

# DESARROLLO DE MODELOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS EN CARRETERAS CONVENCIONALES A PARTIR DE DATOS NATURALÍSTICOS

MÁSTER EN TRANSPORTE, TERRITORIO Y URBANISMO

Autor: Brayan Duwan González Hernández

Tutor: Prof. Dr. Alfredo García

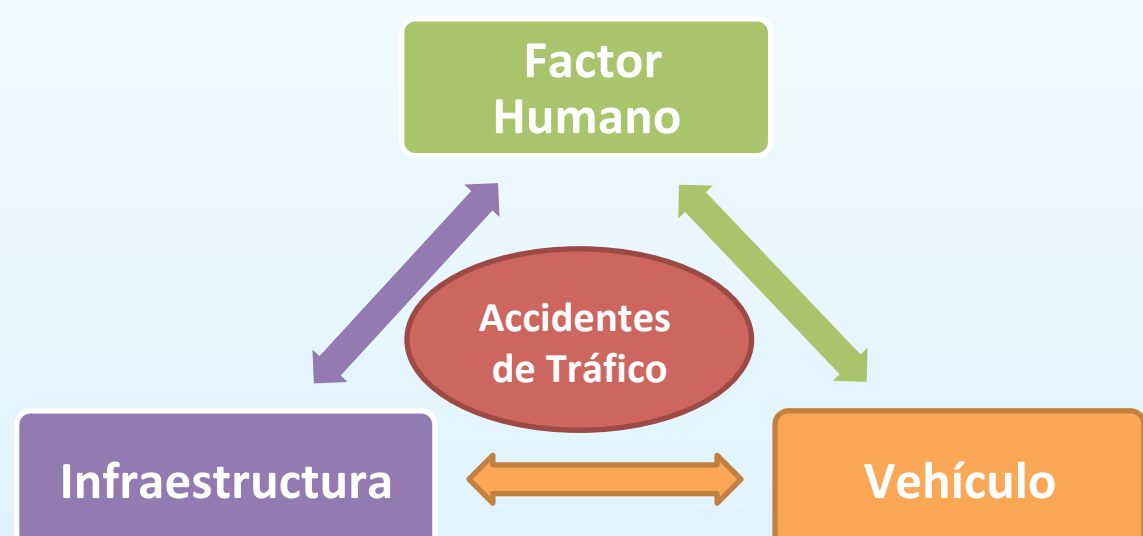
Cotutor: Prof. Dra. Ana María Pérez Zuriaga

Director Experimental: Dr. David Llopis Castelló

Enero 2018

## INTRODUCCIÓN

- La seguridad vial es una de las principales preocupaciones en nuestra sociedad.



- La consistencia del diseño geométrico, se define como el grado de adecuación entre las expectativas de los conductores y el comportamiento de la carretera.



- La consistencia del diseño geométrico de carreteras es evaluada comúnmente a través del análisis de la velocidad de operación ( $V_{85}$ ).
- La interacción entre los vehículos ligeros y vehículos pesados juega papel importante en la seguridad vial (Donnell et al., 2001).



- La toma de datos de estudios anteriores se ha basado en un número bajo de curvas horizontales y rectas, además han mostrado una gran variación entre las formas funcionales de los modelos, las variables y los coeficientes de regresión.

