

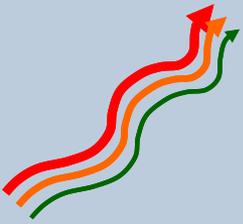


## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

# METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE MODERACIÓN DE TRÁFICO (MODETRA)

Prof. Alfredo García



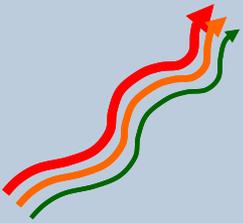


# Introducción

- **Sistemas moderadores de tráfico:**
  - Disminución de velocidad
  - Moderación de la demanda
  - Confort
  - Ruido
  - Seguridad vial
  - Vehículos de emergencia
  - Transporte público

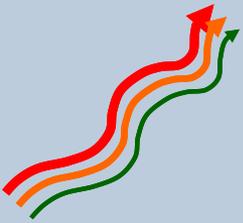


**Proceso de toma de decisión**



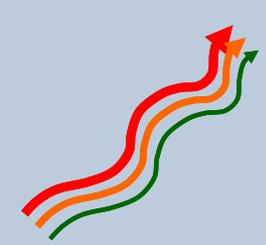
# Objetivos

- **Formulación de metodología para el diseño e implantación de sistemas de moderación**
- **Desarrollo de criterios técnicos**
- **Mejora de la normativa establecida**
- **Sistematización y optimización de los sistemas moderadores del tráfico:**
  - **Repercusiones económicas**
  - **Influencia sobre la seguridad vial y el confort de los usuarios**

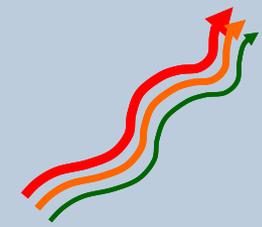


# Actividades

1. Estado de la técnica
2. Definición de funciones
3. Evaluación de sistemas existentes
4. Desarrollo de nuevos sistemas
5. Definición de exigencias y recomendaciones
6. Evaluación práctica de la efectividad de las recomendaciones
7. Difusión

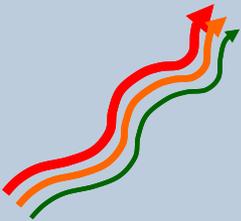


# 1 - ESTADO DE LA TÉCNICA



# Estado de la Técnica

- **Tareas:**
  - **Estado del Arte**
  - **Inventario**
  - **Estudio de Seguridad Vial**
  
  - **Glosario**



# Estado del Arte

- **Sistemas de Moderación de Tráfico:**

- **Actuaciones sobre el Trazado en Alzado**

- **Actuaciones sobre el Trazado en Planta:**

- Resaltes prefabricados
- Lomos transversales
- Pasos peatonales sobreelevados

- **Actuaciones sobre la Sección Transversal**

- **Actuaciones sobre la Superficie**

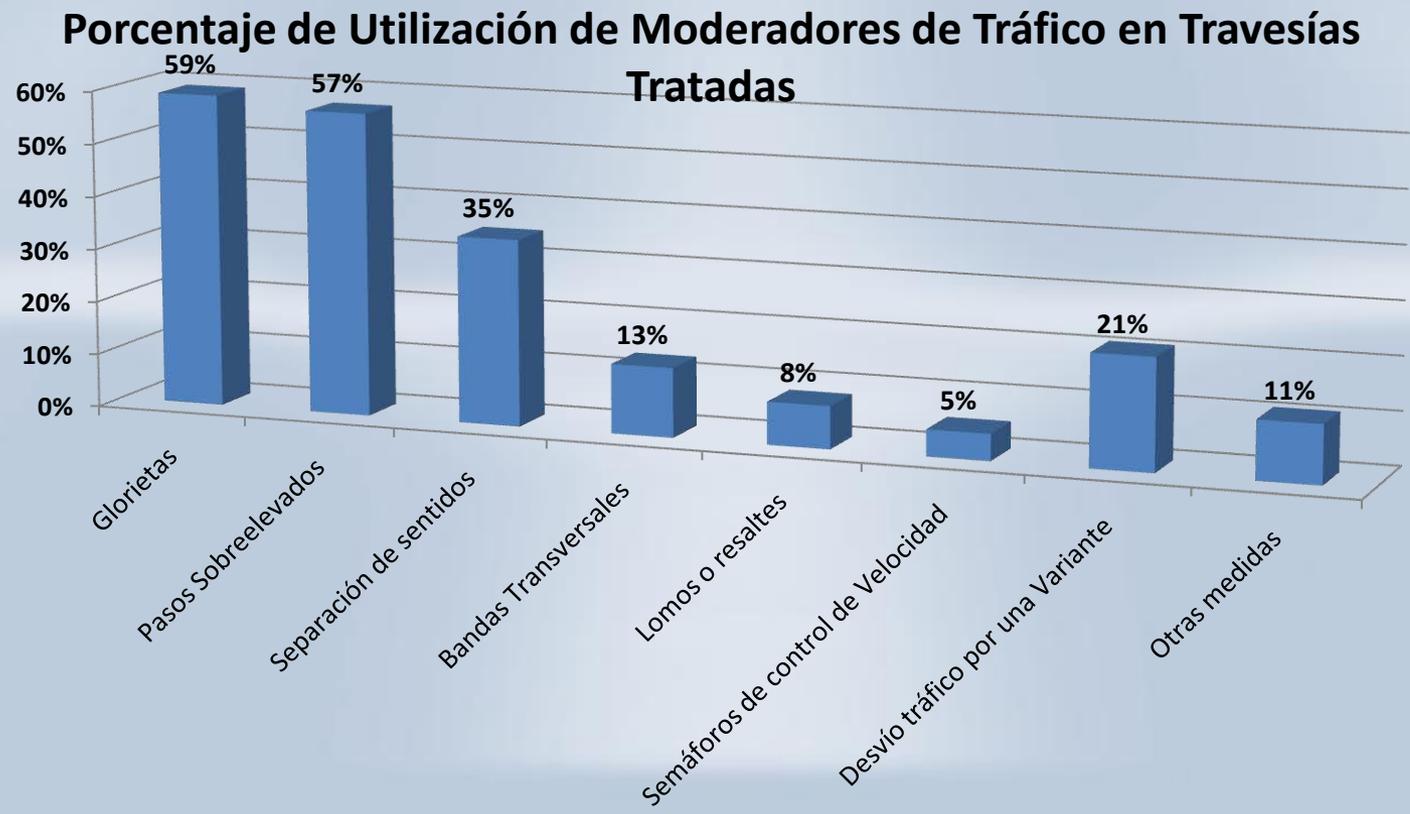
- **Otros**





# Inventario

- Catálogo y clasificación de los elementos moderadores del tráfico empleados en la Comunidad Valenciana
- El 75% de las travesías de la CV han tenido actuaciones con elementos moderadores de tráfico





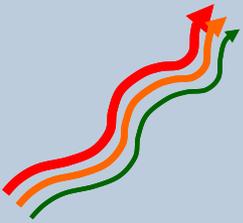
# Estudio de Seguridad Vial

- **Resultados:**

- Travesías susceptibles de implantación de EMT
- Travesías susceptibles de observación para ver la eficacia de los EMT ya implantados
- Travesías susceptibles de observación por evolución anómala de la siniestralidad

Influencia sobre la Seguridad Vial posterior a la instalación de elementos moderadores



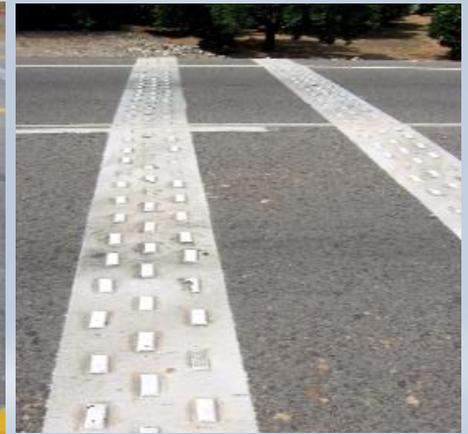


# Glosario

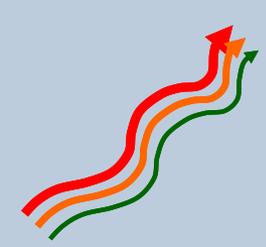
- **Unificación de terminología de los diferentes sistemas moderadores de tráfico**



