

Título ESTUDIO Y VALORACIÓN DEL IMPACTO DE LOS RADARES FIJOS EN LOS CONDUCTORES. VELOCIDAD Y ACCIDENTALIDAD.

Miguel Ángel Rodríguez Jara

DGT, CGT, Director del CGT de Valladolid, España, C/ Verbena nº 9, 983 302555, 983 303970, 47005,
mjara@dgt.es

RESUMEN

La accidentalidad de tráfico en España es un grave problema por el elevado número de personas fallecidas, de modo que el índice que marca la Unión Europea a cumplir en el año 2010 con respecto al año 2001 (50% de reducción), realmente representa un verdadero reto. Dicho problema pretende ser controlado desde las diferentes administraciones de tráfico españolas competentes en la materia, así como con una mejora en la colaboración y coordinación con las policías de tráfico o con el resto de administraciones, organismos y asociaciones involucrados en esta materia. Así por ejemplo, estos altos índices de accidentalidad obtenidos en varios tramos de la red de carreteras han hecho que por ejemplo la Dirección General de Tráfico haya establecido el trienio 2005-07 para la implantación progresiva de radares fijos como una de las medidas a adoptar en su política de Seguridad Vial (Plan Nacional de Control de la Velocidad).

En la presente monografía se dará un repaso al estudio en el que se recoge la información sobre la velocidad de circulación en uno de los tramos en los que se ha instalado un cinemómetro fijo, con el fin de determinar si se producen cambios significativos en el comportamiento de los conductores antes y después de la aplicación de la medida. Finalmente, se relacionarán los resultados obtenidos con la evolución de la accidentalidad y la lesividad de las víctimas implicadas en los accidentes ocurridos de manera que, aunque es difícil precisar el efecto exacto de mejora directa de la seguridad viaria mediante el hecho cierto de la reducción de la velocidad en el tramo de estudio, sí que se concluye la influencia positiva de esta medida.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	ELECCIÓN DE RADAR	5
3.	CRITERIOS DE ELECCIÓN DE DATOS. APLICACIÓN DE FILTROS.....	9
3.1	Períodos Descartados	9
4.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	11
5.	RESULTADOS.....	16
6.	ACCIDENTALIDAD.....	18
7.	CONCLUSIONES.....	20
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	0

1. INTRODUCCIÓN

La velocidad es un parámetro de tráfico que puede ser analizado desde muy diversas ópticas, así desde el punto de vista jurídico se trata de definir la velocidad adecuada de circulación según las circunstancias del vehículo, de la vía, del entorno y, finalmente, del propio individuo conductor, de manera que, teniendo en cuenta el nivel de riesgo asumido individualmente, se deduciría el grado de culpa del conductor en caso de accidente. Es quizá la visión más global o integral de la velocidad o, dicho de otro modo, la visión jurídica de la velocidad adecuada es la más exigente pues defiende la combinación e interrelación de los aspectos técnicos del trazado con otros aspectos más complejos como son las condiciones psicofísicas del conductor, el comportamiento y asunción de riesgos del mismo y los propios resultados lesionales en función del vehículo implicado (seguridad activa y pasiva), así como del propio estado del conductor (alcohol, diabetes,...).

Una conclusión de todo lo anterior es que la velocidad límite no es segura de modo unívoco ya que dependerá del nivel de riesgo asumido por cada conductor y, por otra parte, a aquel valor que resulte de la propia aceptación social, ya que no debe olvidarse que se están tratando derechos fundamentales como la vida y la libertad de circulación o de movilidad de los ciudadanos.

Por tanto, la velocidad es un factor que, por supuesto, no siempre será el causal del accidente sino que siempre concurrirá de un modo directo y exponencial, es decir, una colisión a 60 km/h normalmente nos permite salvar la vida (con cinturón de seguridad abrochado y airbags), mientras que ya a 80 km/h el riesgo de muerte es bastante más elevado.

Por otra parte, también es cierto que los conductores tratan de circular por norma general, a velocidades tales que consideran seguras en función de su percepción del

entorno inmediato: trazado de la vía, meteorología existente, visibilidad existente, etc, y además en función de sus condiciones psicofísicas existentes en el mismo momento que conduce: cuando viajamos tranquilos normalmente circulamos a velocidades inferiores que con estrés, nervios o preocupaciones.

Por tanto, de todo lo anterior se deduce que es muy complejo para los técnicos de tráfico la elección de las velocidades límite de las vías, tanto específicas como genéricas, ya que éstas deben ser lo más ajustadas a las velocidades adecuadas para los conductores.

Para plantear los límites de velocidad podrían aplicarse, por tanto, diversos planteamientos o combinación de ellos basados principalmente en lo siguiente:

- a) Visión política basada en la no aceptación de los costes humanos que implican los accidentes de tráfico en relación a la vida y a la salud, de manera que la visión cero o la seguridad sostenible sean los principios básicos para la definición de los límites de velocidad.
- b) Visión económica basada en los costes de los accidentes de tráfico y de los tiempos de recorrido.
- c) Visión social basada en llegar al óptimo entre las garantías de la movilidad sostenible de los ciudadanos y la seguridad de la circulación vial.
- d) Visión del conjunto de los conductores teniendo en cuenta que la gran mayoría asume un nivel de riesgo razonable con el valor de su vida propia y la del resto de ocupantes, de modo que el percentil 85 o 90 podría ser un valor interesante.
- e) Visión del ingeniero de tráfico, basada en las características geométricas de las vías y las velocidades de diseño.

