



Estamos atascados?

Modelos estadísticos del tráfico.

Puede la tecnología ofrecernos una solución?

EL MAYOR ATASCO DE TRÁFICO?[¹]

- Autopista Beijing-Tibet
- Mas de 100km!!!
- Duración: mas de 10 días!
- Hasta 5 días atascados

- Las causas?

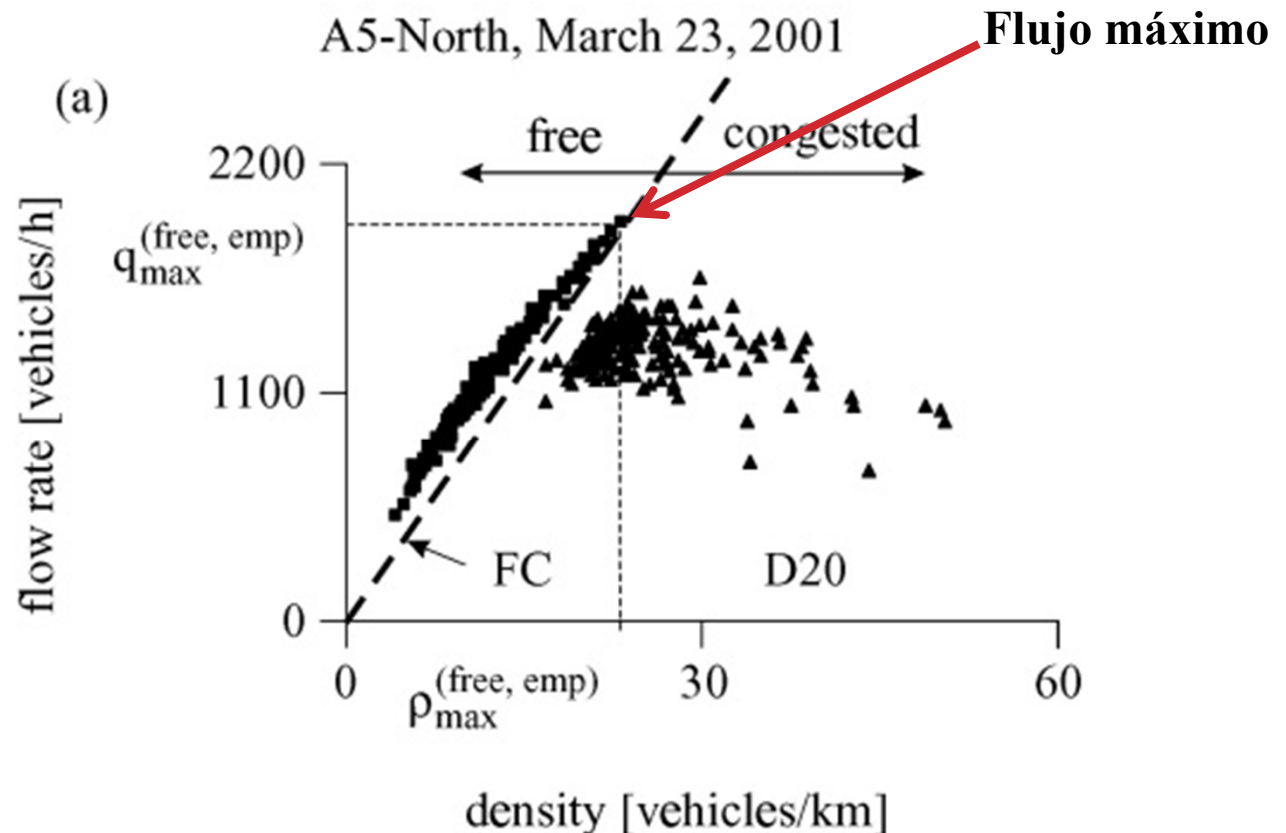


- Mucho tráfico pesado (camiones transportando carbón).
- Carriles cerrados por mantenimiento.
- Mal clima (neblina).