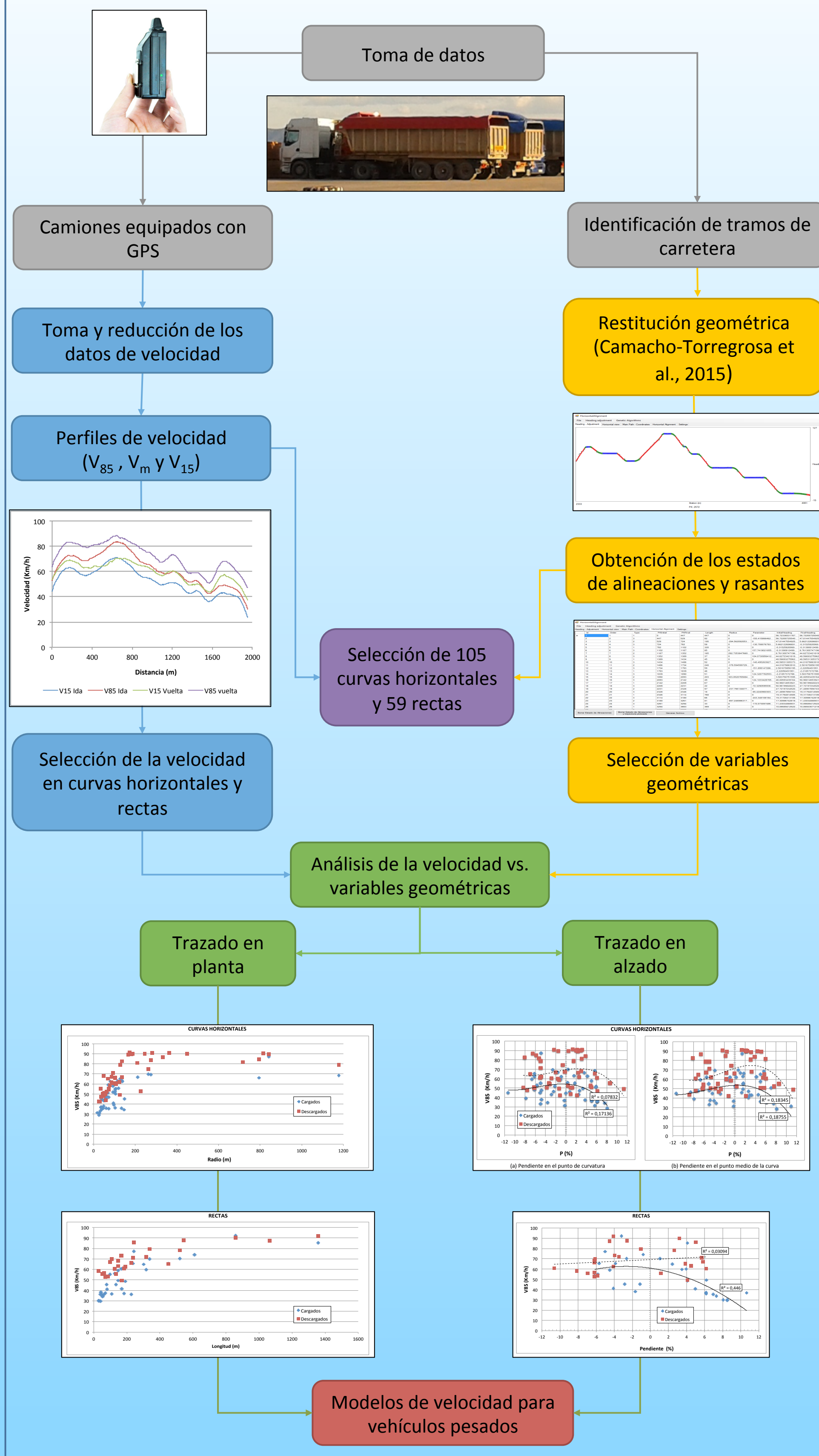
## OBJETIVOS E HIPÓTESIS

El principal objetivo del presente trabajo de investigación es analizar y modelar la velocidad en flujo libre desarrollada por vehículos pesados en curvas horizontales y rectas de carreteras convencionales a partir de variables geométricas relacionadas con el trazado en planta y alzado de la carretera.

Las hipótesis de investigación a contrastar con el desarrollo del presente Trabajo de Fin de Máster son:

- Las velocidades de operación mínimas de los vehículos pesados en curvas horizontales se producen en el punto medio de la misma.
- Las variables geométricas influyen de manera diferente en la velocidad de los vehículos ligeros y pesados.
- Las velocidades de operación de los vehículos pesados están principalmente influenciadas por las características mecánicas de los propios vehículos y su relación peso/potencia.
- La variable más influyente en las velocidades de los vehículos pesados en curvas horizontales es el radio.
- La pendiente, que no tiene influencia en las velocidades de operación de los vehículos ligeros, produce que los vehículos pesados desarrollen velocidades de operación menores en pendientes ascendentes.
- La diferencia de las velocidades de operación de vehículos pesados en una misma curva horizontal son muy bajas para vehículos con relación peso/potencia similar.
- La dispersión de velocidades de operación es mayor en rectas que en curvas horizontales.