Llegados a este punto, cabe decir que una primera indagación puede ser observar la evolución de la accidentalidad hasta la fecha, teniendo presente la influencia del factor velocidad en cada uno de los mismos, sin embargo es muy recomendable un estudio más profundo en el que se analicen las velocidades medias de los vehículos en condiciones normales, es decir, un análisis más exhaustivo de las velocidades sin ningún tipo de interferencia en el modo de conducir.

Naturalmente, el control de las velocidades límite adecuadas deben tener una tolerancia nula, o próxima a ella, desde el punto de vista del límite legal sancionable por los equipos cinemómetros.

En este sentido, en esta monografía se plantea un estudio de dos tramos en el que se pretende comprobar la disminución de las velocidades originadas por la implantación de un cinemómetro fijo. El **tramo radar** comprendería aproximadamente 20 km con 3 puntos de medición (10 Km antes del radar, el punto exacto del radar y 10 Km después del radar) condicionados a la existencia de equipos de medida. El **tramo de control** sería similar al del radar con la salvedad de la ausencia del mismo.

El estudio se ha realizado con datos de tráfico de todo el año 2005. Durante el primer semestre (período A), no se había iniciado la campaña de control de velocidad, con lo que a todos los efectos se podía considerar ausencia de radar en los puntos de medición. Los dos meses siguientes (julio y agosto, período B) fueron los de inicio de la Campaña Informativa por parte de la DGT, consistente en el envío de cartas a los titulares de los vehículos informándoles de las sanciones económicas y detracción de puntos que procedería aplicar, en caso de haberse iniciado el correspondiente expediente sancionador, con un funcionamiento normal del radar, pero sin existencia de procedimiento sancionador. El resto del año (septiembre a diciembre, período C) equivalente al período A, pero donde ya la DGT inició los correspondientes expedientes sancionadores a los infractores.

Así pues, se estudiaron ambos tramos con el fin de determinar la existencia de diferencias significativas en el comportamiento de los conductores entre dos períodos consecutivos, A y B o B y C. Se pretendía ver si la existencia del radar imponía un descenso de velocidad, y si éste era más acusado cuando existían sanciones en firme.

A la hora de elegir los diferentes tramos y períodos de estudio se tuvieron en cuenta una serie de premisas que motivaban su inclusión en el mismo. Asimismo, existen una serie de circunstancias que se han considerado potenciales generadoras de sesgo en los resultados y, como consecuencia, se han eliminado. Por otra parte, el tratamiento matemático y estadístico de los datos no estaba exento de ciertas consideraciones a priori que era necesario validar.

La metodología a seguir para la obtención de resultados, fue la siguiente:

2. ELECCIÓN DE RADAR

Para la selección del tramo de radar se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos o criterios:

1ª -Elevada accidentalidad, preferiblemente con la **SALIDA DE VÍA** como tipología de accidente más frecuente y existencia de puntos negros y tramos de concentración de accidentes.

2ª -IMD comprendida entre 15.000-20.000 veh/día.

3ª -Trazado con curvas de amplio radio.

4ª -Terreno llano.

5ª -No existencia de controles habituales de velocidad por parte de la ATGC.

6ª -Existencia de puntos de medida junto al panel de mensaje variable donde esté instalado el radar, 10 km antes y 10 km después del mismo aproximadamente.

7ª -Antigüedad suficiente como para que las comparaciones realizadas fueran útiles para la obtención de resultados y conclusiones instalación en junio 2005 preferiblemente.

Las consideraciones 1ª, 3ª y 4ª identifican al tramo objeto de estudio como susceptible de ser atravesado a velocidades por encima de las preceptivas. Asimismo, la inexistencia de controles por parte de la ATGC evita condicionar el comportamiento de los conductores. Por otra parte, las consideraciones 2ª y 6ª aseguran un suficiente número de datos medidos y que los resultados tengan validez estadística.

Mención aparte merece la elección de los tres puntos de medida del tráfico. Era de esperar que antes de la implantación del radar, la conducta de los conductores fuera similar en los tres puntos, pero también que una vez implantado, la influencia del mismo se acusara de manera distinta.

Durante esta parte del análisis, para la elección final del radar objeto de estudio se analizó de forma paralela el denominado **tramo de control**. En dicho tramo se tuvo en cuenta:

- a) Que no se hubiera hecho ninguna intervención para la detección de velocidades por medio de radar.
- b) Que la metodología a seguir para la elección de este tramo fuera la misma que para el denominado tramo de radar.
- c) Que las características de diseño, trazado (sobre todo en cuanto a rampas y pendientes), anchura de carriles, arcenes, volumen de tráfico y accidentalidad fueran similares al tramo de radar.
- d) La elección de este tramo de control debería cumplir que estuviera lo suficientemente alejado del tramo de radar (>50Km.), e incluso es preferible que estuviera en una vía distinta.