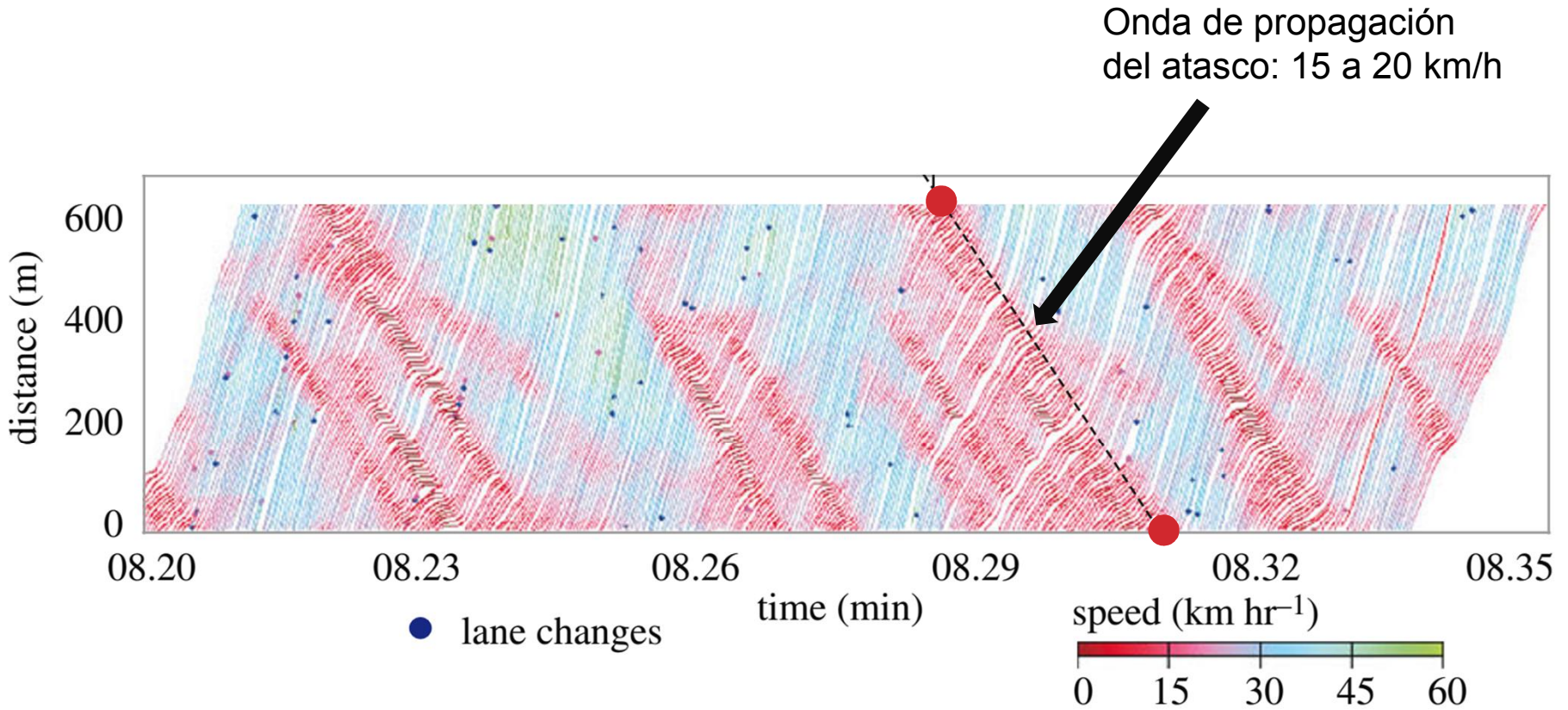
DEFINICIÓN: TRAFICO CONGESTIONADO^[2]

Estado del tráfico donde la velocidad promedio de los vehículos es menor que la velocidad posible en tráfico libre^[3].

$$q = v\rho$$



DIAGRAMAS ESPACIO-TEMPORALES^[4]



¿Por qué se producen los atascos?

