



VNIVERSITAT Æ VALÈNCIA

Facultad de Psicología

Departamento de Psicología Básica

Actividad Humana y Procesos Psicológicos

El seguimiento de un vehículo en el desplazamiento en  
línea: caracterización psicofisiológica y conductual de  
dos formas básicas de conducción

Tesis Doctoral presentada por:

María Teresa Blanch Micó

para la obtención del título de Doctor

Directores:

Mariano Chóliz Montañés, Doctor en Psicología por la Universitat de  
València

Antonio Lucas Alba, Doctor en Psicología por la Universitat de  
València

Valencia, 2015



*A Toni*



## Agradecimientos

Agradezco a mi profesor y director Mariano Choliz su generosidad personal e intelectual, su compromiso en la creación de un mundo mejor para todos desde sus investigaciones y sus clases, su cercanía conmigo y su ayuda en este trabajo.

A mi director Antonio Lucas le agradezco el haberme animado a formar parte de esta investigación, y de esta idea. Su valentía, inteligencia y tenacidad son un ejemplo para mí.

Este trabajo no sería posible sin Oscar M. Melchor (*Impactware*), un ser genial que puso a trabajar su mente en una idea que ha compartido con nosotros, con una generosidad exuberante y una dedicación intensa. Sin él, sus conocimientos matemáticos, físicos e informáticos, y su comprensión avanzada de los flujos de tráfico (la Conducción Armónica o *Wavedriving*), no habríamos podido acceder ni aprender lo que hemos aprendido para manejar y entender esta problemática.

También quisiera agradecerle a los profesores Anxo Sánchez, Catedrático de matemática aplicada (Universidad Carlos III de Madrid), y Jose Luíz Toca-Herrera, Catedrático de Biofísica (University of Natural Resources and Life Sciences, Viena) su implicación y su contribución en esta idea, y su ayuda cuando los hemos necesitado.

Agradezco a Alberto Arbaiza (Dirección General de Tráfico) su atención a esta problemática, que calificó espontáneamente como *Conducción Armónica*.

Sin el apoyo de la Fundación Universitaria Antonio Gargallo y Obra Social Ibercaja este trabajo no habría podido llevarse a cabo. Agradezco a Teresa Bellés, por su disciplinada y atenta labor en el laboratorio, y a los profesores Francisco J. Ruíz (U. Konrad-Lorenz, Bogotá) y Luis C. Delgado (Universidad de Zaragoza), por compartir con nosotros sus ideas y sus conocimientos.

Agradezco a Elena Ibañez, el tiempo compartido, su confianza en mí y su ayuda durante tantos años.

A toda mi familia, a mis amigos y amigas, a los que están y a los que se fueron, por tanto amor que me han dado y que sigue en mí. En especial a mis padres, Miguel, al que echo de menos todos los días, y Mari Tere.

A Toni, mi marido, le quiero agradecer que este siempre a mi lado, alentándome y ayudándome. Su amor es mi certidumbre.



*Solo cabe progresar cuando se piensa en grande,  
solo es posible avanzar cuando se mira lejos*

*José Ortega y Gasset*



## **Índice**



# Índice

Agradecimientos .....	V
Índice.....	XI
Lista de Abreviaturas y Siglas.....	XIV
Lista de Tablas .....	XVI
Lista de Figuras.....	XVII
La investigación sobre el seguimiento vehicular .....	3
1.1. Surgimiento de los modelos del seguimiento de vehículos.....	4
1.1.1. Los modelos newtonianos de seguimiento vehicular.....	5
1.1.2. Los modelos perceptivos de seguimiento vehicular .....	10
1.2. Modelos sobre el seguimiento vehicular en línea: consideraciones generales.....	13
1.3. Valoración crítica del enfoque actual .....	17
1.3.1. Algo más sobre la capacidad de las carreteras.....	17
1.3.2. Nuevas tendencias del modelado físico-matemático del seguimiento vehicular: el “Experimento de Nagoya” .....	21
1.3.3. Ejemplos en la naturaleza .....	22
1.3.4. Aspectos de matemática aplicada .....	24
1.3.5. Movimiento ondulatorio y tráfico.....	25
1.4. Planteamiento de este trabajo .....	31
1.4.1. Caracterización cognitivo-emocional del movimiento en línea.....	31
1.4.2. El conductor en el movimiento en línea: caracterización .....	35

1.4.3. Adaptación, aceptación y respuesta a nuevas situaciones: una exploración de factores antecedentes.....	42
1.4.4. Propuesta de trabajo.....	52
Metodología de los estudios.....	61
2.1.    Los estudios experimentales.....	61
2.1.1. El estudio 1: caracterizando dos formas posibles del seguimiento en línea .....	61
2.1.2. El estudio 2: contextualizando dos formas posibles del seguimiento en línea .....	67
2.1.3. El estudio 3: exploración de variables antecedentes .....	72
Resultados y discusión.....	83
3.1.    Estudio 1: caracterizando dos formas posibles del seguimiento vehicular en línea .....	83
3.1.1.    Resultados: estudio 1.....	83
3.1.2.    Discusión: estudio 1 .....	89
3.2.    Estudio 2: contextualizando las dos formas canónicas del movimiento vehicular en línea .....	92
3.2.1.    Resultados: estudio 2.....	92
3.2.2.    Discusión: estudio 2 .....	102
3.3.    Estudio 3: exploración de variables antecedentes .....	106
3.3.1.    Resultados: estudio 3.....	107
3.3.2.    Discusión: estudio 3 .....	117
Conclusiones.....	125
4.1. Sobre los resultados.....	125
4.1. Posibles implicaciones: la congestión .....	128

4.2.1. El amortiguador longitudinal .....	130
4.3. Limitaciones y futuros desarrollos .....	131
Referencias.....	135
Anexos .....	147
Anexo 1.Croquis del laboratorio .....	147
Anexo 2. Instrucciones para la Escala SAM .....	148
Anexo 3.Ficha de consentimiento informado.....	150
Anexo 4.Síntesis de las presentaciones de vídeo de las condiciones experimentales: propuestas del I.T.F. y del C.M.D.....	151
Anexo 5.Batería de cuestionarios aplicados (aspectos generales, Mindfulness, ACT).....	156
Anexo 6.Cuestionarios sobre el I.T.F. y el C.M.D. ....	166

## Lista de abreviaturas y siglas

AAQ	Cuestionario de Aceptación y Acción
ACT	Teoría de Aceptación y Compromiso
AED	Actividad Electro-Dermal
AN	Afecto Negativo
ANOVA	Analysis of Variance
AP	Afecto Positivo
BAFT	Cuestionario de Credibilidad de Pensamientos y Sentimientos Ansiosos
BOE	Boletín Oficial del Estado
CA	Collision Avoidance
CAAQ	Cuestionario de Aceptacion y Accion en la Conducción
CD	Conducción orientada al mantenimiento de la Distancia
CI	Conducción orientada al mantenimiento de la inercia
DBQ	Driver Behaviour Questionnaire
DGT	Dirección General de Tráfico
EAG	Escala de Autoeficacia General
EEUU	Estados Unidos de América
FFMQ	Cuestionario de Cinco Facetas de Mindfulness
FMI	Inventario de Anteción Plena de Freiburg
HCM	Highway Capacity Manual
ITS	Sistemas Inteligentes de Transporte
M	Media
MAAS	Escala de Conciencia y Atención Plena
PANAS	Escala de Afecto Positivo y Negativo
RAE	Real Academia Española de la Lengua
RGC	Reglamento General de Conductores
SAM	Self-Assessment Manikin

STAI-E Inventario de Ansiedad Estado  
STAI-R Inventario de Ansiedad Rasgo  
TOTE Test-Operate-Test-Exit  
TRB Transportation Research Board  
TTC Time to Collision  
UE Unión Europea  
UNHSP United Nations Human Settlement Programme  
Vi Velocidad instánea  
Vm Velocidad media  
OV Optimal Velocity  
WAAQ Work Acceptance and Action Questionnaire  
WHO World Health Organisation

## Lista de tablas

Tabla 1. Medidas de conductancia eléctrica de la piel.....	83
Tabla 2. Medidas de autoinforme en la escala SAM .....	83
Tabla 3. Indicadores de desempeño en el simulador de conducción.....	84
Tabla 4. Medidas en SAM: orden y técnica de conducción .....	85
Tabla 5. Medidas de conductancia eléctrica de la piel.....	93
Tabla 6. Medidas de autoinforme en la escala SAM .....	93
Tabla 7. Indicadores de desempeño en el simulador de conducción.....	93
Tabla 8. Opiniones pre-post sobre las propuestas de I.T.F. vs C.M.D.....	94
Tabla 9. Evaluación comparativa: I.T.F. vs C.M.D. ....	94
Tabla 10. Medidas en SAM: orden y técnica de conducción .....	96
Tabla 11. Diferencias entre las medidas de ejecución y AED (CD-CI).....	108
Tabla 12. Índices del bloque de atención plena.....	108
Tabla 13. Índices de variables criterio (SAM) .....	108

## Lista de cuadros

Cuadro 1. Ecuaciones básicas de la ingeniería del tráfico para el movimiento en línea .....	24
Cuadro 1. Opiniones a favor y en contra de cada propuesta.....	106

## Lista de Figuras

Figura 1. Planteamiento básico para el análisis del seguimiento vehicular .....	13
Figura 2. La A-3/E-901 sentido Arganda (Madrid), km 14.....	19
Figura 3. El recorrido de Sísifo .....	32
Figura 4. Configuración de la situación experimental .....	63
Figura 5. React Follower (Impactware, 2013).....	65
Figura 6. ¿Un conductor mindful? .....	74
Figura 7. Velocidad durante el recorrido bajo CD vs CI .....	88
Figura 8. Distancia al vehículo líder durante el recorrido bajo CD vs CI.....	89
Figura 9. Velocidad durante el recorrido bajo CD vs CI .....	98
Figura 10. Distancia al vehículo líder durante el recorrido bajo CD vs CI.....	99
Figura 11. Proyecciones de la diferencia CD-CI en deceleraciones sobre la diferencia CD-CI en valencia (SAM) .....	109
Figura 12. Proyecciones de la diferencia CD-CI en distancia media al líder sobre la diferencia CD-CI en valencia (SAM) .....	110
Figura 13. Proyecciones del factor de Aceptación del FFMQ sobre la diferencia CD-CI en activación (SAM) .....	111
Figura 14. Proyección de la Diferencia CD-CI en conductancia sobre la diferencia CD-CI en control (SAM).....	113
Figura 15. Proyección de la Diferencia CD-CI en colisiones sobre la diferencia CD-CI en control (SAM).....	114
Figura 16. Proyección de la las puntuaciones en FMI sobre la diferencia CD-CI en control (SAM).....	114
Figura 17. Proyección de las puntuaciones en el factor Descripción del FFMQ sobre la diferencia CD-CI en control (SAM) .....	115
Figura 18. Proyección de las puntuaciones en el factor Aceptación en FFMQ sobre la Diferencia CD-CI en control (SAM) .....	116
Figura 19. Proyecciones de la interacción FFMQ-A/Diferencia colisiones CD-CI sobre la Diferencia CD-CI en control (SAM) .....	117
Figura 20. El amortiguador longitudinal.....	131



## Capítulo 1



## Capítulo 1

### **La investigación sobre el seguimiento vehicular**

Este Proyecto de Tesis Doctoral parte de una observación: el coste personal, material, económico y medioambiental que originan las congestiones en el tráfico (Levinson et al., 1998; UNHSP, 2007). Sin duda el principal coste asociado a la congestión es la contaminación y su efecto directo sobre la salud (Dora y Phillips, 2000). Este coste, hasta ahora poco evidente, empieza a serlo precisamente cuando tomamos nota de que las muertes por la contaminación del tráfico superan en algunas sociedades a las muertes por accidente de tráfico, entre un 30 y un 50% (Caiazzo et al., 2013; Yim et al., 2012).

El hombre moderno lleva algo más de un siglo desplazándose en vehículos motorizados. A principios del siglo XX, de la mano de pioneros como Gerald Ford, la producción pasó de ser artesanal a ser en cadena, lo que permitiría al automóvil pasar de ser un lujo a un objeto masivo de consumo (Encyclopaedia Britannica, 1992). La masificación del tráfico comenzó a ser un hecho en los Estados Unidos ya en la década de 1940-50, y en Japón y Europa una década más tarde. La respuesta generalizada a esta masificación ha sido una fuerte inversión en infraestructuras viarias a lo largo de décadas, entendiéndose el atasco como un problema de falta de capacidad de las vías (hay que hacer más carreteras), una visión improductiva, pero que todavía se mantiene (Staley y Moore, 2009; Lucas-Alba, 2009).

Sin embargo, este desarrollo en las décadas de 1950-70 no impedirá que, por ejemplo en Europa, ya en 1969, el Informe emitido por el físico Pierre Aigrain al Consejo Europeo proponga activar el desarrollo de ayudas electrónicas a la conducción para optimizar el viario existente y combatir los dos problemas fundamentales en las carreteras europeas, los accidentes (91.000 decesos en 1970, cf. Barjonet, 1997) y las congestiones de tráfico (Cost30Bis, 1985). Es paradójico que la práctica habitual en la mayoría de los países entre los años 1930 y 1970 fuese no limitar la velocidad de los vehículos en parte alguna de la red viaria (Elvik y Vaa, 2004). Lamentablemente el planteamiento de desarrollo de infraestructuras viarias ha producido un desequilibrio en los modos de transporte que ha adoptado la forma de un desplazamiento masivo hacia el binomio automóvil-carretera (Fernández, 2000). Durante mucho tiempo no se ha tenido en cuenta que más carreteras significan más coches, y más coches significan más problemas de toda índole, esto es el problema de la demanda inducida, según el cual y de manera sistemática, “el crecimiento del tráfico casi siempre nivela el incremento de la capacidad de la carretera y el flujo de tráfico no mejora particularmente, independientemente de cuanta capacidad adicional se

proporcione” (Elvik y Vaa, 2004; p. 195). En suma, cada nueva carretera atrae más tráfico y el problema crece en lugar de disminuir: “quien siembra carreteras y aparcamientos, recoge tráfico y embotellamientos” (cf. Vester, 1997, p. 31).

De este modo, y pese a los intentos de solución (desarrollo de infraestructuras, optimización de los flujos mediante el uso de Sistemas Inteligentes de Transporte) hace ya más de medio siglo que nos acompaña la problemática de la congestión. Nos hacemos así eco de una constatación básica a juicio de los expertos: “La mayor parte de la conducción se da bajo el constreñimiento de un vehículo que precede al nuestro” (Evans, 1991; p. 114). Este punto de vista llevó, hace algo más de medio siglo, a los primeros intentos de modelar el seguimiento vehicular desde un punto de vista físico-matemático. Y es un asunto que vuelve, justo cuando los flujos automáticos de tráfico (por ej., la práctica del *platooning*) plantean el problema de la racionalización del mismo, y de la coexistencia entre conductores humanos y artificiales (Gouy et al., 2014). Revisar esta aportación será el primer objetivo de este capítulo. En segundo lugar, se ubicará la problemática del seguimiento vehicular en una dimensión complementaria, tanto en términos físico-matemáticos como en el ámbito de la psicología. Por último, se va a describir el planteamiento básico y los objetivos e hipótesis de este trabajo.

### ***1.1. Surgimiento de los modelos del seguimiento de vehículos***

Conviene recordar que hay cuatro modos estándar de conducción: acelerar, ir a velocidad de crucero, decelerar e ir al ralentí. Los modos de transición (acelerar, decelerar) contaminan más que los estables (crucero, ralentí). Las velocidades bajas contaminan más que las moderadas (Tong, Hung y Cheung, 2000). De modo que la congestión promueve las dos formas de desplazamiento y el uso del motor que más energía desperdicia y que más contamina.

De alguna forma, todos quisiéramos ver funcionar el tráfico con la eficiencia de una cinta transportadora. Siendo algo tan obvio, ¿por qué no se produce la estabilidad del flujo de vehículos? Los primeros intentos de modelar el seguimiento de vehículos en el tráfico surgen entre los años 1950 y 1960, tanto en el ámbito de la ingeniería (Chandler, Herman y Montroll, 1958; Kometani y Sasaki, 1959) como en el ámbito del factor humano (Michaels, 1963; cf. Brackstone y McDonald, 1999). Estos modelos van a tratar de analizar, identificar y reproducir qué variables y qué parámetros describen el seguimiento vehicular. Suele distinguirse entre dos tipos de modelos del tráfico. Los macroscópicos ven el tráfico como un fluido formado por vehículos que puede comprimirse. Los microscópicos representan un vehículo como una partícula (cuyo comportamiento hay que explicar) y el tráfico como un sistema de interacción de estas partículas con tendencia al desequilibrio (Li y Sun, 2012).

Nuestro interés se centrará en especial en el enfoque micro porque consideramos el conductor individual como la unidad de análisis en esta problemática.

El punto de partida de los modelos micro del seguimiento de vehículos es que cada conductor controla un vehículo teniendo presente lo que hace el vehículo que le precede, o vehículo líder, que actúa como estímulo. Por tanto se trata de un planteamiento reactivo, tipo estímulo-respuesta:

“En la teoría de seguimiento vehicular la relación entre el vehículo precedente y el que le sigue es descrita de forma que cada vehículo individual siempre acelera o decelera como respuesta a los estímulos del entorno. Por tanto, la ecuación de movimiento del vehículo  $n$ -ario puede ser resumida así:

$$[\text{Respuesta}]_n \propto [\text{Estímulo}]_n$$

Los tipos de modelo pueden variar según las definiciones de los estímulos, sin embargo, generalmente hablando, los estímulos pueden comprender la velocidad del vehículo, la aceleración del vehículo, y la velocidad y espacio relativos entre el vehículo  $n$ -ario y el  $n + 1$  (siendo el  $n$ -ario el que sigue tras el  $n + 1$ .” (Li y Sun, 2012, p. 133).

El vehículo precedente puede impactar en la respuesta de ese vehículo según distintos factores: cambios en la velocidad relativa, aceleración o distancia de seguimiento entre ambos (Jiang, Wu y Zhu, 2001). Parece un planteamiento afín a la óptica conductista en psicología. Siguiendo a Boer (1999) distinguiremos dos tipos de modelos los “newtonianos” (centrados en variables físicas) y los “perceptivos” (centrados en las variables que utilizan los conductores).

### **1.1.1. Los modelos newtonianos de seguimiento vehicular**

El planteamiento básico descrito por Li y Sun (2012; Brackstone y McDonald, 1999) ha venido desarrollándose en los últimos 50 años, llevando a cientos de modelos que en realidad son variaciones dentro de algunas familias básicas. Podemos distinguir al menos cuatro de ellas: los modelos GM (por originarse bajo el auspicio de la General Motors), los modelos CA (*Collision Avoidance*), los modelos OV (Optimal Velocity) y los modelos basados en lógica borrosa (*Fuzzy-logic*).

#### ***1.1.1.1. Notas sobre los modelos GM***

La familia de modelos GM es la originaria y la más conocida. Se centra en determinar una función matemática capaz de predecir la aceleración (positiva o negativa) del vehículo  $n$ -ario.

$$a_n(t) = cv_n^m(t) \frac{\Delta v(t - T)}{\Delta x^l(t - T)} \quad (1)$$

Donde

$a_n$  = la aceleración del vehículo  $n$  implementada en el tiempo  $t$

$v$  = velocidad del vehículo seguidor

$\Delta x(t - T)$  y  $\Delta v(t - T)$  = el espacio y la velocidad relativos, respectivamente entre el vehículo seguidor y el vehículo líder en un tiempo anterior ( $t - T$ ), siendo  $T$  el tiempo de reacción del conductor

$m$ ,  $l$  y  $c$  = constantes que han de determinarse

El coeficiente  $m$  muestra el alcance de la velocidad del vehículo  $n$ -ario, que puede influir en la aceleración que el conductor imprimiese en el vehículo  $n$  en el tiempo  $t$ . El coeficiente  $l$  muestra en qué medida el espacio relativo  $\Delta x$  contribuye a esa relación de seguimiento entre vehículos. Y  $c$  es la constante de sensibilidad (responsividad del conductor) y se relaciona con  $T$  (tiempo de reacción).

La clave, de hecho, ha sido determinar qué constantes son adecuadas para el modelo. Por ejemplo, Chandler et al., proponen en 1958 que  $m = l = 0$ , y que  $c$  oscila entre 0,17 y 0,74; Gazis, Herman y Rothery proponen en 1961 que  $l$  oscila entre 0 y 2 y  $m$  entre 1 y 2, etc. (Brackstone y McDonald, 1999). Pongamos que  $T$  se sitúe entre 1,0 y 2,2 s. Supongamos ahora que  $l = 0,2$ ,  $m = 0,5$ , y  $c = 0,5$  y un  $T = 2$  s. Según la ecuación 1, ¿qué aceleración imprimiría al vehículo en el que voy, justo después de  $T$ , teniendo en cuenta que voy a 50km/h (13,89 m/s), el vehículo precedente también a 50km/h pero decelerando a  $-6\text{m/s}^2$ ? Una aceleración negativa de  $-2,97\text{m/s}^2$ .

El planteamiento de Chandler et al., fue sucesivamente modificado para tener en cuenta aspectos tales como la incidencia de la densidad relativa del tráfico en el espaciamiento entre vehículos (Gazis et al., 1959), presentando desarrollos y mejoras entre 1958 y 1993, todos ellos centrados fundamentalmente en el calibrado del rango de los parámetros  $m$ ,  $l$ ,  $c$  en la fórmula básica. Brackstone y McDonald destacan en su revisión algunos de los logros más significativos: en 1959 Herman, Montroll, Potts y Rothery sugieren tener en cuenta lo inevitable del efecto de las fluctuaciones espontáneas en la aceleración de los conductores (no les es posible aplicar exactamente la presión correcta para producir la aceleración deseada). En 1961 Gazis, Herman y Rothery proponen por primera vez podían utilizarse dos relaciones separadas en la descripción del flujo vehicular, una para tráfico congestionado y otra para tráfico no congestionado. En 1974, Treiterer y Myers separaron su análisis en fases de aceleración y

deceleración de seguimiento vehicular, determinando que dos relaciones diferentes podían existir para los parámetros  $m$  y  $l$  bajo aceleración y bajo deceleración. En 1972 Hofs indica que la sensibilidad a la propia deceleración respecto a la velocidad de uno aumenta conforme lo hace la “importancia” de la situación respecto a la propia seguridad (a velocidades altas y con riesgo, se decelera de forma más abierta), y que la sensibilidad a  $1/\Delta x$  aumenta conforme lo hace la propia preocupación por acelerar (con prontitud) para seguir de cerca al vehículo precedente, por ejemplo para evitar la ocupación del hueco delantero.

El modelo se usa menos desde principio de la década de 1980, en opinión de Brackstone y McDonald (1999) debido al gran número de hallazgos contradictorios sobre los valores correctos para  $m$  y  $l$ . Por dos razones, a) la conducta de seguimiento varía con las condiciones de tráfico y de flujo, y el análisis microscópico confirma esto en parte, b) muchas de las investigaciones empíricas (para calibrar el modelo con datos reales) han sido llevadas a cabo a velocidades bajas o en condiciones de parada-arranque extremas, lo que no refleja una conducta de seguimiento vehicular más general. Para Li y Sun (2012) en el modelo GM *la distancia entre vehículos sucesivos se postula como próxima de modo arbitrario, cuando ambos vehículos mantienen idéntica velocidad, lo que no es realista*. Por tanto, el modelo clásico del seguimiento vehicular no puede describir el estado dinámico de un único vehículo de forma adecuada (ver Jiang, Wu y Zhu, 2001).

### ***1.1.1.2. Notas sobre los modelos CA***

La formulación original proviene de Kometani y Sasaki (1959). La base de la relación no describe una función tipo estímulo-respuesta como el modelo GM. El modelo CA (*Collision Avoidance*) o de la *distancia de seguridad* trata de especificar la distancia segura de seguimiento (a través de la manipulación de las ecuaciones de movimiento básicas de Newton), dentro de la cual una colisión sería inevitable si el conductor del vehículo precedente actuase de forma “impredecible”. El siguiente desarrollo principal para este modelo fue generado por Gipps (1981), que consideró varios factores mitigadores, en concreto que los conductores dejan un tiempo adicional de reacción de seguridad de  $T/2$  (condición suficiente para evitar una colisión bajo cualquier circunstancia) y que los términos cinéticos de la ecuación de Kometani y Sasaki se relacionan con las ratios de frenada: la ratio de frenada máxima que el conductor del vehículo  $n$ -ario desea utilizar y la ratio de frenada máxima que el conductor del vehículo  $n$ -ario cree que es probable que use el vehículo precedente.

El modelo CA resulta atractivo porque puede recalibrarse partiendo de asunciones de sentido común sobre el comportamiento del conductor: básicamente las ratios máximas de frenada que un conductor desea emplear, y

las que predice que otros conductores emplearán. Aunque produce resultados aceptables, por ejemplo al comparar la simulación propagada de perturbaciones contra los datos empíricos, Brackstone y McDonald (1999; ver Li y Sun, 2012) critican que el concepto de “distancia de seguridad” no es un punto de partida válido del todo, dado que en la práctica un conductor puede considerar datos no ya de uno sino de varios vehículos precedentes, basando su supuesto sobre con qué violencia frenará el vehículo precedente en la información previa obtenida sobre estos otros vehículos precedentes.

### ***1.1.1.3. Notas sobre los modelos OV***

Bando, Hasebe, Nakayama et al. (1995) argumentan que hay dos tipos de teorías sobre la regulación del seguimiento vehicular. El primer tipo se basa en el supuesto de que el conductor de cada vehículo busca una distancia de seguimiento segura respecto al vehículo precedente, que depende de la velocidad relativa de ambos vehículos. Supongamos que a mayor velocidad de ambos vehículos, mayor distancia. El segundo tipo de teorías asume que el conductor busca una velocidad segura que es determinada por la distancia respecto al vehículo precedente (el criterio distancia es el que condiciona el ajuste de la velocidad). Basándose en esta última suposición, en 1995 Bando y colaboradores propusieron un modelo de seguimiento vehicular, en el que se asume que cada vehículo tiene una velocidad óptima (OV) que depende de la distancia a la que se sigue al vehículo precedente. Es importante destacar que las simulaciones de este modelo mostraron que el modelo OV podía describir muchas características no lineales del tráfico real, como la inestabilidad del flujo de tráfico, la forma en la que evoluciona la congestión de tráfico, y la formación de ondas de parada y arranque.

Li y Sun (2012) han identificado las mejoras realizadas a lo largo de los últimos años al modelo OV. Sin embargo, estas mejoras no eran capaces de explicar un interesante fenómeno del tráfico descrito por Treiber, Hennecke y Helbing (1999): *si los vehículos precedentes son mucho más rápidos que los que les siguen, entonces el vehículo n-ario no frenará, incluso si su distancia de seguimiento es menor que la distancia de seguridad, porque la distancia de seguimiento entre ambos va a hacerse mayor.*

Considerando estos fenómenos de seguimiento vehicular observados, Jiang et al (2001) argumentaron que la velocidad relativa entre los vehículos líderes y los seguidores (sea la aceleración mayor o menor a cero) tiene un impacto en el comportamiento del conductor seguidor y debe ser considerada de forma explícita. En síntesis, los estudios previos indican que *la diferencia de velocidad o de distancia de seguimiento puede estabilizar el flujo de tráfico.* Sin embargo, los modelos comentados hasta aquí se atienen solo a un tipo de información ITS,

bien la distancia de seguimiento o bien la diferencia de velocidad con respecto a otros vehículos. Se esperaría que el flujo de tráfico fuese más estable introduciendo simultáneamente ambos tipos de información a través de ITS (Peng y Sun, 2009; cf. Li y Sun, 2012).

#### ***1.1.1.4. Notas sobre los modelos Fuzzy-logic***

El modelo de lógica borrosa introduce un giro importante en el desarrollo de las teorías de seguimiento vehicular, porque trata de entender el comportamiento del vehículo como si se tratase del comportamiento humano. El punto de partida es que el pensamiento lógico del ser humano es superficial y cualitativo, si se quiere más heurístico que algorítmico (Tversky y Kahneman, 1974; Holyoak y Morrison, 2005; Carretero y Asensio, 2008), y en consecuencia, la recepción y transmisión de información no es precisa. De aquí que el concepto de lógica borrosa encaje más con la observación, pensamiento, comprensión y procesos de toma de decisión de los humanos (Brackstone y McDonald, 1999).

En el modelo *fuzzy*, el humano es abstraído en un controlador borroso, cuyos inputs son los mensajes del estado de los vehículos precedentes, y el output es la decisión llevada a cabo en el transcurso del pensamiento. El primer modelo de lógica borrosa fue propuesto en 1992 Kikuchi y Chakroborty, que trataron de “emborronar” el modelo GM clásico (ver sección 1.1.1.1.). Hay una serie de parámetros como T (= 1 s, tiempo de reacción), gamma (=2,5 s, tiempo en que se espera que el conductor alcanzará al vehículo precedente). El modelo funciona como un condicional: SI... tal condición es adecuada, ENTONCES ocurre... (función asociada). Por ejemplo, puede emplearse un set para describir y cuantificar qué significa el término “demasiado cerca”, donde una separación de 0,5 s respecto al vehículo precedente sería claramente “demasiado cerca” y un grado de verdad asociado de 1, mientras que una separación de 2 s no es demasiado cercana y obtiene un valor asociado de 0, al tiempo que los valores intermedios exhibirían distintos grados (fracciones) de verdad asociados. Una vez definidos, sería posible relacionar estos conjuntos mediante operadores lógicos con conjuntos equivalentes de resultados ‘borrosos’ (por ej., SI ‘cerca’ Y ‘acercándote’ ENTONCES ‘frena’), relativos al curso presente de acción que sería establecido a partir del valor modal del resultado del set, calculado como la suma de todos los outputs potenciales (Brackstone y McDonald, 1999; p. 191).

Como vemos, hay distintos modelos sobre el seguimiento vehicular en línea (GM, AC, OV, Fuzzy, AP, lineales y no lineales, etc.), literalmente cientos (Ranjitkar, Nakatsuji y Kawamua, 2005), basados en distintos enfoques desde el punto de vista del conjunto de variables y relaciones (incluyendo el ajuste de

parámetros) a partir de los cuales se plantea que es posible predecir la Variable al otro lado del signo igual en la ecuación: normalmente una expresión de la distancia, velocidad o aceleración que el vehículo del conductor n-ario toma en su desplazamiento tras el/los vehículo(s) precedente(s) o líder.

Pero todos estos modelos parten de una asunción básica: ese conductor n-ario se desplaza tras el resto (que le preceden) con la tendencia a adoptar una distancia de seguimiento respecto al vehículo precedente que tiende a ser mínima (más allá de Newton y el tiempo variable de reacción) y relativamente estable o uniforme (asintótico con límite en la distancia de seguridad). Ahora bien, este supuesto es en parte una necesidad para poder modelizar matemáticamente el seguimiento vehicular en línea. Al plantear este supuesto como una invariante ("lo que el conductor siempre intenta o quiere") es posible, o más fácil, articular un modelo de forma más coherente, en especial cuando tenemos tráfico relativamente denso (o incluso forzado) que, desde un punto de vista, parece que siempre requiere un acoplamiento o articulación entre vehículos. Así que, al igual que asumimos en la tierra que "las piedras siempre caen", asumimos que los conductores dentro del flujo de tráfico siempre hacen eso, y de esa forma construir un modelo matemático que reproduzca el seguimiento vehicular en línea a partir del tráfico inmediatamente precedente es algo más factible.

### **1.1.2. Los modelos perceptivos de seguimiento vehicular**

Según indican Brackstone y McDonald (1999), la primera discusión sobre los factores "subyacentes" que darían lugar finalmente a la construcción (matemática, algebraica) de los modelos psicofísicos fue aportada por Michaels en 1963, que propuso que los conductores deberían en principio ser capaces, o conscientes, de que se aproximan al vehículo precedente. En primer lugar debido a los cambios en el tamaño aparente del vehículo, al percibir la velocidad relativa a partir de los cambios en el ángulo visual subtendido por el vehículo precedente  $\theta$ . Una vez se excede este umbral, los conductores escogerán decelerar hasta que no puedan percibir ninguna velocidad relativa, y en la medida en que el umbral no vuelva entonces a re-excederse, éste será la base de todas las acciones en las que los conductores puedan percibir cualquier cambio en el espacio inter-vehicular (ver Castro, 2009; Underwood, 2005).

Este segundo umbral, basado en el espaciamiento, y denominado genéricamente un Punto de Acción (*Action Point*, AP), es particularmente importante en distancias de seguimiento próximas, en las que será probable que las diferencias de velocidad se sitúen por debajo del umbral. De esta manera, para que cualquier cambio sea detectado,  $\Delta x$  debe cambiar en términos de una "distancia mínimamente detectable" (JND, *just noticeable difference*), que está relacionada con la Ley de Weber, esto es, que el ángulo visual debe cambiar por un margen

de proporción (típicamente el 10%). También es sabido que este umbral es de ~12% en circulación abierta, en la que como el conductor se mueve continuamente acercándose y alejándose del vehículo precedente, se llegará a una deriva gradual de alejamiento (Brackstone et al., 2002). Es importante decir que tras cruzar este último umbral, el conductor establecerá una aceleración/deceleración determinada y se quedará en ella hasta que se rompa otro umbral, dado que el conductor no percibe cambios en las condiciones, o como mínimo, no percibe cambios en la tasa de cambio.

En los años 1970 se pusieron en marcha una serie de experimentos cuyo objeto era cuantificar los umbrales sugeridos por Michaels (Evans, 1991). Estos experimentos requerían disponer de pasajeros en los vehículos en el test para juzgar si los huecos entre ellos mismos y el vehículo precedente se ampliaban o disminuían. Así se obtuvieron 1923 datos que indicaban que las probabilidades de un juicio correcto probablemente serían una función de  $v/\Delta x$  en el tiempo de observación. También se observó que los umbrales están sujetos a un sesgo negativo de respuesta que aumenta con  $\Delta x$  lo cual lleva a la gente a creer que hay ganancia en un vehículo cuando no es este realmente el caso (Nilsson, 2000). Como síntesis, se puede asumir una elevada consistencia estadística en el amplio corpus de investigación empírica llevada a cabo en éste campo durante los años 1970 (Evans, 1991).

Dentro de este mismo marco, Van Winsum (1999) propone una formulación matemática alternativa al principio del AP, basada en principios, hechos y números provenientes de la literatura sobre comportamiento del conductor. Su punto de partida es una relación simple:

$$D_p = t_p v_i \quad (2)$$

Donde  $D_p$  es la distancia de seguimiento preferida en m (metros),  $t_p$  el tiempo preferido de avance (hasta colisionar) en s (segundos) y  $v_i$  la velocidad del vehículo del conductor en m/s. La lógica tras esta regla es que los conductores emplean el tiempo de seguimiento como un margen de seguridad. Por tanto, controlar la distancia al vehículo líder consistirá básicamente en controlar el tiempo disponible en caso de que el vehículo líder decelere.

Quisiéramos ahora hacer notar que Van Winsum (1999) habla del margen de seguridad asumiendo que el objetivo del margen es la evitación del choque. Por eso habla del tiempo disponible para operar y no colisionar con el vehículo delantero. Pero como veremos más adelante, podríamos hablar de enseñar otros márgenes al conductor, por ejemplo el de eficiencia. Entonces se trataría de controlar la distancia necesaria para no alterar la propia velocidad aunque nos acerquemos (sin arriesgarnos a chocar).

De hecho, hay diferencias sustanciales en el valor de  $t_p$  entre conductores, y Van Winsum ha publicado evidencia experimental de que esto se relaciona con habilidades perceptivo-motoras relacionadas con la transformación de información visual en acción en conducción (cf. Van Winsum, 1999; ver Fuller y Santos, 2002; Underwood, 2005; Castro, 2009). Esto significa, por ejemplo, que los conductores que son menos habilidosos ajustando la respuesta de frenada al TTC (*Time to Collision*) con el vehículo precedente por lo general suelen preferir conducir con tiempos de seguimiento mayores. Esto puede verse como un mecanismo según el cual los conductores compensan sus diferencias en nivel de habilidad. Y cuando se requiere a los conductores que asuman un tiempo de seguimiento (*headway*) menor al que prefieren, esto resulta en costes sustanciales en términos de esfuerzo mental y una mayor activación psicofisiológica (Collet, Salvia y Petit-Boulanger, 2014).

Pero el punto fundamental en nuestro análisis es el simple reconocimiento, por parte de los expertos en percepción y conducción, del aspecto opcional de esta dinámica:

“Si la distancia al vehículo líder es mayor que  $D_p$  –distancia de seguimiento preferida-, no hay razones ligadas a la seguridad para el conductor para acelerar hasta alcanzar esa  $D_p$ . Cuán rápido quiera acelerar el conductor en ese caso dependerá probablemente de otras motivaciones. Sin embargo, si la distancia al vehículo líder es menor a  $D_p$ , se asume que el conductor se verá motivado por razón de su seguridad a decelerar hasta que  $D_p$  sea alcanzada. Esto indica que debería practicarse una distinción entre aceleraciones positivas y negativas. Solo discutiremos aquí las aceleraciones negativas. Hay evidencia de que cuando la distancia presente de avance es menor a  $D_p$ , la aceleración (negativa) iniciada por el conductor es una función del TTC estimado por él:

$$a_i = cTTC_{est} + d + \varepsilon \quad (3)$$

Donde  $a_i$  es la deceleración del conductor,  $TTC_{est}$  el TTC estimado por el conductor,  $c$  una constante,  $d$  una constante ( $<0$ ), y  $\varepsilon$  un término de error aleatorio.” (Van Winsum, 1999; p. 209).

Aun con ciertas inconsistencias (Yousif y Al-Obaedi, 2011), el objetivo fundamental, y loable, de los modelos psicofísicos centrados en las estimaciones de tiempos de seguimiento y tiempos de colisión, y en las ecuaciones que las modelan, es determinar el modo en que el operador humano procesa las variables físicas y da respuestas humanas en el momento más crítico, cuando está en riesgo su seguridad (por ejemplo, al avanzar en condiciones de tráfico forzado a velocidades cercanas al límite). Por nuestra parte nos sumamos a la preferencia de Boer (1999) por los modelos humanos de percepción durante la

conducción. Sin embargo, como veremos, los modelos newtonianos y psicofísicos comparten un a priori fundamental.

## ***1.2. Modelos sobre el seguimiento vehicular en línea: consideraciones generales***

Hemos revisado, someramente, algunas familias de modelos micro, newtonianos y psicofísicos, que han tratado, en los últimos 50 años, de describir el seguimiento vehicular en línea lo largo de un único carril. El punto de partida (Fig. 1) se reduce al hecho de que un vehículo se desplaza tras otro a una velocidad (se mueve) y con una distancia respecto al vehículo precedente (que, claro está, no conviene que atraviese). La situación de base es que A se desplaza (velocidad) y que mantiene una distancia con respecto al vehículo precedente (que es función de la velocidad, asumiendo que A quiere evitar colisionar con B). El objeto fundamental de estos modelos es determinar los factores que pueden predecir el mantenimiento del tráfico no forzado (*free flow*), salvaguardando la seguridad vial y evitando la formación de atascos.

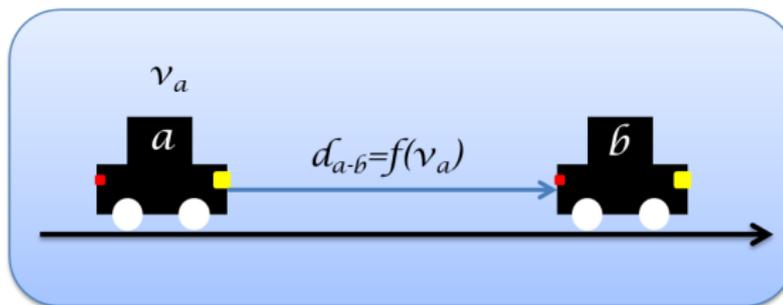


Figura 1. Planteamiento básico para el análisis del seguimiento vehicular

La lógica (bayesiana) que comparten todos ellos se centra en predecir el comportamiento del vehículo n-ario (por ejemplo, sus patrones de velocidad, de aceleración o de distancia al vehículo precedente). Para ello, se identifican todas las variables posibles que pudieran explicarlo (en su mayoría hemos visto variables físicas y psicofísicas, pero podrían ser de cualquier índole: climatológicas, culturales, socioeconómicas, etc.). Una vez se tiene ese modelo previo, que según el a priori conceptual sobre el fenómeno (modelo teórico) incluirá un tipo de variables u otro, se establece un procedimiento de ingeniería inversa que permita identificar qué variables son relevantes y cuáles pueden ser prescindibles, es decir, simplificar el modelo al tiempo que efectúa predicciones significativas.

A continuación, se obtienen unos resultados, por ejemplo magnitudes de aceleración (que parezcan razonables, realistas) o patrones de resultados en simulación. Seguidamente, se obtienen datos de las principales variables del modelo con vehículos reales (puede ser en situaciones controladas, en circuito cerrado, empleando vehículos instrumentados o grabando registros de video de tráfico real). Esta fase, el calibrado, es muy importante, no tanto porque altere la composición de factores predictivos del modelo, sino más bien porque debe permitir afinar los parámetros del mismo (es decir, los rangos alrededor de los cuales oscilan los tiempos de reacción, las distancias de seguimiento deseadas, los cambios en la aceleración, etc., en las ecuaciones matemáticas). Como hemos visto, la fase de calibración se ha extendido cerca de 30 años en el modelo GM (Li y Sun, 2012).

Tanto los modelos newtonianos como los psicofísicos asumen un mismo punto de partida, que es en realidad una invariante: la distancia de seguimiento (Fig. 1). A partir del axioma de la distancia de seguimiento, se estructura y se articula toda la dinámica del sistema (la ecuación). Aunque se reconocen diferencias individuales en la forma de mantener la distancia de seguimiento, sin esta naturalización y esta generalización, la lógica predictiva queda anulada. Con frecuencia se insiste en este aspecto: los conductores prefieren distancias de seguimiento más bien breves, porque piensan que es poco usual que ocurra una deceleración inesperada del vehículo precedente, por haber experimentado en el pasado que nunca pasa nada, porque así evitan dejar un hueco que permitiría a otro conductor ocupar el lugar inmediatamente anterior, o incluso por su falta de habilidad para estimar tiempos de seguimiento (Merrikhpour, Donmez y Battista, 2014).

Todas estas razones parecen sensatas, pero no nos parecen un argumento demasiado consistente. Hay un motivo poderoso, global y planificado por el cual los conductores tienden a adoptar distancias de seguimiento más bien breves (“Newton + tiempo de reacción”). No podemos olvidar que la distancia de seguimiento forma parte del cómputo del funcionamiento del tráfico en las infraestructuras viarias existentes. Las carreteras se construyen para que fluyan vehículos, y porque existen estimaciones de cuántos vehículos deben fluir. Se trata de decisiones estratégicas y extraordinariamente costosas, como sabemos. Según una reciente orden ministerial, el coste de construir un kilómetro de autopista interurbana (en terrenos sin riesgos geológicos aparentes) oscila, en función de la dificultad de la orografía, entre 2 y 8 millones de euros por km (BOE, 2010). De modo que las decisiones de cuántas carreteras para cuántos vehículos nos llevan a otro lugar, el *Highway Capacity Manual* (TRB, 2010), auténtica “biblia” de la construcción de las carreteras.

Así pues, habría dos criterios generales que promueven esa constante de los flujos de desplazamiento colectivo en línea observada y modelizada por los ingenieros del tráfico y explicada por los psicólogos del tráfico como un fenómeno con base perceptiva.

El primer criterio es un a priori de racionalidad que concierne al uso eficiente de las propias vías: su capacidad estimada. En principio, las carreteras se construyen con criterios de racionalidad según previsiones de flujos vehiculares. El HCM (TRB, 2010) determina la relación entre los flujos estimados y la capacidad de la vía (número de carriles, anchura, etc.), y así se estima por ejemplo, que podrán circular tantos miles de vehículos a tal velocidad por tal número de carriles.

El segundo criterio es una derivada del anterior. Como plantea el modelo CA (sección 1.1.1.2.) el límite de vehículos en circulación a esa velocidad lo ponen las posibilidades que debe tener el conductor para responder y ponerse a salvo si hay variaciones en el desplazamiento del vehículo delantero: esto es, la distancia de seguridad. La distancia de seguridad (con un estándar aproximado de 2 a 2,5 segundos en el seguimiento) viene determinada por parámetros de física newtoniana (velocidad, distancia, coeficiente de rozamiento...) y por los márgenes del tiempo de reacción que se consideren oportunos. Por ejemplo, la instrucción 8.1-IC para la señalización vertical en carreteras (BOE, 2014) establece que los límites de velocidad sean múltiplos de 10 km/h, que la deceleración necesaria para alcanzar una velocidad limitada a partir de otra de aproximación debe responder a un modelo de deceleración uniforme y suave por la acción de los frenos (a razón de 7 km/h/s), asumiendo un tiempo de percepción y decisión de 2 segundos (p. 203).

Por lo tanto, esa constancia o regularidad en el flujo viario modelizada por los ingenieros de tráfico no viene determinada por una decisión perceptiva del conductor (Modelo AP, sección 1.1.2), sino que ese trabajo perceptivo viene condicionado a su vez por criterios de operatividad y funcionalidad del tráfico esperado dado el espacio viario disponible (HCM, 2010). Estos criterios se explican y enseñan al conductor en su formación reglada, se le recuerdan a menudo (“mantenga la distancia de seguridad”) y también se le muestran de forma explícita, por ej., la señal R-301 (RGC, 1998). En algunos casos, se dan reglas básicas a los conductores para que aprendan a parametrizar y estimar esta distancia (por ej., fijarse en un punto significativo por el que pasa el vehículo precedente –un árbol- y pasar por ese mismo punto tras haber contado dos segundos, dejar el espacio de dos líneas discontinuas de las marcas viales, etc.; ver Menéndez, 2015). Además, en circunstancias de tráfico más o menos denso no conducir manteniendo esa mínima distancia para evitar una colisión equivale a ser adelantado, incluso hostigado, por el resto de conductores (Vanderbilt,

2008). Mantenga la distancia de seguridad... y no más que la distancia de seguridad.

Como vemos, el axioma de la distancia de seguridad no deriva de una preferencia naturalizada del conductor (como apuntaba Van Winsum, 1999), sino que proviene del funcionamiento del sistema viario y de tráfico tal como está diseñado de raíz. Este diseño lleva a dos posibles planteamientos para preservar los flujos circulatorios cuando alcanzan cierta densidad: regular una velocidad constante cercana a la optimización de la capacidad (por ej., 80km/h, ver Soriguera y Sala, 2014) o aumentar la capacidad (hacer más carreteras, o más carriles; ver una versión crítica en Vester, 1997).

La respuesta fundamentalmente dada a “¿por qué se producen entonces congestiones?” es de dos tipos. Por un lado, tenemos respuestas del tipo “paradoja de Braess”, que refiere al problema de las decisiones individualmente óptimas en el tráfico, pero con consecuencias desastrosas para el colectivo en desplazamiento (Hayes, 2015). Esta paradoja funciona, dentro del marco de la teoría de juegos, de forma similar a fenómenos como el dilema del prisionero o la tragedia de los pastos comunales (Waller, 1986). El egoísmo del conductor individual genera atascos. El conductor determina su mejor opción individual, lo cual va en detrimento del resultado conjunto (porque cuando todos lo hacen, deja de ser funcional). Esta paradoja explicaría por qué las redes de infraestructuras viarias tienden siempre a colapsarse, en especial cuando generamos alternativas (por ej., si aumentamos el número de carriles y permitimos más caos en el sistema con más cambios de carril, adelantamientos, etc.). El atasco surge del desorden creado por el egoísmo del conductor...

Por otro lado tenemos respuestas lógicas si uno se atiene al criterio de capacidad. Una vía se colapsa porque alcanza el nivel crítico de vehículos en circulación para el que ha sido diseñada. Entonces solo parece haber tres opciones: reducir la velocidad máxima, sacar vehículos de la vía, para que fluya el número óptimo, o añadir carriles. Sin embargo, esta tercera opción nos enfrentaría al problema de la demanda inducida en el tráfico (Vester, 1997), y a una versión b de la paradoja de Braess: cuando hay más opciones (de adelantar) estas son aprovechadas lo cual genera inestabilidad en el flujo, lo que también puede repercutir en la congestión (Soriguera y Sala, 2014). De hecho, al igual que eliminar carreteras puede contribuir a reducir las congestiones (Hayes, 2015), también reducir carriles (por ej., de 3 a 2) puede hacerlo, porque reduce la perturbación en curso.

Como vemos, en última instancia este marco de interpretación y esta forma de operativización del desplazamiento vehicular masivo tiene repercusiones. La consecuencia directa es “naturalizar” que a) tenemos un modo fundamental o consustancial de desplazarnos en el tráfico que en el límite b) presenta

inconvenientes, tales como la congestión o los accidentes. Cuando ocurren atascos y no se entiende porqué (no fluyen más vehículos, ni a mayor velocidad, de lo que el diseño y la capacidad de la carretera debería permitir holgadamente, etc.) recurrimos conceptos como el del “atasco fantasma” (*phantom traffic jam*, Gazis y Herman, 1992; Orosz, Wilson, Szalai y Stépán, 2009).