**Reductor de velocidad prefabricado**  
**Badén, Resalto, Lomo,**  
**Reductor de velocidad sobreelevado**



**Bandas sonoras**  
**Bandas transversales de alerta**

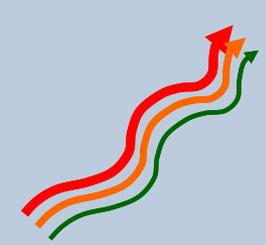


## 2 - DEFINICIÓN DE FUNCIONES

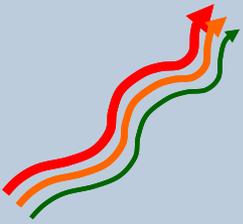


# Definición de Funciones

Funciones de Moderación de Tráfico		Zonas urbanizadas			
		Autovía (urbana)	Arterias	Vías Urbanas	Vía Residencial
<b>Social</b>	Incrementar la calidad de vida de los residentes				
	Favorecer la creación de un entorno atractivo para todos los usuarios				
	Facilitar la conciliación de la vida familiar y laboral				
	Mejora de la salud de los residentes				
	Disminución del índice de criminalidad				
	Potenciar las relaciones entre los residentes, especialmente entre los niños				
	Favorece la independencia de los niños y las personas mayores				
<b>Medio ambiente</b>	Reducir la contaminación atmosférica generada por el tráfico				
	Reducir la contaminación acústica generada por el tráfico				
	Reducir las vibraciones generadas por el tráfico				
<b>Economía</b>	Revalorizar la zona				
	Reducir el coste de accidentes				

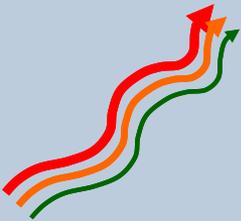


## **3 - EVALUACIÓN DE SISTEMAS EXISTENTES**



# Evaluación de Sistemas Existentes

- **Tareas:**
  - **Ensayos de Laboratorio**
  - **Tramos de Observación**
  - **Microsimulación de Tráfico**
  - **Tramos de Experimentación**



# Ensayos de Laboratorio

- Evaluación de 4 geometrías en tramo de ensayo
- 3 Vehículos: turismo, furgoneta 14m<sup>3</sup> y autobús urbano



Resalte	Velocidades (km/h)			
Resalte A (3M 90x5cm)	30	40	50	
Resalte B (3M 60x3cm)	40	50	60	70
Resalte C (3M 120x7cm)	20	30	40	
Resalte PT 44x3cm	30	40	50	

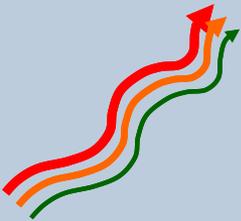
— **Medidas objetivas:**

- Ruido
- Confort
- Vibraciones interiores y transmitidas al terreno.
- Influencia sobre sistema ABS y longitud de frenada
- Despegue de las ruedas (cámaras alta velocidad)

— **Medidas subjetivas:**

- Apreciación de los usuarios
- Intención de velocidad de paso





# Despegue de las Ruedas



H3-70KMh-Turismo.avi

**70 km/h**  
Rd= 0,9 m  
Rt= 1,2 m



H3-60KMh-Furgoneta.avi

**60 km/h**  
Rd= 0,7 m  
Rt= 1,4 m



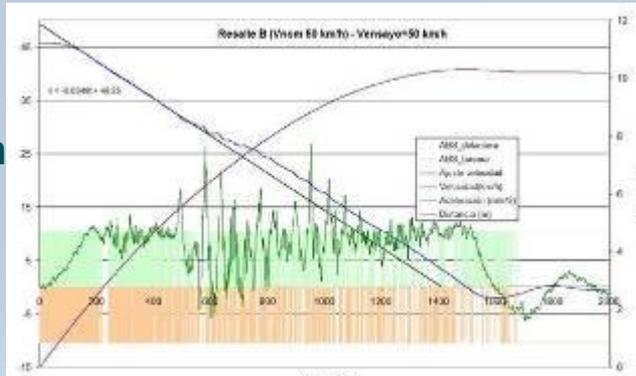
H3-60KMh-Autobus.avi

**60 km/h**  
Rd= 0,7 m  
Rt= 0,6 m

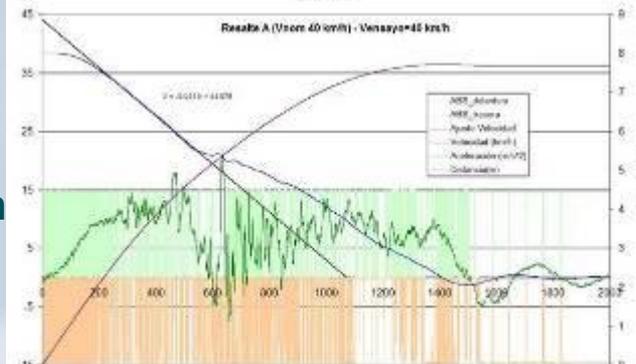
# Influencia en la Distancia de Frenado



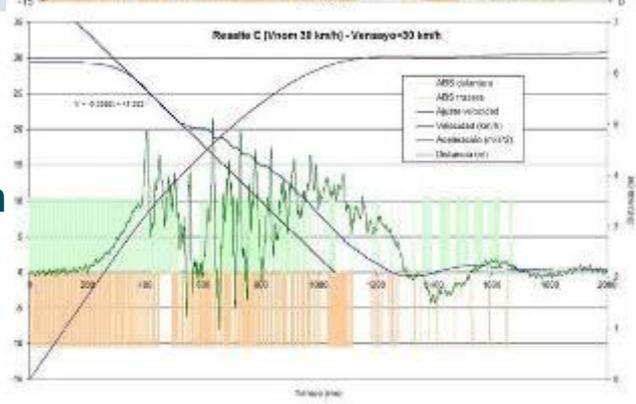
(3M 60x3cm)  
Vnom=50km/h



(3M 90x5cm)  
Vnom=40km/h



(3M 120x7cm)  
Vnom=30km/h



Velocidad ensayo	Distancia frenado (m)	Aumento distancia de frenado <sup>1)</sup> (m)	% Aumento distancia de frenado <sup>1)</sup>
40 km/h	6,85	0,37	5,4%
50 km/h	10,29	0,70	6,8%
60 km/h	14,50	0,77	5,3%

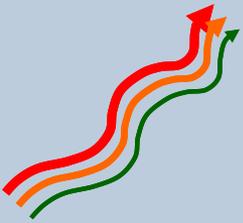
Velocidad ensayo	Distancia frenado (m)	Aumento distancia de frenado <sup>1)</sup> (m)	% Aumento distancia de frenado <sup>1)</sup>
30 km/h	4,21	0,64	17,9%
40 km/h	7,72	1,29	20,1%
50 km/h	10,93	1,58	16,9%

Velocidad ensayo	Distancia frenado (m)	Aumento distancia de frenado <sup>1)</sup> (m)	% Aumento distancia de frenado <sup>1)</sup>
20 km/h	3,16	0,46	14,6%
30 km/h	6,33	0,80	12,6%
40 km/h	8,31	1,65	19,9%



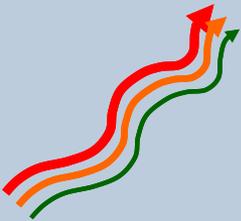
Necesario alejar de intersecciones y pasos de peatones





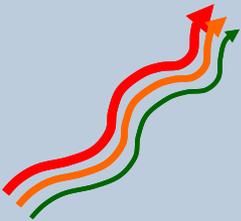
# Ensayos de Laboratorio

- **Principales conclusiones:**
  - **Afectan considerablemente a la longitud de frenada, llegando a prolongarla en hasta un 20 %**
  - **Dependiendo de la velocidad se producen despegues de las ruedas para todos lo vehículos, más significativamente del eje trasero**
  - **Los reductores de velocidad, no siempre reducen la intención de velocidad de paso**



