
D.4.3. Adelantamientos . . . . .	347
D.5. Modelos finales . . . . .	350