## METODOLOGÍA Y ANÁLISIS



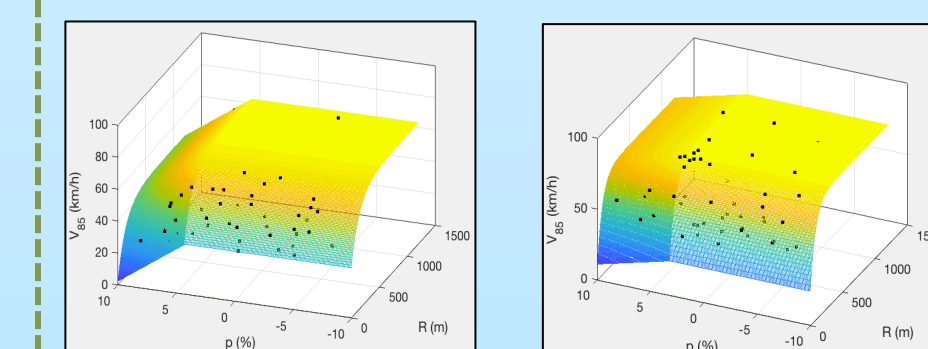
## MODELOS

### CURVAS

| Expresión   | R <sup>2</sup> |
|---|----------------|
| $V_{85C} = \begin{cases} 75,96 - \frac{44,56}{e^{0,00685R}} & \text{Si } p \leq 4,23\% \\ 75,96 - \frac{44,56}{e^{0,00685R}} - 5,06 \cdot (p - 4,23) & \text{Si } p > 4,23\% \end{cases}$ | 74,18%         |
| $V_{85D} = \begin{cases} 85,02 - \frac{60,62}{e^{0,0124R}} & \text{Si } p \leq 3,19\% \\ 75,96 - \frac{60,62}{e^{0,0124R}} - 1,95 \cdot (p - 3,19) & \text{Si } p > 3,19\% \end{cases}$   | 78,45%         |
| $V_{mC} = \begin{cases} 69,50 - \frac{40,29}{e^{0,0071R}} & \text{Si } p \leq 4,18\% \\ 69,50 - \frac{40,29}{e^{0,0071R}} - 4,84 \cdot (p - 4,18) & \text{Si } p > 4,18\% \end{cases}$    | 74,05%         |
| $V_{mD} = \begin{cases} 81,98 - \frac{59,96}{e^{0,0118R}} & \text{Si } p \leq 3,06\% \\ 81,98 - \frac{59,96}{e^{0,0118R}} - 2,43 \cdot (p - 3,06) & \text{Si } p > 3,06\% \end{cases}$    | 77,55%         |
| $V_{15C} = \begin{cases} 64,17 - \frac{37,23}{e^{0,0072R}} & \text{Si } p \leq 3,14\% \\ 64,17 - \frac{37,23}{e^{0,0072R}} - 3,28 \cdot (p - 3,14) & \text{Si } p > 3,14\% \end{cases}$   | 72,00%         |
| $V_{15D} = \begin{cases} 76,74 - \frac{57,58}{e^{0,0118R}} & \text{Si } p \leq 3,06\% \\ 76,74 - \frac{57,58}{e^{0,0118R}} - 2,43 \cdot (p - 3,06) & \text{Si } p > 3,06\% \end{cases}$   | 74,76%         |

donde:  $v_{85C}$  = Velocidad de operación de camiones cargados (km/h);  $v_{85D}$  = Velocidad de operación de camiones descargados (km/h);  $v_{mC}$  = Velocidad media de camiones cargados (km/h);  $v_{mD}$  = Velocidad media de camiones descargados (km/h);  $v_{15C}$  = Velocidad del percentil 15 de camiones cargados (km/h);  $v_{15D}$  = Velocidad del percentil 15 de camiones descargados (km/h); R = Radio de la curva (m); y p = Pendiente en el punto de curvatura (%)