### ***1.3. Valoración crítica del enfoque actual***

#### **1.3.1. Algo más sobre la capacidad de las carreteras**

El *Highway Capacity Manual* (TRB, 2010) es el principal referente en texto utilizado por los ingenieros de caminos para determinar qué vías es necesario construir (por ej., cuántos carriles en una autopista) para asegurar ciertos niveles de servicio (pongamos, el paso de 100.000 vehículos al día). El HCM dice:

“Se define, en general, como capacidad de una vía a la máxima intensidad horaria de personas o vehículos que tienen una probabilidad razonable de atravesar un perfil transversal o tramo uniforme de un carril o calzada durante un periodo definido de tiempo bajo las condiciones prevalecientes de la plataforma, el tráfico y los sistemas de regulación” (p. 26).

Sorprende de este párrafo la definición “general” de la capacidad (como lo haría tal definición general de la fuerza de la gravedad en la tierra), algo que incluso el lego supondría bien formulado en perfectos términos matemáticos y físicos, y con un valor concreto (por ej.,  $9,8\text{m/s}^2$ ...). Consideremos, de este párrafo, lo siguiente:

1.- “Probabilidad razonable...”. Más que probabilidad razonable (frente a irrazonable) tendría más sentido referirse a lo probable e improbable. Si la probabilidad, por definición, es el valor que relaciona los casos posibles con los casos favorables, la pregunta sería: ¿Qué valor es el razonable que se tome como razonable? ¿El 99%, el 95%,... el 5%? Si dos ingenieros, cada uno con su argumento razonable diferente, llegan a valores finales diferentes, ¿tendría entonces una carretera varias capacidades al mismo tiempo?

2.- Se está afirmando, en la propia definición general de capacidad, que ésta depende de la demanda de paso, de lo habitual que sea la misma, de cómo sean los conductores (“el tráfico”) y no solo de los parámetros constructivos y geométricos de la vía ¿Por qué entonces se le denomina ‘capacidad de la carretera’? De la misma forma razonable se podría afirmar ‘capacidad de los conductores o personas’. De hecho, aquí tenemos dos enfoques, bien hablar de capacidad de la carretera, bien hablar de la capacidad de los conductores para ir por la carretera, cuyas consecuencias difieren (tanto como poner el énfasis en construir vs. educar).

3.- Según la ‘definición en general’ la capacidad de la carretera implica una probabilidad. Y la unidad de la probabilidad es adimensional, es decir, es un centil, un valor de 0 a 1. En otras palabras, ¿No sería lo adecuado decir que hay una probabilidad del 95% de que la intensidad máxima sea de 2.400 v/h, por ejemplo, y no que la capacidad es de 2.400 v/h? Tan cierto es, según la definición, afirmar que una vía tiene una capacidad de 2.400 v/h con una probabilidad del 99% que afirmar que esa misma vía tiene una capacidad de 2.600 v/h con una probabilidad del 95% o de 2.800 v/h con una probabilidad del 60%. Todas son formas razonables, todas se ajustan a la definición de capacidad, luego si no se da el valor numérico de la probabilidad el término de capacidad queda ambiguo, sin validez, vacío.

Lo que en realidad vendría a cuestionarse aquí es que “capacidad” sea un atributo fijo de una carretera. De hecho no podemos asumir lógicamente que las carreteras tienen capacidad en este sentido. Topológicamente una carretera es un tubo, no un cuenco. Por definición, un tubo no tiene capacidad. Tradicionalmente se ha “calculado” la capacidad de la carretera como si de un vagón de tren, un autobús o un ascensor se tratase. Por ejemplo con un ascensor vemos que existe un límite a la capacidad, de tipo físico (cuánto peso es capaz de soportar un cable) y también cultural (lo decoroso que resulta apiñar a 20 personas en un ascensor) y de seguridad (qué margen derivado de la variación de los pesos estándar de la gente debe tenerse en cuenta para asignar un número de plazas a un ascensor). Pero decir que se producen los atascos porque las carreteras han llegado a la capacidad máxima, a la máxima intensidad circulatoria que puede soportar la carretera, no tiene sentido.

Una carretera es más bien un tubo por el que fluye una materia auto-regulada (los conductores) que no se salen de la misma (a no ser por circunstancias extrañas, como cuando se agujerea una manguera). Un tubo no tiene capacidad, no tiene límite al paso del fluido, que fluirá de forma continua y perenne en la medida en que ese paso se administre de forma funcional y adecuada. Dough McDonald, alcalde de Washington D.C. (EEUU) ha intentado explicar esto en un ilustrativo vídeo en internet, mostrando que un mismo embudo absorbe una misma cantidad de arroz en la mitad de tiempo, dependiendo de la forma en la que vertimos el arroz en el embudo (WSDOT, 2007). Lo que determina el bloqueo y la llegada al límite de capacidad de vehículos en una vía depende de la forma de administrar ese desplazamiento de vehículos. Si, como hemos visto en el apartado anterior, las premisas para articular el flujo son precondition del atasco, que se producirá ante distintas perturbaciones, ese es el problema y no la capacidad. Es posible reducir la velocidad media de un flujo vehicular aumentando el número de carriles de dos a tres, debido a que bajo ciertas condiciones (tráfico forzado) los cambios de carril generaran perturbaciones que

se transmitirán en forma ondulatoria. En tal densidad de tráfico, disminuir la capacidad, de tres a dos carriles, puede resultar operativo (paradoja de Braess). Pero si entendemos la naturaleza ondulatoria del tráfico forzado (Sugiyama, Fukui, Kikuchi, Hasebe, Nakayama, Nishinari, Tadaki, y Yukawa, 2008; Tadaki, Kikuchi, Fukui, Nakayama, Nishinari, Shibata, Sugiyama, Yosida y Yukawa, 2013), esto más que una paradoja nos parece puramente lógico y de esperar.

Tomemos un caso conocido, los atascos que se forman a salida de Madrid en dirección Levante por la A3. Hay 3 carriles justo hasta 10 km antes de llegar a Arganda, entonces se pasa de tres a dos carriles. Ese paso de 3 a 2 carriles es un punto potencial generador de perturbaciones que se transmitirán de forma ondulatoria, bajo ciertas condiciones de intensidad y de articulación de los flujos viarios. Si la intensidad de flujo circulatorio es baja, no pasa nada. Pero si es alta, se producen congestiones precisamente en la sección de 3 carriles justo anterior al paso de 3 a 2 (la Fig. 2 muestra, en el km 14 de la A-3/E-901, dirección Arganda, dos señales fijas de peligro... por congestión –ver flechas amarillas). Pongamos que los cálculos de capacidad indican que deberían poder fluir 2000 vehículos por hora y carril en esa zona, ¿por qué en lugar de 6000 vehículos por hora pasan solo 3700 vehículos en un momento dado? Debido a la perturbación del tráfico, que transforma la capacidad de la carretera. Luego el atributo de la capacidad no es de la carretera, es de la dinámica del tráfico. El problema no es la capacidad de la carretera, sino la capacidad de los conductores para ir por la carretera.



Figura 2. La A-3/E-901 sentido Arganda (Madrid), km 14.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Retirado el 8 de Agosto de 2015. Ver: <https://www.google.es/maps/@40.359263,-3.561898,3a,75y,89.87h,64.63t/data=!3m6!1e1!3m4!1scrtr-ybndYov90ngZEU1yg!2e0!7i13312!8i6656>

En síntesis (Ranney, 1994; Lucas-Alba, 2009) podríamos hacer la siguiente reconstrucción de un proceso que no ha conseguido eliminar las congestiones del tráfico, incluyendo 50 años de modelado físico-matemático y psicofisiológico:

1. Hace algo más de un siglo el advenimiento del tráfico motorizado vino a dejar obsoleta una red viaria diseñada para promedios de velocidad de 16km/h (y para vehículos de arrastre animal).

2. Pronto la velocidad y número de vehículos, ambos en aumento, generó problemas de accidentes y congestiones.

3. La necesidad de adaptar las condiciones de la red viaria a las nuevas funcionalidades de los vehículos (a principios del siglo XX ya alcanzaban más de 100km/h) y su creciente número (masificación en los años 1940 en EEUU y una década más tarde en Europa), impulsó una inversión en infraestructuras viarias intensiva y mantenida a lo largo de todo el siglo XX prácticamente en todos los países desarrollados.

4. Los criterios básicos utilizados para decidir cuántos vehículos puede absorber un carril por hora siguen un principio que densifica los flujos viarios: ley de Newton para determinar la distancia de frenado (teniendo en cuenta el coeficiente  $g$  y el rozamiento del pavimento, etc.) a una velocidad dada y tiempo de reacción más o menos estándar por parte del conductor. Este criterio de optimización de las vías con respecto a los flujos esperados de conductores establece un a priori sobre la distancia de seguimiento inter-vehicular: ha de ser segura pero mínima, para preservar criterios de seguridad vial y movilidad. Surge así la idea de “una mínima distancia de seguridad” como la forma adecuada de asumir el desplazamiento y seguimiento vehicular en línea.

5. Los modelos matemáticos y psicofisiológicos asumen en su mayoría este factor “distancia de seguridad” como un invariante del tráfico. El objetivo es determinar el *Normative Driver Behavior* que permita establecer predicciones de flujo de vehículos a gran escala y también, en el presente, articular los nuevos dispositivos ITS con el comportamiento esperado del conductor (Brackstone y McDonald, 1999). A partir de este invariante, construyen la lógica de los modelos de seguimiento vehicular (ver Ranney, 1999 para una visión crítica del concepto de *Normative Driver Behavior*).

6. Como veremos a continuación, el criterio de racionalización de uso de las infraestructuras (suficiente seguridad y máxima capacidad) es el origen fundamental de la génesis de los atascos “fantasma” (Sugiyama et al., 2008). Al invitar a los conductores a acoplarse sistemáticamente a los conductores precedentes según este criterio (distancia de seguridad), promovemos la articulación de un medio físico-psíquico de transmisión de perturbaciones en

forma ondulatoria. Aunque nos disguste, bajo estas condiciones, la aparición del atasco obedece a una ley natural (las ecuaciones del movimiento ondulatorio).

### **1.3.2. Nuevas tendencias del modelado físico-matemático del seguimiento vehicular: el “Experimento de Nagoya”**

Desde finales de los años 1990 se ha desarrollado una visión del modelado del seguimiento vehicular que es más o menos complementaria a la clásica (Bando et al., 1995; Treiber et al., 1999; Sugiyama et al., 2008; Tadaki et al., 2013). El punto de partida no es la situación micro (secuencia de desplazamiento de dos vehículos emparejados, Fig. 1), sino la idea de que el tráfico es un sistema no equilibrado de partículas que interactúan. Según este enfoque, una congestión en el tráfico no tiene por qué ser producto de un atasco (por ej., de un cuello de botella en el flujo producto del corte de un carril por avería). El origen de la congestión es más sutil, y se origina en la propia interacción de partículas en el sistema que puede empezar en situación de flujo libre.

El experimento de Nagoya fue concebido con la finalidad de recrear las circunstancias de interacción entre partículas (una serie de vehículos que se desplazan uno tras otro en un circuito circular). Bajo ningún caso habrá un elemento que “atasque” el tránsito, y el aspecto crítico será la introducción progresiva de vehículos en el circuito hasta que se alcance la masa crítica que genere, espontáneamente, lo que técnicamente se denomina un soliton (una perturbación ondulatoria con una única cresta de avance –por ejemplo como un tsunami- que se propaga en sentido inverso a la marcha de los vehículos):

“En las carreteras, un conductor controla un vehículo de manera que no colisione con el vehículo frente al suyo, lo que quiere decir que un vehículo frena cuando la distancia de seguimiento es pequeña. Este comportamiento es esencial para describir el fenómeno del flujo de tráfico. Así que trataremos a los vehículos como partículas que se mueven colectivamente en interacción de manera que cada una cambia su velocidad al observar el vehículo precedente, para evitar la colisión. (...) El mecanismo físico para formar una congestión puede resumirse así. Siempre hay pequeñas fluctuaciones en el movimiento de vehículos en el flujo vehicular. Si la densidad de vehículos es baja, tal fluctuación desaparece y el flujo libre se mantiene. Pero si la densidad excede un valor crítico, la fluctuación no solo no desaparece sino que crece consistentemente y finalmente fractura el flujo libre.” (Sugiyama et al., 2008; p. 2-3).

Hasta 22 vehículos entrarán a circular en un perímetro de 230 m, guardando un espacio uniforme entre sí, y la única instrucción que recibirá cada conductor será circular a unos 30km/h. “La velocidad parece elevada, considerando la distancia promedio de seguimiento. Necesitamos una velocidad apropiada para circular de

manera que se satisfaga la condición inestable en el movimiento homogéneo en esta situación. (...) *Solo se dijo a los conductores que siguiesen al vehículo que les precedía de forma segura al tiempo que mantenían su velocidad de cruce*” (p. 4; la cursiva es nuestra). Tras un tiempo, comienza a observar pequeñas fluctuaciones en las distancias de seguimiento, que van desarrollándose con el tiempo. Llegado a un punto la perturbación afecta al flujo libre y los vehículos ya no se mueven homogéneamente. Finalmente varios vehículos se ven forzados a parar completamente durante un momento:

“Se observa claramente una ‘onda de parada-y-arranque’, y más aún, ésta se propaga en el sentido opuesto al del movimiento de los vehículos, lo que no es otra cosa que una congestión. El clúster congestionado se mueve como una onda soliton y mantiene su tamaño y su velocidad.

Hemos observado la inestabilidad del flujo libre en la pista circular y la emergencia de una congestión de tráfico sin previo obstáculo o atasco. Los vehículos dentro del clúster de la congestión paran completamente, y los vehículos fuera de él se mueven libremente (aproximadamente a 40km/h). El vehículo que encabeza el clúster empieza a acelerar y escapa de él, mientras otro vehículo llega a su parte trasera. La repetición de este movimiento preserva la estabilidad del clúster [congestionado], y el clúster en sí mismo viaja hacia atrás más o menos a una velocidad de 20km/h –el valor habitual de la velocidad de un atasco medido en autopistas reales. La propiedad esencial de un atasco viene determinada por el movimiento. En consecuencia, la retro velocidad de un clúster de congestión no se ve afectada por la longitud mayor o menor del mismo.” (p. 5).

### 1.3.3. Ejemplos en la naturaleza

La naturaleza muestra abundantes ejemplos de funcionalidad en el complejo desplazamiento colectivo y masivo de orugas, hormigas, aves, etc. (Gil, 2015). La especie humana nunca se ha visto forzada a caminar en línea y encajonada detrás de cientos de semejantes, esto ocurre apenas hace 100 años. Pero otras especies – por ej., ciertos invertebrados como hormigas y orugas- sí se desplazan colectivamente por una misma vía, de forma exitosa, hace ya millones de años. Las soluciones para la movilidad terrestre provenientes del mundo animal han inspirado a muchos estudiosos del tráfico. Desde luego las hormigas, con sus hábitats intrincados y superpoblados (Dallmeyer et al., 2014). En nuestro caso, encontramos en la *Thaumetopoea Pityocampa*, la oruga procesionaria del pino mediterráneo, un ejemplo especialmente interesante, por el modo eficiente y ordenado en el que se desplaza colectivamente en línea (Astudillo & Deneouburg, 2011; Peters et al., 2008). A los estudiosos del círculo de Nagoya (Sugiyama et al., 2008) les sorprenderá saber que las orugas pueden mantenerse 12 horas desplazándose sin interrupción en círculo, sin desagregarse (Fitzgerald,

2003), sin problemas de estabilidad en el tráfico. Todo en el movimiento de las orugas parece calculado para maximizar el avance cohesionado del grupo. Las orugas no corren de más, tampoco pierden el contacto con el espécimen precedente, y se adaptan a la velocidad del grupo sin entorpecer su ritmo (no van demasiado lentas ni demasiado rápidas). La eficiencia del desplazamiento es fundamental para su supervivencia y lo que han conseguido, esencialmente, es incorporar en su patrimonio genético la forma armónica de desplazamiento ondulatorio. Un batallón de orugas constituye un medio de transmisión de una onda mecánica de movimiento. Al avanzar como un cuerpo, las orugas muestran “entender” la transmisión del movimiento ondulatorio y hacerlo jugar a su favor.

La esencia de esa transmisión se encuentra, entre otros, en las denominadas redes de Hopfield. Gracias a su trabajo sobre neurofisiología en invertebrados, John Hopfield (1982; ver también Rojas, 1996) desarrolló un tipo de red neuronal auto-asociativa de una sola capa, creando un nuevo enfoque del aprendizaje, simple y capaz de describir el movimiento de ciertos invertebrados como las hormigas y las orugas. Las redes de Hopfield son una estructura de entrada-modelo-salida que busca una convergencia (a la que podemos llamar “solución”) mediante la reorganización de las conexiones neuronales (“aprendizaje”) entendiendo cada iteración como una “aproximación a la solución”.

El problema en el ser humano (en la congestión) es que no existe un aprendizaje, sino que ante la necesidad (“llegar lo antes posible”) aplica una norma (“mantener la distancia de seguridad”). La norma (que es oficial) impide que exista un algoritmo iterativo: no hay nada que aprender (ajustes, reajustes), tan sólo aplicar. De modo que el comportamiento del conductor en un atasco es muy básico y sigue dos criterios: “demasiado cerca” (1) o “demasiado lejos” (-1):

- El conductor ve al vehículo delantero alejarse. Superado un umbral determinado de distancia, se activa el valor “demasiado lejos” (-1) entonces acelera.
- El conductor ve al vehículo delantero más próximo. Superado un umbral determinado de distancia, se activa el valor “demasiado cerca” (1) entonces frena e incluso para.

Pensemos que una oruga avanza en un batallón bajo la clave: “si pierdo el contacto con el individuo que me precede, avanzo”. Pero la oruga gestiona un mecanismo compensatorio para ajustar su desplazamiento a las necesidades del batallón en su recorrido (p.ej., si la compañera que le precede sube una rama, sorteando un saliente, etc.): controla el grado de extensión de su propio cuerpo. Si toca al individuo que va delante antes de llegar a la máxima extensión de su cuerpo, detiene el proceso, queda algo replegada. Si con la extensión normal de su cuerpo no llega a tocar, alcanza la máxima extensión. Es de suponer que las

orugas avanzan a una velocidad que no fuerza su extensión hacia el exceso (i.e., dentro de cierta comodidad biomecánica compartida por individuos-oruga muy semejantes). Para la oruga, en definitiva, hay dos elementos a tener en cuenta en el desplazamiento, por un lado no perder contacto con el individuo que la precede, y por otro lado, avanzar eficientemente (sin abalanzarse ni quedarse corta) dentro del pelotón en movimiento.

### 1.3.4. Aspectos de matemática aplicada

Si la naturaleza muestra mecanismos de este tipo, también han de estar en las matemáticas y la física (Melchor, 2012; Melchor y Sánchez, 2014). Una forma muy sucinta de exponer la cuestión es considerar las incógnitas que un conductor debe resolver para desplazarse y las repercusiones que esto tiene para el flujo viario. En general, para resolver un sistema de ecuaciones algebraicas de forma determinada necesitamos tantas ecuaciones como incógnitas (Cuadro 1).

	Condición:	“Quiero viajar...”	Variable	Valor estándar	
1ª	“... seguro.”		Tiempo: t	2,5 s $d = v * t$	Se traduce en la distancia de seguridad
2ª	“... con el mínimo fuel.”		Velocidad: v	Velocidad constante $v_i = v_m$	Velocidad instantánea y media
3ª	“...ocupando el mínimo asfalto.”		Distancia: d	?	?

Cuadro 1. Ecuaciones básicas de la ingeniería del tráfico para el movimiento en línea

Como se ha dicho anteriormente, generalmente se da por hecho que si mantengo la distancia de seguridad con el vehículo que me precede la consecuencia es que estoy ocupando el mínimo espacio y, con ello, haciendo que una sección de carretera sea atravesada por el mayor número de vehículos. Por eso se suele asumir que la 3ª condición del Cuadro 1 es una redundancia, una ecuación consecuencia o dependiente de las otras dos. Sin embargo, esto solo sería cierto si el vehículo que el conductor lleva delante circula a una velocidad constante, lo que es irreal (Sugiyama et al., 2008). Por tanto, se puede afirmar que los consejos de conducción eficiente del IDAE (2005), “mantenga la distancia de seguridad” y “mantenga una velocidad constante”, son matemáticamente incompatibles y no se pueden cumplir. Se requiere que el conductor tenga en cuenta una tercera variable.

A un nivel general, la propuesta que asumirá este trabajo consiste en rellenar esas dos casillas vacías de la tabla 1. Se le puede denominar *zona de eficiencia*, y la definimos como aquel rango de distancias en las que el vehículo precedente se sitúa sin que por ello provoque un cambio en la velocidad en nuestro vehículo. Se trataría de un rango que comienza donde termina la distancia de seguridad “clásica” (entre nuestro vehículo y ese vehículo precedente) y termina en el punto de máximo alejamiento del vehículo precedente en ese rango cuando mantenemos permanentemente una velocidad instantánea ( $V_i$ ) igual a la velocidad media ( $V_m$ ) del vehículo precedente.

Llegados a este punto, necesitaremos describir la articulación del movimiento colectivo en línea recurriendo a la física del movimiento ondulatorio armónico, en concreto a las ondas mecánicas longitudinales que son las que describen innumerables fenómenos de transmisión de perturbaciones tales como el sonido (en aire, en sólidos), las olas del mar, y también en el tráfico.

### **1.3.5. Movimiento ondulatorio y tráfico**

El ámbito de los fenómenos ondulatorios es extraordinariamente complejo y quedaría fuera de nuestros objetivos. Pero sí es necesario hacer explícitos algunos conceptos sencillos para poder entender mejor nuestro enfoque.

A un nivel general, el punto de partida es la omnipresencia de oscilaciones y vibraciones de todo tipo en la naturaleza. Esas vibraciones, o perturbaciones, van a afectar aunque sea mínimamente a su espacio circundante (de otra forma, no ocurriría el movimiento que les da lugar) y pueden en potencia transmitirse a lo largo de un medio. En el contexto de nuestro problema nos interesan las vibraciones y oscilaciones que, efectivamente, se transmiten a lo largo de un medio. De la vibración per se debemos retener su magnitud (amplitud) y la velocidad (ritmo) con la que se determina su recorrido oscilatorio. Por ejemplo, supongamos un único conductor que avanza uniformemente por una carretera. Su velocidad de avance siempre registrará pequeños altibajos (oscilaciones) a lo largo del tiempo. Y en la medida en que su velocidad instantánea no sea una constante perfecta en cada instante sucesivo, podremos presuponer una media alrededor de la cual se situarán esas velocidades instantáneas.

Según Cromer (1981) una onda en física es la propagación de una perturbación o vibración a través de un medio o del vacío. Todas las ondas que se propagan a través de un medio (con independencia del tipo de medio, aire, agua, un sólido) se llaman ondas mecánicas (por oposición a las electromagnéticas, que pueden propagarse en el vacío). Si la perturbación o vibración que provoca la onda es periódica, también lo será la onda. Hay dos tipos básicos de ondas mecánicas. Cuando la dirección de la vibración es perpendicular a la dirección de

propagación, hablamos de ondas transversales (como en un látigo), mientras que cuando la vibración se produce en la misma dirección en la que se propaga, se producen ondas longitudinales (como el sonido). Un ejemplo clásico y notable de onda mecánica longitudinal es el péndulo de Newton.

Hay dos elementos básicos a tener en cuenta: la intensidad de la perturbación y la cohesión interna del medio de transmisión. En la naturaleza, un material (por ej., un cristal) tiene una consistencia dada y constante cuyo origen son las fuerzas eléctricas que equilibran la posición de los átomos del cristal entre sí. Las ondas mecánicas o impulsos pasan a través del cristal de un átomo a otro porque cada átomo está ligado a una posición de equilibrio por fuerzas eléctricas. Cuando se los perturba, esos átomos actúan mecánicamente de la misma forma que lo harían unas masas unidas por muelles. Cuando un impulso se mueve a través de un sistema, cada oscilador simple no se desplaza muy lejos pero la perturbación se propaga en toda su extensión. Esa cohesión interna representa un umbral respecto al tipo de perturbación que es posible transmitir. Si está por debajo de cierto umbral esa perturbación se transmitirá, y si es demasiado intensa provocará una ruptura del cristal.

Como muestran Sugiyama et al. (2008), el tráfico vehicular puede adquirir la consistencia de medio de transmisión de perturbaciones en forma ondulatoria. Esto sucede cuando los conductores (que, incluso imperceptiblemente, oscilan) viajan entre sí a una distancia tal que les fuerza a reaccionar ante cualquier perturbación generada por el vehículo precedente (por ejemplo, un frenazo). Es decir, cuando una oscilación es lo suficientemente intensa en ese medio de transmisión como para propagarse a lo largo del mismo de forma notoria, viaja a través del mismo. Es cierto que ese influjo siempre está presente en forma mínima, pero hay circunstancias en particular que facilitan el recorrido de la perturbación. En principio este sería el caso más habitual, por ejemplo en condiciones de tráfico llamado forzado (Ranney, 1999; Naujoks y Totzke, 2014), justo el momento recreado “artificialmente” por Sugiyama et al. (2008). Pero también podría suceder que se transmitiera una perturbación en forma ondulatoria ante un acelerón del vehículo delantero, si el criterio del vehículo que le sigue (y del resto) es no dejar que ese vehículo se aleje, es decir, mantener siempre una distancia constante y mínima.

Consideremos el movimiento colectivo en línea. ¿Qué puede representar una perturbación? En principio, cualquier elemento capaz de causar una aceleración o deceleración sobre un vehículo en el tráfico: una distracción (valla publicitaria, un “efecto mirón”), una curva, una señal de limitación de velocidad, una incorporación o cambio de carril de otro vehículo, etc. Todos estos serían ejemplos reactivos básicos, fáciles de observar en un conjunto de vehículos en el desplazamiento en línea. Pero el medio humano “tráfico” es notablemente

complejo en términos de su dispersión y su concentración, no solo de tipo *reactivo*, también de tipo *proactivo*. Por ejemplo, un Panel de Mensaje Variable puede originar una perturbación hacia adelante, en forma de atracción. Por ejemplo cuando un PMV indica congestión en un nudo periurbano, pongamos a 4 km, y se observa que la respuesta de los conductores es (paradójicamente) acelerar para llegar antes (una suerte de efecto “coger número en la cola del pan”). En este caso, ese medio de conductores pendulares conocedores de una zona hacen gala de la paradoja de Braess (Hayes, 2015) y aceleran bajo un criterio o cálculo de eficiencia personal... para engrosar el atasco.

Complementariamente, ¿qué incide en la fuerza o el grado de cohesión interna del potencial medio de transmisión de perturbaciones que es el tráfico? Uno de los factores más potentes es sin duda el criterio de la distancia de seguridad. La distancia de seguridad es, en realidad (aunque inadvertidamente), un criterio cohesionador del tráfico como medio de transmisión de perturbaciones en forma ondulatoria (ver sección 1.2). El problema, como hemos destacado, estriba en se ha articulado la distancia de seguridad en el seguimiento de vehículos partiendo de un caso: cuál es la distancia necesaria para que un vehículo frene y evite colisionar contra cualquier objeto parado. Aquí se tiene en cuenta la física newtoniana básica (velocidad, distancia, coeficiente de rozamiento, etc.). A partir de aquí, para determinar la distancia adecuada de seguimiento de un móvil tras otro móvil se ha partido de estos mismos parámetros, pero añadiendo el tiempo de reacción en proporción a la velocidad que se mantiene (pongamos, 2 segundos). Ese tiempo de reacción es importante y el caso se aplica igual a un humano o a una máquina (a no ser que vayan sincronizadas externamente). A partir de la distancia de frenada que requiere un conductor se obtiene la distancia de frenada que requiere un conductor que sigue a otro conductor.

El criterio de la distancia de seguridad no repara en la condición básica del tráfico moderno, el movimiento colectivo en línea (Evans, 1991). Forzamos el concepto de capacidad de una carretera por pragmatismo a corto plazo, pero obviando que hemos preparado –por computar al límite, por generar demanda inducida, etc.- el desarrollo natural de procesos de congestión que indefectiblemente terminan emergiendo en el tiempo (Sugiyama et al., 2008). Preservamos la integridad de un conductor, lo cual es excelente, pero a costa de simplificar inadecuadamente su problema (el vehículo delantero) y también el cómo debe articularse el movimiento colectivo de decenas o cientos de conductores. En realidad, hemos creado parámetros de cohesión interna (las “fuerzas eléctricas”) que van a transmitir fácilmente ciertas perturbaciones a lo largo del medio-tráfico. Una vez así constituido ese medio físico-psíquico de transmisión potencial, todo queda a expensas de la intensidad de la perturbación que se produzca. Si es moderada, podemos confiar en que pequeños ajustes

permitan que la línea de tráfico resista. Pero si es lo suficientemente intensa, o los conductores van lo suficientemente “apretados”, ese medio se quebrará, y obtendremos el equivalente en el medio-tráfico a la ruptura del medio cristal, que es el atasco.

En este sentido, el mantenimiento de la distancia de seguridad es un objetivo funcional, pues permite evitar una colisión. Pero la consecuencia colectiva es claramente disfuncional. Porque cuando proponemos ese criterio mínimo de la distancia de seguridad como estrategia colectiva de desplazamiento vehicular, no podemos (por definición) evitar que esa perturbación se traslade a través del medio que forman los vehículos articulados bajo ese principio.

Hay que entender que el criterio humano que opera en el mantenimiento de la distancia de seguridad es cognitivo (mecanismos estimativos perceptivos) y emocional (miedo o ansiedad por la colisión), que a su vez pueden verse modulados por muchos otros (por ej., cognitivos: distracción; emocionales: enfado por llegar tarde, música, etc., Mesken, Hagenzieker & Rothengatter, 2005; Mesken et al., 2007; Muhrer y Vollrath, 2011; Naujoks y Totzke, 2014; Pêcher et al., 2009; Roidl et al., 2013; Zhang y Chan, 2014; Vallières, Bergeron & Vallerand, 2005;). Esa operativa cognitivo-emocional regula el mecanismo básico para el mantenimiento de la distancia: accionar/soltar el acelerador y frenar (Totzke et al., 2011). Esta operativa transcurre con un tiempo aproximado de reacción por parte del conductor (1-2 segundos). En la medida en que la distancia de seguimiento sea más ajustada y si las perturbaciones que pueden originarse más adelante son más abruptas, la transmisión ondulatoria será más rápida provocando a su vez más miedo a la colisión, más sobrerreacciones, etc. En última instancia, la respuesta a adoptar puede llegar a ser aquella para la que se ha implementado el criterio de la distancia de seguridad: frenar hasta parar para evitar la colisión.

Un aspecto que debemos retomar ahora es que el movimiento en línea de vehículos que llega a articularse como medio de transmisión de perturbaciones en forma ondulatoria, está formado por vehículos que a su vez mantienen cierta oscilación en su desplazamiento. A diferencia de una sustancia inanimada, cuyos elementos iguales mantienen propiedades idénticas de reacción, repulsión, etc., cada conductor en el tráfico puede comportarse como cualquier otro (por ej., siguiendo estrictamente el criterio de la distancia de seguridad) o no hacerlo. En realidad, cada conductor puede elegir cómo oscila dentro del tráfico y con respecto al vehículo que le precede, y este hecho puede tener profundas repercusiones en la dinámica ondulatoria en el tráfico.

Para ello, es preciso revisar una interesante propiedad de las vibraciones, y las ondas que pueden provocar, entre sí: cómo interactúan. Para simplificar nuestra

exposición, vamos a centrarnos en dos posibilidades partiendo de ondas más o menos armónicas: la suma y el desfase de ondas.

Dos vibraciones en fase (coordinadas, al unísono) pueden sumar su efecto para generar una vibración mayor que es suma de ambas (por ej., la potencia del rayo láser parte de los mismos fotones que nos ponen morenos, pero en su caso se encuentran concentrados por hallarse sincronizados en la misma onda). Igualmente, dos ondas mecánicas longitudinales pueden sumar su potencial de transmisión en un medio dando lugar a una tercera onda mayor, que será la suma de las anteriores. Para que dos ondas puedan sumarse, deben estar coordinadas (ser armónicas). Las perturbaciones originadas en un medio de transmisión pueden sumarse entre sí, originando una perturbación mayor que se transmite por ese mismo medio. Retomemos el escenario del seguimiento de la perturbación en un medio de transmisión formado por vehículos en línea. Un primer vehículo puede transmitir una perturbación al vehículo que le sigue. Este vehículo puede hacer dos cosas: reaccionar transmitiendo a su vez la perturbación o no hacerlo. Si el margen de distancia de seguridad es mínimo y coge por sorpresa al conductor, éste puede sobre-reaccionar un poco (no hacerlo supondría experimentar un riesgo de colisión, circulando por debajo de la distancia de seguridad). La resultante será la transmisión de una perturbación suma de las anteriores, es decir, mayor, porque el tercer conductor (que también preserva exactamente la distancia de seguridad) no esperará esa sobre-reacción por parte del vehículo precedente y ve repentinamente y rápidamente mermada, disminuida, la distancia que considera segura. En la medida en que presenten márgenes similares de distancia de seguridad y de reactividad, podemos imaginar un aumento paulatino por suma de la perturbación a lo largo del pelotón en el movimiento colectivo en línea (el soliton de Sugiyama et al., 2008). Llamaremos a este tipo de conducción, *Conducción orientada al mantenimiento de la Distancia* (CD), porque la transmisión eficaz de perturbaciones se origina gracias al mantenimiento inflexible de un medio de transmisión eficaz, cosa que promueve la distancia de seguridad.

Imaginemos ahora el caso complementario: el desfase o compensación de oscilaciones y ondas. Si en el péndulo de Newton levantamos las dos bolas en cada extremo los mismos grados y las dejamos caer a la vez el resultado es que nada se mueve, porque sus efectos se han visto compensados. Las perturbaciones originadas en un medio de transmisión también pueden compensarse. Retomemos de nuevo el escenario del seguimiento de la perturbación en un medio de transmisión formado por vehículos en línea. Un primer vehículo decelera y puede transmitir una perturbación al vehículo que le sigue. Supongamos ahora que ese conductor tiene grandes dotes de cálculo de distancias y bastante sangre fría. En lugar de reaccionar frenando, suelta el acelerador acomodando gradualmente la

posición de su vehículo con respecto al vehículo que le precede y al cual se acerca inexorablemente, pero sin llegar a colisionar con él. Acaba de cometer una imprudencia bastante grave, porque operaba fuera de la distancia de seguridad y si el otro vehículo hubiese decelerado de nuevo, hubiese colisionado con él irremediablemente. Pero tratemos de imaginar la situación respecto al tercer conductor. Él sí ha podido preservar la distancia de seguridad y no ha tenido que modificar (o lo ha hecho de forma ínfima) su velocidad media. A todos los efectos ha continuado circulando a velocidad uniforme, casi constante. Por su parte, todo el flujo posterior de vehículos avanza y permanece estable.

Considerar el tráfico, en el movimiento colectivo en línea, como un potencial medio trasmisor de perturbaciones en forma ondulatoria presenta bastantes ventajas, como vemos. Pero la conclusión no puede ser que necesitamos formar un mínimo de conductores con grandes dotes perceptivas y extraordinario autocontrol. Necesitamos cambiar los parámetros según los cuales se articula el tráfico en el movimiento en línea. Pensemos en nuestro semi-héroe al volante. Supongamos que efectúa exactamente la misma maniobra al detectar la variación en el avance del vehículo que le precede (una deceleración), es decir, que nuestro conductor ajusta a su vez su avance decelerando muy progresivamente, y acercándose al vehículo precedente. Sin embargo, imaginemos ahora que el fin de su maniobra de compensación coincide con el criterio de la distancia de seguridad, que queda íntegramente preservada entre ambos vehículos. Ha conseguido igualmente compensar la perturbación del vehículo precedente, de forma que el conjunto de vehículos que siguen permanece estable, y al mismo tiempo ha conseguido mantener la distancia de seguridad (mantiene ese margen adicional). Por tanto, el movimiento en línea debe articularse considerando tres variables a) la distancia de seguridad, b) la distancia que permite operar eficientemente (esto es, manteniendo óptimamente la inercia de la velocidad alcanzada) y c) la velocidad. Llamaremos a este otro tipo canónico de conducción, *Conducción orientada al mantenimiento de la Inercia* (CI), porque la compensación de ondas solo es posible gestionando proactivamente el margen de distancia con el vehículo precedente para aplicar mínimas variaciones en la velocidad media.

En la medida en que no requiere mecanismos perceptivos extraños, con un poco de práctica, el conductor puede tal vez aprender a ajustar su avance con una velocidad uniforme cuya media habría de coincidir con la media de la velocidad del conductor precedente (pese a que el avance de aquel se da en realidad en forma de velocidades instantáneas que oscilan continuamente alrededor de esa media). En este punto, mantiene una velocidad uniforme aunque conduzca tras un emisor potencial de perturbaciones (la fuente original de perturbaciones en el tráfico) consiguiendo estabilidad en el flujo de vehículos que circula tras él.

#### ***1.4. Planteamiento de este trabajo***

Como vemos, para comenzar realmente a gestionar el problema de la congestión, no es posible mantener los supuestos y los implícitos de la literatura y la práctica sobre el seguimiento vehicular: un conductor reactivo, determinado a operar para buscar, encontrar y ubicarse a la distancia mínima de su predecesor, y equipado perceptivamente con un sistema que se limita a permitirle actuar como una señal (umbral) de balizamiento.

Para conducir armónicamente el conductor debe generar un modelo mental propio del estado dinámico presente en el sistema y entonces tomar decisiones con respecto a ese modelo (que conviene que ajuste iterativamente). La misma persona en el mismo sistema puede empeorarlo o mejorarlo y todo depende de que se convierta en un elemento auto-organizado (desde su propia lectura de la situación) o hetero-organizado (a partir de su mera reacción a un vehículo que le precede; Lucas-Alba, 2009). Se dice que el conductor se comporta de forma alostática (Fuller, McHugh y Pender, 2008; Fuller, 2011). Pensemos que si los cambios fueran homeostáticos, se efectuaría una única corrección que bastaría para lograr el equilibrio del sistema que es el conductor en desplazamiento. La conducción eficiente requiere anticipación, dado que el conductor puede precisar de lecturas y relecturas de la trayectoria del vehículo que le precede para ajustar –aun mínimamente- la velocidad y la distancia de desplazamiento.

Un factor clave que puede modular la adquisición y mantenimiento de la conducción eficiente es la adecuada auto-regulación de la atención y del estado emocional. En la psicología contemporánea el entrenamiento en habilidades mindfulness ha experimentado un importante auge en diversas aplicaciones (ver Delgado, 2009), entre las que cabe la auto-regulación en conductores. Estudiar la eficacia de una instrucción basada en mindfulness según el tipo de conducción que se asume (en particular CI) es un campo prometedor. La obtención de evidencia empírica en este sentido podría alentar el uso de programas de entrenamiento para conductores con problemas en su auto-regulación o infractores reincidentes –por ejemplo, conductores con un perfil de elevada impulsividad, alta reactividad emocional o déficit atencionales.

##### **1.4.1. Caracterización cognitivo-emocional del movimiento en línea**

Nuestro punto de partida es la conducción en tanto que conducta propositiva u orientada a un fin. La conducción es una acción motivada que implica el desplazamiento desde donde se está hasta donde se quiere ir (Fig. 3). Como toda conducta humana, este hecho en apariencia simple involucra multitud de procesos. Para caracterizarlo vamos a recurrir al marco propuesto por Carver y

Scheier (2012), que se apoya en el enfoque cibernético (Wiener, 1954) que describe cómo la auto-regulación de ciertos sistemas (biológicos o artificiales) asegura el mantenimiento del proceso en curso hacia un objetivo.

La unidad básica del control cibernético es el bucle de retroalimentación, que tiene cuatro elementos: una función de entrada (input), un valor de referencia (por ej., una meta), un proceso de comparación (diferencias entre la situación presente y la meta) y un resultado (output) (Wiener, 1954). Cuando el proceso de comparación detecta una discrepancia entre la información entrante y la meta, se genera un “error de señal”, que a su vez precisa de una acción correctora. Este enfoque es muy práctico para nuestro problema dado que las discrepancias en la conducción son reducidas por conductas observables, que podemos analizar en el movimiento individual, y colectivo, en línea.

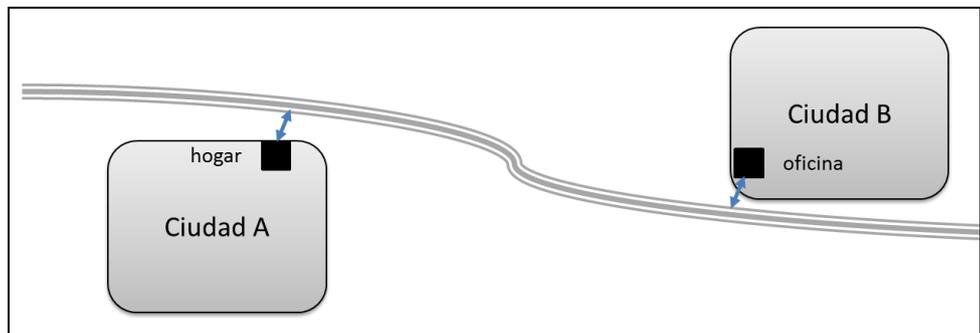


Figura 3. El recorrido de Sísifo

Los distintos niveles de abstracción de la conducta orientada a metas suelen describirse en forma jerárquica: las metas más abstractas se consiguen gracias a la consecución de metas más concretas (Carver y Scheier, 2008; Shah y Kruglanski, 2008; Rasmussen, 1983; Reeve, 2009). Carver y Scheier (2012) presentan una caracterización en cuatro niveles. En el nivel inferior encontramos las secuencias, que son bastante simples, requieren escaso control una vez disparadas y pueden ser desglosadas en subcomponentes de control motor (por ej., introducir una marcha). A continuación se encuentran los programas (o planes) que básicamente hacen referencia al clásico constructo unidad TOTE (*Test-Operate-Test-Exit*) de Miller, Galanter y Pibram (1960; Reeve, 2009). Suelen integrar varias secuencias (por ej., cuando aparcamos) y cuando se repiten pueden ejecutarse en bloque (e incluso automatizarse y transformarse en secuencias). Más arriba se encuentran los principios (o valores) que pueden activar varios programas, sirven como puntos de decisión, y son abstractos y aplicables a distintas conductas (por ej., nunca incumplo una norma). Por último se encuentran las metas que son patrones de principios que se aglomeran

formando puntos de referencia muy amplios (por ej., conducir respetando a todo y todos). En el contexto de la conducción suelen articularse jerarquías similares (por ej., acciones operativas, tácticas, estratégicas, Molen y Bötticher, 1988; Michon, 1989; Summala, 1997) aunque se centran en aspectos de tipo funcional (dejando de lado cuestiones de índole moral o de construcción del self, aunque hay excepciones –ver Hatakka et al., 2002).

En una organización jerárquica de metas los bucles de control de nivel superior se comportan ajustando y cambiando valores de referencia para los bucles del siguiente nivel de control abajo en la jerarquía. De modo que el que una persona actúe de la forma que desea para llevar a cabo un principio particular pasa por el involucramiento simultáneo de todos los niveles de control inferiores al nivel de principio. Dicho esto, las personas podemos actuar tomando como punto de partida un principio (un nivel abstracto y elevado de la jerarquía), pero también con arreglo a un mero programa o plan, o incluso de forma impulsiva y espontánea, esto es, sin consideración a un plan de orden superior.

Lo interesante de la propuesta de Carver y Scheier (ver también Carver y Scheier, 2008; Damasio, 1994) es el papel que se le confiere al afecto y a la emoción en el curso de la experiencia (por ej., un desplazamiento en vehículo). Los autores proponen la existencia de dos bucles simultáneos de retroalimentación que operan de manera automática: el bucle de guiado de la conducta y el bucle evaluación afectiva. Llevemos el ejemplo a nuestro caso: el desplazamiento en un vehículo. El bucle de acción controla la distancia que nos queda hasta destino (supongamos, la oficina en la Fig. 3). El bucle afectivo valora los progresos del bucle de acción y en este caso “el bucle de afecto tiene que ver con el análogo psicológico de la velocidad, la primera derivada de la distancia con el tiempo” (p. 32). Las valoraciones afectivas no tienen que ver con la distancia en sí misma, sino con la tasa de progreso. Ese input (dónde estoy) se compara con un valor de referencia (dónde esperaba estar). Si la tasa de progreso es inferior a la esperada, se genera un afecto negativo. Si la tasa de progreso es superior a la esperada, se genera un afecto positivo. La ausencia de afecto indica que el desplazamiento va como estaba previsto. La génesis de ese afecto es automática, en principio no requiere deliberación.

Los procesos motivacionales suelen ligarse a dos tipos generales de acción: acercamiento o evitación (ver Fernández-Abascal et al., 2003; Reeve, 2009). Carver y Scheier (2012) plantean que la génesis de afecto positivo y negativo debe ligarse lógicamente al tipo de acción en función de la meta. Basándonos en el trabajo de Higgins (1987; cf. Carver y Scheier, 2012) podemos distinguir dos dimensiones bipolares de afecto. Por un lado, el afecto relacionado con el acercamiento (por ej., a mi destino de viaje) incluiría afectos positivos como la euforia, el optimismo y la excitación (cuando llego más fácilmente de lo

previsto) y afectos negativos como la frustración, el enfado y la tristeza (cuando llego más tarde de lo previsto). Por otro lado, el afecto relacionado con la evitación (por ej., de una colisión) también incluiría afectos positivos como el alivio, la serenidad (cuando consigo evitar un alcance) y afectos negativos como el miedo, la ansiedad y la culpa (cuando no consigo evitar un alcance). Este contexto suele corroborarse en los estudios con conductores reales, que identifican tres emociones preponderantes: el enfado se asocia a aquellos eventos externos que impiden el progreso en curso, la ansiedad con el incremento del riesgo percibido y la alegría con eventos congruentes con las metas de desplazamiento (Mesken et al. 2007; Roidl et al., 2013; Zhang y Chan, 2014).

Los bucles de acción y afecto se encuentran inextricablemente conectados. Si la función del input del bucle de afecto es una tasa experimentada del mismo que deriva del progreso de la acción, la función de resultado (output) del bucle del afecto debe ser un cambio en la ratio de progreso en esta acción. Por tanto, el bucle de afecto tiene una influencia directa en lo que ocurre en el bucle de acción. Es interesante el paralelismo de estos bucles en los términos (cibernéticos) de la ingeniería de control. Si se diseña un mecanismo disponiendo dos sistemas que funcionan conjuntamente, uno que controla la posición y otro que controla la velocidad, se posibilita que el dispositivo que ambos controlan responda de forma rápida y estable, esto es, sin exceso de activaciones ni oscilaciones.

La combinación de rapidez y estabilidad es la respuesta más deseable en los dispositivos mecánicos o electrónicos, y también es deseable en seres humanos, y en especial en el análisis del seguimiento vehicular movimiento en línea. Una persona con emociones muy reactivas tenderá a sobre-reaccionar y oscilar conductualmente. Una persona que es emocionalmente pasiva (no reactiva) puede ser lenta incluso respondiendo a sucesos urgentes. Una persona cuyas reacciones se encuentran entre ambos extremos responde rápidamente pero sin sobre-reaccionar ni oscilar conductualmente.

La última aportación de Carver y Scheier (2012) de la que nos haremos eco es la de dos modalidades de funcionamiento (ver también Johnson-Laird, 2006; Evans, 2008, entre otros). La idea básica es que se experimenta la realidad gracias a dos sistemas o modalidades de procesamiento. Por un lado el sistema racional, que opera conscientemente, emplea reglas lógicas, es verbal, deliberativo y bastante lento. Por otro lado el sistema experiencial, que es de naturaleza intuitiva y asociativa y que proporciona una forma rápida aunque más imprecisa de valorar y reaccionar a la realidad. Se basa en información saliente y usa atajos y heurísticos, es rápida y automática y predominantemente emocional

(no verbal). Este sistema es más antiguo y primitivo en términos neurobiológicos y domina cuando se requiere velocidad de acción.

Volviendo a nuestra jerarquía de control, se asignaría a los programas de acción –que implican decisiones- cualidades de tipo deliberativo, más racional y reflexivo. Por otro lado, las secuencias bien aprendidas de acción funcionan de forma automática una vez disparadas. Funcionan al servicio de los programas, pero también podrían ser disparadas de forma más autónoma, por ejemplo por la activación de fuertes asociaciones en memoria. En este caso las características operativas funcionarían más con arreglo a lo que se ha descrito como modalidad reactiva.

#### **1.4.2. El conductor en el movimiento en línea: caracterización**

Entender el comportamiento propositivo humano en los términos descritos por Carver y Scheier (2012) facilita nuestra caracterización del movimiento en línea y de las dos formas canónicas de conducción ya anticipadas: la Conducción orientada al mantenimiento de la Distancia (CD) y la Conducción orientada al mantenimiento de la Inercia (CI). La esencia del tráfico vial es el desplazamiento. Y el objetivo fundamental de todo desplazamiento es llegar a un punto de destino. Consideremos que ese desplazamiento sucede en los términos del doble bucle de control cibernético descrito. En realidad no haremos sino recuperar un concepto fundamental en el planteamiento cibernético, el de homeostasis:

“Ya hemos visto que ciertos organismos, como el ser humano, tienden durante un tiempo a mantener y a menudo incluso a incrementar su nivel de organización, surgiendo como un enclave local en el flujo general de entropía creciente, y de creciente caos e indiferenciación. (...) El proceso por el que nosotros, los seres vivos, resistimos el flujo general de corrupción y decadencia tradicional es conocido como homeostasis” (Wiener, 1954; p. 95).