# Tramos de Observación

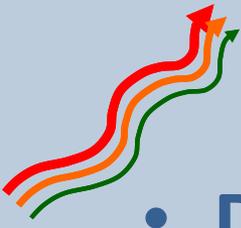
- **Evaluar la influencia de diferentes elementos moderadores del tráfico en el comportamiento de los conductores en función de sus características**
- **Travesías:**
  - **Caracterizar geoméricamente los elementos moderadores de tráfico construidos in situ**
  - **Análisis de los perfiles de velocidad individuales de los vehículos**
  - **Evaluación de conflictos adaptado expresamente a la presencia de peatones en las zonas de estudio**
- **Zona urbana:**
  - **Evaluación del impacto acústico**
  - **Evaluación de las vibraciones transmitidas**
  - **Estudio del comportamiento de los usuarios**



# Tramos de Observación - Travesías

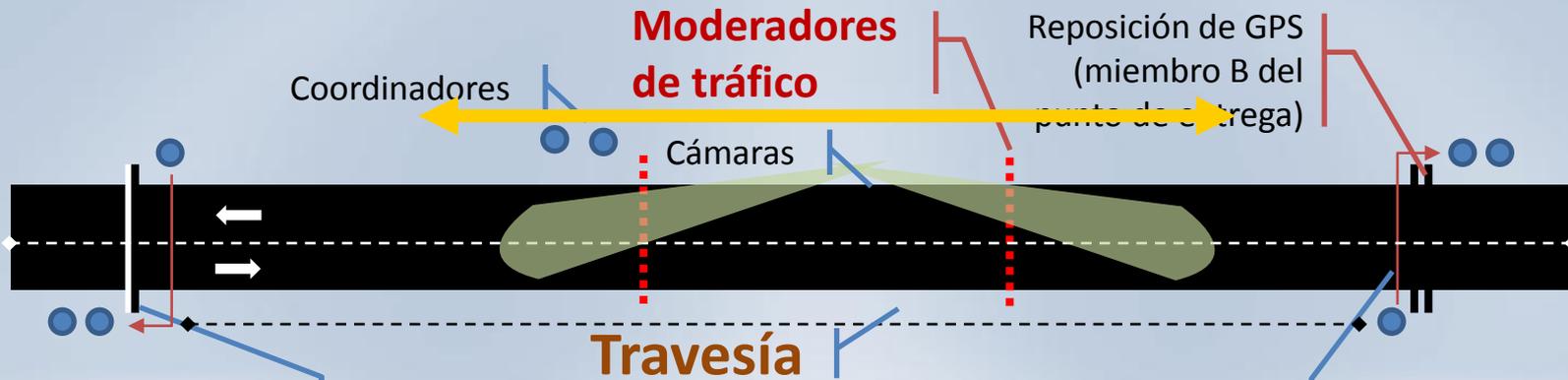
- Seguimiento pasivo con GPS
- Vídeos con el Laboratorio Móvil de Tráfico
- Restitución geometría con Perfilómetro Digital





# Tramos de Observación - Travesías

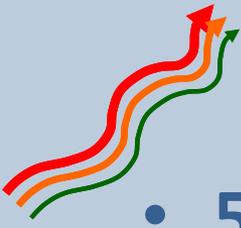
- **Desarrollo Experimental en Travesías:**
  - **Rastreadores pasivos GPS:**



Dos miembros en el punto de entrega:  
-A informa sobre el proyecto y pide la colaboración  
-B anota los datos del vehículo y sus ocupantes, coloca el GPS y transmite los datos al punto de recogida

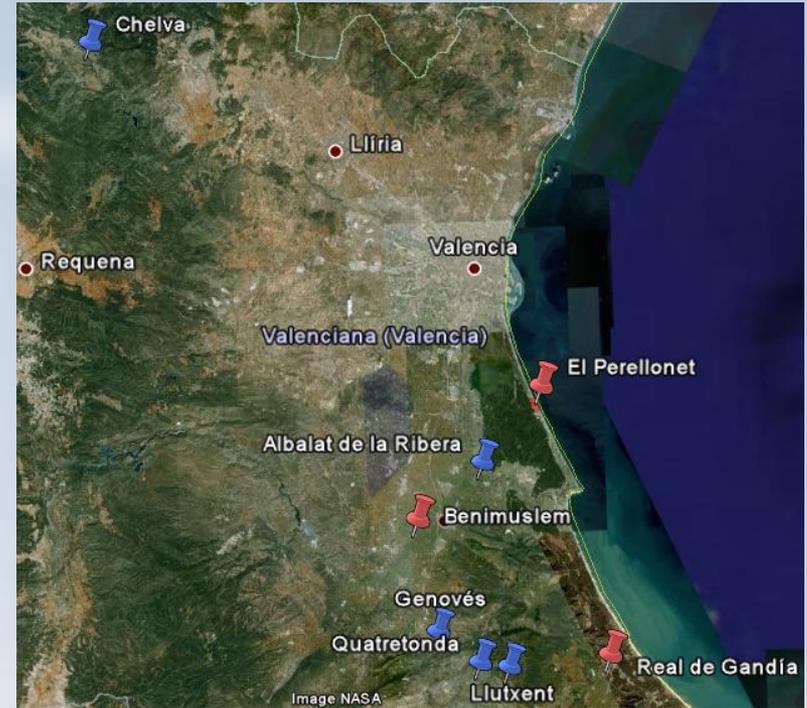
Un miembro en el punto de recogida.  
Recoge los GPS y formula la encuesta sobre el recorrido





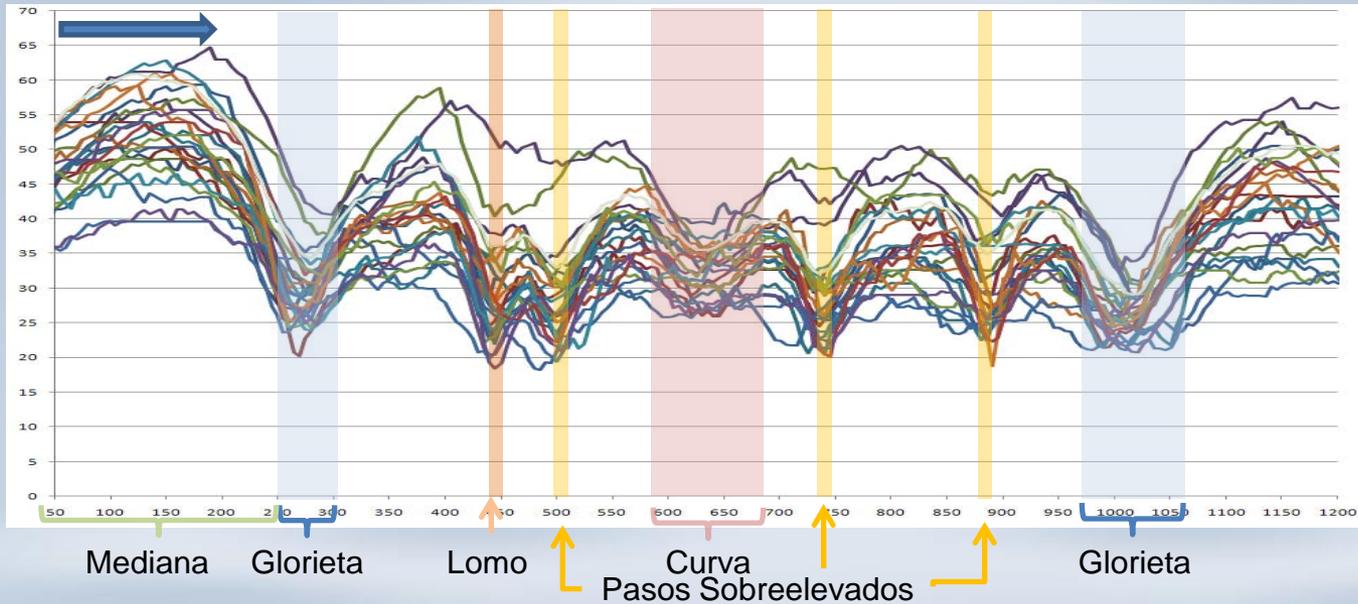
# Tramos de Observación - Travesías

- 5 Travesías:
  - **Genovés / CV-610:**
    - $L = 2,3 \text{ km} \supset 1,4 \text{ km}$
    - $\text{IMD} = 8.940 \text{ v/d}$
  - Chelva
  - Quatretonda
  - Llutxent
  - Albalat de la Ribera