MODELO MACROSCÓPICO O CONTINUO

Supongamos que no hay entrada ni salida de vehículos
(conservación de vehículos)

$$\partial_t \rho + \partial_x(\rho v) = 0$$

Se propone una relación entre la densidad y la velocidad de la forma:

$$v = \mathcal{G}(\rho, \partial_x \rho, \partial_{xx} \rho, \dots)$$

1° Orden:

Lighthill y Whitman (1955):

$$v = \mathcal{V}(\rho)$$

Donde $\mathcal{V}(\rho)$ es una función decreciente.

Bajo ciertas condiciones, aparecen desaceleraciones infinitas!!

MODELO MACROSCÓPICO O CONTINUO

2° Orden (vehículos con inercia):

Ahora la ecuación propuesta es:

$$\partial_t v + v \partial_x v = \frac{1}{T} (\mathcal{V}(\rho) - v) + \mathcal{N}(\rho, \partial_x \rho, \partial_{xx} \rho, \partial_x v, \partial_{xx} v)$$

↓
Término de relajación a una velocidad
que depende de la densidad, con un
tiempo T

↓
Este término es 0 si la
velocidad y la densidad son
constantes.

Este modelo reproduce bien flujos uniformes así como ondas stop-and-go (sin discontinuidades)

MODELO MACROSCÓPICO O CONTINUO

Ventajas:

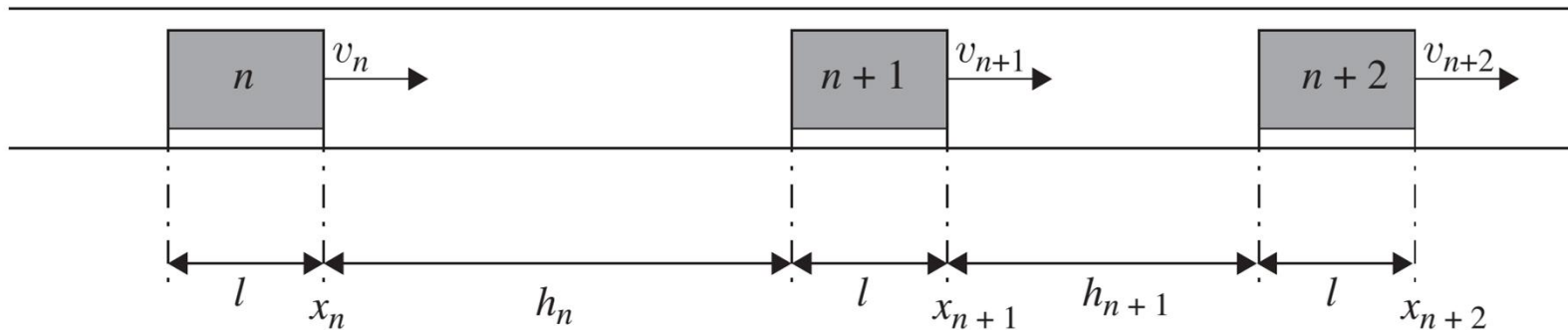
- Los resultados pueden ser comparados directamente con datos macroscópicos, tales como diagramas flujo-densidad y espacio-temporales
- Es fácil definir las condiciones de borde para la velocidad y el flujo

Desventajas:

- Es difícil relacionar los parámetros del modelo con los parámetros microscópicos de los conductores
- No están claras cuales limitaciones son impuestas al modelar sistemas discretos como si fueran continuos.

MODELO MICROSCÓPICO

Entidades discretas (vehículos) moviéndose en un tiempo y espacio continuos.