El concepto de homeostasis fue propuesto por el fisiólogo francés Claude Bernard a mitad del siglo XIX, y fue adoptado por la psicología de la mano de Walter B. Cannon (Reeve, 2009). Por otra parte, pocos especialistas del tráfico desconocen el desarrollo teórico de este concepto de la mano de G. Wilde (1982; 1986). La teoría de la homeostasis del riesgo en la conducción ha sido relativamente fructífera y muy polémica, probablemente excesivamente ambiciosa. Por nuestra parte, tenemos objetivos mucho más modestos y específicos, ligados al papel de la homeostasis/alostasis (Fuller et al. 2008; Fuller, 2011) en los términos descritos en el apartado anterior.

Siguiendo con el doble bucle de retroalimentación de acción-afecto, podemos entender el movimiento de un colectivo de conductores que se desplazan en

línea como un proceso sujeto a una serie de mecanismos que proporcionan cierto equilibrio homeostático/alostático dinámico. La homeostasis es el proceso que debe permitir mantener la esencia del tráfico que es el desplazamiento (“la vida”), en particular en el movimiento en línea, pero tiene un carácter notablemente reactivo, representado por CD: me muevo para ajustarme al umbral. La alostasis sirve a lo mismo pero en términos proactivos de anticipación de las necesidades futuras, lo cual implica CI: proceso de antemano la situación antes de tener que alterar el curso de velocidad. Y los problemas para mantener el equilibrio de ese desplazamiento (el atasco, que análogamente sería “la muerte”), deben encontrarse en algún mecanismo de retroalimentación que falla en el propio organismo que es el propio pelotón en desplazamiento. Como indica la revisión de los modelos físico-matemáticos de la conducción más recientes (ver sección 1.3.2.) el problema no está en la capacidad de la vía, sino en las dificultades del pelotón para adaptar su velocidad y distancia de desplazamiento a las condiciones de circulación en cada momento presente.

La dificultad del pelotón la encontramos en cada uno de los miembros que lo forman, en cada conductor. La coherencia y armonía con la que avanza el pelotón de las orugas procesionarias del pino (*Thaumetopoea pityocampa*) no depende de la inteligencia de la oruga líder, ni tampoco del estado del terreno por el que avanzan. Puede que si el pelotón solo debe cruzar una carretera asfaltada, el avance sea más rápido que si deben sortear una serie de piedras y ramas en el bosque. Pero la cuestión es que el pelotón avanza siempre (en asfalto, en el bosque) de forma coherente y armoniosa, en formación, y sin detenerse. Así pues, los mecanismos del mantenimiento de la homeostasis del desplazamiento se encuentran en la capacidad de cada individuo-oruga para asumir los esquemas de desplazamiento adecuados a cada circunstancia y en armonía con el grupo.

La evolución no ha dotado al ser humano de un programa emocional específico (Tooby y Cosmides, 2010) para el movimiento en línea. A diferencia de la procesionaria (y su algoritmo genético), el conductor no posee un sentido del todo coherente de lo que significa avanzar con otros en una misma dirección. Posee un sentido personal o psicológicamente coherente –tiene un objetivo y quiere llegar a destino- pero no es –a diferencia de la oruga- física y matemáticamente coherente con arreglo a lo que exige ese desplazamiento colectivo.

Para el conductor parece que el desplazamiento es su desplazamiento. Un conductor está en un punto A y quiere llegar a un punto B, su destino final (Fig. 3). Entonces organiza toda una secuencia de sub-metas (un trayecto) que le llevan a ese destino. El conductor ejecuta su plan. Sin embargo, el caso más simple de desplazamiento que podemos analizar, el de un único conductor que

va (en solitario) de un punto A hacia un punto B en la red vial, es en realidad poco habitual. Como advierte Evans (1991), es muy improbable que llevemos a cabo un trayecto y no compartamos al menos una parte de él con otros conductores. Supongamos que Sísifo, el conductor en la Fig. 3, sale de su garaje justo después de pasar un vehículo en la misma dirección. Desafortunadamente, encuentra muchos vehículos delante de él, y se enfada porque va a llegar tarde al trabajo. Cuando se encuentra en medio de un tráfico relativamente denso, el conductor puede asumir distintas lecturas o interpretaciones y distintas formas de solucionar un problema. Una de las estrategias cognitivas por las que puede optar, congruente con la norma de la distancia de seguimiento, es la que la literatura sobre solución de problemas se denomina “subir la montaña” (Postigo, 2008). Según esta estrategia, la resolución de un problema (subir a la cima; llegar a destino) se lleva a cabo por aproximaciones sucesivas, de tal forma que cualquier paso dado cuyo resultado sea situarme más cerca de la cima (objetivo final, solución del problema), es adecuado. Según este punto de vista, cuando estoy en medio de tráfico denso (técnicamente, tráfico forzado, Ranney, 1999) la estrategia adecuada es aligerar, optimizar, maximizar, mi ocupación del espacio hacia adelante. Cuanto más presto y eficiente sea yo avanzando, ocupando espacio delantero y dejando hueco atrás, más cerca puedo pensar que estoy de la solución del problema. Cada conductor puede así avanzar según este principio o idea: para resolver el problema del atasco tenemos que asumir un ritmo de avance según el cual recuperamos el espacio y tiempo perdidos avanzando más comprimidos. De hecho, si cuando ya se ha formado un atasco dejamos cierto margen, no es raro encontrar el fenómeno “la otra fila avanza más rápido” (Vanderbilt, 2009). El principio operativo descrito (subir la montaña) funciona, al parecer, en buena parte de los conductores, a veces con doble intención como ocurre con el fenómeno del *tailgating* asociado a emociones como el enfado y conductas agresivas (Merrikhpour et al., 2014; Zhang y Chan, 2013; Abdu et al., 2012).

Pero ese principio operativo tiene consecuencias en términos del doble bucle de retroalimentación de acción-afecto. En principio, el conductor se rige por un principio motivacional de aproximación. La esencia del tráfico es el desplazamiento para llegar a un destino. Si el conductor progresa con arreglo a lo esperado, podemos esperar neutralidad en términos de sus afectos. Si el conductor progresa más lentamente de lo esperado, lo que es incongruente con sus objetivos, podemos esperar una reacción emocional de enfado (en especial, cuando se hacen atribuciones externas de culpabilidad, ver Mesken et al., 2007). Si el conductor progresa más fácilmente y a mayor velocidad de lo que esperaba, podemos esperar una reacción emocional de alegría.

El marco motivacional predecible para los conductores que ven frustrado su objetivo ante la inminencia (y empeoramiento) de una congestión encaja con la curva de reactancia y desamparo (Wortman y Brehm, 1975; cf., Reeve, 2009). La expectativa de un tráfico denso o muy denso frustra, por lo general, los planes del conductor. Entonces, en la medida en que el conductor crea que puede tener algún control sobre lo que suceda, experimentará lo que se conoce como reactancia psicológica y reaccionará volviéndose más activo, asertivo e incluso agresivo, es decir, mostrando una oposición vigorosa al ambiente presente (ajuste de velocidad, limitación de la distancia de seguridad, “achuchar” al vehículo precedente, etc.). Esta reacción se manifestará en forma directamente proporcional al objetivo y el resultado (por ej., el conductor se encamina hacia una primera cita profesional). Sin embargo, si con el paso del tiempo el ambiente (la congestión) resulta incontrolable, y aún empeora, el conductor puede pasar a una segunda fase de desamparo aprendido: entonces se muestra pasivo y como deprimido, reaccionando con desgana a su función en la fila, no se dará prisa en salir, etc. En cuestión de minutos, podemos tener conductores asertivos y activos que pasan a ser pasivos y lentos. Reconstruyamos esta idea con un poco más de detalle para comprobar que casi todas las salidas en esa frustración emocional dan lugar a un posible atasco.

Cuando el conductor se encuentra en medio de tráfico lento, puede empezar a poner en práctica su estrategia de “subir la montaña”. De hecho, si la retroalimentación afectiva al escaso progreso en la acción es de enfado, es probable que el conductor responda con estrategias de confrontación activa (por ejemplo, violando normas como los límites de velocidad o la distancia de seguridad, ver Mesken et al., 2008). Ahora bien, si el conductor se acerca demasiado, puede que su objetivo (llegar a destino) se vea de repente alterado y cambiado por otro objetivo: “evitar una colisión”. Entonces, el conductor se ve obligado a pisar el freno para sentirse a salvo. De golpe el conductor ha tenido que sustituir su pauta motivacional básica (aproximación) con su mecanismo homeostático correspondiente (retroalimentación negativa: la reducción de discrepancia genera equilibrio en el sistema) por una pauta opuesta, la evitación, y su mecanismo homeostático correspondiente (retroalimentación positiva: el aumento de la discrepancia genera equilibrio en el sistema). En efecto, ahora el conductor siente alivio cuando ve que el vehículo que tiene delante se aleja y ha evitado (disminuyendo bruscamente la velocidad y aun parando) el alcance que daba por hecho. Recordemos ahora lo expuesto sobre los procesos de “ingeniería de control”, y de las pautas de retroalimentación que posibilitan que posición y velocidad sucedan de forma rápida y estable, esto es, sin exceso de activaciones ni oscilaciones.

Las consecuencias disfuncionales del bucle de retroalimentación descrito pueden intensificarse cuando el conductor decide no evitar, sino mantener la ansiedad durante la conducción para así avanzar de forma “comprimida y compacta”. Tal vez esta reconstrucción fenomenológica no nos sea del todo ajena. El conductor puede prestarse a mantener ese estado de ansiedad en su avance si considera que el control de esa tensión psicológica es “necesario” para ser “eficiente” en su objetivo (Totzke, Naujoks, Mühlbacher y Krüger, 2011; Naujoks y Totzke, 2014). Supongamos, por un momento, que el conductor consigue obtener un feedback secundario positivo de ello (pensando que es capaz de manejar la tensión como lo hacen los grandes corredores de Fórmula 1, etc.) y que consigue –mediante esta ficción– articular un equilibrio afectivo entre un afecto predominantemente negativo y este nuevo afecto positivo (Merrikhpour et al., 2014). Este planteamiento ad hoc (resistencia) contribuye desafortunadamente a llevar mi conducta al límite, y mantengo mi posición en el pelotón en una zona limítrofe respecto al propio movimiento en línea. Puedo así llegar a circular no ya en el margen de la distancia de seguridad (que ya es insuficiente) sino incluso por debajo de la distancia de seguridad. Cualquier respuesta dramática puede conducir a un accidente o a un atasco.

Junto a esta actitud al límite, no dudemos en poner otra actitud igualmente disruptiva del equilibrio general del movimiento en línea, la del conductor despistado o distraído. Si no atendemos a la evolución del tráfico de forma adecuada, observar que nos acercamos con rapidez al vehículo delantero nos hará igualmente sobre-reaccionar, frenar, y dar lugar a un atasco. Por último, si como anticipábamos anteriormente, un número de conductores comienza a dar síntomas de desamparo y apatía (tristeza) tenemos una mezcla potencialmente explosiva de ciertos conductores que empujan enérgicamente y otros que responden pasivamente. La mezcla en términos de activación y oscilación es “explosiva” (Sugiyama et al., 2008; Tadaki et al., 2013).

Por tanto, vemos que la solución al problema debe necesariamente pasar por un cambio de concepto y de estrategia en el propio conductor, que debe entender que el desplazamiento en solitario no puede afrontarse de la misma manera que el desplazamiento en grupo (que es, por otra parte, el más habitual). Para resolver el problema de llegar a su destino el conductor debe aprender otra estrategia: la de “medios-fines” (Newell y Simon, 1972; cf. Postigo, 2008). En la estrategia de medios-fines en cada punto de decisión hacia la solución del problema debe optarse por la estrategia óptima hacia la solución, aunque (como en el clásico problema de los misioneros y los caníbales) esto implique dar algún paso atrás. Con arreglo a los principios de la CI, la estrategia adecuada es crear una distancia adicional y complementaria a la distancia de seguridad, la distancia de eficiencia, para crear un margen de amortiguación que permita –al menos–

avanzar sin parar: sin exceso de oscilaciones bruscas y por tanto sin necesidad de activaciones adicionales (acelerones, frenazos). De aquí la frase que resume el concepto: “si quieres llegar pronto a la oficina, debes llegar tarde al atasco”. Aprendiendo a llegar tarde al atasco llegaremos todos más pronto a la oficina.

El doble bucle de retroalimentación acción-afecto deberá dar lugar, para empezar, a un conjunto de emociones menos extremas y más sosegadas. En la medida en que se entiende y se controla la situación, y en la medida en que se mantenga el movimiento en línea, vemos cumplido el objetivo de desplazamiento (dadas las circunstancias). De esta forma se mantiene un valor psicológico fundamental: el conductor no pierde el control (origen del bucle de reactividad-desamparo) sino que mantiene el control del proceso, genera expectativas más realistas y positivas partiendo de la lectura de la situación y de las estrategias que es preciso poner en juego (CI). Al fin y al cabo, todos queremos lo mismo en el mismo momento y la solución pasa por racionalizar esos objetivos en la sección correspondiente del viario.

Cuando se inicia una densificación del tráfico, el conductor debe controlar dos distancias: de seguridad y de eficiencia. Para ello atiende al nivel de oscilación de las velocidades del tráfico que lo precede y trata de seguir al pelotón a su misma velocidad media. Su objetivo entonces es establecer un margen de reacción seguro frente al vehículo que lo precede, que por su forma de operar se aleja y se pone al alcance con frecuencia. El vehículo que sigue al conductor armónico encuentra entonces un vehículo que se desplaza con menos oscilaciones, más suaves, casi a velocidad constante. Dado que el conductor que activa la conducción armónica procede por tanteo hasta ajustar su velocidad a lo que exigen las circunstancias, también hay un vaivén emocional. Pero al ser una técnica proactiva tiene un cariz distinto (como decimos, mantiene cierto control sobre el proceso), lo cual debe asegurar más estabilidad afectiva y emocional y más relajación y control en el proceso. Si alcanza el punto justo de velocidad de seguimiento, siente alegría. Si el ajuste lleva al conductor demasiado cerca del vehículo que le precede experimenta frustración y descontento pero no ansiedad o miedo al alcance dado que actúa con dos distancias y tiene la situación bajo control. Si queda rezagado y deja que aumente mucho la distancia respecto al vehículo precedente, siente insatisfacción, dado que no está aplicando la técnica adecuadamente. Un aspecto importante es que la atribución del conductor siempre es a sí mismo, puesto que es consciente de estar aplicando una técnica para dominar una situación (Weiner, 1986; Reeve, 2009). La emoción negativa dominante será el descontento, un ligero enfado, pero no contra otros, sino como señal adaptativa de crítica al propio proceder (el enfado surge cuando hay algo que puede hacerse para recuperar el control del objetivo perdido, a diferencia de la tristeza, que surge cuando nada se puede hacer). Podríamos esperar que la CI

procediese, en términos de la respuesta afectiva y emocional, entre la satisfacción (equilibrio) y el descontento (demasiado lejos, demasiado cerca).

#### ***1.4.2.1. Medidas cognitivo-emocionales***

##### Medidas psicofisiológicas: Conductancia eléctrica de la piel

Las técnicas psicofisiológicas, que consisten básicamente en el registro de la actividad del sistema nervioso, permiten analizar de forma indirecta las oscilaciones en la motivación. El instrumento que capta y registra la actividad fisiológica del sujeto es el polígrafo. Para determinar la activación del sistema nervioso simpático una de las técnicas más utilizadas es el registro de la actividad electrodermal (Sanz, Menéndez, Rivero, Conde, 2011) que se considera un índice fiable del nivel de arousal o grado de activación emocional general de una persona que prepara para la acción. La medida de la activación partiendo de la conductancia eléctrica de la piel es realmente un clásico en la psicología del tráfico (Taylor, 1964). Una mayor activación en términos de la conductancia eléctrica de la piel durante la conducción ha sido relacionada con aspectos de anticipación del riesgo, sobrecarga cognitiva y atencional, y estrés en la conducción (Reimer y Mehler, 2011; Bouscein, 2012; Mehler et al., 2012). La situación bajo estudio, que implica el seguimiento más o menos próximo de un vehículo, ha sido valorada como un factor de sobrecarga con mediciones de conductancia (Collet et al., 2014).

##### Auto-informes y afecto: la escala SAM

La respuesta emocional puede medirse mediante tres sistemas diferentes: auto-informes, reactividad fisiológica, y actos del comportamiento manifiestos. Aunque existen decenas de inventarios de estados afectivos, una cuestión importante es qué evaluar cuando se mide el estado de sentimiento interno de las personas (Bradley y Lang, 1994). En 1957 Osgood, Suci y Tanenbaum elaboraron la escala del Diferencial Semántico, que mide el significado afectivo o subjetivo que los estímulos provocan en las personas y contiene dos elementos fundamentales: los conceptos y las escalas bipolares. Su análisis factorial indicó que el 50% de la varianza explicada se explicaba en base a tres factores: evaluación, potencia y actividad. Esta misma estructura se encontró igualmente para ítems verbales en culturas de habla no inglesa, y juicios de estímulos no verbales como señales de sonar y pinturas estéticas (Osgood, et al 1957).

En 1970, Mehrabian encontró dimensiones similares de expresiones faciales, movimientos corporales y de la mano, y posturas, y a principios de esa década Mehrabian y Russell (1974) elaboraron una nueva escala del Diferencial Semántico. Los resultados demostraron que todas las emociones pueden ser descritas con precisión en términos de tres dimensiones independientes y

bipolares: placer-displacer, grado de activación y dominancia-sumisión (estos elementos son autónomos entre sí). El problema del Diferencial Semántico es que consume mucho tiempo y recursos, y además al ser verbal (a no ser que se traduzca y valide) sólo es aplicable a población de habla inglesa, no pudiéndose aplicar tampoco a poblaciones donde el uso del lenguaje no está completamente implantado, como por ejemplo los niños.

Para sortear estos problemas Lang (1980) diseñó la escala Manikin de autoevaluación (SAM, *Self-Assessment Manikin*) instrumento basado en la imagen, que evalúa directamente la valencia, la activación y el control asociados a un objeto o evento. Las escalas orientadas visualmente que usan caracteres gráficos eliminan la mayoría de los problemas asociados con las medidas verbales y no verbales que están basadas en fotografías humanas. Los sujetos pueden completar las escalas de SAM en menos de 15 segundos, permitiéndonos que numerosos estímulos puedan testarse en un corto periodo de tiempo y causen menos desgaste a los sujetos en comparación a las medidas verbales. Además tanto los niños como los adultos pueden identificar la figura de SAM y entender la dimensión que representa. Por otra parte, las correlaciones entre las puntuaciones del SAM y las del Diferencial Semántico fueron muy elevadas para la valencia y la activación ( $r = 0,94$ ) y pequeña pero importante para control ( $r = 0,66$ ; Bradley y Lang, 1994).

SAM muestra una representación no verbal, pictográfica, representada a lo largo de las tres dimensiones afectivas (Bradley y Lang, 1994). En la dimensión de valencia se trata de una figura sonriente y feliz en un punto de la escala y justo en el opuesto es una figura infeliz con el ceño fruncido. Para la dimensión de activación muestra una figura emocionada con los ojos abiertos en un extremo de la escala y en el otro extremo una figura con sueño. La dimensión de control representa los cambios con cambios en el tamaño de SAM. Una figura grande representa el máximo control de la situación, en el otro extremo una figura pequeño indica que no hay ningún control (dominancia).

### **1.4.3. Adaptación, aceptación y respuesta a nuevas situaciones: una exploración de factores antecedentes**

Este trabajo ha identificado dos formas canónicas para el seguimiento vehicular en línea, CD y CI. La primera, bien conocida, la segunda probablemente no es desconocida para algunos conductores (por ej., para los camioneros profesionales) pero no es asumida como una posibilidad o una necesidad, o una norma, en la cultura del tráfico, auténtico motor de su desarrollo (Evans, 1990). El objetivo fundamental de este trabajo va a ser caracterizar ambas técnicas en términos cognitivo-afectivos y de desempeño, de forma muy concreta. Esto formará parte central de los dos primeros estudios experimentales.

Al mismo tiempo nos preguntamos sobre otros aspectos de interés, teniendo presente, por ejemplo, la novedad en la implantación colectiva de esta segunda forma canónica de conducción ¿Tiene la gente algún tipo de disposición especial para abordar la tarea teniendo en cuenta que conducir es una tarea que se considera sujeta a una norma? ¿Influyen esas disposiciones, rasgos o procesos en la forma de enfrentarse a ambas tareas? ¿Existe un patrón diferente entre los participantes en la ejecución en función de esas disposiciones, rasgos o procesos? ¿Cómo influyen estas en la valoración de la tarea que hacen los participantes?

Nos hemos planteado como heurístico abordar el planteamiento, el *zeitgeist* de la investigación y la práctica actual, con muestras clínicas y normales, sobre qué significa manejar el pensamiento y la emoción en forma adaptada. Quizás estos enfoques puedan ayudarnos a caracterizar ciertos antecedentes en la ejecución de la tarea, a entender mejor como los participantes se enfrentan a una tarea nueva, mejorando nuestra comprensión de los resultados de los estudios experimentales. Estos enfoques se describen a continuación.

En primer lugar constituimos un grupo de medidas generales del espectro emocional y afectivo. Nos referimos al registro del nivel de ansiedad Rasgo STAI-R (*State Trait Anxiety Inventory*) de Spielberger, Gorsuch y Lushene (1970). La escala de Autoeficacia General (EAG) de Bäßler, J. & Schwarzer, R. (1996) y la escala PANAS (*Positive and Negative Affect Schedule* de Watson, Clark y Tellegen, 1988). El mismo día, y justo antes, de la sesión experimental se cumplimentaba la escala PANAS y el STAI-E. La escala de Autoeficacia percibida y el STAI-R se cumplimentaba el día anterior a la sesión experimental Podíamos presuponer que por ejemplo un estado básico como es la ansiedad (tanto en forma de disposición estable como transitoria) podía influir en la ejecución del participante, en la comprensión de las instrucciones, en la valoración que hacía de la tarea. Lo mismo suponíamos de la Autoeficacia percibida y de las puntuaciones altas o bajas en afecto positivo o negativo.

En segundo lugar nos hemos planteado explorar si los conceptos que estudia la clínica actual tenían alguna relación con nuestro planteamiento. El estudio del Mindfulness y la Terapia de Aceptación y Compromiso (ACT) comparten una idea central: el modo en que gente gestiona sus pensamientos y sentimientos se relaciona directamente no solo con la salud mental sino también con la eficacia del comportamiento (Bond et al., 2011)

El Mindfulness (Atención Plena) es un concepto complejo que está recibiendo mucha atención en la investigación en psicología y que se relaciona con muchos procesos psicológicos entre ellos la atención y la conducta (se supone que en el primer caso mejora el proceso y en el segundo influye en su regulación, Brown et al., 2007). La investigación actual sugiere que el mindfulness es un proceso

que implica cambios en atención, cognición y en la emoción, y en el que es muy importante la exposición ya que el mindfulness implica el contacto directo con los fenómenos, con la experiencia (Borkovec, 2002).

El mindfulness es un concepto complejo, poliédrico, y la investigación actual es todavía conflictiva. Por ello hemos abordado la medición previa de este constructo a través de tres cuestionarios complementarios: la Escala de Conciencia y Atención Plena (MAAS, Brown & Ryan, 2003), FMI-Inventario de Atención Plena de Freiburg, versión acortada (Walach, Buchheld, Buttenmüller, Kleinknecht y Schmidt, 2006), y el Cuestionario Cinco Facetas de Mindfulness (FFMQ) de Baer, Smiths, Hopkins, Krietermeyer y Toney (2006)

Con respecto a la línea actual de terapias de tercera generación, hemos planteado la expectativa de que conceptos como la Flexibilidad Psicológica, la Aceptación y la Fusión Cognitiva de la Terapia de Aceptación y Compromiso (ACT; Hayes, Strosahl y Wilson, 1999) pudieran contribuir, predecir algún aspecto de la ejecución y de la evaluación que los participantes hacían sobre la tarea. La terapia de Aceptación y Compromiso (ACT) considera que los intentos de control, de cambio cognitivo o emocional, que promueve el contexto social, con el fin de alcanzar una vida satisfactoria, son precisamente la base del problema (Hayes y Wilson, 1994). La ACT plantea que el énfasis no debe de estar en el cambio de eventos privados (emociones, sensaciones y pensamientos) incómodos, sino en la aceptación de estos (por ejemplo, no dejarme invadir por el sentimiento de estupefacción ante una conducción rara o nueva que nadie practica). El problema para la ACT es la reacción de las personas antes esos eventos no deseados, que se concreta en patrones de evitación rígidos e inflexibles, que a la larga consiguen que esos pensamientos acaben controlando y guiando el comportamiento, provocando la renuncia a metas y objetivos valorados, por lo que el malestar asociado a esos pensamientos no deseados, en lugar de disminuir, acaba aumentando (Luciano, Valdivia, Gutiérrez y Páez, 2006; Luciano y Valdivia, 2006).

Respecto a la medición de los conceptos, vamos a seleccionar tres instrumentos más o menos habituales en la ACT. Se trata del Cuestionario de Aceptación y Acción (AAQ), el Cuestionario de Aceptación y Acción relacionado con la Conducción (CAAQ) que mide la flexibilidad psicológica aplicada al contexto de la conducción, y el Cuestionario de Credibilidad de Pensamientos y Sentimientos ansiosos (BAFT) que mide la fusión cognitiva (Luciano et al., 2006). En este sentido el planteamiento es comprobar si la Flexibilidad Psicológica tenía alguna influencia sobre los participantes a la hora de enfrentarse a la tarea experimental, si el nivel de fusión cognitiva tenía alguna consecuencia sobre la ejecución de la tarea, sobre la autoevaluación que hacían de la misma, etc.

#### ***1.4.3.1. Medidas generales***

Describiremos brevemente el objeto de cada una de las tres medidas generales escogidas (los aspectos psicométricos de las escalas aparecen en la sección de Metodología). El uso del Inventario de Ansiedad Rasgo y Ansiedad Estado (Spielberger, Gorsuch y Lushene, 1970), es muy habitual en la investigación en psicología. Este instrumento se crea para evaluar la ansiedad según el modelo de Spielberger, que postulaba que dicho trastorno estaba constituido por dos componentes: un factor de personalidad (ansiedad rasgo) que comprendería las diferencias individuales, relativamente estables, para responder ante situaciones percibidas como amenazantes con una subida en la ansiedad. Un segundo factor (ansiedad estado) que hace referencia a un período transitorio caracterizado por un sentimiento de tensión, aprensión y un aumento de la actividad del sistema nervioso autónomo, pudiendo variar tanto en el tiempo como en la intensidad (Spielberger et al., 1970). La ansiedad es un problema psicológico que presenta altas tasas de prevalencia (Guillén-Riquelme y Buela-Casal, 2011). Los síntomas de ansiedad como nerviosismo, preocupación o angustia pueden aparecer a nivel subclínico, no apareciendo todos los criterios necesarios para un diagnóstico de un cuadro psicopatológico. Pese a todo tanto a nivel clínico como subclínico, estas alteraciones emocionales impactan directamente en las funciones cognitivas (p. ej., control ejecutivo, atención, memoria y rendimiento académico; Fonseca-Pedrero, Paino, Sierra-Baigrie y Muñiz, 2012). El cuestionario de STAI-R se cumplimentaba el día de antes a la sesión experimental. El STAI-E el mismo día de la sesión experimental justo al llegar al laboratorio.

La investigación sobre la naturaleza del afecto plantea que las diferentes dimensiones del afecto se agrupan en dos factores, uno determinado por un limitado número de factores de afecto positivo y otro por un amplio número de factores de afecto negativo (Zevon y Tellegen 1982). En este modelo bifactorial del afecto Watson y Tellegen 1985 manifiestan que ambos factores no son dimensiones con alta correlación negativa entre sí, sino que son dos dimensiones independientes del afecto por lo que no están correlacionadas. Las caracterizan como descriptivamente bipolares pero afectivamente unipolares, enfatizando que solo el polo alto de cada dimensión representa un estado de alto afecto, siendo el polo bajo de cada dimensión reflejo de ausencia relativa de implicación afectiva (la calma y la relajación son componentes de bajo afecto negativo, y la desganancia, lentitud y torpeza lo son de bajo afecto positivo).

El afecto positivo indica que la persona se siente entusiasmada, activa y alerta, con energía. El afecto negativo es una dimensión general de distrés subjetivo que incluye estados emocionales aversivos como disgusto, ira, culpa, miedo y nerviosismo. El afecto positivo y negativo se ha medido a través de la Escala de

Afecto Positivo y de Afecto Negativo (PANAS, Watson, Clark y Tellegen, 1988). La escala PANAS se cumplimentaba el mismo día de la sesión experimental justo cuando los participantes llegaban al laboratorio.

Por su parte, el concepto de expectativa de autoeficacia lo desarrolla Bandura (1977,1992) y hace referencia al sentimiento de confianza en las propias capacidades para gestionar satisfactoriamente los estresores de la vida. Al hablar de autoeficacia se hace referencia a la autoeficacia percibida en una situación concreta. Bandura (1986) sin embargo observa que la autoeficacia también puede entenderse en sentido amplio, como un constructo global referido a la creencia estable de un individuo sobre sus propias capacidades.

La Escala de Autoeficacia General (EAG, Baessler y Schwarzer, 1996) evalúa la autoeficacia en sentido general. La expectativa de autoeficacia influye en sentimientos, pensamientos y acciones. Las personas con pocas expectativas de autoeficacia tienden a mostrar baja autoestima y sentimientos negativos sobre su capacidad. La autoeficacia también influye en los pensamientos ya que genera cogniciones que conectan a las propias habilidades motivando la acción. Al mismo tiempo las personas con sentimiento de autoeficacia se marcan retos más altos y persisten en sus objetivos (Sanjuán, García, Bermúdez, 2000). La escala EAG se cumplimentaba el día de antes de la sesión experimental.

#### ***1.4.3.2. Medidas de atención plena***

El Mindfulness es un constructo complejo por lo que no hay consenso en su definición (Barajas y Garra, 2014). Puede ser entendido como la habilidad de prestar atención en un objetivo de forma no prejuiciosa en el momento presente (Kabat-Zinn, 1990). Bishop et al. (2004) sostienen que la aceptación es otro componente esencial del *mindfulness* además de la atención, y la conciencia del presente. Cardaciotto, Herbert, Forman, Moitra, and Farrow (2008) lo ven como un constructo de dos dimensiones compuesto por la conciencia de una experiencia y la consiguiente aceptación de esa experiencia con los dos componentes siendo conceptualmente y empíricamente diferentes (cf. Barajas y Garra, 2014).

Desde la psicología social cognitiva Ellen Langer (1992) lo caracterizó como un estado de atención y conciencia plena, enfocado en el momento presente, en el cual el individuo es consciente del contexto y del contenido de la información. Un estado de apertura a la novedad donde el individuo construye activamente categorías y distinciones. Otra característica es la aceptación, ya que la atención consciente en el momento presente se da de forma no prejuiciosa, no reactiva. Sin embargo, como señala Delgado (2009) desde la Psicología social cognitiva se pone la atención en las propiedades de los estímulos de las situaciones

externas, mientras que las propuestas que derivan del actual ámbito terapéutico se centran en la inhibición de los procesos de elaboración, enfatizando la atención en los estímulos internos (pensamientos, sentimientos y sensaciones) aunque pueda abarcar también a los externos.

El Mindlessness, por el contrario, ocurre al encontrarnos ensimismados en pensamientos y opiniones, en ausencia de atención consciente, y de una forma que resulta no adaptativa. Mindlessness está asociado a una atención o una apercepción divididos, como cuando existe una preocupación, rumiación o fantasía que detraen la calidad de la implicación del individuo de lo que esta focalmente presente (Delgado, 2009).

Cada vez hay más evidencia de los beneficios del Mindfulness. Se ha apuntado que dicho estado conlleva cambios en atención, cognición y emoción. Pero otro aspecto a destacar es la exposición, ya que el Mindfulness exige a medida que ocurren los fenómenos internos y externos un contacto directo con ellos, por lo que este podría aminorar la sobre-reacción emocional, permitir una mayor tolerancia y una aceptación más eficaz de los estados emocionales desagradables (Borkovec, 2002). Exponerse de forma voluntaria a acontecimientos desagradables y experiencias difíciles puede reducir la angustia emocional y facilitar respuestas de comportamiento más adaptativas (Sloan, 2004). Por contra estrategias como la evitación experiencial que lleva a estados de distracción y supresión de acontecimientos y experiencias desagradables puede hacer más difícil la extinción de respuestas emocionales. El resultado de investigaciones experimentales sugiere que la exposición voluntaria es un componente del Mindfulness (Arch y Craske, 2006).

Por su parte Brown et al., (2007) tras revisar una serie de estudios concluyen que el Mindfulness se relaciona con la regulación de la conducta. La atención plena no solo facilitaría el control conductual con fines adaptativos, sino que también promueve la regulación del comportamiento encargado de optimizar el bienestar. La atención plena facilitaría respuestas más adaptativas y flexibles minimizando respuestas automáticas e impulsivas, derivadas de un procesamiento automático. El Mindfulness capacita al individuo para que responda en relación a sus valores, objetivos y necesidades (procesamiento controlado), frente a respuestas compuestas de hábitos y reacciones. A la hora de realizar una tarea cualquiera la atención plena también inhibe pensamientos intrusivos y permite un tipo de procesamiento más profundo siempre en relación con los estímulos verdaderamente importantes de la tarea a realizar (Barajas y Garra, 2014)

Con el propósito de comprobar si este constructo ejercía algún tipo de influencia en la ejecución de los participantes en la tarea experimental, o en su valoración

sobre la misma, los participantes cumplimentaban el día de antes los siguientes cuestionarios:

La Escala de Conciencia y Atención Plena (MASS, de *Mindful Attention Awareness Scale*, Brown y Ryan, 2003), evalúa las diferencias individuales en la frecuencia de Mindlessness. La escala se centra en la presencia/ ausencia de atención y conciencia en lo que ocurre en el momento presente obviando la medición de aspectos relacionados con el Mindfulness, como la aceptación, la confianza, empatía etc. Para estos autores el Mindfulness es la capacidad natural de un estado de conciencia, por ello miden un solo factor, “presencia” de atención puesta en las actividades de la vida cotidiana, excluyendo la atención puesta en la experiencia interna. Como un rasgo personal el Mindfulness se asociaría a la variabilidad interpersonal en la capacidad y disposición para mantener la atención y darse cuenta de lo que ocurre en el presente. La escala mide hasta qué punto el sujeto actúa de forma automática, con la atención dividida en múltiples preocupaciones sin prestar atención al “aquí y ahora”.

También se ha empleado el Inventario de Atención Plena de Freiburg, versión acortada (FMI, Walach, Buchheld, Büttenmüller, Kleinknecht y Schmidt, 2006). El Mindfulness es un concepto originario de la psicología budista (Delgado, 2009) y el FMI se centra más en las creencias que en los aspectos del comportamiento. El inventario plantea preguntas sobre la frecuencia de sentimientos. El objetivo del inventario es justamente caracterizar la experiencia de la atención plena. Nosotros utilizamos la versión acortada de 14 ítems ya que esta versión es más adecuada para medir el Mindfulness en situaciones generales donde no es necesario poseer conocimientos previos sobre los antecedentes budistas del Mindfulness o experiencia en la meditación. Las pruebas psicométricas muestran que el constructo es holístico, si bien la atención plena puede ser vista desde diferentes ángulos, revelando un componente cognitivo, un componente de proceso, otro que se refiere a la aceptación de la experiencia y otro que implica una actitud sin prejuicios (Walach et al., 2006).

Por último, se obtuvieron registros en el Cuestionario de Cinco Facetas de Mindfulness (FFMQ, de Baer, Smiths, Hopkins, Kriettermeyer y Toney, 2006). Baer et al., (2006) examinaron la estructura de cinco cuestionarios desarrollados para medir la Atención plena, evaluando su consistencia interna y las correlaciones entre ellos. Los cuestionarios fueron (cf. Baer et al, 2006): el MAAS y el FMI (*vid supra*), el Kentucky Inventory of Mindfulness Skills (KIMS; Baer, Smith y Allen, 2004), la Cognitive and Affective Mindfulness Scale (CAMS; Feldman, Hayes, Kumar y Greeson, 2004) y el Mindfulness Questionnaire (MQ; Chadwick, Hember, Mead, Lilley, y Dagnan, 2005).

El análisis factorial exploratorio arrojó cinco factores, o facetas, claras de la Atención Plena y consolidó un cuestionario nuevo, el FFMQ. Los resultados

plantearon la conceptualización de la atención plena como una construcción multifacética, en la que la tendencia general a proceder con Atención plena se da a partir de cinco factores: 1) La Observación, que incluye darse cuenta de las experiencias internas y externas, tales como sensaciones, cogniciones, emociones, sonidos y olores, 2) El Describir, etiquetar experiencias internas con las palabras, 3) el Actuar con conciencia, esto es, ser consciente del momento presente frente en lugar de comportarse de forma automática mientras la atención se centra en otro lugar. 4) No enjuiciar las experiencias internas, se refiere a adoptar una postura no evaluativa hacia pensamientos y sentimientos. 5) No reaccionar ante la experiencia interna; permitir que los pensamientos y sentimientos fluyan, sin fijarse en o dejarse llevar por ellos.

#### ***1.4.3.3. Medidas de conceptos de la terapia de aceptación y compromiso***

Las terapias de tercera generación se orientan no a la evitación/reducción de síntomas sino a que la persona actúe con responsabilidad en la elección personal y en la aceptación de los eventos privados que conlleva ese proceder (Luciano y Valdivia, 2006). Dentro de estas terapias, la más completa es la Terapia de Aceptación y Compromiso de Hayes, Strosahl y Wilson (1999). La Terapia de Aceptación y Compromiso (ACT) considera que los intentos de control, de cambio cognitivo o emocional, que promueve el contexto social, con el fin de alcanzar una vida satisfactoria, son precisamente la base del problema (Hayes y Wilson, 1994). Se ha demostrado que dedicar un excesivo tiempo a la evitación de emociones no deseables (tanto internas como externas) reduce los recursos mentales disponibles necesarios para disfrutar de los eventos placenteros más básicos (por ejemplo, hacer ejercicio, comer saludablemente, escuchar música, tener relaciones sexuales, etc.) y, por ende, inhibe las conductas de aproximación orientadas a la búsqueda y disfrute de las experiencias valoradas (Kashdan y Rottenber, 2010).

La Terapia de Aceptación y compromiso (ACT) trata de centrarse en alterar la función de los pensamientos, promoviendo que sean los valores personales quienes guíen la conducta de la persona y no la modificación de los pensamientos, emociones o sensaciones que causan malestar (Luciano et al., 2006; Luciano y Valdivia, 2006).

Esta necesidad de evitar los eventos privados surge cuando las personas están, centradas de manera excesiva en sus experiencias internas (pensamientos, sentimientos) y orientan todo su comportamiento al control de las mismas (Greco, Lambert, y Baer, 2008). Este proceso ha recibido el nombre de fusión cognitiva y hace referencia a la regulación desadaptativa y excesiva de la conducta por los procesos verbales (Hayes, et al., 2006). Es decir, surge cuando el pensamiento sobre un evento evoca la misma reacción emocional que el

evento en sí, dando lugar a comportamientos basados en dichos pensamientos. Por lo tanto, los procesos verbales (por ejemplo “el dolor de mis piernas me impide ir”) tienen un excesivo e inadecuado impacto sobre el comportamiento (se queda en casa para evitar ese dolor) (Hayes et al., 2006).

El término general del modelo de mala salud psicológica era la “evitación experiencial”, estrategia de regulación caracterizada por los esfuerzos que lleva a cabo una persona para controlar o evitar pensamientos, sentimientos y sensaciones corporales que le resultan desagradables incluso cuando al comportarse así actúa de forma incompatible con los valores personales, teniendo como resultado un aumento de estas experiencias desagradables (Hayes, Luoma, Bond, Masuda, y Lillis, 2005),

La evitación de eventos internos indeseables lleva a un comportamiento inflexible y perjudicial, ya que estas acciones ocurren a expensas de perder oportunidades que ofrecen las situaciones, anulando así las acciones encaminadas a la consecución metas y valores importantes para el individuo y con las que está comprometido (Hayes et al. 2006).

No obstante no se puede equiparar el modelo de la Terapia de Aceptación y Compromiso (ACT) con “la aceptación y evitación experiencial”. Lo central del modelo es como la gente reacciona a pensamientos, sentimientos y sensaciones fisiológicas no deseadas, puesto que también puede pasar que las emociones positivas, eventos internos neutros o placenteros, reduzcan la sensibilidad de las personas, disminuyan su capacidad de respuesta ante contingencias relacionadas con sus metas más importantes y urgentes. Lo que sostiene el modelo es la necesidad de ser flexible en las distintas situaciones, en función de las oportunidades que se ofrecen, basando las acciones tanto en las contingencias actuales como en los eventos internos, sin tomar en consideración si son o no deseados o neutrales (Bond y col.2011)

El modelo define la flexibilidad (o flexibilidad psicológica) como la capacidad de comportarse según lo que requiera la situación con el fin de perseguir fines valorados incluso en presencia de desafíos o experiencias privadas no deseadas como pensamientos, sentimientos, sensaciones fisiológicas, recuerdos, etc. Por el contrario, en la inflexibilidad psicológica (o directamente inflexibilidad) predominan las reacciones psicológicas rígidas sobre las contingencias que rodean la acción. Y esto sucede cuando se dedica una gran cantidad de tiempo, esfuerzo y energía al control, regulación o evitación de las experiencias no deseadas. (Hayes, Luoma, Bond, Masuda, & Lillis, 2006).

La aceptación y la evitación experiencial son ejemplos de flexibilidad psicológica e inflexibilidad, respectivamente. Con la el propósito de comprobar si estos conceptos ejercían algún tipo de influencia en la ejecución de los

participantes en la tarea experimental o en su valoración sobre la misma los participantes cumplimentaban el día de antes los siguientes cuestionarios:

El Cuestionario de Aceptación y Acción (AAQ, *Acceptance and Action Questionnaire*, Bond et al., 2011). Es una medida que se aplica en terapias contextuales, no sólo en la Terapia de Aceptación y Compromiso de Hayes et al. (1999). Se han hecho multitud de versiones adaptadas a áreas específicas, nosotros utilizamos el AAQ general. El cuestionario de Aceptación y acción evalúa específicamente los constructos de aceptación, evitación experiencial e inflexibilidad psicológica (Hayes et al., 2004). Altas puntuaciones en el AAQ indican una mayor disfunción emocional, como mala salud mental general, niveles más altos de ansiedad, depresión, y estrés, así como menos capacidad general para hacer frente a la vida (Bond y col.2011). Los autores de la escala afirman que niveles altos de rigidez psicológica son un factor de riesgo de enfermedades mentales.

El Cuestionario de Credibilidad de Pensamientos y Sentimientos Ansiosos (BAFT, *Believability of Anxious Feelings and Thoughts*, de Herzberg et al., 2012). Se trata de una medida de auto-informe que evalúa la fusión cognitiva con los pensamientos y sentimientos de ansiedad. Los individuos con elevadas puntuaciones en el BAFT tienden a fusionarse con sus pensamientos sin discriminar que son solo experiencias psicológicas, por lo que no necesitan reaccionar a ellas de una manera particular. La fusión cognitiva juega un importante papel en los trastornos de ansiedad porque cuando las personas no tienen las habilidades necesarias para distanciarse de sus sentimientos y pensamientos ansiógenos, y comportarse bajo el control de lo que es importante para ellos, normalmente quedan atrapados en bucles de evitación experiencial que son los que caracterizan estos trastornos (Luciano, Valdivia-Salas y Ruiz, 2012). La fusión cognitiva según la ACT es la causa principal de la evitación experiencial, jugando un importante papel en la etiología y el mantenimiento de los trastornos de ansiedad (Ruiz, Odriozola-González y Suárez-Falcón, 2013).

El Cuestionario de Aceptación y Acción relacionado con la Conducción (CAAQ), es una medida relacionada con el AAQ (*vid supra*), pero re-diseñada para funcionar en entornos más específicos. La flexibilidad psicológica se refiere a la capacidad de estar abierto, centrado en el presente, y cambiar o persistir en la conducta de acuerdo a los cambios en las circunstancias internas o externas. Se trata de un constructo psicológico complejo que abarca aspectos cognitivos, emocionales y conductuales (Ben-Itzhak, Bluvstein, Maor, 2014). Sin embargo, el modelo de la ACT sugiere que la flexibilidad psicológica está controlada contextualmente y, por tanto, puede variar en diferentes contextos. Una implicación de esto es que cuando los ítems de flexibilidad psicológica se contextualizan a lo que se quiere estudiar, en lugar de hacer ítems generales que

sirven a través de contextos, el cuestionario suele correlacionar mejor con distintas medidas específicas del contexto (Ruiz y Odriozola-González, 2013).

Bond et al. (2013) probaron esta implicación mediante el desarrollo de una medida de flexibilidad psicológica relacionada con el lugar de trabajo, el WAAQ (*Work-related Acceptance and Action Questionnaire*). Como esperaban los autores, el WAAQ era mejor predictor en relación a medidas relacionadas con el trabajo que el AAQ, que mide la inflexibilidad psicológica en términos más generales. En nuestro caso se modificaron los ítems, para ajustarlo al contexto de la conducción –y le hemos llamado el CAAQ. Podríamos esperar, por ejemplo, que esta adaptación correlacionase mejor con indicadores de ejecución en la tarea que el AAQ (Cuestionario de Aceptación y acción), que es una medida similar pero general y que también se administró a los participantes.

#### **1.4.4. Propuesta de trabajo**

##### ***1.4.4.1. Planteamiento básico: objetivos***

El objetivo fundamental de este Proyecto de Tesis Doctoral es caracterizar, en términos cognitivo-afectivos y de desempeño, los dos tipos canónicos de conducción en el seguimiento en línea descritos: la *Conducción orientada al mantenimiento de la Distancia* (CD), y la *Conducción orientada al mantenimiento de la Inercia* (CI). Esta caracterización implica una selección de variables y un procedimiento de comparación con conductores reales que describiremos a continuación. El punto de partida de nuestro planteamiento es micro, es decir, consideramos que la unidad de análisis es el conductor, pero esto no presupone que el conductor deba entender y aplicar una ecuación matemática, sino que basta con que desarrolle un modelo mental funcional de la tarea que debe llevar a cabo (por ej., mediante una instrucción verbal). Llevar esto a la práctica permitirá comprobar el supuesto de existencia de una única Conducta Normativa del Tráfico en el seguimiento vehicular en línea. Lo que queremos decir es que, aunque un conductor entienda las instrucciones y las aplique dando a entender que distingue entre ambas técnicas de conducción, podría existir cierta inercia en su auto-regulación que le lleve al cabo de un tiempo a conducir siempre de la misma manera (por ej., en términos de CD).

Este objetivo, caracterizar y comparar, implica manipular variables, medir y controlar efectos extraños, lo que en definitiva nos lleva a plantear un estudio experimental. El principal problema práctico al que nos enfrentamos es el diseño y desarrollo del contexto experimental. Una alternativa deseable pero fuera de nuestros alcances consistiría en replicar el escenario de Nagoya (Sugiyama et al., 2008; Tadaki et al., 2013) añadiendo una manipulación experimental (la CI). La posibilidad más factible consiste en un estudio de laboratorio llevado a cabo en

condiciones seguras y controlables con un simulador gráfico de conducción. Con todo, tampoco se trata de un simulador al uso. Por un lado, la tarea experimental básica no podría ser exactamente igual a la del círculo de Nagoya, esto exigiría un simulador multiplataforma con varios participantes conduciendo y siendo controlados simultáneamente, lo que también estaba fuera de nuestro alcance.

En lugar de esto, hemos optado por simplificar la tarea: en lugar de observar cómo se “enciende” la congestión (Nagoya) queremos establecer cómo podría “apagarse”, los determinantes de su control: bajo qué técnica de conducción (CD / CI), se consigue una mayor estabilidad en la trayectoria del conductor, tanto en términos cognitivo-afectivos como de desempeño. Como se recordará, todo parte de la idea de que el tráfico es un sistema no equilibrado de partículas que interactúan, siendo más inestable el sistema conforme se incrementa la oscilación de las partículas hasta que llegan a un punto en el que se transmite esa inestabilidad (sección 1.2.3). Entonces enfrentaremos al conductor a una partícula, el vehículo al que tiene que seguir, que avanza ya bajo una oscilación notable (una “onda de parada-y-arranque”, un pulso de soliton) y en línea recta, siendo la única herramienta a su alcance el tipo de técnica que indiquen las instrucciones<sup>2</sup>.