Cabe mencionar en este punto, que los datos obtenidos en los tres puntos de medida del tramo de control (espiras) se unificaron a efectos de tratamiento estadístico, dado que se esperaba un comportamiento equivalente por parte de los conductores para los tres puntos, similar al del tramo de radar durante el primer semestre (antes de la implantación).

A continuación se incluye la tabla con la especificación de las distancias y puntos kilométricos donde están las espiras del tramo de radar seleccionado.

Espiras de apoyo al radar

Enlace	P.K. Radar	Enlace	Enlace	Enlace	Enlace
Valoria Buena	116+347	Valladolid Norte	Valladolid Rondas	N-601 León	Estadio Nuevo Zorrilla
[-13,95 Km.]		[+2 Km.]	[+4,350 Km.]	[+8,7 Km.]	[+10,450 Km.]
P.K. Espira	P.K. Espira	P.K. Espira	P.K. Espira	P.K. Espira	P.K. Espira
102+400	116+350	118+300	120+700	125+050	126+800

Carece de espira de apoyo

Tabla 1: Especificación de distancias y puntos kilométricos del tramo radar.

Como se puede observar se incluyen:

- Los enlaces que pueden afectar al tramo de estudio.
- Las espiras que se pueden utilizar en el caso de que las elegidas para el estudio produjeran fallos en algún momento del transcurso del análisis.

Una vez realizada y justificada la elección de los tramos de radar y de control el siguiente paso fue la obtención de los históricos de velocidades e intensidades de vehículos por minuto de cada espira. Antes de comenzar a trabajar con los citados datos fue necesario plantearse un método de trabajo para este paso del estudio definiendo:

- Posibles incidencias que pudieron producir y que afectarían a los resultados finales, es decir, identificar los datos espurios que variarían nuestras medias y no reflejarían el comportamiento real de los conductores en régimen de circulación libre.

- Forma en que se presentarían dichas medias y en qué espacios temporales.
- Gráficas y tablas interesantes para poder observar de una manera más cómoda y eficaz las conclusiones a obtener.

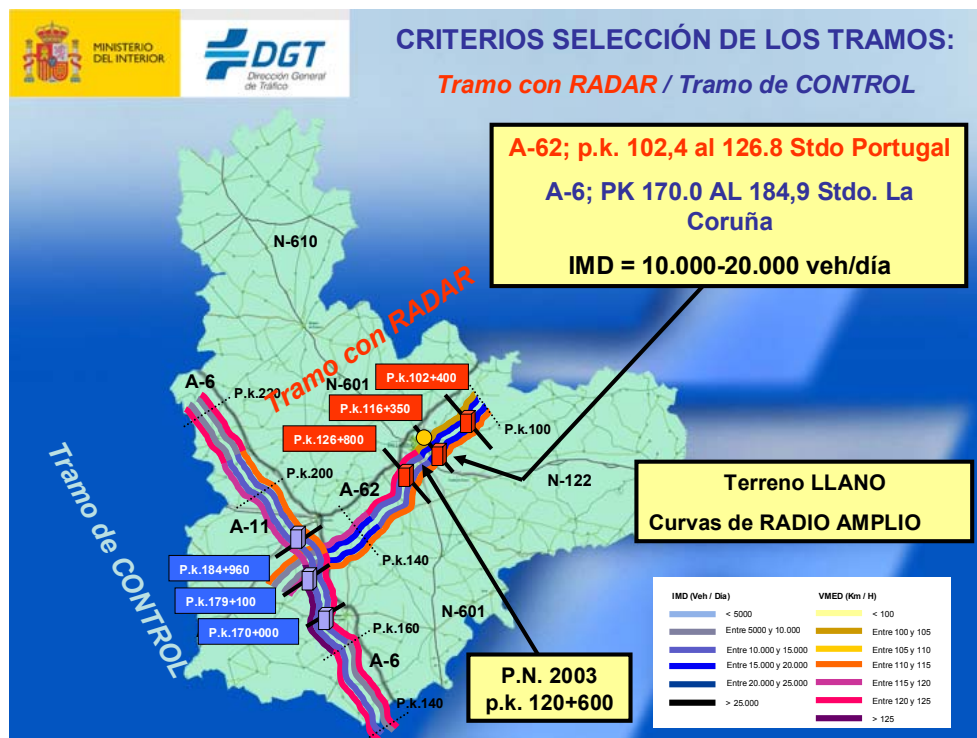


Figura 1: Representación gráfica de los criterios de selección de los tramos.

3. CRITERIOS DE ELECCIÓN DE DATOS. APLICACIÓN DE FILTROS.

Se tuvo en cuenta las siguientes situaciones para eliminar datos no correspondientes a situaciones del tráfico en régimen libre:

Períodos Descartados



Meteorología.

Niebla.....Visibilidad < 1000 m

Hielo..... Superficie Calzada NEVADA/HELADA

Lluvia/Nieve..... Intensidad de Precipitación.