Derivando $h_n(t) = x_{n+1}(t) - x_n(t) - l$:

$$\dot{h}_n(t) = v_{n+1}(t) - v_n(t)$$

Para completar el modelo nos falta una regla que relacione la velocidad o aceleración de cada vehículo con los de sus alrededores.

MODELO MICROSCÓPICO

En modelos dinámicos la aceleración:

$$\dot{v}_n(t) = f(h_n(t - \tau), \dot{h}_n(t - \sigma), v_n(t - \kappa))$$

Donde τ, σ, κ representan los tiempos de reacción.

Generalmente:

- Para humanos: $\tau = \sigma > 0, \kappa = 0$
- Para coches autónomos: $\tau = \sigma = \kappa > 0$.El delay se debe al tiempo necesario para que el sistema cense sus alrededores, haga los cálculos y actue.

MODELO MICROSCÓPICO^[5]

Modelo del conductor inteligente (IDM):

$$f(h, \dot{h}, v) = a \left[1 - \left(\frac{v}{v_{\max}} \right)^4 - \left(\frac{h_{\text{stop}} + v T_{\text{gap}} - \dot{h} v / \sqrt{4ab}}{h} \right)^2 \right]$$

- a : Máxima aceleración
- b : Desaceleración deseada o de confort
- v_{\max} : Máxima velocidad deseada
- h_{stop} : Distancia de frenado deseada
- T_{gap} : Distancia temporal deseada

Todos estos valores se obtienen fiteando el modelo a los datos.

MODELO MICROSCÓPICO

Modelo heurístico aceleración constante (CAH):

- La aceleración de los vehículos no cambiará en un futuro relevante.
- No se requiere distancia mínima ni distancia temporal.
- Los conductores reaccionan sin delay.

$$a_{\text{CAH}}(s, v, v_1, a_l) = \begin{cases} \frac{v^2 \tilde{a}_l}{v_1^2 - 2s\tilde{a}_l} & \text{if } v_1(v - v_1) \leq -2s\tilde{a}_l, \\ \tilde{a}_l - \frac{(v - v_1)^2 \Theta(v - v_1)}{2s} & \text{otherwise,} \end{cases}$$

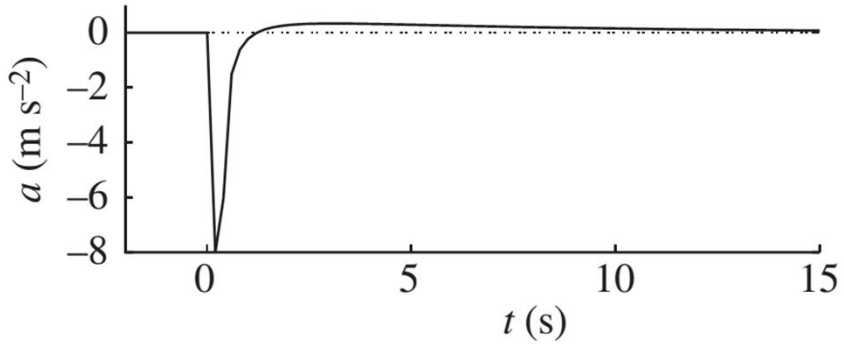
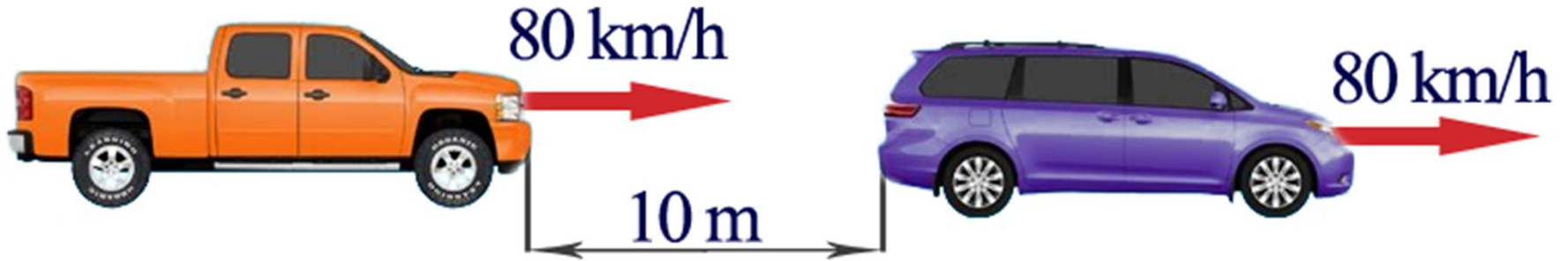
MODELO MICROSCÓPICO