No es esta la única consideración que hay que hacer con respecto al experimento de Nagoya. Aunque nuestro planteamiento básico se asienta en una lectura del fenómeno de la congestión que comparte el principio fundamental, claramente su objetivo básico era ver aparecer el soliton. Por ello tiene sentido poner a los conductores a dar vueltas en un circuito *cerrado* hasta que la masa crítica de conductores genera clúster lo suficientemente compactos como para que las oscilaciones entre vehículos se retroalimenten y se transmitan en forma de onda soliton. En este sentido, su instrucción “*solo se dijo a los conductores que siguiesen al vehículo que les precedía de forma segura al tiempo que mantenían su velocidad de crucero*” (ver 1.3.2) es imposible de cumplir, dado el número de vehículos que entran a circular y la necesidad de gestionar tres variables para dar solución a la propia ecuación de movimiento (ver 1.3.4). Finalmente (como esperaban) no podrán mantener su velocidad de crucero. Para tener en cuenta y manipular el efecto de esa tercera variable en la evolución del flujo hubiera sido mejor utilizar menos vehículos, pongamos ocho, pero descomponer o diferenciar

---

<sup>2</sup> Aun tratándose de un instrumento sencillo, plantear el desarrollo de un simulador *a la carta* de estas características ha sido en parte posible gracias a la ayuda recibida por parte de la Fundación Universitaria Antonio Gargallo y Obra Social Ibercaja a finales del 2013. También debemos hacer notar la generosa ayuda prestada por Óscar Melchor e Impactware que ha desarrollado para nosotros el *React Follower* prácticamente a coste cero.

las instrucciones de forma canónica (ortogonal) teniendo en cuenta su principio rector (seguimiento vehicular orientado al mantenimiento de la distancia de seguridad vs. seguimiento vehicular orientado al mantenimiento de la inercia), por ejemplo:

- *siga al vehículo que le precede manteniendo la distancia mínima de seguridad y sin comprometer su seguridad*
- *siga al vehículo que le precede manteniendo su velocidad de cruce y sin comprometer su seguridad*

La primera instrucción terminaría por generar oscilaciones entre ese pequeño clúster de  $n$  vehículos que generarían una onda soliton, mientras que la segunda instrucción llevaría al segundo conductor, el inmediatamente precedente al líder, a jugar con la distancia (según las oscilaciones del líder) para mantener la velocidad uniforme. Llegados a este punto, la predicción es que los conductores se acercaran algo más al record de 12 horas de las orugas procesionarias (Fitzgerald, 2003).

Este marco de predicciones nos ha llevado a invertir el planteamiento en la simulación. Lo interesante es establecer la forma canónica para gestionar el principal problema en el origen de las congestiones: la interacción de partículas en el sistema. Por tanto, vamos a empezar poniendo como líder a una “partícula problemática”, que se desplace emitiendo ondas de parada-y-arranque. Y vamos a proporcionar dos instrucciones canónicas de seguimiento, CD y CI, para comprobar que el conductor las entiende, las aplica y que en un caso se convierte en un replicante e incluso un potenciador de la transmisión de perturbaciones mientras que en el otro caso se convierte en un estabilizador del hipotético flujo que pudiera seguirle.

Una vez desarrollado el concepto y las características de la tarea (en la forma más sencilla posible) quedaba determinar el conjunto de registros de desempeño del simulador (que bautizamos como *React Follower*). Para ello hemos planteado cuatro tipos de registros básicos: a) registros derivados de acciones puntuales<sup>3</sup> (aceleraciones, deceleraciones y colisiones), b) medidas de posicionamiento (distancia media y desviación típica de la distancia al vehículo líder), c) medidas de desplazamiento (velocidad media y su dispersión), medidas conjuntas (distancia total recorrida y consumo de fuel virtual). Se ha determinado una duración de recorrido de cuatro minutos. A las variables registradas en el simulador hay que añadir el registro de la conductancia

---

<sup>3</sup> Las aceleraciones y las deceleraciones son la única variable que controla directamente el conductor y se operan desde las flechas en el teclado en forma discreta.

eléctrica de la piel durante el recorrido (activación) y los auto-informes de los registros afectivo-emocionales (valencia, activación y control) en la escala SAM (sección 1.4.2.1.). El resto de detalles se encuentran en el capítulo de metodología.

El segundo objetivo de este trabajo concierne a la exploración de variables antecedentes: medidas generales, atención plena y registros relacionados con la ACT. Para ello vamos a tomar como referencia la relación potencial de estas variables con las medidas de ejecución en la valoración final de la tarea llevada a cabo a través de la escala SAM: valencia, activación y control.

#### ***1.4.4.2. Hipótesis principales***

Con respecto a los dos estudios experimentales, se avanzan las siguientes hipótesis:

1. Los conductores serán capaces de aplicar las técnicas de conducción denominadas CD y CI partiendo de instrucciones simples:
  - a. En ausencia de contexto: dos frases cortas basadas en reglas (Estudio 1).
  - b. En presencia de contexto: dos videos breves que contextualizan el uso de cada técnica no causar congestiones (Estudio 2).
2. Cada técnica será consistentemente aplicada a lo largo del recorrido, ofreciendo un patrón diferenciado para CD vs CI.
3. Cada técnica ofrecerá un patrón diferencial desde el punto de vista cognitivo-emocional:
  - a. La CD mostrará mayor actividad media en conductancia eléctrica de la piel que la CI.
  - b. La CD mostrará menor valencia media en los registros de SAM que la CI.
  - c. La CD mostrará mayor activación media en los registros de SAM que la CI.
  - d. La CD mostrará menor control medio en los registros de SAM que la CI.
4. Cada técnica ofrecerá un patrón diferencial en términos de la ejecución en los patrones de conducción:
  - a. La CD mostrará más aceleraciones a lo largo del recorrido que la CI.

- b. La CD mostrará más deceleraciones a lo largo del recorrido que la CI.
  - c. La CD mostrará un número similar de colisiones a lo largo del recorrido respecto a la CI.
  - d. La CD mostrará un promedio menor en la distancia de seguimiento al líder a lo largo del recorrido que la CI.
  - e. La CD mostrará una dispersión menor en la distancia de seguimiento al líder a lo largo del recorrido que la CI.
  - f. La CD mostrará una velocidad media similar a la CI a lo largo del recorrido.
  - g. La CD mostrará una dispersión de la velocidad superior a la CI a lo largo del recorrido.
  - h. La distancia total recorrida será la misma bajo ambas técnicas.
  - i. La CD mostrará un mayor consumo final de fuel que la CI.
5. El diseño principal es de medidas repetidas. No obstante, no se espera un efecto del factor orden (controlado como variable entresujeto), ni como efecto principal ni en interacción con las variables independientes principales, respecto al conjunto de medidas dependientes.

Hipótesis específicas del estudio 2:

6. Respecto al chequeo independiente realizado tras el video, antes de la tarea y tras la tarea: se espera un efecto de la activación en las escalas por efecto de la sobrecarga.
- a. Ambas propuestas serán igualmente comprensibles antes, pero tras la tarea CI parecerá más aplicable que CD
  - b. Ambas propuestas parecerán igualmente lógicas antes, pero tras la tarea CI parecerá más lógica que CD
  - c. La propuesta del CD parecerá más creíble (normativa) que la del CI, pero tras la tarea esta diferencia desaparecerá o se invertirá
  - d. La forma de conducir se evaluará como más similar al enfoque CD respecto al CI, antes y será similar después.
7. Respecto a la comparación directa entre CD y CI (al final del estudio):
- e. Habrá un acuerdo similar respecto al contenido de cada propuesta (*checking*)
  - f. La CI resultará más convincente que la CD

g. La CI se juzgará más capaz de reducir los atascos que la CD

Hipótesis específicas del estudio 3:

8. No se hipotetiza una relación mediada entre ninguno de los tres bloques de variables objeto de exorcación (generales, atención plena, ACT) respecto a las variables independientes de ejecución en el recorrido con respecto a la valencia en la escala SAM.
9. Se hipotetiza una relación mediada entre las variables generales (escalas STAIE, STAIR, EAG) respecto a las variables independientes de ejecución en el recorrido con respecto a la activación en la escala SAM, pero no con respecto al control en la escala SAM.
10. Se hipotetiza una relación mediada entre las variables de atención plena (escalas FFMQ, FMI, MAAS) y las de ACT (AAQ, BAFT, CAAQ) respecto a las variables independientes de ejecución en el recorrido con respecto a la activación en la escala SAM y en especial con respecto al control en la escala SAM.



## Capítulo 2



## Capítulo 2

### **Metodología de los estudios**

A continuación vamos a describir la sección de método de nuestro trabajo, que queda por otra parte claramente delimitado. Los dos primeros estudios siguen una metodología experimental y comparten una buena parte de su diseño y estructura. Describiremos de forma pormenorizada el primer estudio y abreviaremos la descripción del segundo insistiendo solo en los aspectos diferenciales. El tercer estudio sigue una metodología correlacional.

#### ***2.1. Los estudios experimentales***

##### **2.1.1. El estudio 1: caracterizando dos formas posibles del seguimiento en línea**

Seguiremos las siguientes secciones dentro del método: diseño, participantes, materiales y procedimiento.

###### ***2.1.1.1. Diseño***

El estudio 1 se ha llevado a cabo sobre un diseño experimental de medidas repetidas con control del orden. La tarea principal del participante consistía en avanzar en una carretera simulada, en línea recta y siguiendo a un vehículo cuya velocidad era variable, que aceleraba y deceleraba (hasta parar), de modo similar a lo que ocurre en ciertos escenarios de conducción real. El factor intrasujeto es la manipulación de la técnica de conducción aplicada para seguir al vehículo líder: Conducción orientada al mantenimiento de la Distancia (CD) vs. Conducción orientada al mantenimiento de la Inercia (CI). El orden (CD-CI / CI-CD) fue el factor entre sujeto. Se han registrado tres tipos de variables dependientes en la fase experimental: psicofisiológicas (conductancia eléctrica de la piel o, más genéricamente, actividad electrodermal, AED), de ejecución (aceleraciones, deceleraciones, colisiones, distancia (media y dispersión) en el seguimiento al líder, velocidad (media y dispersión) en el seguimiento al líder, distancia total recorrida, consumo de fuel, y el auto-informe del estado afectivo (valencia, activación, control) en la escala SAM (*Self-Assessment Manikin*, Lang, 1980). Las variables de ejecución las registraba el simulador de conducción (React-Follower, Impactware, 2013), en concreto frecuencia y tiempo de ocurrencia de cada evento (en milisegundos).

La principal variable extraña a controlar en este estudio era la presencia de variaciones individuales así como el efecto del orden sobre los resultados. La estrategia de control del error ha sido doble. Por una parte todos los participantes son conductores y se ha escogido un diseño intrasujeto con control aleatorizado del orden por el que se pasa por las condiciones experimentales. También se dispone de medidas de autoinforme relativas a aspectos cognitivos, afectivos y emocionales, así como de hábitos en el tráfico. Tales medidas fueron recogidas de todos los participantes con un día de anterioridad a la sesión experimental y serán analizadas en el estudio 3.

### **2.1.1.2. Participantes**

En el primer estudio han participado 20 hombres y 24 mujeres, cuya edad media es de 23,3 años ( $DT = 5,36$ ), residentes en Teruel (España). El requisito básico era poseer carné de conducir. La muestra presenta un nivel de estudios medio-alto (un 84,1% son universitarios, un 11,4% posee estudios de bachiller y un 4,5% de formación profesional). Todos tienen carné de conducir ( $M = 4,07$  años;  $DT = 5,22$ ), el 59,1% de ellos conducen menos de 10.000 km al año, un 18,2% entre 10.000 y 20.000 km, un 11,4% más de 20.000 km al año; un 11,4% dice no conducir habitualmente. Se preguntó con qué frecuencia conducían por autopista/autovía con una escala que iba de 1 (nunca) a 4 (muy a menudo), siendo el promedio 2,45 ( $DT = 0,95$ ). Un 63,6% de los participantes eran estudiantes universitarios del campus y podían escoger entre recibir una fracción de nota por participar (crédito académico) o una remuneración de cinco euros. Los participantes fueron asignados al azar a las condiciones experimentales.

### **2.1.1.3. Materiales**

El estudio se ha llevado a cabo en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Sociales y Humanas en el Campus de Teruel (Universidad de Zaragoza). La realización del estudio ha requerido de dos salas, una cabina en la que el participante llevaba a cabo la tarea y una habitación contigua dotada de un cristal bidireccional desde la cual el experimentador podía controlar el registro psicofisiológico en un monitor y la tarea que en ese momento ejecutaba el sujeto (que no tenía acceso visual al monitor de registros psicofisiológicos, ver Fig. 4). Ambas salas se encontraban aisladas y bajo condiciones de luz y temperatura idóneas para la ejecución de la tarea (Anexo 1).

Entre los objetivos principales del estudio se encuentra la caracterización afectiva y emocional de la conducción a través de la observación de la actividad psicofisiológica en el transcurso de la misma. La conductancia eléctrica de la piel (AED) se registró mediante Biopac MP36 (Biopac Systems Inc., Goleta, CA, USA) a una tasa de muestreo de 50 Hz utilizando dos electrodos Ag-AgCl

desechables colocados en la eminencia hipotenar izquierda. Se obtuvieron registros medios de conductancia eléctrica (en micro Siemens,  $\mu\text{S}$ ) en los tres momentos experimentales (línea base, tarea bajo CD y bajo CI). La unidad MP36 funcionaba conectada a un ordenador PC estándar con sistema operativo Windows XP.



Figura 4. Configuración de la situación experimental

También se recogieron medidas de auto-informe sobre el propio estado emocional mediante el “Maniquí de autoevaluación” (SAM; Lang, 1980). El SAM, un instrumento de medida pictográfica de las emociones que proporciona información sobre tres dimensiones emocionales generales: valencia afectiva (agrado, desagrado), activación (arousal vs. relajación) y dominancia (vs. control) que ha sido ampliamente utilizado y validado en la investigación psicofisiológica (Bradley y Lang, 1994) contando con datos normativos adaptados a la población española (Moltó et al., 1999; Vila et al., 2001). SAM es una representación no verbal y gráfica representada a lo largo de las tres dimensiones afectivas. En la dimensión de valencia es una figura sonriente y

feliz en un punto de la escala y justo en el opuesto es una figura infeliz con el ceño fruncido. Para la dimensión de activación es en un punto de la escala una figura emocionada con los ojos abiertos y en el otro extremo es una figura de sueño. La dimensión de control representa los cambios en el control con cambios en el tamaño de SAM. Una figura grande representa el máximo control de la situación, en el otro extremo una figura pequeño indica que no hay ningún control. El participante puede colocar una “X” sobre cualquiera de las cinco figuras de cada escala o entre dos figuras de cada escala lo que se traduce en 9 puntos de calificación de la escala para cada dimensión. La escala de agrado va de 1 (agrado) a 9 (desagrado) y fue invertida con posterioridad para facilitar la interpretación de las medias en los análisis de varianza. La escala de activación va de 1 (activado) a 9 (relajado) y la de dominancia va de 1 (bajo control) a 9 (alto control). El SAM se aplicó a la evaluación de las propias emociones tras la ejecución de la tarea en el simulador (Anexo 2).

Por otra parte se ha empleado un software de simulación de conducción (React Follower; Impactware, 2014, Fig. 5) que mostraba tres escenarios básicos, siempre en línea recta: A) el participante conduce solo por la carretera (siempre en posición naturalista, ocupa la posición del conductor dentro de un vehículo), B) el participante conduce tras otro vehículo que se desplaza a velocidad constante de 3 m/s (10,8 km/h), C) el participante conduce tras otro vehículo que se desplaza en ciclos constantes de aceleración-mantenimiento de la velocidad-deceleración-parada, que siguen una función sinusoidal cuya velocidad media era de 3 m/s. El único parámetro que podía controlar el participante era la aceleración y la deceleración, para lo cual manejaba las flechas “arriba” y “abajo” situadas en la parte inferior derecha de un teclado de ordenador. Cuando pulsaba la flecha “arriba” aceleraba, cuando soltaba la flecha se mantenía la velocidad constante que había alcanzado, cuando pulsaba la flecha “abajo” deceleraba. La aceleración-deceleración era discreta, esto es, para acelerar o decelerar continuamente el participante debía pulsar repetidamente las teclas en un sentido o en otro. El simulador de conducción funcionaba en un ordenador HP modelo Touchsmart iq522es con una pantalla de 23 pulgadas, tarjeta gráfica Nvidia Geforce 9300 ms y 4 GB de RAM, un procesador Intel core duo T6400 a 2.00 GHZ, y sistema operativo Windows 7. Se utilizó también un teclado USB Apple de precisión (DirectIN PCB v2012). La pantalla reposaba sobre una mesa pequeña, de 70 cm de altura y una base de 60x70cm. El participante se sentaba en un sillón tipo “relax”, con el teclado apoyado en sus muslos y a una distancia constante con respecto a la pantalla (Fig. 4). El software de simulación recogía las siguientes variables durante el tiempo que duraba la simulación: conteo de aceleraciones, deceleraciones y colisiones con el vehículo líder (solo en los escenarios B y C), así como el tiempo específico en el que ocurre cada evento

(en milisegundos), la distancia total recorrida, la velocidad instantánea durante el recorrido y el consumo de combustible.

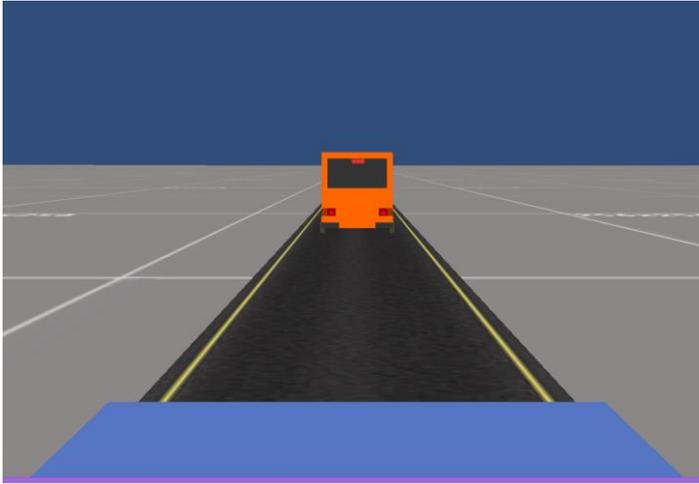


Figura 5. React Follower (Impactware, 2013)

Por último, se ha utilizado un software de captura de pantalla (Camtasia Studio v.8, 2014) de forma que todos los recorridos realizados por los participantes han quedado registrados en formato video VLC, si bien no se presentará información a este respecto en este estudio.

#### **2.1.1.4. Procedimiento**

La participación en la investigación se posibilitó a través de anuncios distribuidos en autoescuelas, centros de reconocimiento y también en el campus universitario. Los interesados se ponían en contacto por correo electrónico con uno de los investigadores y entonces se les daba fecha y hora para acudir al laboratorio. El día de la prueba cada participante fue invitado a entrar en la cabina de experimentación y a sentarse en un sillón tipo “relax”. Entonces se le proporcionaba una ficha de consentimiento informado, donde leía (y firmaba) las condiciones de participación y el objetivo básico del estudio. Un 63.6% de los participantes eran estudiantes universitarios del campus y podían escoger entre recibir una fracción de nota por participar (crédito académico) o una remuneración de cinco euros (Anexo 3).

A continuación se daba paso al bloque experimental propiamente, que se dividía en dos fases:

Fase previa. A comienzo de esta fase se comunicaba al participante lo siguiente: «En primer lugar, durante 4 minutos vas a conducir tú solo por una carretera.

Esto es simplemente para que te familiarices con las flechas en el teclado. La flecha hacia arriba acelera y la flecha hacia abajo frena. Puedes hacerlo poco a poco apretando repetidas veces el acelerador hasta llegar al máximo (que ya no acelerará más por mucho que presiones) y viceversa, apretando repetidas veces el freno hasta que el vehículo se para. O puedes hacerlo bruscamente, sin soltar la tecla hasta acelerar lo máximo posible, o “pegar un frenazo”.» A continuación el investigador entraba en el programa de simulación, activaba las teclas de acción del programa de registro de pantalla, y proporcionaba al participante el teclado del ordenador. El propio entorno de simulación indicaba al participante mediante un semáforo (rojo-amarillo-verde) el momento a partir del cual podrían accionar las teclas para desplazarse por el recorrido (semáforo en verde). Tras este primer contacto de habituación, se daba paso al segundo recorrido indicando al participante lo siguiente: «Ahora durante otros 4 minutos vas a conducir igual por la misma carretera, pero llevarás un coche delante.» El vehículo precedente circulaba a velocidad constante. Tras esta primera fase de habituación, se daba paso al registro de la línea base de variables psicofisiológicas, dándosele al participante la siguiente instrucción: «Ahora que ya te has familiarizado con el simulador, vamos a colocar los medidores de conductancia de la piel. Vas a estar 4 minutos con ellos puestos, sin hacer nada en particular, sólo para que el aparato sincronice y se acostumbre a tus constantes naturales.» El transductor fue colocado en el lado izquierdo, de modo que la mano y el antebrazo podían quedar cómodamente en reposo sobre el brazo izquierdo del sillón, mientras la mano derecha quedaba libre para operar cómodamente sobre el teclado (todos los participantes resultaron ser diestros). Se indicó al participante que era conveniente que guardara reposo y no hiciera movimientos o ademanes bruscos.

Fase experimental. La fase propiamente experimental requería al sujeto conducir por el tercer escenario de simulación mientras se registraban sus respuestas psicofisiológicas. Se invitaba al sujeto a conducir tras el vehículo líder adoptando una de las dos formas básicas que nosotros hemos denominado CD y CI, si bien el sujeto nunca recibió una descripción verbal explícita de este tipo. El grupo que llevó a cabo la tarea bajo orden CD-CI, recibió en primer lugar esta instrucción CD: “En el siguiente escenario de conducción simulada en el que vas a entrar, vas a ver que también hay un vehículo delante de ti, solo que éste no se desplaza a velocidad constante, es decir, unas veces irá más rápido y otras más lento. Lo que te pedimos que hagas es que tú circules detrás de ese vehículo lo más cerca de él que puedas sin llegar a chocar con él”. A continuación, se le pasó el conjunto de escalas SAM para la autoevaluación de su estado afectivo-emocional tras la tarea realizada en el simulador. Después, se dispuso la entrada en el siguiente escenario simulado antes del cual recibió esta instrucción CI: “En el siguiente escenario de conducción simulada en el que vas a entrar, vas a ver que también hay un vehículo delante de ti, y que no se desplaza a velocidad

constante, es decir, unas veces irá más rápido y otras más lento. Lo que ahora te pedimos que hagas es que tú circules detrás del vehículo manteniendo una velocidad constante, sin altibajos, y sin dejar que el vehículo que va delante se aleje demasiado”. Los participantes en la condición complementaria (CI-CD) leyeron los mismos textos en orden inverso.

A continuación se proporcionaba al participante medios para quitar y limpiar la zona donde se habían ubicado los transductores. Después se le invitaba a pasar a la sala donde se ubicaba el experimentador, en la que el participante firmaba una hoja a modo de recibí por la remuneración o bien consignaba su nombre y asignatura a la que podían asignarse los créditos académicos por su participación. Entonces se explicaba al participante, que el objetivo del estudio era analizar las variables que podrían relacionarse con las diversas formas de conducir. Se indicó al participante la necesidad de guardar discreción con respecto a tales objetivos, especialmente si tenía o conocía compañeros que pudiesen participar en el estudio. Así mismo se ofreció al participante ser informado por vía electrónica de los resultados del estudio cuando este fuera publicado. Finalmente, se agradecía al participante su participación en el estudio y se despedía al mismo acompañándole hasta la puerta del laboratorio.

### **2.1.2. El estudio 2: contextualizando dos formas posibles del seguimiento en línea**

Seguiremos las siguientes secciones dentro del método: diseño, participantes, materiales y procedimiento. El estudio 2 es muy similar al Estudio 1, en estructura y en procedimientos, por tanto y para evitar ser redundantes, destacaremos solo los aspectos (fundamentalmente medidas adicionales y procedimiento) que difieren en concreto en este segundo estudio.

#### **2.1.2.1. Diseño**

El estudio 2 sigue punto por punto el diseño descrito en el estudio 1. La única variación que sigue refiere a la variable independiente principal, CD vs CI, que se operacionaliza ahora de una forma alternativa, a través del visionado de un video en el que un presunto instituto de investigación del tráfico (el I.T.F. en el caso de CD, y el C.M.D. en el caso de CI) explica por qué se producen los atascos y cómo deberían evitarse (ver sección materiales). La introducción de esta contextualización de la variable independiente principal ha requerido añadir un nuevo bloque de medidas dependientes en forma de cuestionario, para recoger (tanto antes de llevar a cabo la tarea, como después, tras haber cumplimentado la escala SAM) la opinión que el participante tiene de la propuesta e indirectamente del proponente (el I.T.F. y el C.M.D.): si era comprensible, lógica, creíble, etc. Una vez han pasado por las dos pruebas, justo

antes de concluir el estudio, se pasaba un cuestionario comparativo entre ambas técnicas de conducción propuestas por sendos institutos, pudiendo el participante indicar con qué propuesta estaba más de acuerdo, le parecía más convincente, y se podrían reducir más los atascos.

### **2.1.2.2. Participantes**

En el segundo estudio han participado 7 hombres y 37 mujeres, cuya edad media es de 20,73 años ( $DT = 6,01$ ), residentes en Teruel (España). El requisito básico era poseer carné de conducir. La muestra presenta un nivel de estudios medio-alto (un 68,2% son universitarios, un 25,0% posee estudios de bachiller y un 6,8% de formación profesional). Todos tienen carné de conducir ( $M = 2,81$  años;  $DT = 4,79$ ), el 31,8% de ellos conducen menos de 10.000 km al año, un 9,1% entre 10.000 y 20.000 km, un 2,3% más de 20.000 km al año; un 56,8% dice no conducir habitualmente. Se preguntó con qué frecuencia conducían por autopista/autovía con una escala que iba de 1 (nunca) a 4 (muy a menudo), siendo el promedio 1,70 ( $DT = 0,99$ ). Un 54,2% de los participantes eran estudiantes universitarios del campus y podían escoger entre recibir una fracción de nota por participar (crédito académico) o una remuneración de cinco euros. Los participantes fueron asignados al azar a las condiciones experimentales.

### **2.1.2.3. Materiales**

El estudio 2 fue llevado a cabo en las mismas instalaciones y con los mismos materiales que el estudio 1, con la excepción de los videos confeccionados para ilustrar (manipular) la CD y la CI, y el nuevo bloque de cuestionarios para comprobar su efecto. Tanto la ilustración relativa a la CD como la relativa a la CI incorporan animaciones muy sencillas, confeccionadas a partir de los recursos de figuración y animación que proporciona PowerPoint, temporalizadas y automatizadas en una secuencia de video (Anexo 4). Ambos vídeos compartían exactamente la misma parte inicial, formada por cinco secuencias (cuatro páginas o transiciones de PowerPoint) en la que se explicaba, dejando aparecer sucesivos párrafos e imágenes de arriba-abajo, las siguientes notas sobre la congestión en el tráfico:

1. Transición 1 (5 segundos).  
«La congestión en el tráfico. Planteamiento general. El enfoque del I.T.F.» (o en su caso el C.M.D.).
2. Transición 2 (28 s).  
«La congestión en el tráfico es un problema que nos hace gastar combustible, perder tiempo, llegar tarde... y todo esto nos enfada bastante.  
Cuando conducimos solos en carretera no suele preocuparnos...

Y cuando quisiéramos hacer algo, ya parece demasiado tarde, porque estamos dentro de una congestión o a punto de entrar en una...».

3. Transición 3 (35 s).  
«Es difícil evitar una congestión cuando hay un desencadenante fundamental para detener el tráfico: ¡una roca enorme ha caído en la carretera!  
Sin embargo, muchos atascos ocurren sin un desencadenante concreto ni claro...  
Los expertos llaman a este tipo de congestión, muy habitual, el “atasco fantasma” (*phantom traffic jam*)... ».
4. Transición 4 (20 s).  
«Una de las explicaciones para este fenómeno es la distracción de algunos conductores. Cuando muchos conductores van en la misma dirección, el espacio entre ellos es cada vez menor.  
Llega un momento en el que apenas les queda un margen para frenar si el vehículo que va delante disminuye su velocidad bruscamente.»
5. Transición 5 (51 s).  
«Entonces, cuando un conductor frena para evitar alcanzar al vehículo de delante...  
El resto de los vehículos que van detrás hace lo mismo...  
Esta cadena de frenadas se transmite “hacia atrás” hasta que un vehículo frena completamente...  
Así es como “de la nada” se crea la congestión: el atasco fantasma que llega y no sabemos cómo...».

Como vemos, esta contextualización anticipa bastante fielmente (sin llegar nunca a hacerlo explícito) el contexto de conducción que iban a encontrar en el escenario 3 del simulador, un vehículo que acelera y para, etc. Nunca se advirtió a los participantes de esto, dejando que fuesen ellos los que decidiesen qué hacer para resolver el problema.

A partir de la 5ª transición, la animación daba lugar al enfoque propio de cada instituto de tráfico, esto es, al contenido específico de cada manipulación experimental. El I.T.F. (CD) recomendaba lo siguiente:

6. Transición 6 (43 s).  
«El enfoque del I.T.F.:  
En ese momento es cuando la falta de atención es fundamental. Los conductores deben “tener reflejos”, saber reaccionar con rapidez y situarse de nuevo lo más rápido posible y lo más cerca posible (manteniendo la distancia de seguridad) tras el vehículo que va delante.  
Solo así se reabsorbe y desaparece el atasco.

El conductor actual debe aprender a avanzar en grupos con poco espacio, evitando dejar huecos y a velocidad constante, sin fallos...»

7. Transición 7 (20 s).

«Según apunta el I.T.F.:

La congestión en el tráfico puede aliviarse e incluso evitarse... si somos capaces de avanzar rápido sin dejar huecos porque el espacio bien aprovechado es vital.

No te distraigas y actúa con prontitud cuando avances en grupo: evita el atasco fantasma.»

Por su parte, a partir de la 5ª transición también cambiaba la animación del C.M.D. (C.I.), que (utilizando una transición y 36 segundos más) mostraba lo siguiente:

- Transición 6 (31 s).

«El enfoque del C.M.D.:

Estos vehículos circulan demasiado pegados los unos a los otros: es aquí donde realmente empieza el problema.

Respetan la distancia de seguridad... pero a la mínima variación de velocidad de uno de ellos (por un límite de velocidad, una curva, un despiste, un socavón...), ante el temor de colisión, el que sigue frenará lo suficiente como para alarmar al siguiente, al otro, y al otro, etc.»

Al final, por la suma de los tiempos de reacción, uno de ellos parará y entonces toda la fila detrás de él también lo hará... ya tenemos un “ataasco fantasma”. »

- Transición 7 (45 s).

«Para evitar el atasco fantasma hay que introducir una distancia adicional a la distancia de seguridad: la distancia de eficiencia (como un amortiguador).

Si añado una distancia de eficiencia puedo conducir prestando atención a las variaciones de velocidad del vehículo que va delante, anticiparme y ajustar mi velocidad y la distancia.

Así tengo margen para ajustar mi velocidad, aprovechar la inercia que he alcanzado (sin tener que frenar para luego acelerar) y evitar el riesgo de frenazo y parada: así se evita el atasco fantasma.»

- Transición 8 (23 s).

«Según apunta el C.M.D.:

La congestión en el tráfico puede aliviarse e incluso evitarse... si aprendemos a ajustar la velocidad y la distancia, para conducir tras un vehículo de manera estable.

No circules a trompicones, regula la distancia que necesitas y avanza con velocidad uniforme: evita el atasco fantasma.»

La otra diferencia en los materiales empleados en el segundo estudio concierne al bloque pre-post de cuestionarios elaborados para comprobar el efecto de la propuesta avanzada por el I.T.F. o el C.M.D. En el pre-test se preguntaba lo siguiente: 1) “Por favor, indique en qué medida cree haber comprendido el mecanismo propuesto por el I.T.F. (C.M.D.) para explicar el atasco fantasma (señale con una cruz)”, en una escala que iba de 1 = lo he comprendido totalmente a 7 = no lo he comprendido en absoluto. 2) “¿Le ha parecido lógico el planteamiento general inicial del atasco fantasma?”, de 1 = me ha parecido lógico a 7 = no me ha parecido lógico. 3) “¿Le ha parecido creíble la propuesta (o enfoque) del I.T.F. (C.M.D) para solucionar el atasco fantasma?”, de 1 = me ha parecido creíble a 7 = no me ha parecido creíble. 4) “¿Cree que sabría conducir tras un vehículo tal como se propone en esta presentación, con arreglo al enfoque del I.T.F. (C.M.D)?”, de 1 = sí sabría conducir así, 7 = no sabría conducir así.

Por su parte, una vez realizada la prueba, se preguntaba: 1) “Por favor, indique tras su experiencia en el simulador, en qué medida cree haber podido aplicar el mecanismo propuesto por el I.T.F. (C.M.D.) para evitar el atasco fantasma”, de 1 = lo he aplicado totalmente, a 7 = no lo he aplicado en absoluto. 2) “¿Tras haberlo intentado aplicar, le sigue pareciendo lógico el planteamiento general inicial del atasco fantasma?”, de 1 = me parece lógico a 7 = no me parece lógico. 3) “¿Le sigue pareciendo creíble la propuesta (o enfoque) del I.T.F. (C.M.D.) para solucionar el atasco fantasma?”, de 1 = me parece creíble a 7 = no me parece creíble. 4) “¿Cree que su forma de conducir en un atasco tras un vehículo en la realidad es similar al enfoque del I.T.F. (C.M.D.)?”, de 1 = sí se parece a 7 = no se parece.

Finalmente, antes de terminar y habiendo ya pasado por ambas condiciones experimentales, se proponía el siguiente encabezamiento: “La congestión en el tráfico: dos planteamientos desde el I.T.F y el C.M.D. Como usted ha podido apreciar, estos dos centros de investigación coinciden en su descripción de cómo se forma el atasco fantasma, pero no en su solución.”. Y las siguientes preguntas: 1) “Respecto a la solución que propone el I.T.F., ¿podemos resumirla diciendo que propone al conductor que trate de situarse siempre con rapidez justo tras el vehículo que le precede y dejando un margen básico de distancia de seguridad?”, de 1 = totalmente de acuerdo a 7 = totalmente en desacuerdo. 2. “Respecto a la solución que propone el C.M.D., ¿podemos resumirla diciendo que propone al conductor dejar un margen adicional de distancia respecto al vehículo que le precede para así evitar oscilaciones bruscas de velocidad y fluir de manera estable?”, de 1 = totalmente de acuerdo a 7 = totalmente en desacuerdo. 3) “Ahora puede comparar dos explicaciones sobre el atasco fantasma, ¿cuál le convence más?”, de 1 = me convence más el I.T.F. a 7 = me

convence más el C.M.D. 4) “Finalmente, ¿qué propuesta cree que ayudaría más a reducir los atascos?”, de 1 = la propuesta del I.T.F. a 7 = la propuesta del C.M.D.

#### **2.1.2.4. Procedimiento**

El estudio 2 sigue punto por punto el diseño descrito en el estudio 1. Como hemos visto en las secciones anteriores, los únicos cambios introducidos en el procedimiento consisten en la forma de operacionalizar la variable independiente principal (sustituyendo una frase corta por el visionado de un video), la incorporación de un bloque de medidas de cuestionario (previas y posteriores a la manipulación experimental), y, por último, la incorporación de un cuestionario al final del experimento cuyo objeto es comparar las opiniones de los participantes sobre ambos institutos de investigación.

#### **2.1.3. El estudio 3: exploración de variables antecedentes**

El tercer estudio tiene por objeto explorar la relación entre una serie de constructos psicológicos (variables generales, atención plena...) y los tres bloques de medidas que forman la base del estudio: registros psicofisiológicos, cognitivo-afectivos y de desempeño. No sigue, por tanto, la metodología experimental de los estudios 1 y 2, sino que se trata de un estudio de tipo correlacional.

La Conducción orientada al mantenimiento de la Inercia (CI) es una innovación que, como hemos visto, no existe como recomendación (oficial) y práctica habitual en el seguimiento vehicular en línea. Por ello nos hemos preguntado qué variables antecedentes, entre las muchas posibles, podrían incidir en su comprensión, su aceptación y su uso. Se han barajado dos opciones, una más conservadora y otra más innovadora. La primera hace referencia al uso de cuestionarios más o menos habituales en el tráfico, como el Driver Behavior Questionnaire (Reason et al., 1990; Parker et al., 1995; Rowe et al., 2015), o los inventarios de rasgos de personalidad en el tráfico (Abert y Rimmo, 1998; Lajunen et al., 2002; Underwood, 2005). Sin embargo, por un lado nuestro objeto de estudio es muy específico (el seguimiento vehicular en un carril) y por otro lado, uno de los objetivos de este trabajo es precisamente proponer y caracterizar una forma alternativa para el desplazamiento en línea.

La segunda hace referencia a una indagación realmente exploratoria, tal vez animada por el *zeitgeist* de la investigación actual. Una nueva forma de asumir el movimiento en línea supone desarrollar o aplicar estrategias ad hoc (no normativas). Las personas dotadas con más capacidad de auto-regulación, con cierta apertura de conciencia a lo nuevo, a lo diferente, y con flexibilidad

suficiente para aprender, y para tolerar los propios errores en ese proceso, van a favorecer su aprendizaje y su adaptación. Por ejemplo, pensemos que los estudios sobre el modelado matemático y el calibrado del seguimiento vehicular en línea destacan que normalmente es más realista proponer tiempos breves (1,2 o 1,3 s) de distancia de seguimiento (*headway*) porque los conductores suelen tratar de evitar dejar huecos en frente que otros conductores puedan ocupar (Merrikhpour et al., 2014). Se trata de un hecho paradójico porque un conductor que practique CI (y entienda el beneficio colectivo de hacerlo porque evita formar flujos compactos de tráfico) tratará de dejar un margen adicional de distancia para mantener una velocidad más uniforme (ver estudios 1 y 2), pero esto le enfrenta a la posibilidad de que otro conductor, que desconozca CI, decida forzar la ocupación de ese hueco (densificando el tráfico e incluso originando una perturbación).

Este punto de partida nos animó a considerar tres bloques exploratorios. Por un lado, medidas relacionadas con el constructo de atención plena (*mindfulness*), por otro lado medidas relacionadas con las llamadas terapias de tercera generación (ACT), y por último un bloque de medidas que podríamos llamar generales.

### **2.1.3.1. Diseño**

Se trata de un estudio correlacional cuyo objeto es explorar las relaciones del constructo de Atención Plena (*Mindfulness*) en la tarea bajo estudio. El objetivo es explorar si la atención plena interactúa de alguna manera con la tarea y si tiene un efecto sobre las valoraciones cognitivo-emocionales posteriores (valencia, activación y control en SAM). Este objetivo concreto ligado a la posible intervención de la atención plena tiene cierta relación con la observación de algunos registros individuales bajo CD y CI (Fig. 6). Estos datos presentan los registros de velocidad y distancia al vehículo líder a lo largo de toda la prueba. Se trata de un participante que, como podemos observar, adopta un patrón muy congruente con las instrucciones CD / CI. Bajo CD la distancia al líder es mínima y más regular, mientras que la velocidad oscila continuamente (único modo de mantener una distancia constante con un vehículo cuya trayectoria presenta aceleraciones y deceleraciones hasta parar). Bajo CI, por el contrario, la velocidad se mantiene más uniforme es la distancia al líder la que presenta oscilaciones (del todo necesarias para mantener una velocidad uniforme tras un vehículo que acelera y para). Frente a registros como este, se han observado otros mucho menos pulcros en términos del patrón de velocidad y distancia, incluso difíciles de diferenciar a simple vista.

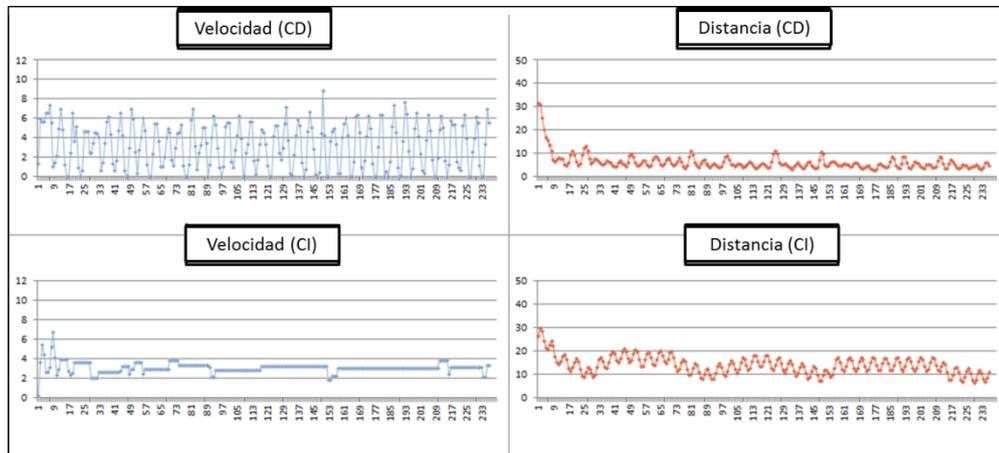


Figura 6. ¿Un conductor mindful?

Para ello se va a emplear seis conjuntos de variables predictoras: a) variables demográficas (edad, sexo y nivel de estudios), b) experiencia en la conducción (años de carné, kilometraje, frecuencia en la conducción), c) el bloque de medidas de cuestionarios (en su caso relativos bien a la atención plena, a la ACT, o a medidas generales), d) índices de diferencias en la ejecución, obtenidos restando al promedio bajo CD el promedio bajo CI (se trata de las diferencias en aceleraciones, deceleraciones, colisiones, distancia media y dispersión respecto al vehículo líder, velocidad medida y dispersión respecto al vehículo líder, distancia total recorrida y consumo de fuel), e) diferencias en la respuesta electrodermal CD-CI, f) contexto experimental (estudio 1 vs 2). Estas variables, por tanto, recogen bloques más o menos coherentes y se trata de explorar su capacidad predictora de la valoración cognitivo-emocional que el participante lleva a cabo tras la tarea sobre la escala SAM (Lang, 1980; Bradley y Lang, 1994), que será la variable criterio.

El plan de análisis consiste en la introducción de los distintos bloques de variables en una serie de ecuaciones de regresión para determinar qué conjunto específico, con especial énfasis en el bloque de atención plena, interviene en las valoraciones de la tarea que los participantes realizaron al finalizar la tarea mediante las sub-escalas SAM, el último registro de datos por el que pasa el participante.

### 2.1.3.2. Participantes

La muestra la componen 61 mujeres y 27 hombres, cuya edad media es de 22,01 años ( $DT = 5,81$ ). El requisito básico era poseer carné de conducir. La muestra presenta un nivel de estudios medio-alto (un 76,4% son universitarios, un 18.2%

posee estudios de bachiller y un 5,7% de formación profesional). Todos tienen carné de conducir ( $M=3,45$  años;  $DT = 5,03$ ). Un 34,1% no suele conducir, un 45,5% de ellos conducen menos de 10000 km al año, el 13,6% entre 10.000-20.000 km al año y el 6,8% más de 20.000 km al año. Se preguntó con qué frecuencia conducían por autopista/autovía con una escala que iba de 1 (nunca) a 4 (muy a menudo), siendo el promedio 2.08 ( $DT = 1,03$ ).

### **2.1.3.3. Materiales**

El bloque de medidas de conceptos de la ACT (*Acceptance and Commitment Therapy*) consta de 3 cuestionarios:

- El Cuestionario de Aceptación y Acción (AAQ, Hayes et al., 2004; Bond et al., 2011), que es la medida más utilizada para evaluar la evitación experiencial y la inflexibilidad psicológica. El AAQ evalúa específicamente el constructo de aceptación, evitación experiencial e inflexibilidad psicológica. Las respuestas se recogen en una escala Likert de 7 puntos (las puntuaciones menores indican aceptación psicológica y las mayores inflexibilidad). Las puntuaciones más altas indican una mayor inflexibilidad psicológica, y las inferiores aceptación.
- El cuestionario de Credibilidad de Pensamientos y Sentimientos Ansiosos (BAFT, Herzberg et al., 2012), que evalúa la fusión cognitiva con los pensamientos y sentimientos de ansiedad (hay versión española, Ruiz, Odriozola y Suárez, 2013). Este instrumento está compuesto por 16 ítems que recogen tres factores (preocupaciones somáticas, regulación emocional y evaluación negativa) en escalas de 7 puntos (de 1 = nada creíble a 7 = completamente creíble). La puntuación mínima (16 puntos) indica ausencia total de fusión cognitiva y la máxima (112 puntos) lo contrario. Presenta un alfa de Cronbach de 0,9. (explora la fusión cognitiva con la evaluación negativa de los pensamientos y sentimientos de ansiedad; por ejemplo: “Necesito conseguir manejar mi ansiedad y miedo para tener la vida que quiero”). La fusión cognitiva según la ACT es la causa principal de la evitación experiencial, jugando un importante papel en la etiología y el mantenimiento de los trastornos de ansiedad. Ruiz, Odriozola-González y Suárez-Falcón (2013).
- El Cuestionario de Aceptación y Acción relacionado con la Conducción (CAAQ, Ruiz et al., 2013). Se trata de la versión española del Cuestionario de Aceptación y Acción Relacionado con el Trabajo (WAAQ, *Work-related Acceptance and Action Questionnaire*, Bond et al. (2013). El CAAQ trata la flexibilidad psicológica en el contexto de la conducción, y consta de 7 ítems que se responden en una escala likert de 7 puntos, de 1 (nunca) a 7 (siempre). A mayor puntuación mayor

inflexibilidad psicológica. Considerando la importancia de la especificidad de contexto, hemos adaptado los ítems de CAAQ con contenidos de la conducción (Anexo 5).

El bloque de medidas generales consta así mismo de tres cuestionarios:

- El inventario de Ansiedad Rasgo (STAIR) y de Ansiedad Estado (STAI-E; Spielberger, Gorsuch y Lushene, 1970). Ambas escalas están compuestas por 20 ítems (10 redactados de forma positiva y 10 de forma negativa). La escala de respuesta es 0 = nada, 1 = algo, 2 = bastante y 3 = mucho. Guillén-Riquelme y Buela-Casal (2011) realizaron un análisis de fiabilidad y obtuvieron un alfa de Cronbach de 0,90 para ansiedad rasgo (STAI-R) y 0,94 para ansiedad estado (STAI-E) con una muestra de 1.036 adultos españoles. El STAI-R se cumplimentaba el día de antes a la sesión experimental, el STAI-E el mismo día de la sesión experimental justo al llegar al laboratorio.
- La escala de Afecto Positivo y de Afecto Negativo (PANAS, *Positive and Negative Affect Schedule*, Watson et al., 1988). Comprende 20 ítems, que se dividen en dos sub-escalas (10 ítems para la escala de Afecto Positivo y 10 para la de Afecto Negativo). La versión española del PANAS (Sandín et al., 1999) confirmó esta estructura bidimensional del afecto con una muestra de 712 estudiantes universitarios, obteniendo un alfa = 0,89 (AP) y 0,91 (AN) en varones y un alfa = 0,87 (AP) y 0,89 (AN) en mujeres. La escala de respuesta es 0 = nada o casi nada, 1 = un poco, 2 = bastante, 3 = mucho y 4 = muchísimo. La escala PANAS se cumplimentaba el mismo día, y justo antes, de la sesión experimental.
- La Escala de Autoeficacia General (EAG; Baessler y Schwarzer, 1996) consta de 10 ítems con escalas tipo Likert de 4 puntos, que van de 1 = incorrecto, 2 = apenas cierto, 3 = más bien cierto, 4 = cierto. En la adaptación de la escala a una muestra española de 256 personas, se obtuvo un nivel de consistencia interna alfa igual a 0,87. La EAG se cumplimentaba el día antes de la sesión experimental. Los resultados para el grupo de varones arrojaron un alfa = 0,89 (AP) y 0,91 (AN), y para las mujeres un alfa = 0,87 (AP) y 0,89 (AN).

Por último, el bloque de cuestionarios relacionados con la temática de la atención plena fue el MAAS (Brown y Ryan, 2003; Barajas y Garra, 2014), el FMI (Walach et al., 2006) y las cinco facetas del FFMQ (Baer et al., 2006).

- La Escala de Conciencia y Atención Plena (MAAS, *Mindful Attention and Awareness Scale*, Brown y Ryan, 2003) evalúa las diferencias individuales en la frecuencia de Mindlessness. Se compone de 15 ítems

cuya escala tiene 6 puntos de anclaje (1 = casi siempre; 2 = muy frecuente; 3 = algo frecuente; 4 = algo infrecuente; 5 = muy infrecuente; 6 = casi nunca). Por ejemplo, un ítem de esta escala dice “Me encuentro absorto acerca del futuro o el pasado”, con lo que se asume que las puntuaciones más altas reflejan un pensamiento “mindless” (ensimismado, enajenado). La adaptación a la muestra española presenta un único factor con un alfa de Cronbach de 0,88 (Barajas y Garra, 2014). En nuestra muestra, presenta una consistencia similar (alfa = 0,83). La escala se centra en la presencia/ausencia de atención y conciencia de lo que está ocurriendo en el momento presente, obviando la medición de aspectos relacionados con el Mindfulness.