La flexibilidad a la hora de “salvar” días fue tónica común en aquellos meses que, por su dureza, desde el punto de vista meteorológico, eliminará la muestra de datos o provocará gran escasez de los mismos.



Controles ATGC (Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil).

Se eliminaron las 2 semanas de datos posteriores a los correspondientes controles de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil.



Retenciones



Accidentes



Obras

Se eliminaron aquellas franjas horarias en los puntos de medida que se vieron afectados, cuando la longitud de cola producida por estas tres situaciones (retenciones, accidentes y obras) se encontrará a una distancia igual o inferior a 1 Km.



Fallos de comunicación.

Se identificaron como fallos de comunicación los valores -1, así como que se produjeran arrastres de valores, es decir, repetición del mismo dato durante al menos 1 hora y 30 minutos.

18

Operaciones especiales.

Se estudió en estos días si era necesario eliminar toda la operación o, en aquellas de mayor duración, se salvaron los días intermedios.

Las velocidades medias así calculadas se estratificaron según las agrupaciones temporales presentadas a continuación:

A) Día laborable: Martes – Miércoles – Jueves: Noche, Mañana y Tarde.

B) Día previo al fin de semana: Viernes: Noche, Mañana y Tarde.

C) Fin de semana: Sábado – Domingo: Noche, Mañana y Tarde.

D) Día post fin de semana: Lunes: Noche, Mañana y Tarde.

La estratificación permitió procesar los datos de manera eficiente y aplicar de forma inmediata los filtros relativos a incidencias detallados anteriormente. Una vez

procesadas las velocidades medias, se realizó una agrupación final de todos los valores para los períodos temporales objeto del estudio: primer semestre (enero – junio de 2005), período de campaña informativa (julio – agosto 2005) y período de procedimiento sancionador (septiembre – diciembre 2005). En estas condiciones, era ya posible realizar el análisis estadístico de los mismos.

4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Tras la agrupación de datos, se disponía de un conjunto de velocidades medias para cada uno de los tramos y períodos de estudio con el tamaño (N) reflejado en la Tabla 2.

TRAMO RADAR			TRAMO CONTROL		
pk	Período	N	pk	Período	N
pk 102+400	1er semestre (A)	349	Tramo unificado	1er semestre (A)	1190
	período campaña (B)	135		período campaña (B)	415
	período sancionador (C)	269		período sancionador (C)	797
pk 116+300	1er semestre (A)	361			
	período campaña (B)	135			
	período sancionador (C)	267			
pk 126+800	1er semestre (A)	348			
	período campaña (B)	135			
	período sancionador (C)	271			

Tabla 2: Tamaños de los conjuntos de datos objeto de estudio.

Con estos conjuntos de datos, se procedió a realizar los tests estadísticos pertinentes para comprobar si existían diferencias significativas entre los diferentes períodos de estudio. En primer lugar se comprobó la gaussianidad de los datos mediante la aplicación a cada conjunto del test de Shapiro-Wilks.

Una vez comprobada dicha gaussianidad, se aplicaron tests t de Student (de nuevo ver referencias) para dos muestras, utilizando la variante de varianzas iguales o desiguales según el resultado del test F para varianzas de dos muestras.

Así, se comprobaron las diferencias entre los períodos A-B y B-C en cada uno de los puntos kilométricos (en los tres de forma conjunta para el tramo de control), planteándose como hipótesis nula que el promedio de las velocidades medias en ambos períodos de tiempo es el mismo, tomando como nivel de relevancia estadística un valor de $p=0.05$. Es decir, la hipótesis nula se rechaza si $p<0.05$, con lo que las velocidades serían distintas para ambos períodos de tiempo.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en los tests para los diferentes puntos kilométricos. Las tablas reflejan los valores de velocidades medias promediados para todo el período de estudio junto con el error estándar de la media (sem), calculando éste como:

$$sem = \frac{s}{\sqrt{N}} \quad (1)$$

(1) Donde s es la desviación típica muestral y N el número de datos de la muestra.

Se representará también el valor de p obtenido en el test y si ha dado lugar o no a significación estadística.

La Tabla 3 presenta los resultados del test t aplicados a los datos recogidos en todos los puntos de estudio para la comparación entre los períodos correspondientes al 1er semestre frente a la campaña informativa (A vs. B).

Punto de medida	Velocidades promedio \pm sem para cada período de medición (m/s)		Resultado test
	A	B	
102+400	116.57 \pm 0.22	117.64 \pm 0.27	No significativo
116+300	104.04 \pm 0.18	98.39 \pm 0.21	p<0.05
126+800	110.60 \pm 0.23	112.50 \pm 0.26	p<0.05
Control	117.36 \pm 0.23	119.59 \pm 0.31	p<0.05

Tabla 3: Resultados del test *t* de Student aplicado a los dos primeros períodos de estudio.

A la vista de la tabla, se observa que para el primer punto kilométrico, el aumento de velocidad no es relevante a efectos estadísticos, con lo que a todos los efectos se consideran que en el punto anterior al radar no existe una variación de velocidad de un período a otro.