# Tramos de Observación - Travesías

- **Genovés / CV-610 - Perfiles de Velocidad:**



- **Clasificación pasos sobreelevados:**

Clase	Altura Máx
1	$H < 7$ cm
2	$7 < H < 9$ cm
3	$9 < H < 11$ cm
4	$H > 11$

Clase	Pendiente de Entrada
1	$i < 5,33\%$
2	$i > 5,33\%$



# Tramos de Observación - Travesías

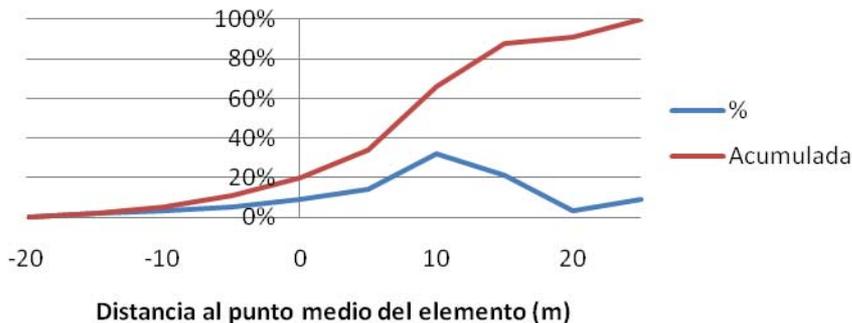
- **Conclusiones:**

- **Reducción de la velocidad depende de:**

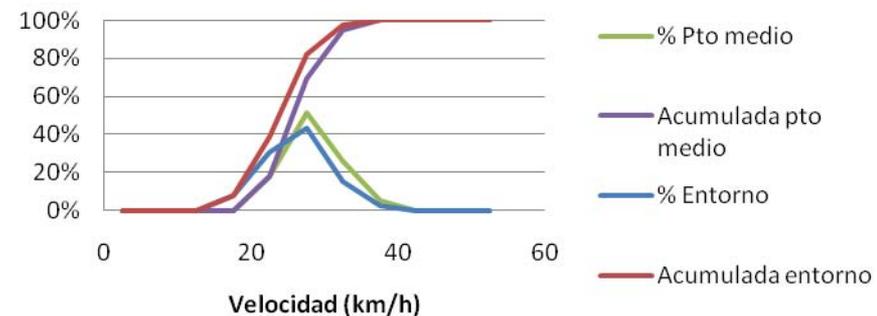
- Separación entre elementos
- Pendiente de entrada en pasos sobreelevados
- Independiente de la altura máxima del elemento

- **Los pasos y los lomos tienen zonas de influencia muy similares: mayor la situada tras el dispositivo**

**Frecuencia de ubicación de la velocidad mínima - Ida**



**Comparación de frecuencias de la velocidad - Ida**





# Tramos de Observación Urbanos

- **Principales medidas evaluadas:**
  - Ruido y vibraciones transmitidas al terreno
  - Reducción de velocidad
  - Evaluación del comportamiento de usuarios y conflictos de tráfico
- **Tramos observados:**
  - Radar fijo situado en Arteria de acceso a ciudad con calzadas separadas
  - Pasos de peatones sobreelevados en vía de doble sentido
  - Intersección sobreelevada con vía principal de doble sentido
  - Resaltes en vía de calzada única con un sólo sentido
  - Resaltes en vía con calzadas separadas y dos carriles por calzada

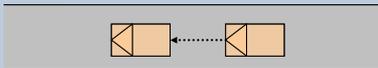
# Tramos de Observación Urbanos

•Ejemplo:



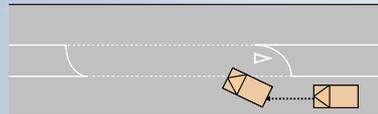
## –Arteria de acceso a ciudad con radar fijo:

- El poste de radar, aunque no esté sancionando, por si solo **reduce la velocidad media de circulación** (entre 6 y 12km/h de reducción para las diferentes categorías de vehículos) y del **nivel acústico**. Aunque sigue existiendo algún vehículo a velocidades elevadas (incluso 120km/h)
- Determinación de los **conflictos entre vehículos** (principalmente por alcance ~90%) y con peatones al cruzar (sólo un 12% de cumplimiento de las normas de cruce)



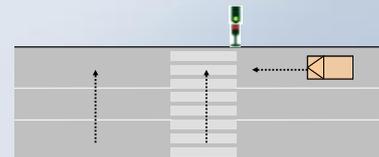
### conflicto por alcance:

velocidad excesiva  
velocidad reducida  
Frenada brusca  
Doble fila en vía de servicio



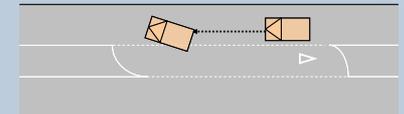
### conflicto de salida

velocidad reducida  
Frenada brusca



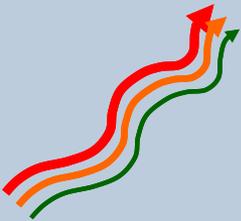
### conflicto con usuario vulnerable

Sólo el 12% cruzan correctamente



### conflicto de incorporación

Acceso a vía de servicio sin ceder paso



# Microsimulación de Tráfico

- **VISSIM:**

- Estudiar el efecto en la operación del tráfico de:

- Ubicación
- Separación

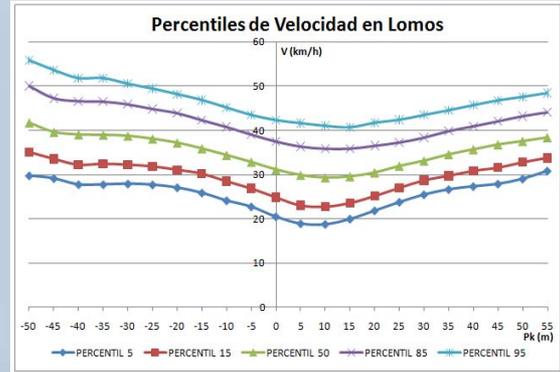
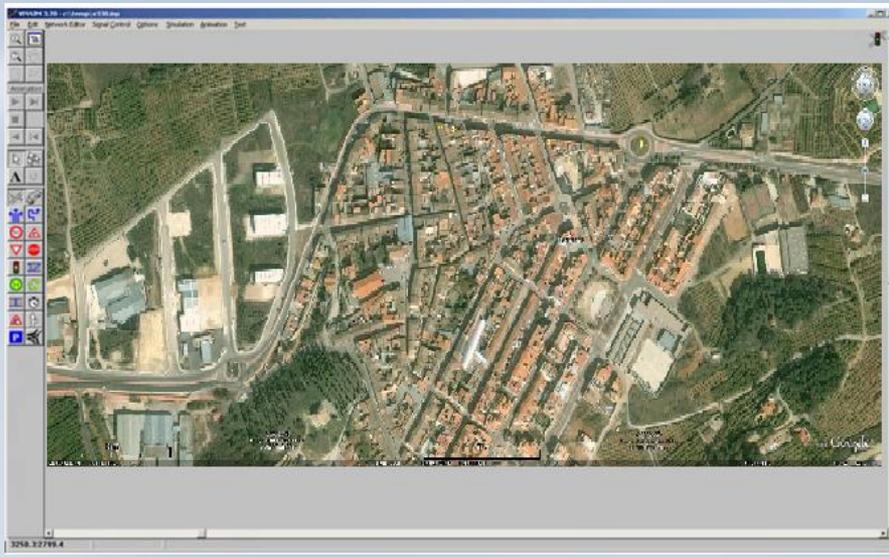
- **Calibración:**