Modelo de control crucero adaptativo (ACC):

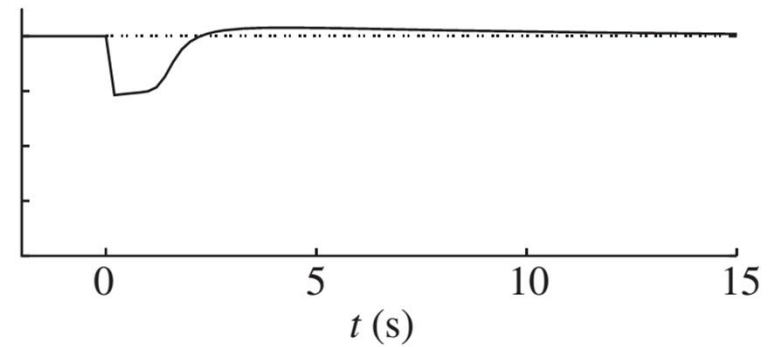
- a_{ACC} nunca es menor que a_{IDM}
- Si $a_{IDM} = a_{CAH}$, entonces $a_{IDM} = a_{CAH} = a_{ACC}$
- Si el modelo IDM produce desaceleraciones muy grandes, mientras que el modelo CAH no, $a_{ACC} = a_{CAH} - b$
- Si IDM y CAH producen desaceleraciones muy grandes, a_{ACC} no debe ser mayor que el máximo de a_{IDM} y a_{CAH} .
- a_{ACC} debe ser continua y diferenciable.

$$a_{ACC} = \begin{cases} a_{IDM} & a_{IDM} \geq a_{CAH}, \\ (1 - c)a_{IDM} + c \left[a_{CAH} + b \tanh \left(\frac{a_{IDM} - a_{CAH}}{b} \right) \right] & \text{otherwise.} \end{cases}$$