El interés radica en el acusado descenso de la velocidad media al pasar del 1er semestre a la campaña informativa para el pk 116+300 (ubicación del radar). Dicho descenso tiene una muy alta significación estadística, siendo muy acusado. Esto da una idea de la influencia positiva del radar en el comportamiento de los conductores.

En el caso del pk 126+800 (situado pasado el radar), se produce un aumento de la velocidad, aumento que es significativo a efectos estadísticos, pero cuyo valor absoluto apenas es relevante. Este aumento se puede explicar dada la tendencia a circular más despacio en los meses más fríos.

Por último, en el tramo de control se produce también un aumento de la velocidad significativo, pero achacable también a la reducción de velocidad en períodos invernales. De nuevo dicho aumento no es relevante en términos cuantitativos.

La Tabla 4 es equivalente a la anterior sólo que ahora se presentan los resultados de la comparación entre la campaña informativa y el procedimiento sancionador.

Punto de medida	Velocidades promedio \pm sem para cada período de medición (m/s)		Resultado de test
	B	C	
102+400	117.64 \pm 0.27	113.75 \pm 0.24	p<0.05
116+300	98.39 \pm 0.21	96.03 \pm 0.15	p<0.05
126+800	112.50 \pm 0.26	109.38 \pm 0.22	p<0.05
Control	119.59 \pm 0.31	117.33 \pm 0.26	p<0.05

Tabla 4: Resultados del test *t* de Student aplicado a los dos últimos períodos de estudio.

Los resultados de la tabla indican la eficiencia del procedimiento sancionador a la hora de conseguir un descenso significativo de las velocidades medias. Esto se da para todos los puntos de medida, incluso en aquellos correspondientes a los puntos de control.

En la Figura 2 se representan los resultados para el tramo radar con el objeto de lograr una mejor comprensión de los mismos:

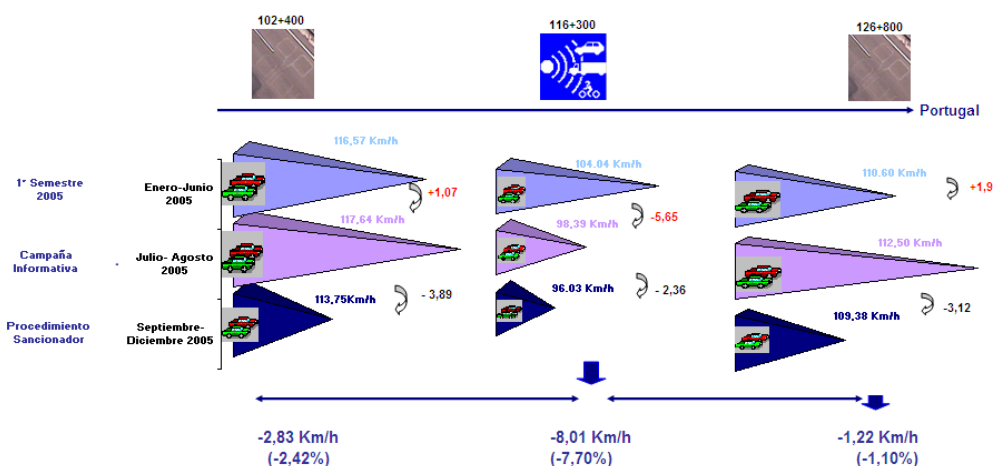


Figura 2: Resumen de variaciones de velocidad media para el tramo radar.

Conviene notar que en la mencionada figura se han representado también las variaciones netas de las velocidades medias. La Figura 3 es la equivalente para el tramo de control (pks unificados).

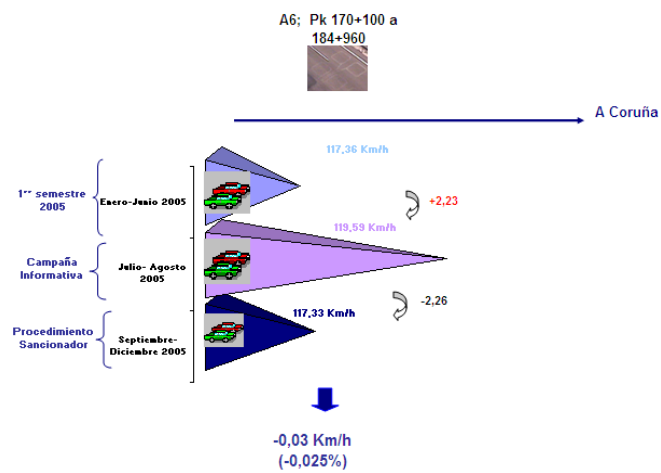


Figura 3: Resumen de variaciones de velocidad media para el tramo de control.