- Tramos de observación

- **Aplicación del modelo calibrado:**

- Pasos peatonales sobreelevados
- Lomos transversales

- **Análisis y conclusiones**



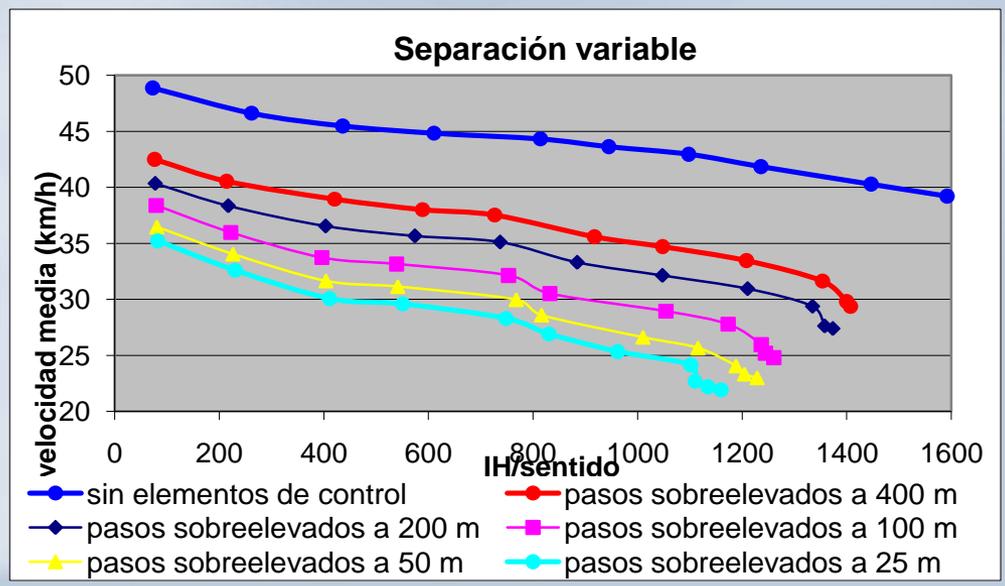
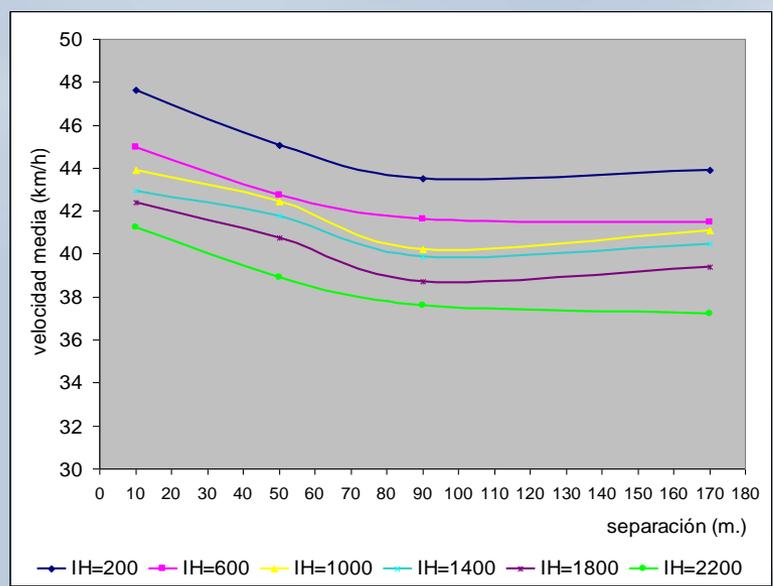


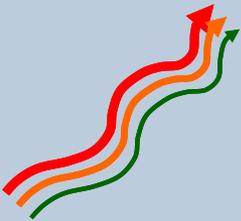
# Microsimulación de Tráfico

- Conclusiones:

- Reducción de velocidad depende de:

- Separación de elementos (óptimo 90 m)
- Pendiente de entrada de los pasos peatonales sobreelevados
- Tipo de elemento (mayor en lomos si separación < 100 m)



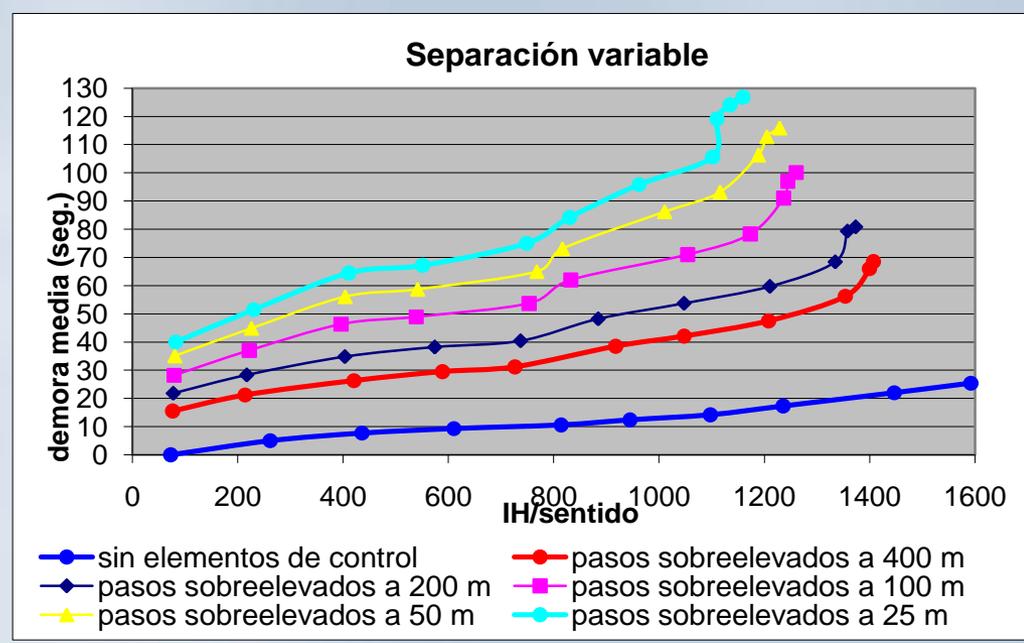
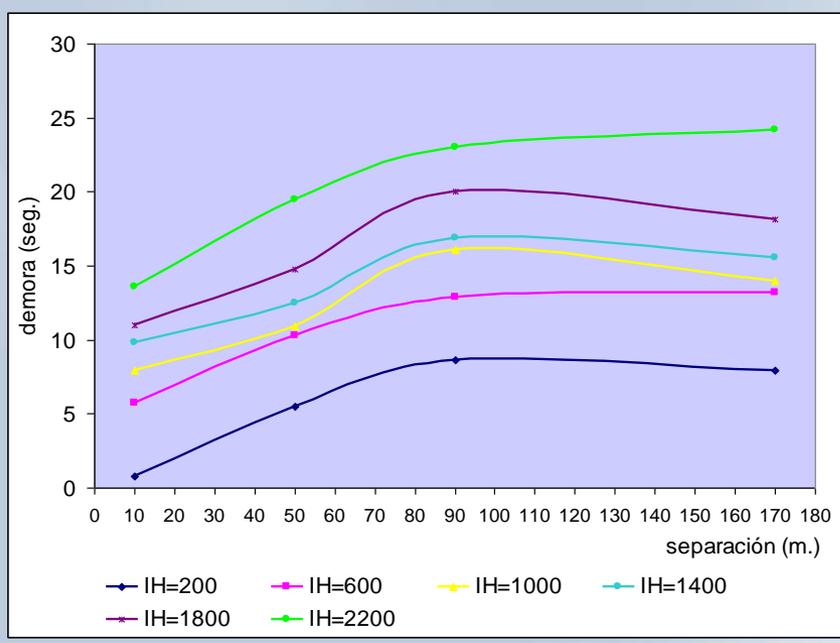