- El Inventario de Atención Plena de Freiburg (en adelante FMI, en la versión acortada de Walach et al., 2006) es un cuestionario que consta de 14 ítems que se centra más en las creencias que en los aspectos del comportamiento. Esta adaptación fue llevada a cabo con una muestra de 257 sujetos, obteniendo un alfa de 0,86 y correlacionando casi completamente con la versión completa de 30 ítems (Walach et al., 2006). La escala de respuesta tiene 4 puntos de anclaje (1 = rara vez; 2 = ocasionalmente; 3 = bastante a menudo; 4 = casi siempre). Por ejemplo, un ítem de esta escala dice “Veo mis errores y dificultades sin juzgarlos” (Anexo 5), con lo que se asume que las puntuaciones más altas reflejan un pensamiento “mindful” (atención plena, consciente). Este cuestionario presenta un único factor con un alfa de Cronbach de 0,86 (Walach et al., 2006). En nuestra muestra, presenta una consistencia algo menor (alfa = 0,73).
- El *Five Facet Mindfulness Questionnaire* (FFMQ, de Baer et al., 2006; Cebolla et al., 2012) es un cuestionario que comprende 5 factores o facetas en 39 ítems. La escala de respuesta tiene 5 puntos de anclaje (1 = nunca o muy raramente verdad; 2 = rara vez verdad; 3 = a veces verdad; 4 = a menudo verdad; 5 = muy a menudo o siempre verdad). Por un lado tenemos el factor Observación, que refiere al darse cuenta de las experiencias internas o externas (por ej., emociones, sensaciones, sonidos y olores). Un ejemplo de ítem sería “presto atención a las sensaciones que produce el viento en el pelo o el sol en la cara” (Anexo 5). Este factor presenta un alfa de Cronbach de 0,81 en muestra española y 0,83 en la inglesa (Cebolla et al., 2012). Por otro lado tenemos el factor Descripción, que consiste en etiquetar experiencias internas con las palabras. Un ejemplo de ítem sería “se me da bien encontrar las palabras para describir mis sentimientos”. Este factor presenta un alfa de Cronbach de 0,91 en muestra española y en la inglesa (Cebolla et al., 2012). A continuación tenemos el factor Actuación Consciente, que

consiste en ser consciente en el momento presente frente a comportarse de forma automática mientras la atención se centra en otro lugar. Un ejemplo de ítem sería “me distraigo fácilmente” (se trata de un ítem cuya codificación ha de invertirse). Este factor presenta un alfa de Cronbach de 0,89 en muestra española y en 0,87 la inglesa (Cebolla et al., 2012). Seguidamente tenemos el factor Aceptación, o no enjuiciar la experiencia interna. Un ejemplo de ítem sería “me digo a mí mismo que no debería estar pensando como pienso” (ítem invertido). Este factor presenta un alfa de Cronbach de 0,91 en muestra española y 0,87 en la inglesa (Cebolla et al., 2012). Por último, tenemos el factor No Reacción, o no reactividad ante la experiencia interna, que hace referencia a permitir que los pensamientos o sentimientos fluyan, sin fijarse en o dejarse llevar por ellos. Un ejemplo de ítem sería “en situaciones difíciles, puedo parar sin reaccionar inmediatamente”. Este factor presenta un alfa de Cronbach de 0,80 en muestra española y 0,75 en la inglesa (Cebolla et al., 2012). Por motivos de tiempo, y siguiendo desarrollos recientes (Tran et al., 2013) hemos optado por una versión abreviada del cuestionario de 20 ítems (Anexo 5).

#### ***2.1.3.4. Procedimiento***

Los participantes eran invitados a través de anuncios que fueron distribuidos en autoescuelas, centros de reconocimiento y también en el campus universitario. La invitación decía «Se buscan participantes para un estudio de psicología aplicada a la conducción, preferiblemente con carné de conducir. Lugar de realización: Facultad de Ciencias Sociales y Humanas (c/Ciudad Escolar s/n, 44003. Teruel). La participación se gratificará con 5 euros. Si estas interesado en colaborar y participar en esta investigación ponte en contacto a través del email (aquí se incluía el email). Muchas gracias.» Los participantes se ponían en contacto por correo electrónico con uno de los investigadores y entonces se les daba fecha y hora para acudir al laboratorio y se les indicaba que, como parte del estudio, debían contestar a una serie de cuestionarios el día previo a su participación. Los cuestionarios podían cumplimentarse de forma electrónica o en papel.

En la primera parte de cuestionario se anunciaba lo siguiente: «Estudio de psicología aplicada a la conducción. A continuación y como parte del estudio te vamos a solicitar que contestes a una serie de preguntas pertenecientes a distintos cuestionarios. Todos ellos son bastante breves y debes cumplimentarlos el día anterior a tu cita en la Universidad. Muchas gracias.» A continuación se solicitaban datos relativos a un código de identificación (que el sujeto había recibido en un correo previo), su edad, sexo, nivel educativo, profesión, años que

tiene carné de conducir, kilometraje anual realizado y frecuencia de conducción por autopista o autovía. Seguidamente se pasaba a la sección de cuestionarios donde el participante podía leer lo siguiente “Sección de cuestionarios. A continuación se te presentan distintos cuestionarios sobre aspectos psicológicos generales. En este tipo de cuestionarios no hay respuestas correctas o incorrectas, de modo que contesta lo que consideres oportuno. Como recomendación general, podemos sugerir que no emplees demasiado tiempo en cada frase, sino que respondas como honesta y espontáneamente creas conveniente. Lo que es importante para nosotros es tu propia experiencia. Muchas gracias por tu colaboración.” A continuación se presentaban los cuestionarios listados en la sección de materiales, en este orden: 1) Inventario de Atención Plena de Freiburg, 2) La Escala de Conciencia de Atención Plena, 3) el Cuestionario de Cinco Facetas de Mindfulness, 4) el Cuestionario STAI-R, 5) la Escala de Autoeficacia General, 6) el Cuestionario de Aceptación y Acción, 7) el Cuestionario sobre Credibilidad de los Sentimientos y Pensamientos Ansiógenos y 8) el Cuestionario de Aceptación y Acción relacionado con la Conducción. Finalmente, el mismo día de la sesión experimental, se cumplimentaban la Escala de Afecto Positivo y de Afecto Negativo (PANAS) y el Inventario de Ansiedad Estado (STAI-E).



## Capítulo 3



## Capítulo 3

### Resultados y discusión

A continuación se describen las secciones de resultados y discusión en cada uno de los tres estudios que hemos llevado a cabo. Los resultados se organizarán en dos secciones, descriptivos y análisis inferenciales.

#### ***3.1. Estudio 1: caracterizando dos formas posibles del seguimiento vehicular en línea***

##### **3.1.1. Resultados: estudio 1**

La sección de resultados será organizada según el tipo de medida dependiente empleado.

###### ***3.1.1.1. Descriptivos***

La tabla 1 presenta las medias y desviaciones típicas de los registros de conductancia eléctrica del conjunto de la muestra según el tipo de conducción realizada.

	Línea base	CD	CI
<i>M</i>	5,59	8,04	6,55
<i>DT</i>	4,16	5,81	5,05

Tabla 1. Medidas de conductancia eléctrica de la piel

La tabla 2 muestra las medias y desviaciones típicas de las medidas de autoinforme obtenidas durante la sesión experimental (dimensiones de valencia, activación y control en la escala SAM).

Técnica de conducción	CD		CI	
Dimensión SAM	<i>M</i>	<i>DT</i>	<i>M</i>	<i>DT</i>
Valencia (1=desagradable; 9=agradable)	6,55	1,77	6,55	1,81
Activación (1=activado; 9=relajado)	3,93	2,16	5,07	2,20
Control (1=dominado; 9=controlando)	6,25	1,69	7,20	1,42

Tabla 2. Medidas de autoinforme en la escala SAM

La tabla 3 muestra los resultados con las principales medidas de ejecución en el simulador. La medida del fuel es equivalente a litros de combustible. La medida de distancia viene expresada en el equivalente a metros y la de velocidad en m/s.

Técnica de conducción	CD		CI	
	<i>M</i>	<i>DT</i>	<i>M</i>	<i>DT</i>
Valor				
Número of aceleraciones	147,86	62,12	90,05	75,54
Número of deceleraciones	108,45	31,35	55,80	45,24
Número of colisiones	3,66	3,22	0,32	0,67
Distancia a vehículo líder en m ( <i>M</i> )	6,56	2,07	11,88	4,72
Distancia a vehículo líder en m ( <i>DT</i> )	3,95	0,86	4,74	1,25
Velocidad en m/s ( <i>M</i> )	3,08	0,03	3,06	0,04
Velocidad en m/s ( <i>DT</i> )	2,57	0,32	1,44	0,73
Distancia total recorrida (m)	739,81	3,87	734,86	7,67
Consumo de fuel (litros)	19,37	1,76	15,03	2,46

Tabla 3. Indicadores de desempeño en el simulador de conducción

### 3.1.1.2. Análisis inferenciales

#### Conductancia eléctrica de la piel

Las puntuaciones en AED fueron comparadas mediante un ANOVA de medidas repetidas con dos tipos de orientación a la conducción (CD y CI) y control del orden (CD-CI, CI-CD). Los análisis muestran diferencias significativas entre las medias de conductancia en CD vs CI,  $F_{(1,42)} = 26,41$ ;  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,386$  (tabla 1), no observándose diferencias en conductancia en función del orden de presentación,  $p = 0,711$ , ni en su interacción,  $p = 0,303$ . La tabla 1 presenta las medias y desviaciones típicas de los registros de conductancia eléctrica del conjunto de la muestra según el tipo de conducción realizada.

#### Escala SAM

Las puntuaciones en la escala SAM fueron comparadas mediante un ANOVA de medidas repetidas con dos niveles de orientación a la conducción (CD, CI), tres dimensiones afectivas (valencia, activación, control) y controlando el orden (CD-CI, CI-CD). Los resultados muestran que las diferencias entre las medias agregadas de las tres dimensiones son significativas, siendo más altas bajo CI ( $M = 6,27$ ) frente a CD ( $M = 5,58$ ),  $F_{(1,42)} = 10,08$ ,  $p = 0,003$ ,  $\eta_p^2 = 0,194$ . El factor orden no resulta significativo,  $p = 0,963$ , pero sí la interacción entre ambos,  $F_{(1,42)} = 11,44$ ;  $p = 0,002$ ,  $\eta_p^2 = 0,214$  (tabla 4). Cuando se sigue el orden CD-CI, las medias agregadas son similares (CD:  $M = 5,94$ ; CI:  $M = 5,89$ ), pero no cuando se sigue el orden CI-CD (CI:  $M = 6,65$ ; CD:  $M = 5,21$ ). En este caso se aprecia un efecto de arrastre CD vs CI, y un efecto contraste CI-CD.

	ORDEN	CD-CI		CI-CD	
Técnica de conducción	SAM	<i>M</i>	<i>DT</i>	<i>M</i>	<i>DT</i>
Centrado en la distancia (CD)	Valencia	6,96	0,37	6,14	0,37
	Activación	4,36	0,46	3,50	0,46
	Control	6,50	0,36	6,00	0,36
Centrado en la Inercia (CI)	Valencia	6,68	0,40	6,41	0,39
	Activación	4,32	0,45	5,82	0,45
	Control	6,68	0,29	7,73	0,26

Tabla 4. Medidas en SAM: orden y técnica de conducción

El test W de Mauchly indica un incumplimiento del supuesto de esfericidad, tanto para el factor que agrupa las dimensiones de la escala SAM ( $X^2_{(df=2)} = 6,95$ ,  $p = 0,031$ , Chi-cuadrado) como para la interacción entre ambos factores ( $X^2_{(df=2)} = 14,69$ ,  $p = 0,001$ , Chi-cuadrado), por lo que se aplicará la corrección de Greenhouse-Geisser en ambos casos ( $\epsilon = 0,87$  and  $\epsilon = 0,77$ , respectivamente), siendo esta la más conservadora (Pardo y San Martín, 2010). Se observan diferencias entre las dimensiones de la escala SAM,  $F_{(2,84)} = 37,23$ ;  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,470$ . Las puntuaciones en activación ( $M = 4,50$ ) son inferiores a las de valencia ( $M = 6,55$ ) o control ( $M = 6,73$ ),  $F_{(1,42)} = 60,77$ ;  $p < 0,001$ , cuadrático. Ambos factores intrasujeto presentan una interacción significativa,  $F_{(2,84)} = 6,12$ ;  $p = 0,006$ ,  $\eta_p^2 = 0,127$ : no hay diferencias entre las dimensiones de SAM según el tipo de conducción en términos de valencia, pero sí en activación y control (tabla 2). Finalmente encontramos una interacción de segundo orden  $F_{(2,84)} = 3,41$ ,  $p < 0,05$ ,  $\eta_p^2 = 0,075$ , que viene a reforzar la tesis de un efecto contraste entre las dimensiones en SAM sobre todo cuando los participantes empiezan con CI, y en especial respecto a la dimensión de activación (tabla 4), caso en el que los participantes se sienten más relajados bajo CI ( $M = 5,82$ ) que bajo CD ( $M = 3,50$ ).

#### Medidas de ejecución en el simulador

A continuación, vamos a presentar la comparación entre las medidas de ejecución por bloques. En todos los casos llevaremos a cabo análisis de varianza de medidas repetidas, introduciendo estas medidas como factores intrasujeto y el orden como factor entresujeto.

#### *Medidas concernientes a acciones puntuales: aceleraciones, deceleraciones y colisiones*

Las medidas operativas, de aceleración y deceleración, fueron comparadas mediante un ANOVA de medidas repetidas con dos niveles de orientación a la conducción (CD, CI), dos tipos de acción (aceleración, deceleración) y controlando el factor orden (CD-CI, CI-CD). Los resultados arrojan un cómputo

total de operaciones de aceleración/deceleración mayor bajo CD ( $M = 128,16$ ) que bajo CI ( $M = 72,92$ ),  $F_{(1,42)} = 26,42$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,386$ , tabla 3. También se observa que las aceleraciones ( $M = 118,96$ ) son en general más frecuentes que las deceleraciones ( $M = 82,13$ ),  $F_{(1,42)} = 31,43$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,428$ . Por otra parte, se efectúan más operaciones en conjunto bajo el orden CD-CI ( $M = 114,68$ ) que CI-CD ( $M = 86,5$ ),  $F_{(1,42)} = 9,68$ ,  $p = 0,003$ ,  $\eta_p^2 = 0,187$ . Ambos factores interactúan a nivel marginal,  $F_{(1,42)} = 3,68$ ,  $p = 0,062$ ,  $\eta_p^2 = 0,081$ . No se observan otros efectos significativos.

Las colisiones fueron sometidas al mismo esquema de análisis (técnica de conducción, control del orden). Se observan diferencias significativas en función del tipo de técnica,  $F_{(1,42)} = 43,82$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,511$  (tabla 3). No se observan efectos significativos del orden,  $p = 0,430$ , o de la interacción entre ambos factores,  $p = 0,199$ .

#### *Medidas de posicionamiento: distancia al vehículo líder*

Las puntuaciones medias de distancia al vehículo líder fueron sometidas a un ANOVA de medidas repetidas según la técnica de conducción (CD, CI) y controlando el orden (CD-CI, CI-CD). Los resultados indican que la distancia al vehículo líder es menor bajo CD y mayor bajo CI,  $F_{(1,42)} = 54,64$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,565$ . No se observan diferencias significativas en función del orden ( $p = 0,328$ ) pero sí una interacción entre los factores,  $F_{(1,42)} = 4,43$ ,  $p < 0,05$ ,  $\eta_p^2 = 0,095$ : la distancia media al vehículo líder es mayor cuando se comienza con CI ( $M = 13,03$ ) y se sigue con CD ( $M = 6,20$ ) que al revés (CD:  $M = 6,92$ ; CI:  $M = 10,72$ ). El mismo diseño se ha aplicado tomando la desviación típica de la distancia al vehículo líder como medida principal. Los resultados indican que la variabilidad de la distancia es menor bajo CD y mayor bajo CI,  $F_{(1,42)} = 13,14$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,238$  (tabla 3). No se observan diferencias significativas en función del orden ( $p = 0,564$ ) o interacción entre los factores ( $p = 0,156$ ).

#### *Medidas de desplazamiento: velocidad*

Los resultados indican que la velocidad media es menor bajo CI y mayor bajo CD,  $F_{(1,42)} = 14,68$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,259$  (tabla 3). También se observa un efecto del orden,  $F_{(1,42)} = 5,42$ ,  $p = 0,025$ ,  $\eta_p^2 = 0,114$ , siendo el promedio de velocidad superior cuando se comienza con CD-CI ( $M = 3,08$ ) comparado a CI-CD ( $M = 3,06$ ). Por último, se observa una interacción,  $F_{(1,42)} = 8,12$ ,  $p = 0,007$ ,  $\eta_p^2 = 0,162$  que atañe fundamentalmente a los registros en velocidad media son más similares cuando se comienza con CD (CD:  $M = 3,08$ ; CI:  $M = 3,07$ ) que cuando se comienza con CI (CI:  $M = 3,04$ ; CD:  $M = 3,08$ ). Los resultados con la dispersión observada en la velocidad (tabla 3) indican que la variabilidad de la velocidad es menor bajo CI y mayor bajo CD,  $F_{(1,42)} = 87,58$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,676$ . No se observan diferencias en función del orden,  $p = 0,212$ , pero sí una

interacción marginal entre los factores,  $F_{(1,42)} = 3,22$ ,  $p = 0,080$ ,  $\eta_p^2 = 0,071$ . De nuevo, los registros en dispersión de la velocidad son más similares cuando se comienza con CD (CD:  $M = 2,54$ ; CI:  $M = 1,62$ ) que cuando se comienza con CI (CI:  $M = 1,26$ ; CD:  $M = 2,61$ ).

#### *Medidas conjuntas: distancia y consumo de fuel*

La distancia total recorrida varía en función de las condiciones,  $F_{(1,42)} = 16,80$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,286$ . El orden es significativo,  $F_{(1,42)} = 4,27$ ,  $p < 0,05$ ,  $\eta_p^2 = 0,092$ , siendo las distancias totales recorridas menores con la secuencia CI-CD ( $M = 736,1$ ) comparando a CD-CI ( $M = 738,6$ ). La interacción entre las variables indica,  $F_{(1,42)} = 10,11$ ,  $p = 0,003$ ,  $\eta_p^2 = 0,194$ , que cuando se empieza por CD (CD:  $M = 739,15$ ; CI:  $M = 738,04$ ) las diferencias son escasas inexistentes, pero no cuando se empieza por CI (CI:  $M = 731,7$ ; CD:  $M = 740,5$ ). Finalmente se ha analizado el promedio de consumo de fuel siendo este mayor bajo CD,  $F_{(1,42)} = 122,84$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,745$  (tabla 3). No se observan diferencias en función del orden,  $p = 0,762$ , y sí una interacción marginalmente significativa entre los factores,  $F_{(1,42)} = 3,56$ ,  $p = 0,066$ ,  $\eta_p^2 = 0,078$ : las diferencias de consumo de fuel son menores cuando se comienza con CD (CD:  $M = 19,08$ ; CI:  $M = 15,48$ ) que al contrario (CD:  $M = 19,66$ ; CI:  $M = 14,58$ ).

#### Tamaño del efecto

En síntesis, como indican las puntuaciones de la eta parcial al cuadrado ( $\eta_p^2$ ), podemos decir que el tamaño del efecto ligado a los factores de índole cognitivo emocional oscila entre pequeño (factor de interacción entre SAM y CD/CI, 0,127) y mediano (0,386 para las diferencias de EDA según CD/CI, y de 0,470 para el registro de dimensiones de SAM). El tamaño del efecto ligado a los factores de desempeño presenta un rango muy amplio, en el que destacaríamos (siempre según el tipo de conducción) las colisiones (0,511), el promedio de distancia al vehículo líder (0,565), la variación de velocidad (dispersión, 0,676) y sobre todo el efecto global sobre el consumo de fuel (0,745). Los tamaños del efecto derivados del orden se mueven en un rango pequeño (0,075-0,214).

Finalmente se muestra una síntesis gráfica de los resultados concernientes a los promedios y desviaciones típicas de la velocidad a lo largo de los cuatro minutos de recorrido, a razón de un dato por segundo (Fig. 7) y también de la media y la desviación típica de la distancia respecto al vehículo líder (Fig. 8).

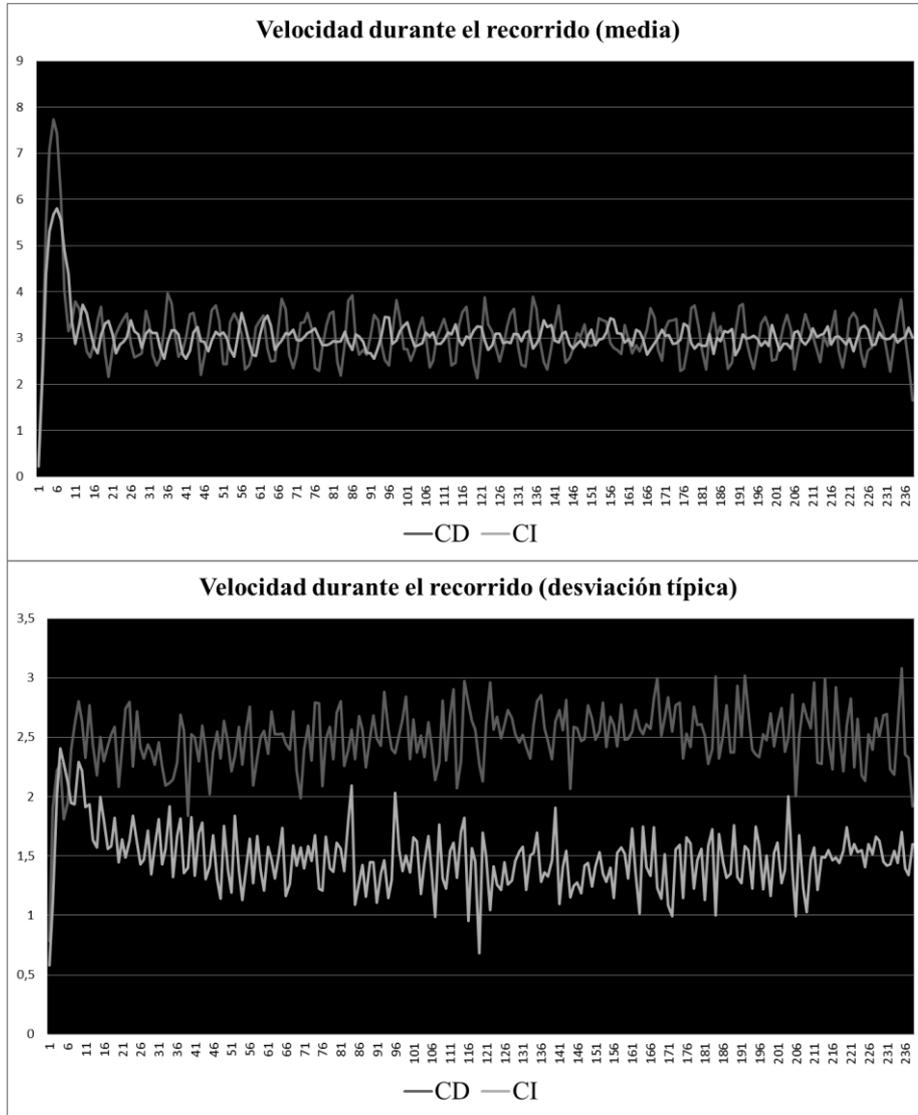


Figura 7. Velocidad durante el recorrido bajo CD vs CI

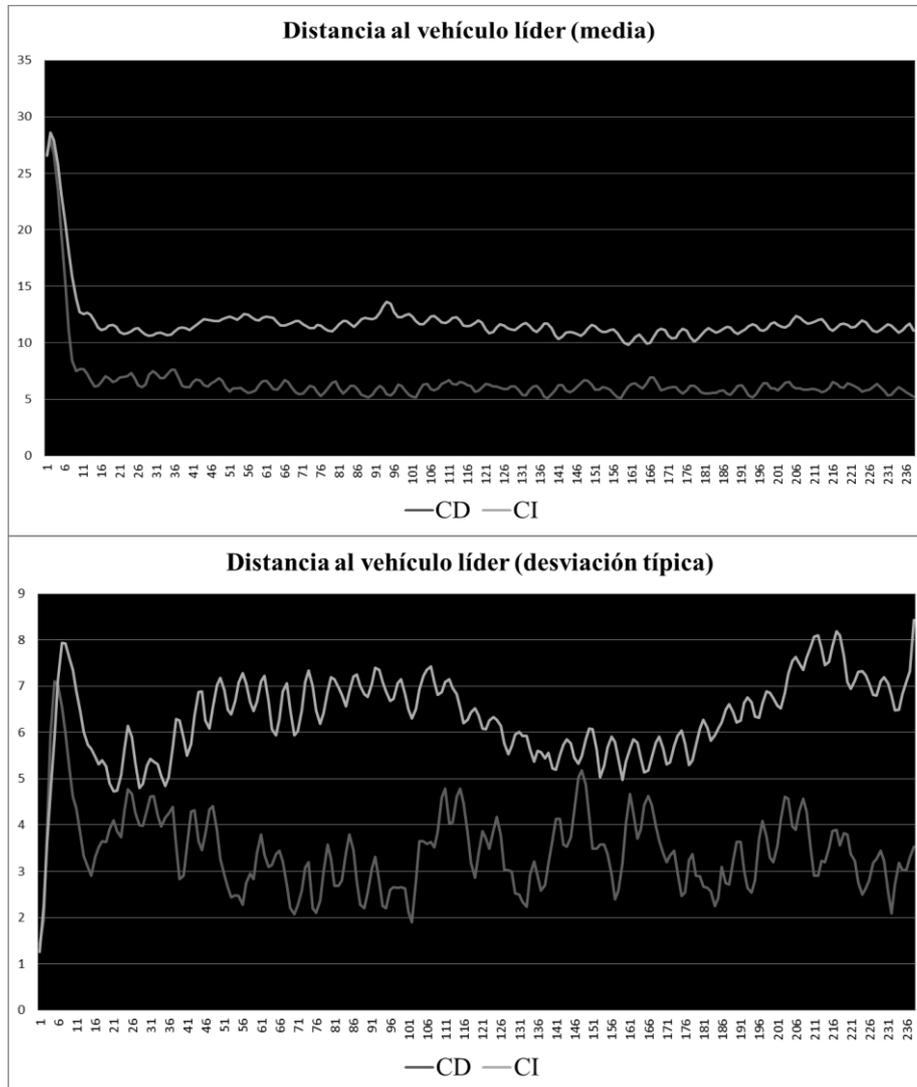


Figura 8. Distancia al vehículo líder durante el recorrido bajo CD vs CI

### 3.1.2. Discusión: estudio 1

Los resultados confirman que los conductores han comprendido y puesto en práctica dos modalidades diferentes de seguimiento de un vehículo precedente a las que hemos denominado CD y CI (Hipótesis 1 y H1a). Tal como se aprecia en la Fig. 8 bajo CD el resultado básico es la reducción del espacio disponible (“maximizar la capacidad”), algo que queda claramente manifiesto en el gráfico

superior. Las oscilaciones de distancia bajo CD son, por otra parte, también menores, como muestra la parte inferior. Por su parte, bajo CI el resultado es la reducción de las oscilaciones en la velocidad, es decir, la inercia adquirida se preserva. Esto se aprecia en el gráfico inferior de la Fig. 7, que muestra una dispersión de velocidad mayor bajo CD a lo largo de todo el recorrido (H2). Como vemos, en el gráfico superior, la media de las velocidades es muy similar (al fin y al cabo, en ambos casos se sigue un vehículo que es el que marca la pauta), si bien el margen superior e inferior de la línea bajo CI siempre queda dentro de los márgenes máximos y mínimos de velocidad bajo CD. Veremos este aspecto más adelante.

El patrón de conducción bajo cada modalidad, CD y CI, difiere a nivel afectivo y comportamental (H3). Por un lado, los registros de AED indican una menor activación psicofisiológica bajo CI (H3a). Las medidas de auto-informe recogidas a través de la escala SAM, indican que la valencia no cambia bajo CI o CD, lo cual no corrobora la H3b. Suponíamos que una mayor activación redundaría en un menor agrado, pero en este sentido la prueba es neutral. Es cierto que los escenarios de los recorridos en simulación bajo CD y CI, así como el patrón de oscilaciones del vehículo precedente, son los mismos, y que las instrucciones son igualmente parcas respecto a CI y CD, por lo que deducimos que la valencia en SAM tiene algo que ver con la experiencia en el propio escenario y marco de la tarea. Por su parte, y en línea con las hipótesis, las medias de activación y control difieren bajo cada modalidad: los participantes afirman sentir más relajación y más control en CI (H3c, H3d), algo que va en línea con los registros de conductancia. No obstante, no se había hipotetizado un efecto principal (diferencias entre las tres dimensiones del SAM, siendo la relajación menor que la valencia positiva o el control) ni un efecto de interacción entre el tipo de dimensión en SAM, que muestran una interacción entre las dimensiones SAM y la técnica de conducción no hipotetizada a la que ya hemos referido (H3b).

También se observa un efecto orden, no hipotetizado (H5), con la medida agregada de las dimensiones SAM: estas medidas difieren entre sí en el sentido esperado pero solo cuando se empezó en el orden CI-CD (efecto contraste) y no en el orden CD-CI (efecto de asimilación). Este efecto se observa en interacción con el tipo de dimensión de SAM. Cuando el orden es CD-CI, hay una asimilación en la valencia, la activación y el control (en el sentido de que las puntuaciones bajo CI se asemejan a las de CD). Cuando el orden es CI-CD, hay un efecto de contraste que también se da con la valencia, pero que es particularmente intenso en la dimensión de activación (más relajada en CI) y en segundo término con la de control (más control en CI).

También se observan diferencias en las medidas de ejecución (H4). La CD muestra un promedio mayor de aceleraciones (H4a) y deceleraciones (H4b). Conducir centrándose en el mantenimiento de la distancia al vehículo líder muestra un patrón característico, requiere un tipo de conducción más intensa (más operaciones) que conducir centrándose en el mantenimiento de la inercia. Se observa un cómputo mayor de aceleraciones que de deceleraciones que no estaba hipotetizado. Se observa un resultado, también relacionado con el orden que no hemos predicho (H5): se efectúan más operaciones cuando el orden es CD-CI que cuando el orden es CI-CD, lo que parece indicar que la modalidad con la que se empieza establece unos patrones de tarea, y ciertos umbrales de tolerancia, que tienden a transmitirse a la tarea contigua, pese a que sigan dándose diferencias.

La particular intensidad en la conducción bajo CD ha dado lugar a un resultado no esperado, hay más colisiones bajo CD respecto a CI, por lo que la H4c no se cumple. Aunque el promedio de colisiones es relativamente bajo (para 4 minutos), este resultado no es positivo, dado que apunta a la presencia de un patrón más extremo de comportamiento (en simulación) que el que esperaríamos en la realidad. Por otra parte, también tiene un aspecto positivo, y es que la CI reduce el patrón de colisiones.

Los resultados también muestran diferencias en el sentido esperado con respecto al promedio (H4d) y dispersión (H4e) de la distancia al vehículo líder, siempre inferiores bajo CD. Se observa, de nuevo al margen de lo hipotetizado, una diferencia significativa en función del orden en interacción con la distancia media al líder, que es mayor cuando el orden es CI-CD frente a cuando el orden es CD-CI, incrementándose el valor medio bajo CI vs CD en particular cuando se comienza bajo CI (es decir, es CD quien marca la asimilación de la posterior distancia de seguimiento bajo CI, que es entonces menor).

Por su parte, y con respecto a la velocidad, observamos que se cumple la predicción relativa a una menor dispersión de la misma bajo CI (H4g), pero no la predicción relativa a la ausencia de diferencias en la velocidad media (H4f), que también es menor bajo CI. Pensemos que, al fin y al cabo, ambos vehículos se desplazan tras un vehículo, al que no pueden atravesar, y cuya trayectoria oscila sinusoidalmente con un promedio de 3 m/s. Sin embargo, y aunque las variaciones son ligeras, son significativas. Tenemos además un efecto inesperado del orden, siendo la velocidad media mayor en el orden CD-CI, y también una interacción, que apunta a un efecto complementario al que hemos visto con la distancia: cuando se comienza con CD, la velocidad media bajo CI es mayor que cuando se comienza con CI (siendo igual la velocidad bajo CD).

Los dos párrafos anteriores ofrecen un resultado inesperado pero interesante: hay un sentido de influencia (asimilación, arrastre), cuando la CD se practica antes

incide en los patrones de velocidad y distancia de CI, que se acercan a los de CD, pero no al contrario (aceleraciones y deceleraciones siguen un patrón similar, no comentado por ser marginalmente significativo). Un efecto similar (asimilación y también contraste) ha sido observado con las valoraciones en la escala SAM.

Por último, las medidas globales no confirman la hipótesis de igualdad de distancia total recorrida (H4h), que es inferior bajo CI. Aunque el recorrido es el mismo en ambos casos, es el vehículo líder el que determina el final de la prueba y dado que bajo CI siempre se circula a más distancia del líder, vemos que el ANOVA detecta estas diferencias medias, que son sistemáticas. De hecho, este efecto presenta una interacción con el orden, en el sentido apuntado de arrastre de CD vs CI (distancias totales más semejantes) pero no al contrario (distancia bajo CI menor, bajo CD prácticamente igual). Sin embargo, sí se cumple la hipótesis de las diferencias de consumo de fuel (H4i). Pese a tratarse de distancias totales prácticamente iguales, y en coherencia con los datos anteriores de aceleraciones, deceleraciones y dispersión de la velocidad, se consume un 22,4% menos fuel “virtual” bajo CI. Finalmente, y fuera de nuestras expectativas (H5) pero en consonancia con los resultados obtenidos, observamos que se consume más fuel bajo las dos modalidades bajo el orden CD-CI, que bajo el orden CI-CD, en el sentido de una asimilación del consumo a CD, pero no al contrario.

### ***3.2. Estudio 2: contextualizando las dos formas canónicas del movimiento vehicular en línea***

#### **3.2.1. Resultados: estudio 2**

La sección de resultados será organizada según el tipo de medida dependiente empleado.

##### ***3.2.1.1.Descriptivos***

La tabla 5 presenta las medias y desviaciones típicas de los registros de conductancia eléctrica del conjunto de la muestra según el tipo de conducción realizada.

	Línea base	CD	CI
<i>M</i>	6,88	9,47	8,18
<i>DT</i>	5,344	6,341	6,244

Tabla 5. Medidas de conductancia eléctrica de la piel

La tabla 6 muestra las medias y desviaciones típicas de las medidas de auto-informe obtenidas durante la sesión experimental (dimensiones de valencia, activación y control en la escala SAM).

Técnica de conducción	CD		CI	
Dimensión SAM	<i>M</i>	DT	<i>M</i>	DT
Valencia (1=desagradable; 9=agradable)	4,21	0,346	7,07	0,186
Activación (1=activado; 9=relajado)	3,11	0,268	5,61	0,296
Control (1=dominado; 9=controlando)	4,91	0,285	6,77	0,273

Tabla 6. Medidas de autoinforme en la escala SAM

La tabla 7 muestra los resultados con las principales medidas de ejecución en el simulador. La medida del fuel es equivalente a litros de combustible. La medida de distancia viene expresada en el equivalente a metros y la de velocidad en m/s.

Técnica de conducción	CD		CI	
Valor	<i>M</i>	DT	<i>M</i>	DT
Número of aceleraciones	158,27	81,363	106,64	80,295
Número of deceleraciones	100,70	39,110	62,64	44,715
Número of colisiones	2,91	3,796	,23	,677
Distancia a vehículo líder en m ( <i>M</i> )	7,73	3,453	17,63	9,976
Distancia a vehículo líder en m ( <i>DT</i> )	4,37	1,190	5,40	2,344
Velocidad en m/s ( <i>M</i> )	3,07	,0313	3,03	,056
Velocidad en m/s ( <i>DT</i> )	2,54	,368	1,44	,660
Distancia total recorrida (m)	738,71	4,409	728,67	13,532
Consumo de fuel (litros)	18,60	1,564	15,07	2,225

Tabla 7. Indicadores de desempeño en el simulador de conducción

La tabla 8 presenta los registros obtenidos a través de los cuestionarios sobre las propuestas respectivas llevadas a cabo por el I.T.F. y el C.M.D (Anexo 6). Se trata de cuatro ítems que se recogen antes de la tarea, justo tras la proyección del video, y también una vez han pasado por la tarea, tanto tras CD como tras CI (ver tabla en cursiva).

Instituto de Tráfico / Técnica de conducción	I.T.F. (CD)		C.M.D. (CI)	
	<i>M</i>	<i>DT</i>	<i>M</i>	<i>DT</i>
1. <i>¿Cree haber comprendido el mecanismo...?</i>	1,80	1,025	1,41	,871
1. <i>¿Cree haber podido aplicar el mecanismo...?</i>	3,50	1,621	2,50	1,248
2. <i>¿Le ha parecido lógico el planteamiento...?</i>	3,60	1,647	1,93	1,301
2. <i>¿Tras aplicarlo, le sigue pareciendo lógico...?</i>	4,66	1,867	2,18	1,514
3. <i>¿Le ha parecido creíble la propuesta...?</i>	3,70	1,837	1,95	1,219
3. <i>¿Le sigue pareciendo creíble la propuesta...?</i>	4,80	1,799	2,36	1,615
4. <i>¿Sabría conducir un vehículo así...?</i>	3,16	1,697	2,27	1,020
4. <i>¿Se parece su forma de conducir al enfoque...?</i>	4,73	1,770	3,05	1,711

Tabla 8. Opiniones pre-post sobre las propuestas de I.T.F. vs C.M.D.

La tabla 9 presenta las medias y desviaciones típicas relativas a los 4 ítems finales en los que se comprueba si la idea básica de cada propuesta fue correctamente comprendida por los participantes, y también se pregunta qué explicación (la del I.T.F., la del C.M.D.) ha sido más convincente y cuál reduciría más los atascos.

Cuestionario/Escala	<i>M</i>	<i>DT</i>
Chequeo del resumen sobre propuesta I.T.F. (1=de acuerdo)	2,52	1,959
Chequeo del resumen sobre propuesta C.M.D. (1=acuerdo)	1,52	1,110
¿Qué explicación le es más convincente? (1=I.T.F.; 7=C.M.D)	6,09	1,654
¿Qué propuesta ayudaría más a reducir atascos? (1=I.T.F.; 7=C.M.D.)	5,93	1,634

Tabla 9. Evaluación comparativa: I.T.F. vs C.M.D.

### 3.2.1.2. Análisis inferenciales

#### Conductancia eléctrica de la piel

Las puntuaciones en AED fueron comparadas mediante un ANOVA de medidas repetidas con dos tipos de orientación a la conducción (CD y CI) y control del orden (CD-CI, CI-CD). Los análisis muestran diferencias significativas entre las medias de conductancia en CD vs CI,  $F_{(1,42)} = 23,02$ ;  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,354$  (tabla 5), no observándose diferencias en conductancia en función del orden de presentación,  $p = 0,25$ , pero sí (de tipo marginal) en su interacción,  $F_{(1,42)} = 3,37$ ;  $p < 0,1$ ,  $\eta_p^2 = 0,074$ . Los niveles de conductancia experimentados son similares cuando se empieza por CD-CI (CD:  $M = 10,31$ ; CI:  $M = 9,51$ ) frente a cuando se empieza por CI-CD (CI:  $M = 6,84$ ; CD:  $M = 8,63$ ). Se trata de un efecto general de arrastre similar al observado en el estudio 1, que se puede resumir diciendo

que iniciar la tarea bajo CD sube la activación en CI, en mayor medida que lo contrario.

### Escala SAM

Las puntuaciones en la escala SAM fueron comparadas mediante un ANOVA de medidas repetidas con dos niveles de orientación a la conducción (CD, CI), tres dimensiones afectivas (valencia, activación, control) y controlando el orden (CD-CI, CI-CD). Los resultados muestran que las diferencias entre las medias agregadas de las tres dimensiones son significativas, siendo más bajas en CD ( $M = 4,08$ ) frente a CI ( $M = 6,48$ ),  $F_{(1,42)} = 66,9$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,614$ . El factor orden también resulta significativo,  $F_{(1,42)} = 10,74$ ,  $p < 0,01$ ,  $\eta_p^2 = 0,204$ , siendo la media en las escalas de SAM más alta cuando el orden es CD-CI ( $M = 5,74$ ) comparado a cuando es CI-CD ( $M = 4,82$ ), pero no la interacción entre ambos,  $p = 0,72$  (tabla 10).

El test W de Mauchly indica un incumplimiento del supuesto de esfericidad para el factor que agrupa las tres dimensiones de la escala SAM a un nivel marginal ( $X^2_{(df=2)} = 4,76$ ,  $p = 0,092$ , Chi-cuadrado), por lo que se aplicará la corrección de Greenhouse-Geisser ( $\epsilon = 0,983$ ), la más conservadora (Pardo y San Martín, 2010). Se observan diferencias entre las dimensiones de la escala SAM,  $F_{(2,84)} = 19,6$ ;  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,318$ . Las puntuaciones en activación ( $M = 4,36$ ) son inferiores a las de valencia ( $M = 5,64$ ) o control ( $M = 5,84$ ),  $F_{(1,42)} = 35,9$ ;  $p < 0,001$ , cuadrático. Ambos factores intrasujeto presentan una interacción marginalmente significativa,  $F_{(2,84)} = 2,86$ ;  $p = 0,063$ ,  $\eta_p^2 = 0,064$ : las diferencias entre CD y CI se exacerban con el agrado y el control (tabla 10). Finalmente, también el orden interviene a nivel marginal,  $F_{(2,84)} = 2,98$ ,  $p = 0,056$ ,  $\eta_p^2 = 0,066$  (tabla 10). Cuando el orden es CD-CI, las diferencias mayores entre sub-escalas SAM (siempre a favor de la CI) se dan sobre todo en la dimensión de valencia (3,54 puntos), luego activación (2,45 puntos) y menos en control (1,55 puntos). Cuando el orden es CI-CD, las diferencias entre escalas, siempre a favor de CI, son mucho más moderadas: 2,18 puntos para la valencia, 2,54 puntos para la activación y 2,19 puntos para el control. A diferencia del primer estudio, la valencia y no el control, y después la activación, marcan las principales diferencias en la evaluación afectiva entre CI y CD.

	ORDEN	CD-CI		CI-CD	
Técnica de conducción	SAM	<i>M</i>	<i>DT</i>	<i>M</i>	<i>DT</i>
Centrado en la distancia (CD)	Valencia	4,41	,489	4,00	,489
	Activación	3,59	,379	2,64	,379
	Control	5,45	,404	4,36	,404
Centrado en la Inercia (CI)	Valencia	7,95	,264	6,18	,264
	Activación	6,04	,419	5,18	,419

	Control	7,00	,386	6,55	,386
--	---------	------	------	------	------

Tabla 10. Medidas en SAM: orden y técnica de conducción

Medidas de ejecución en el simulador

A continuación, vamos a presentar la comparación entre las medidas de ejecución por bloques. En todos los casos llevaremos a cabo análisis de varianza de medidas repetidas, introduciendo estas medidas como factores intrasujeto y el orden como factor entresujeto.

*Medidas concernientes a acciones puntuales: aceleraciones, deceleraciones y colisiones*

Las medidas operativas, de aceleración y deceleración, fueron comparadas mediante un ANOVA de medidas repetidas con dos niveles de orientación a la conducción (CD, CI), dos tipos de acción (aceleración, deceleración) y controlando el factor orden (CD-CI, CI-CD). Los resultados arrojan un cómputo total de operaciones de aceleración/deceleración mayor bajo CD ( $M = 129,48$ ) que bajo CI ( $M = 84,64$ ),  $F_{(1,42)} = 18,39$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,305$ , tabla 7. También se observa que las aceleraciones ( $M = 132,45$ ) son en general más frecuentes que las deceleraciones ( $M = 81,67$ ),  $F_{(1,42)} = 37,40$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,471$ . No se observan diferencias en función del orden,  $p = 0,74$ . Sin embargo, se observa una interacción entre los tres factores,  $F_{(1,42)} = 4,08$ ,  $p = 0,05$ ,  $\eta_p^2 = 0,089$ . Cuando el orden es CD-CI, las aceleraciones y deceleraciones en CD (acc.:  $M = 138,9$ ; dec:  $M = 103,36$ ) son moderadamente más altas que en CI (acc.:  $M = 110,8$ ; dec.:  $M = 66,5$ ), pero cuando el orden es CI-CD, en particular las aceleraciones en CD (acc.:  $M = 177,6$ ; dec.:  $M = 98,04$ ), son mucho más altas que en CI (acc.:  $M = 102,5$ ; dec.:  $M = 58,8$ ).

Las colisiones fueron sometidas al mismo esquema de análisis (técnica de conducción, control del orden). Se observan diferencias significativas en función del tipo de técnica,  $F_{(1,42)} = 20,73$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,330$  (tabla 7). No se observan efectos significativos del orden,  $p = 0,235$ , o de la interacción entre ambos factores,  $p = 0,197$ .

*Medidas de posicionamiento: distancia al vehículo líder*

Las puntuaciones de distancia al vehículo líder fueron sometidas a un ANOVA de medidas repetidas según la técnica de conducción (CD, CI) y controlando el orden (CD-CI, CI-CD). Los resultados indican (tabla 7) que la distancia al vehículo líder es menor bajo CD y mayor bajo CI,  $F_{(1,42)} = 62,45$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,598$ . No se observan diferencias significativas en función del orden ( $p = 0,297$ ), ni interacción entre los factores,  $p = 0,224$ . El mismo diseño se ha aplicado tomando la desviación típica de la distancia al vehículo líder como

medida principal. Los resultados indican que la variabilidad de la distancia es menor bajo CD y mayor bajo CI,  $F_{(1,42)} = 14,40$ ;  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,255$  (tabla 7). No se observan diferencias significativas en función del orden ( $p = 0,945$ ) o interacción entre los factores ( $p = 0,956$ ).

*Medidas de desplazamiento: velocidad*

Los resultados indican que la velocidad media es menor bajo CI que bajo CD,  $F_{(1,42)} = 22,98$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,354$  (tabla 7). No se observa efecto del orden  $p = 0,310$ , ni de la interacción,  $p = 0,323$ . Este dato viene a indicar que se desperdicia energía bajo la CD (la velocidad media del líder, 3 m/s, no cambia). Tal vez esto se vea más claramente con los resultados con la dispersión en la velocidad que muestran que la variabilidad de la velocidad es menor bajo CI y mayor bajo CD,  $F_{(1,42)} = 143,9$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,774$ . No se observan diferencias en función del orden,  $p = 0,845$ , ni interacción entre los factores,  $p = 0,625$ .

*Medidas conjuntas: distancia y consumo de fuel*

La distancia total recorrida varía en función de las condiciones,  $F_{(1,42)} = 26,65$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,388$  (tabla 7). Se trata de una diferencia lógica, en tanto que al dejarse mayor distancia respecto al líder bajo CI, siendo el mismo el que llega primero al final del recorrido (y determina el final de la prueba), es normal que se recorra menos distancia. El orden es marginalmente significativo,  $F_{(1,42)} = 2,92$ ,  $p = 0,95$ ,  $\eta_p^2 = 0,065$ , siendo las distancias totales recorridas menores con la secuencia CI-CD ( $M = 731,75$ ) comparando a CD-CI ( $M = 735,6$ ). La interacción entre las variables indica no resulta significativa,  $p = 0,261$ .

Finalmente se ha analizado el promedio de consumo de fuel siendo este mayor bajo CD,  $F_{(1,42)} = 145,32$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,776$  (tabla 7). No se observan diferencias en función del orden,  $p = 0,624$ , ni interacción entre ambos factores,  $p = 0,980$ .

A continuación se muestra una síntesis gráfica de los resultados concernientes a los promedios y desviaciones típicas de la velocidad a lo largo de los cuatro minutos de recorrido, a razón de un dato por segundo (Fig. 9) y también de la media y la desviación típica de la distancia respecto al vehículo líder (Fig. 10).