5. RESULTADOS.

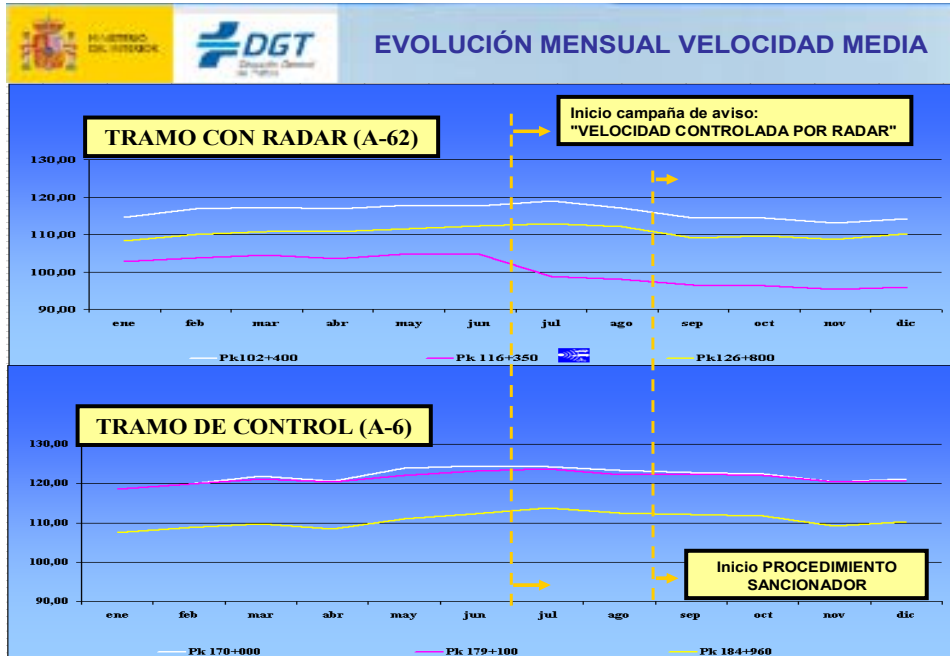


Figura 4: Evolución mensual de la velocidad media.

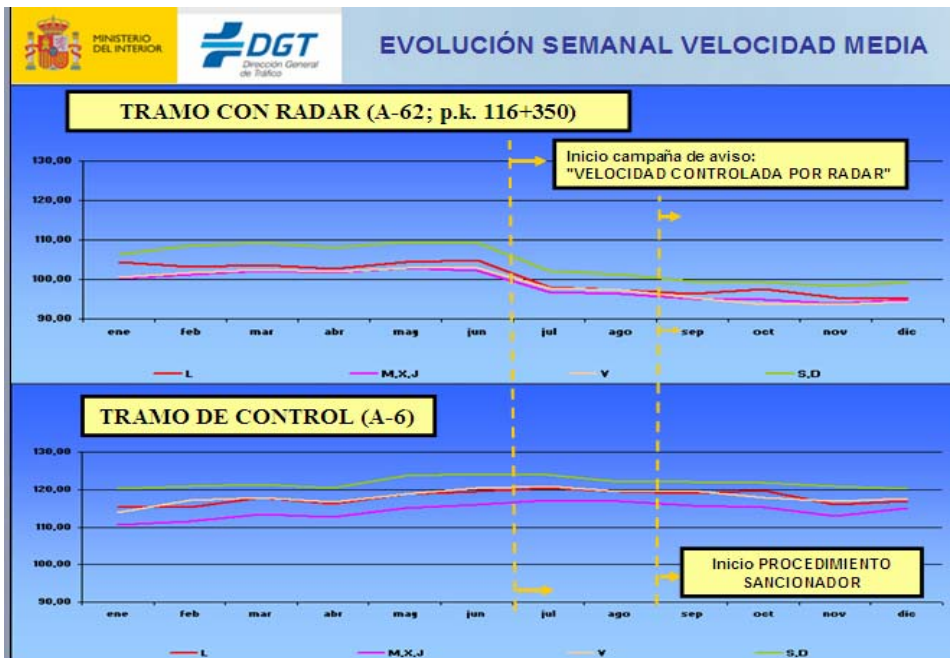


Figura 5: Evolución semanal de la velocidad media.