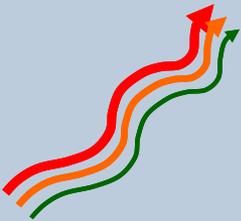
# Microsimulación de Tráfico

## • Conclusiones:

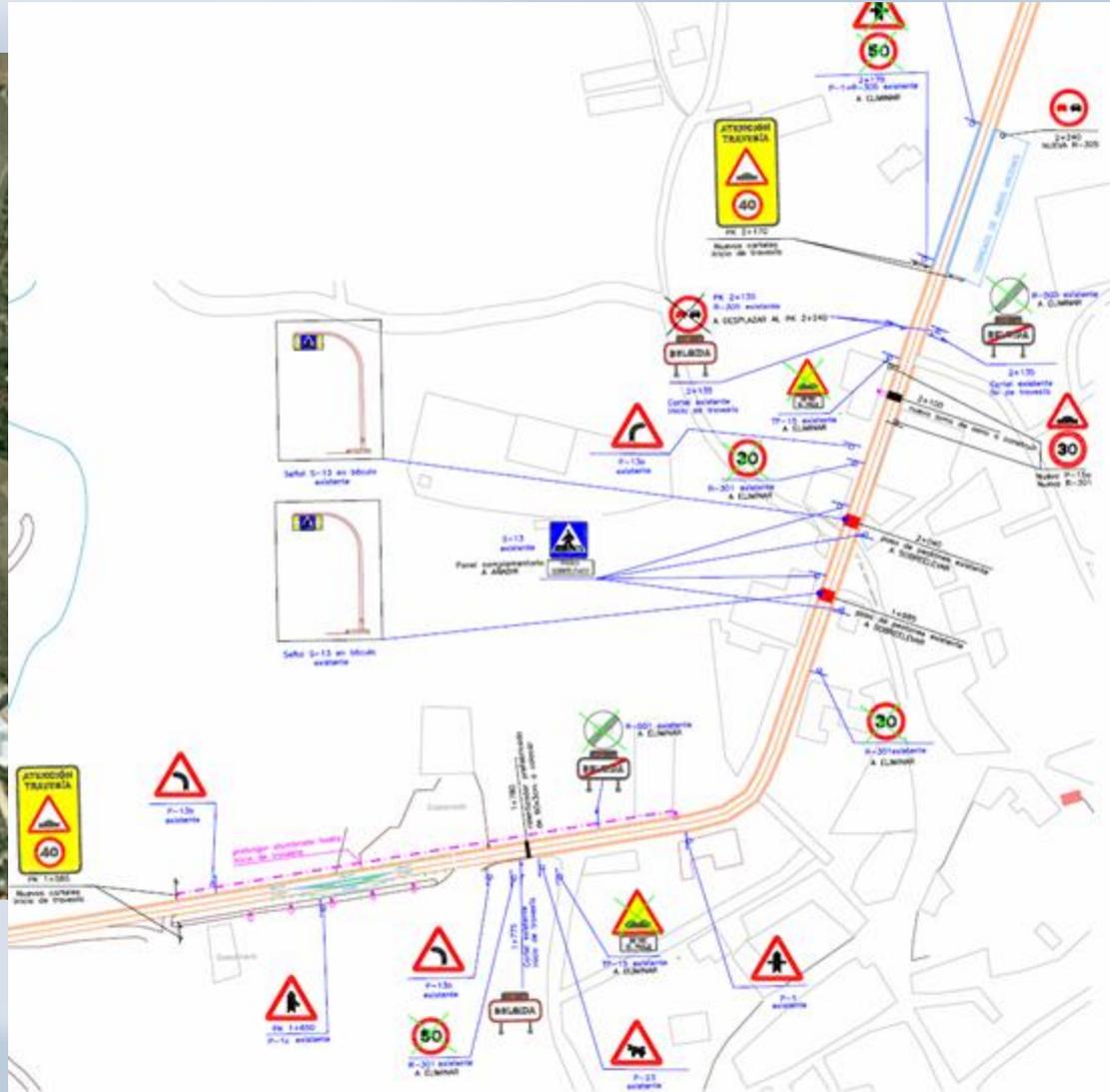
### – Demoras dependen de:

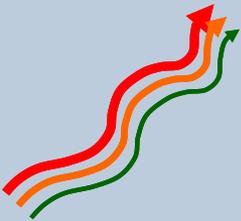
- Intensidad horaria (máxima para IH=1800vh/h)
- Separación





# Tramos de Experimentación Proyecto de SV de la CIT





# Adecuación Proyecto por Etapas

- **Etapa 0-a:**

- Pasos peatonales existentes (deteriorados)
- Sin elementos moderadores de tráfico



- **Etapa 0-b:**

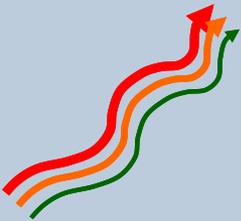
- Pasos peatonales recién pintados
- Sin elementos moderadores de tráfico



- **Etapa 1:**

- Paso sobreelevado 1:
  - Ejecutado in situ
- Lomo
- Carteles de inicio de travesía





# Adecuación Proyecto por Etapas

- **Etapa 2a:**

- **Paso sobreelevado 2:**

- Instalación de paso prefabricado de 3M

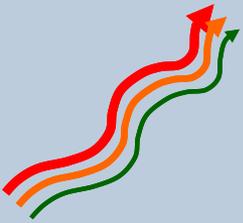
- **Etapa 2b:**

- **Resalte prefabricado**

- **Pintura roja en rampas del paso sobreelevado 1 ya ejecutado**

- **Iluminación de accesos a la travesía**





# Adecuación Proyecto por Etapas

- **Etapa 3:**

- **Puertas de Entrada:**

- Chicane (Oeste)
    - 5 configuraciones

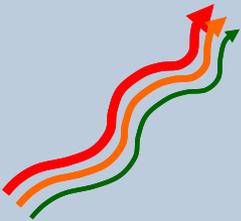


- Dientes de dragón (Noreste)



- **Etapa 4:**

- **Bandas transversales de alerta antes de las puertas de entrada**

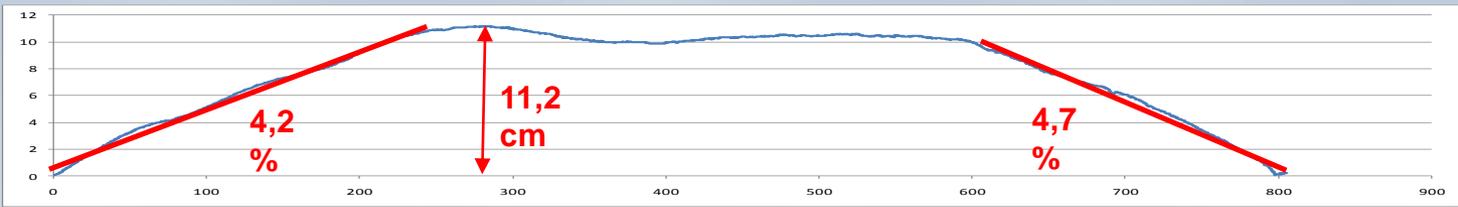


# Toma de Datos

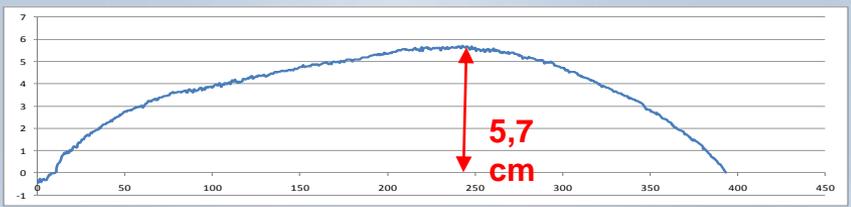
## Caracterización Geométrica

- **Perfiles Elementos Etapa 1 (perfilómetro):**

- **Paso peatonal sobreelevado:**

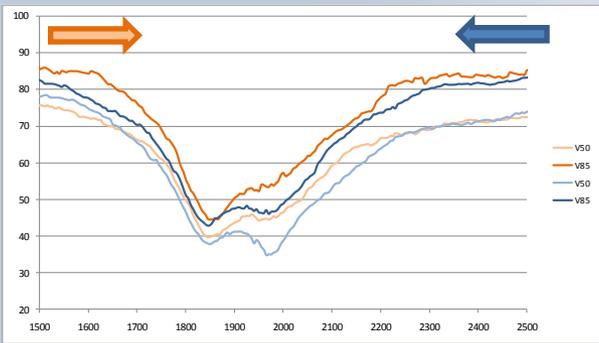


- **Lomo:**

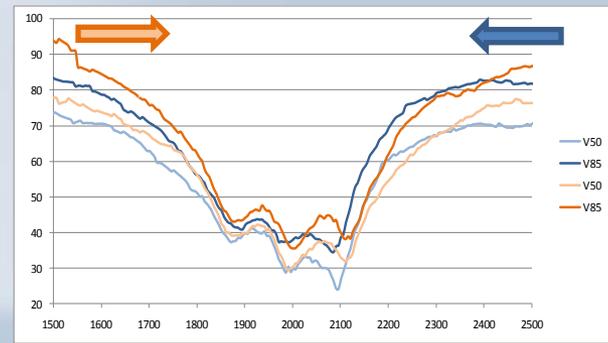


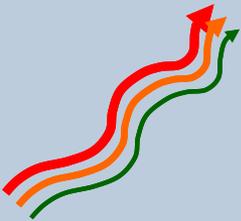
- **Perfil de velocidades (rastreadores pasivos GPS):**