ACC VS IDM



IDM



ACC

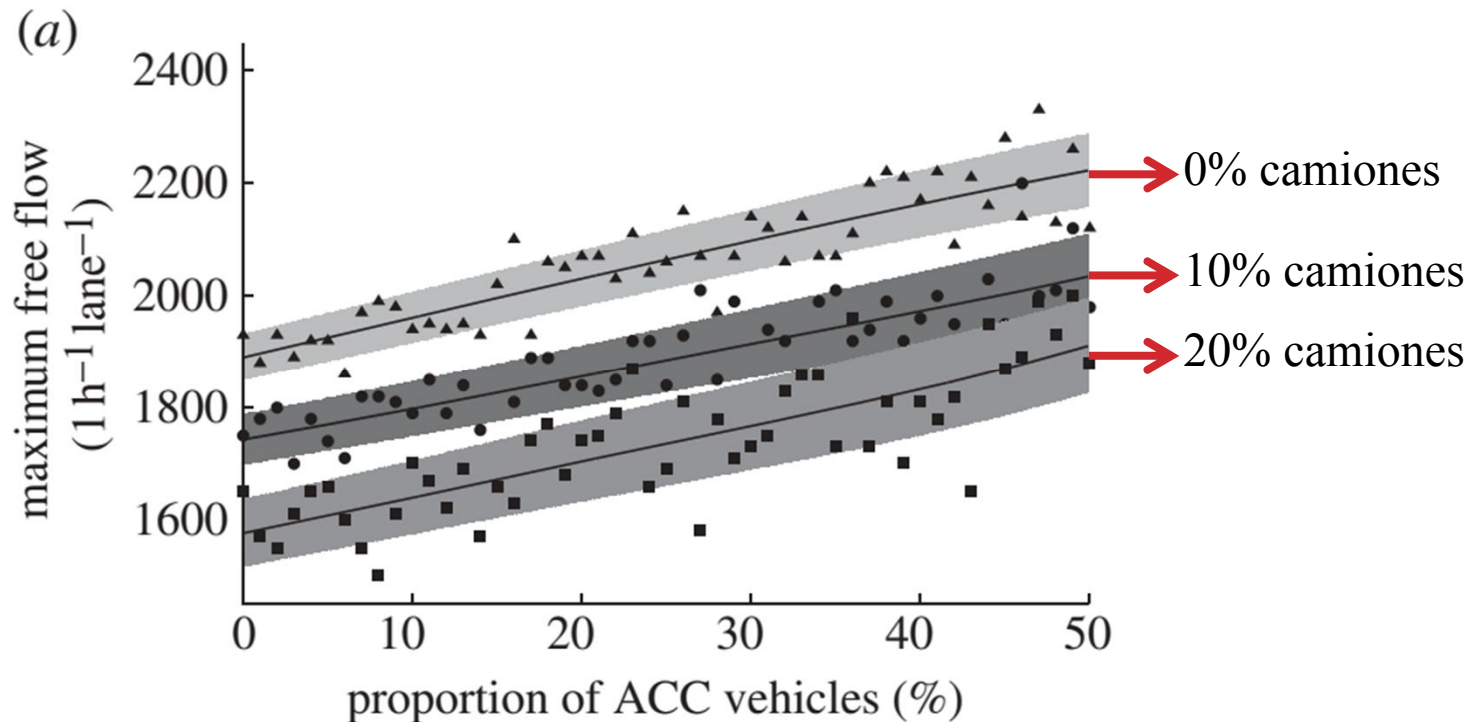
MODELO MICROSCÓPICO

Estrategia de manejo adaptada al tráfico (ACC):

- **Tráfico libre:** Valores default.
- **Entrando en un atasco:** El objetivo es aumentar la seguridad disminuyendo el gradiente de velocidades. Esto implica un frenado prematuro al acercarse a vehículos mas lentos.
- **Dentro del atasco:** Como los conductores no pueden influenciar el desarrollo del atasco en el medio del mismo, los valores son los default.
- **Saliendo de un atasco:** Aumento de la aceleración y disminución de distancia temporal
- **Cuello de botella:** disminución de distancia temporal.