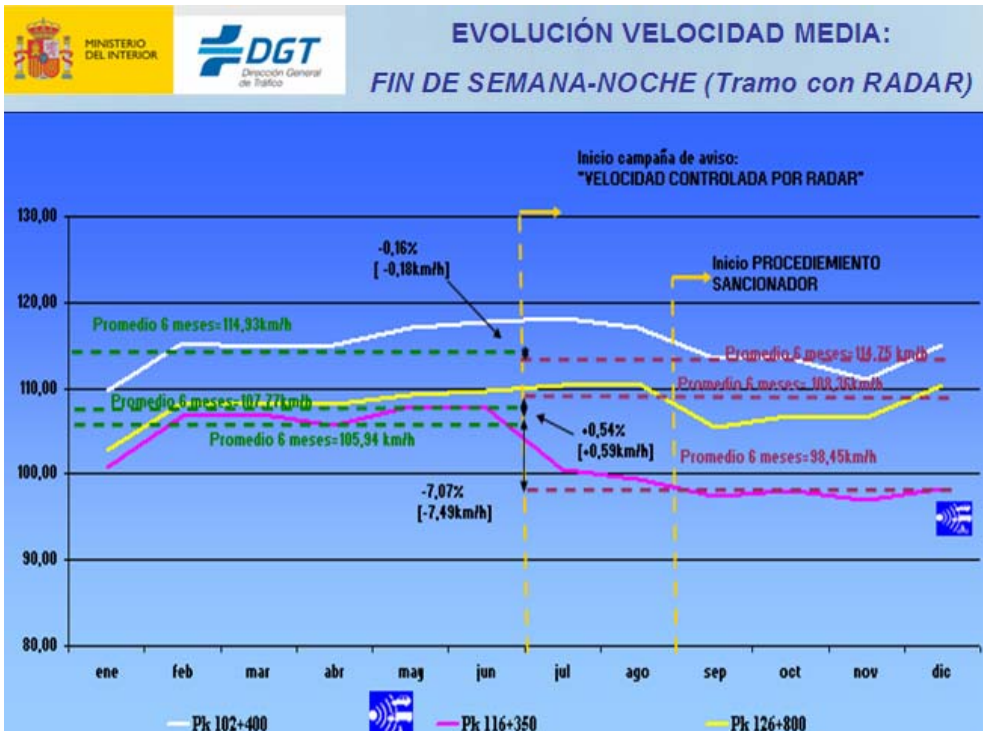


Figura 6: Evolución (de la velocidad) media fin de semana - noche.

6. ACCIDENTALIDAD.

En el análisis de la accidentalidad se realiza una nueva clasificación de tramos para la accidentalidad;

TRAMO 1: 2-4 Km después del pk del radar.

TRAMO 2: 4-10 Km después del pk del radar.

TRAMO 3: 10-20 Km después del pk de radar.

TRAMO RADAR: desde 1 Km antes del pk del radar hasta 2 Km después.

La comparativa se ha realizado de los años 2004, 2005 y primeros 4 meses del 2006.

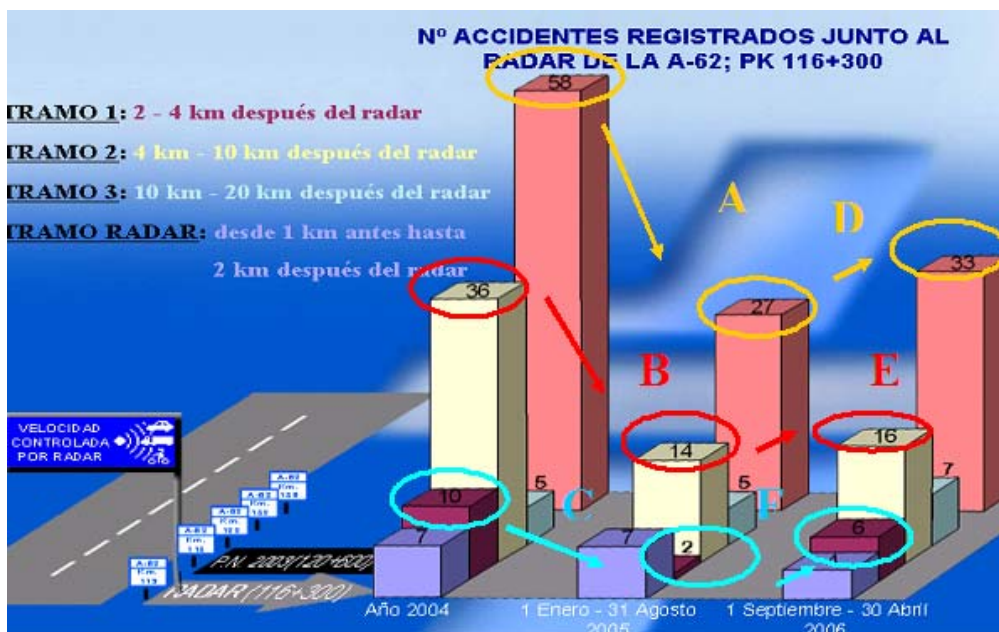


Figura 7: Número de accidentes registrados junto al RADAR en el pk 116+300 de la A-62.

Estudio comparativo de la accidentalidad (años 2004-2006).

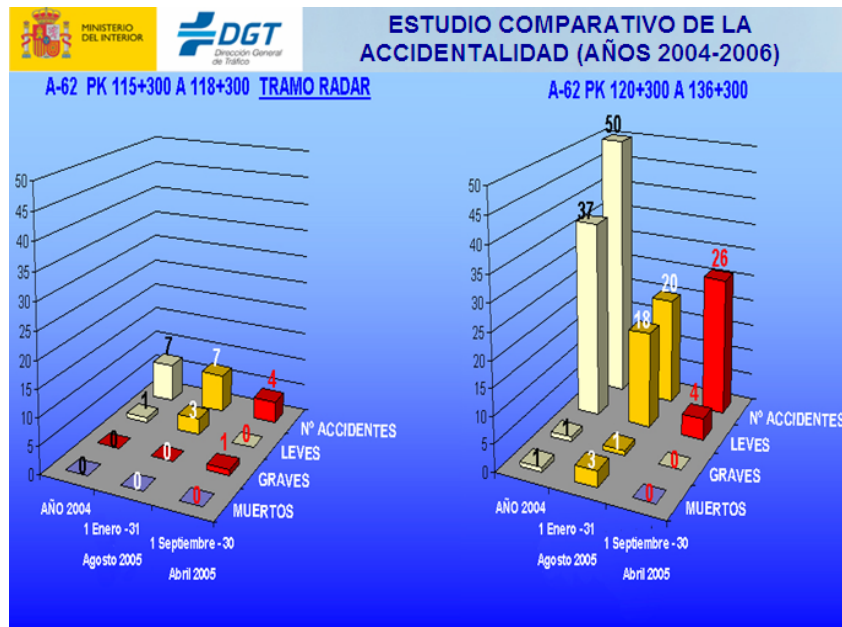


Figura 8: Clasificación de accidentes según gravedad y número de muertos en diferentes tramos de estudio.