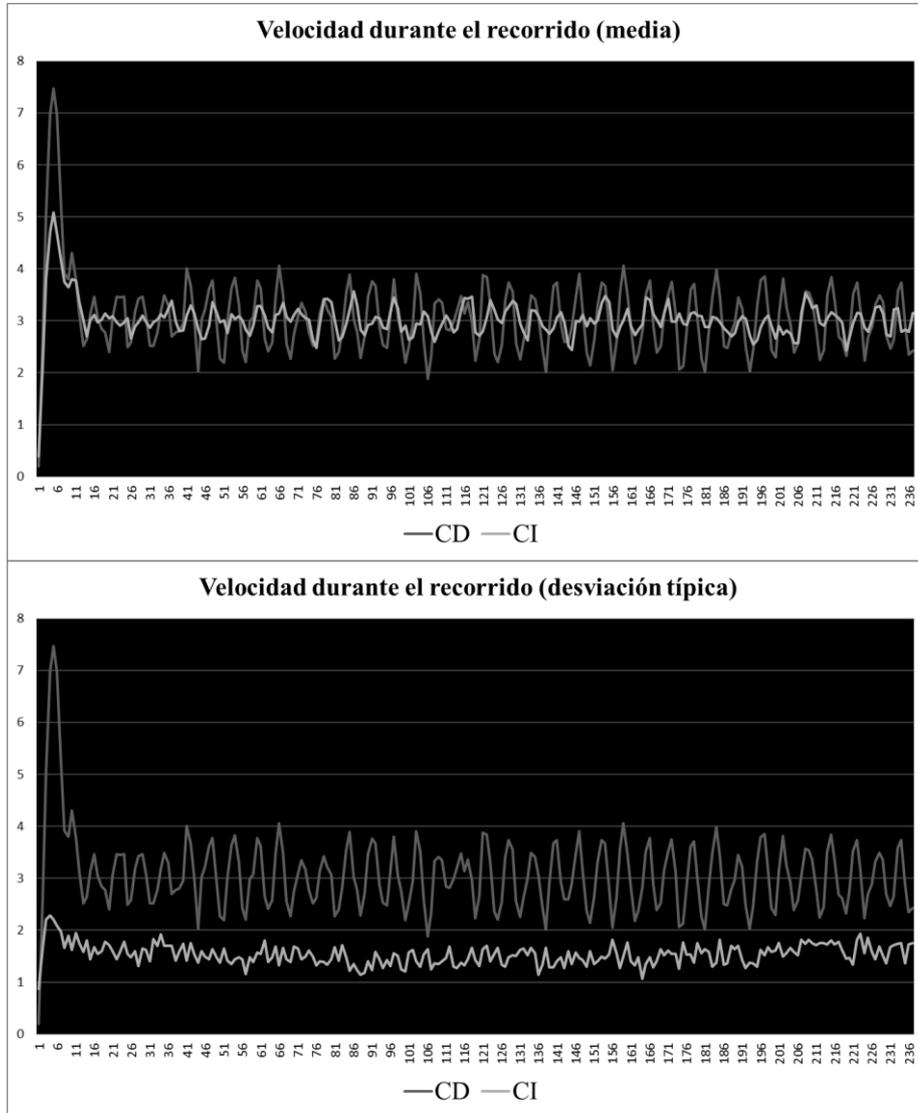


Figura 9. Velocidad durante el recorrido bajo CD vs CI

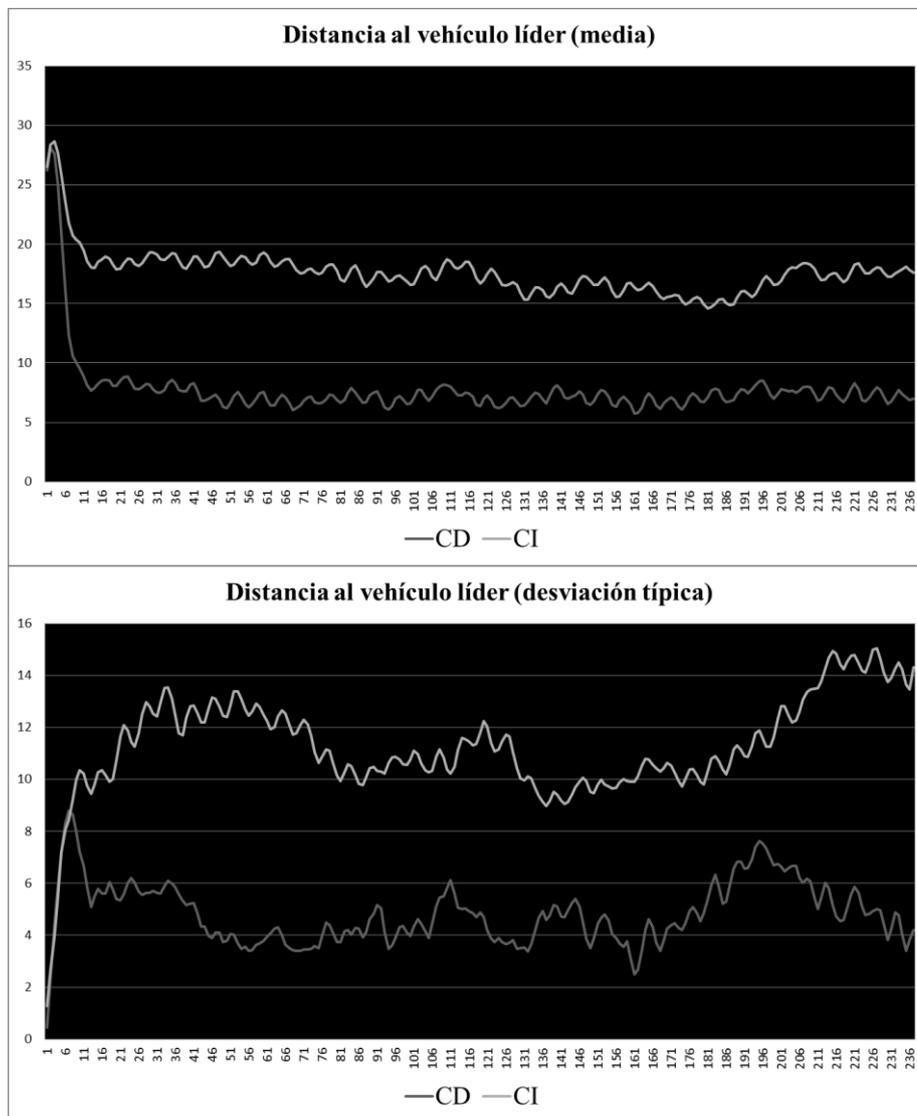


Figura 10. Distancia al vehículo líder durante el recorrido bajo CD vs CI

Medidas de comprensión, aceptación y comparación entre I.T.F y C.M.D.

A continuación vamos a presentar los resultados teniendo en cuenta la propuesta de conducción (del I.T.F/CD vs C.M.D./CI), el momento de la medición (pretest vs. postest) y el control del orden (CD-CI vs CI-CD). Se constituirán 4 bloques de análisis relativos a las opiniones sobre las propuestas (tabla 8) y 4 relativos a la evaluación comparativa (tabla 9).

#### *Comparación pre y post tratamiento: comprensión y aplicación*

Las puntuaciones de comprensión y uso forman un bloque funcional de respuestas que ha sido sometido a un ANOVA de medidas repetidas según el instituto que propone la técnica de conducción (I.T.F. vs C.M.D.), el momento de la medida (pre-comprensión vs. post-aplicación) y controlando el orden (CD-CI, CI-CD). Teniendo en cuenta que el promedio de la escala es 4, podemos decir que ambas explicaciones parecen haberse comprendido y aplicado bien (tabla 8). Pero los resultados indican que la medida agregada es significativamente mayor bajo CD ( $M = 2,65$ ) y menor bajo CI ( $M = 1,95$ ),  $F_{(1,42)} = 15,06$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,264$ , lo que da ventaja al C.M.D. No se observan diferencias significativas en función del orden ( $p = 0,297$ ), pero sí una interacción marginal entre los factores,  $F_{(1,42)} = 2,95$ ,  $p = 0,093$ ,  $\eta_p^2 = 0,066$ . Cuando se pasa primero por CD las diferencias entre valoraciones son más acusadas (I.T.F.:  $M = 2,77$ , C.M.D.:  $M = 1,77$ ) que cuando se pasa primero por CI (I.T.F.:  $M = 2,52$ , C.M.D.:  $M = 2,14$ ).

También el momento temporal, pre y post, tiene un efecto significativo,  $F_{(1,42)} = 73,66$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,637$ . Las valoraciones sobre comprensión, antes ( $M = 1,60$ ) son más positivas que las de aplicación, después ( $M = 3,00$ ). Este efecto es modulado por una interacción con el instituto que propone cada técnica,  $F_{(1,42)} = 4,62$ ,  $p < 0,05$ ,  $\eta_p^2 = 0,099$  (tabla 8), que viene a decir que la comprensión de la idea es similar con ambos institutos, pero que se cree que se ha aplicado más el principio propuesto por el C.M.D.

#### *Comparación pre y post tratamiento: lógica de la propuesta*

Se han sometido las respuestas sobre la lógica del planteamiento a una evaluación pre-post siguiendo el mismo esquema que en el apartado anterior. Teniendo en cuenta que el promedio de la escala es 4, podemos decir que ambas explicaciones parecen lógicas, sobre todo antes de la tarea (tabla 8). Los resultados indican que en general el enfoque del I.T.F. parece algo menos lógico ( $M = 4,13$ ) que el del C.M.D. ( $M = 2,06$ ),  $F_{(1,42)} = 39,09$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,482$ . Se observa también un efecto significativo del orden,  $F_{(1,42)} = 6,02$ ,  $p = 0,018$ ,  $\eta_p^2 = 0,125$ , según el cual esta discrepancia se agranda cuando se opina primero sobre la propuesta del C.M.D. ( $M = 3,39$ ), frente a cuando se opina primero sobre el I.T.F. ( $M = 2,80$ ). No se observa interacción entre los factores,  $p = 0,733$ .

También el momento temporal, pre y post, tiene un efecto significativo,  $F_{(1,42)} = 14,66$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,259$ . La lógica de las propuestas se estima mayor antes ( $M = 2,76$ ) que después del tratamiento ( $M = 3,42$ ). Este efecto es modulado por el tipo de propuesta,  $F_{(1,42)} = 5,47$ ,  $p < 0,05$ ,  $\eta_p^2 = 0,115$  (tabla 8), que viene a decir que la lógica percibida de la propuesta del I.T.F. empeora tras haber

desempeñado la tarea comparativamente más que la del C.M.D. No se observan otros efectos significativos.

*Comparación pre y post tratamiento: credibilidad de la propuesta*

Se han sometido las respuestas sobre la credibilidad del planteamiento a una evaluación pre-post siguiendo el mismo esquema que en el apartado anterior. Los resultados indican que en general el enfoque del I.T.F. parece menos creíble ( $M = 4,25$ ) que el del C.M.D. ( $M = 2,16$ ),  $F_{(1,42)} = 48,51$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,536$ . Se observa también un efecto marginalmente significativo del orden,  $F_{(1,42)} = 2,97$ ,  $p = 0,092$ ,  $\eta_p^2 = 0,066$ , según el cual esta discrepancia se agranda cuando se opina primero sobre la propuesta del C.M.D. ( $M = 3,43$ ), frente a cuando se opina primero sobre el I.T.F. ( $M = 2,98$ ). No se observa interacción entre los factores,  $p = 0,880$ .

También el momento temporal, pre y post, tiene un efecto significativo,  $F_{(1,42)} = 18,40$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,304$ . La credibilidad de las propuestas se estima mayor antes ( $M = 2,76$ ) que después del tratamiento ( $M = 3,42$ ). Este efecto es modulado por el factor orden,  $F_{(1,42)} = 4,87$ ,  $p < 0,05$ ,  $\eta_p^2 = 0,104$ : la diferencia pre-post en credibilidad de las propuestas es menor cuando se empieza por la propuesta del I.T.F. (pre:  $M = 2,80$ ; post:  $M = 3,16$ ), que cuando se empieza con la del C.M.D. (pre:  $M = 2,86$ ; post:  $M = 4,00$ ).

*Comparación pre y post tratamiento: expectativas y resultados tras cada propuesta*

Se han sometido las respuestas sobre las expectativas y resultados tras cada propuesta a una evaluación pre-post siguiendo el mismo esquema que en el apartado anterior. Los resultados indican que en general se esperan y se perciben menos resultados con el enfoque del I.T.F. ( $M = 3,94$ ) que con el del C.M.D. ( $M = 2,66$ ),  $F_{(1,42)} = 25,04$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,374$ . No se observa efecto del orden,  $p = 0,35$ , pero sí un efecto de interacción marginalmente significativo,  $F_{(1,42)} = 3,97$ ,  $p = 0,053$ ,  $\eta_p^2 = 0,086$ : las diferencias respecto a expectativas y resultados son más acusadas cuando se responde primero a la propuesta del I.T.F. (CD:  $M = 4,09$ ; CI:  $M = 2,30$ ), comparado a cuando se responde primero a la del C.M.D. (CD:  $M = 3,80$ ; CI:  $M = 3,02$ ).

También el momento temporal, pre y post, tiene un efecto significativo,  $F_{(1,42)} = 22,81$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,352$ . Las expectativas se juzgan mejores ( $M = 2,72$ ) que los resultados posteriores ( $M = 3,89$ ). Este efecto es modulado por el tipo de propuesta,  $F_{(1,42)} = 3,57$ ,  $p = 0,066$ ,  $\eta_p^2 = 0,078$  (tabla 8): la diferencia entre expectativas y resultados es mayor respecto a la propuesta del I.T.F.

*Comparación final entre propuestas*

Se ha comparado el acuerdo respecto a las dos descripciones síntesis de la propuesta de la I.T.F. vs. la C.M.D. Aunque ambas descripciones suscitan básicamente acuerdo (tabla 9) los resultados indican que el acuerdo es mayor respecto a la síntesis del C.M.D.,  $F_{(1,42)} = 8,26$ ,  $p < 0,01$ ,  $\eta_p^2 = 0,164$ . No se observan otros efectos significativos. Finalmente, como podemos ver en la tabla 9, la idea del C.M.D. se juzgó como más convincente y útil que la del I.T.F., y también se entiende que ayudaría más a reducir los atascos.

#### Tamaño del efecto

En síntesis, como indican las puntuaciones de la eta parcial al cuadrado ( $\eta_p^2$ ), podemos decir que el tamaño del efecto ligado a los factores de índole cognitivo emocional oscila entre pequeño (factor de interacción entre SAM y CD/CI, 0,064) y mediano (0,318 para la diferencia entre dimensiones SAM, 0,354 para las diferencias de EDA según CD/CI, de 0,614 para las diferencias en SAM según CD/CI). El tamaño del efecto ligado a los factores de desempeño presenta un rango muy amplio, en el que destacaríamos (siempre según el tipo de conducción) las aceleraciones/deceleraciones (0,305), las colisiones (0,330), el promedio de distancia al vehículo líder (0,598), la variación de velocidad (dispersión, 0,774) y el efecto global sobre el consumo de fuel (0,775). Los tamaños del efecto derivados del orden se mueven en un rango pequeño (0,074-0,204). Los datos son similares a los encontrados en el estudio 1.

### **3.2.2. Discusión: estudio 2**

El estudio 2 replica y confirma la mayor parte de los resultados del estudio 1, algo imprescindible teniendo en cuenta lo novedoso del marco que este Proyecto está proponiendo.

Los resultados confirman que los conductores han comprendido y puesto en práctica dos modalidades diferentes de seguimiento de un vehículo precedente a las que hemos denominado CD y CI (Hipótesis 1 y H1b). A diferencia del estudio 1, el estudio 2 presenta un contexto motivacional explícito para el uso de las técnicas de conducción propuestas: deben permitir terminar con las congestiones. La propuesta del I.T.F. se inspira en un heurístico de solución de problemas: subir la cuesta. Este heurístico parece fenomenológicamente apropiado para sintetizar la posición del conductor en el tráfico: más cerca es llegar antes. La propuesta del C.M.D. se inspira en otro heurístico, el de medios-fines (Postigo, 2008). Para ello hemos incrementado la calidad de la información (especificidad de dominio), proporcionando otra perspectiva. En ambos casos, hemos proporcionado objetivos de comportamiento específicos (metas claras) y claves de retroalimentación “clásicas” en el ámbito del establecimiento de metas (Reeve, 2009). Además, hemos sacado partido de elementos y estrategias viso-

espaciales (Mayer, 2005) para generar una representación o modelo mental claro respecto a la tarea (Johnson-Laird, 2006).

Tal como se aprecia en la Fig. 10, bajo CD el resultado básico es la reducción del espacio interpuesto (“maximizar la capacidad”), algo que queda claramente manifiesto en el gráfico superior (evolución de la distancia media bajo CD y CI). Las oscilaciones de distancia bajo CD son, por otra parte, también menores, como muestra la parte inferior de la Fig. 10. Por su parte, bajo CI el resultado es la reducción de las oscilaciones en la velocidad, es decir, la inercia adquirida se preserva, lo que podemos ver en la parte inferior de la Fig. 9, mientras que la dispersión de la velocidad bajo CD es superior (H2). Como vemos en el gráfico superior, la media de las velocidades es muy similar (al fin y al cabo, en ambos casos se sigue un vehículo que es el que marca la pauta), pero el margen superior e inferior de la línea bajo CI siempre queda dentro de los márgenes máximos y mínimos de la línea de velocidad bajo CD, al igual que ocurrió en el estudio 1.

El patrón de conducción bajo cada modalidad, CD y CI, difiere a nivel afectivo y comportamental (H3). Entrando en las hipótesis específicas, por un lado vemos los registros de AED indican una menor activación psicofisiológica bajo CI (H3a). Aunque no se hipotetizó (H5), y de manera análoga al conjunto de resultados del estudio 1, encontramos un efecto de interacción (marginal) del orden que consiste en un arrastre de los niveles de activación en CI hacia los de CD cuando el orden es CD-CI, y un efecto de arrastre no tan claro en sentido contrario (CD hacia CI) cuando el orden es CI-CD.

Las medidas de auto-informe recogidas a través de la escala SAM, indican que la valencia sí cambia esta vez bajo CI vs CD, corroborándose la H3b (a diferencia del estudio 1). Más que el hecho de presentar una animación más o menos vistosa (cosa que hacen ambos institutos, I.T.F. y C.M.D.), es plausible que la clave de las diferencias en valencia se encuentren en el factor motivacional aportado por los vídeos en las manipulaciones, y la posibilidad de establecer un patrón de atribución de las propias emociones a un consejo (C.M.D.) o al otro (I.T.F.). Al fin y al cabo, el consejo del C.M.D. es menos estresante y más llevadero al menos en términos de la activación psicofisiológica. Por lo demás, y en línea con las hipótesis, las medias de activación y control difieren bajo cada modalidad: los participantes afirman sentir más relajación y más control en CI (H3c, H3d), algo que va en línea con los registros de conductancia. No obstante, no se había hipotetizado un efecto principal (diferencias entre las tres dimensiones del SAM, siendo la relajación menor que la valencia positiva o el control) ni un efecto de interacción entre el tipo de dimensión en SAM, que muestran precisamente que las dimensiones de valencia y control son las que más diferencia presentan en función del tipo de técnica (CD, CI).

Sin embargo, se observa de nuevo un efecto no hipotetizado del orden (H5). La media agregada de las escalas SAM es mayor cuando se sigue el orden CD-CI. El orden muestra una interacción con las dimensiones SAM y la técnica de conducción. Pero a diferencia del estudio 1, predomina el contraste de CI frente a CD, en particular en la dimensión de valencia. Es decir, cuando el orden es CD-CI, el juicio de valencia de CD es bajo y mucho más alto el posterior de CI. Cuando es CI-CD, el juicio inicial sobre la valencia respecto a CI es más bajo, y el contraste con el juicio inferior de CD, es menor. Con la activación esa discrepancia existe bajo forma similar, menos intensa. Con el control, existe pero es algo mayor en el orden CI-CD.

También se observan diferencias en las medidas de ejecución (H4). La CD muestra un promedio mayor de aceleraciones (H4a) y deceleraciones (H4b). Al igual que en el estudio 1, se observa un cómputo mayor de aceleraciones que de deceleraciones que no estaba hipotetizado. Conducir centrándose en el mantenimiento de la distancia al vehículo líder muestra un patrón característico, requiere un tipo de conducción más intensa (más operaciones) que conducir centrándose en el mantenimiento de la inercia. Se observa un resultado, también relacionado con el orden que no hemos predicho (H5) y se refiere a una interacción con las variables intrasujeto: cuando el orden es CI-CD, se efectúan más aceleraciones en CD, comparado al orden CD-CI. Por tanto, hablaríamos de un efecto contraste, justo tras operar en CI, en el sentido de un cambio a un patrón mucho más intenso.

Al igual que en el estudio 1, hay más colisiones bajo CD respecto a CI, por lo que la H4c no se cumple.

Los resultados también muestran diferencias en el sentido esperado con respecto al promedio (H4d) y dispersión (H4e) de la distancia al vehículo líder, siempre inferiores bajo CD. Este dato es importante, pues en ambos estudios se confirma la necesidad de una distancia adicional, de eficiencia, para mantener un seguimiento vehicular a una velocidad uniforme (la necesidad de una 3ª variable, sección 1.3.4.).

Por su parte, y con respecto a la velocidad, observamos que se cumple la predicción relativa a una menor dispersión de la misma bajo CI (H4g), pero no la predicción relativa a la ausencia de diferencias en la velocidad media (H4f), que también es menor bajo CI, lo mismo que hemos observado en el estudio 1.

Por último, las medidas globales no confirman la hipótesis de igualdad de distancia total recorrida (H4h), que es inferior bajo CI, algo que ya hemos visto en el estudio 1. Aunque el recorrido es el mismo en ambos casos, es el vehículo líder el que determina el final de la prueba y dado que bajo CI siempre se circula a más distancia del líder, vemos que el ANOVA detecta estas diferencias

medias, que son sistemáticas. De hecho, también el orden interviene ahora, arrojando distancias totales menores para la secuencia CI-CD respecto a la secuencia CD-CI.

Sin embargo, al igual que en el estudio 1, sí se cumple la hipótesis de las diferencias de consumo de fuel (H4i): se consume un 19,0% menos fuel “virtual” bajo CI.

Con respecto a las hipótesis específicas del estudio 2, se confirma en parte la H6a. Ambas propuestas se comprenden y se aplican, pero la propuesta del C.M.D. significativamente mejor. Las valoraciones sobre comprensión son mejores que las de aplicación (posterior), y estas últimas son mejores para el C.M.D., pero a un nivel marginal. Tampoco estaba prevista una intervención del orden, pero interviene: cuando se pasa primero por CD, las diferencias entre las valoraciones de ambas propuestas es más acusada (y a favor del C.M.D.).

También la H6b se cumple parcialmente. Ambas propuestas parecen lógicas, pero más la del C.M.D. (en términos generales), y parecen más lógicas antes que después de desempeñar la tarea. Se observa una interacción, no hipotetizada, según la cual es especialmente la propuesta del I.T.F. la que parece menos lógica tras haber desempeñado la tarea. El orden también tiene un efecto (no previsto): la discrepancia entre lo lógico de cada propuesta se agranda en detrimento del I.T.F., cuando se opina primero sobre el C.M.D.

La H6c se incumple en parte. Ambas propuestas parecen más creíbles antes que después del tratamiento. Y en general el enfoque del I.T.F. parece menos creíble que el del C.M.D., pero sin ser este efecto matizado por el momento temporal. También interviene el orden: la discrepancia en términos de la credibilidad de ambas respuestas se agranda, a favor del C.M.D. cuando el orden es C.M.D.-I.T.F. Por último, la diferencia pre-post en credibilidad de las propuestas es también mayor cuando se empieza en el orden C.M.D.-I.T.F.

La H6d se incumple en parte. Vemos que la actitud general es positiva, aunque más positiva hacia C.M.D.: la propuesta del I.T.F. no se percibe como más normativa o habitual que la del C.M.D. También el momento temporal es importante: las expectativas se perciben en ambos casos como mejores que los resultados posteriores. La interacción de ambos factores indica que esto es así sobre todo para la diferencia entre expectativas y resultados con la propuesta del I.T.F. También tenemos ahora un efecto del orden. Las discrepancias entre expectativas y resultados para cada propuesta son más acusadas cuando el orden es I.T.F.-C.M.D. que viceversa.

Finalmente, la H7a se confirma, dado que hay acuerdo respecto a la definición de ambas propuestas en el chequeo (aunque el acuerdo es significativamente más alto para el C.M.D.). También las hipótesis H7b y H7c, que consideramos dos

derivadas de la experiencia (cognitiva-emocional y de desempeño) en ambas tareas, se cumplen. No obstante, como podemos ver en el cuadro de opiniones que sigue, siguen existiendo visiones alternativas, aunque son más numerosas a favor del C.M.D.

<i>¿Podría explicar por qué?... (Tras la pregunta anterior “Finalmente, ¿qué propuesta cree que ayudaría más a reducir los atascos?”)</i>	
<i>Responde a favor del C.M.D.</i>	<i>Responde a favor del I.T.F.</i>
<i>“El CMD me parece más lógico, tanto desde el punto de vista de la seguridad vial (evitar accidentes) como desde el punto de vista del consumo de combustible (evitar acelerones-frenazos).” “Me ha gustado más la explicación del CMD, porque creo que así es más fácil de controlar la velocidad y evitar los choques en caso de que el coche de delante frene bruscamente.” “Sí, porque al mantener todos los vehículos una distancia más amplia, si un conductor frena o reduce la marcha, al existir margen, el que va detrás puede que no tenga que parar del todo.”</i>	<i>“La CMD es más distrayente. Puede perderse la atención fácilmente.” “Porque si no dejamos espacios abiertos tan grandes entre los coches es mejor, siempre manteniendo la distancia de seguridad para no colisionar.” “La propuesta del ITF hace llevar una velocidad más constante y, por lo tanto, evita frenar de golpe, produciendo menos riesgo de choque y de frenada brusca a los coches de detrás, lo que ocasiona el atasco fantasma.”</i>

Cuadro 2. Opiniones a favor y en contra de cada propuesta

### **3.3. Estudio 3: exploración de variables antecedentes**

Se han llevado a cabo análisis previos para establecer qué conjunto de variables (generales, relativas a ACT, relativas a la atención plena) obtienen una mejor articulación empírica. Con respecto a las hipótesis previas, podemos decir lo siguiente:

- Respecto a H8, no se ha observado ninguna relación consistente entre ninguno de los tres bloques con respecto a las medidas de valencia en el SAM, y lo que es más importante, no se ha identificado ninguna relación de moderación (Baron y Kenny, 1986, Ato, 2011) entre las escalas pertenecientes a los distintos bloques y las variables de desempeño. En este sentido la intuición

transformada en hipótesis se ha confirmado, pues no parece haber relación entre estos bloques, las variables de desempeño y el agrado o desagrado evaluado en SAM.

- Respecto a H9, no se ha confirmado una relación consistente entre el bloque de variables generales (STAIR, STAIE, EAG) con respecto a las medidas de activación en el SAM, y no se ha identificado ninguna relación de moderación (Baron y Kenny, 1986, Ato, 2011) entre estas tres escalas y las variables de desempeño. En este sentido la hipótesis exploratoria no se confirma, al menos conforme al planteamiento y el procedimiento de análisis seguido.
- Respecto a H10, no se ha detectado alguna relación consistente entre los bloques de ACT (AAQ, BAFT, CAAQ) con respecto a las medidas de activación y control en el SAM, y no se ha identificado ninguna relación de moderación (Baron y Kenny, 1986, Ato, 2011) entre las escalas pertenecientes a este bloque y las variables de desempeño. Sin embargo sí hemos encontrado una confirmación parcial de la hipótesis exploratoria H10 con el bloque de medidas de *Mindfulness*, en especial con el factor FFMQ-Aceptación y el FMI.

Tras este análisis preliminar, basado en el mismo procedimiento inferencial que el que se mostrará a continuación (análisis de bloques de regresión lineal conteniendo: la procedencia de los datos –estudio 1 o 2, las variables demográficas, las variables de experiencia en la conducción, la activación psicofisiológica, las variables de desempeño en el trazado, el bloque exploratorio), se presentarán solo los resultados relativos al bloque de atención plena (escalas MAAS, FMI y los cinco factores del FFMQ). Este hecho, la ausencia de resultados con las escalas generales (STAIR, STAIE, EAG) y con las escalas relacionadas con la ACT (AAQ, CAAQ, BAFT) será retomado en la conclusión de nuestro trabajo.

### **3.3.1. Resultados: estudio 3**

La sección de resultados será organizada según el tipo de medida dependiente empleado.

#### **3.3.1.1. Descriptivos**

La tabla 11 presenta índices de ejecución compuestos a partir de la resta en los registros de ejecución bajo CD y bajo CI (siempre restaremos a CD lo obtenido en CI). De esta forma esperamos obtener medidas más o menos extremas de desempeño en un mismo índice. También incluye las diferencias CD-CI en conductancia eléctrica de la piel. Las diferencias positivas (por ej., conductancia eléctrica de la piel, consumo de fuel) indican que la media de esta medida es

mayor en CD mientras que las diferencias negativas (por ej., la media en la distancia de seguimiento al líder, la diferencia en dispersión siguiendo al líder) indican que la media es mayor en CI.

Índices (predictores)	<i>M</i>	<i>DT</i>
Diferencia en conductancia CD-CI	1,39	1,87
Diferencia en aceleraciones CD-CI	54,73	96,09
Diferencia en deceleraciones CD-CI	45,36	56,99
Diferencia en colisiones CD-CI	3,01	3,66
Diferencia media distancia a líder CD-CI	-7,61	7,21
Diferencia en dispersión distancia al líder CD-CI	-,91	1,62
Diferencia velocidad media CD-CI	,035	,06
Diferencia en dispersión velocidad CD-CI	1,12	,72
Diferencia distancia total recorrida CD-CI	7,49	11,30
Diferencia consumo fuel CD-CI	3,93	2,35

Tabla 11. Diferencias entre las medidas de ejecución y AED (CD-CI)

La tabla 12 muestra las medias y desviaciones típicas de los índices que constituyen el bloque de atención plena, obtenidos un día antes de la sesión experimental.

Variable	<i>M</i>	<i>DT</i>
MAAS	59,19	10,54
FMI	36,93	5,45
FFMQ Observación	13,26	3,25
FFMQ Descripción	13,81	3,27
FFMQ Actuación consciente	13,03	3,04
FFMQ No reacción	11,53	2,46
FFMQ Aceptación	11,68	3,09

Tabla 12. Índices del bloque de atención plena

La tabla 13 muestra las medias y desviaciones típicas de las medidas de auto-informe obtenidas durante la sesión experimental (dimensiones de valencia, activación y control en la escala SAM).

Índices (criterio)	<i>M</i>	<i>DT</i>
Diferencia en valoración de valencia SAM CD-CI	-1,43	2,62
Diferencia en valoración de activación SAM CD-CI	-1,82	2,73
Diferencia en valoración de control SAM CD-CI	-1,41	2,19

Tabla 13. Índices de variables criterio (SAM)

### 3.3.1.2. Análisis inferenciales

A continuación se presentarán los resultados de los análisis de regresión en función de las variables criterio: valencia, activación y control pertenecientes a la escala SAM.

#### Predictores de la diferencia CD-CI en valencia (Escala SAM)

Los análisis previos indican que ni el bloque de variables demográficas (edad, sexo, nivel de estudios), ni el de variables relativas a la conducción (años de carné, kilometraje, frecuencia en la conducción), ni el bloque de atención plena, ni las diferencias en conductancia, presentan un efecto significativo en las diferencias CD-CI en valencia auto-informadas en SAM. La mayor parte de las diferencias en medidas específicas de desempeño CD-CI tampoco influyen.

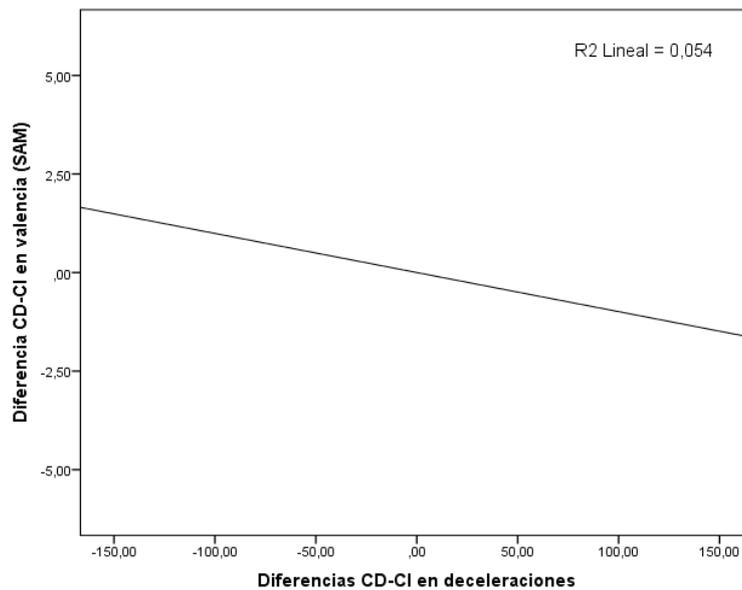


Figura 11. Proyecciones de la diferencia CD-CI en deceleraciones sobre la diferencia CD-CI en valencia (SAM)

Solo resulta significativo el conjunto de variables constituido por el contexto experimental, las diferencias en frecuencia de deceleraciones y las diferencias en distancia media respecto al líder ( $R^2 = 0,35$ ;  $F_{3,87} = 15,09$ ;  $p < 0,001$ ). Para empezar, se observa una clara diferencia en función del marco experimental ( $Beta = -0,64$ ;  $t_{84} = -6,66$ ;  $p < 0,001$ ). Como hemos podido ver en las pruebas practicadas en los dos primeros estudios, la diferencia en el agrado expresado

hacia la CI (frente a la CD) se da sobre todo en el segundo estudio, que ilustra y presenta un marco explicativo sobre la congestión.

Los resultados indican que la proyección de la Diferencia CD-CI en la frecuencia de deceleraciones es significativa ( $Beta = -0,22$ ;  $t_{84} = -2,19$ ;  $p < 0,05$ ). Tanto el estudio 1 como el 2 indican que hay más deceleraciones bajo CD. Lo que la Fig. 11 indica es que ante el predominio de deceleraciones bajo CD (vs CI) tiende a juzgarse la CI (vs CD) como más agradable. Frenar muy a menudo (más probable bajo CD) es juzgado como desagradable, de aquí que la conducción que permite evitarlo (CI), se juzgue como más agradable.

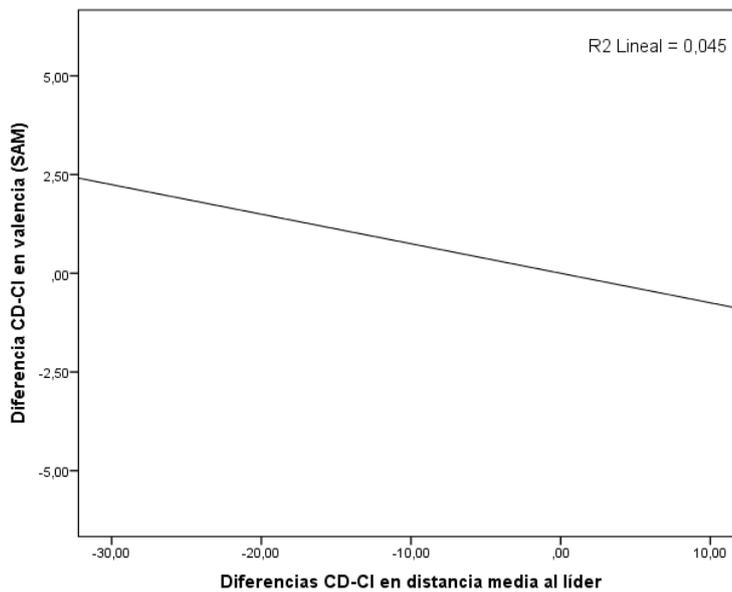


Figura 12. Proyecciones de la diferencia CD-CI en distancia media al líder sobre la diferencia CD-CI en valencia (SAM)

También se observa que la diferencia CD-CI en la distancia media de seguimiento predice el agrado ( $Beta = -0,21$ ;  $t_{84} = -2,00$ ;  $p < 0,05$ ). Tanto el estudio 1 como el 2 indican que la distancia promedio de seguimiento es mayor bajo CI (vs CD). La Fig. 12 muestra claramente que es el caso (la media CD-CI es 7,61, tabla 11). Lo que observamos es que cuando la diferencia es nula o ligeramente positiva, esto es, cuando el participante (pese a lo que cabría esperar) ha mantenido una distancia media al líder igual o mayor bajo CD (vs. CI), entonces la valencia se equilibra entre CD y CI, siendo esta similar. Conducir dejando más distancia respecto al líder es juzgado más agradable, también cuando se hace bajo CD.

### Predictores de la diferencia CD-CI en activación (Escala SAM)

Se han llevado a cabo análisis de regresión, introduciendo el bloque de demográficos, de experiencia en la conducción, las variables de atención plena y las diferencias en los registros de ejecución, conductancia y el contexto experimental. Los resultados muestran un conjunto de variables predictoras constituido por el sexo, la faceta de Aceptación del FFMQ y el contexto experimental ( $R^2 = 0,197$ ;  $F_{3,84} = 6,86$ ;  $p < 0,001$ ). Se observa una diferencia en la valoración de la activación-relajación en CD-CI en función del sexo (Beta = 0,32;  $t_{84} = 3,06$ ;  $p < 0,01$ ): los varones comunican sentirse más relajados tras CI (vs CD) que las mujeres, que también informan sentirse más relajadas tras CI vs CD, pero de forma más moderada.

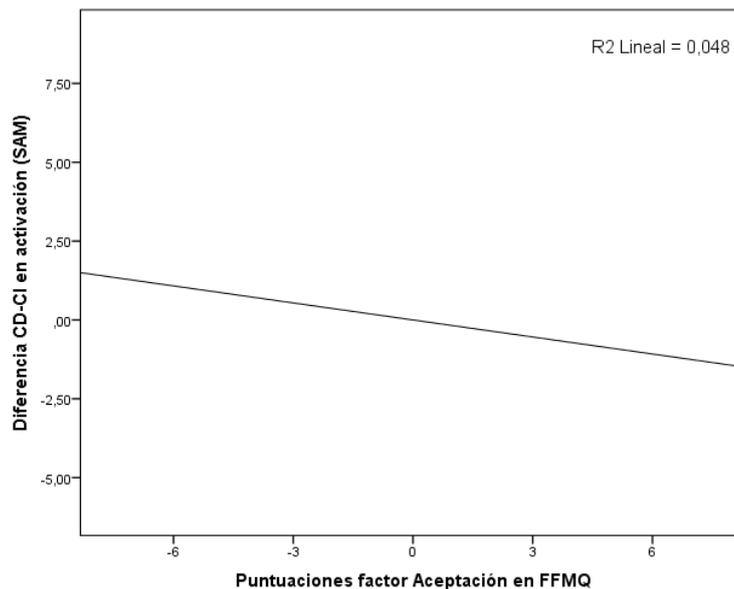


Figura 13. Proyecciones del factor de Aceptación del FFMQ sobre la diferencia CD-CI en activación (SAM)

Respecto a las variables de atención plena, solo el factor Aceptación del FFMQ ha resultado significativo (Beta = -0,20;  $t_{84} = -2,06$ ;  $p < 0,05$ ). Recordemos que los estudios 1 y 2 indican tasas de relajación algo mayores bajo CI (la diferencia CD-CI es la más alta de las tres subescalas, - 1,82, tabla 12). Por tanto, los participantes que puntúan más alto en el factor FFMQ-A tienden a indicar que se sienten más relajados al practicar CI, los que puntúan en la zona intermedia tienden a equilibrar ese juicio (CD-CI = 0), y los que puntúan más bajo en el

factor tienden a bien equilibrar, bien indicar que la CD les resulta más relajante que CI (Fig. 13).

Por último, también se observa una diferencia en función del contexto experimental (Beta = -0,38;  $t_{84} = -3,67$ ;  $p < 0,001$ ). Aunque siempre se valora como más relajada la tarea bajo CI vs CD, las diferencias en la activación-relajación de CD-CI son más extremas en el segundo estudio y más moderadas en el primero. Se ha creado una variable (producto del contexto experimental y la faceta de Aceptación FFMQ) y se ha introducido en un bloque independiente posterior en el análisis de regresión, no resultando significativa ( $p > 0,49$ ), descartándose así su posible función moderadora (Baron y Kenny, 1986; Ato, 2011).

#### Predictores de la diferencia CD-CI en control (Escala SAM)

Se han llevado a cabo análisis de regresión, introduciendo el bloque de variables demográficas, de experiencia en la conducción, de atención plena, las diferencias en los registros de ejecución, la diferencia en los registros de conductancia y el contexto experimental. Los resultados muestran un conjunto de variables predictoras constituido por las diferencias en colisiones, la escala FMI, las facetas de Aceptación y Descripción del FFMQ, la conductancia de la piel y el contexto experimental ( $R^2 = 0,279$ ;  $F_{6,81} = 5,21$ ;  $p < 0,001$ ). Con la intención de verificar una posible relación de moderación entre las variables (Baron y Kenny, 1986; Ato, 2011), se ha creado una serie de variables (producto de la diferencia CD-CI en colisiones y conductancia, y el contexto experimental, y cada una de las variables de atención plena significativas: FMI, y las facetas de Descripción y Aceptación en el FFMQ) y se han introducido estas interacciones en un bloque independiente posterior en el análisis de regresión. Por lo que respecta a la conductancia y al contexto experimental, ninguna interacción con las medidas de atención plena resulta significativa: FMI ( $p > 0,85$  y  $p > 0,41$ , respectivamente), ni con la faceta Aceptación ( $p > 0,61$ ;  $p > 0,75$ ) ni Descripción del FFMQ ( $p > 0,10$ ;  $p > 0,49$  respectivamente). Con respecto a las colisiones, no ha resultado significativa la interacción con el FMI ( $p > 0,43$ ), ni con el factor Descripción del FFMQ ( $p > 0,64$ ), pero sí con el factor Aceptación (Beta = -0,25;  $t_{80} = -2,46$ ;  $p < 0,01$ ). La introducción de esta variable moderadora, lleva al nuevo modelo a un  $R^2 = 0,34$ ;  $F_{7,80} = 5,79$ ;  $p < 0,001$  (el incremento de  $R^2$  es significativo a  $p < 0,01$ ).

Los resultados indican que el contexto experimental (Beta = -0,27;  $t_{80} = -2,90$ ;  $p < 0,01$ ) predice la diferencia CD-CI en la escala de control del SAM: las diferencias (siempre favorables a la CI en el sentido de un mayor control) son menos extremas en el primer estudio y más extremas en el segundo. También se observa un efecto de la proyección de diferencias CD-CI en la respuesta electrodermal (Beta = -0,23;  $t_{80} = -2,44$ ;  $p < 0,05$ ). Recordemos que la activación eléctrica de la piel tiende a ser mayor bajo CD (ver tabla 11): cuanto más

positiva es esa diferencia (a favor de CD) más negativa resulta la diferencia CD-CI en control (se dice experimentar más control bajo CI), y viceversa (Fig. 14). Sentirse más activado electrodermalmente no es equivalente a experimentar más control, más bien al contrario.

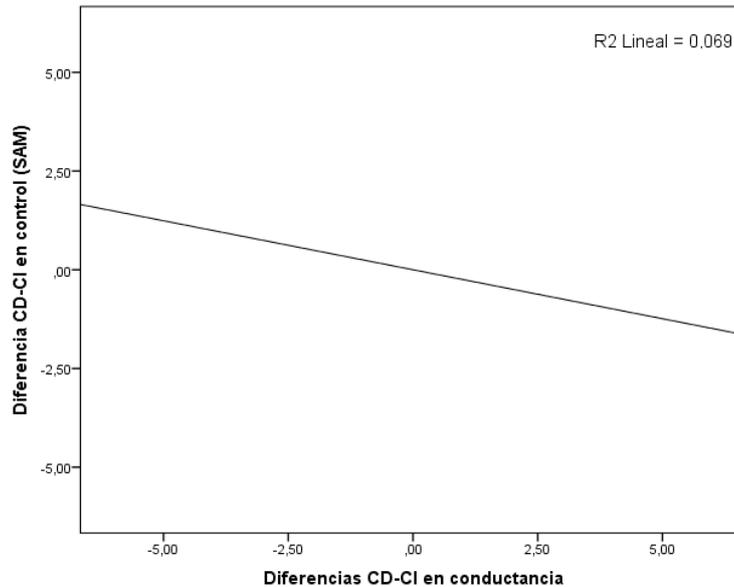


Figura 14. Proyección de la Diferencia CD-CI en conductancia sobre la diferencia CD-CI en control (SAM)

La proyección de la diferencia CD-CI en colisiones con el vehículo precedente sobre la diferencia CD-CI en control resulta significativa ( $Beta = -0,25$ ;  $t_{80} = -2,50$ ;  $p < 0,05$ ). Recordemos que se da un mayor número de colisiones bajo CD (tabla 11). Cuanto más positiva es la diferencia en colisiones más negativa es la diferencia CD-CI en control en SAM (más control se informa con CI), y viceversa (Fig. 15). La colisión con el vehículo precedente es un factor de pérdida de control, y se destaca más el control en la condición en la que hay menos colisiones (CI) precisamente cuando se experimenta que se ha perdido (en CD).

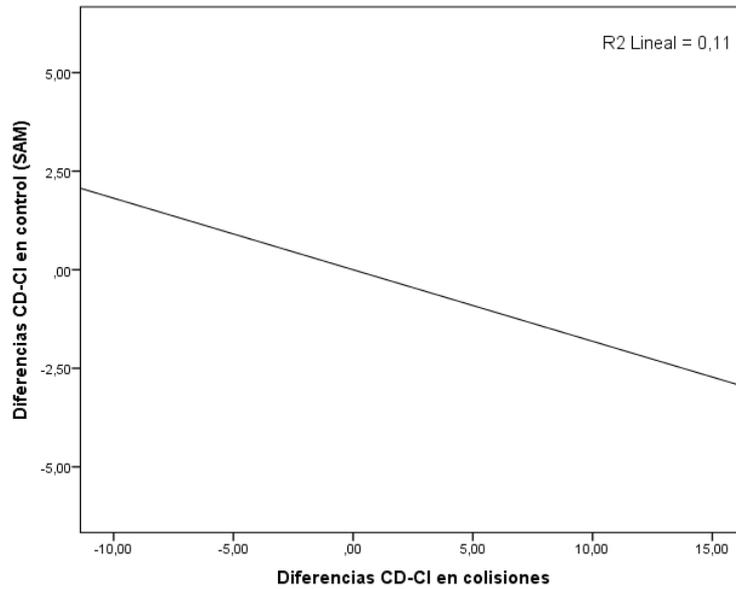


Figura 15. Proyección de la Diferencia CD-CI en colisiones sobre la diferencia CD-CI en control (SAM)

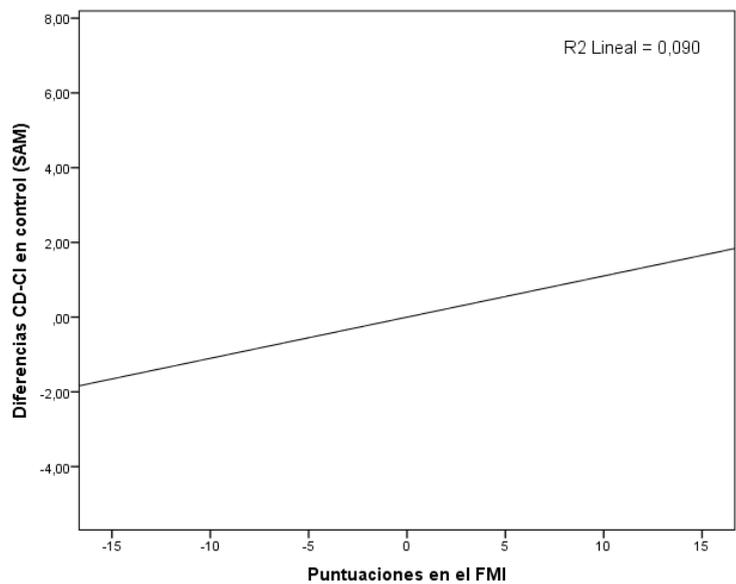


Figura 16. Proyección de las puntuaciones en FMI sobre la diferencia CD-CI en control (SAM)

Respecto a la atención plena, tenemos un conjunto de tres variables. La proyección de las puntuaciones en la escala FMI sobre la diferencia CD-CI en control resulta significativa ( $\text{Beta} = 0,28$ ;  $t_{80} = 2,92$ ;  $p < 0,005$ ). Las puntuaciones mayores en FMI indican evaluaciones de un mayor control bajo CD, las medias un equilibrio en el control que se juzga poseer bajo CD vs CI, y las puntuaciones menores en FMI indican un mayor control bajo CI (Fig. 16).

Las proyecciones del factor Descripción de FFMQ ( $\text{Beta} = -0,27$ ;  $t_{80} = -2,88$ ;  $p < 0,005$ ), también resultan significativas, aunque muestran una relación contraria a la del FMI (Fig. 17). Puntuaciones más altas en este factor coinciden con valoraciones de mayor control bajo CI, las medias con un equilibrio y las bajas con un rango que oscila entre el equilibrio o un mayor control con CD.

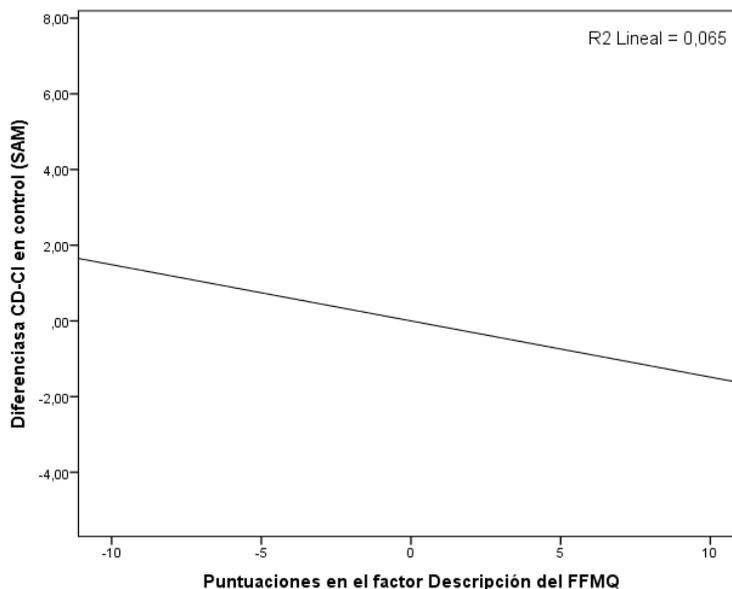


Figura 17. Proyección de las puntuaciones en el factor Descripción del FFMQ sobre la diferencia CD-CI en control (SAM)

Las puntuaciones del factor Aceptación del FFMQ predicen las diferencias de control en SAM, ( $\text{Beta} = -0,24$ ;  $t_{80} = -2,51$ ;  $p < 0,01$ ). Como vemos en la Fig. 18, los participantes que puntúan más alto en Aceptación tienden a percibir más control en CI, y los que puntúan más bajo en este factor tienden a equilibrar o a lo sumo percibir un poco más de control bajo CD.