### Modelos para la estimación de la $V_{85}$ de camiones cargados y descargados en curvas

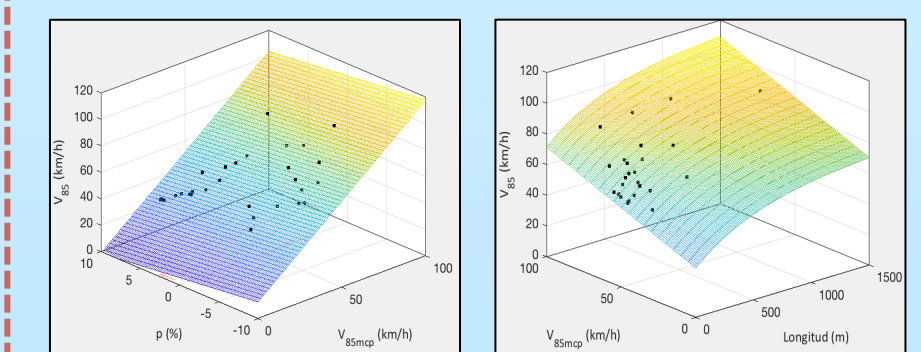


### RECTAS

| Expresión  | R <sup>2</sup> |
|--|----------------|
| $v_{85C} = 5,70 + 1,05 \cdot v_{85mcp} - 0,69 \cdot p$       | 90,87%         |
| $v_{85D} = 86,57 - \frac{57,58}{e^{0,0037L}} - 1,02 \cdot p$ | 85,01%         |
| $v_{mC} = 4,79 - 1,05 \cdot v_{mmcp} - 0,68 \cdot p$         | 91,85%         |
| $v_{mD} = 82,33 - \frac{54,83}{e^{0,0028L}} - 1,02 \cdot p$  | 84,01%         |
| $v_{15C} = 0,47 - 1,16 \cdot v_{15mcp}$                      | 86,47%         |
| $v_{15D} = 78,67 - \frac{52,32}{e^{0,0023L}}$                | 73,45%         |
| $v_{15D} = 80,50 - 36,53 \cdot e^{0,0021 \cdot L}$           | 61,99%         |

donde:  $v_{85C}$  = Velocidad del percentil 85 de camiones cargados (km/h);  $v_{85D}$  = Velocidad del percentil 85 de camiones descargados (km/h);  $v_{85mcp}$  = Velocidad del percentil 85 mínima de la curva precedente (km/h);  $v_{mC}$  = Velocidad media de camiones cargados (km/h);  $v_{mD}$  = Velocidad media de camiones descargados (km/h);  $v_{mmcp}$  = Velocidad media mínima de la curva precedente (km/h);  $v_{15C}$  = Velocidad del percentil 15 de camiones cargados (km/h);  $v_{15D}$  = Velocidad del percentil 15 de camiones descargados (km/h);  $v_{15mcp}$  = Velocidad del percentil 15 mínima de la curva precedente (km/h); L = Longitud de la recta (m); y p = Pendiente longitudinal (%)

### Modelos para la estimación de la $V_{85}$ de camiones cargados y descargados en rectas



## CONCLUSIONES

- Este estudio presenta modelos de velocidad para el percentil 85, velocidad media y percentil 15 para vehículos pesados en curvas y rectas de carreteras convencionales
- Se identificaron dos tendencias diferentes que estaban relacionadas con camiones cargados y descargados
- Los modelos para curvas, fueron calibrados con base a la velocidad mínima y los modelos para rectas, con base a la velocidad máxima, identificada a partir de perfiles de velocidad continuos recopilados mediante dispositivos de rastreo del Sistema de Posicionamiento Global (GPS)
- Los resultados mostraron el efecto combinado del trazado en planta y alzado en las velocidades de los camiones
- La influencia pendiente fue mayor para camiones cargados que para camiones descargados
- Las variables más influyentes fueron el radio de la curva y la pendiente en el punto de curvatura para las curvas, mientras en rectas fueron la velocidad mínima de la curva anterior, la longitud de la recta y la pendiente longitudinal

## AGRADECIMIENTOS

- CASEFU – “Estudio experimental de la funcionalidad y seguridad de las carreteras convencionales” (TRA2013-42578-5 P)
- A las empresas Agricultores de la Vega de Valencia (SAV) S.L., Saevi S.L. y Abonos Orgánicos Montagut (AOM) S.L., por su colaboración desinteresada en la toma de datos.