- **Etapa 0b:**



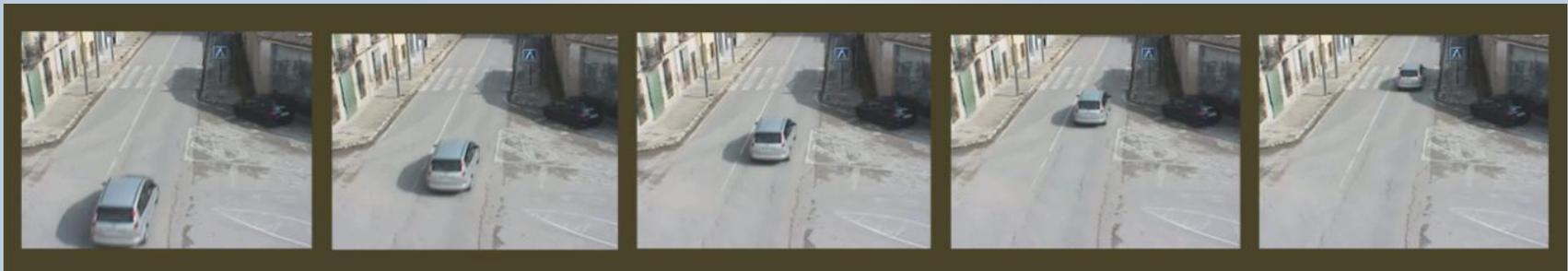
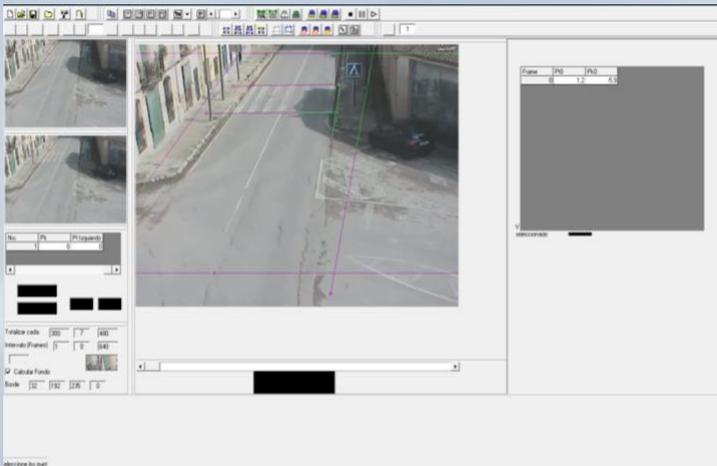
- **Etapa 1:**

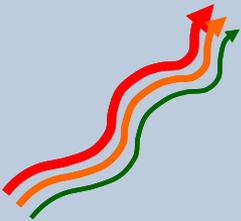




# Estudio de Conflictos con Peatonales

- A partir de los vídeos tomados con Laboratorio Móvil de Tráfico:
  - Evaluación conflictos peatonales





# Estudio de Conflictos con Peatones

- Técnica de Conflictos de Tráfico:

- Pedestrian Risk Index (PRI):

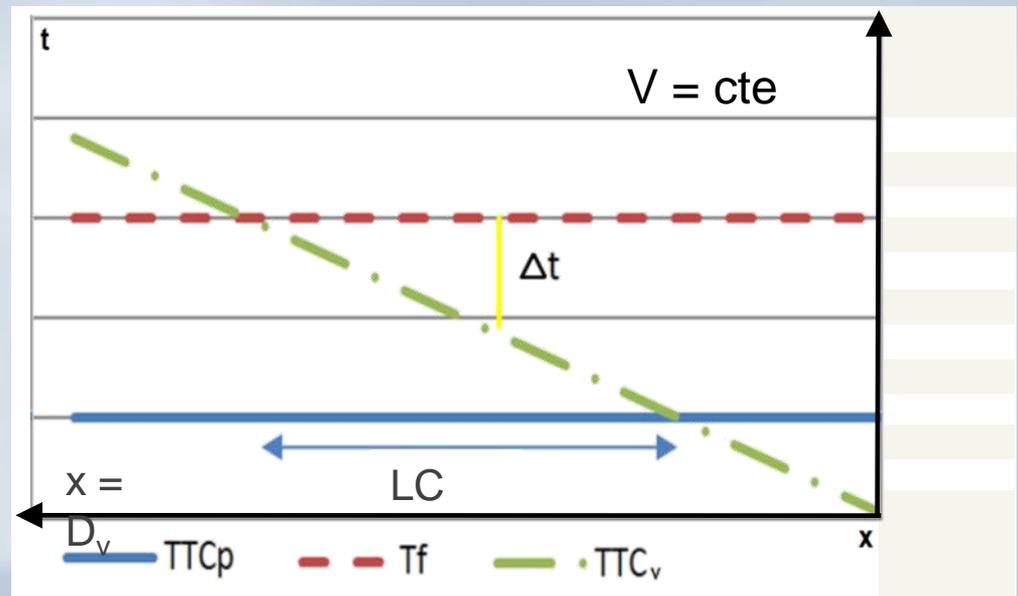
$$TTC_p = P t_v / 1,2 \text{ (m/m/s)}$$

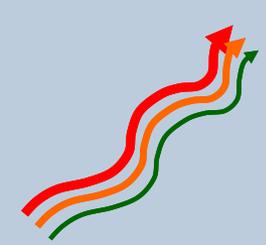
$$T_f = T_r - V/2d$$

$$TTC_v = D_v / V$$

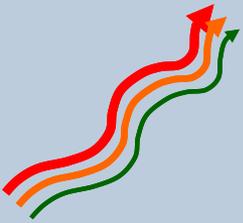
- LC (longitud de conflicto)
- $V_{\text{impacto}}$  (gravedad)
- $\Delta T = (T_f - TTC_v)$  (exposición)