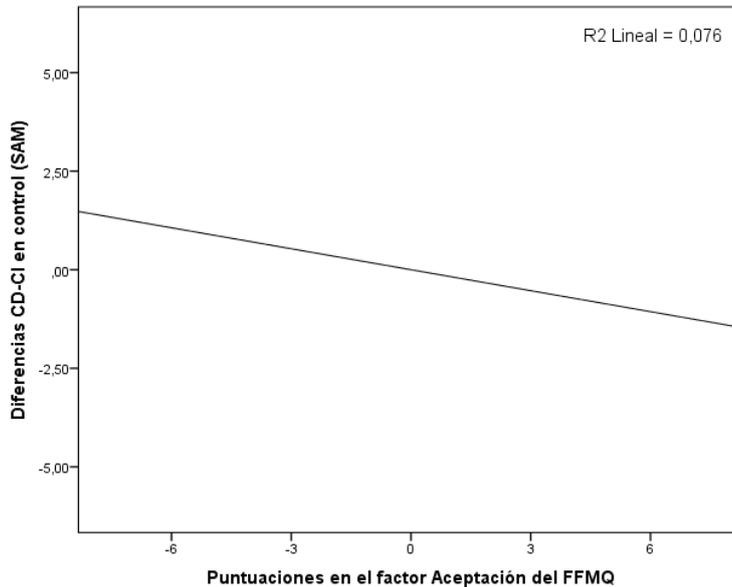


Figura 18. Proyección de las puntuaciones en el factor Aceptación en FFMQ sobre la Diferencia CD-CI en control (SAM)

Por último, las proyecciones de la interacción entre las puntuaciones en el factor Aceptación del FFMQ y la Diferencia CD-CI en colisiones sobre la Diferencia CD-CI en control son significativas, ( $\text{Beta} = -0,26$ ;  $t_{80} = -2,63$ ;  $p < 0,01$ ). Para facilitar la interpretación (Fig. 19), hemos descompuesto las pendientes en niveles bajos y altos de FFMQ-A. Como vemos, cuando se puntúa bajo en FFMQ-A la proyección es más pronunciada (explica la mayoría de varianza,  $R^2 = 0,15$ ). Recordemos que al crear el factor de interacción lo hemos multiplicado por la diferencia CD-CI de colisiones durante la ejecución. Los participantes con bajo FFMQ y puntuaciones altas (colisionaron más bajo CD), informan de haber experimentado más control al practicar CI, mientras que los que tienen puntuaciones más bajas (más colisiones bajo CI), informan haber experimentado más control al practicar CD. Cuando se puntúa alto en FFMQ-A, el patrón es similar pero menos extremo y menos explicativo ( $R^2 = 0,05$ ).

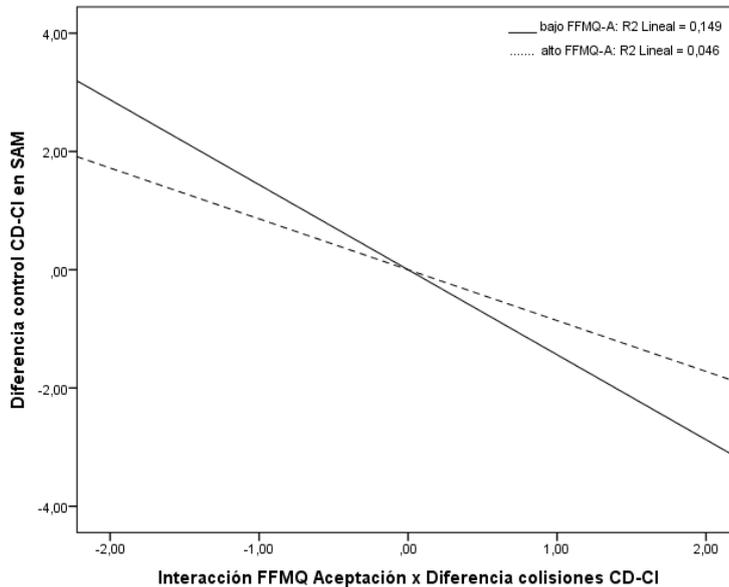


Figura 19. Proyecciones de la interacción FFMQ-A/Diferencia colisiones CD-CI sobre la Diferencia CD-CI en control (SAM)

### 3.3.2. Discusión: estudio 3

En lo relativo a las variables de ejecución, y la valoración que hacen los participantes en la dimensión de valencia afectiva, destaca la frecuencia de deceleraciones y la distancia media al vehículo líder. Recordemos que en la frecuencia de deceleraciones hay diferencias significativas porque tanto en el estudio 1 como en el estudio 2 hay más deceleraciones bajo CD. La proyección de la Fig. 11 permite caracterizar que el hecho de estar frenando con frecuencia es percibido como negativo, desagradable (no es divertido, pongamos), y por este motivo podemos entender que los participantes cuyo promedio de deceleraciones es mayor (y que experimentaron sobre todo en CD) valoran, por contraste, la condición CI como más agradable.

Hemos hipotetizado, y hemos comprobado, que la distancia media al vehículo líder resulta ser mayor en la CI, y hemos visto que (al menos en el segundo estudio) la CI se juzga como más agradable que la CD. La proyección de la Fig. 12 muestra que en la medida en que la distancia de seguimiento bajo CD tiende a ser más holgada (casos minoritarios, basta con ver el promedio en la gráfica, con promedios en distancia iguales e incluso superiores a los de CI), tienden a expresar niveles de agrado más similares respecto a ambas condiciones (la diferencia es 0). Seguir al vehículo líder a más distancia hace la tarea más

agradable (también bajo CD) porque lo intrínsecamente agradable es practicar el seguimiento con cierto margen.

Recordemos que en el estudio 1 no se verificaron diferencias en valencia según el tipo de conducción, mientras que en el estudio 2 esas diferencias juegan a favor de la CI. La diferencia entre ambos fue a) el tipo de instrucciones y b) el razonamiento aportado por cada instituto para no generar atascos. En el estudio 1 era una simple instrucción (una regla), y en el estudio 2 se les proporcionaba un marco explicativo y justificativo de los dos tipos de conducción. Podría ser que, a expensas de la práctica, la explicación intensifique el agrado experimentado bajo CI (hemos visto en el segundo estudio que tras la tarea, la propuesta del I.T.F. parece menos lógica que la del C.M.D.) y por tanto haya resultado más atractiva que la aportada para explicar la condición CD.

En cuanto a la dimensión de activación la variable sexo extrema las puntuaciones en relación al nivel de activación percibido. Tanto varones como mujeres informan de que experimentan mayor relajación bajo CI frente a CD. Pero los varones se polarizan más que las mujeres en esta valoración respecto a CI vs CD. Tal vez las mujeres se enfrenten a ambas tareas más activadas, les influya más el contexto (laboratorio), o les influya menos el tipo de tarea en su nivel de activación, etc.

En cuanto al nivel de activación y las medidas de Mindfulness, las proyecciones indican que los participantes con puntuaciones altas en el factor de Aceptación (No enjuiciar) del FFMQ dicen sentirse más relajados bajo CI. Los que puntúan bajo en este factor tienden a equilibrar el juicio en torno al nivel de activación percibido, o indicar que la CD les ha resultado más relajante. Los que se sitúan en un punto intermedio en el factor de Aceptación tienden a equilibrar las diferencias en activación entre CD y CI.

De nuevo la diferencia en el planteamiento instruccional entre el estudio 1 y el estudio 2 parece acentuar la experiencia de relajación a favor de la CI. En ambos estudios la conducción CI se percibe más relajada, pero en el estudio 2 las diferencias en relajación se intensifican en favor de la conducción CI. Si los conductores han percibido que la propuesta del C.M.D. ha hecho más llevadero el desempeño en la tarea, como de hecho sucede (al menos en el estudio 2) parece justificado percibir más relajada la CI (al fin y al cabo, como indican los registros de conductancia, el marco explicativo de CI les ha generado mayor relajación).

El mismo planteamiento se repite con las diferencias entre estudios sobre la dimensión de control de la escala SAM: se experimenta más control relativo bajo CI, y en especial en el segundo estudio. Aunque básicamente las diferencias en los dos estudios han sido favorables para CI, en el sentido de experimentar

más control tras la tarea bajo esa condición, es en el estudio 2 donde las diferencias en el control percibido en CI frente a CD son más extremas. Esto es lo mismo que hemos encontrado en la dimensión de agrado y activación y en este sentido (a diferencia de la parca instrucción en el estudio 1) enmarcar la problemática, explicar el origen del atasco y recomendar una alternativa (más funcional) parece tener efectos cognitivo-emocionales beneficiosos.

El nivel de activación psicofisiológica experimentado (conductancia) también presenta una proyección significativa en la valoración del control en SAM. Sabemos que en general el nivel de activación eléctrica de la piel es mayor en CD. Pues bien, esta experiencia exagera la percepción de control bajo CI. La sensación de estar activado, en este caso, se experimenta como algo estresante (no positivo) y por contraste, los juicios de control se sitúan preferentemente en la opción opuesta.

No es extraño, por tanto, que el evento que implica la pérdida de control por excelencia, la colisión, presente proyecciones significativas y diferenciadas en la escala de control del SAM según el tipo de conducción. La base de la proyección sitúa el promedio más a la izquierda de la escala (se dan más colisiones bajo CD), y conforme se exagera esa diferencia, se agudiza la diferencia de control en favor de CI (donde las colisiones son menos frecuentes). Si pensamos en la colisión como una pérdida de control entenderemos porqué cuando el número de colisiones aparece equilibrado en ambos recorridos el control percibido se iguala, no influyendo tanto en la valoración de control que hacen.

Los resultados también muestran una relación significativa entre las puntuaciones en el FMI y la dimensión de control en función del tipo de conducción, y la proyección presenta una pendiente positiva. Los participantes que tienen mayores puntuaciones en el FMI perciben mayor control bajo CD, y los que tienen menores puntuaciones en el FMI muestran mayor equilibrio en el control percibido en ambos tipos de conducción o indican un mayor control bajo CI.

Por el contrario, los participantes con elevadas puntuaciones en el factor Descripción del FFMQ, experimentan más control bajo la tarea CI. Los que tienen puntuaciones bajas en este factor equilibran la sensación de control o bien muestran más control bajo CD. Y en la misma dirección van los resultados con el factor Aceptación del FFMQ. Los participantes con puntuaciones altas en el factor Aceptación (No enjuiciar) tienden a percibir más control bajo CI. Los que puntúa más bajo en el factor equilibran sus valoraciones sobre el control percibido, mostrando una moderada tendencia a valorar con más control con la tarea bajo CD. Es decir ambos factores del FFMQ Aceptación y Descripción muestran la misma tendencia: a mayores puntuaciones mayor control percibido

en la tarea bajo CI, a menor puntuación juicios más equilibrados en relación al control percibido en ambas condiciones de tarea.

Por último, hay una interacción significativa en relación también a la dimensión de control (Fig. 19). Las proyecciones van en el mismo sentido, pero las que parten de un bajo FFMQ Aceptación explican el 75% de la varianza. Esta proyección predice que haber experimentado más colisiones bajo CD lleva a acentuar el control percibido bajo CI. Es claro que las colisiones son estresantes y probablemente se traduzcan en una pérdida del sentimiento de control durante la tarea. Estos participantes juzgan el control percibido en base a su experiencia, más colisiones menos control. Mientras que los participantes que puntúan alto en este factor Aceptación del FFMQ, aunque despliegan la misma tendencia no son tan extremos en las valoraciones. Si tenemos en cuenta la descripción del factor, que es mantener una postura no evaluativa ante las experiencias internas y externas, ser más ecuánime, no juzgar la realidad presente sea esta deseable o no, podemos inferir por qué de forma significativa los participantes con baja puntuación en el factor Aceptación experimentan más control simplemente en la condición opuesta a aquella en la han tenido más colisiones.

En síntesis, destacaríamos dos aspectos. Por un lado, que la escala SAM recibe el planteamiento lógico que hemos entrevisto en los dos estudios previos. Decelerar menos frecuentemente e interponer más distancia al líder es más agradable, y suele ocurrir bajo CI. Tener menos activación psicofisiológica es más relajado y suele ocurrir bajo CI. Tener menos colisiones genera una mayor sensación de control y suele ocurrir bajo CI. Por último, entender la génesis de la congestión y la forma de actuar para evitarla bajo el marco propuesto por el C.M.D., conlleva un incremento de agrado, relajación y control en el segundo estudio frente al primero, también bajo CI.

En cuanto a las medidas de Mindfulness, hemos encontrado resultados contradictorios. En función del tipo de escala los resultados van en una u otra dirección. Por ejemplo, altas puntuaciones en el FMI van unidas a un mayor control percibido bajo la condición de conducción centrada en la distancia. Y a menores puntuaciones en este cuestionario mayor equilibrio entre ambos tipos de conducción en relación al control percibido. Por el contrario altas puntuaciones en los factores de Aceptación (No enjuiciar) y Descripción del FFMQ van unidas a un mayor control bajo el tipo de conducción centrada en la Inercia. En los tres casos (FMI, factores de Aceptación y Descripción) las bajas

puntuaciones predicen un equilibrio en la percepción de control experimentado en ambas condiciones.

El factor de Aceptación (No enjuiciar) es el único presente tanto en las proyecciones relativas a la activación como al control, y el único relacionado (moderación) en interacción con una variable de ejecución. Debemos hacer notar su importancia en la construcción de la escala FFMQ, puesto que según Baer (2003) el Mindfulness es “la observación no enjuiciadora de la corriente en curso de estímulos internos y externos tal como surgen”. De esta definición nos interesa subrayar la parte de no enjuiciamiento del momento presente. Esa parte da nombre al factor que Baer et al. (2006) aislaron en el FFMQ. La actitud no enjuiciadora del Mindfulness se traduce en una postura de ecuanimidad ante la experiencia interna y externa, de aceptación de la realidad inmediata y esto es central en el modo de Atención Plena.

En cualquier caso también puede ocurrir que las diferentes medidas, la escala FMI y los factores Aceptación y Descripción del FFMQ midan aspectos distintos del Mindfulness. Puede ocurrir que, debido a lo complejo que resulta el concepto (Barajas y Garra, 2014), algunos promotores de las diferentes escalas pongan mayor énfasis en algunos componentes del concepto y otros en otro distinto. Como vemos, la escala FMI se centra en las creencias relacionadas con el Mindfulness, dejando fuera aspectos del comportamiento, mide un solo factor, y la escala FFMQ descompone el Mindfulness en cinco factores. Y la escala MAAS, que mide también el nivel de Mindfulness, no ha arrojado nada significativo en los análisis.

Volviendo al componente de Aceptación, Delgado (2009) ha subrayado la importancia del significado del término dentro del estudio del Mindfulness:

“En la aproximación Mindfulness no se busca el control, al menos de modo directo y en primer término, sino la aceptación de las experiencias y sensaciones tal y como se perciben. Si nos situamos en el polo opuesto a la búsqueda de control, la aceptación se podría confundir erróneamente con resignación, pasividad e indiferencia. Sin embargo la aceptación de la experiencia en el momento presente que propone Mindfulness en absoluto impide la acción consciente (*mindful*) de un modo activo y preciso, en la dirección elegida y deseada” (p. 35).

Basándonos en los resultados y en lo que conocemos del Mindfulness, creemos probable la existencia de otras variables que no hemos controlado ni registrado, y que están influyendo en las respuestas de los participantes, y en el resto de variables de los estudios. En el caso del factor de Aceptación hemos encontrado un resultado interesante. Los participantes que puntúan más bajo es este factor recurren a su experiencia previa, en este caso número de colisiones, a la hora de juzgar el control percibido en ambos tipos de conducción. Como ya hemos visto

las colisiones son percibidas como pérdidas de control durante la ejecución, de manera que estos participantes informan de mayor control en la condición en la que han tenido menos colisiones. Por su parte, los participantes con altas puntuaciones en el factor de Aceptación, pese a percibir también mayor control en la condición en la que menos colisiones han tenido, son capaces de ser más imparciales en sus valoraciones de control, podríamos decir más ecuánimes en sus juicios. Consideremos esta relación interesante y que por tanto merecería ser explorada en más profundidad.

## Capítulo 4



## Conclusiones

### 4.1. Sobre los resultados

Por lo que respecta a los estudios 1 y 2, hemos comprobado que las hipótesis principales bajo estudio sí se han cumplido de forma robusta e independiente en cada uno de los estudios. La *Conducción orientada al mantenimiento de la Inercia* resulta cognitiva y emocionalmente más relajada que la *Conducción orientada al mantenimiento de la Distancia*, y también es más funcional su desempeño, arrojando un menor número de operaciones puntuales (aceleraciones, deceleraciones), una mejor optimización de la velocidad (dispersión) con relación a la distancia (no independientemente de ella) que maneja para asegurar una zona de eficiencia (la tercera variable), y un menor consumo de combustible. Sin embargo, la investigación empírica ha proporcionado más información, porque hemos comprobado que no todas las hipótesis se han cumplido (problema con las colisiones), que había relaciones entre las variables independientes principales que no habíamos anticipado (relación diferencial de aceleraciones y deceleraciones; interacción entre las subescalas de SAM y el tipo de conducción), y otras que esperábamos que no arrojarían efecto (el orden de presentación de los factores y los efectos observados de asimilación y contraste). Este trabajo se origina desde su raíz, incluyendo el diseño y especificaciones del instrumento empírico que lo posibilita (el simulador de conducción, *React Follower*) por lo que estos resultados no previstos deberán ser considerados con detenimiento para evaluar su alcance, teniendo en cuenta el conjunto experimental en términos amplios.

Un aspecto que ha parecido importante es enmarcar de forma más razonable la instrucción de CD vs CI. Al igual que los modelos físico-matemáticos basados en lógica borrosa (ver sección 1.1.1.4), el estudio 1 reproduce, en el límite, prácticamente una regla SI-ENTONCES (Rasmussen, 1983) basada en una instrucción lógica (un condicional, Johnson-Laird, 2006). Al probar una inducción algo más indirecta de las técnicas básicas de conducción (CD, CI) se han observado cambios importantes con respecto al vínculo entre la motivación y la aplicación de cada técnica. Los conductores responden mejor a las razones para actuar (por ej., un tipo de narración o visualización que puedan compartir (Mayer, 2005), su relación con un problema concreto) que a las meras instrucciones de cómo hacerlo. Este aspecto es importante precisamente pensando en el marco educativo e instruccional de la conducción (Hattakka et al., 2002).

A diferencia del estudio 1, el estudio 2 incorpora un discurso concreto sobre la técnica de conducción (ligada explícitamente a la problemática de la congestión, a su origen y elevando una propuesta concreta para su posible solución), creando un factor motivacional más o menos potente que interactúa con las percepciones y emociones derivadas del desempeño en la tarea. Este hecho podría situarse a la base de las diferencias observadas en la dimensión de valencia (SAM) entre ambos estudios, y deberá ser analizado de forma más sistemática en el futuro. Pensamos que esta estructura motivacional es potente (discurso propuesto x impresiones y resultado del desempeño) en términos de su valor heurístico. Podría dar juego en el futuro a otras manipulaciones que permitan entender y precisar mejor la relación entre los procesos cibernéticos de control y la regulación simultánea de los componentes afectivos y de conducta (Carver y Scheier, 2012), en el sentido de una mejor caracterización no ya de las dimensiones afectivas (valencia, activación, control) sino de las emociones discretas a lo largo del seguimiento vehicular en línea y sus efectos sobre el mismo. El papel de las emociones, no solo en términos de la reacción al acontecimiento externo, sino como feedback interno en función de las metas asumidas y los resultados obtenidos, debería precisarse más.

Por lo que respecta al estudio 3, los resultados no son satisfactorios. Los análisis exploratorios llevados a cabo tras la codificación de los datos intentaban dar respuesta a muchas de las hipótesis que inicialmente nos planteamos. En relación a las medidas generales pensamos que los participantes con elevado Afecto Negativo, o una puntuación elevada en STAIR o STAIE mostrarían un patrón característico en las variables de ejecución (por ejemplo más choques, o mayor distancia media de seguimiento), distinto a los participantes que tenían un bajo nivel de ansiedad. También tendrían mayor nivel de conductancia, y esto se relacionaría con la evaluación en la escala SAM en términos de valencia, activación y control (menor valencia, más activación y menos control).

Lo mismo pensamos en relación a las medidas de Flexibilidad Cognitiva, Fusión Cognitiva, Aceptación, dentro del marco de la ACT. Las expectativas eran que los participantes con elevadas puntuaciones en Flexibilidad Psicológica o bajas puntuaciones en Fusión Cognitiva expresarían valoraciones del control distintos, teniendo en cuenta su ejecución en la tarea experimental e informando de mayor control. En este caso también esperábamos que el CAAQ al ser un cuestionario adaptado a la tarea (conducción) correlacionase más con las variables de ejecución y con la valoración de la tarea que el AAQ, por ejemplo, cosa que no hemos constatado.

Tras los análisis exploratorios comprobamos que sólo las medidas relacionadas con la medición del Mindfulness (Atención Plena) tenían una influencia sobre el

conjunto de variables dependientes, ofreciendo información sobre el tipo de tarea que les planteamos a los participantes en los dos estudios.

Hay que decir que nuestro planteamiento exploratorio adolece de insuficiencias, tales como el tipo de muestra manejada (buena parte de ellos, estudiantes universitarios jóvenes y sanos), la selección y ajuste de los instrumentos de evaluación empleados (las escalas) y probablemente sea también mejorable el planteamiento de análisis estadístico que hemos llevado a cabo. Todo ello significa que vamos a revisar posibles alternativas para tratar de entender mejor las relaciones empíricas y teóricas en los bloques de variables que no han mostrado un patrón que sigue pareciendo coherente, al menos teóricamente. Junto a esto, queda el problema del ajuste entre el objeto de los cuestionarios y la tarea básica de seguimiento en nuestro estudio, que si bien nos parece muy relevante desde un punto de vista, no tiene un significado vital equiparable a otras preocupaciones y objetivos vitales sobre los que se plantea, por ejemplo, el marco de ACT o el estudio del Mindfulness.

Hemos observado resultados contradictorios entre las escalas FMI y FFMQ-Aceptación/Descripción que nos cuesta trabajo dilucidar. Pese a todo, hemos obtenido algunos resultados significativos con el bloque de atención plena, sobre todo en el caso del factor de Aceptación del FFMQ hemos encontrado un resultado interesante. Los participantes que puntúan más bajo en este factor recurren a su experiencia previa, en este caso número de colisiones, a la hora de juzgar el control percibido en ambos tipos de conducción. Como ya hemos visto las colisiones son percibidas como pérdidas de control durante la ejecución, por lo que estos participantes informan de mayor control en la condición en la que han tenido menos colisiones. Pero los participantes con altas puntuaciones en el factor de Aceptación (que también perciben mayor control en la condición en la que menos colisiones han tenido), son capaces de ser más imparciales en sus valoraciones de control, podríamos decir más ecuanímenes en sus juicios. Consideremos esta relación interesante y que por tanto merecería ser explorada en más profundidad.

Basándonos en los resultados y en lo que conocemos del Mindfulness, creemos que hay otras variables, que no hemos controlado ni registrado, que están influyendo en las respuestas de los participantes, y en el resto de variables de los estudios (tal vez la necesidad de control, en el sentido clásico, Rotter, 1966; cf. Reeve, 2009). Todo apunta a que el concepto de atención plena y la CI deberían poder relacionarse. Sin duda, la CI requiere atención plena al momento presente por parte del conductor, justo para ser consciente de que en ese momento (por ejemplo, una incipiente densificación del flujo de tráfico, un corte de carril, un adelantamiento, una incorporación) *lo importante es ese momento*, actuando en consecuencia. Pero el Mindfulness, en sus acepciones teóricas actuales, tiene un

componente más de tipo cognitivo-externo (langeriano) frente a otro componente más afectivo-interno (Delgado, 2009). Claramente, deberemos dirigir nuestros esfuerzos a precisar este marco teórico-práctico para conseguir mejores resultados, pero seguimos persuadidos de la relevancia del mismo.

#### ***4.1. Posibles implicaciones: la congestión***

Este trabajo llama la atención sobre un problema, el seguimiento vehicular en línea y la congestión, y también sobre una interpretación asentada del problema (incluso en el ámbito del modelado matemático) que como mínimo debería revisarse con atención. El seguimiento vehicular puede descomponerse en dos formas canónicas, dos tipos básicos, Conducción orientada al mantenimiento de la Distancia vs. Conducción orientada al mantenimiento de la Inercia, y esto tiene repercusiones. Por un lado, no se trata simplemente de afirmar el hecho de que cuando conducimos reduciendo el margen de distancia conducimos con más sobrecarga y más activación (Collet et al., 2014), y viceversa, se trata de afirmar que existen dos modalidades básicas (y dos representaciones o modelos mentales de la tarea) para el seguimiento vehicular en línea.

Por otra parte, hay que decir que el efecto de estas dos modalidades no es un aspecto humano, sino que deriva de una lógica natural más general en el ámbito físico-matemático. Si hemos entendido esto, anticiparemos que el problema no pertenece exclusivamente al dominio de una consustancial “imperfección humana”, les pasaría a las orugas (si no fuesen tan listas) y también a los vehículos autónomos. Parece que nos encontramos en un momento previo a la automatización del tráfico, y el tratar de entender las consecuencias de la adopción y funcionamiento de ciertos comportamientos normativos por parte de un conductor (humano o no humano) puede ser un aspecto crítico en términos de seguridad y eficiencia en el transporte en carretera. Sin embargo, y aunque conocemos la visión actual de la física aplicada a la comprensión del seguimiento vehicular y podemos entender sus implicaciones, las publicaciones actuales afirman ideas de este tipo: “Están emergiendo distintas formas de automatización y parece que independientemente del tipo de forma que termine siendo popular en nuestras carreteras, hay un creciente consenso de que ésta será acompañada por una reducción de los tiempos de seguimiento.” (Gouy et al., 2014, p. 264). ¿Será que las leyes físicas y del movimiento ondulatorio hacen distinguos con los conductores automáticos, permitiéndoles avanzar comprimidos en *reduced time headways* sin mínimas oscilaciones, sin transmitir perturbaciones y sin promover congestiones?

Partiendo de unas instrucciones verbales simples, hemos promovido dos formas básicas de plantear el seguimiento de un vehículo, CD y CI. Los resultados indican que puede seguirse a un vehículo que sigue un mismo patrón de

oscilaciones, durante un tramo de longitud equivalente, prácticamente a la misma velocidad media, y obtener un patrón de resultados que difieren bastante entre sí. Con todo, se trata de una situación artificial, y no necesariamente la más habitual si pensamos en la forma de fluir que típicamente solemos experimentar en el desplazamiento en línea en el tráfico.

En ese escenario típico, una serie de vehículos avanza a una velocidad más o menos uniforme, guardando la distancia de seguridad, y describiendo la típica curva espiral observada bajo un margen ajustado de seguimiento respecto al vehículo precedente (Brackstone et al., 2002). Llegado a un punto estamos próximos a encontrar la densidad crítica en el flujo (tráfico forzado) que puede anteceder la aparición de las ondas de choque del tráfico relacionadas con la congestión. Las teorías modernas de la congestión ya no asumen que la congestión se produce siempre a partir de un atasco, sino que plantean que la congestión puede sobrevenir de la nada (el *atasco fantasma*) partiendo de la forma en la que se auto-organizan e influyen recíprocamente las partículas en el sistema (los conductores desplazándose en línea). Suele explicarse que el atasco surge de la propagación y amplificación de una perturbación (técnicamente, se trata de un soliton, la propagación de una única perturbación ondulatoria en sentido inverso al avance del tráfico y en torno a unos 20-30 km/h (Sugiyama et al., 2008).

Esto presupone que el tráfico a) genera o padece (puntualmente) una perturbación, b) ha alcanzado la cualidad de medio de transmisión del movimiento ondulatorio, y c) por tanto puede transmitir dicha perturbación a través de ese cuerpo o materia discontinua y segregada que constituye el propio tráfico vehicular alineado. De modo que para evitar el atasco debemos evitar las micro-perturbaciones y también la posibilidad de que se transmitan. Lo primero es muy difícil dado que una perturbación puede ser cualquier cosa, y en cualquier momento, y lo que hoy es un desencadenante de perturbación mañana puede no serlo (por ej., una recta en carretera, con o sin niebla). Pero lo segundo sí parece factible: para evitar que una perturbación se propague por un medio de transmisión debe evitarse que ese medio llegue a constituirse, es decir, debe evitarse que ciertos elementos puedan transmitir energía entre sí.

Retomemos el instante casi crítico de densidad en el tráfico y los dos tipos de conducción. Un conductor que asume CD pone en realidad su conducción al servicio de la transmisión de una perturbación por suma de ondas (por simplificar, pensemos en la clásica suma de ondas armónicas transmitidas longitudinalmente). Si la suma de ondas va en aumento es probable que algún conductor atento al mantenimiento de la distancia de seguridad vea sus expectativas de comportamiento del vehículo delantero violentamente

trastocadas, compruebe que la distancia de seguridad se encoge más allá del umbral adecuado, frene... y desencadene un atasco.

Sin embargo, un conductor que asume la técnica complementaria, CI, pone en realidad su conducción al servicio de la neutralización de la transmisión de una perturbación en forma ondulatoria (de hecho, su conducción se acerca a lo que llamamos desfase o compensación de ondas). En efecto, al conducir bajo el criterio CI, el conductor a) atiende a las oscilaciones o vaivenes de velocidad del vehículo precedente (perturbación potencial), para así b) seleccionar una velocidad de desplazamiento uniforme pero con un promedio igual al del vehículo precedente, lo que necesariamente requerirá que c) disfrute de un margen de ajuste de la distancia (algo mayor que la estricta distancia de seguridad) que le permita avanzar imperturbablemente, i.e., sin perturbar su velocidad y sin transmitir perturbaciones.

Si el conductor permanece atento a la evolución del tráfico precedente, podrá captar los potenciales vaivenes de velocidad y anticipar sus efectos contrarrestando con una distancia extra (llamémosla de eficiencia) equivalente a un espacio que podrá ocupar avanzando (dejándose llevar) sin variar abruptamente su velocidad (conservando su inercia). Tal vez promoviendo un flujo de tráfico capaz de auto-administrarse de esta forma a lo largo de las carreteras, sería posible gestionar de otra forma el problema de la congestión.

#### **4.2.1. El amortiguador longitudinal**

La Fig. 3 presenta una abstracción de una circunstancia habitual en el tráfico, de casa a la oficina y vuelta, tal como fue reseñada por Evans (1991; ver 1.1.1.). Cuando vamos circulando tras otros vehículos ¿qué modelo mental manejamos de esta situación? Basta con que pensemos en la diferencia, en un trayecto así, entre conducir tras un vehículo particular o conducir tras un autobús de línea que hará 5 paradas a lo largo de ese trayecto. No podemos adelantar, no podemos saltar por encima, ¿qué sentido tiene pegarnos al autobús y hacer lo que él hace (como Sísifo con su piedra)? Sería mucho más inteligente tratar de estimar su velocidad media de avance y seguirlo a velocidad uniforme. Nuestro depósito lo agradecería, y la atmósfera, y tras nosotros otros conductores irían tras un vehículo a velocidad uniforme. Lo mismo sucede con la sincronización de los semáforos, cuando vamos a 50km/h en una avenida y vemos que los semáforos van poniéndose en verde, y tratamos de acoplarnos a ese paso. Trataremos entonces de llegar cuando el semáforo se pone verde para no tener que parar, ¿no es un principio aplicable al desplazamiento vehicular en línea en el tráfico generalmente?

¿Se imagina el lector conduciendo un vehículo sin amortiguación? Suponga una carretera antigua, o una pista forestal: cada irregularidad de la ondulación del terreno, cada bache, es transmitida directamente (como una carreta) a los ocupantes del vehículo, un traqueteo incesante. Considere el lector la Fig. 20<sup>4</sup> en términos de la transmisión del movimiento ondulatorio (a la izquierda). Tenemos una onda (verde) que emite el suelo, una onda (amarilla) que transmiten nuestros inexistentes amortiguadores directamente al chasis y una onda (roja) que llega al habitáculo, que se mueve como una coctelera. Afortunadamente, existen buenos amortiguadores que permiten minimizar ese efecto, incluso anularlo, un trabajo de compensación de ondas. El amortiguador, onda amarilla, es la clave para la diferencia entre lo que sucede abajo y lo que se experimenta arriba.

Pasemos de la vertical a la horizontal. Tenemos un vehículo que precede al nuestro, que acelera y decelera continuamente (onda verde). A continuación un vehículo cuya onda (roja), es plana, por tanto avanza a velocidad uniforme. ¿Quién desempeña el papel de misterioso amortiguador? Es la tercera variable (Cuadro 1). Claro que esta tercera variable se encuentra en la mente de un conductor, en su interpretación del movimiento en línea, de esa situación, en su repertorio conductual. Ha leído la situación y crea un amortiguador, invisible, pero presente, una componente de la onda físico-psíquica que interviene permitiendo la estabilización del flujo posterior de vehículos.

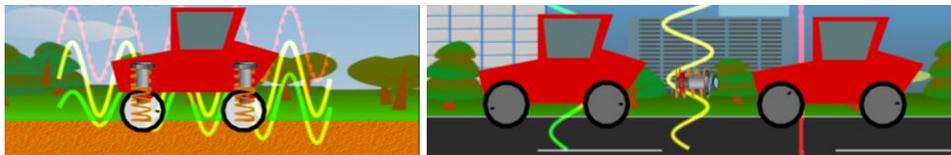


Figura 20. El amortiguador longitudinal

### ***4.3. Limitaciones y futuros desarrollos***

Este trabajo explora y compara dos modos básicos de conducción que conciernen al movimiento en línea. Se trata de un estudio seminal (respecto a CI al menos) y esto implica que es conveniente tener en cuenta qué se ha obtenido y, obviamente, llevar a cabo más estudios. Hemos trabajado con un simulador de conducción, con sus ventajas (seguridad, flexibilidad) y limitaciones (artificialidad), con velocidades no realistas, etc.

---

<sup>4</sup> Agradecemos a Óscar M. Melchor su generosidad, tanto al compartir con nosotros esta idea tan gráfica como al ceder las imágenes para ilustrarla.

Surgen, no obstante, otras muchas alternativas. Por ejemplo, sería interesante llevar a cabo este mismo estudio con patrones de oscilación del vehículo líder distintos al empleado. Evans (1991, p. 115) observó que los conductores se muestran muy capaces juzgando el sentido y magnitud del movimiento relativo: “si un vehículo precedente que se encuentra a 60 m se acerca a 5 km/h al vehículo que va tras él, la probabilidad de que el segundo identifique el movimiento relativo como negativo es del 0,99). Pero también advierte que hay que tener cuidado con las expectativas del conductor. Nosotros hemos visto que el conductor puede aplicar con facilidad dos modalidades de conducción, y lo importante es ahora educar al conductor en el discernimiento, pero esto también implicará reconsiderar los parámetros perceptivos básicos en la forma en que se aplican bajo CI. Es decir que habría que considerar cómo se las han arreglado los conductores en nuestro estudio para determinar la velocidad media de avance del vehículo precedente en el simulador, ajustando su propia velocidad y distancia en consecuencia, tal como han hecho los estudios psicológicos clásicos de seguimiento de vehículos (Evans y Rothery, 1977; Brackstone et al., 2002).

Como ya hemos comentado, otra idea en el estudio hace referencia a una cibernética de emociones y conducta (Carver y Scheier, 2012) directamente ligada a las dinámicas del movimiento en línea: cuando por causa del tráfico denso vemos conculcado nuestro objetivo de desplazamiento (marco de aproximación), nos enfadamos y actuamos en consecuencia (limitamos la distancia de seguridad, llegando al tailgating, cf. Underwood et al., 1999; Henessy & Wiesental 1999, Hutchinson, 2008). Este patrón de regulación densifica aún más si cabe el movimiento en línea, porque bajo ciertas circunstancias (cercanas al *tailgating*) el pie en el acelerador está más “sensible” (Naujoks y Totzke, 2014) y nos hace colectivamente más vulnerables a cualquier perturbación transmisible ondulatoriamente a lo largo del pelotón (y al *atasco fantasma*). La CI advierte de las perturbaciones de una onda físico-psíquica y la parte psíquica es muy importante y debe ser mejor caracterizada y comprendida, y también debe ser explicada al conductor.

También, qué duda cabe, habría que probar estas dos técnicas básicas y compararlas con vehículos, contextos y velocidades reales y más realistas. Muy recientemente, el INSIA (Instituto Universitario de Investigación del Automóvil) de la Universidad Politécnica de Madrid ha llevado a cabo pruebas con conductores y vehículos reales muy similares a los que se llevaron a cabo por el grupo de Nagoya (Sugiyama et al., 2008). Se trata de un recorrido circular, con 30 m de diámetro y en el que han participado un vehículo líder (automatizado) y 5 vehículos tras él. Ese vehículo líder describía trayectorias de arranque-mantenimiento-parada conforme a una sinusoidal con máximos de 25 km/h. Pero a diferencia del círculo de Nagoya, centrado en reproducir los mecanismos de la

congestión, se ha partido de la misma base que previamente habíamos puesto en práctica en este estudio. Así, se ha descompuesto el movimiento en dos tipos, con los mismos conductores. El primer conductor tras el vehículo líder automatizado recibe dos tipos de instrucciones, tipo CD y CI muy similares e igualmente concisas a las del estudio 1 presentado aquí. El resto de conductores recibe un escueto “conduce normalmente”. En solo tres vueltas al circuito se pudo constatar, pero solo tras las instrucciones CD, la emergencia de la onda de solitón en retropropagación (similar a la observada en Nagoya), pero no tras las instrucciones CI. En solo 3 vueltas a ese pequeño circuito, se contabilizaron 31 paradas del cluster de 5 vehículos bajo instrucción CD y ninguna parada bajo instrucción CI (INSIA, 2015).

Un conductor, cada conductor, puede estabilizar el flujo posterior de tráfico. Este principio de descomposición del movimiento debe ser la esencia del modelado micro del seguimiento vehicular en línea, y parte de aspectos de índole psicofisiológica perceptiva, pero también de aspectos cognitivo-emocionales. Esa interpretación en la mente de cada conductor constituye nuevo elemento de feedback para el sistema y un eficaz modo de combatir la entropía del sistema tráfico (Wiener, 1954).

Por último, sería importante formalizar el modelo de la CI en términos físico-matemáticos y establecer semejanzas y diferencias entre nuestros datos y los modelos vigentes. Pensemos que los modelos matemáticos tradicionales se han desarrollado considerando un carril en el flujo y que solo muy recientemente se ha comenzado a tratar de modelar el flujo conjunto real (2 o 3 carriles) de forma integral (Li y Sun, 2012). El punto de partida de un carril es el más simple, y puede tener importantes implicaciones, por ejemplo, en la planificación de evacuaciones o en la gestión de situaciones de emergencia. También en la gestión de situaciones temporales en autopista o autovía (por ej., cortar uno de los dos carriles de una autovía varios kilómetros por obras) debemos esperar que tener conductores CI contribuiría a evitar lo habitual: grandes colas durante y mucho antes del punto crítico. Sin duda, el conocimiento y manejo de esta situación (por ej., invitar al conductor a conducir en términos CI a partir de un cierto punto, por ser este un punto crítico, etc.) por parte de las autoridades del tráfico contribuiría en gran medida al éxito en la gestión de este tipo de situaciones. Pero además, es importante determinar la incidencia en la modalidad de conducción de aspectos como los adelantamientos, las incorporaciones, el número de carriles, etc.

Este trabajo centra la atención sobre la necesidad de renovar nuestra forma de mirar ciertos fenómenos humanos básicos, sobre la posibilidad de entender de nuevo lo colectivo como un encadenamiento de comportamientos individuales, pero con base colectiva (los a priori sobre cómo optimizar la capacidad de la vía). Esperamos que este trabajo pueda llegar a verse como una contribución significativa a esa espiral de conocimiento en ascenso. Una contribución en sus comienzos, claro está, pues somos conscientes de que la importancia de nuestros resultados, más que en las respuestas que aporta, se encuentra en las nuevas preguntas que plantea.

## Referencias

Abdu, R., Shinar, D., & Meiran, N. (2012). Situational (state) anger and driving. *Transportation Research Part F*, 15, 575–580.

Arch, J. J., & Craske, M. G. (2006). Mechanisms of mindfulness: Emotion regulation following a focused breathing induction. *Behaviour, Research and Therapy*, 44, 1849-1858.

Astudillo, A., Deneubourg, J.L. (2011). On following behaviour as a mechanism for collective movement. *Journal of Theoretical Biology*, Vol. 284, Issue 1, 7–15.

B.O.E. (2010). Orden FOM/3317/2010, de 17 de diciembre, por la que se aprueba la Instrucción sobre las medidas específicas para la mejora de la eficiencia en la ejecución de las obras públicas de infraestructuras ferroviarias, carreteras y aeropuertos del Ministerio de Fomento. [www.boe.es](http://www.boe.es)

Baer, R.A., Smith, G.T., Hopkins, J., Krietemeyer, J., Toney, L. (2006). Using Self-Report Assessment Methods to Explore Facets of Mindfulness. *Assessment*, March, vol. 13, no. 1, 27-45.

Bando, M., Hasebe, K., Nakayama, A., Shibota, A., Sugiyama, Y. (1995). Dynamics model of traffic congestion and numerical simulation. *Physic Review E*, 51 (2), 1035-1042.

Barajas, S., Garra, L. (2014). Mindfulness and psychopathology: Adaptation of the Mindful Attention Awareness Scale (MAAS) in a Spanish sample. *Clínica y Salud*, 25, 49-56.

Barjonet, P. (1997). “Transport psychology in Europe: a general overview”. In T. Rothengatter and E. Carbonell (Eds.): *Traffic and Transport Psychology. Theory and Application*, 21-30. Oxford: Pergamon.

Bäbler, J., & Schwarzer, R. (1996). Evaluación de la autoeficacia: Adaptación española de la escala de autoeficacia general [Measuring generalized self-beliefs: A Spanish adaptation of the General Self-Efficacy scale]. *Ansiedad y Estrés*, 2 (1), 1-8.

Ben-Itzhak S, Bluvstein I, Maor M. (2014). The Psychological Flexibility Questionnaire (PFQ): Development, Reliability and Validity. *WebmedCentral Psychology*, 5(4):WMC004606

Bishop, S. R., Lau, M., Shapiro, S. L., Carlson, L., Anderson, N. D., Carmody, J., Devins, G. (2004). Mindfulness: a proposed operational definition. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 11, 230-241.

BOE (2014). Orden FOM/534/2014, de 20 de marzo, por la que se aprueba la norma 8.1-ICseñalización vertical de la Instrucción de Carreteras. [www.boe.es](http://www.boe.es).

Boer, E. R. (1999). Car following from the driver's perspective. *Transportation Research Part T*, 2, 201-206.

Bond, F.W., Hayes, S.C., Baer, R.A., Carpenter, K. M., Guenole, N., Orcutt, H.K., Waltz, T., Zettle, R.D. (2011). Preliminary Psychometric Properties of the Acceptance and Action Questionnaire-II: A Revised Measure of Psychological Inflexibility. *Behavior Therapy*, 42, 676-688.

Bond, F.W., Lloyd, J., Guenole, N. (2013). The Work-related Acceptance and Action Questionnaire (WAAQ): Initial psychometric findings and their implications for measuring psychological flexibility in specific contexts. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 86, 331-347.

Borkovec, T. D. (2002). Life in the future versus life in the present. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 9, 76-80.

Bouscein, W. (2012). *Electrodermal activity (2nd ed.)*. New York: Springer.

Brackstone, M. y McDonald, M. (1999). Car-following: a historical review. *Transportation Research Part F*, 2, 181-196.

Brackstone, M., Sultan, B. y McDonald, M. (2002). Motorway driver behaviour: studies on car following. *Transportation Research Part F*, 5, 31-46.

Bradley, M.M., Lang, P.J. (1994). Measuring self-emotions: the self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, Vol. 25, No 1, 25-49.

Brown, K. W., Ryan, R. M., & Creswell, J. D. (2007). Mindfulness: theoretical foundations and evidence for its salutary effects. *Psychological Inquiry*, 18, 211-237.

Brown, K.W. & Ryan, R.M. (2003). The benefits of being present: Mindfulness and its role in psychological well-being. *Journal of Personality and Social Psychology*, 84, 822-848.

Caiazzo, F., Adhok, A., Waitz, I., Yim, S., Barret, S. (2013). Air pollution and early deaths in the United States. Part I: Quantifying the impact of major sectors in 2005. *Atmospheric Environment*, 79, 198-208.

Cardaciotto, L., Herbert, J. D., Forman, E. M., Moitra, E., & Farrow, V. (2008). The assessment of present-moment awareness and acceptance: The Philadelphia mindfulness scale. *Assessment*, 15, 204-223.

Carretero, M., Asensio, M. (2008). *Psicología del pensamiento*. Madrid: Alianza Editorial.

Carver, Ch.S., Scheier, M.F. (2008). Feedback processes in the simultaneous regulation of action and affect. In J.Y. Shah, W.L. Gardner (Eds.). *Handbook of Motivation Science*. NY: The Guildford Press, 308-324.

Carver, Ch.S., Scheier, M.F. (2012). Cybernetic control processes and the self-regulation of behavior. In R.M. Ryan (Ed.). *The Oxford Handbook of Human Motivation*. Oxford University Press, 28-42.

Castro, C. (2009). *Human factors of visual and cognitive performance in driving*. Boca Raton: CRC Press.

Cebolla, A., García Palacios, A., Soler, J., Guillen, V., Baños, R., Botella, C. (2012) Psychometric properties of the Spanish validation of the Five Facets of Mindfulness Questionnaire (FFMQ). *European Journal of Psychiatry*, Vol. 26, Nº 2, 118-126.

Collet, C., Salvia, E., Petit-Boullanger, C. (2014) Measuring workload with electrodermal activity during common braking actions, *Ergonomics*, 57:6, 886-896

COST30 Bis (1985). Electronic Traffic Aids on Major Roads. Report EUR 9835-EN. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities.

Cromer, A. H. (1981). *Física para las ciencias de la vida*. Barcelona: Editorial Reverte.

Dallmeyer, J., Schumann, R., Lattner, A.D. y Timm, I.J. (2015). Don't Go With the Ant Flow: Ant-Inspired Traffic Routing in Urban Environments, *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 19:1, 78-88.

Damasio, A. (1994/2006). *El error de Descartes*. Barcelona: Crítica.

Delgado, L.C. (2009). *Correlatos psicofisiológicos de mindfulness y la preocupación. Eficacia de un entrenamiento en habilidades mindfulness*. Granada: Universidad de Granada.

Dora, C., Phillips, M. (2000). *Transport, environment and health*. WHO regional publications. European series ; No. 89. Copenhague: WHO.

Elvik, R., Vaa, T. (2004). *The handbook of road safety measures*. Amsterdam: Elsevier.

Evans, J.B.T. (2008). Dual-processing accounts of reasoning, judgment and social cognition. *Annual Review of Psychology*, 59, 255-278.

Evans, L. (1991). *Traffic safety and the driver*. New York: Van Nostrand Reinhold.

Evans, L., & Rothery, R. (1977). Perceptual Thresholds in Car-Following—A Comparison of Recent Measurements with Earlier Results. *Transportation Science*, 11 (1), 60-72.

Fernández, R. (2000). Los transportes. En P. García Barreno (Dir.): *La ciencia en tus manos*. Madrid: Espasa Calpe, 707-743.

Fernández-Abascal, E.G., Jiménez, M.P., Martín, M.D. (2003). *Emoción y Motivación. La adaptación humana*. Madrid: Centro de Estudios Ramón Areces.

Fitzgerald, T.D. (2003). Role of trail pheromone in foraging and processionary behaviour of pine processionary caterpillars *Thaumetopoea pityocampa*. *Journal of Chemical Ecology*, Vol. 29, No. 3, March, 513-532.

Flynn, M.R., Kasimov, A.R., Nave, J.C., Rosales, R.R., & Neibold, B. (2013). Traffic Modeling - Phantom Traffic Jams and Traveling Jamitons. Extraído el 31 de octubre de 2013 de <http://math.mit.edu/projects/traffic/>

Fonseca-Pedrero, E., Paino, M., Sierra-Baigrie, S., Lemos-Giráldez, S. y Muñiz, J. (2012). Propiedades psicométricas del “Cuestionario de ansiedad estado-rasgo” (STAI) en universitarios. *Behavioral Psychology-Psicología Conductual*, 20, 547-561

Fuller, R. (2011). Driver control theory. From task difficulty homeostasis to risk allostasis. In B. E. Porter (Ed.): *Handbook of Traffic Psychology*. London: Elsevier, 13-26.

Fuller, R., McHugh, C., Pender, S. (2008). Task difficulty and risk in the determination of driver behavior. *Revue européenne de psychologie appliquée*, 58, 13–21

Fuller, R., Santos, J.A. (2002). *Human factors for traffic engineers*. London: Pergamon.

Gazis, D. C., Herman, R. (1992). The moving and “phantom” bottlenecks. *Transportation science*, Vol. 26, No. 3, 223-229.

Gil, H. (2015). Aprender de los animales para mejorar el tráfico. *Tráfico y Seguridad Vial*, N° 230. Madrid: DGT, 38-41.

Gipps, P.G. (1981). A behavioural car-following model for computer simulation. *Transportation Research*, 15(2), 105-111.

Gouy, M., Wiedemann, K., Stevens, A., Brunett, G., Reed, N. (2014). Driving next to automated vehicle platoons: How do short time headways influence non-platoon drivers' longitudinal control? *Transportation Research Part F*, 27, 264-273.