Evolución de la accidentalidad:

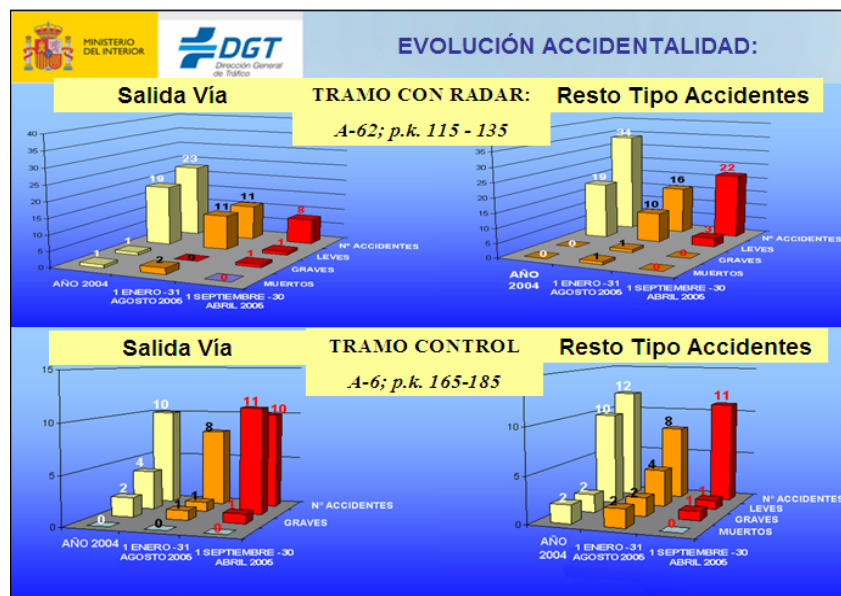


Figura 9: Clasificación de accidentes en los diferentes tramos de estudio según gravedad y tipología.

7. CONCLUSIONES.

- La Campaña informativa de la DGT entre julio y agosto 2005, previa a la aplicación del Procedimiento Sancionador a los infractores, produjo un “efecto de concienciación” en los conductores, pero únicamente en las inmediaciones al radar, con un descenso en 5.65 Km/h en la velocidad media por ese tramo.
- Una vez que se empezó a sancionar al conductor infractor (septiembre de 2005), se produjo otro nuevo descenso de la velocidad media (de aproximadamente 3 Km/h), que afectó a una longitud total, tanto antes como después del radar, de unos 20 Km.
- Una vez pasado el punto de control de la velocidad el conductor continúa moderando su velocidad unos 5 Km más allá del mismo.
- La máxima reducción de la velocidad se ha registrado en las inmediaciones al radar, con un descenso de la velocidad media de 8.01 Km/h.
- En un tramo de idénticas características y longitud al del radar, pero donde no había sido instalado este tipo de dispositivo de control de la velocidad, el estudio concluye que los conductores circulaban a una velocidad prácticamente idéntica durante todos los meses del año. A pesar de existir relevancia estadística en las diferencias de velocidades, los valores medios obtenidos no diferían en exceso.
- La accidentalidad en general aumentó un 18,5%, si bien la SALIDA DE VÍA, que fue la tipología de accidente que motivó la instalación del radar, disminuyó en un 27,27%. El incremento en la accidentalidad, por tanto, se produjo en la tipología COLISIÓN (+37,5%)

- La evolución del número de víctimas y fallecidos desde que se instaló el radar fue de:

- Heridos LEVES: -17 (-80,95%)

- Heridos GRAVES: +0 (0,00%)

- MUERTOS: -3 (-100%)

- Por tanto, el incremento registrado en accidentes por COLISIÓN tras instalar el radar realmente dio lugar a daños materiales, ya que los heridos leves descendieron en 7 personas (-70%), los graves en una persona (-100%) y los fallecidos en 1 persona (-100%).

- En cuanto a las SALIDAS DE VÍA la evolución en cuanto a víctimas implicadas fueron: 10 heridos leves menos: (-90,90%), 1 herido grave más (+100%) y 2 muertos menos (-100%).

8. BIBLIOGRAFÍA.

2006. **Actas del VI Congreso Español de Sistemas Inteligentes de Transporte ITS.**
Vigo, España.

2006. **Comité Técnico de Carreteras Interurbanas y Transporte Integrado Interurbano. La revisión de los límites de velocidad.**

Varios. 2006. **Libro Verde de la Seguridad Vial**

Conesa Lucerga M. y otros. 2001. **Análisis de la demanda de tráfico interurbana**