$$PRI = \int v_{\text{impacto}}^2 * \Delta T$$



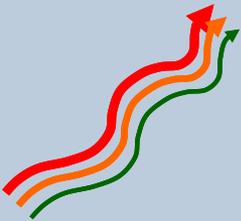


## **4 – DESARROLLO DE NUEVOS SISTEMAS**



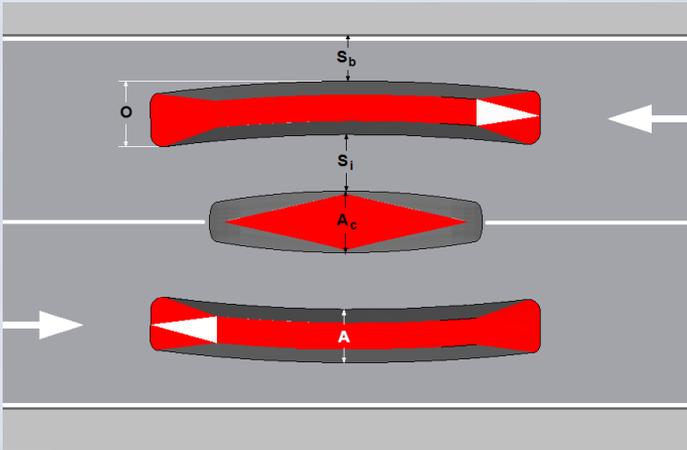
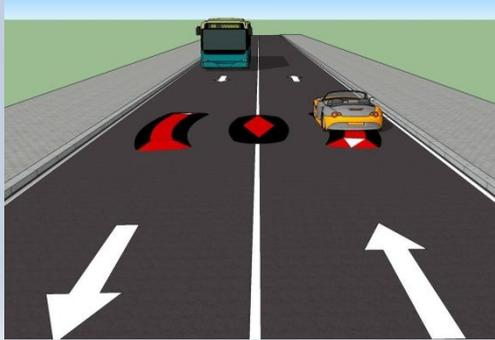
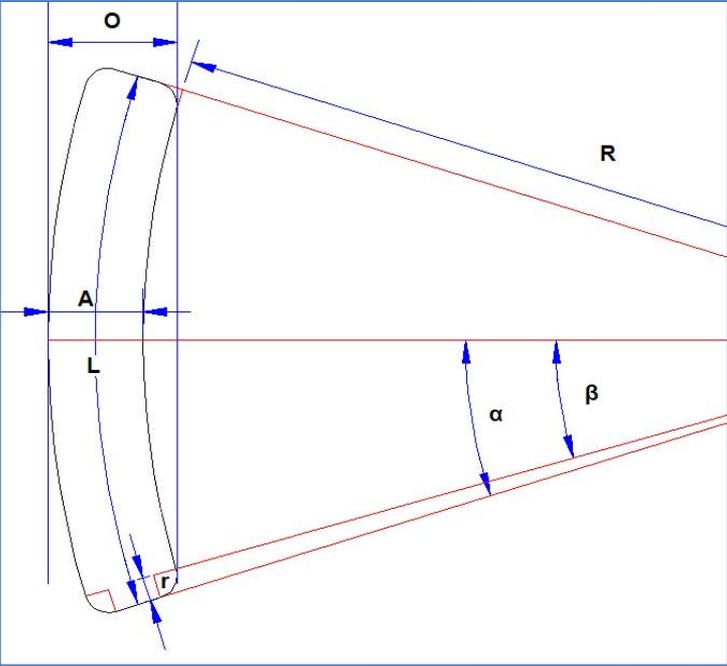
# Desarrollo de Nuevos Sistemas

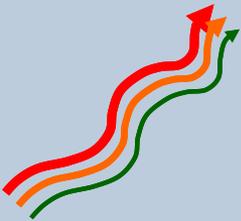
- **Tareas:**
  - **Sistemas Integradores**
  - **Desarrollos Tecnológicos**



# Desarrollos Tecnológicos

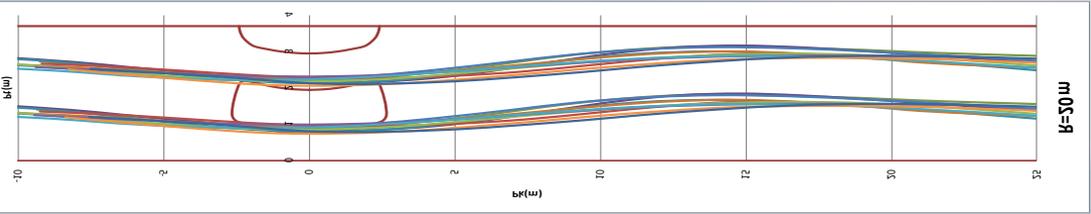
- **Speed Kidney (SK):**
  - Nuevo moderador de velocidad
  - Presentación patente: 31/07/2009, Número P200901749
  - Diseño geométrico

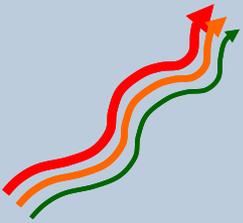




# Desarrollos Tecnológicos

- **Speed Kidney (SK):**
  - **Experimentación SK:**
    - Pruebas iniciales (UPV)
    - Implantación real (UPV)
    - Pruebas controladas (Peaje Puzol)

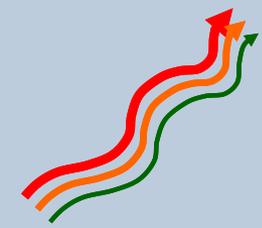




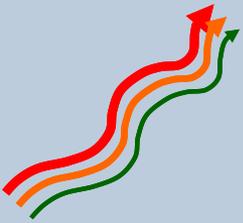
# Desarrollos Tecnológicos

- **EDR:**
  - Estrechamiento físico y visual del carril para conseguir una disminución de la velocidad de circulación en determinados contextos y franjas horarias
  - **Tareas:**
    - Estudio de contextos
    - Diseño de la lógica de control
    - Identificación de retos mecánicos
    - Impacto, señalización, etc.



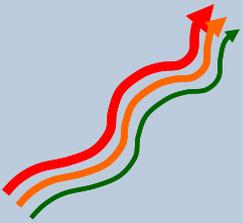


## **5 - DEFINICIÓN DE EXIGENCIAS Y RECOMENDACIONES**



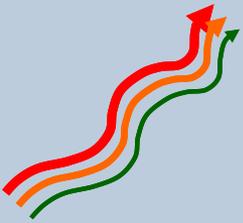
# Definición de Exigencias y Recomendaciones

- **Tareas:**
  - **Homologación**
  - **Criterios de Implantación**



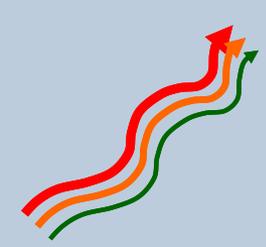
# Homologación

- **Parámetros de clasificación:**
  - Despegue de las ruedas para distintos vehículos y velocidades
  - Impacto acústico a diferentes velocidades
  - Vibraciones en el sistema de dirección
  - Aumento de la distancia frenado
- **Correlación de resultados objetivos y subjetivos**
- **Referencias normativas**

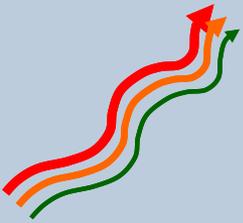


# Criterios de Implantación

- **Criterios relacionados con:**
  - **Geometría:**
    - Elementos moderadores
    - Vía (pendiente, sección transversal, trazado)
  - **Ubicación**
  - **Espaciamiento**
  - **Tráfico:**
    - Composición
    - IMD
  - **Señalización**
  - **Combinación de elementos**

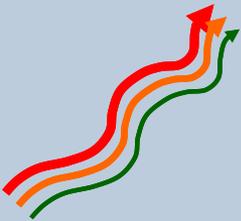


## 6 - DIFUSIÓN



# Difusión

- Jornada Cedex 2009
- Artículo Revista Rutas marzo-abril 2009
- IV Congreso Nacional de Seguridad Vial (Logroño, 20-22 de mayo de 2009)
- IX Congreso Español ITS (Andorra, 2-4 junio 2009)
- 1<sup>er</sup> Encuentro de Ciudades para la Seguridad Vial (Gijón, 22-23 de octubre de 2009):
  - **Presentación Tramos de Observación en Travesías**
  - **Presentación del invento Speed Kidney (maqueta)**
- **TRAFIC 2009:**
  - **Presentación del invento Speed Kidney (maqueta)**
  - **Presentación del SK – Stand DGT (26-10-2009)**
- Artículo Revista Rutas sep-oct 2009 sobre el SK
- 4<sup>th</sup> International Symposium on Highway Geometric Design (Valencia, 2-5 de junio de 2010)
- IX Congreso de Ingeniería del Transporte CIT 2010 (Madrid, 7-9 de julio de 2010)
- XVI Congreso Panamericano de Tránsito y Transporte 2010 (Lisboa, 15-18 de julio de 2010)



# METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE MODERACIÓN DE TRÁFICO (MODETRA)



Gracias por su Atención



Demarcación de Carreteras del Estado  
Comunidad Valenciana