INCLUSIÓN DE AUTOMÓVILES AUTÓNOMOS

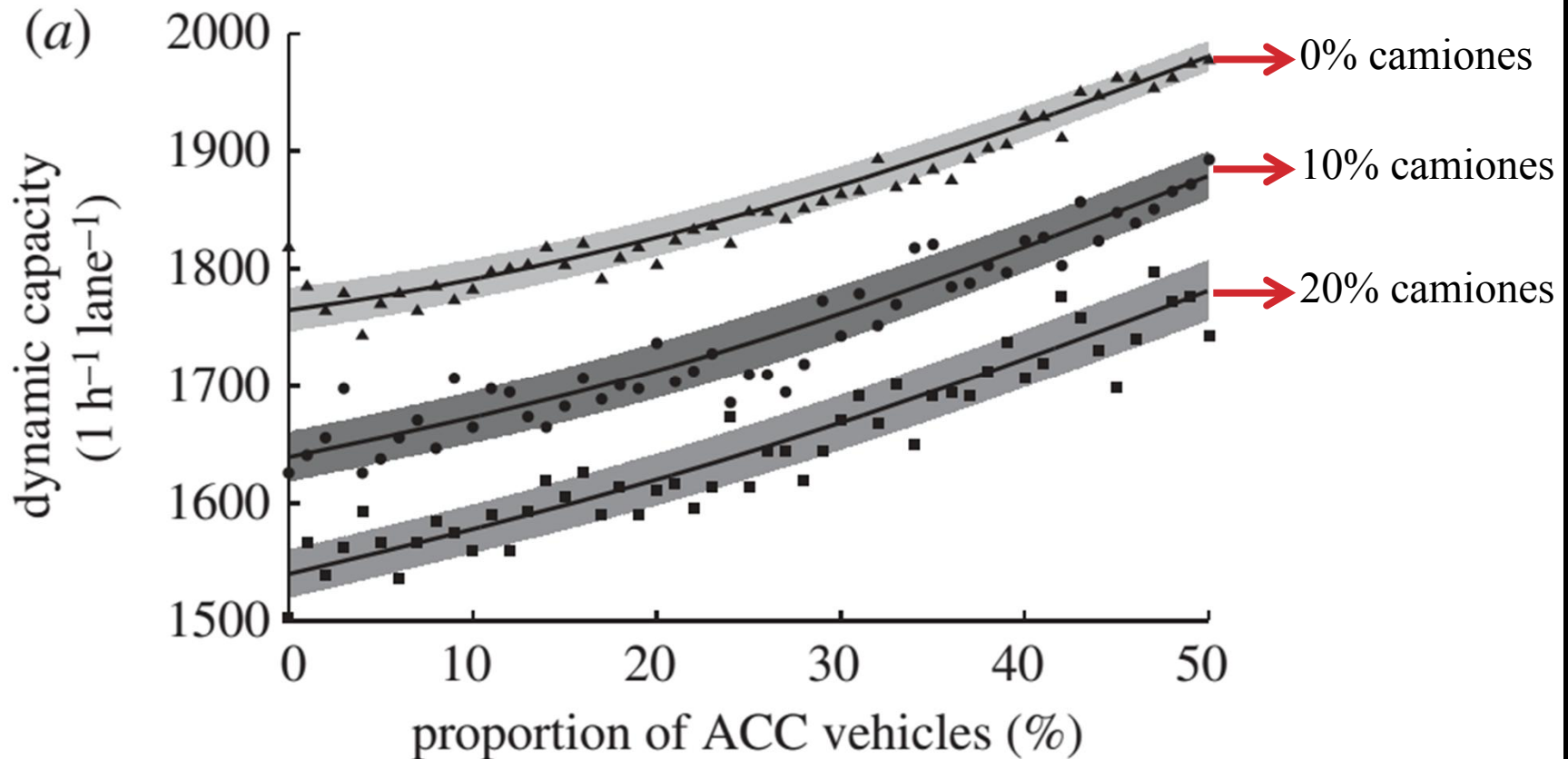
Flujo máximo en función de proporción vehículos autónomos



1% Vehículos autónomos → 0,3% flujo máximo

INCLUSIÓN DE AUTOMÓVILES AUTÓNOMOS

Capacidad dinámica en función de proporción vehículos autónomos:



REFERENCIAS

- [1] *<http://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/asia/china/11919370/Worlds-worst-traffic-jam-Thousands-of-cars-left-stranded-on-motorway-in-China.html>*
- [2] “Traffic jams: dynamics and control” G. Orosz, R. E. Wilson and G. Stépan.
- [3] “*The physics of traffic*” B S Kerner
- [4] “*A mechanism to describe the formation and propagation of stop-and-go waves in congested freeway traffic*” J. A. Laval y L. Leclercq.
- [5] “*Enhanced intelligent driver model to assess the impact of driving strategies on traffic capacity*” A. Kesting, M. Treiber y D. Helbing.