Guillén-Riquelme, A. y Buela-Casal, G. (2011). Actualización psicométrica y funcionamiento diferencial del ítem en el State Trait Anxiety Inventory (STAI). *Psicothema*, 23, 510-515.

Hale, A.R., Stoop, J., Hommels, J. (1990). Human error models as predictors of accident scenarios for designers in road transport systems. *Ergonomics*, 33, 1377-1387.

Hatakka, M., Keskinen, E., Gregersen, N.P., Glad, A., Hernetkoski, K. (2002). From control of the vehicle to personal self-control; broadening the perspectives to driver education. *Transportation Research Part F*, 5, 201-215.

Hayes, B. (2015). Playing in Traffic. *American Scientist*, Vol. 103, 260-263

Hayes, S. C., Wilson, K. G., Gifford, E. V., Follette, V. M., & Strosahl, K. (1996). Experiential avoidance and behavioral disorders: A functional dimensional approach to diagnosis and treatment. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 64, 1152-1168

Hayes, S. C., y Wilson, K. G. (1994). Acceptance and commitment therapy: Altering the verbal support for experiential avoidance. *The Behavior Analyst*, 17, 289-303.

Hayes, S., Luoma, J., Bond, J., Masuda, A. y Lillis, J. (2005). Acceptance and Commitment Therapy: Model, processes and outcomes. *Behaviour research and therapy*, 44, 1-25.

Holyoak, K.J., Morrison, R. G. (2005): *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press.

Hopfield J. J. (1982). Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 79 (8), 2554-2558. [http://refhub.elsevier.com/S1369-8478\(14\)00149-1/h0005](http://refhub.elsevier.com/S1369-8478(14)00149-1/h0005)

IDAE (2005). *La conducción eficiente*. [www.idae.es](http://www.idae.es)

INSIA (2015). *Validación experimental del concepto de Wave-Driving*. Informe preliminar de ensayos realizados el 6 de mayo de 2015 en las instalaciones de INSIA-UPM. Madrid. Documento interno INSIA/Impactware.

Jiang, R., Wu, Q., Zhu, Z, (2001). Full velocity difference model for a car-following theory. *Physical review E*, Vol. 64, 017101.

Johnson-Laird, P.N. (2006). *How we reason*. Oxford University Press.

Kabat-Zinn, J. (1990). *Full catastrophe living: using the wisdom of your mind and body to face stress, pain and illness*. New York: Delacorte (Edición en castellano: Vivir con plenitud las crisis. 2003. Ed. Kairós).

Kashdan, T. y Rottenberg, J. (2010). Psychological flexibility as a fundamental aspect of health. *Clinical Psychology Review*, 30, 865-878.

Lang, P. J. (1980). Behavioural treatment and bio-behavioural assessment: computer applications. En J. B. Sidowski, J. H. Johnson y T. A. Williams, *Technology in mental health care delivery systems* (pp. 119-137). Norwood, N.J.: Ablex.

Langer, E (1992) Matters of Mind: Mindfulness/Mindlessness in Perspective. *Consciousness and Cognition*, 1, 289-305

Levinson, D., Gillen, D., Kanafani, A. (1998). The social costs of intercity transportation: a review and comparison of air and highway. *Transport Reviews*, 18:3, 215-240.

Li, Y. y Sun, D. (2012). Microscopic car-following model for the traffic flow: the state of the art. *Journal of Control Theory and Applications*, 10, 133-143.

Lucas, A. (2009). *Psicología social del tráfico: del conductor individual a la interacción entre conductores*. Tesis doctoral. Universitat de València.

Luciano, C., Valdivia-Salas, S., & Ruiz, F.J. (2012). The self as the context for rule-governed behavior. In L. McHugh & I. Stewart (Eds.), *The self and perspective taking: Research and applications* (pp. 143-160).Oakland, CA: Context Press.

Luciano, M., Valdivian M.S, Gutiérrez, O., y Páez, M. (2006a). Avances desde la Terapia de Aceptación y Compromiso (ACT). *EduPsykhé*, 5(7), 173-201.

Luciano, M., y Valdivia, M.S. (2006b). La terapia de Aceptación y Compromiso (ACT).Fundamentos, características y evidencia. *Papeles del Psicólogo*, 27(2), 79-91.

Mayer, R. E. (2005). Multimedia learning: guiding visuospatial information with instructional animation. En P. Shah y A. Miyake (Eds.): *The Cambridge Handbook of Visuospatial Thinking*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 477-508.

Mehler, B., Reimer, B., Coughlin, J.F. (2012). Sensitivity of Physiological Measures for Detecting Systematic Variations in Cognitive Demand From a Working Memory Task: An On-Road Study Across Three Age Groups. *Human Factors*, Vol. 54, No. 3, June 2012, 396-412.

Mehrabian, A., & Russell, J. A. (1974). *An approach to environmental psychology*. Cambridge, MA: MIT.

Melchor, O. (2012). *Conducción armónica: formulación básica*. Documento interno: Impactware.

Melchor, O., Sánchez, A. (2014). *Conducir con tres variables*. Documento interno IMPACTWARE/Universidad Carlos III de Madrid.

Menéndez, J.M. (2015). Velocidad: 20 preguntas y respuestas. *Tráfico y Seguridad Vial*, N° 230. Madrid: DGT, 18-23.

Merrikhpour, M., Donmez, B. y Battista, V. (2014). A field operational trial evaluating a feedback-reward system on speeding and tailgating behaviors. *Transportation Research Part F*, 27, 56-68.

Mesken, J., Hagenzieker, M.P., Rothengatter, T., de Waard, D. (2007). Frequency, determinants, and consequences of different drivers' emotions: An on-the-road study using self-reports, (observed) behaviour, and physiology. *Transportation Research Part F*, 10, 458-475.

Michon, J.A. (1985). "A critical view of driver behavior models: what do we know, what should we do?" In L. Evans & R. C. Schwing (Eds.): *Human Behavior and Traffic Safety*. London: Plenum Press, 485-520.

Michon, J.A. (1989). Explanatory pitfalls and rule based behavior models. *Accident Analysis & Prevention*, 21, 341-353.

Miller, G.A., Gallanter, F.H., Pibram, K.H. (1960). *Plans and the Structure of Behavior*. Nueva York: Holt, Rinehart & Winston.

Molen, H.H. y Bötticher, A.M. (1988). A hierarchical risk model for traffic participants. *Ergonomics*, 31, 537-555.

Monderman, H., Clarke, E. & Baillie, B.H. (2006). Shared Space: the alternative approach to traffic calming. *Traffic Engineering and Control*, vol. 47, N° 8, 290-292.

- Muhrer, E., Vollrath, M. (2011). The effect of visual and cognitive distraction on driver's anticipation in a simulated car following scenario. *Transportation Research Part F*, 14, 555-566.
- Naujoks, F., Totzke, I. (2014). Behavioral adaptation caused by predictive warning systems – The case of congestion tail warnings. *Transportation Research Part F*, 26, 49-61.
- Nilsson, R. (2000). Drivers' impressions of front and rear gaps in queues. *Ergonomics*, Vol. 43, No. 12, 1985-2000.
- Novick, L. R., Bassok, M. (2005). Problem solving. En K.J. Holyoak y R. G. Morrison (Eds.): *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 321-349.
- Orosz, G., Wilson, E., Szalai, R. Stépán, G. (2009). Exciting traffic jams: Nonlinear phenomena behind traffic jam formation on highways. *Physical Review E*, Vol. 80, No 4, 046205-1 to 12.
- Osgood, C., Suci, G., & Tannenbaum, P. (1957). *The measurement of meaning*. Urbana, IL: University of Illinois.
- Pardo, A., San Martín, R. (2010). *Análisis de datos en ciencias sociales y de la salud II*. Madrid: Síntesis.
- Pêcher, C., Lemerrier, C., Cellier, J.M. (2009). Emotions drive attention: Effects on driver's behaviour. *Safety Science*, 47, 1254-1259.
- Peters, K., Johansson, A., Dussutour, A., Helbing, D. (2008). Analytical and numerical investigation of ant behavior under crowded conditions. *Advances in Complex Systems*, 9: 337-352.
- Postigo, Y. (2008). Estrategias en solución de problemas. En M. Carretero y M. Asensio (Eds.): *Psicología del pensamiento*. Madrid: Alianza Editorial, p. 219-245.
- Ranjitkar, P., Nakatsuji, T. y Kawamura, A. (2005). Car-following models: an experiment based benchmarking. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 6, 1582-1596.
- Ranney, Th. A. (1999). Psychological factors that influence car-following and car-following model development. *Transportation Research Part F*, 2, 213-219.
- Ranney, Th. A. (1994). Models of driving behavior: a review of their evolution. *Accident Analysis & Prevention*, 26, 6, 733-750.

- Rasmussen, J. (1983). Skill, Rules and Knowledge; Signals, Signs, and Symbols, and Other Distinctions in Human Performance Models. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 13, No. 3, May/June, 257-266.
- Reeve, J. (2009). *Understanding Motivation and Emotion*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Reimer, B., Mehler, B. (2011) The impact of cognitive workload on physiological arousal in young adult drivers: a field study and simulation validation, *Ergonomics*, 54:10, 932-942
- RGC (1998). *Legislación sobre Tráfico, Circulación y Seguridad Vial*. Madrid: Civitas.
- Riemersma, J.B.J. (1988). An empirical study of subjective road categorization. *Ergonomics*, Vol.31, Issue 4, 621-630.
- Roidl, E., Frehse, B., Oehl, M., Högger, R. (2013). The emotional spectrum in traffic situations: Results of two online studies. *Transportation Research Part F*, 18, 168-188.
- Rojas, R. (1996). *Neural Networks - A Systematic Introduction*. Springer-Verlag: Berlin, New-York.
- Ruiz, F and Odriozola-González,P (2014) The Spanish version of the Work-related Acceptance and Action Questionnaire (WAAQ) *Psicothema* 2014, Vol. 26, No. 1, 63-68
- Ruíz, F., Odriozola-González, P., Suárez-Falcón, J.C. (2014). The Spanish version of the Believability of Anxious Feelings and Thoughts Questionnaire. *Psicothema*, Vol. 26, No. 3, 308-313.
- Russell, J. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39, 1161-1178.
- Sandín B., Chorot, P., Lostao, L., Joiner, Th.E., Santed, M.A., Valiente, R.M. (1999). Escalas PANAS de afecto positivo y negativo: validación factorial y convergencia transcultural. *Psicothema*, vol. 11, nº 1, 37-51
- Sanjúan, P., Pérez, A., Bermúdez, J.(2000).Escala de autoeficacia general: datos psicométricos de la adaptación para población. *Psicothema* Vol 12, 509-513.
- Santos, J.A. Berthelon, C & Mestre, D.R. (2002). Perception of road user's motion. In R. Fuller & J.A. Santos (Eds.). *Human factors for Highway Engineers*. London: Pergamon, 115-130.

Sanz, M.T., Menéndez, F.J., Rivero, M.P., Conde, M. (2011). *Prácticas experimentales de psicología de la motivación*. Madrid: UNED-Sanz y Torres.

Shah, J.Y., Kruglanski, A.W. (2008). Structural dynamics: The challenge of change in goal systems. In James Y. Shah y Wendi L. Gardner (Eds.): *Handbook of Motivation Science*, p. 217-229. New York: The Guilford Press.

Sloan, D. M. (2004). Emotion regulation in action: Emotional reactivity in experiential avoidance. *Behaviour Research and Therapy*, 42, 1257-1270.

Soriguera, F. y Sala, M. (2014). Freeway lab: testing dynamic speed limits, *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 160, 35–44.

Staley, S., Moore, A. (2009). *Mobility First. A new vision for transportation in a globally competitive twenty-first century*. Lanham: Rowman and Littlefield Publishers.

Sugiyama, Y, Fukui, M, Kikuchi, M, Hasebe, K, Nakayama, A, Nishinari, K, Tadaki, S., and Yukawa, S. (2008). Traffic jams without bottlenecks experimental evidence for the physical mechanism of the formation of a jam. *New Journal of Physics*, 10(3):3001, March 2008.

Summala, H. (1997). Hierarchical model of behavioural adaptation and traffic accidents. In T. Rothengatter and E. Carbonell (Eds.): *Traffic and Transport Psychology. Theory and Application*. Oxford: Pergamon, 41-52.

Tadaki, Si, Kikuchi, M, Fukui, M, Nakayama, A, Nishinari, K, Shibata, A, Sugiyama, Y, Yosida, T, and Yukawa, S. (2013). Phase transition in traffic jam experiment on a circuit. *New Journal of Physics*, 15(10):103034, October 2013.

Tong, H.Y., Hung, W.T., Cheung, C.S. (2000) On-Road Motor Vehicle Emissions and Fuel Consumption in Urban Driving Conditions, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 50:4, 543-554

Tooby, J., Cosmides, L. (2010). The evolutionary psychology of the emotions and their relationship to internal regulatory variables. En M. Lewis, J.M. Haviland-Jones y L.F. Barret (Eds.): *Handbook of Emotions*. N.Y.: The Guildford Press, 114-137.

Totzke, I., Naujoks, F., Mühlbacher, D., & Krüger, H.-P. (2011). Precision of congestion warnings: Do drivers really need warnings with precise information about the congestion tail's position? In N. M. D. d. Waard, A. H. Jamson, Y. Barnard, & O. M. J. Carsten (Eds.), *Human Factors of Systems and Technology*. Berlin: Springer, 235–248.

Tran, U.S., Glück, T.M., Nader, I.W. (2013). Investigating the Five Facet Mindfulness Questionnaire (FFMQ): construction of a short form and evidence

of a two-factor higher order structure of mindfulness. *Journal of Clinical Psychology*, 69 (9): 951-965.

Transportation Research Board (2010): *Highway Capacity Manual*. 5th Edition. National Research Council. Washington D.C., EEUU.

Treiber, M, Hennecke, A., Helbing, D. (1999). Derivation, properties and simulation of a gas-kinetic-based nonlocal traffic model. *Physic Review E*, 59 (1), 239-253.

Tversky, A., Kahneman, D. (1974). Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases. *Science*, Vol. 185, 1124-1131.

Underwood, G. (2005). *Traffic and transport psychology: theory and application*. Amsterdam: Elsevier.

United Nations Human Settlements Programme (2007). *Enhancing Urban Safety and Security: Global Report on Human Settlements*. London: Sterling, VA : Earthscan.

Van Winsum, W. (1999). The human element in car following models. *Transportation Research Part F*, 2, 207-211.

Vanderbilt, T. (2009). *Tráfico*. Barcelona: Debate.

Vester, F. (1997). *El futuro del tráfico*. Madrid: Flor del viento ediciones.

Walach, H., Buchheld, N., Buttenmuller, V., Kleinknecht, N., Schmidt, S. (2006). Measuring Mindfulness--The Freiburg Mindfulness Inventory (FMI). *Personality and Individual Differences*, 40, 1543-1555.

Waller, P. (1986). The highway transportation system as a commons: implications for risk policy. *Accident Analysis & Prevention*, 18, 417-424.

Weiner, B. (1986). *An attributional theory of motivation and emotion*. N.Y.: Springer Verlag.

Wiener, N. (1954/1989). *The Human Use of Human Beings*. London: Free Association Books.

Wilde, G.J.S. (1982). The Theory of Risk Homeostasis: Implications for Safety and Health. *Risk Analysis*, 2, 209-225.

Wilde, G.J.S. (1988). Risk homeostasis theory and traffic accidents: propositions, deductions and discussion of dissension in recent reactions. *Ergonomics*, 31, 441-468.

WSDOT (2007). Dough MacDonald –Rice and Traffic Congestion. Extraído el 12 de febrero de 2015: <https://www.youtube.com/watch?v=8G7ViTTuwno>.

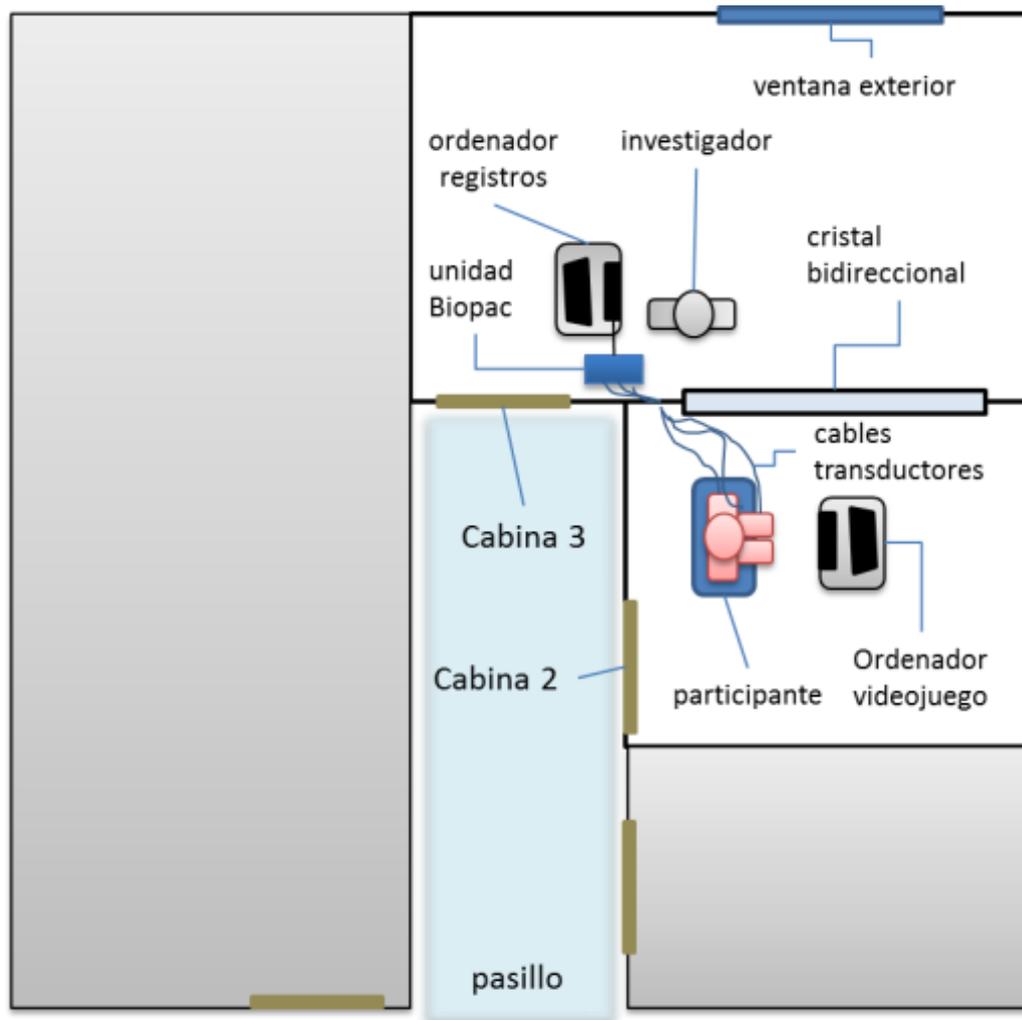
Yim, S., Barrett, S.(2012). Public Health Impacts of Combustion Emissions in the United Kingdom. *Environmental Science and Technology*, 46 (8), 4291–4296.

Yousif, S., Al-Obaedi, J. (2011). Close-following behavior: Testing visual angle car following models using various sets of data. *Transportation Research Part F*, 14, 96-110.

Zhang, T., Chan, A.H.S. (2014). How drivers shape driver emotions: a study from discrete and dimensional emotion perspectives. *Transportation Research Part F*, 27, 112-123.

## Anexos

### Anexo 1. Croquis del laboratorio



## ***Anexo 2. Instrucciones para la Escala SAM***

### INSTRUCCIONES ESCALA SAM

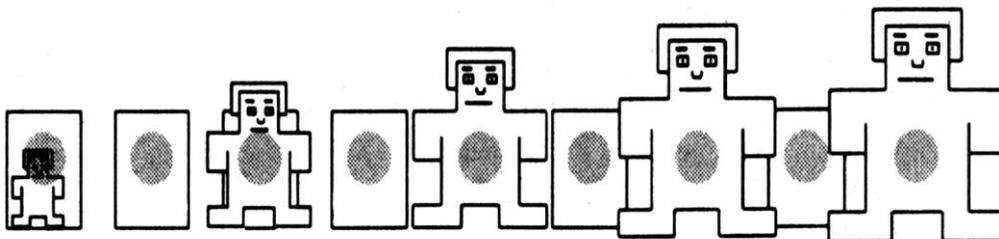
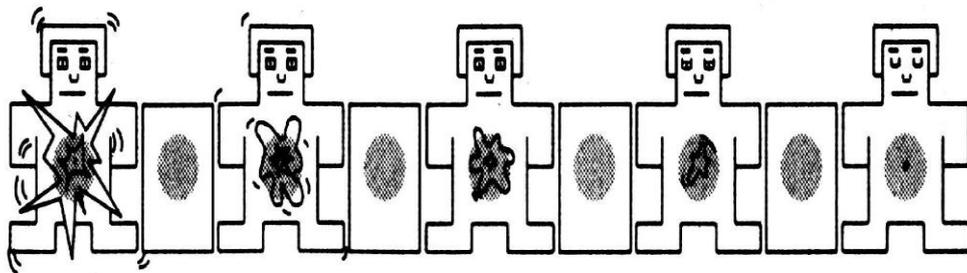
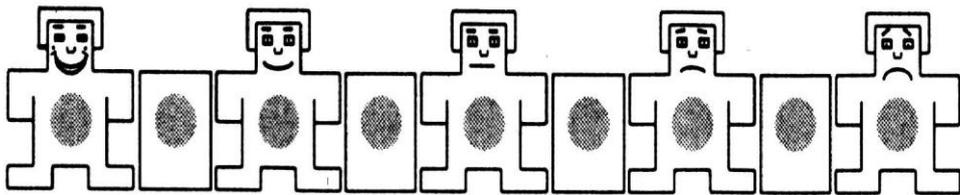
Tu tarea consistirá en evaluar, tras la tarea, 3 dimensiones distintas de emociones/sentimientos: *Feliz frente a Infeliz*, *Excitado frente a Calmado*, y *Dominado frente a Dominador*. Utilizaremos para ello unas escalas de evaluación pictográficas. Tras cada tarea utilizarás tres hileras de figuras que representan estas tres dimensiones distintas de emociones/sentimientos: *Valencia*, *Activación* y *Dominancia*.

Observa que las escalas representan un continuo que va de mínimo a máximo (con un total de 9 evaluaciones posibles —sobre cada figura o entre las figuras-). La primera escala de emociones/sentimientos que evaluarás será la dimensión de *Valencia*, y va desde un rostro sonriente hasta un rostro serio. En un extremo de la escala “*Feliz frente a Infeliz*” te sientes feliz, satisfecho, complacido, contento **tras haber realizado la tarea**. Si te sientes algo así lo debes indicar colocando una “X” sobre la figura de la izquierda. El otro extremo de la escala es para cuando al observar la diapositiva te sientas completamente infeliz, fastidiado o insatisfecho. Puedes indicar este sentimiento colocando un “X” sobre la figura de la derecha. Las figuras también permiten describir los sentimientos de placer intermedios. Si al observar la diapositiva te sientes completamente neutral, esto es, ni feliz ni triste, coloca una “X” sobre una de las figuras situadas en el centro. Si, a tu juicio, los sentimientos de placer o displacer caen entre dos de las figuras, entonces coloca una “X” entre las figuras.

La segunda escala corresponde a la dimensión de *Arousal* o activación y va desde una figura excitada hasta una figura calmada. En un extremo de la escala “*Excitado frente a Calmado*” la visualización de la diapositiva hace que te sientas estimulado, excitado, agitado o activado. Si te sientes activado coloca una “X” sobre la figura de la izquierda de la hilera. El otro extremo de la escala es el sentimiento opuesto al que acabamos de describir. Aquí te deberías sentir completamente relajado, calmado, inactivo. Si te sientes así al observar la diapositiva, coloca una “X” sobre la figura que aparece en la derecha de la fila. Igual que en la dimensión anterior también puedes situar niveles intermedios de excitación o calma.

La última escala corresponde a la dimensión de *Dominancia* y va desde una figura pequeña hasta una figura grande. En un extremo de la escala “*Dominado frente a Dominador*” tienes sentimientos caracterizados como completamente dominado, influenciado, cuidado, pasmado, sumiso, guiado. Indica el sentimiento dominado colocando una “X” sobre la figura de la izquierda de la hilera. El otro extremo de la escala es el sentimiento opuesto de ser dominado. Aquí te deberías sentir completamente dominador, influyente, que controlas, importante, dominante o autónomo. Si te sientes así al observar la diapositiva coloca una “X” sobre la figura de la derecha de la hilera. Si no te sientes ni dominado ni dominador deberías poner una “X” sobre la figura del centro. Recuerda también puedes representar sentimientos intermedios colocando la “X” sobre cualquiera de las figuras intermedias, o entre ellas.

¿Has entendido bien las instrucciones? Por favor, pregunta si tienes alguna duda.



### ***Anexo 3.Ficha de consentimiento informado***

#### Consentimiento Informado para Participantes de Investigación

El propósito de esta ficha de consentimiento es proveer a los participantes en esta investigación con una clara explicación de la naturaleza de la misma, así como de su rol en ella como participantes.

La presente investigación es conducida por el profesor Antonio Lucas Alba de la Universidad de Zaragoza. La meta de este estudio es EXAMINAR LAS RESPUESTAS PSICOFISIOLÓGICAS EN UN ESCENARIO DE CONDUCCIÓN SIMULADO

Si usted accede a participar en este estudio, se le solicitará su permiso para colocar elementos transductores inocuos en dos de sus extremidades y responder algunas preguntas. Esto tomará aproximadamente 40-50 minutos de su tiempo.

La participación en este estudio es estrictamente voluntaria. La información que se recoja será confidencial y no se usará para ningún otro propósito fuera de los de esta investigación. Sus respuestas serán codificadas usando un número de identificación y por lo tanto, serán anónimas.

Si tiene alguna duda sobre este proyecto, puede hacer preguntas en cualquier momento durante su participación en él. Igualmente, puede retirarse del proyecto en cualquier momento sin que eso lo perjudique en ninguna forma.

Desde este momento le agradecemos su participación, cuya aceptación queda expresada en el siguiente texto:

Acepto participar voluntariamente en esta investigación. Reconozco que la información que yo provea en el curso de esta investigación es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de los de este estudio sin mi consentimiento. He sido informado de que puedo hacer preguntas sobre el proyecto en cualquier momento y que puedo retirarme del mismo cuando así lo decida, sin que esto acarree perjuicio alguno para mi persona.

Entiendo que una copia de esta ficha de consentimiento me será entregada, y que puedo pedir información sobre los resultados de este estudio cuando éste haya concluido. Para esto, puedo contactar a través del correo electrónico: [psiconducción@gmail.com](mailto:psiconducción@gmail.com).

Nombre del Participante

Firma del Participante

Fecha

(en letras de imprenta)

***Anexo 4. Síntesis de las presentaciones de vídeo de las condiciones experimentales: propuestas del I.T.F. y del C.M.D.***

Puede descargarse el video del I.T.F. completo en:

[https://drive.google.com/file/d/0B1F\\_W58F2EWPRTVmYk03Tk5DLU0/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/0B1F_W58F2EWPRTVmYk03Tk5DLU0/view?usp=sharing)

Puede descargarse el video del C.M.D completo en:

[https://drive.google.com/file/d/0B1F\\_W58F2EWPLWNMR0h4bW92R1k/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/0B1F_W58F2EWPLWNMR0h4bW92R1k/view?usp=sharing)

## La congestión en el tráfico

Planteamiento general

El enfoque del I.T.F.

Es difícil evitar una congestión cuando hay un desencadenante fundamental para detener el tráfico: *¡una roca enorme ha caído en la carretera!*

Sin embargo, muchos atascos ocurren sin un desencadenante concreto ni claro...

Los expertos llaman a este tipo de congestión, muy habitual, el "atasco fantasma" (*phantom traffic jam*)...



La congestión en el tráfico es un problema que nos hace gastar combustible, perder tiempo, llegar tarde... y todo esto nos enfada bastante.

Cuando conducimos solos en carretera no suele preocuparnos...



Y cuando quisiéramos hacer algo, ya parece demasiado tarde, porque estamos dentro de una congestión o a punto de entrar en una...

Una de las explicaciones para este fenómeno es la distracción de algunos conductores. Cuando muchos conductores van en la misma dirección, el espacio entre ellos es cada vez menor.

Llega un momento en el que apenas les queda un margen para frenar si el vehículo que va delante disminuye su velocidad bruscamente.



Entonces, cuando un conductor frena para evitar alcanzar al vehículo de delante...

El resto de los vehículos que van detrás hace lo mismo...

Esta cadena de frenadas se transmite "hacia atrás" hasta que un vehículo frena completamente...

Así es como "de la nada" se crea la congestión: el atasco fantasma que llega y no sabemos cómo...



#### Según apunta el I.T.F.:

La congestión en el tráfico puede aliviarse e incluso evitarse...  
si somos capaces de avanzar rápido sin dejar huecos porque el espacio bien aprovechado es vital

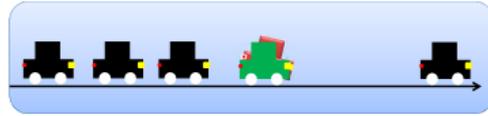
No te distraigas y actúa con prontitud  
cuando avances en grupo:  
evita el atasco fantasma

#### El enfoque del I.T.F.:

En ese momento es cuando la falta de atención es fundamental. Los conductores deben "tener reflejos", saber reaccionar con rapidez y situarse de nuevo lo más rápido posible y lo más cerca posible (manteniendo la distancia de seguridad) tras el vehículo que va delante.

Solo así se reabsorbe y desaparece el atasco.

El conductor actual debe aprender a avanzar en grupos con poco espacio, evitando dejar huecos y a velocidad constante, sin fallos...



## La congestión en el tráfico

Planteamiento general

El enfoque del C.M.D.

Es difícil evitar una congestión cuando hay un desencadenante fundamental para detener el tráfico: *¡una roca enorme ha caído en la carretera!*

Sin embargo, muchos atascos ocurren sin un desencadenante concreto ni claro...

Los expertos llaman a este tipo de congestión, muy habitual, el "atasco fantasma" (*phantom traffic jam*)...



La congestión en el tráfico es un problema que nos hace gastar combustible, perder tiempo, llegar tarde... y todo esto nos enfada bastante.

Cuando conducimos solos en carretera no suele preocuparnos...



Y cuando quisiéramos hacer algo, ya parece demasiado tarde, porque estamos dentro de una congestión o a punto de entrar en una...

Una de las explicaciones para este fenómeno es la distracción de algunos conductores. Cuando muchos conductores van en la misma dirección, el espacio entre ellos es cada vez menor.

Llega un momento en el que apenas les queda un margen para frenar si el vehículo que va delante disminuye su velocidad bruscamente.



Entonces, cuando un conductor frena para evitar alcanzar al vehículo de delante...

El resto de los vehículos que van detrás hace lo mismo...

Esta cadena de frenadas se transmite "hacia atrás" hasta que un vehículo frena completamente...

Así es como "de la nada" se crea la congestión: el atasco fantasma que llega y no sabemos cómo...



#### El enfoque del C.M.D.:

Estos vehículos circulan demasiado pegados los unos a los otros: es aquí donde realmente empieza el problema.

Respetan la distancia de seguridad... pero a la mínima variación de velocidad de uno de ellos (por un límite de velocidad, una curva, un despiste, un socavón...), ante el temor de colisión, el que sigue frenará lo suficiente como para alarmar al siguiente, al otro, y al otro, etc.

Al final, por la suma de los tiempos de reacción, uno de ellos parará y entonces toda la fila detrás de él también lo hará... ya tenemos un "ataasco fantasma".



Para evitar el atasco fantasma hay que introducir una distancia adicional a la **distancia de seguridad**: la **distancia de eficiencia** (como un amortiguador).

Si añado una **distancia de eficiencia** puedo conducir prestando atención a las variaciones de velocidad del vehículo que va delante, anticiparme y ajustar mi velocidad y la distancia.

Así tengo margen para ajustar mi velocidad, aprovechar la inercia que he alcanzado (sin tener que frenar para luego acelerar) y evitar el riesgo de frenazo y parada: así se evita el atasco fantasma.



#### Según apunta el C.M.D.:

La congestión en el tráfico puede aliviarse e incluso evitarse...

si aprendemos a ajustar la velocidad y la distancia, para conducir tras un vehículo de manera estable

No circules a trompicones, regula la distancia que necesitas y avanza con velocidad uniforme :  
evita el atasco fantasma

## ***Anexo 5. Batería de cuestionarios aplicados (aspectos generales, Mindfulness, ACT)***

**STAIE1-20 (20 ítems): Inventario de Ansiedad Estado (STAI-E).** La escala de respuesta es: Nada (0), algo (1), Bastante (2), mucho (3)

No hay respuestas buenas ni malas. No emplees demasiado tiempo en cada frase y contesta señalando la respuesta que mejor describa tu situación presente.

Ítem

1. Me siento calmado
2. Me siento seguro
3. Estoy tenso
4. Estoy contrariado
5. Me siento cómodo (estoy a gusto)
6. Me siento alterado
7. Estoy preocupado ahora por posibles desgracias futuras.
8. Me siento descansado
9. Me siento angustiado.
10. Me siento confortable.
11. Tengo confianza en mí mismo.
12. Me siento nervioso.
13. Estoy desasosegado
14. Me siento muy "atado" (oprimido)
15. Estoy relajado
16. Me siento satisfecho
17. Estoy preocupado
18. Me siento aturdido y sobreexcitado
19. Me siento alegre
20. En este momento me siento bien

**STAIR1-20 (20 ítems): Inventario de Ansiedad Rasgo.** La escala de respuesta: nada(1) ,algo (2),bastante (3) mucho.

Ítem

1. Me siento bien
2. Me canso rápidamente
3. Siento ganas de llorar
4. Me gustaría ser tan feliz como otros.
5. Pierdo oportunidades por no decidirme pronto.
6. Me siento descansado
7. Soy una persona tranquila, serena y sosegada
8. Veo que las dificultades se amontonan y no puedo con ellas.
9. Me preocupo demasiado por cosas sin importancia.
10. Soy feliz.
11. Suelo tomar las cosas demasiado seriamente
12. Me falta confianza en mí mismo
13. Me siento seguro
14. No suelo afrontar las crisis o dificultades
15. Me siento triste (melancólico)
16. Estoy satisfecho
17. Me rondan y molestan pensamientos sin importancia.
18. Me afectan tanto los engaños que no puedo olvidarlos.
19. Soy una persona estable.
20. Cuando pienso sobre asuntos y preocupaciones actuales, me pongo tenso y agitado.

**PANAS1-20 (20 ítems): Positive and Negative Affect Schedule de Watson, Clark y Tellegen, 1988.** La escala de respuesta: es (0) Nada o casi nada , un poco (1), bastante (2), mucho (3), muchísimo (4).

Ítem

A continuación aparecen una serie de palabras que describen sentimientos. Lee cada palabra y marque la intensidad con que has sentido estos sentimientos durante esta última semana, incluido el día de hoy. [Interesado/a]

A continuación aparecen una serie de palabras que describen sentimientos. Lee cada palabra y marque la intensidad con que has sentido estos sentimientos durante esta última semana, incluido el día de hoy. [Tenso/a]

A continuación aparecen una serie de palabras que describen sentimientos. Lee cada palabra y marque la intensidad con que has sentido estos sentimientos durante esta última semana, incluido el día de hoy. [Estimulado/a]

(...) [Disgustado/a]

(...) [Motivado/a]

(...) [Culpable]

(...) [Asustado/a]

(...) [Hostil]

(...) [Entusiasmado/a]

(...) [Orgullosa/a]

(...) [Irritable]

(...) [Alerta]

(...) [Avergonzado/a]

(...) [Inspirado/a]

(...) [Nervioso/a]

(...) [Decidido/a]

(...) [Atento/a]

(...) [Miedoso/a]

(...) [Activo/a]

(...) [Atemorizado/a]

**EAG1-10 (10 ítems): Escala de Autoeficacia General de Bäßler, J. & Schwarzer, R. (1996).**

La escala de respuesta es: (1) incorrecto, (2) apenas cierto,(3)más bien cierto, (4) cierto.

Ítem

1. Puedo encontrar la manera de obtener lo que quiero aunque alguien se me oponga.
2. Puedo resolver problemas difíciles si me esfuerzo lo suficiente.
3. Me es fácil persistir en lo que me he propuesto hasta llegar a alcanzar mis metas.
4. Tengo confianza en que podría manejar eficazmente acontecimientos inesperados.
5. Gracias a mis cualidades y recursos puedo superar situaciones imprevistas.
6. Cuando me encuentro en dificultades puedo permanecer tranquilo porque cuento con las habilidades necesarias para manejarlas.
7. Venga lo que venga, por lo general soy capaz de manejarlo.
8. Puedo resolver la mayoría de los problemas si me esfuerzo lo necesario.
9. Si me encuentro en una situación difícil, generalmente se me ocurre qué debo hacer.
10. Al tener que hacer frente a un problema, generalmente se me ocurren varias alternativas de cómo resolverlo.

**MAAS1-15 (15 ítems): Mindful Attention Awareness Scale (MAAS). Brown, K. W., & Ryan, R. M. (2003).** La escala de respuesta: 1 = casi siempre; 2 = muy frecuente; 3 = algo frecuente; 4 = algo infrecuente; 5 = muy infrecuente; 6 = casi nunca.

Ítem

1. Podría sentir una emoción y no ser consciente de ella hasta más tarde.
2. Rompo o derramo cosas por descuido, por no poner atención, o por estar pensando en otra cosa.
3. Encuentro difícil estar centrado en lo que está pasando en el presente.
4. Tiendo a caminar rápido para llegar a donde voy sin prestar atención a lo que experimento durante el camino.
5. Tiendo a no darme cuenta de sensaciones de tensión física o incomodidad hasta que realmente captan mi atención.
6. Me olvido del nombre de una persona tan pronto me lo dicen la primera vez.
7. Parece como si funcionara en automático sin demasiada consciencia de lo que estoy haciendo.
8. Hago las actividades con prisas, sin estar realmente atento a ellas.
9. Me concentro tanto en la meta que deseo alcanzar que pierdo el contacto con lo que estoy haciendo ahora para alcanzarla.
10. Hago trabajos o tareas automáticamente, sin darme cuenta de lo que estoy haciendo.
11. Me encuentro a mí mismo escuchando a alguien por una oreja y haciendo otra cosa la mismo tiempo.
12. Conduzco en piloto automático y luego me pregunto por qué fui allí.
13. Me encuentro absorto acerca del futuro o el pasado.
14. Me descubro haciendo cosas sin prestar atención.
15. Pico sin ser consciente de que estoy comiendo.

**FMI-14 (14 ítems): Inventario de Atención Plena de Freiburg, versión acortada (Walach, Buchheld, Buttenmüller, Kleinknecht y Schmidt, 2006).**

La escala de respuesta:(1 = rara vez; 2 = ocasionalmente; 3 = bastante a menudo; 4 = casi siempre).

Ítem

1. Estoy abierto a la experiencia del momento.
2. Siento mi cuerpo al comer, al cocinar, al limpiar o al charlar.
3. Cuando me doy cuenta de que mi mente se ha distraído, amablemente vuelvo a la experiencia del aquí y ahora.
4. Soy capaz de sentirme a mí mismo.
5. Estoy atento a lo que hay detrás de mis acciones.
6. Veo mis errores y dificultades sin juzgarlos.
7. Me siento conectado a mi experiencia en el aquí y ahora.
8. Acepto las experiencias desagradables.
9. Soy amable conmigo mismo cuando las cosas van mal.
10. Observo mis sentimientos sin perderme en ellos.
11. En situaciones difíciles, puedo parar sin reaccionar inmediatamente.
12. Experimento momentos de paz interior y tranquilidad, incluso cuando las cosas se ponen frenéticas y estresantes.
13. Soy exigente conmigo mismo y con los demás.
14. Soy capaz de sonreír cuando noto como a veces me complico la vida

**FFMQ1-20 (20 ítems): Inventario de Mindfulness Five Facet Mindfulness Questionnaire (FFMQ) de Baer, Smiths, Hopkins, Krietermeyer y Toney (2006).**

La escala de respuesta:(1 = nunca o muy raramente verdad; 2 = rara vez verdad; 3 = a veces verdad; 4 = a menudo verdad; 5 = muy a menudo o siempre verdad).

Ítem

1. Se me da bien encontrar las palabras para describir mis sentimientos.
2. Percibo mis sentimientos y emociones sin tener que reaccionar a ellos.
3. Cuando hago algo, mi mente divaga y me distraigo fácilmente.
4. Con facilidad puedo poner en palabras mis creencias, sentimientos y expectativas.
5. No presto atención a lo que hago porque sueño despierto, porque me preocupo o porque me distraigo.
6. Me distraigo fácilmente.
7. Presto atención a las sensaciones que produce el viento en el pelo o el sol en la cara.
8. Hago juicios sobre si mis pensamientos son buenos o malos.
9. Me es difícil permanecer centrado en lo que está sucediendo en el presente.
10. Presto atención a los sonidos como el tic-tac del reloj, el gorjeo de los pájaros o los coches que pasan.
11. En situaciones difíciles, puedo parar sin reaccionar inmediatamente.
12. Me digo a mí mismo que no debería estar pensando como pienso.
13. Percibo el olor y aroma de las cosas.
14. Incluso cuando estoy muy enfadado, encuentro una forma de expresarlo en palabras.
15. Cuando tengo pensamientos o imágenes perturbadoras soy capaz de notarlas sin reaccionar.
16. Creo que algunas de mis emociones son malas o inapropiadas y que no debería sentir las.
17. Percibo elementos visuales en la naturaleza o en el arte, como colores, formas, texturas o patrones de luces y sombras.

18. Cuando tengo pensamientos o imágenes perturbadoras, las noto y las dejo marchar.

19. Mi tendencia natural es poner mis experiencias en palabras.

20. Cuando tengo pensamientos o imágenes perturbadoras, me juzgo como bueno o malo dependiendo del contenido.

**AAQ1-7 (7 ítems): Cuestionario de Aceptación y Acción. Acceptance and Action Questionnaire – II (Bond et al., 2011)**

Ítem

1. Mis experiencias y recuerdos dolorosos hacen que me sea más difícil vivir la vida que querría.
2. Tengo miedo de mis sentimientos.
3. Me preocupa no ser capaz de controlar mis preocupaciones y sentimientos.
4. Mis recuerdos dolorosos me impiden llevar una vida plena.
5. Mis emociones interfieren en cómo me gustaría que fuera mi vida.
6. Parece que la mayoría de la gente lleva su vida mejor que yo.
7. Mis preocupaciones interfieren en el camino de lo que quiero conseguir.

**CAAQ1-7 (7 ítems): Cuestionario de Aceptación y Acción en el trabajo.**

Cuestionario de Hábitos Generales en la Conducción

Ítem

1. Soy capaz de conducir correctamente aunque tenga preocupaciones personales.
2. Puedo admitir mis errores mientras conduzco y aun así seguir conduciendo adecuadamente.
3. Puedo conducir de manera eficaz, incluso cuando estoy nervioso por algún motivo.
4. Mis preocupaciones no interfieren en cómo conduzco.
5. Soy capaz de conducir adecuadamente sin que me afecte cómo me sienta.
6. Puedo conducir correctamente, incluso cuando dudo de mí mismo.
7. Mis pensamientos y sentimientos no afectan a mi manera de conducir.

**BAFT1-16 (16 ítems): Believability of Anxious Feelings and Thoughts Questionnaire (BAFT): Herzberg et al. (2012).**

Ítem

1. Necesito conseguir manejar mi ansiedad y miedo para tener la vida que quiero.
2. Mostrarme nervioso no es bueno y me causa sufrimiento.
3. Realmente no puedo hacer las cosas que quiero cuando tengo ansiedad y miedo.
4. Debo mantener el control de mis emociones.
5. Si fuera como otras personas, sería capaz de mantener el control de mis pensamientos y sensaciones ansiosas.
6. Mis pensamientos y sensaciones ansiosas son un problema.
7. Estoy seguro de que me sentiré avergonzado y de que haré el ridículo cuando la gente se dé cuenta de lo nervioso e inseguro que me siento.
8. Las sensaciones corporales poco habituales me asustan y necesito hacer algo para reducir las o librarme de ellas antes de hacer cualquier otra cosa.
9. Mis pensamientos y sensaciones ansiosas no son normales.
10. Es importante inspeccionar mi cuerpo en busca de signos y síntomas de ansiedad para sentirme seguro.
11. Cuando estoy muy ansioso o asustado tengo la sensación de que pudiera estar muriéndome.
12. Podría llegar a perder el control cuando me siento ansioso o asustado.
13. Debo hacer algo con mi ansiedad o miedo cuando aparece.
14. Cuando tengo pensamientos desagradables, debo sacarlos de mi mente
15. Cuando me siento mal debo luchar contra ese sentimiento para hacer que se vaya.
16. Mi felicidad y éxito dependen de lo bien que yo me sienta.

### ***Anexo 6. Cuestionarios sobre el I.T.F. y el C.M.D.***

(Mismo cuestionario aplicado al C.M.D. cambiando las siglas)

La congestión en el tráfico: planteamiento general y el enfoque del I.T.F.

(Tras el visionado del video)

1. Por favor, indique en qué medida cree haber comprendido el mecanismo propuesto por el I.T.F. para explicar el atasco fantasma (señale con una cruz).

	1	2	3	4	5	6	7	
Lo he comprendido totalmente	<input type="checkbox"/>	No lo he comprendido en absoluto						

2. ¿Le ha parecido lógico el planteamiento general inicial del atasco fantasma? (señale con una cruz).

	1	2	3	4	5	6	7	
Me ha parecido lógico	<input type="checkbox"/>	No me ha parecido lógico						

3. ¿Le ha parecido creíble la propuesta (o enfoque) del I.T.F. para solucionar el atasco fantasma? (señale con una cruz).

	1	2	3	4	5	6	7	
Me ha parecido creíble	<input type="checkbox"/>	No me ha parecido creíble						

4. ¿Cree que sabría conducir tras un vehículo tal como se propone en esta presentación, con arreglo al enfoque del I.T.F.? (señale con una cruz).

	1	2	3	4	5	6	7	
Sí sabría conducir así	<input type="checkbox"/>	No sabría conducir así						

La congestión en el tráfico: planteamiento general y el enfoque del I.T.F.

(Tras la ejecución de la tarea en el simulador)

Usted ya ha podido experimentar el enfoque del I.T.F. en el simulador de conducción.

1. Por favor, indique tras su experiencia en el simulador, en qué medida cree haber podido aplicar el mecanismo propuesto por el I.T.F. para evitar el atasco fantasma (señale con una cruz).

	1	2	3	4	5	6	7	
Lo he aplicado totalmente	<input type="checkbox"/>	No lo he aplicado en absoluto						

2. ¿Tras haberlo intentado aplicar, le sigue pareciendo lógico el planteamiento general inicial del atasco fantasma? (señale con una cruz).

	1	2	3	4	5	6	7	
Me parece lógico	<input type="checkbox"/>	No me parece lógico						

3. ¿Le sigue pareciendo creíble la propuesta (o enfoque) del I.T.F. para solucionar el atasco fantasma? (señale con una cruz).

	1	2	3	4	5	6	7	
Me parece creíble	<input type="checkbox"/>	No me parece creíble						

4. ¿Cree que su forma de conducir en un atasco tras un vehículo en la realidad es similar al enfoque del I.T.F.? (señale con una cruz).

	1	2	3	4	5	6	7	
Sí se parece	<input type="checkbox"/>	No se parece						

La congestión en el tráfico: dos planteamientos desde el I.T.F y el C.M.D.

(Al final del estudio)

Como usted ha podido apreciar, estos dos centros de investigación coinciden en su descripción de cómo se forma el atasco fantasma, pero no en su solución.

1. Respecto a la solución que propone el I.T.F., ¿podemos resumirla diciendo que propone al conductor que trate de situarse siempre con rapidez justo tras el vehículo que le precede y dejando un margen básico de distancia de seguridad? (señale con una cruz).

		1	2	3	4	5	6	7		
Totalmente	de	<input type="checkbox"/>	Totalmente	en						
acuerdo									desacuerdo	

2. Respecto a la solución que propone el C.M.D., ¿podemos resumirla diciendo que propone al conductor dejar un margen adicional de distancia respecto al vehículo que le precede para así evitar oscilaciones bruscas de velocidad y fluir de manera estable? (señale con una cruz).

		1	2	3	4	5	6	7		
Totalmente	de	<input type="checkbox"/>	Totalmente	en						
acuerdo									desacuerdo	

3. Ahora puedes comparar dos explicaciones sobre el atasco fantasma, ¿cuál le convence más? (señale con una cruz).

		1	2	3	4	5	6	7		
Me convence más el		<input type="checkbox"/>	Me convence más el							
I.T.F.									C.M.D.	

4. Finalmente, ¿qué propuesta cree que ayudaría más a reducir los atascos? (señale con una cruz).

	1	2	3	4	5	6	7	
La propuesta del I.T.F.	<input type="checkbox"/>	La propuesta del C.M.D.						

5. ¿Podría explicar por qué? (si tiene respuesta, fórmúlela en formato abierto)

---

---

---

---

---

6. ¿Se le ocurre algún pro o contra en concreto para la propuesta del I.T.F.? ¿Y para la propuesta del C.M.D.? (si lo prefiere, responda más tarde por vía electrónica)

---

---

---

---

---

Le agradecemos sinceramente su esfuerzo y cooperación en esta investigación.

El equipo investigador